نشریه علمی
بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

جلد ۱۱ شماره ۳
تابستان ۱۳۹۸

Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 11 No. 3
Summer 2019

Journal of Agroecology (Quarterly)

شاپا: ۲۰۰۸-۷۷۱۳ (شماره پیاپی ۴۱)

ISSN: 2008-7713

عنوان مقالات

مطالعه تطبیقی الگوی کشت و تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۷۷۵
جواد وفابخش، آرش محمدزاده، کامبیز بازرگان و میر ناصر نویدی

مقایسه اثرات زیست‌محیطی مدیریت پیشرو و مدیریت رایج در بوم‌نظام‌های زراعی گندم زمستانه دشت میامی شاهرود به‌روش ارزیابی چرخه‌حیات ۸۰۷
محبوبه حجتی، حمیدرضا اصغری و احمد اخیانی

ارزیابی شاخص‌های رشدی ارقام سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در دو منطقه فریمان و جلگه رخ ۸۲۷
ستاره فروغیان، محمود رمرودی، محمد رضا اصغری‌پور، احمد قنبری و براتعلی فاخری

تأثیر مصرف گوگرد و کود دامی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) ۸۴۵
مرجان سعیدی‌نژاد، محمد علی بهدانی، محمد حسن سیاری زهان و سهراب محمودی

مقایسه راندمان انرژی تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در روش‌های مختلف آبیاری در منطقه جلگه رخ تربت حیدریه ۸۵۹
وحید کریمی، رضا صدرآبادی حقیقی، امیر بهزاد بدرگر و محسن درگاهی

ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمّی اکوتیپ‌های رازیانه تحت تنش خشکی ۸۷۷
علی ایزانلو، محمد ضابط، سید حمید رضا رمضانی و عالیه جامی

بررسی برهم‌کنش کاربرد *ازتوباکتر* و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgar* L.) ۸۹۳
اردشیر طاهری‌نژاد، محمداقبال قبادی، سعید جلالی‌هنرمند و حسن حیدری

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصولات عمده کشاورزی در دهستان بلهرات نیشابور با استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات ۹۰۹
فرزانه معصوم‌خانی، لیلی ابوالحسنی، سرور خرم‌دل و سید احمد محدث حسینی

بررسی چرخه حیات (LCA) نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد ۹۲۵
سرور خرم دل، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و عبداله ملافیلابی

بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شرقی ایران ۹۴۱
هدا محمدی، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و محسن جهان

اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*) بر قابلیت رقابت با برنج (۱. مطالعات طی فصل رشد: رشد و نمو) ۹۵۵
المیرا محمدوند، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و بیژن یعقوبی

ارزیابی کارایی نیتروژن در طی روند تاریخی اصلاح ارقام مختلف غلات در ایران: ۲- ذرت (*Zea mays* L.) ۹۷۵
لیلا جعفری، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی

بررسی‌خصوصیات فنولوژیکی، ریختی و فیتوشیمی ژنوتیپ‌های زنیان(*Trachyspermum ammi* L.) ۹۹۵
مهدی فراوانی، نرجس عزیزی، عبدالکریم نگاری، مجید رنجبر و علی اشرف جعفری

ارزیابی اثر مدیریت کودی بر مبنای مقادیر کمپوست بر عملکرد و جذب نیتروژن در تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) ۱۰۰۹
قربانعلی اسدی و احسان ابراهیمی

ادامه فهرست داخل جلد

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه) جلد ۱۱ شماره ۳ تابستان ۱۳۹۸ Vol. 11 No. 3 Summer 2019 Journal of Agroecology (Quarterly)

Contents

Comparative Study of Cropping Pattern and Land Suitability of Major Horticultural and Field Crops in the Urmia Lake Basin 804
J. Vafabakhsh, A. Mohammadzadeh, K. Bazargan and M.N. Navidi

Environmental Impacts of Progressive and Conventional Management in Winter Wheat Cropping System of Mayamey Plain in Shahrood, Using the Lifecycle Assessment Methodology 824
M. Hojati, H.R. Asghari and A. Akhyani

Evaluation of Effect of Physiological Growth Indices of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars in Farmian and Jolgeh- Rokh Regions 843
S. Foroghian, M. Ramrodi, M.R. Asgharipour, A. Ghanbari and B.A. Fakheri

The Effect of Sulfur and Manure on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sesame Varieties (*Sesamum indicum* L.) 856
M. Saeidinezhad, M.A. Behdani, M.H. Sayyari and S. Mahmoudi

Energy Efficiency Comparison of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production in Different Irrigation Methods in Jolgeh Rokh Torbat Heidarieh Region 875
V. Karimi, R. Sadrabadi Haghighi, A.B. Bazregar and M. Dargahi

Evaluation of Different Ecotypes of Fennel Based on Morpho-phenological and Quantitative Characteristics under Water Stress Conditions 891
A. Izanloo, M. Zabet, S.H.R. Ramazani and A. Jami

Investigating the Interaction of *Azotobacter* and Nitrogen Application on the Remobilization, Yield and Yield Components of Grain Barley (*Hordeum vulgar* L.) 907
A. Taherinezhad, M.E. Ghobadi, S. Jalali-Honarmand and H. Heidari

Evaluation of Environmental Impacts of Major Agricultural Products of Belherat Rural District of Neyshabour using Life Cycle Assessment 923
F. Masoumkhani, L. Abolhassani, S. Khorramdel and S.A. Mohaddes Hosseini

Study of Life Cycle Assessment (LCA) for Corn Production System under Mashhad Climatic Conditions 938
S. Khorramdel, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and A. Mollafilabi

Assessment of Agroecosystem Health in Eastern Provinces of Iran 952
H. Mohammadi, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and M. Jahan

Effects of Emergence Time in Nursery and Density of Watergrass (*Echinochloa oryzoides*) on Competitive Ability with Rice (I. During Season Studies: Growth and Development) 973
E. Mohammadvand, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and B. Yaghoubi

Evaluation of Nitrogen Efficiency for Cereal Cultivars in Iran Based on the Course of Their Release: 2- Corn (*Zea mays* L.) 993
L. Jafari, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati

Study of Phenological, Morphological and Phytochemical Characteristics of Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) Genotypes 1007
M. Faravani, N. Azizi, A.K. Negari, M. Ranjbar and A. A. Jafari

Evaluation the Effect of Fertilizer Management Based on Compost Levels on Yield and N Uptake on Organic Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Production 1019
G.A. Asadi and E. Ebrahimi

Continue Content in cover

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)
دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه ۸۹/۲۲۵۱۵ مورخه ۸۹/۹/۲۸ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره ۸۹/۳/۱۱/۵۲۴۷۹ مورخه ۸۹/۹/۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

جلد ۱۱ شماره ۳ پاییز ۱۳۹۸

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
سردبیر: دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیئت تحریریه (به‌ترتیب حروف الفبا)
دکتر پرویز رضوانی‌مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مهدی نصیری‌محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سرور خرم دل، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مهدی راستگو، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر احمد زارع فیض‌آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی
دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر محمد گلوی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
دکتر محمد پسرکلی، استاد پژوهشی، دانشکده علوم گیاهی، دانشگاه آریزونا
دکتر حمید شاهنده، پژوهشگر علوم خاک، گروه علوم خاک و گیاهان زراعی، دانشگاه تگزاس A & M

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵
تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴ **نمابر:** ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰
پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.
http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology
این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:
پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

مطالعه تطبیقی الگوی کشت و تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۷۷۵
جواد وفابخش، آرش محمدزاده، کامبیز بازرگان و میر ناصر نویدی

مقایسه اثرات زیست‌محیطی مدیریت پیشرو و مدیریت رایج در بوم‌نظام‌های زراعی گندم زمستانه دشت میامی شاهرود به‌روش ارزیابی چرخه‌حیات ۸۰۷
محبوبه حجتی، حمیدرضا اصغری و احمد اخیانی

ارزیابی شاخص‌های رشدی ارقام سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در دو منطقه فریمان و جلگه رخ ۸۲۷
ستاره فروغیان، محمود رمرودی، محمد رضا اصغری‌پور، احمد قنبری و براتعلی فاخری

تأثیر مصرف گوگرد و کود دامی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) ۸۴۵
مرجان سعیدی‌نژاد، محمد علی بهدانی، محمد حسن سیاری زهان و سهراب محمودی

مقایسه راندمان انرژی تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در روش‌های مختلف آبیاری در منطقه جلگه رخ تربت حیدریه ۸۵۹
وحید کریمی، رضا صدرآبادی حقیقی، امیر بهزاد بذرگر و محسن درگاهی

ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمّی اکوتیپ‌های رازیانه تحت تنش خشکی ۸۷۷
علی ایزانلو، محمد ضابط، سید حمید رضا رمضانی و عالیه جامی

بررسی برهم‌کنش کاربرد *ازتوباکتر* و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgar* L.) ۸۹۳
اردشیر طاهری‌نژاد، محمداقبال قبادی، سعید جلالی‌هنرمند و حسن حیدری

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصولات عمده کشاورزی در دهستان بلهرات نیشابور با استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات ۹۰۹
فرزانه معصوم‌خانی، لیلی ابوالحسنی، سرور خرم‌دل و سید احمد محدث حسینی

بررسی چرخه حیات (LCA) نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد ۹۲۵
سرور خرم دل، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و عبداله ملافیلابی

بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شرقی ایران ۹۴۱
هدا محمدی، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و محسن جهان

اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*) بر قابلیت رقابت با برنج (۱. مطالعات طی فصل رشد: رشد و نمو) ۹۵۵
المیرا محمدوند، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و بیژن یعقوبی

ارزیابی کارایی نیتروژن در طی روند تاریخی اصلاح ارقام مختلف غلات در ایران: ۲- ذرت (*Zea mays* L.) ۹۷۵
لیلا جعفری، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی

بررسی‌خصوصیات فنولوژیکی، ریختی و فیتوشیمی ژنوتیپ‌های زنیان(*Trachyspermum ammi* L.) ۹۹۵
مهدی فراوانی، نرجس عزیزی، عبدالکریم نگاری، مجید رنجبر و علی اشرف جعفری

ارزیابی اثر مدیریت کودی بر مبنای مقادیر کمپوست بر عملکرد و جذب نیتروژن در تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) ۱۰۰۹
قربانعلی اسدی و احسان ابراهیمی

مقدار تولید و ارزش غذایی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کشت شده با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف آبیاری ۱۰۲۱
زهرا صیادی آذر، عبدالله جوانمرد، فریبرز شکاری، امین عباسی و مصطفی امانی ماچیانی

بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و تیمارهای آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص تورم اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) ۱۰۳۷
محمود رمرودی، مریم باقری و محمد فروزنده

برآورد عملکرد و شاخص‌های کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) در مناطق ساری و گنبد کاووس ۱۰۴۹
ارسطو عباسیان، علی نخزری‌مقدم، همت‌اله پیردشتی و ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری

پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی در اراضی تحت کشت گندم با استفاده از شاخص بارش استانداردشده (مطالعه موردی غرب استان گلستان) ۱۰۶۹
پریسا علی‌زاده، بهنام کامکار، شعبان شتایی و حسین کاظمی

ارزیابی اثر نظام‌های خاک‌ورزی بر جنبه‌های زراعی کشت مخلوط تأخیری چای ترش (*Hibiscus Subdariffa* L.) و سویا (*Glycine max* L.) ۱۰۸۵
فریبا سابقی‌نژاد، مهدی دهمرده، محمدرضا اصغری‌پور، عیسی خمری و زیباسوری نظامی

مطالعه پاسخ اکوفیزیولوژیک بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* L.) در شرایط دیم به کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های اسمزی ۱۱۰۵
دیبا شیخی سنندجی و علیرضا پیرزاد

تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی و وزن مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) ۱۱۲۳
فریده اکبری، مهدی دهمرده، علی مرشدی، احمد قنبری و سرور خرم دل

اثر تراکم بوته و مصرف منفرد و تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد بذر و موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) ۱۱۳۹
میثم خاوری، محمدعلی بهدانی و حمیدرضا فلاحی

ارزیابی ویژگی‌های کمّی و کیفی برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی در سامانه‌های زراعی متداول، کم‌نهاده و ارگانیک در استان مازندران ۱۱۵۱
رحمان عرفانی، همت‌اله پیردشتی، رحمت عباسی و محمدزمان نوری

بررسی شاخص‌های رقابتی و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل ۱۱۶۹
نگین محاویه اسعدی، احسان بیژن‌زاده و علی بهپوری

اسامی ارزیابان جلد ۱۱ شماره ۳ (پاییز۱۳۹۸) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر لیلی ابو الحسنی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر قربانعلی اسدی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر مسعود اصفهانی	دانشگاه گیلان
دکتر یحیی امام	دانشگاه شیراز
دکتر سارا بخشائی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سعید بخشی پور	دانشگاه شهید بهشتی تهران
دکتر الهه برومند رضازاده	شرکت صنایع غذایی به آرا
دکتر محمد بنایان اول	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهاره پارسا مطلق	دانشگاه جیرفت
دکتر حمیدرضا توکلی کاخکی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق
دکتر مژگان ثابت تیموری	جهاد دانشگاهی مشهد
دکتر لیلا جعفری	دانشگاه هرمزگان
دکتر جلال جلیلیان	دانشگاه ارومیه
دکتر سمیه حاجی نیا	دانشگاه ایلام
دکتر سعید خاوری خراسانی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رضا دیهیم فرد	دانشگاه شهید بهشتی
دکتر اسماعیل رضائی چیانه	دانشگاه ارومیه
دکتر سعید زهتاب سلماسی	دانشگاه تبریز
دکتر سید محمد سیدی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر کوروش شجاعی نوفرست	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق
دکتر حسین صباحی	دانشگاه تهران
دکتر فرزین عبدالهی	دانشگاه هرمزگان
دکتر مسعود قدسی	دانشگاه لرستان
دکتر اسماعیل قلی نژاد	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر امیر لکزیان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر هدا محمدی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر روح اله مرادی	دانشگاه کرمان
دکتر شهاب الدین معین الدینی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر عبداله ملافیلابی	پژوهشکده علوم و صنایع غذایی
دکتر حسن ملکی لجایر	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر فرزاد مندنی	دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر سید یوسف موسوی طغانی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
دکتر عبدالمجید مهدوی دامغانی	دانشگاه شهید بهشتی تهران
دکتر سمانه نجیب نیا	آموزش و پرورش واحد خراسان رضوی
دکتر مهدی نصیری محلاتی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رضا ولی زاده	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رستم یزدانی بیوکی	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز ملی تحقیقات شوری

Introduction to the Persian Journal of Agroecology

It is very appropriate that a new Journal of Agroecology has appeared in a part of the world that history tells us is where some of the earliest organized crop farmers and animal managers in the world first began their work. The traditional farmers of the Persian region are famous for their ability to design and manage sustainable agroecosystems, making them some of the first agroecologists. Their extensive knowledge about water conservation, dryland farming, irrigation, crop and animal domestication, to name a just few of their abilities, have long served as models of wise natural resource management under limiting environmental conditions.

Traditional agroecosystems have developed in the region that are complex systems of interrelated activities focused on the work of each household unit, and their relationships with local communities. Crop farming, animal husbandry, and local handicrafts all combine to provide year-round participation of the entire family. A large variety of animal and plant products, available throughout the year, provide food security that withstands major environmental limitation (especially from drought) and socio-economic uncertainty (especially from market fluctuations). But perhaps most importantly, many farmers of the region live and work within the limitations of the ecological backdrop within which they are located, using local resources and inputs. The ecological and social sustainability of agriculture in such systems is strongly interdependent.

But modern agriculture in the region, as in most parts of the world today, is rapidly displacing this local, traditional knowledge. New sources of energy and technology, most often dependent on non-renewable and costly external inputs, have helped raise yields dramatically. A strong focus has been placed on production for distribution to distant markets that are not in touch with the local understanding of the limits to agroecosystem design and management.

Over the past few decades, the long-term costs and liabilities of the introduction of these modern farming techniques have been documented. Soil and water degradation, loss of agricultural biodiversity, contamination of air and water by pesticides and fertilizers, and increased pest and disease resistance to agrichemicals, are just a few of the environmental problems faced by agriculture today. And the loss of productive agricultural land to urban and industrial development, the displacement of farmers from the land to the cities, and the frequent hunger and poverty in rural regions have become all too common problems on the social side of agriculture.

This journal offers a forum for the re-building of a sustainable agriculture for the region. Using the ecological concepts and principles, local agroecologists can provided a firm foundation for designing and managing the sustainable agriculture of the future. On the one hand, agroecological studies of traditional agriculture can point out the strengths and values of local knowledge. On the other hand, an agroecological analysis of modern agriculture can point out both the strengths as well as the weaknesses of new technologies. A combination of local knowledge and new understanding, all tested by an analysis of sustainability, can once again provide the natural resource conserving, economically sound, and socially equitable agriculture needed for the future.

I congratulate Dr. Alireza Koocheki and Dr. Reza Ghorbani of the Faculty of Agriculture at Ferdowsi University in Mashhad, Iran, for this big step forward for agroecology and sustainable food systems. They are both pioneers in this field and a valuable example for students and farmers of the region.

Steve Gliessman
Ruth and Alfred Heller Professor of Agroecology
University of California, Santa Cruz
March 2010

سخن سردبیر

در حال حاضر بوم‌نظام‌های تولید غذا در جهان با اتکاء به دستاوردهای حاصل از تکنولوژی‌های جدید، توانسته است از دیدگاه کمی غذای مورد نیاز جمعیت کره زمین را تولید نماید، ولی از نظر کیفی هنوز بیش از یک میلیارد و دویست میلیون نفر در گرسنگی یا سوء تغذیه بسر می‌برند و این در حالی‌ست که بوم‌نظام‌های فعلی تولید غذا با مشکلات بسیاری از جمله فرسایش خاک، بحران آب، تخریب زمین‌های حاصلخیز، مقاومت علف‌های هرز و آفات به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، طغیان آفات و بیماری‌های ناشی از تداوم بوم‌نظام‌های تک کشتی، اثرات منفی حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای بدلیل استفاده از تکنولوژی‌های مدرن وابسته به سوخت‌های فسیلی در تولید غذا با چالش‌های فراوانی روبرو است. بدون تردید ادامه چنین روندی پایدار نیست و در نتیجه تولید مواد غذایی به شکل فعلی آن نمی‌تواند ادامه داشته باشد.

به همین دلیل امروزه دیدگاه‌های جهانی نسبت به تولید غذا و فعالیت‌های کشاورزی به سرعت در حال تغییر است. موضوع تولیدات کشاورزی و غذا از نوع صرفاً فنی به موضوعی کاملاً پیچیده از ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و سیاسی تبدیل شده است. علاوه بر آن، عقیده بر این است خدمات یک بوم‌نظام تنها آن چیزی نیست که بطور مستقیم تولید می‌کند، بلکه خدمات مجازی یا پنهان آن می‌تواند ارزشی به مراتب فراتر از تولید مستقیم آن داشته باشد. به همین دلیل اصطلاحاً کشاورزی را نیز باید از ابعاد چند کارکردی نگریست و در قالب محیط زیست آن را مدیریت کرد و منابع زیست محیطی آن را افزایش داد. برای رسیدن به این هدف به نظر می‌رسد طراحی مجددی را برای بوم‌نظام‌های کشاورزی ضروری باشد.

بوم‌شناسی کشاورزی علمی جامع و همه‌جانبه نگر بوده و کلیه جنبه‌های فرآیند تولید غذا از زنجیره تولید تا مصرف را مورد نظر دارد. بدون تردیده بهره‌گیری از مبانی بوم‌شناختی در تولید مواد غذایی نه تنها شناخت بیشتری را می‌طلبد، بلکه فرآیندی درازمدت و با ثبات بوده و برای ارزیابی آن باید مقیاس زمانی طولانی‌تری را مدنظر قرار داد. طراحی بوم‌نظام‌های کشاورزی بر چنین مبانی، مراحل مختلفی از جمله مرحله بالابردن کارآیی و بهره‌وری نهاده‌ها، جایگزینی عملیات و نهاده‌های بوم سازگار و در نهایت، مرحله تجدید ساختار بوم‌نظام را دربردارد. به نظر می‌رسد که پیمودن چنین راهی جز با تغییر نگرش‌ها و بازتعریف مفاهیم رایج در فرآیندی تدریجی میسر نخواهد بود.

نشریه بوم شناسی کشاورزی هنوز در ابتدای راه موفقیت قرار دارد. هدف دست اندرکاران نشریه در سال جاری و سال‌های آینده بهبود کمی و کیفی مقالات منتشر شده و اقدام در جهت نمایه نمودن نشریه در فهرست مجلات ISI می‌باشد، لذا راهنمای نگارش مقالات مطابق با استانداردهای اعلام شده آن مؤسسه باشد.

بدیهی است که ادامه و پیشرفت کمی و کیفی یک مجله به ارتباط علمی با تمامی همکاران گرامی دانشگاهی، پژوهشگران محترم مراکز پژوهشی، دانشجویان عزیز و سایر علاقمندان علم بوم‌شناسی کشاورزی و استفاده از رهنمودها و تجارب ارزشمند آنها بستگی دارد. لذا از کلیه عزیزان دعوت می‌شود تا با ارسال نتایج ارزشمند تحقیقاتی خود و کمک در داوری مقالات ما را جهت پُر بارتر کردن مطالب مجله، یاری دهند. از خوانندگان محترم درخواست می‌گردد با ارسال انتقادات و پیشنهادات سازنده خود، ما را در جهت ارتقای هر چه بیشتر کیفیت نشریه بهره‌مند فرمایند.

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی

به‌نام خدا

پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

گرچه دستاوردهای کشاورزی صنعتی در تولید مواد غذایی غیرقابل انکار است، ولی پیامدهای منفی ناشی از آن نیز از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل‌توجه است. فرسایش خاک و منابع ژنتیکی، آلودگی منابع آب و خاک، آلودگی مواد غذایی به بقایای مواد شیمیایی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین، تنها بخشی از مشکلات ناشی از فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی توسط انسان است. بهمین دلیل، امروزه در جستجو برای نوعی کشاورزی جایگزین، به کاربرد مبانی بوم‌شناسی در عملیات کشاورزی توجه خاصی معطوف شده است. چنین رهیافتی جز با نگرشی نظام‌مند به کشاورزی و در چارچوب آنچه که به‌اصطلاح اکوسیستم (بوم‌نظام) نامیده می‌شود، میسر نخواهد بود و بدین‌ترتیب طراحی بوم‌نظام‌هایی با اتکاء به اصول بوم‌شناختی را ضروری می‌سازد. آنچه در کشاورزی بوم‌سازگار مطرح است نگاهی جامع به مجموعه‌ای از کارکردها است که هدف از آن تنها کسب محصول صرفاً اقتصادی نیست و عملکرد مفهومی فراتر از مفهوم رایج آن، به‌عنوان تنها بخشی از کارکرد یک بوم‌نظام کشاورزی، را در بر می‌گیرد. در همین چارچوب در بوم‌نظام‌های کشاورزی در حقیقت کسب عملکرد بیشینه هدف نیست, بلکه عملکردی پایدار و چندمنظوره مورد نظر است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی قابل حصول و قابل توجیه باشد.

گرچه چنین نگرشی از سابقه بسیار طولانی در تمدن تولید مواد غذایی ایران برخوردار است ولی در قالب نوین آن در کشور ما کمتر از دو دهه است که مطرح شده است. خوشبختانه هم‌اکنون زیرساخت‌های ضروری برای تحکیم بخشیدن به چنین نگرشی کاملاً فراهم است و در دانشکده‌های کشاورزی کشور نه‌تنها دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا در رشته کشاورزی بوم‌سازگار دایر شده است، بلکه حجم قابل ملاحظه‌ای از مقالات علمی که در حال حاضر در نشریات رایج علمی- پژوهشی کشاورزی منتشر می‌شود، بر همین مبنا است. به‌همین دلیل در مقطع زمانی کنونی برای سامان بخشیدن به این یافته‌های علمی در قالب یک مجموعه تخصصی، ضرورت انتشار مجله ای علمی تحت عنوان «بوم‌شناسی کشاورزی» بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. چون نقطه ثقل چنین مجله ای «بوم شناسی» است، لذا اطلاعات علمی مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی که بر این مبنا استوار باشد متناسب با این مجله می‌باشد.

با توجه به سابقه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در رابطه با کشاورزی بوم‌سازگار، این مجله توسط این گروه و سالانه در چهار شماره در زمینه‌های زیر منتشر خواهد شد:

- فعالیت‌های پژوهشی کشاورزی با اتکاء به حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست و افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی
- مدیریت زراعی در رابطه با کاربرد نهاده‌های بیولوژیک
- عملیات خاک ورزی حفاظتی و فعالیت‌های مرتبط با آن
- مدیریت زراعی با حد اقل اتکا به نهاده های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمّی در عوامل تولید و مدل‌سازی رشد و نمو گیاهی
- روش‌های پایش عملکرد و مطالعات ارزیابی خلاء عملکرد
- کاربرد اصول فیزیولوژی در شناخت روابط اکولوژیک و افزایش کارآیی تولیدات زراعی
- ارزیابی چرخه‌های حیات در تولیدات زراعی
- پهنه‌بندی‌های اقلیمی و ناحیه‌بندی اگرواکولوژیکی
- استفاده از بقایای محصولات زراعی در تهیه سوخت‌های زیستی
- استفاده از انرژی‌های جایگزین در اکوسیستم‌های کشاورزی
- کاربرد کودهای بیولوژیکی، استفاده از میکوریزا و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن
- کاربرد کمپوست و فرآورده‌های مشابه
- اصلاح خاک از طریق فرآیندهای بیولوژیکی
- مدیریت اکولوژیک آفات، بیماری‌ها و علفهای هرز با استفاده از روابط بیولوژیکی و عملیات تلفیقی
- عملیات ترسیب کربن و کاهش گازهای گلخانه‌ای
- استفاده از گیاهان دارویی در تناوب و یا بصورت همراه با محصولات زراعی
- عملیات زراعی در جهت بهبود تنوع زیستی
- بوم‌شناسی کشاورزی و دانش بومی
- تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی تولید محصولات زراعی با اتکاء به دیدگاه‌های بوم‌شناختی و اقتصاد اکولوژیک

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از آنجایی‌که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد, رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله ۱ بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم میترا اندازه ۱۲ تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی میترا (B Mitra) و اندازه ۱۲ با فاصله خط ۱ نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر ۲۰ صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخشهای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر ۲۰ کلمه و با قلم بی میترا (B Mitra) اندازه ۱۴ نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی, درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه است بایستی بین ۷۰۰–۶۰۰ واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

1. Title
2. Introduction
3. Materials and Methods
4. Results and Discussion
5. Conclusion
6. Acknowledgements
7. Keywords

- همچنین بین قسمتهای چکیده مبسوط تناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که ۳۰٪ مربوط به مقدمه، ۲۰٪ مواد و روش‌ها و ۵۰٪ مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه گیری کلی نوشته شود.
- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007).

برای جداسازی منابع در انتهای جمله از ";" استفاده می‌شود مثال: (Smith, 1999; Samuel et al., 2008; Smith & Samuel, 2009).

- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: Smith (1999)، Smith & Samuel (2009) و Samuel et al. (2008)
- **جداول و شکل ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌ها ی جداول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملا انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.
- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انگلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

الف- کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه ۱۲ در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه ۰/۵ انتخاب گردد.

ب- کلیه منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی (In Persian with English Summary) و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی داخل پرانتز (In Persian) نوشته شود.

ج- در نوشتن منابع، اسامی مجلات بصورت کامل نوشته شوند.

د- در صورتی‌که در نوشتن منابع مقاله از برنامه EndNote استفاده می‌شود، در قسمت Bibliography style نوع Agri Ecosys Enviro انتخاب گردد.

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

۱- مجلات:

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, K., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S., 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 85: 1-8.

۲- کتاب تالیف شده:

Pretty, J. 1995. Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. Earthscan Publications Limited, London.

۳- مقاله یا یک فصل از کتاب تدوین شده (Edited book):

Ison, R. 2008. Systems thinking and practice for action research. In P. Reason and H. Bradbury (Eds.). Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice. Sage Publications, London. p. 139–158.

۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

Flora, C.B. 2004. Agricultural change and rural development. Rural Development News 27(3):1–3. Available at Web site http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/newsletter/Vol27No3-2004/agchange.htm (verified 5 September 2000).

۵- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی همراه با نام نگارنده:

Watson, R.T., Zinyowera, M.C., and Moss, R.H. 2006. IPCC Special Report on The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at Web site http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/index.htm (verified 5 September 2007).

۶- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی بدون نام نگارنده:

Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. The FAOSTAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org/default.aspx (verified 5 September 2007).

۷- رساله‌های تحصیلی:

Khorramdel, S. 2011. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

۸- کنفرانس‌ها ی علمی:

Verschwele, A. 2007. Reducing weed infestation in winter wheat by sowing technique. In Seventh EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Salem, Germany, 11–14 March 2007, p. 91–96.

۹- گزارش‌های علمی:

Pretty, J. and Hine, R. 2001. Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence. Final report from the 'SAFE World' Research Project, University of Essex. Available at http://www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SAFEWexecsummfinalreport.htm (accessed 22 February 2007).

NJF. 2005. NJF-Seminare 369. Organic farming for a new millennium – status and future challenges. Nordic Association of Agricultural Scientists, NJP Report Volume 1, No. 1. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. p. 252–256.

California Department of Food and Agriculture. 2004. State organic crop and acreage report. Available at Web site: www.cdfa.ca.gov/is/i&c/docs/2004stateData.pdf (verified October 2005).

۱۰- نرم افزار های کامپیوتری:

SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.

Systat. 2004. Systat Version 11. Systat Software, London, UK.

از کلیه همکاران، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که مایل به چاپ مقاله در این مجله می‌باشند، تقاضا می‌شود مقالات خود را با مشخصات فوق تهیه و از طریق سایت نشریه به صورت الکترونیکی برای دفتر نشریه ارسال فرمایند.

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه مجلات علمی، دفترمجله بوم شناسی کشاورزی

صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۴-۰۵۱ نمابر: ۳۸۷۸۷۴۳۰- ۰۵۱

E-mail: **Agroecology@um.ac.ir**

http://jm.um.ac.ir/index.php/agroecology

از آنجائیکه نشریه بوم شناسی کشاورزی مبتنی به نتایج پژوهش‌هایی است که مستقیماً با محیط طبیعی در ارتباط است، نتایج پژوهش‌های مربوط به محیطهای تحت کنترل مانند گلخانه و آزمایشگاه تناسب چندانی با این نشریه ندارند و لذا از پذیرش مقالاتی که حاصل چنین پژوهش‌هایی باشد معذوریم.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 805-775

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 775-805

مطالعه تطبیقی الگوی کشت و تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

جواد وفابخش[1*]، آرش محمدزاده[2]، کامبیز بازرگان[3] و میر ناصر نویدی[4]

تاریخ دریافت: 98/06/01
تاریخ پذیرش: 98/07/22

وفابخش، ج.، محمدزاده، آ.، بازرگان، ک.، و نویدی، م.ن. 1398. مطالعه تطبیقی الگوی کشت و تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی عمده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. بوم شناسی کشاورزی، 11(3): 805-775.

چکیده

طی دو دهه گذشته، دریاچه ارومیه به عنوان دومین دریاچه بزرگ شور جهان در معرض خشک شدن قرار گرفت و حجم و سطح آب آن تا 80 درصد کاهش پیدا کرد. این فرایند به عواملی نظیر تغییر اقلیم، افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی و مدیریت نامناسب منابع آب نسبت داده شد. بنابراین، برنامه اصلاح الگوی کشت به عنوان یکی از راهکارهای احیای دریاچه ارومیه و استفاده پایدار از منابع طبیعی به ویژه آب و زمین در این حوضه مطرح گردید. در این مطالعه، به تغییرات الگوی کاشت، بهینه‌سازی الگوی کشت موجود با اهداف بیشینه‌سازی درآمد خالص، بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه‌سازی مصرف آب و ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات زراعی و باغی عمده حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخته شده است. برای ارزیابی تغییرات الگوی کشت از اطلاعات آماری وزارت جهاد کشاورزی طی سال‌های 1395-1382 استفاده گردید. ارزیابی تناسب اراضی بر اساس روش پارامتریک برای 22 گیاه زراعی گندم، جو، ذرت دانه‌ای، لوبیا، نخود، سویا، آفتابگردان، کلزا، گلرنگ، یونجه، سورگوم علوفه‌ای، سیب‌زمینی، هویج، پنبه، چغندرقند، سیر، توتون، گوجه فرنگی، پیاز، هندوانه، زعفران و خیار و 12 گیاه باغی بادام، زردآلو، هلو، شلیل، آلبالو، گیلاس، آلو، سیب، گلابی، انگور، گردو و پسته انجام گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که طی ده سال گذشته، سطح محصولات زراعی آبی در منطقه مورد مطالعه کاهش (از 357 هزار هکتار به 320 هزار هکتار) و به سطح محصولات باغی آبی افزوده (از 137 هزار هکتار به 164 هزار هکتار) شده است. مقایسه محصولات زراعی نشان می‌دهد که طی این مدت، سطح زیر کشت گندم (از حدود 151 هزار به حدود 110 هزار هکتار)، یونجه (از حدود 97 هزار به 82 هزار هکتار)، اسپرس (از حدود 15 هزار به نزدیک 5 هزار هکتار) و پیاز (از حدود 9800 به حدود 4800 هکتار) بیش از سایر محصولات کاهش پیدا کرده و سطح زیر کشت محصولاتی مانند ذرت علوفه‌ای (از 1354 هکتار به بیش از 5000 هکتار) و گوجه‌فرنگی (از 7382 هکتار به 8781 هکتار) افزایش یافته است. مقایسه محصولات باغی در دو مقطع زمانی (85-1382و 95-1392) نشان می‌دهد که سطح زیر کشت درختان سیب، انگور، بادام، گردو و زردآلو طی این دوره به ترتیب بیشترین سطح را به خود اختصاص داده‌اند. مقایسه سطح زیرکشت محصولات باغی نشان می‌دهد که سطح زیر کشت درختان سیب (از حدود 62 هزار به بیش از 69 هزار هکتار)، زردآلو (از حدود 5800 به حدود7300 هکتار)، آلو (از حدود 840 به بیش از 3000 هکتار) و هلو (از حدود 3523 هکتار به 5667 هکتار) افزایش و سطح کشت انگور (از حدود بیش از 38 هزار به حدود 34 هزار هکتار) کاهش پیدا کرده است. نتایج تناسب اراضی نشان می‌دهد که در بین محصولات زراعی مطالعه شده، گندم و جو با بیش از 375 هزار هکتار بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص داده و محصولات کلزا و یونجه با بیش از 350 هزار هزار هکتار، آفتابگردان با بیش از 340 هزار هکتار، ذرت دانه‌ای با بیش از 330 هزار هکتار و محصولات سیب‌زمینی، پیاز و گوجه‌فرنگی با حدود 330 هزار هکتار بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. در بین محصولات باغی مورد مطالعه، گیلاس، آلبالو، زردآلو و سیب با بیش از 350 هزار هکتار، گردو با بیش از 340 هزار هکتار و هلو با حدود 330 هزار هکتار به ترتیب بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج بهینه‌سازی الگوی کشت با در نظر گرفتن تناسب اراضی و محدودیت‌های منطقه‌ای برای محصولات باعث کاهش 11/7 درصدی در مصرف آب و افزایش 27/1 و 43/9 درصدی به ترتیب در کل درآمد منطقه و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در مقایسه با الگوی کشت موجود گردید.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آرمانی، بهره‌وری آب، عوامل محدودکننده تولید

مقدمه

خاک به عنوان منبع طبیعی تجدیدناپذیر، سرمایه ملی و بستر حیات، یکی از مهم‌ترین عوامل زیربنایی اقتصاد هر کشوری محسوب می‌شود (Kelley, 1983). در دهه‌های اخیر، افزایش فزاینده جمعیت بشر بر روی کره زمین نیاز به تولیدات کشاورزی و دامی را افزایش داده و در کنار آن استفاده نامناسب و غیر اصولی از منابع طبیعی بدون توجه به قابلیت و توان تولید آن سبب تخریب گسترده آن شده است. در واقع هر گونه بهره‌برداری از اراضی که ورای توانمندی آن باشد در درازمدت باعث تخریب و کاهش باروری اراضی گشته و اتخاذ روش‌های نامعقول و ایجاد تغییرات حساب نشده در بهره‌برداری از اراضی، خسارات جبران ناپذیری به منابع طبیعی وارد می‌سازد (Ayoubi & Jalalian, 2010). در راستای برنامه‌ریزی استفاده بهینه از اراضی، نخست باید منابع اراضی به خوبی شناسایی گردیده و سپس قابلیت و استعداد آنها برای انواع استفاده‌های ممکن بررسی شود. ارزیابی اراضی پایه و اساس برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع خاک می‌باشد چرا که چگونگی تخریب و یا راه بهبود کیفیت آن را به ما نشان می‌دهد (Dumanski et al., 2010). سازمان خوار و بار جهانی، تناسب اراضی را "تناسب یک قطعه زمین مشخص به یک نوع کاربری خاص" تعریف می‌کند (FAO, 1993). بنابراین، ارزیابی اراضی پتانسیل کشت گیاهان زراعی و باغی را در یک منطقه مشخص بر اساس عوامل سه‌گانه آب و هوا، خاک و نوع گیاه تعیین می‌کند تا مناسب‌ترین گیاه زراعی یا باغی منطبق با شرایط اقلیمی و خاک از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کشت شود تا حداکثر تولید با حداکثر ثبات و پایداری حاصل شود (Zarinkafsh, 2008). پس از ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات مختلف، سوال اساسی این است که چه سطحی از اراضی به هر کدام از انواع محصولات اختصاص یابد تا منابع موجود به طور کارا و موثر مورد بهره‌برداری قرار بگیرند و رضایت‌بخش‌ترین موازنه در رابطه با اهداف کشاورزی پایدار حاصل شود. این مساله تحت عنوان "برنامه الگوی کشت" مطرح می‌گردد که با در نظر گرفتن پتانسیل کشت محصولات؛ منابع در دسترس نظیر آب، و سرمایه؛ نیازهای منطقه‌ای به محصولات خاص نظیر نیاز دام یک منطقه به علوفه؛ برنامه تناوب زراعی، عوامل اقتصادی- اجتماعی و سیاسی قرار می‌گیرد. در واقع، برنامه الگوی کشت را می‌توان تعیین هدفمند نوع محصول، پهنه‌بندی جغرافیایی تولید و مقدار آن در بازه زمانی مشخص دانست (Vafabakhsh, 2016). با توجه به اینکه نیاز محصولات مختلف به نهاده ها و منابع تولید به ویژه آب متفاوت است، تغییر الگوی کشت به طور مستقیم مصرف آب در بخش کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بر همین اساس، امروزه اصلاح الگوی کشت یکی از راهبردهای مهم مدیریت منابع به ویژه آب در بخش کشاورزی مطرح می‌باشد (Kalbouneh, 2011; Huang et al., 2012; Sun et al., 2015). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2016) بهینه‌سازی الگوی کشت را با تأکید بر منافع اجتماعی در بهره‌برداری منطقی آب درتولید محصولا ت زراعی برای استان فارس انجام دادند. آن‌ها گزارش کردند که در الگوی کشت بهینه با هدف حداکثرسازی منافع اجتماعی، محصولاتی مانند گندم آبی و دیم، ذرت دانه‌ای، هندوانه، خیار، عدس آبی و لوبیا از برنامه حذف شده و محصولات جو دیم، خربزه و پیاز به ترتیب با 33193، 1477 و 43126 هکتار وارد الگوی کشت می‌شوند. امینی فسخودی و همکاران (Amini Fasakhodi et al., 2010) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی کسری چندهدفه، الگوی کشت بهینه را با اهداف حداکثرسازی سود خالص به آب مصرفی و حداکثرسازی اشتغال به آب مصرفی برای منطقه برااان اصفهان انجام دادند. آن‌ها که ترکیب کشت‌های متفاوتی را برای مدل‌های مختلف گزارش کردند. به گزارش این محققین، در مدل خطی آرمانی، سطح زیر کشت گندم، برنج، ذرت علوفه‌ای و پیاز کاهش یافت و سطح زیر کشت جو و یونجه افزایش پیدا کرد؛ در حالی‌که در مدل چندهدفه کسری، محصولات گندم، برنج و یونجه از ترکیب کشت حذف شدند، سطح زیر کشت جو و ذرت علوفه‌ای افزایش یافت و سطح زیر کشت پیاز کاهش پیدا کرد. ال-گافی و همکاران (El Gafy et al., 2017)

1- استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
2- دانش‌آموخته دکتری گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
3- دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
4- استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

Doi:10.22067/jag.v11i3.83152

(*- نویسنده مسئول: (Email: javad@yahoo.com

با بهینه‌سازی الگوی کشت در مصر، کاهش مصرف آب و انرژی و افزایش بهره‌وری اقتصادی آب را گزارش کردند. سان و همکاران (Sun et al., 2015) الگوی کشت منطقه هِتائو[1] در چین را طی دوره 1960 الی 2008 مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که با کشت محصولات نقدینه‌ای نظیر آفتابگردان و هندوانه که سود اقتصادی بالاتری را نسبت به سایر محصولات نظیر غلات تولید می‌کنند، بهره‌وری اقتصادی آب افزایش پیدا می‌کند. آنها بیان کردند که تغییر الگوی کشت می‌تواند اثر قابل توجهی بر میزان بهره‌وری منطقه‌ای آب داشته باشد. پال و همکاران (Pal et al., 2012) از مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای تخصیص بهینه آب برای تولید محصولات زراعی در منطقه بَردَمن واقع در بنگال غربی هند استفاده کردند. پال و کومار (Pal & Kumar, 2014) از روش برنامه‌ریزی آرمانی توسعه یافته با عدم قطعیت داده‌های فاصله‌ای برای تخصیص منابع در برنامه‌ریزی کشاورزی استفاده کردند. آن‌ها در مدل خود زمین و آب را به عنوان محدودیت و نیروی انسانی، کودهای شیمیایی، سرمایه، تولید محصولات ویژه، دستیابی به سود سالیانه را به عنوان اهداف مدل انتخاب کردند. لی و همکاران (Li et al., 2017) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی فازی چندهدفه نادقیق[2] به تهیه الگوی بهینه زراعی شهر ووئی[3] استان گانسو[4] چین پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود حداکثرسازی سود، حداقل‌سازی تبخیر و تعرق و حداکثرسازی بهره‌وری آب را به عنوان اهداف خود و کل منابع آب موجود، تولید غلات به منظور تامین امنیت غذایی، تولید سبزیجات زراعی در حد نیاز و زمین‌های موجود قابل کشت را به عنوان عوامل محدود کننده در نظر گرفتند که همه این عوامل در سناریوهای مختلف ذخیره آب اعمال گردید. آن‌ها گزارش کردند که با بهینه سازی الگوی کشت، سود اقتصادی 7/05-16/65 درصد، بهره‌وری آب 28/68-33/15 درصد و کارایی تولید آب 39/22-47/59 درصد افزایش و تبخیر و تعرق 20/96-23/10 درصد کاهش پیدا کرد. در مدل گزارش شده آن‌ها سطح زیر کشت گندم، ذرت، لوبیا و سبزیجات کاهش و سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای، دانه‌های روغنی، خیار و انگور افزایش پیدا کرد. رگولوار و گوراو (Regulwar & Gurav, 2014) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی تک هدفه (SOFLP[5]) اقدام به برنامه‌ریزی آبیاری با اهداف کمینه‌سازی هزینه تولید و بیشینه‌سازی سود خالص برای ایالت ماهاراشترا[6] هند نمودند. این محققین، کل اراضی قابل کشت، حداکثر سطح زیر کشت، علاقه زارعان، نیروی کار، فراهمی کود دامی و منابع آبی موجود را به عنوان محدودیت مدل در نظر گرفتند. آن‌ها گزارش کردند که در هدف کمینه کردن هزینه تولید بیشترین سطح زیر کشت به ترتیب به پنبه و گندم و در هدف بیشینه‌سازی سود خالص به پنبه و سورگوم اختصاص یافت. زِنگ و همکاران (Zeng et al., 2010) از روش برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی برای تهیه الگوی کشت بهینه محصولات زراعی در زمین‌های کشاورزی منطقه لیانگ‌ژو[7] استان گانسو چین استفاده کردند. این محققین، حداکثرسازی سود خالص، حداقل‌سازی تبخیر و تعرق و حداکثر دستیابی به تولید غلات را به عنوان اهداف مدل و مقدار آب مصرفی، زمین زراعی و حدود تعیین شده برای حداکثر و حداقل تولید محصولات زراعی خاص را برای حفظ پایداری و تنوع زیستی جزو محدودیت‌های مدل قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که در مدل بهینه و در سطوح مختلف ذخیره آب، سطح زیر کشت آبی، سود خالص و بهره‌وری اقتصادی آب افزایش پیدا کرد.

برنامه اصلاح الگوی کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز طی سال‌های گذشته در پی کاهش شدید حجم آب دریاچه ارومیه با هدف مدیریت منابع آب در این حوضه مطرح شده است. موضوعی که بسیاری از گزارشات آن را یکی از اقدامات لازم برای احیای دریاچه ارومیه در ایران می‌دانند (Daneshi et al., 2016; Rouw, 2017; Ahmadaali et al., 2018). همانگونه که پیشتر گفته شد، ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات کشاورزی یکی از پیش نیازهای لازم برای طراحی الگوی کشت در یک منطقه است که در مورد حوضه آبریز دریاچه ارومیه مطالعات متعددی در این خصوص برای محصولاتی نظیر کلزا (Sobhani & Azarm, 2016)، انگور (Hadi et al., 2016; Jamshidi, 2017)، آفتابگردان (Rabati et al., 2012)، ذرت (Jafarzadeh & Abbasi, 2006; Jafarzadeh et al., 2008; Rabati et al., 2012)، جو (Jafarzadeh et al., 2008; Ziaei Javid, 2014)، زعفران (Shokati et al., 2016)، پیاز

1- Hetao
2- Inexact multi-objective fuzzy programming model
3- Wuwei
4- Gansu

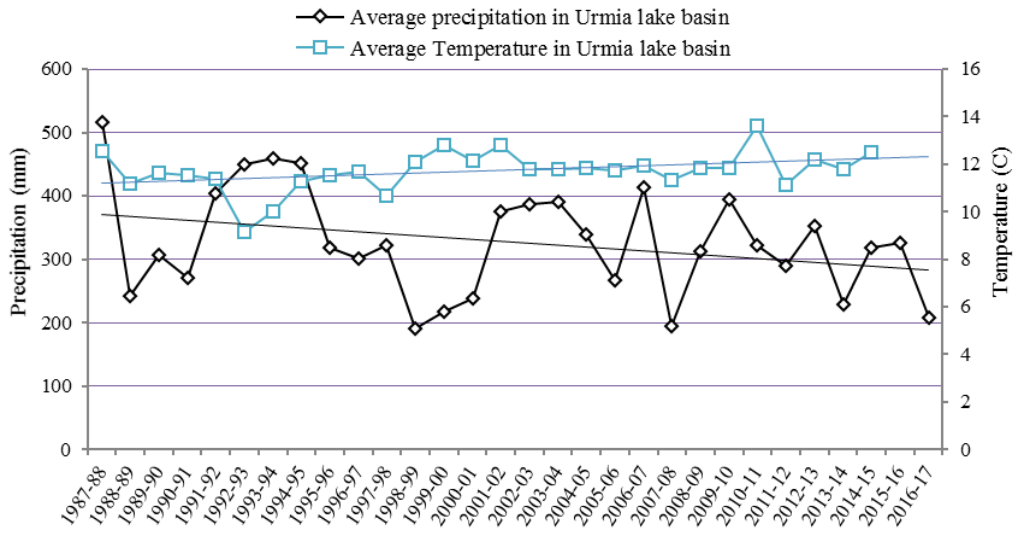
5- Single Objective Fuzzy Linear Programming
6- Maharashtra
7- Liang Zhou

Jafarzadeh & Abbasi, 2006; Alamdari & Amanifar, 2016)، سیب زمینی (Jafarzadeh & Abbasi, 2006; Alamdari & Amanifar, 2016)، یونجه (Jafarzadeh & Abbasi, 2006; Jafarzadeh et al., 2008)، گوجه فرنگی (Alamdari & Amanifar, 2016)، لوبیا (Alamdari & Amanifar, 2016)، گلرنگ (Jafarzadeh et al., 2008) و گندم (Jafarzadeh et al., 2008) به انجام رسیده است. برخی از این مطالعات با روش‌های متفاوت از روش فائو نظیر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام گرفته است و از نظر محدوده مطالعه نیز، هر یک از آن‌ها تنها بخشی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه را در بر می‌گیرد. بنابراین، نیاز به مطالعاتی جامع در خصوص ارزیابی پتانسیل کشت محصولات عمده زراعی و باغی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است که بتوان بر اساس آن الگوی کشت بهینه نهایی سازگار با شرایط اکولوژیک منطقه را طراحی نمود. در مطالعه حاضر به ارزیابی تناسب اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای محصولات عمده زراعی و باغی و مطابقت آن با الگوی کشت موجود پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران با مساحت 51876 کیلومتر مربع یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. این حوضه بین استان‌های آذربایجان غربی (47/7 درصد)، آذربایجان شرقی (43/4 درصد) و کردستان (9/8 درصد) قرار دارد. حدود 33469 کیلومتر مربع از سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه را مناطق کوهستانی (65 درصد)، 12564 کیلومتر مربع آن را دشت‌ها و کوهپایه‌ها (24 درصد) و 5320 کیلومتر مربع آن را نیز دریاچه ارومیه (10 درصد) در بر گرفته است (Urmia Lake Restoration Program, 2019). سراب، هریس، بستان‌آباد، تبریز، شبستر، اسکو، آذرشهر، عجبشیر، بناب، مراغه، ملکان، میاندوآب، شاهیندژ، تکاب، بوکان، مهاباد، نقده، اشنویه، ارومیه، سلماس و سقز شهرستان‌هایی هستند که در حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع می‌شوند. بر اساس اقلیم دومارتین اصلاح شده، ارتفاعات جنوبی و غربی دارای اقلیم نیمه‌مرطوب فراسرد تا مرطوب فراسرد بوده و بتدریج به طرف دریاچه ارومیه به نیمه-خشک فراسرد تا نیمه خشک سرد تبدیل می‌گردد. پاره‌ای از نواحی شمال شرقی و ارتفاعات شرق حوضه نیز دارای اقلیم نیمه‌مرطوب فراسرد می‌باشند. محدوده‌ای در اطراف دریاچه ارومیه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد بوده و قسمت‌های زیادی از حوضه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشند (Ministry of Energy, 2012). روند متوسط دما و بارش حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل 1- روند متوسط بارش و دما در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig. 1– Trend of average precipitation and temperature in Urmia lake basin

مطالعات ارزیابی تناسب اراضی

نظر به ضرورت و اهمیت ارزیابی تناسب اراضی در راستای اصلاح الگوی کشت کشور، مطالعات ارزیابی تناسب اراضی در مقیاس کشوری طی سال‌های 97-1393 به سفارش معاونت امور زراعت وزارت جهاد کشاورزی توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور انجام گرفت که مقاله حاضر به نتایج آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخته است. بدین منظور، داده‌ها و اطلاعات خاک و اراضی (شامل شیب زمین، عمق خاک، وضعیت فرسایش، زهکشی، بافت و ساختمان خاک، درصد سنگریزه سطحی خاک، درصد آهک، میزان ESP، میزان EC، میزان CEC، درصد OC و میزان pH) از مطالعات خاکشناسی منطقه در سطوح مختلف دقت با وسعت تقریبی 457 هزار هکتار در محدوده اراضی تحت کشت آبی استخراج و نقشه‌های خاک رقومی‌سازی شده است. محدوده اراضی مناسب برای اجرای طرح با تهیه لایه کشت آبی و هم‌پوشانی آن با لایه‌های یکپارچه نقشه‌های خاک تعیین شده است. به منظور تعیین طبقه‌بندی تناسب اراضی از روش پارامتریک و بر اساس اطلاعات گردآوری شده شامل اطلاعات اقلیمی، اطلاعات خاک (داده‌های استخراج شده از گزارش‌های خاکشناسی) و اطلاعات محصولات زراعی و باغی متشکل از دوره-های فنولوژی محصولات بر پایه پهنه‌بندی اقلیمی یونسکو ACZ[1]، نیازهای رویشی خاک و اقلیمی هر گیاه استفاده گردیده است. محصولات مورد نظر بر اساس سطح کشت آن‌ها (محصولات غالب منطقه) و نیز بر اساس پتانسیل توسعه کشت در هر منطقه انتخاب شدند که شامل 22 گیاه زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)، لوبیا (*Phaseolus vulg*aris L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.)، سویا (*Glycine max* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، یونجه (*Medicago sativa* L.)، سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، هویج (*Daucus carota* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، سیر (*Allium sativum* L.)، توتون (*Nicotiana tabacum* L.)، گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، پیاز (*Allium cepa* L.)، هندوانه (*Citrullus lanatus*)، زعفران (*Crocus sativus* L.) و خیار (*Cucumis sativus* L.) و 12 گیاه باغی بادام (*Prunus amygdalus* L.)، زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)، هلو (*Prunus persica* L.)، شلیل (*Prunus persica* (L.) Batsch var. *nucipersica*)، آلبالو (*Prunus cerasus* L.)، گیلاس (*Prunus avium* L.)، آلو (*Prunus domestica* L.)، سیب (*Malus domestica* L. Borkh)، گلابی (*Pyrus communis* L.)، انگور (*Vitis vinifera* L.)، گردو (*Juglans regia* L.) و پسته (*Pistacia vera* L.) بود. نیاز رویشی[2] محصولات بر اساس اقلیم، خاک و زمین نما[3] برای محصولات باغی و زراعی می‌باشد که پایه و اساس این جداول، روش سایس و همکاران (Sys et al., 1993) است که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب کشور بر اساس شرایط ایران اصلاح شده است (Soil and Water Research Institute, 2018a; Soil & Water Research Institute, 2018b). در این مقاله، پهنه‌بندی اقلیمی یونسکو به دلیل برخی مزیت‌ها مانند تبعیت پلی‌گون‌ها از روند تغییرات مکانی توپوگرافی ایران، استفاده از متغیرهای اقلیمی و محیطی بیشتر در مدل‌سازی، لحاظ کردن تغییرات ارتفاعی نقطه‌ای و پیوسته و تطابق بیشتر کلاس‌های تعریف شده با اقلیم مناطق مختلف مبنای کلاس-های اقلیمی در نظر گرفته شده است. برای به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز دوره‌های فنولوژی محصولات زراعی و باغی در خرد اقلیم‌های تعریف شده به روش ACZ از انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب استفاده شده است (Soil and Water Research Institute, 2018c; Soil & Water Research Institute, 2018d). از نظر فائو اراضی بر حسب کیفیت و ویژگی‌های زمین در چهار سطح تناسب رده، کلاس، زیر کلاس و واحد طبقه‌بندی می‌شوند. رده، مناسب یا نامناسب بودن زمین برای کشت تیپ بهره‌برداری مورد نظر، کلاس درجه تناسب زمین، زیر کلاس نوع محدودیت شامل c (محدودیت‌های آب و هوایی)، t (محدودیت‌های پستی و بلندی مانند شیب اراضی)، w (محدودیت خیسی زمین مانند زهکشی و سیل‌گیری)، n (محدودیت شوری و سدیمی بودن خاک‌ها)، f (محدودیت حاصلخیزی خاک مانند اسیدیته) و s (محدودیت خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت و ساختمان، سنگریزه، مقدار گچ و آهک) و واحد میزان محدودیت را نشان می‌دهد (FAO, 1976;

1- Agro-climatic Zoning

2- Crop requirements

3- Landscape

(Sys et al., 1991).

بهینه‌سازی الگوی کشت

برنامه‌ریزی آرمانی به طور عمده برای دستیابی به راه حل بهینه در مسائلی بکارگرفته می‌شود که مستلزم هدف‌ها وآرمان‌های متعدد باشد. این روش در عین دارا بودن انعطاف‌پذیری برنامه‌ریزی خطی، همزمان هدف‌های متضادی را می‌تواند در برگیرد و با توجه به اولویت‌های تعیین شده برای هر هدف، جواب بهینه را ارائه کند. ازآنجا که همواره امکان تحقق کامل هدف‌های تعیین‌شده وجود ندارد، دستیابی به هدف‌های گوناگون با توجه به اهمیت نسبی آن‌ها برآورده می‌شود. لذا، تصمیم‌گیرنده ملزم می‌شود که به جای رسیدن به یک هدف بهینه، برای دستیابی به سطح رضایت بخشی از چند هدف تلاش کند. در واقع تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی، یک تابع هدف تلفیقی از هدف‌های متعدد است که تصمیم گیرنده خواهان دستیابی به آنها است (Jayaraman et al., 2017). در روش برنامه‌ریزی آرمانی به کار گرفته شده به جای اینکه مقادیر خود توابع هدف به مقدار آرمانی سوق داده شود، تلاش بر این است که مقدار مطلوبیت بهینه شود. مطلوبیت هر تابع هدف با استفاده از منطق فازی (و روش فازی مثلثی) عددی بین صفر و 1 تعریف می‌شود و به میزانی که مقدار تابع هدف به مقدار آرمانی آن نزدیکتر باشد، این مطلوبیت مقدار می‌گیرد. فرض می‌شود مطلوبیت بهینه برای توابع هدف ماکزیمم‌سازی 1 و برای توابع هدف مینیمم‌سازی صفر است. این روش فاصله مطلوبیت هر تابع هدف را از مقدار بهینه آن به صورت تعادلی و متناسب اوزان توابع هدف کمینه می‌کند (Gupta & Bhattacharjee, 2012). برای محاسبه مطلوبیت توابع هدف مبتنی بر رویکرد فازی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

معادله (1)

$$U(f_i)=\begin{cases}0 & ; \ if\ f_i \le f_i^{min}.\\ \dfrac{f_i-f_i^{min}}{f_i^{max}-f_i^{min}} & ; \ if\ f_i > f_i^{min}\ and\ f_i < f_i^{max}.\\ 1 & ; \ if\ f_i \ge f_i^{max}.\end{cases}$$

که در آن، f_i^{max} و f_i^{min} به ترتیب بیشترین و کمترین مقداری است که تابع هدف i ام می‌تواند اتخاذ کند. بسته به اینکه جنس تابع هدف max یا min باشد، این مقادیر همان مقادیر آرمانی محسوب می‌شوند و می‌توان آنها را از حل مدل ریاضی با صرف نظر کردن سایر توابع هدف یا با کمک خبره به دست آورد. اما مزیت روش اول در این است که اجازه نمی‌دهد مقدار آرمانی عددی فراتر از توانمندی‌های تعیین شده از طریق محدودیت‌ها باشد. در این جا تعیین مقدار نقطه مقابل بهینه (به عنوان مثال، f_i^{min} برای تابع هدف max) حائز اهمیت است. از این جهت که تعیین آن خارج از تغییرات واقعی مقدار تابع هدف ممکن است، باعث شود مطلوبیت به درستی برای آن محاسبه نشود. برای محاسبه مقادیر مقابل بهینه هر تابع هدف، مقدار تمام توابع هدف در شرایطی که تنها یکی از آنها بهینه می‌شد حفظ و در نهایت از طریق تعیین حداکثر و حداقل آنها، حدود این بازه محاسبه می‌شود. در ادامه توابع هدف با اضافه کردن متغیرهای انحراف به شکل (*) و (**) به ترتیب برای توابع هدف از جنس ماکزیمم و مینیمم‌سازی به عنوان محدودیت به مدل اضافه شده و تابع هدف نهایی به صورت (***) در می‌آید. لازم به توضیح است که در (*) مقدار d_i^+ و در (**) مقدار d_i^- به خاطر ماهیت مسئله قطعاً برابر صفر خواهد بود و تنها برای حفظ عمومیت نوشتاری آورده شده‌اند.

معادله (2)

$$\frac{f_i-f_i^{min}}{f_i^{max}-f_i^{min}}+d_i^- - d_i^+ = 1 \quad *$$

$$\frac{f_i-f_i^{min}}{f_i^{max}-f_i^{min}}+d_i^- - d_i^+ = 0 \quad **$$

$$Min \quad \sum_i w_i(d_i^- + d_i^+) \quad ***$$

تعریف متغیرها، پارامترها و اهداف

متغیر تصمیم:

X_c: سطح زیر کشت محصول c در طول فصل زراعی

پارامترهای مدل:

Ls: کل منطقه‌ای (بر حسب هکتار) که در حال حاضر برای کشت محصولات زراعی و باغی آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Pc: میزان تولید محصول c در هکتار در طول فصل زراعی (کیلوگرم در هکتار)

Prc: قیمت محصول c در فصل زراعی (ریال/ کیلوگرم)

Cr: بر آوردی از کل هزینه مورد نیاز در سال برای تأمین منابع تولید (ریال/هکتار)

GPc: ارزش ناخالص تولیدی محصول c در هکتار (ریال/هکتار)

NRc: میزان سود خالص محصول c در هکتار (ریال/هکتار)

EWPc: بهره‌وری اقتصادی آب در تولید محصول c در هکتار

(ریال/مترمکعب)

محدودیت‌های مدل

محدودیت‌هایی هستند که امکان تخطی از آنها وجود ندارد و مقدار متغیرهای تصمیم بایستی در آنها صدق کند. این محدودیت‌ها در مطالعه حاضر شامل سطح زیر کشت محصولات و آب قابل دسترس سالانه است. محدودیت آب سالانه حداکثر مقدار آبی است که در کل منطقه می‌تواند در اختیار محصولات الگوی کشت پیشنهادی قرار بگیرد (Singh, 2017). در این مطالعه کل آب قابل دسترس سالانه 3242086629 متر مکعب در نظر گرفته شد که در الگوی کشت فعلی برای محصولات مورد مطالعه در سطح 437800 هکتار استفاده می‌شود. این میزان آب از مجموع حاصلضرب حجم آب آبیاری برای هر محصول در سطح کشت همان محصول در الگوی کشت منطقه به دست آمد که در مدل بهینه‌سازی، کاهش کل آب مصرفی از این میزان آب مد نظر می‌باشد.

اهداف مدل

بشینه‌سازی سود خالص، کمینه کردن مصرف آب و بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب اهداف تعیین الگوی کشت مناسب در این مطالعه می‌باشد که بیان ریاضی آن‌ها به شکل زیر می‌باشد:

بیشینه‌سازی سود خالص

معادله (3) $$\sum_{c=1}^{c} x_c NR_c + d_i^- - d_i^+ = GNR$$

GNR سود خالص منطقه در حالت آرمانی را نشان می‌دهد.

بیشینه‌سازی بهره‌وری اقتصادی آب

معادله (4) $$\sum_{c=1}^{c} x_c EWP_c + d_i^- - d_i^+ = GEWP$$

$GEWP$ بیانگر بهره‌وری اقتصادی آب در حالت آرمانی می‌باشد.

کمینه‌سازی مصرف آب

معادله (5) $$\sum_{c=1}^{c} x_c WC_c + d_i^- - d_i^+ = GWC$$

GWC بیانگر میزان مصرف آب در حالت آرمانی می‌باشد.

در این مدل، وزن اهداف یکسان در نظر گرفته شد. الگوی کشت بهینه در سه سناریو به صورت زیر ارائه گردید:

سناریو 1 حداکثر سطح قابل تغییر برای هر محصول 50 درصد سطح محصول در الگوی کشت فعلی در نظر گرفته شد

سناریو 2 مجموع سطح کلاس‌های S_1 و S_2 به عنوان حداکثر سطح قابل افزایش برای هر محصول در نظر گرفته شد. از آنجا که سطح مطالعه شده در ارزیابی تناسب اراضی کمتر از کل سطح کشت منطقه می‌باشد، فرض شده است که کشت گندم در اراضی فاقد مطالعه تناسب اراضی امکان‌پذیر است.

سناریو 3 در این سناریو، علاوه بر اینکه محدودیت تناسب اراضی در مدل اعمال گردیده است، حداقل سطح مورد نیاز برای تأمین نیاز دام منطقه به محصولات یونجه (71152 هکتار)، سورگوم (3630 هکتار) و جو؛ تامین حداقل 50 درصد چغندرقند مورد نیاز کارخانجات قند شهرستان‌های ارومیه، پیرانشهر، نقده و میاندوآب؛ و حداقل مصرف محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و هندوانه بر اساس سرانه مصرف این محصولات در نظر گرفته شد. برای محصولات زردآلو که کمترین بهره‌وری اقتصادی آب را دارا بود، ذرت علوفه‌ای که علوفه مورد نیاز آن از طریق سورگوم تامین شد، هلو که کمترین سطح S_1 و S_2 را دارا بود و گلرنگ که سطح فعلی بسیار اندکی دارد، سطح معینی در الگوی نهایی در نظر گرفته نشد. برای محصولاتی نظیر پسته و زعفران که محصول آن قابل خشک کردن و نگه‌داری می‌باشد محدودیت سطحی برای افزایش در نظر گرفته نشد و برای سایر محصولات حداکثر و حداقل سطح قابل تغییر 50 درصد سطح فعلی آن‌ها در نظر گرفته شد. همچنین، به منظور رعایت تناوب زراعی، حداکثر سطح محصول زعفران که به دلیل مصرف آب کمتر و درآمد بالاتر به عنوان اولین محصول در ترکیب کشت قرار می‌گیرد، 50 درصد مجموع سطح S_1 و S_2 آن در نظر گرفته شد.

ضرایب فنی مدل

در طراحی الگوی کشت بهینه، دقت لازم در برآورد ضرایب فنی که به نوعی ابزار انتقال ویژگی‌های کلی محیط واقعی به الگوی برنامه‌ریزی هستند اهمیت بسیار زیادی دارد. ضرایب فنی در واقع میزان نهاده‌های مصرفی، وضعیت تولید، شاخص‌های اقتصادی و هر شاخص کمی دیگر در واحد سطح برای هر یک از محصولات زراعی و باغی را نشان می‌دهد. در این مطالعه، اطلاعات مربوط به سطح

زیرکشت (میانگین سه سال 93-1392 تا 95-1394)، عملکرد (میانگین سه سال 93-1392 تا 95-1394) و هزینه‌های تولید (شامل هزینه آماده‌سازی زمین نظیر شخم، دیسک و غیره؛ هزینه نهاده‌ها شامل بذر، کودها، سموم شیمیایی؛ هزینه نیروی انسانی و هزینه‌های مربوط به برداشت محصول) از داده‌ها و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، داده‌های نیاز آبی محصولات از نرم افزار Netwat و قیمت فروش محصولات (میانگین سال‌های 1395 و 1396) از مرکز آمار ایران اخذ شد. برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی از معادلات زیر استفاده گردید (Zangeneh et al., 2010):

معادله (6) قیمت هر کیلوگرم محصول (ریال) × عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) = ارزش ناخالص تولیدی

معادله (7) کل هزینه تولید (ریال در هکتار)- ارزش ناخالص تولیدی (ریال در هکتار) = سود خالص

بهره‌وری آب آبیاری[1] از تقسیم عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) بر حجم آب مصرفی در آبیاری (متر مکعب) محاسبه شد (Rodrigues & Pereira, 2009). برای محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب[2]، ارزش اقتصادی محصول تولیدی در هکتار بر حجم آب مصرفی در تولید بر حسب متر مکعب، تقسیم گردید (Rodrigues & Pereira, 2009). برای بهینه‌سازی الگوی کشت از نرم‌افزار GAMS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

تغییرات الگوی کشت

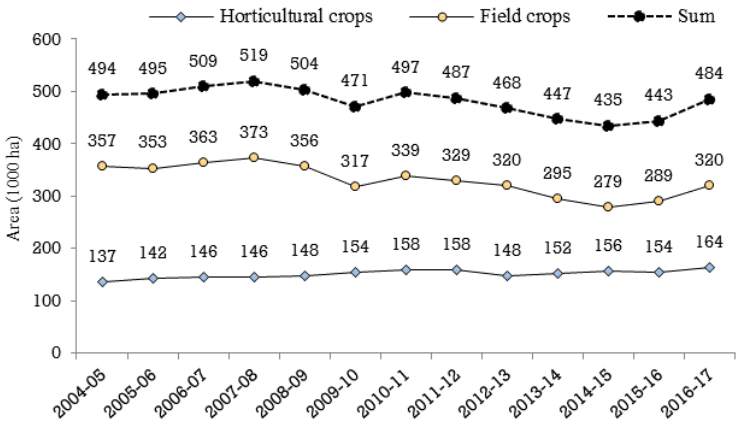
بررسی الگوی کشت محصولات زراعی و باغی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی دوره 10 ساله 83-1382 الی 95-1394 (شکل 2) نشان می‌دهد که سطح کشت محصولات آبی در سال‌های مختلف دارای تغییرات زیادی بوده است (Ministry of Agriculture-Jahad, 2005-2016). طی این دوره، سطح محصولات باغی آبی با یک شیب ملایمی روندی افزایشی داشته است، به طوری‌که سطح آن از حدود 133 هزار هکتار در سال 83-1382 به حدود 164 هزار هکتار در سال 95-1394 رسیده است (Ministry of Agriculture-Jahad, 2005-2016). در حالی که سطح محصولات زراعی آبی در این دوره روندی نزولی را طی کرده است. گزارشات موجود نشان می‌دهد که افزایش سطح زیر کشت محصولات آبی در این حوضه از سال 1350 تا سال 1393 حدود 200 هزار هکتار بوده است (Urmia Lake Restoration Program, 2017). همچنین، تغییرات سطح محصولات آبی طی دوره 1373 تا 1385 افزایش سطح حدود 130 هزار هکتاری را نشان می‌دهد (Urmia Lake Restoration Program, 2017). بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد سطح زیر کشت محصولات آبی در این حوضه افزایش پیدا کرده است (Youneszadeh Jalili et al., 2017). همچنین، بررسی 10 ساله (1368 الی 1379) تغییرات کاربری در دشت میاندوآب واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داد که سطح کشت آبی در این دشت حدود 20 درصد افزایش داشته است (Hesami & Amini, 2016).

سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی و سهم آن‌ها از کل کشت آبی در دو مقطع با میانگین سه ساله 85-1382 (سال پایه) و 95-1392 در شکل‌های 3، 4، 5 و 6 نشان داده شده است. بر اساس شکل‌های 3 و 4، طی مدت 10 سال بین دو مقطع زمانی، سطح محصولات زراعی آبی از حدود بیش از 360 هزار هکتار در میانگین سه سال 85-1382 به نزدیک 300 هزار هکتار در میانگین سه سال 95-1392 رسیده است (Ministry of Agriculture-Jahad, 2005-2016). این در حالی است که سطح محصولات باغی آبی از حدود بیش از 140 هزار هکتار در مقطع زمانی 85-1382 به نزدیک 158 هزار هکتار رسیده است (شکل‌های 5 و 6). این بدین مفهوم است که طی دهه گذشته سطح محصولات زراعی آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه کاهش و به سطح محصولات باغی آبی افزوده شده است. مقایسه سطح محصولات زراعی نشان می‌دهد که طی این مدت، سطح محصولات گندم (از حدود 151 هزار به حدود 110 هزار هکتار)، یونجه (از حدود 97 هزار به 82 هزار هکتار)، اسپرس (از حدود 15 هزار به نزدیک 5 هزار هکتار) و پیاز (از حدود 9800 به حدود 4800 هکتار) بیش از سایر محصولات کاهش پیدا کرده است و سطح محصولاتی مانند ذرت علوفه‌ای (از 1354 هکتار به بیش از 5000 هکتار) و گوجه‌فرنگی (از 7382 هکتار به 8781 هکتار) افزایش یافته است.

مقایسه محصولات باغی در دو مقطع زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد که محصولات سیب، انگور، بادام، گردو و زردآلو طی این دوره به ترتیب بیشترین سطح را به خود اختصاص داده‌اند. مقایسه سطح هر یک از محصولات نشان می‌دهد که سطح محصولات سیب (از

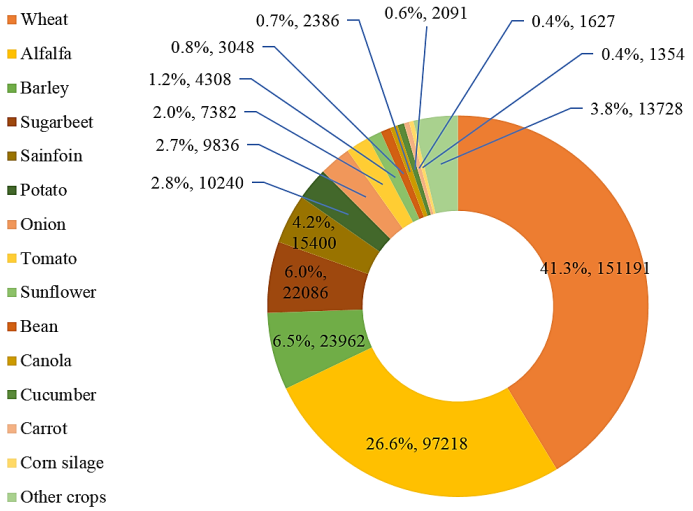
1- Irrigation water productivity
2- Economic irrigation water productivity

حدود 62 هزار به بیش از 69 هزار هکتار)، زردآلو (از حدود 5800 بـه حدود7300 هکتار)، آلو (از حدود 840 به بیش از 3000 هکتار) و هلو (از حدود 3523 هکتار به 5667 هکتار) افزایش یافته و سطح محصول انگور (از حدود بیش از 38 هزار به حدود 34 هزار هکتار) کاهش پیـدا کرده است. گزارشات موجود نشان می‌دهد که طی سال‌های 1373 تا 1382، در بین محصولات کشاورزی، گندم و یونجه بیشترین افزایش سطح را درحوضه آبریـز دریاچـه ارومیـه داشـته‌انـد. طـی ایـن دوره، چغندرقند و باغات هر کدام بـه ترتیـب برابـر 15 و 43 هـزار هکتـار افزایش سطح زیـر کشـت داشـته‌انـد (Urmia Lake Restoration Program, 2015).



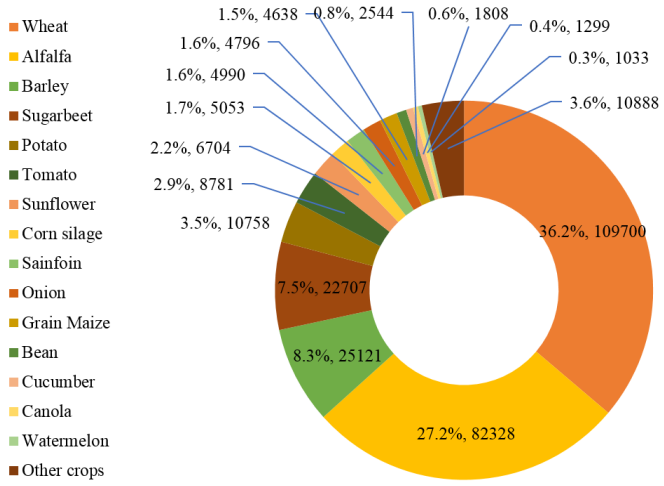
شکل 2- روند سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی دوره 10 ساله (83-1382 الی 95-1394)

Fig. 2– Trend of cultivation area for irrigated horticultural and field crops in the Urmia lake basin during 10-year period (2003-2004 to 2015-2016)



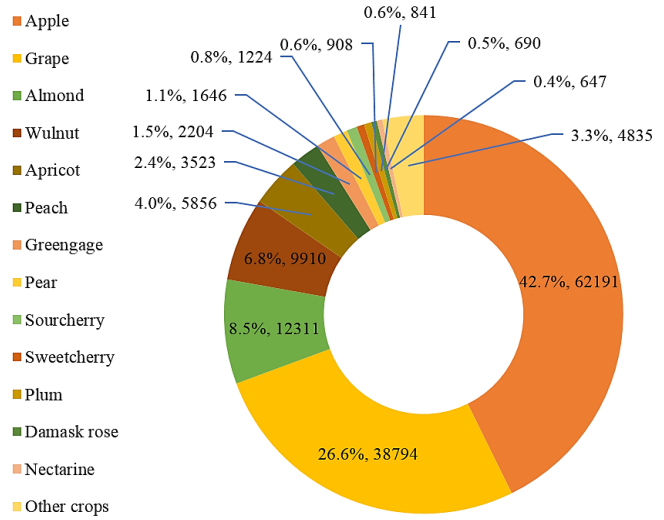
شکل 3- سطح زیر کشت و سهم محصولات زراعی از کل زراعت آبی در میانگین سه ساله 85-1383

Fig. 3– Area and proportion of field crops of total irrigated field crops area in average of 2004-2006



شکل 4- سطح زیر کشت و سهم محصولات زراعی از کل زراعت آبی در میانگین سه ساله 95-1393

Fig. 4– Area and proportion of field crops of total irrigated field crops area in average of 2014-2016



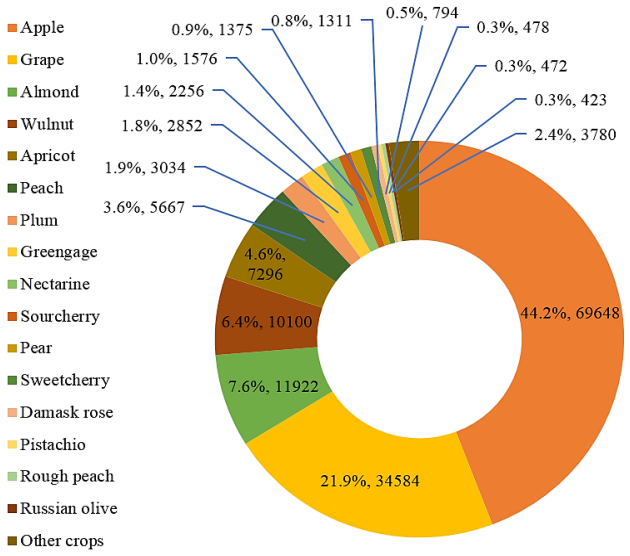
شکل 5- سطح زیر کشت و سهم محصولات باغی از کل باغات آبی در دوره سه ساله 85-1383

Fig. 5– Area and proportion of crops of total irrigated horticultural crops area in average of 2004-2006

ارزیابی تناسب اراضی

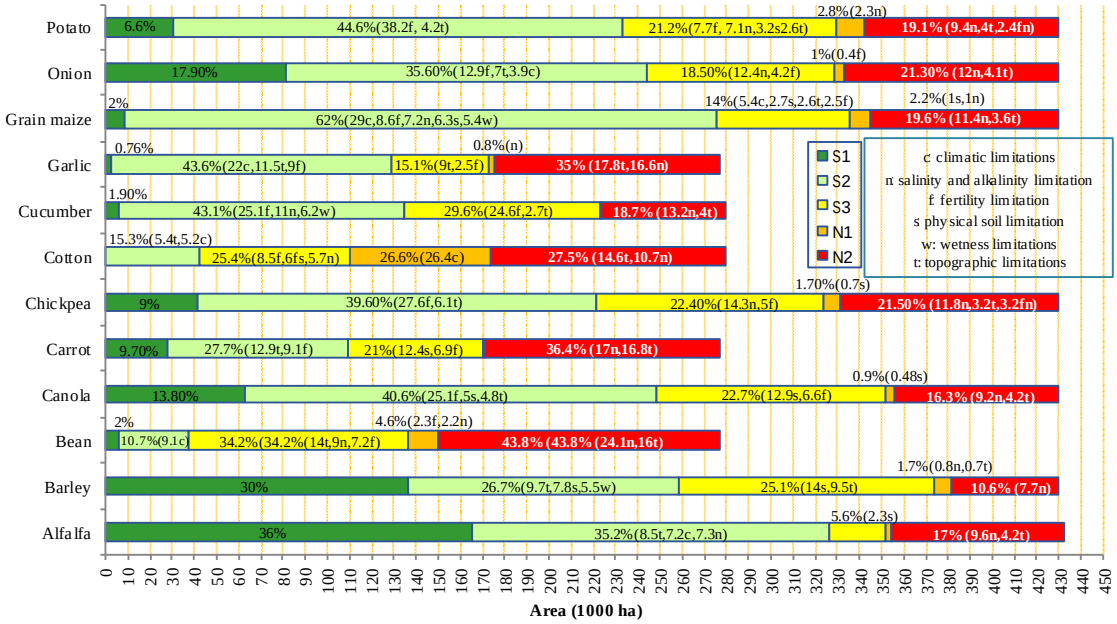
مساحت و سهم درصدی کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای محصولات عمده زراعی و باغی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شکل‌های 7، 8 و 9 نشان داده شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود، در بین محصولات زراعی مطالعه شده، محصولات گندم و جو با بیش از 375 هزار هکتار بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص داده و محصولات کلزا و یونجه با بیش از 350 هزار هزار هکتار، آفتابگردان با بیش از 340 هزار هکتار، ذرت دانه‌ای با بیش از 330 هزار هکتار و محصولات سیب‌زمینی، پیاز و گوجه‌فرنگی با حدود 330 هزار هکتار بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. در بین محصولات باغی مورد مطالعه، گیلاس، آلبالو، زردآلو و سیب با بیش از 350 هزار هکتار، گردو با بیش از 340 هزار هکتار و هلو با حدود 330 هزار هکتار به ترتیب بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. در محصولات گندم و جو، محدودیت خصوصیت فیزیکی خاک، توپوگرافی و زهشکی در رده مناسب و محدودیت شوری و قلیائیت در رده نامناسب غالبیت دارند (شکل‌های 7 و 8).



شکل 6- سطح زیر کشت و سهم محصولات باغی از کل باغات آبی در دوره سه ساله 1395-1393

Fig. 6– Area and proportion of crops of total irrigated horticultural crops area in average of 2014-2016

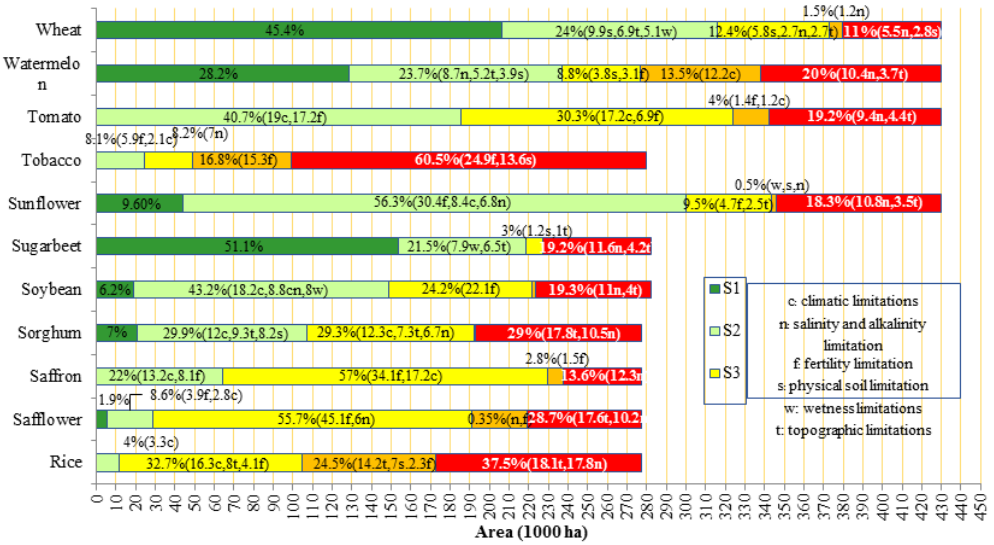


شکل 7- سطح و سهم درصدی کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای محصولات سیب‌زمینی، پیاز، ذرت دانه‌ای، سیر، خیار، پنبه، نخود، هویج، کلزا، لوبیا، جو و یونجه

درصدها با در نظر گرفتن سهم کلاس اراضی متفرقه که در شکل نشان داده نشده است، می‌باشد.

Fig. 7– Area and proportion of land suitability classes and subclasses for potato, onion, grain maize, garlic, cucumber, cotton, chickpea, carrot, canola, bean, barley and alfalfa

Percent values calculated with considering share of miscellaneous areas which not shown in the chart.

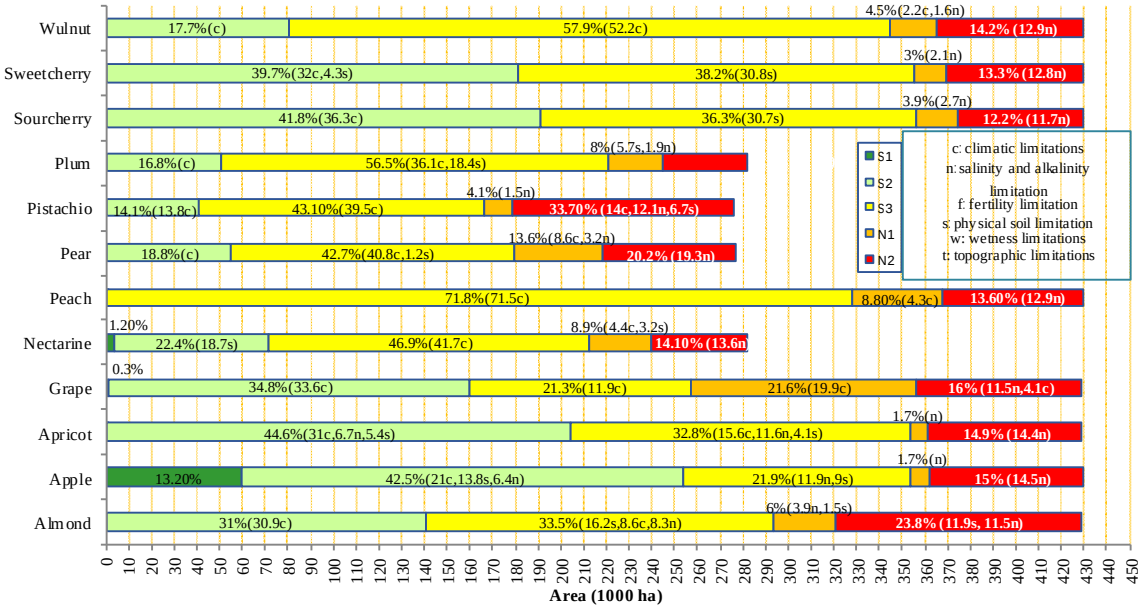


شکل 8- سطح و سهم درصدی کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای محصولات زراعی گندم، هندوانه، گوجه‌فرنگی، توتون، آفتابگردان، چغندرقند، سویا، سورگوم، زعفران، گلرنگ و برنج

درصدها با در نظر گرفتن سهم کلاس اراضی متفرقه که در شکل نشان داده نشده است، می‌باشد.

Fig. 8– Area and proportion of land suitability classes and subclasses for wheat, watermelon, tomato, tobacco, sunflower, sugar beet, soybean, sorghum, saffron, safflower and rice

Percent values calculated with considering share of miscellaneous areas which not shown in the chart.



شکل 9- سطح و سهم درصدی کلاس‌ها و زیرکلاس‌های (عوامل محدود کننده) تناسب اراضی ارومیه برای محصولات گردو، گیلاس، آلبالو، آلو، پسته، گلابی، هلو، شلیل، انگور، زردآلو، سیب و بادام

درصدها با در نظر گرفتن سهم کلاس اراضی متفرقه که در شکل نشان داده نشده است، می‌باشد.

Fig. 9– Area and proportion of land suitability classes and subclasses for walnut, sweet cherry, sour cherry, plum, pistachio, pear, peach, nectarine, grape, apricot, apple and almond

Percent values calculated with considering share of miscellaneous areas which not shown in the chart.

نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی برای گندم (شکل 13) و جو (شکل 10) در حوضه دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که این محصولات در اکثر شهرستان‌های حوضه پتانسیل کشت بالایی دارند اما بخش‌هایی از شهرستان‌های نقده، تبریز، اسکو و میاندوآب به دلیل محدودیت شدید شوری و قلیائیت برای کشت این محصولات نامناسب می‌باشد. در حال حاضر شهرستان‌های میاندوآب، ارومیه، سراب، تبریز و بوکان به ترتیب بیشترین سطح گندم آبی را داشته و بیشترین سطح جو آبی متعلق به شهرستان‌های سراب، میاندوآب، تبریز و اسکو می‌باشد. مطالعه انجام شده توسط جعفرزاده و همکاران (Jafarzadeh et al., 2008) در شهرستان هریس استان آذربایجان‌شرقی نشان داد که کشت گندم و جو در منطقه عوامل محدود کننده شدید نداشته و کشت این محصولات در این مناطق توصیه می‌شود. این محققین حاصلخیزی خاک و شوری و قلیائیت و تا حدودی خصوصیات فیزیکی خاک را مهمترین عوامل محدود کننده تولید در این منطقه گزارش کردند. مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای جو آبی که در مناطق پسوه و جلدیان استان آذربایجان‌غربی انجام شده است، نشان داد که در محدوده مورد مطالعه کلاس‌های اقلیمی برای جو کاملا مناسب(S_1) می‌باشد. اسیدیته، آهک، بافت خاک، ذرات درشت‌تر از شن و توپوگرافی مهمترین عوامل خاکی هستند که تولید محصول در پسوه و جلدیان استان آذربایجان‌غربی را با محدودیت مواجه می‌سازند (Pakpour Rabati et al., 2013). حدود 330 هزار هکتار (78/6 درصد) از کل اراضی آبی مطالعه شده برای محصول ذرت دانه‌ای در رده مناسب (S) و نزدیک 100 هزار هکتار (21/8 درصد) در رده نامناسب (N) قرار می‌گیرد. قسمتی از اراضی شهرستان‌های تبریز، میاندوآب، مراغه، بناب، عجب شیر و ملکان به دلیل ساعات آفتابی کم در دوره رشد محصول در کلاس نسبتاً مناسب (S_2) قرار می‌گیرند. در کلاس S_2، بین عوامل محدود کننده، عامل اقلیمی محدودیت عمده بسیاری از مناطق از جمله میاندوآب، شبستر، سراب، مراغه، بناب، بستان‌آباد، هریس و عجبشیر می‌باشد در حالی که عامل محدود کننده اصلی در این کلاس برای ارومیه عامل شوری و قلیائیت، اشنویه عامل حاصلخیزی و نقده و مهاباد عامل زهکشی می‌باشد. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی برای ذرت دانه‌ای نشان می‌دهد که از کل سطح مطالعه شده، بیشترین سطح رده مناسب به ترتیب مربوط به مناطق میاندوآب، ارومیه و سراب می‌باشد (شکل 10). در سال‌های اخیر (طی سال‌های 1392 الی 1395، Ministry of Agriculture-Jahad, 2005-2016)، شهرستان‌های ارومیه و سلماس بیشترین سطح ذرت علوفه‌ای و شهرستان‌های نقده و مهاباد بیشترین سطح ذرت دانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای لوبیا نشان داد که حدود 5800 هکتار (2 درصد) از اراضی آبی مورد مطالعه در کلاس مناسب (S_1) قرار دارد. اراضی با کلاس نسبتاً مناسب (S_2) با محدودیت‌های متوسط که عمدتاً از عوامل اقلیم، واکنش خاک، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی ناشی می‌شود، حدود 3 هزار هکتار (11 درصد) است. 99/5 هزار هکتار (34 درصد) اراضی آبی مطالعه شده نیز به دلیل وجود محدودیت‌های زیاد ناشی از عوامل اقلیم، واکنش خاک، مقدار شوری، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگریزه، شرایط پستی و بلندی و زهکشی در کلاس تناسب کم (S_3) قرار گرفته و سایر مناطق مطالعه شده در رده نامناسب و اراضی متفرقه (X) قرار می‌گیرد. توپوگرافی، اقلیم و شوری و قلیائیت خاک مهمترین عواملی هستند که تولید لوبیا را در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بیشتر از سایر عوامل محیطی تحت تاثیر قرار می‌دهند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که شهرستان‌های سراب، هریس، بناب، بستان‌آباد، عجبشیر و بخش‌های کمی از اراضی مطالعه شده شهرستان‌های میاندوآب و بوکان پتانسیل بیشتری برای کشت محصول لوبیا دارند. طبق آمارهای موجود، سراب، اشنویه و ارومیه شهرستان‌هایی هستند که بیشترین سطح زیر کشت لوبیای آبی را در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به خود اختصاص می‌دهند که در مورد شهرستان سراب پتانسیل بالای منطقه با سطح کشت بالای محصول رابطه‌ای روشن را نشان می‌دهد. محدودیت اقلیمی برای کاشت نخود در حوضه آبریز دریاچه ارومیه وجود ندارد. حدود 9 درصد از کل اراضی آبی تحت مطالعه حوضه برای نخود آبی در کلاس مناسب (S_1)، 39/6 درصد دارای کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 22/4 درصد دارای کلاس تناسب کم (S_3) و مابقی در کلاس‌های نامناسب و اراضی متفرقه قرار می‌گیرند (شکل 7). حاصلخیزی خاک مهمترین عاملی است که در بین عوامل محدود کننده تولید محصول نخود در بیشتر مناطق مورد مطالعه حوضه آبریز دریاچه ارومیه به چشم می‌خورد و عوامل شوری و قلیائیت، توپوگرافی و خصوصیات فیزیکی خاک و زهکشی از عوامل دیگر محدودکننده

این محصول به شمار می‌روند (شکل 7). سهم نخود آبی در الگوی کشت موجود حوضه آبریز دریاچه ارومیه بسیار اندک بوده و کشت آن در این مناطق بیشتر به صورت دیم صورت می‌گیرد، اما در صورتی که کشت آبی این محصول مد نظر باشد، شهرستان‌های سراب و میاندوآب بیشترین پتانسیل تولید این محصول را دارند. مجموع سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای کشت سویا در شکل 8 نشان داده شده است.

حدود 6/2 درصد از اراضی مطالعه شده حوضه برای محصول سویا در کلاس مناسب (S_1)، 43/2 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 24/2 در کلاس تناسب کم (S_3) و مابقی در کلاس‌های نامناسب و اراضی متفرقه قرار دارد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که محدودیت‌های متوسط تا زیاد ناشی از عوامل اقلیمی، شوری و قلیائیت، حاصلخیزی خاک، زهکشی و پستی و بلندی می‌تواند رشد و تولید این محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد (شکل 8). در حال حاضر، کشت سویای آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه رایج نیست، اما در صورتی که از نظر اقتصادی و بهره وری مصرف آب نسبت به محصولات برتری داشته باشد، پتانسیل توسعه کشت آن در شهرستان های ارومیه، میاندوآب و قسمت‌هایی از شهرستان‌های اشنویه، مهاباد و نقده وجود دارد (شکل 12). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که از کل 455 هزار هکتار سطح مطالعه شده در حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای آفتابگردان، بیش از 340 هزار هکتار (75/4درصد) در رده مناسب (S) و مابقی (24/6 درصد) در رده نامناسب (N) و اراضی متفرقه (X) قرار می‌گیرد. از این اراضی، حدود 9/5 درصد در کلاس مناسب (S_1)، 56/3 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2) و 9/5 درصد در کلاس تناسب بحرانی (S_3) قرار می‌گیرد. بیشترین پراکنش رده مناسب برای محصول آفتابگردان آبی متعلق به شهرستان‌های میاندوآب، ارومیه، سراب، بناب، اشنویه، شبستر، عجبشیر، آذرشهر، بوکان، مهاباد می‌باشد که در حال حاضر بیشترین سطح کشت آن متعلق به شهرستان‌های سلماس و ارومیه می‌باشد. حاصلخیزی خاک و اقلیم در کلاس‌های نسبتاً مناسب و تناسب بحرانی و شوری و قلیائیت در کلاس نامناسب دائمی مهمترین عوامل محدودیت رشد و تولید آفتابگردان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشند.

سطح مطالعه شده، مساحت و درصد سطح کلاس‌ها و زیرکلاس‌های تناسب اراضی برای محصول کلزا در شکل 7 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، از کل سطح ارزیابی شده، 13/8درصد در کلاس مناسب (S_1)، 40/6 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 22/7 در کلاس تناسب کم (S_3) و مابقی در کلاس‌های نامناسب (N) و اراضی متفرقه (X) قرار دارد. بررسی زیرکلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که کشت کلزا با محدودیت‌های متوسط تا نسبتاً زیاد ناشی از حاصلخیزی خاک، خصوصیات فیزیکی خاک و پستی و بلندی و محدودیت زیاد ناشی از شوری و قلیائیت مواجه است. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که شهرستان‌های سراب، بخش‌های زیادی از شهرستان میاندوآب و قسمت‌هایی از شهرستان‌های بناب، شبستر، بوکان و هریس بیشترین پتانسیل را برای توسعه کشت کلزا دارا می‌باشند (شکل 10). این در حالی است که طبق آمار موجود، سطح کشت کلزا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی سه سال گذشته زیر 1700 هکتار بوده که قسمت عمده آن در شهرستان‌های تبریز و اسکو کشت شده است. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای محصول یونجه نشان می‌دهد که از حدود بیش از 480 هزار هکتار سطح مطالعه شده 36 درصد آن در کلاس مناسب (S_1)، 32/2 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 5/6 درصد در کلاس تناسب کم (S_3)، 17 درصد در کلاس نامناسب دائمی (N_2) و مابقی در اراضی متفرقه (X) قرار می‌گیرد. بررسی زیرکلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که خصوصیات فیزیکی خاک، پستی و بلندی، عوامل اقلیمی و شوری و قلیائیت مهمترین عواملی هستند که با ایجاد محدودیت متوسط تا نسبتاً زیاد باعث می‌شوند بخش زیادی از اراضی مطالعه شده در کلاس‌های نسبتاً مناسب (S_2) و تناسب کم (S_3) واقع شوند (شکل 7). برای محصول سیب زمینی از حدود 455 هزار هکتار مطالعه شده، 6/6 درصد در کلاس مناسب (S_1)، 44/6 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 21/2 درصد در کلاس تناسب کم (S_3)، 2/8 درصد در کلاس نامناسب در شرایط فعلی (N_1)، 19/1 درصد در کلاس نامناسب دائمی (N_2) و مابقی در اراضی متفرقه (X) قرار گرفت. بررسی زیرکلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که مهمترین عوامل محدود کننده در کلاس‌های نسبتاً مناسب (S_2) و تناسب کم (S_3) شامل محدودیت‌های متوسط تا نسبتا زیاد ناشی از حاصلخیزی خاک، شوری و قلیائیت، پستی و بلندی و خصوصیات فیزیکی خاک می‌باشد (شکل 7). نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که شهرستان‌های سراب و میاندوآب بیشترین پتانسیل کشت این محصول را دارا می‌باشند. در حال حاضر، بیشترین سطح زیر

کشت سیب‌زمینی در حوضه دریاچه ارومیه متعلق به شهرستان‌های سراب، بستان آباد و عجبشیر می‌باشد. شکل‌های 7 و 8 نشان می‌دهد که از کل سطح مطالعه شده (حدود 455 هزار هکتار)، به ترتیب حدود 330 و 320 هزار هکتار از اراضی در رده مناسب برای محصولات پیاز و گوجه فرنگی قرار می‌گیرد. حاصلخیزی خاک و اقلیم مهمترین عوامل محدودکننده‌ای هستند که در حد متوسط تا نسبتاً زیاد تولید گوجه فرنگی در اراضی رده مناسب را تحت تاثیر قرار می‌دهند. برای محصول پیاز، بجز از عوامل اقلیمی و حاصلخیزی خاک، عوامل شوری و قلیائیت و پستی بلندی نیز در حد متوسط تا نسبتاً زیاد کشت محصول را در رده مناسب تحت تاثیر قرار می‌دهند. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی برای محصول پیاز نشان می‌دهد که شهرستان‌های میاندوآب، بناب، آذرشهر، سراب و قسمت‌هایی از شهرستان‌های ارومیه، هریس، بستان آباد و شبستر پتانسیل بالایی برای کشت این محصول دارند (شکل 11). طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح کشت پیاز در حوضه دریاچه ارومیه طی سه سال 1393-1392 تا 1395-1394 نزدیک به 4800 هکتار می‌باشد که بیشترین سطح کشت آن مربوط به شهرستان‌های ملکان، بناب و میاندوآب می‌باشد. گوجه فرنگی در بین محصولات زراعی از نظر سطح زیر کشت پس از گندم، جو، یونجه، چغندرقند و سیب زمینی قرار می‌گیرد و بیشترین کشت آن در شهرستان‌های ارومیه، میاندوآب، ملکان و شبستر صورت می‌گیرد. این محصول در کلاس‌های تناسب فاقد کلاس مناسب (S_1) می‌باشد اما بیشترین پراکنش کلاس نسبتاً مناسب (S_2) در شهرستان‌های ارومیه و میاندوآب و قسمت‌هایی از شهرستان‌های بناب، عجبشیر، آذرشهر و شبستر می‌باشد.

به غیر از اراضی متفرقه، نزدیک 280 هزار هکتار از اراضی حوضه برای محصولات سیر و خیار مورد مطالعه قرار گرفته است که سهم کلاس‌های تناسب و عوامل محدود کننده برای کشت این محصولات در شکل 6 نشان داده شده است. اقلیم، پستی و بلندی و حاصلخیزی خاک محدودیت‌هایی هستند که در حد متوسط تا نسبتاً زیاد تولید سیر را در رده مناسب تحت تاثیر قرار می‌دهند. قسمتی از اراضی مطالعه شده نیز به دلیل محدودیت زیاد پستی و بلندی و شوری و قلیائیت در کلاس نامناسب دائمی برای کشت سیر می‌باشند. برای محصول خیار، نزدیک 220 هزار هکتار از اراضی در رده مناسب قرار می‌گیرد. حاصلخیزی خاک، شوری و قلیائیت، زهکشی و پستی و بلندی مهمترین عواملی هستند که در حد متوسط تا نسبتاً زیاد کشت خیار در اراضی رده مناسب را تحت تاثیر قرار می‌دهند (شکل 7). بررسی الگوی کشت موجود نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، میانگین سطح کشت خیار حدود 1800 هکتار و سطح کشت سیر کمتر از 150 هکتار بوده است. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب نشان می‌دهد که بیشترین پتانسیل توسعه محصول سیر در اراضی مطالعه شده شهرستان سراب و برای خیار شهرستان‌های ارومیه و میاندوآب می‌باشند (شکل 11). بیش از 300 هزار هکتار از اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای کشت چغندرقند مورد مطالعه قرار گرفته است که از این مقدار حدود بیش از 51 درصد در کلاس مناسب (S_1)، 21/5 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 3 درصد تناسب کم (S_3) و مابقی در رده نامناسب (N) و اراضی متفرقه (X) قرار می‌گیرد. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که شهرستان‌های ارومیه و میاندوآب از نظر سطح، پتانسیل بسیار بالایی برای کشت چغندرقند دارند. همچنین، قسمت‌های عمده‌ای از مناطق مطالعه شده شهرستان‌های بوکان، عجبشیر، بناب، سلماس، اشنویه و شاهیندژ از پتانسیل کشت بالایی برای کشت چغندرقند برخوردار هستند. در حال حاضر، در بین محصولات زراعی محصول چغندرقند پس از محصولات گندم، جو و یونجه بیشترین سطح (بیش از 22 هزار هکتار) را به خود اختصاص می‌دهد که بیشترین سطح زیر کشت آن مربوط به شهرستان‌های میاندوآب، بوکان، نقده، مهاباد، شاهیندژ و اشنویه می‌باشد. ارزیابی حدود 455 هزار هکتار برای محصول هندوانه نشان داد که 28/2 درصد اراضی در کلاس مناسب (S_1)، 23/7 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 8/8 درصد در کلاس تناسب کم (S_3)، 13/5 درصد در کلاس نامناسب در شرایط فعلی (N_1)، 20 درصد در کلاس نامناسب دائمی (N_2) و 5/6 درصد در اراضی متفرقه (X) قرار می‌گیرد (شکل 8). شوری و قلیائیت، پستی و بلندی، خصوصیات فیزیکی و حاصلخیزی خاک مهمترین عواملی هستند که در حد متوسط تا نسبتاً زیاد تولید هندوانه را در کلاس‌های نسبتاً مناسب (S_2) و تناسب کم (S_3) تحت تاثیر قرار می‌دهند (شکل 8). نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که سطح قابل توجهی از اراضی مطالعه شده در شهرستان‌های میاندوآب، بناب، عجبشیر، آذرشهر و شبستر جزو کلاس مناسب (S_1) و بدون عوامل محدودکننده اثرگذار می‌باشد. طی سه سال اخیر (95-1393)، متوسط سطح کشت هندوانه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه حدود 1000 هکتار بوده که قسمت بیشتر آن در شهرستان‌های میاندوآب، هریس و

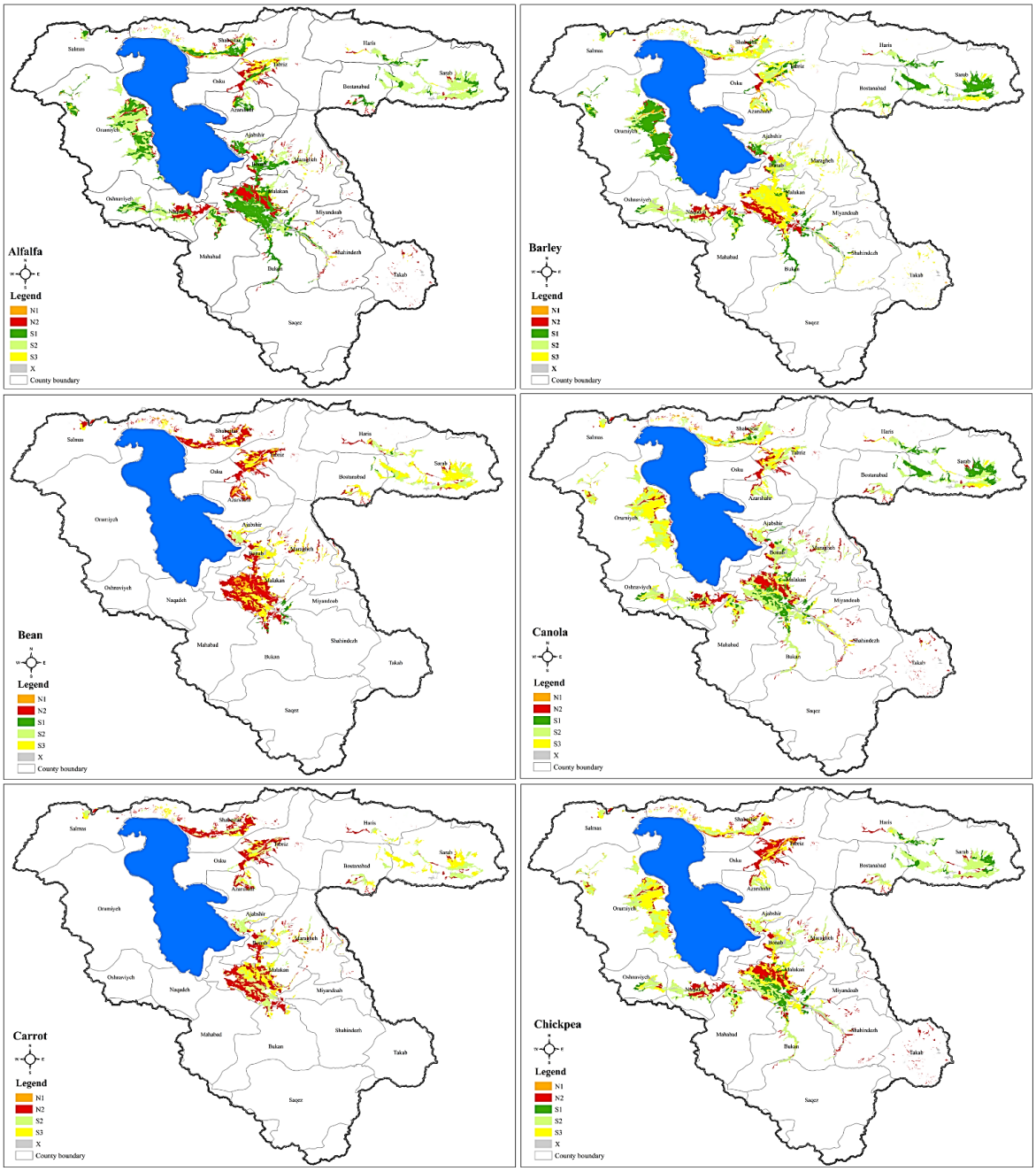
شاهیندژ کشت می‌شود. ارزیابی نزدیک به 290 هزار هکتار از اراضی شرق و جنوب شرق حوضه برای کشت زعفران نشان می‌دهد که از این سطح 22 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 57 درصد در کلاس تناسب کم (S_3)، 2/8 درصد در کلاس نامناسب در شرایط فعلی (N_1)، 13/6 درصد در کلاس نامناسب دائمی (N_2) و مابقی در کلاس متفرقه (X) قرار می‌گیرد (شکل 8). حاصلخیزی خاک و اقلیم مهمترین محدودیت‌هایی هستند که در حد متوسط تا نسبتاً زیاد کشت زعفران را تحت تاثیر قرار می‌دهند (شکل 8) و سبب می‌شوند که قسمت قابل توجهی از اراضی در کلاس نسبتاً مناسب (S_2) و تناسب کم (S_3) قرار بگیرد. آمارهای موجود نشان می‌دهد که کشت زعفران در شهرستان‌هایی نظیر آذرشهر، بستان آباد، بناب و شبستر از چند سال اخیر آغاز شده و سطح آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در حال افزایش می‌باشد (Ministry of Agriculture-Jahad, 2005-2016). نتایج ارزیابی 290 هزار هکتار از اراضی حوضه برای محصولات هویج، پنبه، گلرنگ، برنج، سورگوم و توتون (شکل‌های 7 و 8) نشان می‌دهد که از این میزان، سطح رده مناسب برای محصول هویج حدود 170 هزار هکتار، پنبه 110 هزار هکتار، توتون نزدیک 50 هزار هکتار و گلرنگ و سورگوم بیش از 190 هزار هکتار می‌باشد. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی برای این محصولات در شکل‌های 10، 11، 12 و 13 نشان داده شده است.

نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات باغبانی نشان می‌دهد که سیب در بین این محصولات بیشترین سازگاری محیطی را دارد. از حدود 455 هزار هکتار مطالعه شده برای محصول سیب، 13/2 درصد در کلاس مناسب (S_1)، 42/5 درصد در کلاس نسبتاً مناسب (S_2)، 21/9 درصد در تناسب کم (S_3)، 1/7 درصد در کلاس نامناسب در شرایط فعلی (N_1)، 15 درصد در کلاس نامناسب دائمی (N_2) و مابقی در کلاس اراضی متفرقه (X) قرار گرفت. اقلیم، خصوصیات فیزیکی خاک و شوری و قلیائیت مهمترین عوامل محدود کننده‌ای هستند که در حد متوسط تا نسبتاً زیاد تولید سیب در کلاس‌های نسبتاً مناسب (S_2) و تناسب کم (S_3) را تحت تاثیر قرار می‌دهد (شکل 9). نقشه کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که بیشترین پراکنش کلاس مناسب (S_1) در شهرستان‌های میاندوآب، نقده، آذرشهر، بناب، مراغه و ارومیه می‌باشد. در حال حاضر، سیب بیشترین سطح زیر کشت محصولات باغبانی را در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به خود اختصاص می‌دهد که متوسط سه سال 1395-1393 آن نزدیک 70 هزار هکتار می‌باشد که شهرستان‌های ارومیه، مراغه، سلماس، مهاباد، میاندوآب، نقده و اشنویه بیشترین سطح کشت را به خود اختصاص می‌دهند. در مورد انگور که دومین سطح کشت را در بین محصولات باغی پس از سیب به خود اختصاص می‌دهد، اقلیم مهترین عامل محدود کننده به شمار می‌رود و سبب شده است تا قسمت بیشتر اراضی مورد مطالعه در تناسب کم (S_3) یا نامناسب (N) برای این محصول قرار بگیرد. نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که قسمت عمده‌ای از اراضی مطالعه شده شهرستان‌های سراب، تبریز، شبستر، اسکو، آذرشهر و قسمت شمالی شهرستان میاندوآب مناسب کشت انگور نمی‌باشد. در حال حاضر، شهرستان‌های ارومیه، ملکان، بناب، مراغه، میاندوآب و آذرشهر بیشترین سطح کشت را به خود اختصاص می‌دهند. ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات گیلاس و آلبالو نشان می‌دهد که اقلیم و خصوصیات فیزیکی خاک مهمترین عوامل محدود کننده در کلاس‌های نسبتاً مناسب (S_2) و تناسب کم (S_3) برای این محصولات می‌باشند. پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی برای محصولات گیلاس و آلبالو در شکل 15 نشان داده شده است. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای محصول پسته نشان می‌دهد که بخش‌هایی از اراضی مطالعه شده به دلیل محدودیت‌های زیاد اقلیمی، شوری و قلیائیت و خصوصیات فیزیکی خاک در رده نامناسب قرار می‌گیرد. پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی نشان می‌دهد که قسمت عمده‌ای از شهرستان بناب و بخش‌هایی از شهرستان‌های میاندوآب، شبستر و تبریز برای کشت پسته بیشترین تناسب را دارند. سطح کلاس‌های تناسب اراضی و عوامل محدود کننده اقلیمی- خاکی برای سایر محصولات باغبانی در شکل 9 و نقشه پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی در این محصولات در شکل‌های 14 و 15 نشان داده شده است.

بهینه‌سازی الگوی کشت موجود

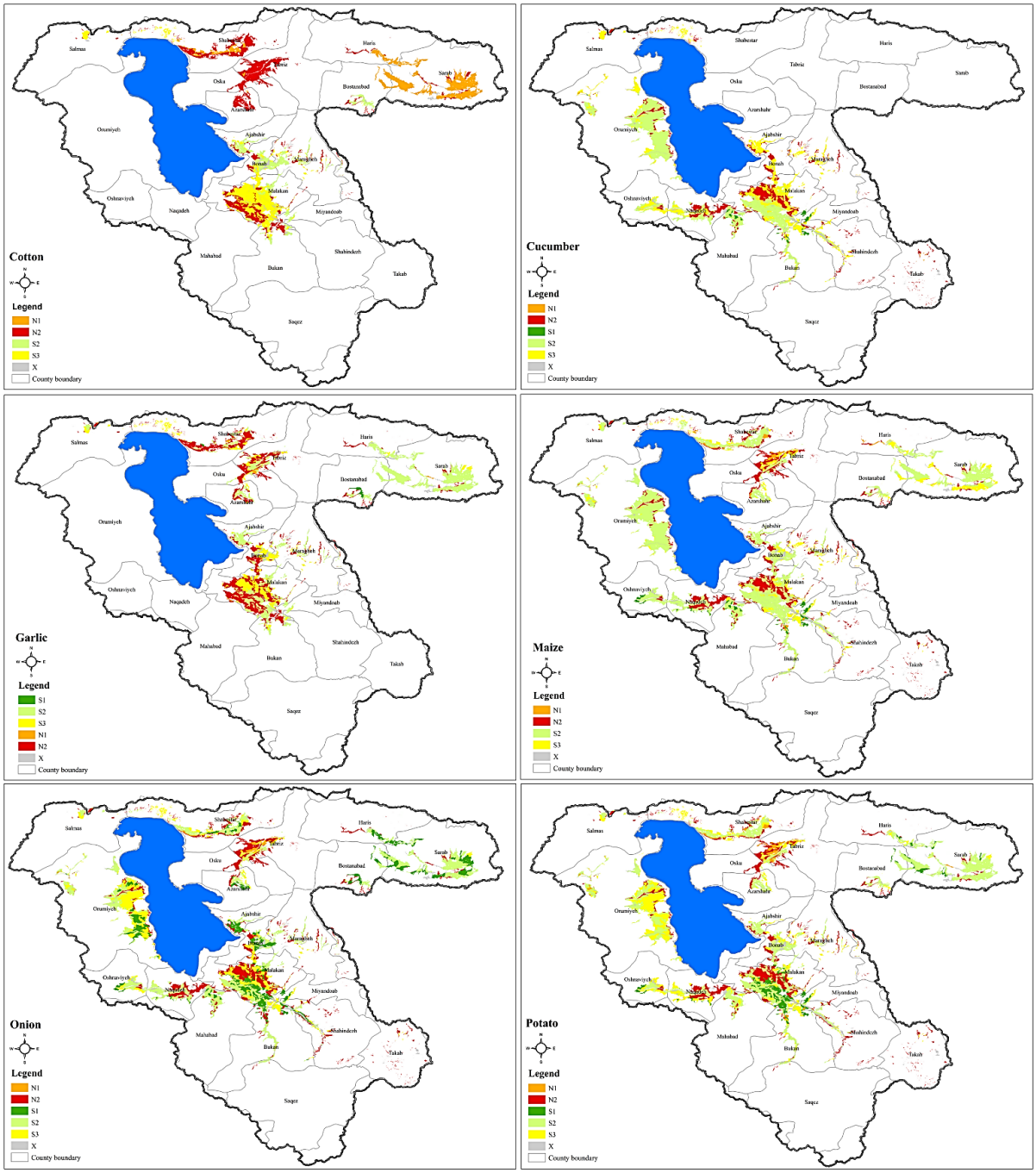
جداول 1 و 2 شاخص‌های تولید و بهره‌وری محصولات عمده زراعی و باغی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد که در مدل بهینه‌سازی به عنوان ضرایب فنی مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس این اطلاعات، در بین محصولات مورد مطالعه، بیشترین نیاز آبی ناخالص گیاه مربوط به پنبه (7809 متر مکعب در هکتار)، چغندرقند (7653 متر مکعب در هکتار)، گردو (7117 متر مکعب در

هکتار)، یونجه (6795 متر مکعب در هکتار) و بادام (6741 متر مکعب در هکتار) بوده و کمترین آن مربوط به محصولات زعفران (1022 متر مکعب در هکتار)، جو (1760 متر مکعب در هکتار)، گندم (2561 متر مکعب در هکتار)، کلزا (2925 متر مکعب در هکتار) و سورگوم (2702 متر مکعب در هکتار) می‌باشد.



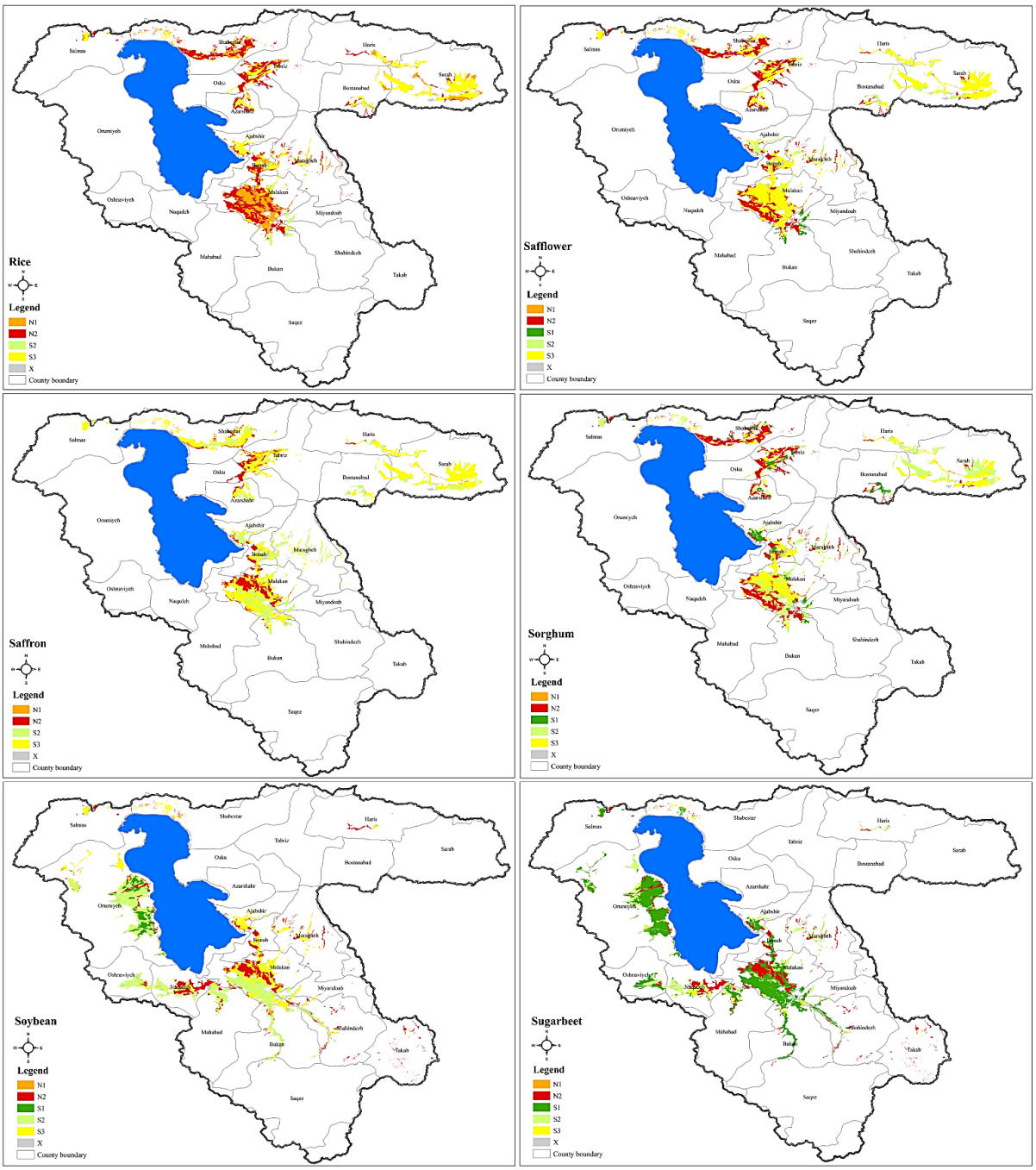
شکل 10- نقشه تناسب اراضی برای کشت محصولات جو، یونجه، کلزا، لوبیا، نخود و هویج در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig. 10- Land suitability map for barley, alfalfa, canola, bean, chickpea and carrot in Urmia lake basin



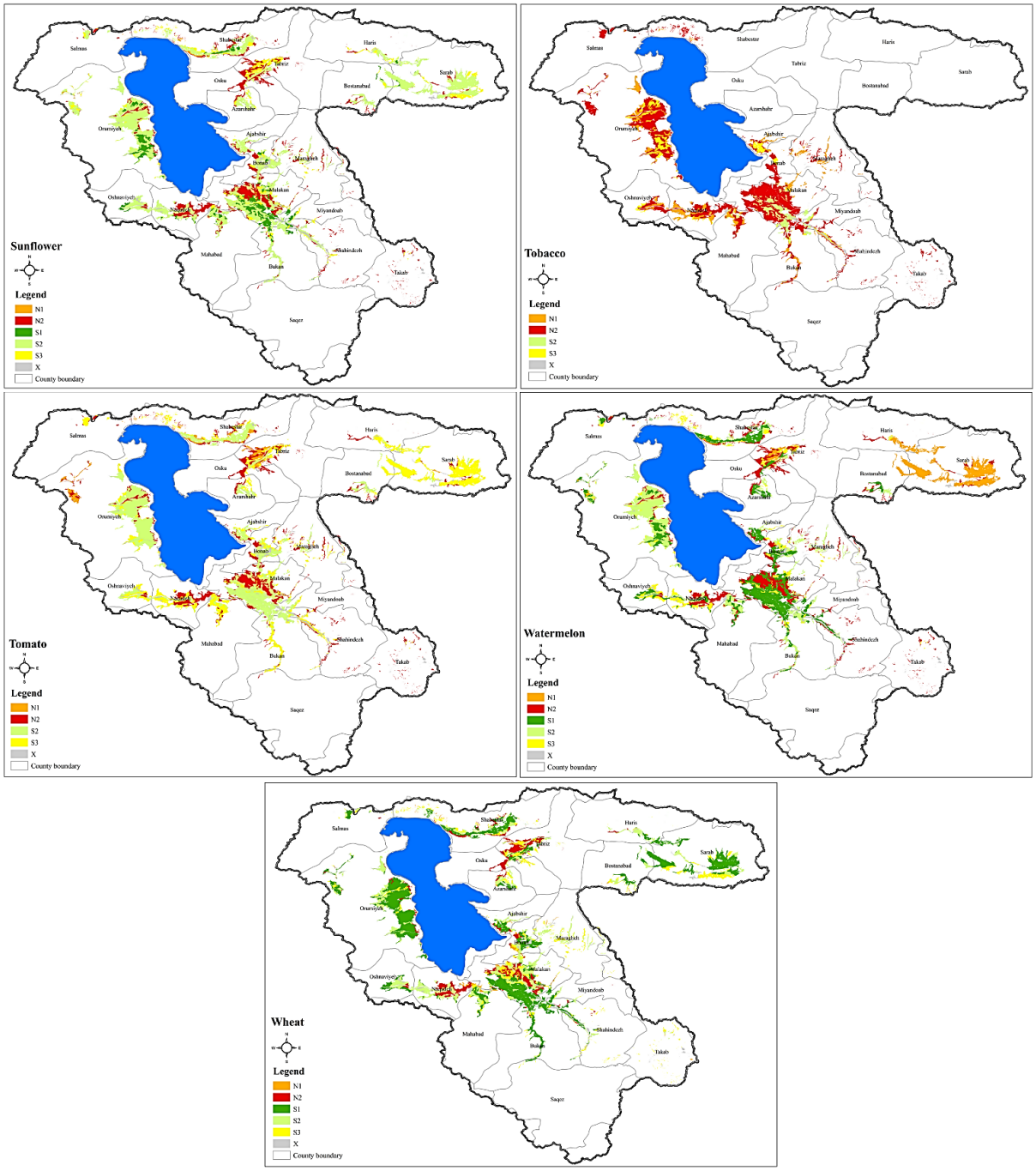
شکل 11- نقشه تناسب اراضی برای کشت محصولات خیار، پنبه، ذرت دانه‌ای، سیر، سیب‌زمینی و پیاز در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig. 11– Land suitability map cucumber, cotton, grain maize, garlic, potato and onion in Urmia lake basin



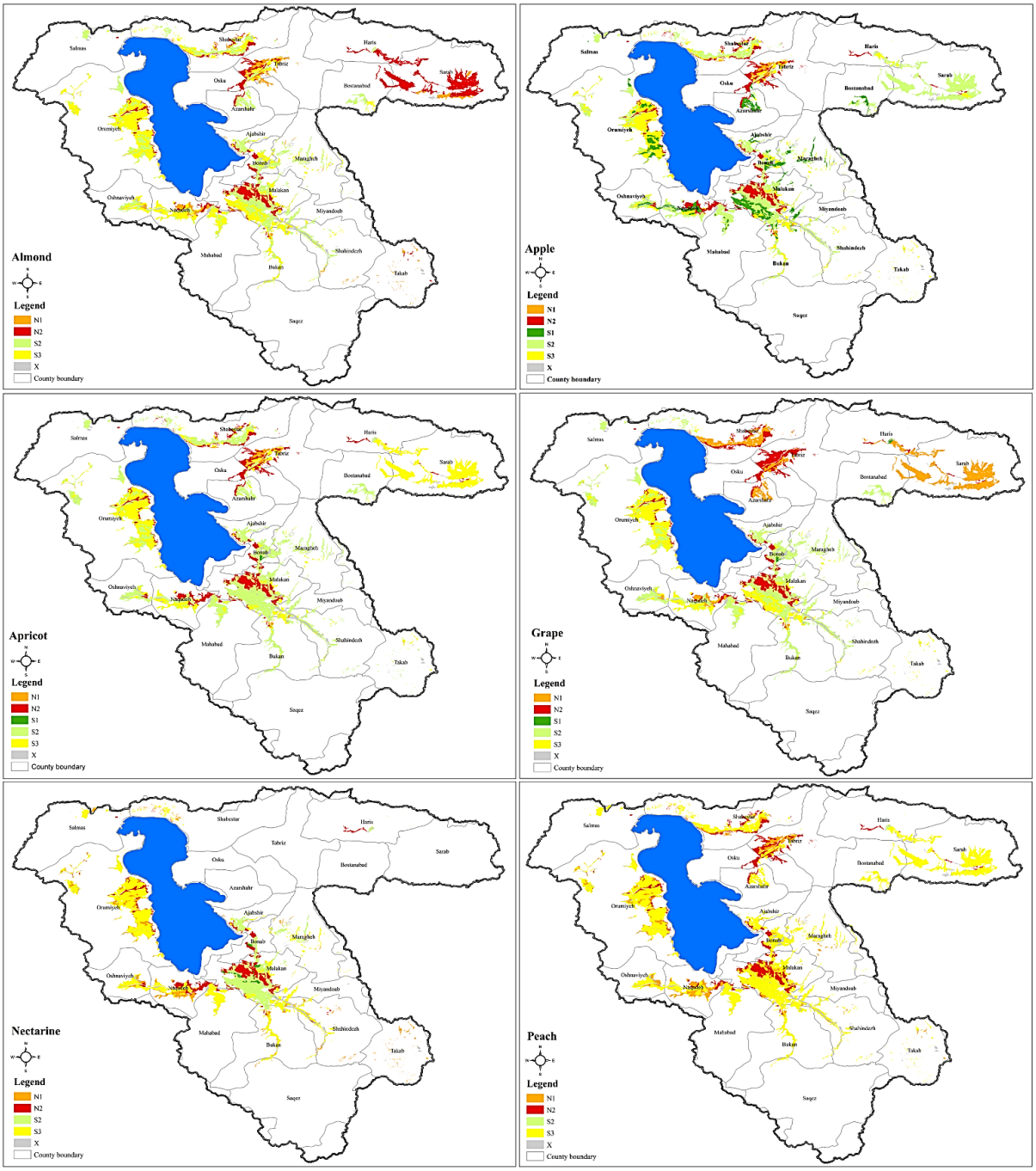
شکل 12- نقشه تناسب اراضی برای کشت محصولات گلرنگ، برنج، سورگوم، زعفران، چغندرقند و سویا در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig. 12– Land suitability map for safflower, rice, sorghum, saffron, sugar beet and soybean in Urmia lake basin



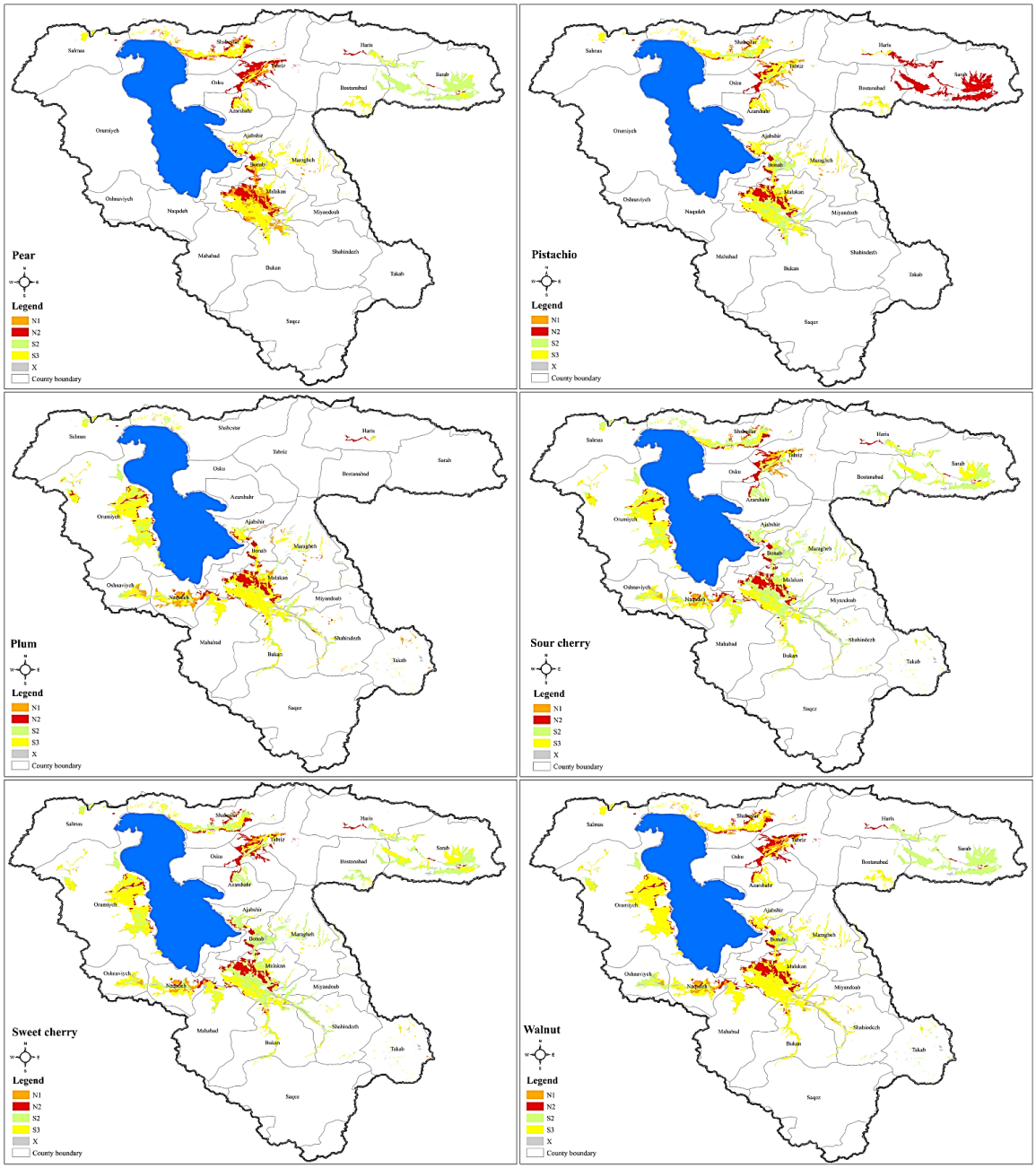
شکل 13- نقشه تناسب اراضی برای کشت محصولات توتون، آفتابگردان، هندوانه، گوجه‌فرنگی و گندم در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig. 13– Land suitability map for tobacco, sunflower, watermelon, tomato and wheat in Urmia lake basin



شکل 14- نقشه تناسب اراضی برای کشت محصولات سیب، بادام، زردآلو، انگور، هلو و شلیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig. 14– Land suitability map for apple, almond, apricot, grape, peach and nectarine in Urmia lake basin



شکل 15- نقشه تناسب اراضی برای کشت محصولات پسته، گلابی، آلبالو، آلو، گیلاس و گردو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Fig. 15– Land suitability map for pistachio, pear, sour cherry, plum, sweet cherry, and walnut in Urmia lake basin

مقایسه درآمد خالص محصولات مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که زعفران (حدود 248 میلیون ریال)، گوجه‌فرنگی (210 میلیون ریال)، پیاز (209 میلیون ریال)، خیار (208 میلیون ریال)، پسته (192 میلیون ریال)، گیلاس (196 میلیون ریال)، سیب (169 میلیون ریال)، انگور (151 میلیون ریال)، سورگوم (154 میلیون ریال)، سیر (152 میلیون ریال) و چغندرقند (145 میلیون ریال) محصولاتی هستند که بیشترین سود خالص را عاید کشاورزان می‌کنند. در صورتی‌که الگوی کشت منطقه با هدف بیشینه سازی درآمد خالص کشاورزان و بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه سازی مصرف آب بهینه سازی شود به گونه‌ای که مجموع سطح کشت محصولات بدون تغییر باقی بماند و حداکثر سطح قابل تغییر هر یک از محصولات 50 درصد سطح فعلی آن‌ها باشد، در این صورت سطح محصولات با درآمد خالص بالا و نیاز آبی کم افزایش و محصولات با نیاز آبی بالا و درآمد کم کاهش خواهد یافت که در جدول 3 در سناریو 1 نشان داده شده است.

در این سناریو، یونجه، بادام، زردآلو، لوبیا، هویج، پنبه، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، شلیل، هلو، گلابی، آلو، سیب‌زمینی، گلرنگ، آلبالو، چغندر قند، آفتابگردان و گردو محصولاتی هستند که از سطح زیر کشت آنها کم شده و به سطح کشت محصولات سیب، جو، کلزا، نخود، خیار، سیر، انگور، پیاز، پسته، زعفران، سورگوم، گیلاس، گوجه‌فرنگی، هندوانه و گندم افزوده می‌شود. بر اساس این سناریو، کل مصرف آب منطقه حدود 7 درصد (حدود 241 میلیون متر مکعب) کاهش پیدا کرده و میزان درآمد کل منطقه حدود 21 درصد (6273 میلیون ریال) افزایش پیدا می‌کند.

در صورتی که بهینه‌سازی الگوی کشت با اهداف کمینه‌سازی مصرف آب و بیشینه‌سازی درآمد کشاورزان و بهره‌وری اقتصادی آب با لحاظ کردن نتایج تناسب اراضی به عنوان قیدهای محدود کننده صورت بگیرد (سناریو 2)، در این شرایط محصولات سیب (8652 هکتار)، جو (762 هکتار)، خیار (108197 هکتار)، انگور (7705 هکتار)، پیاز (14314 هکتار)، زعفران (67126 هکتار)، سورگوم (43469 هکتار)، چغندرقند (2837 هکتار)، گیلاس (17868 هکتار)، گوجه فرنگی (29457 هکتار)، هندوانه (6935 هکتار)، گردو (1160 هکتار) و گندم (128777 هکتار) محصولاتی هستند که در الگو قرار می‌گیرند. در سناریو 3 ارائه شده در جدول 3، کل مصرف آب حدود 2/86 میلیارد متر مکعب، درآمد کل حدود 41607 میلیارد ریال و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب حدود 14530 ریال بر متر مکعب به دست آمد که در مقایسه با الگوی کشت موجود، کل آب مصرفی حدود 11/7 درصد کاهش و کل درآمد منطقه و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب به ترتیب 27/1 و 43/9 درصد افزایش یافت. عیسی‌نژاد و همکاران (Isanezhad et al., 2015) به مطالعه اثر تغییر الگوی کشت بر احیای دریاچه ارومیه پرداختند و پیشنهاد کردند که در اصلاح الگوی کشت با هدف کاهش مصرف آب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، از بین محصولات زراعی سطح محصولات با نیاز آبی بالا نظیر چغندرقند، پیاز و یونجه کاهش پیدا کرده و سطح محصولاتی نظیر گندم، جو و کلزا افزایش پیدا کند. آن‌ها همچنین گزارش کردند که محصولات باغی سیب، انگور و زردآلو بیشترین حجم مصرف آب را در این گروه از محصولات به خود اختصاص می‌دهند، بنابراین با جایگزین کردن باغ‌های کم‌بازده این محصولات با محصول پسته می‌توان تا حد قابل توجهی مصرف آب در بخش کشاورزی را کاهش داد. ساعد و همکاران (Saed et al., 2019) بر اساس مفهوم ردپای آب و اقتصاد تولید به ارزیابی و پیشنهاد الگوی کشت مناسب حوضه رودخانه زرینه‌رود پرداخته و گزارش کردند که در سناریوهای مختلف ترسالی و خشکسالی، سطح محصولات ذرت، سیب‌زمینی و چغندرقند کاهش یافته و سطح محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و پیاز افزایش پیدا می‌کند. همچنین، در سناریو سال‌های خشک و متوسط، سطح محصولات گندم افزایش و یونجه کاهش پیدا می‌کند که در تایید یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد. نراقی و همکاران (Naraghi et al., 2015) نیز توسعه محصولات پسته و زعفران به دلیل بهره‌وری اقتصادی بیشتر، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای، افزایش سطح محصولات گندم، جو و کلزا و کاهش سطح زیر کشت یونجه و جایگزینی آن با محصولات علوفه‌ای دیم را از راهکارهای موثر برای احیای دریاچه ارومیه پیشنهاد دادند.

جدول 1- شاخص‌های محاسبه شده برای محصولات زراعی مورد مطالعه

Table 1- Calculated indices for studied field crops

محصول Crop	هزینه تولید Cost of production (1000 Rls.ha^{-1})	عملکرد Yield (kg.ha^{-1})	قیمت محصول Price (Rls.kg^{-1})	درآمد ناخالص Gross production value (1000 Rls.ha^{-1})	سود خالص Net return (1000 Rls.ha^{-1})	نیاز آبی Crop water requirement (m^{-3} ha^{-1})	نیاز آبیاری Irrigation requirement (m^{3}.ha^{-1})	بهره وری آب Water productivity (kg.m^{-3})	بهره‌وری اقتصادی آب Economic water productivity (Rl.m^{-3})
گندم Wheat	39720	3328	13000	53248	13528	2561	3725	0.89	3631
جو Barley	30470	2815	11100	39692	9222	1760	2561	1.1	3601
کلزا Canola	30166	1942	28000	54959	24793	2925	4255	0.46	5827
یونجه Alfalfa	42305	7565	7200	56738	14432	6795	9884	0.77	1460
لوبیا Bean	55968	1627	56300	92088	36120	4479	6515	0.25	5544
هویج Carrot	143110	28964	7850	236057	92947	5303	7713	3.76	12050
نخود Chickpea	21000	1360	45000	61608	40608	3015	4386	0.31	9259
پنبه Cotton	56854	2850	43000	123405	66551	7809	11358	0.25	5859
خیار Cucumber	131890	22275	15000	340808	208918	3766	5477	4.07	38143
سیر Garlic	221975	11584	32000	374163	152188	5178	7531	1.54	20208
ذرت علوفه‌ای Forage maize	52843	47781	1950	107507	54664	5537	8054	5.93	6787
ذرت دانه‌ای Grain maize	53134	7512	10500	81130	27996	5804	8442	0.89	3316
پیاز Onion	148348	37419	9250	357351	209004	6583	9576	3.91	21827
سیب‌زمینی Potato	110859	26250	8150	221813	110954	5853	8514	3.08	13032
گلرنگ Safflower	35142	1500	28500	43200	8058	5379	7823	0.19	1030
سورگوم Sorghum	52800	90060	2000	207138	154338	2702	3930	22.92	39272
چغندرقند Sugar beet	73413	50931	4000	219003	145591	7653	11132	4.58	13079
آفتابگردان Sunflower	50000	1749	42700	75207	25207	5486	7979	0.22	3159
گوجه‌فرنگی Tomato	131765	38872	8500	342074	210309	5652	8221	4.73	25581
هندوانه Watermelon	103945	30407	6600	209808	105863	4009	5831	5.21	18154
زعفران Saffron	120000	4.6	80000000	368001	248001	1022	1486	0.0031	166899

جدول 2- شاخص‌های محاسبه شده برای محصولات باغی مورد مطالعه

Table 2- Calculated indices for studied horticultural crops

محصول Crop	هزینه تولید Cost of production (1000 Rls.ha^{-1})	عملکرد محصول Yield (kg.ha^{-1})	قیمت محصول Price (Rls. kg^{-1})	درآمد ناخالص Gross production value (1000 Rls.ha^{-1})	سود خالص Net return (1000 Rls.ha^{-1})	نیاز آبی Crop water requirement (m^{-3}.ha^{-1})	نیاز آبیاری Irrigation requirement (m^{-3}.ha^{-1})	بهره وری آب Water productivity (kg.m^{-3})	بهره وری اقتصادی آب Economic water productivity (Rls.m^{-3})
بادام Almond	148000	1240	155000	192572	44572	6741	9805	0.13	4546
سیب Apple	207960	17295	21500	377031	169071	6134	8922	1.94	18951
زردآلو Apricot	118473	4533	27600	126471	7998	5071	7377	0.61	1084
انگور Grape	118029	13585	19550	269662	151634	5523	8033	1.69	18877
شلیل Nectarine	165930	9675	22000	215753	49823	5985	8705	1.11	5723
هلو Peach	166705	9958	21600	218080	51375	5985	8705	1.14	5901
گلابی Pear	174960	9980	25500	257484	82524	6465	9404	1.06	8776
پسته Pistachio	130000	750	430000	322725	192725	5250	7636	0.1	25238
آلو Plum	126490	8647	17000	149593	23103	6404	9315	0.93	2480
آلبالو Sour cherry	117980	5750	30500	177100	59120	5827	8476	0.68	6975
گیلاس Sweet cherry	144480	5882	57700	341156	196676	5827	8476	0.69	23203
گردو Walnut	190000	1738	181000	315099	125099	7117	10352	0.17	12084

جدول 3- سطح محصولات در الگوی کشت فعلی و بهینه

Table 3- Crops area in the current and optimal cropping pattern

	الگوی کشت فعلی Existing cropping pattern	الگوی کشت بهینه (سناریو 1) Optimal cropping pattern (Scenario 1)	الگوی کشت بهینه (سناریو 2) Optimal cropping pattern (Scenario 2)	الگوی کشت بهینه (سناریو 3) Optimal cropping pattern (Scenario 3)
یونجه Alfalfa	82,328	41,164	0	71152
بادام Almond	11,922	5,961	0	5961
سیب Apple	69,648	104,472	8652	52722
زردآلو Apricot	7,296	3,648	0	0
جو Barley	25,121	37,682	762	25121
لوبیا Bean	2,544	1,272	0	1272
کلزا Canola	1,299	1,949	0	5962
هویج Carrot	462	231	0	231
نخود Chickpea	470	705	0	908
پنبه Cotton	200	100	0	100
خیار Cucumber	1,808	2,712	108197	4040
سیر Garlic	94	141	0	141
انگور Grape	34,584	51,876	7705	41340
ذرت علوفه ای Forage Maize	5,053	2,527	0	0
ذرت دانه ای Grain Maize	4,638	2,319	0	2319
شلیل Nectarine	2,256	1,128	0	1128
پیاز Onion	4,796	7,194	14314	4796
هلو Peach	5,667	2,834	0	0
گلابی Pear	1,375	688	0	687
پسته Pistachio	478	717	0	25067
آلو Plum	3,034	1,517	0	1517
سیب زمینی Potato	10,758	5,379	0	5379
گلرنگ Safflower	13	7	0	0
زعفران Saffron	23	50	67126	33638
سورگوم Sorghum	11		43469	3630
آلبالو Sour Cherry	1,576	0	0	788
چغندرقند Sugar Beet	22,707	11,354	2837	17188
آفتابگردان Sunflower	6,704	3,352	0	3352

گیلاس Sweet Cherry	1,311	1,967	17868	1967
گوجه فرنگی Tomato	8,781	13,172	29457	8781
هندوانه Watermelon	1,033	1,550	6935	1549
گندم Wheat	109,700	124,283	128777	114717
گردو Walnut	10,100	5,050	1160	2319
کل مصرف آب* Total water consumption	3,242,005,995	3,000,435,000	2,100,980,000	2,863,636,000
کل درآمد* Total net return	32,745	36,262	65,648	41,607
بهره‌وری اقتصادی آب* Economic water productivity	10100	12086	31246	14530

* مصرف آب، درآمد و بهره‌وری اقتصادی آب به ترتیب بر حسب متر مکعب، میلیارد ریال و ریال بر مترمکعب می‌باشند.

*Water consumption, return and economic water productivity are based on m^3, billiond rials and $rials.m^{-3}$, respectively.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که طی 10 سال گذشته (از میانگین سه سال پایه 85-1382 تا میانگین سه ساله 95-1392)، سطح محصولات زراعی آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه کاهش یافته و سطح محصولات باغی آبی افزایش پیدا کرده است. مقایسه سطح محصولات نشان می‌دهد که طی این مدت، سطح محصولات، یونجه، اسپرس و پیاز بیش از سایر محصولات کاهش پیدا کرده است و سطح محصولاتی مانند ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی افزایش یافته است. مقایسه سطح محصولات باغی نیز نشان می‌دهد که طی این مدت سطح محصولات سیب، زردآلو، آلو و هلو افزایش یافته و سطح محصول انگور کاهش پیدا کرده است. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات مورد مطالعه نشان داد که در بین گیاهان زراعی، گندم، جو، کلزا، یونجه، آفتابگردان، ذرت دانه‌ای، سیب‌زمینی، پیاز و گوجه‌فرنگی بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. در بین محصولات باغی مورد مطالعه، گیلاس، آلبالو، زردآلو و سیب بیشترین سطح رده مناسب را به خود اختصاص می‌دهند. در مطالعه حاضر، مناطق دارای پتانسیل کشت مناسب برای هر یک از محصولات مورد مطالعه مشخص گردید و نوع و شدت عوامل محدود کننده برای هر محصول در هر منطقه به دست آمد. نتایج به دست آمده از بهینه‌سازی الگوی کشت با اهداف بیشینه کردن درآمد کشاورزان و بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه‌سازی مصرف آب و با لحاظ کردن نتایج ارزیابی تناسب اراضی و نیازهای منطقه‌ای نشان داد که سطح محصولات یونجه، بادام، زردآلو، لوبیا، هویج، پنبه، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، شلیل، هلو، گلابی، آلو، سیب‌زمینی، گلرنگ، آلبالو، چغندرقند، آفتابگردان و گردو به دلیل نیاز آبی بالا و درآمد کمتر و یا سطح تناسب کمتر کاهش پیدا کرده و سطح محصولات کلزا، خیار، سیر، پسته، زعفران، سورگوم، گیلاس و هندوانه افزایش پیدا می‌کند.

سپاس و قدردانی

بدینوسیله از جناب آقای مهندس عباس کشاورز معاون محترم وزیر در امور زراعت وزارت جهاد کشاورزی و جناب آقای دکتر کاظم خاوازی معاون وزیر و رئیس محترم سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به خاطر پشتیبانی در اجرای پروژه ارزیابی تناسب اراضی کشور برای محصولات زراعی و باغی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Ahmadaali, J., Barani, G.A., Qaderi, K., and Hessari, B. 2018. Analysis of the effects of water management strategies and climate change on the environmental and agricultural sustainability of Urmia Lake Basin, Iran. Water 10: 160-181.

Alamdari, P., and Amanifar, S. 2016. Land suitability classification of East Azerbaijan research station for tomato,

potato, onion and bean. International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD) 6: 117-122.

Amini Fasakhodi, A., Nouri, S.H., and Amini, M. 2010. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach. Water Resources Management 24: 4639-4657.

Ayoubi, S.H., and Jalalian, A. 2010. Land Evaluation (Agricultural and Natural Resources). Isfahan University of Technology Publication Isfahan, Iran. (In Persian)

Daneshi, A., Vafakhah, M., and Panahi, M. 2016. Economic Assessment of Change in Cropping Pattern in Siminehrud Sub-basin to Improve Agricultural Water Management: An Effort to Restore Urmia Lake Using PES Scheme. Iran-Water Resources Research 11: 57-68. (In Persian with English Summary)

Dumanski, J., Bindraban, P.S., Pettapiece, W., Bullock, P., Jones, R.J., and Thomasson, A. 2010. Land classifications, sustainable land management, and ecosystem health. Interdisciplinary and Sustainability Issues in Food and Agriculture 3: 244-266.

El Gafy, I., Grigg, N., and Reagan, W. 2017. Water-food-energy nexus index to maximize the economic water and energy productivity in an optimal cropping pattern. Water International 42: 495-503.

FAO. 1976. A framework for land evaluation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p .71.

FAO. 1993. Guidelines for land use planning. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Gupta, M., and Bhattacharjee, D. 2012. Two weighted fuzzy goal programming methods to solve multiobjective goal programming problem. Journal of Applied Mathematics 1-20.

Hadi, H., Azadi Mobaraki, M., and Sanaei Ghehi, M. 2016. Grape production constraints in terms of climatic elements and land physical factors using AHP model in GIS environment (Case study: East Azarbaijan Province). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 26: 159-172. (In Persian with English Summary)

Hesami, A., and Amini, A. 2016. Changes in irrigated land and agricultural water use in the Lake Urmia basin. Lake and Reservoir Management 32: 288-296.

Huang, J., Ridoutt, B.G., Xu, C., Zhang, H., and Fu, C. 2012. Cropping pattern modifications change water resource demands in the Beijing metropolitan area. Journal of Integrative Agriculture 11: 1914-1923.

Isanezhad, R., Zarifian, S., Raheli, H., Kouhestani, H., and Beheshti Nahand, S. 2015. Assessing the effects of optimal cropping pattern in Lake Urmia basin on restoration of Lake Urmia. GMP Review 18: 464-468.

Jafarzadeh, A., Alamdari, P., Neyshabouri, M., and MRN, S.S. 2008. Land suitability evaluation of Bilverdy Research Station for wheat, barley, alfalfa, maize and safflower. Soil and Water Research 3: 81-88.

Jafarzadeh, A.A., and Abbasi, G. 2006. Qualitative land suitability evaluation for the growth of onion, potato, maize, and alfalfa on soils of the Khalat pushan research station. Biologia 61: 349-352.

Jamshidi, K. 2017. Identifying suitable areas for Table Grape cultivation in Boukan Using GIS. Pomology Research 2: 17-40. (In Persian with English Summary)

Jayaraman, R., Colapinto, C., La Torre, D., and Malik, T. 2017. A Weighted goal programming model for planning sustainable development applied to Gulf Cooperation Council Countries. Applied Energy 185: 1931-1939.

Kalbouneh, S. 2011. Cropping patterns as a tool for water resource management in Palestine: date palm cultivation in Jiftlik, Jordan Valley. International Journal of Environmental Studies 68: 447-460.

Kelley, H.W. 1983. Keeping the land alive: Soil erosion- its causes and cures. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

Li, X., Kang, S., Niu, J., Du, T., Tong, L., Li, S., and Ding, R. 2017. Applying uncertain programming model to improve regional farming economic benefits and water productivity. Agricultural Water Management 179: 352-365.

Ministry of Agriculture-Jahad. 2005-2016. Agricultural Statistics. (In Persian)

Ministry of Energy. 2012. Water master plan studies in the form of integrated water resources management: Urmia lake basin. Missions of Bureau, p. 275. (In Persian)

Mohammadi, H., Sargazi, A., Dehbashi, V., and Poudineh, M. 2016. Optimization of cropping pattern with an emphasis on social benefits in the rational exploitation of water (A case study of Fars Province). Journal of Environmental Science and Technology 17: 107-115.

Naraghi, M., Akbari, G.A., and Banihabib, M.E. 2015. Optimal cropping pattern of Urmia lake basin. The first international and the fourth national conference of IRANs Environmental and Agricultural Research, Hamedan, Iran, pp. 1-9. (In Persian)

Pakpour Rabati, A., Jafarzadeh, A., Shahbazi, F., and Ammary, P. 2013. Assessment of Susceptible Land for Some Agricultural crops in some regions of West Azerbaijan Province using Geographical Information System. Journal of Water and Soil Science 23: 65-76.

Pal, B.B., Goswami, S.B., Sen, S., and Banerjee, D. 2012. Using fuzzy goal programming for long-term water resource allocation planning in agricultural system: a case study. Mathematical Modelling and Scientific Computation.

Springer, pp. 170-184.

Pal, B.B., and Kumar, M. 2014. Extended goal programming approach with interval data uncertainty for resource allocation in farm planning: A case study. ICT and Critical Infrastructure: Proceedings of the 48th Annual Convention of Computer Society of India-Vol I. Springer, pp. 639-651.

Rabati, A.P., Jafarzadeh, A., Shahbazi, F., Rezapour, S., and Momtaz, H. 2012. Qualitative and quantitative land-suitability evaluation for sunflower and maize in the north-west of Iran. Archives of Agronomy and Soil Science 58: 1229-1242.

Regulwar, D., and Gurav, J. 2014. Irrigation Planning with Fuzzy Parameters: An Interactive Approach. Journal of Agricultural Science and Technology 16: 1157-1172.

Rodrigues, G.C., and Pereira, L.S. 2009. Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water costs. Biosystems Engineering 103: 536-551.

Rouw, M. 2017. Socially navigating through the Urmia Lake debate: Framing analysis of a shrinking salt lake in north-western Iran. Water Resources Management Group. Wageningen University, Netherlands, p. 52.

Saed, B., Afshar, A., Jalali, M., Ghoreishi, M., and Aminpour Mohammadabadi, P. 2019. A Water Footprint Based Hydro-Economic Model for Minimizing the Blue Water to Green Water Ratio in the Zarrinehrud River-Basin in Iran. AgriEngineering 1: 58-74.

Shokati, B., Asgharipour, M., Ghanbari, A., and Feizizadeh, B. 2016. Suitability assessment of saffron cultivation using GIS based multi-criteria decision analysis approach; Study area: East-Azerbaijan province. Desert 21: 115-131.

Singh, A. 2017. Optimal allocation of water and land resources for maximizing the farm income and minimizing the irrigation-induced environmental problems. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 31: 1147-1154.

Sobhani, B., and Azarm, K. 2016. Assessing ability of land for planting canola in West Azerbaijan Province using multi-criteria decision-making approaches. Water and Soil Science 26: 27-41.

Soil and Water Research Institute. 2018a. Crop requirements of field crops. Karaj, Iran. (In Persian)

Soil and Water Research Institute. 2018b. Crop requirements of horticultural crops. Karaj, Iran. (In Persian)

Soil and Water Research Institute. 2018c. Phenology of field crops by provinces. Karaj, Iran. (In Persian)

Soil and Water Research Institute. 2018d. Phenology of horticultural crops by provinces. Karaj, Iran. (In Persian)

Sun, S., Wu, P., Wang, Y., and Zhao, X. 2015. Impact of changing cropping pattern on the regional agricultural water productivity. The Journal of Agricultural Science 153: 767-778.

Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, J. 1991. Land evaluation. Part II: Methods in land evaluation. General Administration for Development Cooperation, Brussels, Belgium.

Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J., and Beernaert, F. 1993. Land evaluation part III, crop requirements. General Administration for Development Cooperation, Brussels, Belgium.

Urmia Lake Restoration Program. 2015. Urmia Lake drying reasons and probable treats. Iran, pp. 1-50. (In Persian)

Urmia Lake Restoration Program. 2017. Challenges of Urmia Lake and Restoration Program. 76. (In Persian)

Urmia Lake Restoration Program. 2019. About Urmia Lake Basin. (In Persian)

Vafabakhsh, J. 2016. Priciples of crop planning in water defficit condition in Iran. In: Koocheki, A., Khajeh Hosseini, M. (Eds.), Water deficit crop production in Iran: Strategies and applications. Mashhad Jahad-e-Daneshgahi Press, Mashhad, p. 616. (In Persian)

Youneszadeh Jalili, S., Kamali, M., and Daneshkar Arasteh, P. 2017. Analytical study of land use changes (Irrigated agriculture) in the watershed of lake Urmia using landsat imagery. JWSS-Isfahan University of Technology 20: 15-28. (In Persian with English Summary)

Zangeneh, M., Omid, M., and Akram, A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy 35: 2927-2933.

Zarinkafsh, M. 2008. The Evaluation of Land Suitability, Classification and Capability. Jahangir Publication, Tehran. (In Persian)

Zeng, X., Kang, S., Li, F., Zhang, L., and Guo, P. 2010. Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. Agricultural Water Management 98: 134-142.

Ziaei Javid, A. 2014. Qualitative land suitability classification for major crop products in Tabriz plain, Eastern Azerbaijan Province, Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS) 7: 620-623.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 775-805

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 805-775

Comparative Study of Cropping Pattern and Land Suitability of Major Horticultural and Field Crops in the Urmia Lake Basin

J. Vafabakhsh[1*], A. Mohammadzadeh[2], K. Bazargan[3] and M.N. Navidi[4]

Submitted: 23-08-2019
Accepted: 14-10-2019

Vafabakhsh, J., Mohammadzadeh, A., Bazargan, K., and Navidi, M.N. 2019. Comparative study of cropping pattern and land suitability of major horticultural and field crops in the Urmia Lake Basin). Journal of Agroecology. 11(3): 775-805.

Introduction

Over the last two decades, Urmia Lake, the second largest hypersaline lake by area in the world, has been largely desiccated and its water volume and surface area have declined by 80%. Generally, this process is attributed to a combination of factors including climate change, water overuse for agriculture within the lake's watershed, and mismanagement of water resources. One of the widely suggested solutions in restoration program of Urmia lake for sustainable use of land and water resources is the modification of cropping pattern within the lake's watershed. Land suitability analysis helps planners and policy makers in the agriculture sector in deciding on the presence or absence of a specific plant in the optimal cropping pattern. The present study analyzed the cropping pattern and evaluated land suitability for major field and horticultural crops in the Urmia lake basin.

Material and Methods

All required data were obtained from the Ministry of Agriculture - Jihad. Weighted goal programming (WGP) model was applied to optimization of cropping pattern with considering three goals including maximizing net return (NR), maximizing economic water productivity (EWP) and minimizing water consumption (WC). GAMS software were used to solve the optimization model. Land suitability evaluation was done using Parametric Method for 22 field crops including wheat, barley, grain maize, bean, soybean, sunflower, canola, safflower, alfalfa, forage sorghum, potato, carrot, cotton, sugar beet, garlic, tobacco, tomato, onion, watermelon, saffron and cucumber and 12 horticultural crops including almond, apricot, peach, nectarine, sour cherry, sweet cherry, plum, apple, pear, grape, walnut and pistachio.

Results and Discussion

The results revealed that during the past 10 years (from 3-years average of 2004-2006 to 2014-2016), cultivated area of irrigated field crops in the study area had declined in contrast to increasing trend of cultivated area for irrigated horticultural crops. Comparison of field crops for this period shows that area of wheat (from 151000 to 110000 ha), alfalfa (from 97000 to 82000 ha), sainfoin (from 15000 to 5000 ha) and onion (from 9800 to 4800 ha) had reduced while the corn silage (from 1354 to 5000 ha) and tomato (from 7382 to 8781 ha) cultivated area had increased in that period. Comparatively, the area of apple (from 62000 to 69000 ha), apricot (from 5800 to 7300 ha), plum (from 840 to 3000 ha) and peach (from 3523 to 5667 ha) had increased between two-time interval (from 3-years average of 2004-2006 to 2014-2016) in contrast to decrement of grape (from

1- Seed and Plant Improvement Research Department, Khorasan-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
2- Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, University of Shahid Beheshti, G.C., Tehran, Iran
3- Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: vjavad@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v11i3.83152

38000 to 34000 ha) cultivated area. Results of land suitability evaluation showed that among the studied field crops, the highest suitable order area (including S_1, S_2 and S_3 classes) were related to wheat and barley by more than 375000 ha followed by canola and alfalfa with more than 350000 ha, sunflower with more than 340000 ha, grain maize with more than 330000 ha and potato, onion and tomato with 330000 ha. Among the horticultural crops, the highest area of suitable order was related to sweet cherry, sour cherry, apricot and apple with more than 350000 ha followed by walnut with more than 340000 ha and peach by about 330000 ha. Results of cropping pattern optimization showed that total water consumption about 378 MCM (11.7%) reduced compared to current cropping pattern however, total net return and economic water productivity increased about 27.1% and 43.9%, respectively. Crops characterized with relatively higher water requirements and lower economic benefits (viz. apricot, cotton, plum, safflower, and etc.) eliminated from cropping pattern. By contrast, area under crops such as saffron, pistachio, sorghum, sweet cherry, garlic and cucumber crops recommended to optimal cropping pattern mainly because of relatively lower water consumption and higher economic benefits.

Conclusion

In the present study, geographical distribution of suitable areas and main limiting factors for cultivation of each crop was determined. Generally, in the optimal cropping patterns, total water consumption decreased against an increase in net return and economic water productivity.

Keywords: Crop production limiting factors, Goal programming, Water productivity

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 825-807

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 807-825

مقایسه اثرات زیست‌محیطی مدیریت پیشرو و مدیریت رایج در بوم‌نظام‌های زراعی گندم زمستانه دشت میامی شاهرود به‌روش ارزیابی چرخه‌حیات

محبوبه حجتی[1]، حمیدرضا اصغری[2*] و احمد اخیانی[3]

تاریخ دریافت: 96/02/16
تاریخ پذیرش:97/03/30

حجتی، م.، اصغری، ح.ر.، و اخیانی، ا. 1398. مقایسه اثرات زیست‌محیطی مدیریت پیشرو و مدیریت رایج در بوم‌نظام‌های زراعی گندم زمستانه دشت میامی شاهرود به‌روش ارزیابی چرخه حیات. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 825-807.

چکیده

امروزه دستیابی به توسعه‌پایدار بوم‌نظام‌های کشاورزی که در آن محیط نیاز نسل حاضر و نسل آینده را تأمین نماید مورد توجه بسیاری از محققین و دانشمندان قرار گرفته است. بررسی تأثیرات بوم‌نظام‌های زراعی و اثرات مثبت و منفی آن از موارد مهم برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار می‌باشد . ارزیابی چرخه‌حیات روشی است که در آن اکثر اثرات زیست‌محیطی یک بوم‌نظام زراعی را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد. این مطالعه به‌منظور ارزیابی و مقایسه اثرات زیست‌محیطی نظام‌های با مدیریت پیشرو و رایج گندم‌های زمستانه دشت میامی (شاهرود)، به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید گندم استان سمنان طی یک دوره پنج ساله با استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات انجام شد. براساس استاندارد ISO_{14040}، ارزیابی چرخه‌حیات در چهار گام تعریف و اهداف، ممیزی چرخه‌حیات، ارزیابی تأثیر چرخه‌حیات (گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون، تخلیه بالقوه منابع غیرزنده، سمیت و کاربری اراضی) و تلفیق و تفسیر نتایج محاسبه شد. نتایج نشان داد میزان مصرف نهاده‌ها در مدیریت رایج بوم‌نظام‌های زراعی و میزان عملکرد در هکتار برای بوم‌نظام‌های زراعی با مدیریت پیشرو بیش‌تر است. در بین شاخص‌های بررسی شده بالاترین شاخص بوم‌شناختی برای تخلیه سنگ فسفات در مدیریت رایج 1/06 برای تولید یک تن گندم زمستانه و برای مدیریت پیشرو 0/82 بود، اوتریفیکاسیون بوم‌نظام‌های خشکی برای مدیریت مزارع رایج و پیشرو به‌ترتیب با 0/15 و 0/11 برای تولید یک تن گندم زمستانه در رتبه دوم قرار گرفت. با توجه نتایج به‌دست آمده آثار منفی زیست‌محیطی بوم‌نظام-های شامل مدیریت پیشرو کم‌تر بوده و شاخص بوم‌شناختی مدیریت پیشرو به اهداف توسعه پایدار نزدیک‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: اوتریفیکاسیون، شاخص‌بوم‌شناختی، مصرف منابع

مقدمه

امروزه کشاورزی علاوه بر تأمین نیاز غذایی بشر با چالش حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی نیز روبرو می‌باشد. در سال‌های اخیر کشاورزی با تأکید بر مصرف سوخت‌های فسیلی (توسعه مکانیزاسیون) و نهاده‌های شیمیایی، به یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و منابع‌طبیعی تبدیل شده و به دنبال آن اثرات بسیاری را به محیط وارد نموده است. تولید، نگهداری و توزیع محصولات کشاورزی سهم بزرگی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم به‌عنوان بزرگ‌ترین چالش پیش روی انسان دارد (Cooper et al., 2011). دیگر مشکلات زیست‌محیطی هم‌چون انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و پیامدهای آن نظیر اسیدی شدن و اوتریفیکاسیون حاصل استفاده از نهاده‌های مختلف در تولید محصولات کشاورزی است (Roy et al., 2005). این روند صعودی استفاده از نهاده‌ها و منابع به‌عنوان یکی از راه‌های افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح موجب ایجاد نگرانی در جوامع علمی نیز شده است.

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود و مربی مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود)
(*- نویسنده مسئول: (Email: Hamidasghari@gmail.com
Doi:10.22067/jag.v11i3.64237

اگر چه هدف اغلب بوم‌نظام‌های کشاورزی، افزایش عملکرد است، امّا باید این نظام‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند از منابع-طبیعی و محیط زیست به طریقی استفاده کنند که علاوه بر تأمین نیاز نسل حاضر، نسل‌های آینده را نیز با کمبود منابع و محدودیت تولید روبرو نکند، هم‌چنین ثبات تولید را در بوم‌نظام زارعی تضمین نماید. بنابراین، دستیابی به سامانه‌های پایدار امری ضروری برای ادامه حیات بشر می‌باشد، بوم‌نظام‌های کشاورزی نیز همانند هر سامانه‌ای اثراتی مثبت و منفی بر محیط زیست خود وارد می‌کند، بررسی و مطالعه اثرات بوم‌نظام بر محیط زیست می‌تواند ما را در بهره‌گیری از مدیریت پایدار در راستای توسعه پایدار یاری کند.

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی یکی از روش‌های مهم در دستیابی توسعه‌ی پایدار می‌باشد. بنابراین، برای ارزیابی اولیه اثرات محیطی فعالیت‌های کشاورزی بایستی به پایداری آن فعالیت در درازمدت توجه شود. این مسئله نباید نادیده گرفته شود که نهاده‌های مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی اثرات زیست‌محیطی نیز بر جا می‌گذارند. لذا لزوم استفاده از روشی مناسب برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند در دامنه‌ای از مقیاس‌ها تجزیه و تحلیل شود (OECD, 2001). روش‌های مختلفی به‌منظور ارزیابی آثار زیست‌محیطی وجود دارد (Schröder et al., 2003). که از جمله آن‌ها می‌توان به نقشه‌برداری خطرات زیست‌محیطی[1]، ارزیابی چرخه‌حیات[2]، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی[3]، نظام چند عاملی[4] را نام برد (Khorramdel, 2012).

برخی از محققان (Brentrup et al., 2004a; b; Roy et al., 2005; Finkbeiner et al., 2006) رهیافت ارزیابی چرخه‌حیات را مناسب‌ترین رویکرد برای ارزیابی نسبی پایداری فعالیت‌های کشاورزی معرفی می‌نمایند. ارزیابی چرخه‌حیات روشی است که برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مرتبط با تولید محصول یا فرآیند خاص به‌وسیله محاسبه دو مؤلفه مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست تعیین می‌شود (Roy et al., 2005). یکی از ویژگی‌های بارز روش ارزیابی چرخه‌حیات این است که تمامی اثرات مورد مطالعه به یک واحد خاص از محصول مورد مطالعه مرتبط شده و در نهایت برای محصول یک شاخص زیست‌محیطی به‌دست می‌آید (Mirhaji et al., 2012).

اهمیت روز افزون این نوع ارزیابی باعث شد که روش مربوط به آن به‌سرعت توسعه یابد؛ به‌طوری‌که در طی سال‌های 1997 تا 2000 میلادی سازمان استاندارد جهانی سه دستورالعمل اختصاصی به‌ترتیب مرسوم به (ISO14040، ISO14041 و ISO14042) را برای اجرای LCA تدوین کرد (Finkbeiner et al., 2006; ISO, 2006). محققین بر این باورند که محاسبه LCA می‌تواند مشکلات فرآیندهای نظام تولیدی از قبیل میزان مصرف منابع و تغییر کاربری اراضی را نیز مشخص و مرتفع نماید (Brentrup et al., 2004a; b).

مدیریت پیشرو در کشاورزی نوعی از مدیریت است که سعی دارد تا مسائل زیست‌محیطی را که نتیجه فعالیت کشاورزی هم‌چون استفاده از آفت‌کش‌ها و کود را به حداقل رسانده و علاوه بر آن با افزایش بهره‌وری از منابع آب و خاک و کاهش ضایعات آن، ضریب بهینه محصولات کشاورزی را افزایش دهد. بدیهی است مدیریت پیشرو به‌دلیل استفاده از تکنولوژی و ابزار پیشرفته مزارع وسیع را طلب می‌کند. کشاورزان در مزارع پیشرو تحت نظارت کارشناسان جهاد کشاورزی و انجام آزمایشات خاک و بررسی شرایط مزرعه به استفاده از نهاده‌های شیمیایی و آلی متناسب با خاک و شرایط مزرعه، زمان مناسب مبارزه با علف‌های هرز و بیماری‌ها، مدیریت آبیاری و اقدامات لازم جهت کاشت، داشت و برداشت نمودند. هم‌چنین مزارع با مدیریت پیشرو به‌دلیل بهره‌وری مطلوب‌تر ماشین‌آلات دارای سطح زیر کشت بالاتری نسبت به مزارع پیشرو بود.

گندم و نان از مهم‌ترین محصولات غذایی بشر در سراسر جهان است که به‌دلیل اهمیت این محصول مطالعات LCA در زمینه مراحل مختلف تولید (دانه گندم، آرد و نان)، تکنولوژی فرآوری و نیز بسته-بندی و توزیع نان انجام شده است (Braschat et al., 2003; Andersson et al., 1994). بررسی اثرات زیست‌محیطی مقادیر شاخص بوم‌شناختی، در شرایط مصرف سطوح نیتروژن کم‌تر از 150 کیلوگرم در هکتار در حدود 0/22 تا 0/26 به‌ازای هر تن دانه گندم بود و با افزایش مقدار مصرف نیتروژن از 200 تا 390 کیلوگرم در هکتار،شاخص بوم‌شناختی این محصول افزایش یافت (Brentrupet et al., 2004b). تخلیه منابع غیرقابل تجدید (سوخت‌های فسیلی و منابع P و K) در نظام‌های پرنهاده معادل و تقریباً 1/8 برابر نظام‌های کم‌نهاده بود این در حالی است که بر اساس واحد عملکرد مقدار این انرژی در نظام‌های پرنهاده تنها ده درصد بیش‌تر از نظام کم‌نهاده بود

1- Environmental risk mapping (ERM)
2- Life cycle assessment (LCA)
3- Environmental impact assessment (EIA)
4- Multi-agent system (MAS)

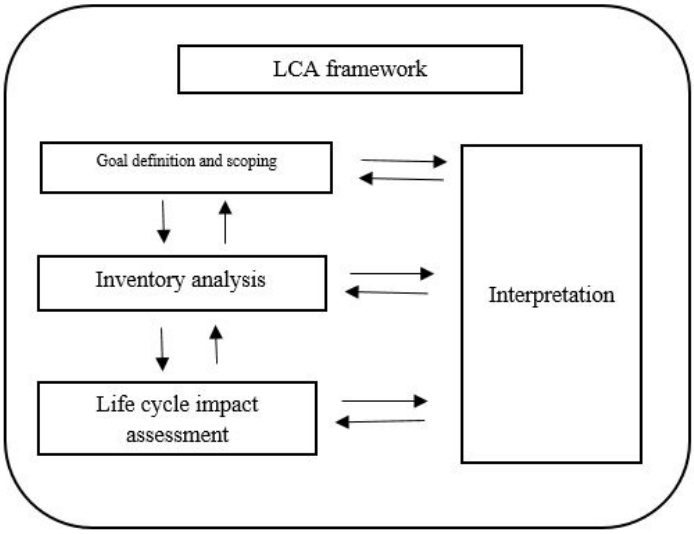
(Nassiri Mahalati et al., 2018).

دشت میامی (شاهرود) با سطح زیر کشت 14900 هکتار زاعت گندم،که 8700 هکتار آن به‌صورت دیم و 6200 هکتار به‌صورت آبی کشت می‌شود. یکی از مهم‌ترین قطب‌های تولید غلات به‌ویژه گندم در استان سمنان می‌باشد. این مطالعه به‌منظور بررسی اثرات زیست-محیطی و تخلیه منابع نظام‌های تولیدی گندم در دشت میامی (شاهرود) در گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدی‌شدن، اوتریفیکاسیون در محیط‌های خشکی، سمیت‌زایی، تخلیه‌منابع غیرزنده و تغییر کاربری اراضی با استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دشت میامی واقع در 65 کیلومتری شمال شرق شهرستان شاهرود انجام شده است. آب‌وهوای این منطقه در تابستان گرم‌وخشک و در زمستان سرد و معتدل می‌باشد. اطلاعات استفاده‌شده در این مطالعه از طریق پرسشنامه، مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای و مصاحبه جمع‌آوری شد. پرسشنامه‌ها توسط کارشناسان جهادکشاورزی و کشاورزان بومی منطقه جهت تکمیل اطلاعات در زمینه‌های مختلف تکمیل گردید.

بر اساس روش ارائه شده در ایزو 14044 روش ارزیابی چرخه‌حیات در چهار گام تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه؛ ممیزی چرخه‌حیات، ارزیابی تأثیر چرخه‌حیات و تلفیق و تفسیر نتایج محاسبه و تعیین شد (Brentrup et al., 2004) (شکل 1).



شکل1- چهارچوب ارزیابی چرخه‌حیات (ایزو 14040؛ 1997)

Fig. 1- Life cycle assessment framework (ISO 14040, 1997)

مرحله اول-تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه[1]

تعیین هدف و مشخص کردن چهارچوب کلی از قبیل تعیین واحد کارکردی، مرزهای سامانه و دامنه اثر می‌باشد (Brentrup et al., 2004a). سامانه مورد مطالعه در این پژوهش مرز مزرعه تولید دانه گندم می‌باشد و نهاده‌های ورود پیدا کرده به این محدوده و دانه تولید شده در این محدوده مورد ارزیابی و محاسبه قرار می‌گیرد. واحد عملکردی برابر یک تن دانه بخشی از تولید شده تعیین گردید.

1- Objectives and definition of scope

مرحله دوم- ممیزی چرخه‌حیات[1]

در این مرحله میزان نهاده‌های مصرفی و آلاینده‌های انتشار یافته ناشی از کارکرد بوم‌نظام تولید گندم زمستانه تعیین و بر حسب واحد کارکردی (یک تن دانه) محاسبه شدند (Brentrup et al., 2001). اثرات زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های تحت بررسی شامل انتشار به اتمسفر، خاک و آب بر اساس استانداردهای بین‌المللی برآورد گردید (Finkbeiner et al., 2006).

نهاده‌های مصرفی در بوم‌نظام‌های زراعی: نهاده‌های مصرف شده در بوم‌نظام‌های زراعی گندم سوخت‌های فسیلی، و مصرف مواد معدنی هم‌چون کودهای فسفر و پتاسیم و کودهای نیتروژن دار بود.

آلاینده‌های انتشاریافته در بوم‌نظام‌های زراعی: از جمله آلاینده‌های انتشار یافته به محیط زیست از سوخت‌های فسیلی گازهایی شامل دی‌اکسیدکربن، اکسید نیتروس و متان که تأثیرات گلخانه‌ای در اتمسفر داشته می‌باشد به‌ازای سوخت یک لیتر گازوئیل 2/73 کیلوگرم CO_2، $18/1\times10^{-6}$ کیلوگرم N_2O، 173×10^{-6} کیلوگرم CH_4، $22/2\times10^{-3}$ کیلوگرم NO_x و 4×10^{-3} کیلوگرم SO_2 منتشر می‌شود (Tzilivakis et al., 2005).

مهم‌ترین آلاینده‌های انتشار یافته از نیتروژن با منبع کود اوره شامل NH_3، NO_x و N_2O می‌باشد. طبق مطالعات بیان شد ضریب انتشار آمونیاک برابر 17 درصد از نیتروژن به‌کار رفته در قالب کود اوره به‌صورت تصعید می‌باشد (Goebes et al., 2003). انتشار N_2O به اتمسفر تحت تأثیر دو پدیده نیترویفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون در خاک ایجاد می‌شود، در حالی‌که شرایط آب‌وهوایی و مدیریت مزرعه بر این موضوع تأثیرگذار است (Mirhaji et al., 2012). مطابق گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی در سال 2006 میلادی، یک درصد از کل نیتروژن مصرف شده به‌صورت کود اوره در هکتار به فرم N_2O انتشار یافت (Snyder et al., 2009). میزان انتشار NO_x به اتمسفر برابر 10 درصد میزان N_2O در نظرگرفته شد (Gasol et al., 2007).

تلفات فسفر ناشی از فرسایش خاک صفر در نظر گرفته می‌شود، فرض می‌شود فرسایش خاک رخ نمی‌دهد (Soltani et al., 2010).

مرحله سوم- ارزیابی تأثیر چرخه‌حیات[2]

هدف از این مرحله تجزیه و تحلیل ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید رایج و پیشرو گندم زمستانه به‌دست آمده از مرحله ب بوده و به این منظور، برای هر یک از گروه‌های آثار زیست‌محیطی، فاکتور مشخص‌سازی[3] تعیین گردیده و سپس این داده‌ها نرمال‌سازی و وزن‌دهی شدند (Khorramdel, 2012). براساس ISO گروه‌های تأثیر شامل موارد زیر هستند (Brentrup et al., 2004a; Finkbeiner et al 2006).

گرمایش جهانی

پتانسیل گرمایش جهانی[4] برای بیان میزان مشارکت انتشار انواع گازها از نظام‌های کشاورزی در بروز مشکلات زیست‌محیطی و تغییر-اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Brentrup et al., 2004b). گازهای گلخانه‌ای اصلی در مطالعات کشاورزی شامل CO_2، CH_4 و NO_x می‌باشند که در محاسبات مربوط به این گروه براساس معادل CO_2 یکسان‌سازی شدند (جدول 1) (ISO, 1997).

اسیدی شدن

این شاخص با بررسی میزان ورودی املاح و ترکیبات معدنی به خاک و بر اساس SO_2که به‌صورت کیلوگرم در واحد معادل به‌ازای کارکرد بیان می‌شود یکسان‌سازی شدند (جدول 1) (Brentrup et al., 2004b).

اوتریفیکاسیون

میزان تأثیر این شاخص در بوم‌نظام‌های خشکی با برآورد NH_3 و NO_x محاسبه می‌شود (جدول 1) (Brentrup et al., 2004b).

تخلیه بالقوه منابع غیرزنده

در این شاخص میزان سوخت‌های فسیلی و منابع معدنی (سنگ فسفات، سنگ پتاسیم و ....) مصرف‌شده در سامانه تولیدی مورد ارزیابی قرار داده شد (Brentrup et al., 2004b).

1-Life cycle inventory (LCI)

2-Life cycle impact assessment (LCIA)
3-Characteristic factor(CF)
4-Global warming potential

سمیت

این گروه تأثیر شامل کلیه مواد سمی تولید شده در اثر کارکرد بوم‌نظام زراعی تحت بررسی است که برای سلامت انسان و بوم‌نظام‌ها مضر می‌باشند. این گروه در مطالعات کشاورزی شامل آلوده‌کننده‌های معدنی (NH_3، SO_2 و NO_x)، سموم حفاظت از گیاهان و فلزات سنگین می‌باشد (Brentrup et al., 2004b) که توسط دو شاخص مسمومیت انسانی و اکوسیستمی ارزیابی شد (Khorramdel, 2012). تأثیر آلوده‌کننده‌های معدنی در سایر گروه-های اثرات زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت و از بین فلزات سنگین تنها کادمیم (به‌عنوان ناخالصی در کودهای فسفره) مطالعه شد (Khorramdel, 2012).

کاربری اراضی

این شاخص با پتانسیل تخریب طبیعت طی یک دوره معرفی و با استفاده از ضریب تخریب منابع طبیعی برآورد شد (Brentrup et al., 2002). به این ترتیب، ابتدا شش گروه فوق ممیزی و تأثیر کارکرد سامانه‌های تولید گندم زمستانه رایج و پیشرو به‌صورت کمّی تعیین شد.

طبقه‌بندی گروه‌های تأثیر

این گروه‌های تأثیر که بسته به ماهیت ممکن است منبع (R) یا عوامل انتشار یافته (E) باشند در ضریب تأثیر مربوطه ضرب و تأثیر آن‌ها به‌ازای واحد کارکردی مشخص شد (معادله 1) (Brentrup et al., 2004a). در این مرحله کارایی یا عامل طبقه‌بندی هر ترکیب در ایجاد اثر مربوطه نیز، در جدول 1 آورده شده است، با ضرب میزان منبع یا عامل انتشار یافته در عامل طبقه‌بندی و جمع آن‌ها، در نهایت برای هر گروه تأثیر، یک شاخص طبقه‌بندی به‌دست می‌آید (Mirhaji et al., 2012).

$$Ii = \sum (R_j, E_j) \times CF_{ij} \quad \text{معادله (1)}$$

نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر

این مرحله در ارزیابی چرخه‌حیات اختیاری می‌باشد، از آن‌جا که پس از انجام مرحله طبقه‌بندی نمی‌توان به اهمیت مقادیر به‌دست آمده پی برد، لذا در این مرحله سهم اثرات زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های مورد مطالعه در کل اثرات زیست‌محیطی یک منطقه تعیین می‌شود، به عبارت دیگر، در مرحله نرمال‌سازی نتایج مرحله قبل در گستره یک منطقه تقسیم می‌شود تا به اهمیت داده‌های مرحله قبل، پی برده و هم داده‌ها بدون واحد شده و برای مرحله وزن‌دهی آماده گردند (Mirhaji et al., 2013). در این سهم تأثیرات زیست‌محیطی مورد مطالعه در کل آثار زیست‌محیطی یک منطقه با استفاده از معادله 2 محاسبه شد (Brentrup et al., 2004a).

$$N_i = \frac{I_i}{I_{i,ref}} \quad \text{معادله (2)}$$

که در این معادله، N_i: شاخص نرمال گروه تأثیر i به‌ازای واحد کارکردی، I_i: شاخص محاسبه‌شده (غیرنرمال) گروه تأثیر i و $I_{i,ref}$: شاخص گروه تأثیر در شرایط مرجع می‌باشد.

وزن‌دهی گروه‌های تأثیر

سپس شاخص‌های نرمال‌سازی شده هر یک از گروه‌های تأثیر براساس کارایی که برای آسیب زدن به محیط زیست دارند در فاکتور وزن‌دهی مربوطه ضرب می‌شود، تا شاخص نهایی هر گروه تأثیر به‌دست آید. فاکتورهای وزن‌دهی در جدول یک آورده شده است. اثرهای گوناگون محیطی را براساس پتانسیل آن‌ها در آسیب به محیط بر اساس دستورالعمل ISO و استفاده از ضرایب موجود در منابع وزن-دهی با استفاده از معادله 3 وزن‌دهی محاسبه شد (Khorramdel et al., 2014).

$$W_{ijk} = \frac{C_{ijk}}{T_{ijk}} \quad \text{معادله (3)}$$

که در این معادله، W_{ijk}: وزن مربوط به شاخص i در منطقه j در سال k، C_{ijk}: مقدار فعلی شاخص i در منطقه j در سال k و T_{ijk}: مقدار هدف برای شاخص i در منطقه j و در سال k می‌باشد.

مرحله چهارم- تلفیق و تفسیر نتایج:

در آخرین مرحله، شاخص زیست‌محیطی که معیار نهایی LCA می‌باشد با استفاده از معادله 4 محاسبه شد (Brentrup et al., 2004a).

$$EcoX = \sum N_i \times W_i \quad \text{معادله (4)}$$

که در این معادله، $EcoX$: شاخص زیست‌محیطی به‌ازای واحد کارکردی، N_i: مقدار نرمال‌شده هر گروه تأثیر و W_i: وزن مربوط به هر یک از مقادیر N_i می‌باشد.

و در نهایت، اثرات زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های تولید رایج و پیشرو گندم زمستانه در دشت میامی با استفاده از LCA روش بررسی شد.

جدول 1- فاکتور مشخص‌سازی گروه‌های تأثیر مورد مطالعه (Brentrup et al., 2004b; Wang et al., 2010)

Table 1- Characterization factor for each studied impact category (Brentrup et al., 2004b; Wang et al., 2010)

ماده Substance (kg)	عامل مشخص‌سازی Characterization factor	عامل نرمال‌سازی Normalization factor	عامل وزن‌دهی Weighting factor
پتانسیل گرمایش جهانی Global warming potential (in kg CO_2 equivalent per kg emission)			
دی‌اکسید کربن CO_2	1	9730	1.06
متان CH_4	21		
اکسید نیتروس N_2O	310		
پتانسیل اسیدی شدن Acidification potential (in kg SO_2 equivalent per kg emission)			
دی اکسید گوگرد SO_2	0.22	52.25	0.21
اکسیدهای نیتروژن NO_x	0.10		
آمونیاک NH_3	0.27		
پتانسیل اختناق دریاچه در بوم‌نظام‌های خشکی Terrestrial eutrophication potential (in kg SO_2 equivalent per kg emission)			
اکسیدهای نیتروژن NO_x	0.52	63	0.3
آمونیاک NH_3	2.00		
پتانسیل تخلیه بالقوه منابع غیرزنده Depletion of abiotic resources potential (in kg or m^3)			
گازوئیل Gasoline	42.86	56877.88	0.16
سنگ فسفات P_2O_5	0.25	7.66	1.2
سنگ پتاس K_2O	0.105	8.14	0.3
پتانسیل ایجاد سمیت برای انسان و بوم‌نظام‌های خشکی Human toxicity and eco-toxicity potential (in kg cadmium equivalent per kg emission to soil)			
سمیت برای انسان Human toxicity (Daly[1])	3.98×10^{-3}	7.50×10^{-3}	0
بوم‌نظام خشکی Terrestrial ecotoxicity (kg 1,4 DCB[2]-equiv)	1.7×10^{2}	1.15×10^{2}	0
پتانسیل کاربری اراضی (معادل تخریب منابع طبیعی) Land use potential (in naturalness degradation)			
اشغال زمین Intensive arable land	0.8	1.86×10^{4}	1

1- Disability adjusted life-years

2- 1, 4-Dichlorobenzene-equivalents

نتایج و بحث

بیش‌ترین عملکرد در بوم‌نظام‌های بامدیریت پیشـرو و میـانگین 5/4 تن درسال برای یک هکتار مشاهده شد؛ در حالی‌که در بوم‌نظام-های با مدیریت رایج میانگین 4/3 تن در هکتار برای یک سال زراعی گزارش شد. میانگین میزان مصرف نهاده‌ها بـه‌ازای یـک تـن گنـدم زمستانه در نظام تولید رایج و پیشرو گندم در دشت میامی در جدول 2 نشان داده شده است.

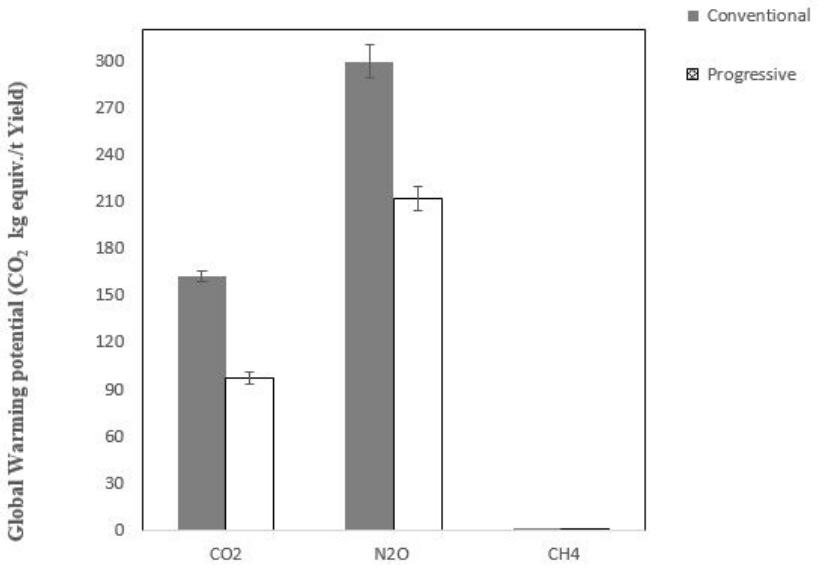
جدول 2- مقدار ورودی و خروجی در بوم‌نظام‌های رایج و پیشرو تولید گندم زمستانه به‌ازای یک هکتار

Tabel 2- Input and output of winter wheat in agroecosystems conventional and progressive per ha

ورودی نظام رایج Agroecosystem progressive	میزان ورودی و خروجی نظام پیشرو Agroecosystem conventional	ورودی Input	
250.50	188.5	سوخت Fuel (l)	
120	110	الف) فسفر A) Phosphorus	**کود شیمیایی** **Chemical fertilizers (kg or l)**
136	120	ب) پتاسیم B) Potassium	
400	370	ج) نیتروژن C) Nitrogen	
1.2	0.76	د) انواع ریز مغذی D)micronutrient	
1.5	0.30	الف) علف‌کش A) Herbicide	**سموم شیمیایی** **Chemical biocides (l)**
0.75	0.53	ب) حشره‌کش B) Insecticide	
194	222		**بذر** **Seed (kg)**
			خروجی **Output**
4.30	5.40	**عملکرد** **Yield (ton)**	

پتانسیل گرمایش جهانی: میزان انتشار گازهای گلخانـه‌ای مؤثر در بوم‌نظام‌های زراعی مـورد مطالعـه برابـر 461/98 و 309/48 واحد معادل کیلوگرم CO_2 به‌ترتیب برای مدیریت رایج و پیشرو مزارع گندم محاسبه شد. بالاترین میزان انتشار آلاینده‌های این گروه تـأثیر شامل CO_2،CH_4 و N_2O برای بوم‌نظـام زراعـی بـا مـدیریت رایـج به‌ترتیب برابر 162/6، 0/22 و 299/70 واحد معـادل کیلـوگرم CO_2 به‌ازای یک تن گندم تولیدی می‌باشد و بالاترین میـزان انتشـار ایـن آلاینده‌ها برای بوم‌نظام‌های زراعی تحت مدیریت پیشـرو بـه‌ترتیـب شامل 97/32، 0/13 و 212/03 می‌باشد (شکل 2). در شرایط گرگان برای تولید هر تن گندم 620 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر آزاد می‌گردد (Soltani et al., 2010). پتانسیل گرمایش‌جهانی بوم‌نظام‌های زراعی گندم به‌ازای یـک تـن محصـول تولیدی 252/09 کیلوگرم دی‌اکسید کربن انتشار گازهای گلخانـه‌ای به محـیط در شـرایط مرودشـت گـزارش کردنـد (Mirhaji et al., 2013). پتانسیل گرمایش جهانی گازهای گلخانه‌ای برای تولید یک تن بنه زعفران در شرایط خراسان برابر 1128 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن گزارش شده است (Mollafilabi et al., 2014). هم‌چنین میرحاجی و همکاران پتانسیل گرمایش‌جهانی برای یک تن چغندرقنـد را 22/9 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن گزارش کردنـد (Mirhaji et al., 2012). از عوامل مهم تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بوم‌نظام‌های زراعـی

مربوط به مصرف منابع فسیلی، ماشین‌آلات استفاده شده در مراحل مختلف قبل از کاشت، کاشت، داشت و برداشت و قسمت اعظمی نیز در تولید کودهای شیمیایی تولید می‌شوند (Brentrup et al., 2002; Moudrý et al., 2013). مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه از مهم‌ترین دلایل انتشار گازهای گلخانه‌ای از بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد (Bouwman, 1990). غلظت N_2O اگرچه در اتمسفر بسیار کم می‌باشد امّا پتانسیل گرمایشی آن 310 برابر گاز CO_2 است (Crutzen, 1998). هم‌چنین از مهم‌ترین عوامل انتشار N_2O مصرف کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژن‌دار می‌باشد (Brentrup et al., 2004a). یکی از دلایل انتشار CH_4 در بوم‌نظام‌های زراعی ناشی از مصرف کودهای دامی و ایجاد شرایط غرقابی می‌باشد (Mollafilabi et al., 2014). اگر چه غلظت CH_4 در اتمسفر بسیار کم‌تر از CO_2 می‌باشد، ولی پتانسیل گرمایش جهانی آن 21 برابر بیش‌تر از CO_2 است (FAO, 2003). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بین نظام‌های مختلف گیاهی بسته به شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت می‌باشد و نوع مدیریت تأثیر زیادی بر میزان انتشار این گازها دارد (Barton et al., 2008).

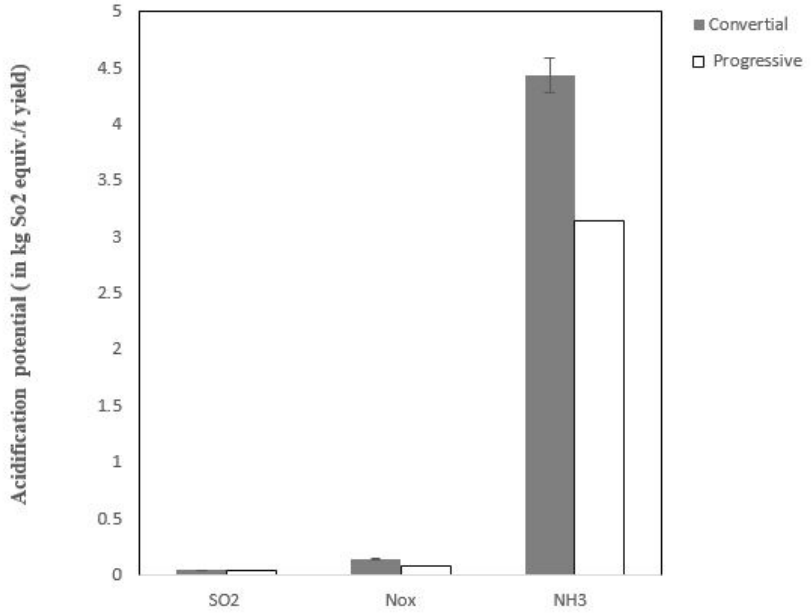


شکل 2- پتانسیل گرمایش جهانی گازهای گلخانه‌ای (معادل CO_2 کیلوگرم به‌ازای یک واحد کارکردی نظام‌های رایج و پیشرو تولید گندم زمستانه در دشت میامی

Fig. 2- Global warming potential (in CO_2 per functional unit) agroecosystem in conventional and progressive of winter Wheat in Mayamey plain

اسیدی شدن: بالاترین پتانسیل اسیدی شدن در بوم‌نظام‌های زراعی با مدیریت‌های متفاوت رایج و پیشرو به‌ترتیب 4/43 و 3/13 واحد معادل کیلوگرم به‌ازای یک تن گندم تولیدی محاسبه شد. افزایش مصرف کودهای نیتروژنه از طریق انتشار آلاینده‌های NH_3 و NO_x باعث تشدید پتانسیل اسیدی شدن می‌گردد (Mollafilabi et al., 2014). برخی از محققان دلیل این انتشار را به تبخیر نیتروژن به فرم آمونیاک پس از کاربرد آن در بوم‌نظام‌های زراعی به‌ویژه در شرایط مصرف بالای این عنصر نسبت دادند (Fallahpour et al., 2012). بالاترین میزان اسیدی شدن در گندم آبی (1/95 واحد معادل دی‌اکسیدگوگرد به‌ازای یک تن دانه را برای سطح 180-160 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و دیم (1/70 واحد معادل دی‌اکسیدگوگرد به‌ازای یک تن دانه را برای سطح کودی بالاتر از 40 کیلوگرم) در استان خراسان می‌باشد (Fallahpour et al., 2012). در بوم‌نظام‌های زراعی بررسی‌شده با نظر به اینکه انتشار سه ماده SO_2، NO_X و NH_3 به‌ترتیب برای بوم‌نظام‌های رایج 0/04، 0/14 و 4/43 بوده و برای بوم‌نظام‌های زراعی پیشرو 0/04، 0/09 و 3/13 می‌باشد. این در

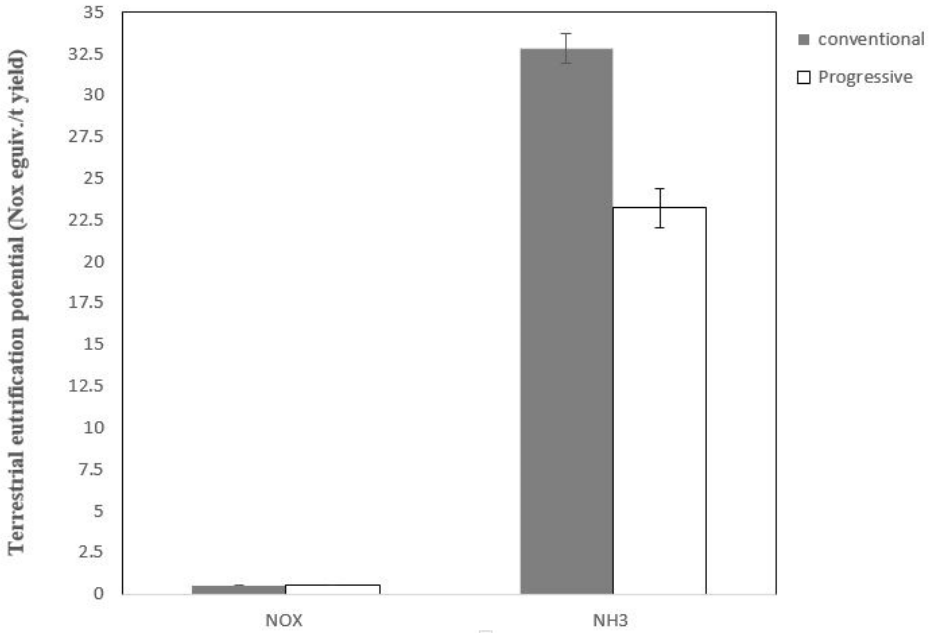
حالی است که این شاخص برای بوم‌نظام‌های زراعی رایج با توجه به میانگین کود مصرفی بیش‌تر نسبت به بوم‌نظام‌هایی با مدیریت پیشرو بیش‌تر می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد، در صورتی‌که از شیوه‌های علمی و به‌صورت محاسبه‌شده از کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژن‌دار با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی استفاده کنیم می‌توانیم این شاخص را نیز به‌صورت محسوسی کاهش دهیم. می‌توان به این نکته اشاره کرد که اثرات زیست‌محیطی همیشه تأثیرات منفی نداشته‌اند و در خاک‌های منطقه مورد مطالعه که قلیایی هستند این گروه تأثیر دارای اثرات مثبتی می‌باشد.



شکل 3- پتانسیل اسیدی شدن (معادل SO_2 کیلوگرم به‌ازای یک واحد کارکردی) نظام‌های رایج و پیشرو تولید گندم زمستانه در دشت میامی
Fig. 3- Acidification potential (in SO_2 per functional unit) agroecosystem conventional and progressive of winter Wheat in Mayamey plain

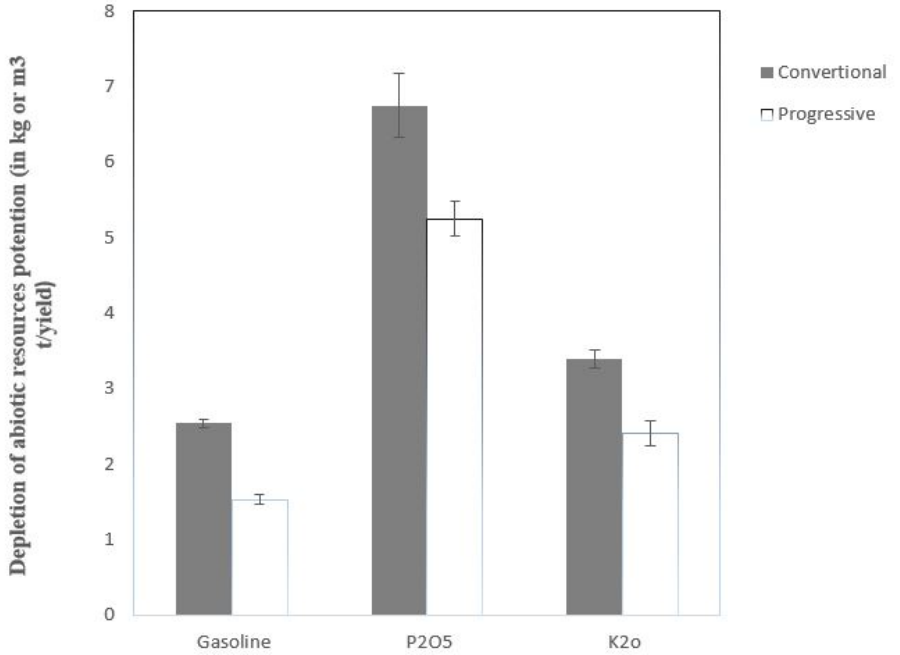
اوتریفیکاسیون خشکی: اثرات پتانسیل اوتریفیکاسیون خشکی بوم‌نظام‌های زراعی تولید گندم زمستانه برحسب انتشار NO_x و NH_3 در بوم‌نظام‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و بیش‌ترین میزان این آلاینده‌ها به‌ترتیب در بوم‌نظام زراعی رایج 33/35 و برای بوم‌نظام زراعی پیشرو 23/75 به‌ازای انتشار یک کیلوگرم NO_x محاسبه شد. هم‌چنین میزان انتشار NH_3 و NO_X به‌تفکیک بوم‌نظام‌های زراعی در شکل 4 نشان داده شده است. میزان انرژی غیرقابل تجدید (سوخت-های فسیلی) مورد استفاده در تولید یک تن گندم در گرگان 6640 مگاژول برآورد گردید (Soltani et al., 2010). در بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید بادام زمینی در استان گیلان میزان تخلیه منابع فسفات و پتاسیم را به‌ترتیب 1/70 و 0/66 گزارش نمودند (Nikkhah et al., 2014). با نظر به اینکه این شاخص نیز وابستگی زیادی به استفاده از کودهای نیتروژن‌دار و مصرف سوخت دارد مزارعی که از ماشین‌آلات با کارایی بیش‌تر و مصرف سوخت کم‌تر استفاده کردند و به‌صورت آگاهانه از کودهای نیتروژن‌دار استفاده کردند دارای پتانسیل کم‌تری بوده است. انتخاب و استفاده از مقادیر و انواع کودهای شیمیایی بایستی با دقت و به‌صورت بهینه انجام گیرد تا از انتشار آلاینده‌ها به اتمسفر و آب‌های زیرزمینی جلوگیری شود (Romero-Gomez et al., 2012).

پتانسیل تخلیه بالقوه منابع غیرزنده: برای این گروه تأثیر سهم مصرف منابع غیرقابل تجدید شامل مصرف میزان گازوئیل (مترمکعب)، سنگ فسفات (کیلوگرم P_2O_5) و پتاس (کیلوگرم K_2O) به‌ازای تولید یک واحد کارکردی کمی می‌شود (Khorramdel, 2012).



شکل 4- پتانسیل اوتریفیکاسیون معادل کیلوگرم (NO_X به‌ازای یک واحد کارکردی) در نظام‌های رایج و پیشرو تولید گندم زمستانه در دشت میامی

Fig. 4- Terrestrial eutrophication potential (in NO_x per functional unit) agroecosystem conventional and progressive of winter wheat in Mayamey plain

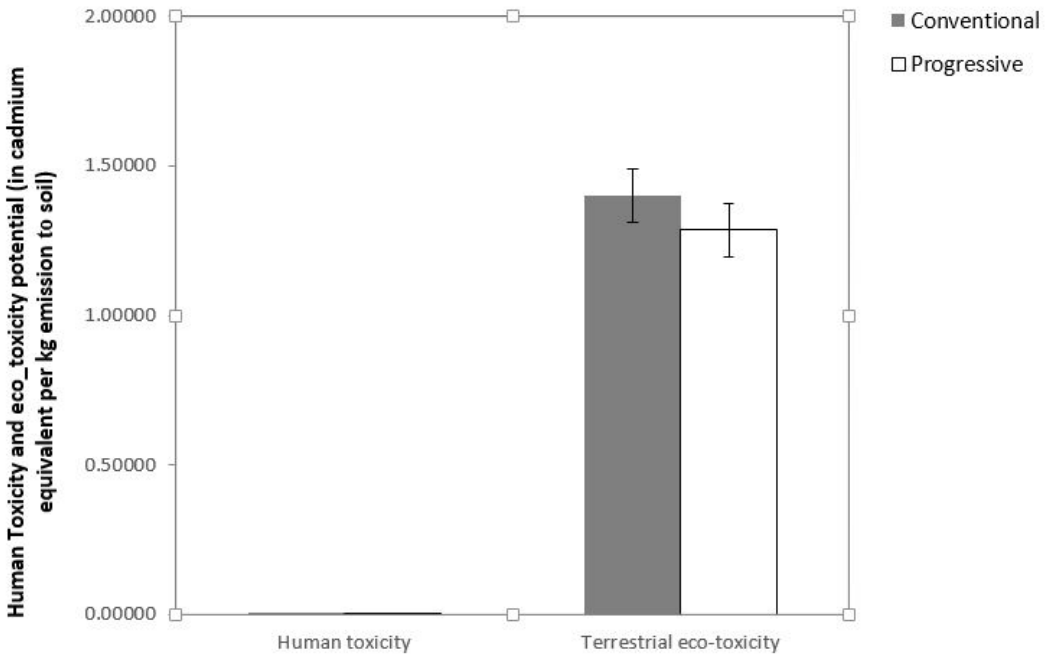


شکل 5- پتانسیل تخلیه منابع غیرزنده (بر حسب کیلوگرم یا مترمکعب به‌ازای یک واحد کارکردی) در نظام‌های رایج و پیشرو تولید گندم زمستانه در دشت میامی

Fig. 5- Depletion of abiotic resources potential (in kg or m^3 per functional unit) agroecosystem conventional and progressive

بیش‌ترین استفاده گازوئیل برای بوم‌نظام‌های رایج 2/54 مترمکعب در هکتار و برای بوم‌نظام‌ها زراعی پیشرو 1/53 مترمکعب در هکتار است، استفاده آگاهانه از ماشین‌آلات مناسب در مراحل پیش از کاشت، کاشت و برداشت تأثیر زیادی در به‌دست آوردن این نتایج داشته است. هم‌چنین منابع تجدیدناپذیر دیگری چون سنگ فسفات و پتاس به‌ترتیب در بوم‌نظام‌های زراعی رایج 6/75 و 3/39 بوده و برای بوم‌نظام‌های پیشرو این میزان برای فسفات 5.25 و برای پتاس 2/43 به‌دست آمده است این در حالی است که میزان استفاده از کودهای شیمیایی با آگاهی تأثیرات فراوانی بر این گروه تأثیر داشته است.

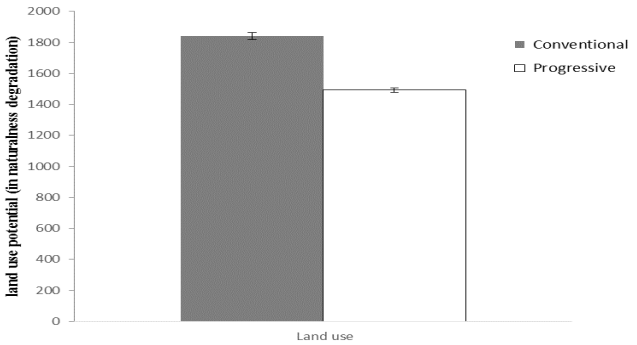
سمیت: تأثیر مواد سمی بر انسان در بوم‌نظام خشکی استفاده شد. از انواع فلزات سنگین تنها به مطالعه سمیت کادمیم (به‌عنوان ناخالصی در کودهای فسفره) را مورد ارزیابی قرار دادیم. به‌ازای مصرف هر 99 کیلوگرم P_2O_5 در خاک 6803/8 میلی‌گرم کادمیم در خاک منتشر می‌شود (Zeinali, 2009). تأثیر این فلز سنگین برای انسان و بوم‌نظام‌های خشکی در مدیریت رایج به‌ترتیب 0/00033 و 1/40200 بوده و برای بوم‌نظام‌های زراعی با مدیریت پیشرو به‌میزان 0/00030 و 1/28501 می‌باشد. میزان سمیت‌زایی تولید یک تن ذرت را برای انسان $3/93\times10^{-6}$ DALY و میزان سمیت‌زایی برای بوم‌نظام خشکی را 0/17 کیلوگرم ماده مرجع 1 و 4- دی کلرو بنزن برآورد کرد (Khorramdel, 2012). با توجه به نتایج در می‌یابیم که میزان استفاده دقیق‌تر در بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌تواند میزان سمیت‌های انسانی و بوم‌نظام‌های زراعی خشکی را پایین‌تر آورده و در به رسیدن به کشاورزی پایدار و سلامت انسانی کمک نمود. در شکل زیر به تفکیک میزان سمیت انسانی و بوم‌نظام‌های خشکی به‌ازای یک کیلوگرم کادمیم محاسبه شده است.



شکل 6- پتانسیل سمیت انسانی و بوم‌نظام خشکی معادل کیلوگرم کادمیم (به‌ازای یک واحد کارکردی) نظام‌های رایج و پیشرو تولید گندم زمستانه در دشت میامی

Fig. 6- Human Toxicity and eco-toxicity potential (in cadmium perfunctional unit) agroecosystem conventional and progressive of winter wheat in Mayamey plain

کاربری اراضی: این گروه اثرات زیست‌محیطی استفاده و تغییر شکل و نحوه کاربری زمین برای اهداف انسانی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (Brentrup et al., 2004b). نتایج نشان می‌دهد برای تولید یک تن گندم زمستانه در یک سال زراعی 1840 متر مربع زمین در بوم‌نظام‌های زراعی رایج و 1493/3 مترمربع در بوم‌نظام زراعی پیشرومورد استفاده قرار می‌گیرد که از دسترس سایر موجودات زنده خارج می‌شود. با ارزیابی پتانسیل تخریب منابع‌طبیعی و تغییر کاربری اراضی را در گرگان برابر 1219 مترمربع زمین مورد نیاز برای تولید یک تن گندم گزارش شد، این در حالی است که برای تولید یک تن گندم در فرانسه و آلمان به‌ترتیب 1481 و 1432 متر مربع نیاز می‌باشد (Soltani et al., 2010).



شکل 7- پتانسیل تخریب اراضی (معادل تخریب منابع طبیعی به‌ازای یک واحد کارکردی) نظام‌های رایج و پیشرو تولید گندم زمستانه در دشت میامی

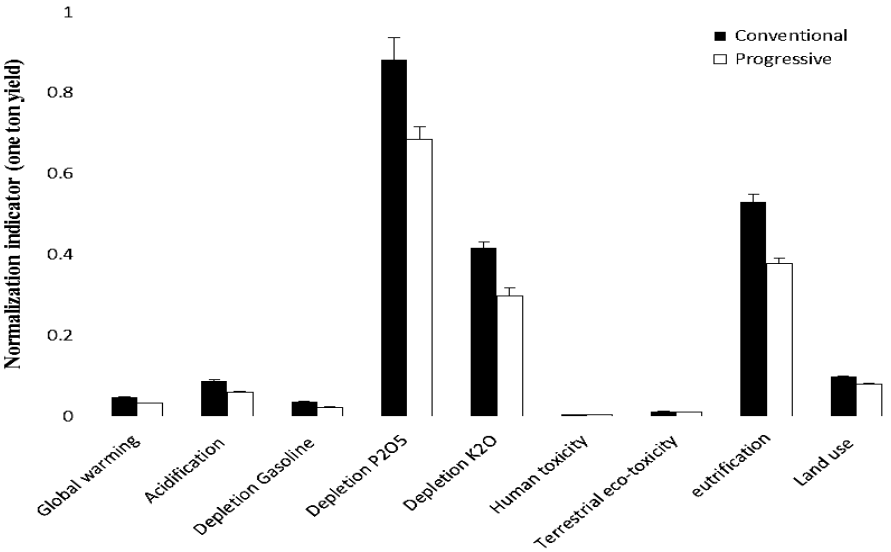
Fig. 7- Land use (in naturalness degradation per functional unit) agroecosystem conventional and progressive of winter wheat in Mayamey plain

شاخص نرمال‌شده: با توجه به شکل 8 که نشان‌دهنده شاخص نرمال‌شده برای هر یک از گروه‌های تأثیر در بوم‌نظام‌های زراعی با مدیریت رایج و پیشرو است، بیش‌ترین اثرات زیست‌محیطی برای بوم‌نظام‌های رایج مشاهده شد. مؤثرترین گروه اثرات زیست‌محیطی برای هر دو بوم‌نظام زراعی تخلیه سنگ فسفات در مدیریت رایج و پیشرو بوم‌نظام‌های زراعی به‌ترتیب با 0/88 و 0/69 به‌ازای تولید یک تن گندم زمستانه به‌دست آمد. براساس مطالعات شاخص‌های زیست‌محیطی که به بررسی اثرات زیست‌محیطی انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست می‌پردازد (Brentrup et al., 2004b)، اثرات زیست‌محیطی همچون گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابعی همچون (گازوئیل، سنگ فسفات و پتاس)، سمیت انسانی، سمیت بوم‌نظام خشکی و تغییر کاربری اراضی به‌ترتیب برای بوم‌نظام‌های زراعی با مدیریت رایج 0/05، 0/09، 0/53، 0/09، 0/88، 0/42، 0/0043، 0/012 و 0/10 به‌ازای تولید یک تن گندم زمستانه می‌باشد این در حالی است که این گروه‌های تأثیر برای بوم‌نظام‌های زراعی دارای مدیریت پیشرو 0/03، 0/06، 0/38، 0/02، 0/69، 0/30، 0/69، 0/011 و 0/08 به‌ازای تولید یک تن گندم زمستانه به‌دست آمده است.

شاخص بوم شناخت: بالاترین میزان شاخص بوم‌شناخت در نظام‌های تولیدی گندم زمستانه در دشت میامی برای مدیریت رایج بوم‌نظام زراعی تخلیه سنگ فسفات با 1/06 و برای بوم‌نظام با مدیریت پیشرو 0/82 Ecox به‌ازای تولید یک تن دانه گندم زمستانه حاصل شده است. سهم گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون خشکی، تخلیه منابع تجدیدناپذیر (گازوئیل، فسفات، پتاس)، سمیت و کاربری اراضی در بوم‌نظام‌های با مدیریت رایج به‌ترتیب 0/050، 0/019، 0/159، 0/019 ، 0/125، 1/057 و 0/099 به‌دست آمده و این در حالی است که برای بوم‌نظام‌های زراعی با مدیریت پیشرو 0/038، 0/013، 0/11، 0/004، 0/82، 0/086 و 0/080 می‌باشد.

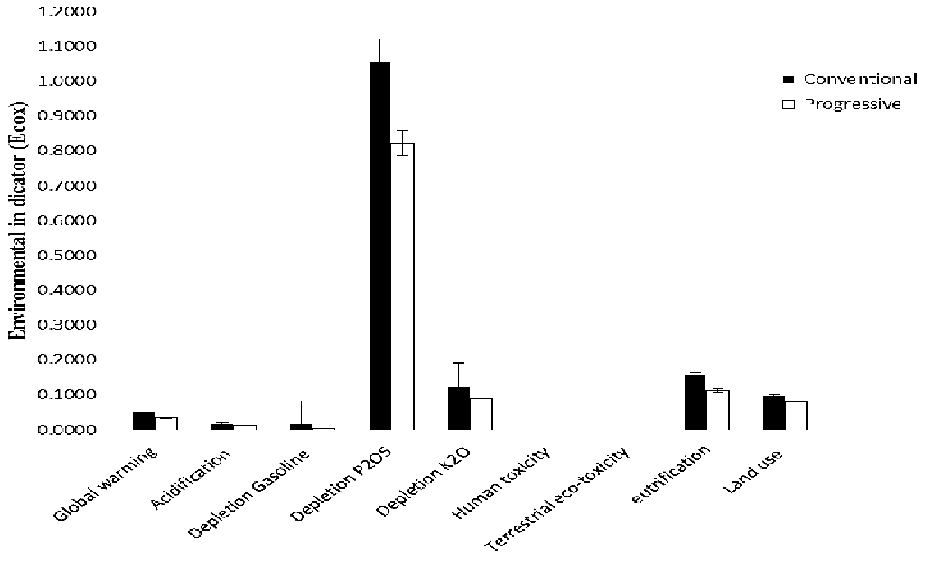
با نتایج شاخص بوم‌شناختی شاهد آن هستیم که افزایش عملکرد الزاماً در تضاد با مشکلات زیست‌محیطی نیست. مصرف ناآگاهانه و بیش از حد انواع کودهای مختلف و نهاده‌های شیمیایی و سوخت با

انتشار آلاینده‌های بیش‌تر به محیط زیست موجب تشدید آلودگی‌های زیست‌محیطی خواهد شد. بنابراین، پیشنهاد شده است هنگام استفاده از نهاده‌ها و یارانه‌های مزرعه‌ای به شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک نیز توجه قرار گیرد (Brentrup et al., 2004b). با ارزیابی بوم‌نظام‌های زراعی با روش ارزیابی چرخه‌حیات میزان کم‌تر مصرف کود، شاخص بوم‌شناختی را پایین آورده، درحالی‌که با افزایش مصرف کود، این شاخص بالاتر رفته است (Brentrup et al., 2004b).



شکل 8- شاخص نرمال‌شده مقایسه دو بوم‌نظام زراعی با مدیریت رایج و مدیریت پیشرو به‌ازای تولید یک تن محصول تولیدی

Fig. 8- Normalizad indicator per ton yield for comparing two agroecosystem with conventional management and progressive management



شکل 9- مجموع بوم‌شناخت برای بوم‌نظام‌های زراعی با مدیریت رایج (الف) و مدیریت پیشرو (ب) به‌ازای تولید یک تن محصول تولیدی

Fig. 9- Environmental indicator per ton yield for comparing two agroecosystem with conventional management and progressive management

نتیجه‌گیری

شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه‌شده بیان می‌کنند که مدیریت پیشرو نسبت به مدیریت رایج اثرات زیست‌محیطی کم‌تری تولید می‌کند. در مدیریت رایج شاخص‌های نرمال‌شده تمامی نسبت به مدیریت پیشرو بیش‌تر بوده است. ارزیابی چرخه‌حیات نشان داد، که در بخش مدیریت مزرعه‌ای، بالاترین میزان اثرات زیست‌محیطی، به ترتیب ناشی از مصرف کودهای فسفاته، کود پتاس و اوتریفیکاسیون ناشی از کودهای نیتروژن‌دار در مدیریت پیشرو و رایج بوده است. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی بر کاهش برخی از شاخص‌های زیست‌محیطی، تحقیقاتی برای تعیین مقدار مناسب کود شیمیایی مورد نیاز خاک با استفاده از آزمون خاک نقش بسیاری در کاهش آلاینده-های زیست‌محیطی در منطقه مورد مطالعه دارد.

منابع

1. Amiri, S.R., and Rezvani Moghaddam, P. 2016. Study and economic analysis of energy inputs and outputs in the city of Zarand in Kerman pistachio production ecosystems. Journal of Agroecology 8(3): 452-462. (In Persian with English Summary)
2. Andersson, K., Ohlsson T., and Olsson, P. 1994. Life cycle assessment (LCA) of food products and production systems. Trends in Food Science and Technology 5: 134–138.
3. Barker-Reid, F., Gates, W.P., Wilson, K., Baigent, R., Galbally, I.E., Meyer, C.P., Weeks, I.A., and Eckard, R.J. 2005. Soil nitrous oxide emission from rainfed wheat in SE Australia. In: A. van Amsted (Ed). Non-CO_2 greenhouse gases (NCGG-4). Utrecht, the Netherlands: Mill Press.
4. Barton, L., Kiese, R., Gatter, D., Butterbach-bahl, K., Buck, R., Hinz, C., and Murphy, D. 2008. Nitrous oxide emissions from a cropped soil in a semi-arid climate. Glob. Change Biology 14: 17 192.
5. Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M., Reinhardt, G.A. 2003. Life cycle assessment of bread production–a comparison of eight different scenarios. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, October 6-8, Bygholm, Denmark. P. 9-16.
6. Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2001. Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. European. Journal of. Agronomy 14: 221-233.
7. Brentrup, F. 2003. Life cycle assessment to evaluate the environmental impact of arable crop production, Ph.D. Dissertation, University of Hannover, Germany.
8. Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004a. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology. I. Theorical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy 20: 247-264.
9. Brentrup, F., Kusters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004b. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology. II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy 20: 265-279.
10. Bouwman, A.F. 1990. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Soils and the greenhouse effect. Chichester: Wiley.

11. Crutzen, P.J. 1981. Atmospheric chemical processes of the oxides of nitrogen, including nitrous oxide. In: C.C. Delwiche (Ed.), Denitrification, nitrification, and atmospheric nitrous oxide. New York: Wiley.

12. Cooper, J.M., Butler, G., and Leifert, C. 2011. Life cycle analysis of greenhouse gas emissions from organic and conventional food production systems, with an without bio-energy options. NJAS Wagening. Journal of Life Sciences 58:185-192.

13. Fallahpour, F., Aminghafouri, A., GhalegolabBehbahani, A., and Bannayan, M. 2012. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. Environment, Development and. Sustainability 14: 979-992.

14. FAO. 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. http://www.fao.orgFinkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R.B.H., Christiansen, K. and Klüppel, H.J. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. International Journal of Life Cycle Assessment 11: 80–85.

15. Finkbeiner, M., Inaba A., Tan, R.B.H., Christiansen, K., and Klüppel, H.J. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. International Journal of Life Cycle Assessment 1(2): 80–85.

16. Gasol, C.M. Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, P., Solano, M.L., and Rieradevall, J. 2007. Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy cropping system in southern Europe. Biomass and Bioenergy 31(8): 543-555.

17. Goebes, M.D., Strader, R., and Davidson, C. 2003. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States. Atmospheric Environment 37(18): 2539-2550.

18. Hjjar poor, A., Miqdad, N., Soltani, A., and Prosper, B. 2016. Evaluation of adaptation strategies for future climate change Dymbh peas in Zanjan province. Journal of Agroecology 8(2):169-181. (In Persian with English Summary)

19. Hayashi, K. 2005. Practical implications of functional units in life cycle assessment for horticulture: Intensiveness and environmental impacts (Vol. 1, pp. 368–371). LCM2005: Innovation by Life Cycle Management: Barcelona, Spain.

20. ISO (International Organization for Standardization). 1997. Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework. International Standard ISO 14040, ISO, Geneva.

21. ISO (International Organization for Standardization). 2006. ISO 14040: 2006 (E) Environmental Management– Life Cycle Assessment– Principles and Framework.

22. Kazemi, H., Alizade, P., and Nahbandan, A. 2016. Check rainfed wheat fields and blue energy flow in this city under two tillage methods. Journal of Agroecology 8(2): 281-295. (In Persian with English Summary)

23. Khan, S., Khan, M.A., and Latif, N. 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. The Soil Environment 29:61–68.

24. Khorramdel, S. 2012. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

25. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Amin Ghafori, A. 2014. Evaluation of environmental impacts for

wheat agroecosystems of Iran by using life cycle assessment methodology. Cereal Research 4(1): 27-44. (In Persian with English Summary)

26. Mirhaji, H., Khojastehpour, M., Abaspour-fard, M.H., and Mahdavi Shahri, S.M. 2012. Environmental impact study of sugar beet production using life cycle assessment in Khorasan province. Journal of Agroecology 4: 112-120. (In Persian with English Summary).
27. Mirhaji, H., Khojastehpour, M., and Abaspour-Fard, M.H. 2013. Environmental effects of wheat production in the Marvdasht region. Journal of Natural Environment 66 (2): 223-232 (In Persian with English Summary)
28. Mollafilabi, A., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., and Hosseini, M. 2014. Evaluation of environmenta impacts for saffron agroecosystems of Khorasan based on nitrogen fertilizer by using Life Cycle Assessment (LCA). Journal of Saffron Research 2(2): 165-179. (In Persian with English Summary)
29. Monti, A., Fazio, S., and Venturi, G. 2009. Cradle-to-farm gate life cycle assessment in perennial energy crops. European. Journal of Agronomy 31: 77-84.
30. Moudrý, J., Jelínková, Z., Plch, R., Moudrý, J., Konvalina, P., and Hyšpler, R. 2013. The emissions of greenhouse gases produced during growing and processing of wheat products in the Czech Republic. Journal of Food, Agriculture and Environment 11 (1): 1133-1136.
31. Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2018. Life cycle assessment (LCA) for wheat (*Triticum aestivum* L.) production systems of Iran: Comparison of inputs level. Journal of Agroecology 9(4): 972-999. (In Persian with English Summary)
32. Nikkhah, A., Taheri-Rad, A., Khojastehpour, M., Emadi, B., and Payman, S.H. 2014a. Environmental impacts of peanut production in Astaneh Ashrafiyeh of Guilan province. Journal of Agroecology 6(2): 373-282. (In Persian with English Summary)
33. OECD. 2001. Environmental Indicators for Agriculture–Methods and Results, vol. 3. OECD Publications, Paris, France, pp. 409.
34. Romero-Gomez, M., Suarez-Rey, E.M., Anton, A., Castilla, N., and Soriano, T. 2012. Environmental impact of screenhouse and open-field cultivation using a life cycle analysis: the case study of green bean production. Jornal of Cleaner Production 28: 63-69.
35. Roy, P., Shimizu, N., and Kimura, T. 2005. Life cycle inventory analysis of rice produced by local processes. Journal of JSAM 67(1):61–67.
36. Schröder, J.J., Aarts, H.F.M., Ten Berge, H.F.M., Van Keulen, H., and Neeteson, J.J. 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. European Journal of Agronomy 20: 33-44.
37. Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E., 2010. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. EJCP 3(3): 201-218 (In Persian with English Summary)
38. Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystems and Environment 133(3–4): 247.

39. Taheri-Garavand, A., Asakereh, A., and Haghani, K. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. International Journal of Environmental Sciences 1: 236-242.

40. Tripathi, R.S., and Sah, V.K. 2001. Material and energy-flow in high-hill, midhill and village farming systems of Garhwal Himalaya. Agriculture Ecosystems and Environment 86(1):75-91.

41. Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (Beta vulgaris) production in the UK. Agricultural Systems 85: 101-119.

42. Vandermeer, J. 2011. The Ecology of Agroecosystems. Jones and BartlettLearning, Science. 387 pp.

43. Zeinali, E. 2009. Wheat nitrogen nutrition in Gorgan; agronomical, physiological, and environmental aspects. PhD Thesis, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 201 p. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 807-825

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 825-807

Environmental Impacts of Progressive and Conventional Management in Winter Wheat Cropping System of Mayamey Plain in Shahrood, Using the Lifecycle Assessment Methodology

M. Hojati[1*], H.R. Asghari[2] and A. Akhyani[3]
Submitted: 06-05-2017
Accepted: 20-06-2018

Hojati, M., Asghari, H.R., and Akhyani, A. 2019. Environmental impacts of progressive and conventional management in winter wheat cropping system of mayamey plain in Shahrood, using the lifecycle assessment methodology. Journal of Agroecology. 11(3): 807-825.

Introduction

Food security in parallel with the preservation of environment and natural resources, has become a critical issue in the world. Wheat as the main food for human has allocated the high cultivation area each year in the world and in Iran as well. Agricultural systems due to the consumption of fossil fuels and chemical output has introduced as the biggest consumers of energy and natural resources, also it has contributed serious role in bio environment problems (Roy et al., 2005). The environment seeks a system to provide the necessities of current generation, as well as prevention of resources s for the next generation. To study the positive and negative effects of cropping systems, the researchers have introduced multiple methods to study bio environment effects. In this regard, one of the best method is the life cycle assessment (LCA). Management method plays critical role in bio environment effects of cropping systems. LCA study of wheat frequency has conducted in Iran and the world. This study compares two conventional and progressive cropping management systems of winter wheat in Mayamey farms in Shahrood city using the life cycle assessment method.

Materials and Methods

Life cycle assessment (LCA) was conducted using data of winter wheat fields in Mayamey, (Shahrood city) with two conventional and progressive management methods. LCA includes four steps (purpose definition, study practice area, assessment the effect of life cycle ,results integration and interpretation). At the first step, the functional unit of one ton was determined, then data was classified, normalized and weighted, finally the indices of global warming, eutrophication of agro ecology, discharge potential for possible recyclable resources , poisoning and land use were analyzed .

Results and Discussion

The ecology index resulted from LCA method in progressive management is higher than conventional management. The emission rate of effective greenhouse gases for global heating potential index in the studied cropping systems is 461.98, 309.48 units equal to CO_2 kg for the conventional and progressive management of wheat fields respectively. Potential of acidification index in agroecosystems with different conventional and progressive managements are 4.43 and 3.13 units equal to SO_2 kg per functional unit. Results shown that the bioenvironment effects of eutrophication potential in dry systems in winter wheat production was 33.35 in conventional agroecosystem and 23.75 for progressive agroecosystem per NO_x kg dissemination . Results of discharge potential for possible recyclable resources shown the highest gas use is 2.54 $m^3.ha^{-1}$ in conventional agroecosystem and 1.53 $m^3.ha^{-1}$ in progressive agroecosystem respectively, while other non-renewable sources such as rock phosphate and potash were 6.75 and 3.39 in conventional afro ecology respectively and this amount was 5.25 for phosphate and 2.43 for potash in progressive agroecosystem. The study indicated that in conventional managed farm the poisoning effects of heavy metals cadmium for human and dry agroecosystem

1, 2 and 3- MSc student of Agroecology and Associate Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology and Lecturer, Agricultural Research Center of Semnan Province (Shahroud), Shahroud, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Hamidasghari@gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v11i3.64237

were 0.00033 and 1.40200, respectively, where it was 0.00030 and 1.28501 in agroecosystem for progressive management. The occupied land for each ton of wheat was computed as 1840 for progressive management and 1493.3 m^3 for conventional management.

Conclusion

Results of LCA shown that phosphate resources depletion for discharge potential index of renewable resources and eutrophication of dry agroecosystem has more bioenvironment effects than other indices, also the results of both conventional and progressive management of winter wheat agroecosystem shown that the bio environment effects of progressive management has been more than the conventional management, while it is shown higher yield and the higher use of inputs don't mean higher yield necessarily. Results may be important for farmers and agriculture managers in the region in case of a sustainable management procedure.

Keywords: Environmental index, Eutrophication, Resource depletion

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 844-827

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 827-844

ارزیابی شاخص‌های رشدی ارقام سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در دو منطقه فریمان و جلگه رخ

ستاره فروغیان[1]، محمود رمرودی[2*]، محمد رضا اصغری‌پور[2]، احمد قنبری[3] و براتعلی فاخری[3]

تاریخ دریافت: 96/12/05
تاریخ پذیرش: 97/03/17

فروغیان، س.، رمرودی، م.، اصغری‌پور، م.ر.، قنبری، ا.، و فاخری، ب. 1398. ارزیابی شاخص‌های رشدی ارقام سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در دو منطقه فریمان و جلگه رخ. . بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (2): 844-827.

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی (شامل شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد غده (TGR)، سرعت رشد محصول (CGR) مؤثر بر عملکرد دو رقم سیب‌زمینی (آگریا و فونتانه) در مراحل مختلف رشد گیاه از سبز شدن تا رسیدگی و هم‌چنین عملکرد غده در دو شرایط متفاوت آب‌وهوایی در مزارعی در دو منطقه فریمان و جلگه رخ طی سال زراعی 95-1394 به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ به رقم فونتانه با 5/02 اختصاص یافت، بیش‌ترین شاخص سطح برگ در جلگه رخ به مزرعه خزاعی (4/64) و در فریمان به مزرعه مهدوی (4/14) اختصاص داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین CGR در 90 روز پس از سبز شدن به‌ترتیب در رقم فونتانه و آگریا با 11/17و 9/6 گرم بر مترمربع در روز مشاهده شد. رقم فونتانه با عملکرد غده 439/79 گرم در مترمربع عملکرد 40 درصدی بالاتری نسبت به رقم آگریا داشت. مزرعه خزاعی با 376/67 گرم در مترمربع بیش‌ترین و مزرعه شریعتی با 232/16 گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد غده را داشتند. به بیان دیگر، مزرعه خزاعی از مزرعه رازقی 5 درصد و از مزرعه مهدوی 39 درصد عملکرد غده بالاتری داشت. حداکثر سرعت رشد غده در مزرعه خزاعی با 10/87 گرم در مترمربع در روز نسبت به مزارع رازقی، مهدوی و شریعتی به‌ترتیب 29، 69 و 75 درصد بالاتر بود. به‌طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش رقم فونتانه در جلگه رخ و در مزرعه خزاعی بهترین عملکرد را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد غده، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، عملکرد غده

مقدمه

اهمیت غذایی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به‌دلیل بالا بودن انرژی‌زایی آن می‌باشد. علاوه‌براین، این گیاه از نظر توازن پروتئین در غده، دارا بودن اسید آمینه‌های مهم سازنده پروتئین و مواد معدنی در تغذیه انسان دارای اهمیت خاصی می‌باشد، به‌گونه‌ای‌که از نظر سطح زیر کشت و تولید در دنیا پس از گندم، برنج و ذرت در مقام چهارم قرار دارد (Hosseinpanahi et al., 2010). در حال حاضر، سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین منابع غذایی محسوب می‌شود. سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (فائو[4]) سیب‌زمینی را یک محصول تأمین‌کننده امنیت غذایی در دنیا معرفی نموده که به‌علت انعطاف-پذیری اکولوژیکی زیاد در سراسر جهان پراکنده شده است (Iranian Meteorological Organization, 1974).

سیب‌زمینی با سطح زیر کشت بیش از 18 میلیون در هکتار و پتانسیل تولید حدود 330 میلیون تن در سال جایگاه بسیار مهمی را در کشاورزی جهان به خود اختصاص داده است (Masoudi, 2010).

1- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
2- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
3- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email:mramroudi42@uoz.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71190

4- Food and Agriculture Organization

متوسط سرانه مصرف سیب‌زمینی در کشور 45 کیلوگرم در سال است؛ در حالی‌که در بیش‌تر کشورهای جهان سرانه مصرف سیب‌زمینی بین 80 تا 120 کیلوگرم برای هر نفر است. با توجه به روند افزایش جمعیت نیاز به تولید بیش‌تر این محصول از طریق بهبود مدیریت زراعی امری اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به آمار سال زراعی 96-1395 حدود چهار میلیون و 700 هزار تن محصول سیب‌زمینی در 160 هزار هکتار از اراضی کشاورزی کشور تولید می‌شود (Ministry of Jihad-e-Agriculture Organization of Khorasan-e Ravavi, 2017).

سیب‌زمینی در اکثر نواحی جهان در محدوده عرض جغرافیائی 65 درجه شمالی تا 45 درجه جنوبی و از سطح دریا تا ارتفاع بیش از 3500 متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) کاشته می‌شود. این محصول تقریباً در تمام نواحی ایران و تا ارتفاع حدود 2500 متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) کشت می‌شود. سیب‌زمینی گیاهی سرمادوست و حساس به گرما است که رشد خوبی در دمای شبانه‌روزی حدود 18 تا 20 درجه سانتی‌گراد دارد. دمای مناسب خاک برای شروع غده‌دهی 16 تا 19 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با افزایش دمای خاک به بیش از 20 درجه سانتی‌گراد از سرعت رشد غده کاسته و رشد غده در دمای خاک حدود 30 درجه سانتی‌گراد یا بیش‌تر عملاً متوقف می‌شود، زیرا مصرف کربوهیدرات‌ها برای تنفس و رشد رویشی بیش از فتوسنتز است. شب‌های خنک برای تجمع کربوهیدرات‌ها مطلوب بوده، هم‌چنین میزان پوسیدگی ساقه و سوختگی داخل غدد در دماهای بالا افزایش می‌یابد (Beremner & Tabe, 1966; Molahlehi et al., 2013).

سیب‌زمینی در شرایط آب‌وهوایی متفاوت کشت می‌شود و ارقام مناسب برای کاشت در مناطق مختلف اقلیمی باید سازگاری لازم را دارا بوده و عملکرد بالایی داشته باشند. دو رقم آگریا و فونتانه به‌عنوان اصلی‌ترین رقم‌های سیب‌زمینی مورد استفاده در کارخانه‌های تولید چیپس محسوب شده و بیش‌ترین سطح زیر کشت را در استان خراسان رضوی 5781 هکتار در سال1393 به خود اختصاص داده‌اند. هر دو رقم از گروه میان‌رس بوده که در مناطق اصلی تولید در استان (جلگه‌رخ و فریمان، سرولایت و قوچان) در مراحل انتهایی رشد با خطر سرمای زودرس پاییزه مواجه هستند (Taherkhani, 2011). سن و همکاران (Sen et al., 2014) در مطالعه روند تغییرات شاخص سطح برگ در سیب‌زمینی دریافتند که این شاخص تا 47 روز پس از ظهور گیاهچه افزایش می‌یابد. علاوه بر سطح برگ و اهمیت آن در بهبود عملکرد غده، دوام سطح برگ و نحوه آرایش برگ‌ها روی ساقه نیز بر این امر به‌طور معنی‌داری تأثیر می‌گذارد (Khodadadi et al., 1996; Otroshy, 2008). لوپس و همکاران (Lopes et al., 2013) نشان دادند که در راستای بهبود کارایی تبدیل انرژی نورانی به ماده خشک، بایستی در اوایل دوره رشد سطح برگ کافی وجود داشته و مرحله رشدی ارقام انتخابی طولانی باشد بر این اساس، برخی محققان بر این باورند همبستگی خوبی بین عملکرد غده و دوام سطح برگ وجود دارد. هم‌چنین با توسعه سریع‌تر سطح برگ و زرد شدن و پیری دیرهنگام، بر میزان عملکرد غده‌ها افزوده می‌شود (Deshi, 2015). در همین راستا، نصراصفهانی و همکاران (Nasr Esfahai et al., 2012) دریافتند که با افزایش سطح برگ، سرعت رشد گیاه افزایش یافته و با کاهش شدت نور در پایین سایه‌انداز گیاهی از این شاخص کاسته می‌شود. انکامبول و اوسوم (Nkambule & Ossom, 2010) طی مطالعات خود گزارش نمودند که در مرحله رشد رویشی، میزان رشد گیاه زراعی و سطح برگ تا زمانی‌که شاخص سطح برگ به نزدیک پنج برسد، رابطه‌ای خطی برقرار است. در مرحله بعد از غده‌زایی، بین سرعت رشد گیاه زراعی با رشد غده‌ها ارتباط معکوس مشاهده شد. احمد و همکاران (Ahmed et al., 2000) بیان کردند که آغازش غده در اوایل دوره رشد طایشی و هم‌زمان با مرحله گل‌دهی صورت می‌پذیرد که این زمان حدود سه هفته پس از کاشت تشخیص داده شد. زامیل و همکاران (Zamil et al., 2010) مشاهده کردند که مدت کوتاهی پس از آغازش، غده‌ها به حداکثر میزان رشد خود دست می‌یابند و علی‌رغم تغییر در مقدار شاخص سطح برگ، مقدار آن ثابت باقی می‌ماند. زلالم و تکالین (Zelalem & Takalign, 2009) نیز نشان دادند که سیب‌زمینی طی دوره خطی از رشد، دارای ظرفیت انتقال بالایی است و محدودیتی از لحاظ انتقال مواد به غده‌ها به چشم نمی‌خورد. برخی محققان بر این باورند که افزایش سرعت جذب خالص نشان‌دهنده آن است که عامل اصلی کنترل‌کننده فتوسنتز در سیب‌زمینی، رشد غده می‌باشد (Borego et al., 2000; Gremew et al., 2007) و رشد یکسان یا یکنواخت غده تنها در صورتی حفظ می‌شود که تغییراتی در دسترسی گیاه به مواد غذایی برای رشد غده وجود نداشته باشد (Kawakami et al., 2004). کالدیز (Caldiz, 2000) نیز اشاره کرد که مقدار تولید آسیمیلات‌ها به تعداد غده‌های در حال توسعه ارتباط دارد و فعالیت

فتوسنتزی تحت کنترل اندازه مخزن‌ها است. دامر و همکاران (Dammer et al., 2008) بیان کردند که چهار تا شش هفته پس از کاشت بوته‌ها به‌واسطه افزایش سریع برگ و عدم سایه‌اندازی، سرعت رشد نسبی افزایش یافته و حتی دو برابر می‌شود و سپس مقدار آن به‌شدت کاهش می‌یابد تا هفته دوازدهم که میزان رشد به 10% می‌رسد. البته چنین امری عادی بوده و معمولاً با افزایش شاخص سطح برگ و به‌واسطه سایه‌اندازی برگ‌ها روی هم به وقوع می‌پیوندد (Jonckheere et al., 2004). جونکر و همکاران (Jonckheere et al., 2004) نشان داد که نسبت سطح برگ از 28 تا 72 روز پس از ظهور گیاهچه به‌میزان چهار تا پنج برابر کاهش می‌یابد. مالیک و همکاران (Malik et al., 2000) نیز با تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشدی سیب‌زمینی مشاهده کردند که از 6 تا 16 هفته پس از کاشت، کاهش حدود 12 برابری نسبت سطح برگ این گیاه را گزارش نمودند.

با توجه به عدم وجود تحقیقات و مستندات جامع و کافی در خصوص واکنش ارقام مختلف سیب‌زمینی در شرایط اقلیمی متفاوت و نظر به اهمیت این گیاه به جهت دارا بودن عملکرد بالا در تولید مواد نشاسته‌ای (Taherkhani, 2011) و همچنین با توجه به اهمیت شناخت و بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد این گیاه در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر شاخص‌های رشد و عملکرد آن، این آزمایش با هدف بررسی اثر مناطق مختلف رشد بر شاخص‌های رشدی ارقام آگریا و فونتانه سیب‌زمینی در شرایط آب‌وهوایی جلگه رخ و فریمان طراحی و به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو منطقه جلگه‌رخ و فریمان در سال زراعی 95-1394 به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. منطقه جلگه رخ تربت حیدریه (عرض جغرافیایی 35 درجه و 19 دقیقه تا 35 درجه و 38 دقیقه و طول جغرافیایی 57 درجه و 58 دقیقه تا 59 درجه و 43 دقیقه) دارای اقلیم معتدل و سرد و فریمان (عرض جغرافیایی 45 درجه و 42 دقیقه و طول جغرافیایی 56 درجه و 45 دقیقه) دارای اقلیم نیمه‌خشک خفیف و آب‌وهوایی مدیترانه‌ای است.

قبل از انجام آزمایش، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی- شیمیایی خصوصیات خاک در جدول 1 نشان داده شده است. هم‌چنین شرایط آب‌وهوایی در سال زراعی مورد مطالعه در شرایط آب‌وهوایی تربت حیدریه (جلگه رخ) و فریمان در شکل 1 نشان داده شده است.

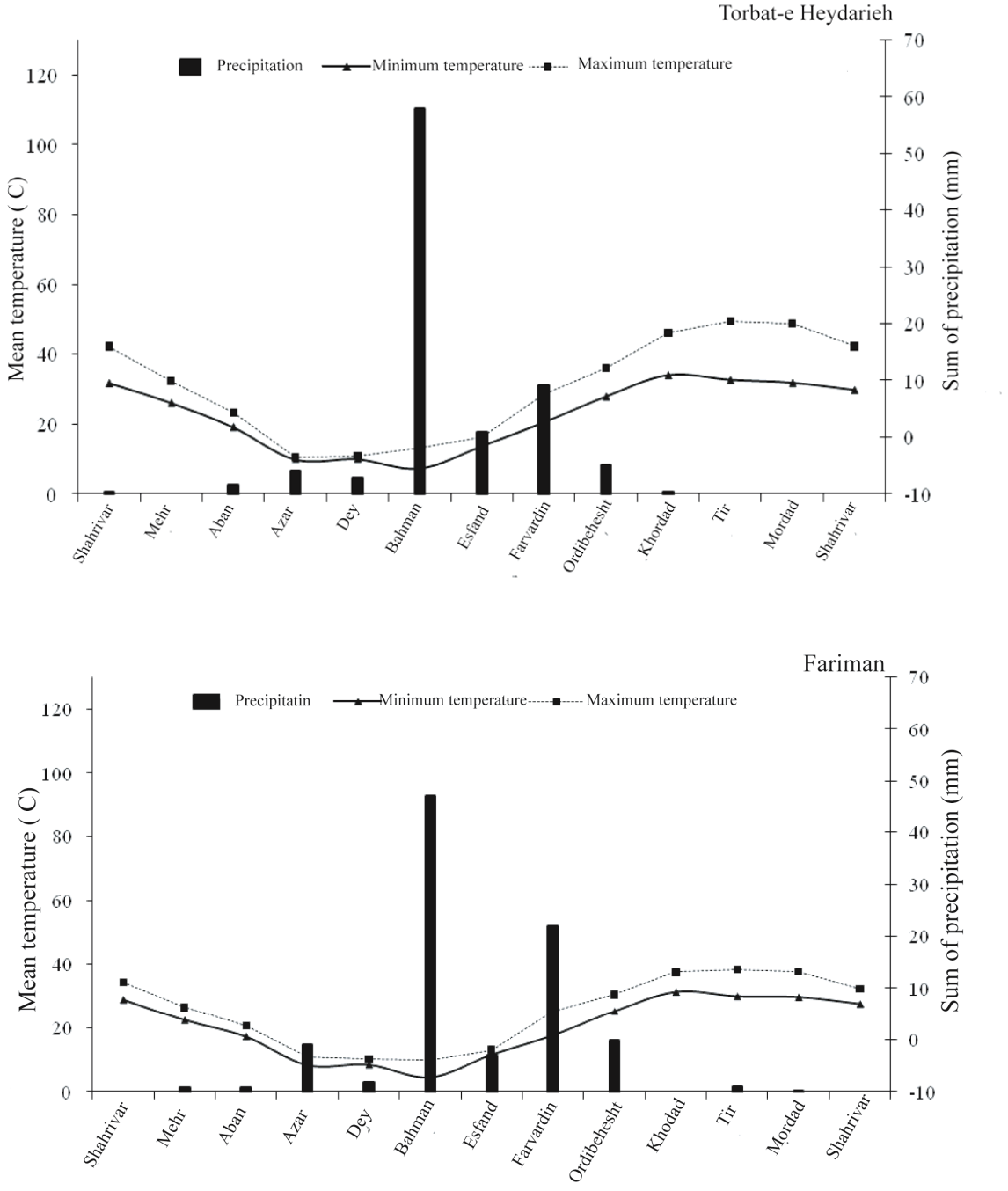
دو منطقه جلگه‌رخ (مزرعه رزاقی و خزاعی) و فریمان (مزرعه مهدوی و شریعتی) و دو رقم سیب‌زمینی (آگریا و فونتانه) به‌عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند.

داده‌های مورد نیاز برای مطالعه با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی جمع‌آوری شد. برای تحلیل نوع مدیریت مزرعه، اطلاعات مربوط به فعالیت‌های زراعی از قبیل آماده‌سازی زمین، بذر مصرفی، آب آبیاری، کودها، سموم شیمیایی مصرفی، نیروی انسانی و غیره در سیستم‌های تولید سیب‌زمینی از طریق مصاحبه‌های رودرو با کشاورزان و بر طبق پرسشنامه‌ها ثبت گردید.پس از انتخاب مزارع قطعاتی به مساحت یک هکتار (به‌منظور اطمینان از نمونه کافی و هم‌چنین نزدیک بودن به شرایط مزرعه) انتخاب شد؛ به‌طوری‌که این قطعات از نظر خصوصیات مختلف یکنواخت بودند.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت در مناطق جلگه رخ و فریمان

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil before planting in Jolgeh Rokh and Fariman regions

منطقه جلگه‌رخ Jolgeh- Rokh region					
اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل‌دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل‌دسترس Available K (ppm)	بافت Texture
7.46	2.97	462	79.8	459.4	لوم رسی Clay loam
منطقه فریمان Fariman region					
اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)	بافت Texture
7.8	2.76	483	26.8	284.5	لوم Loam

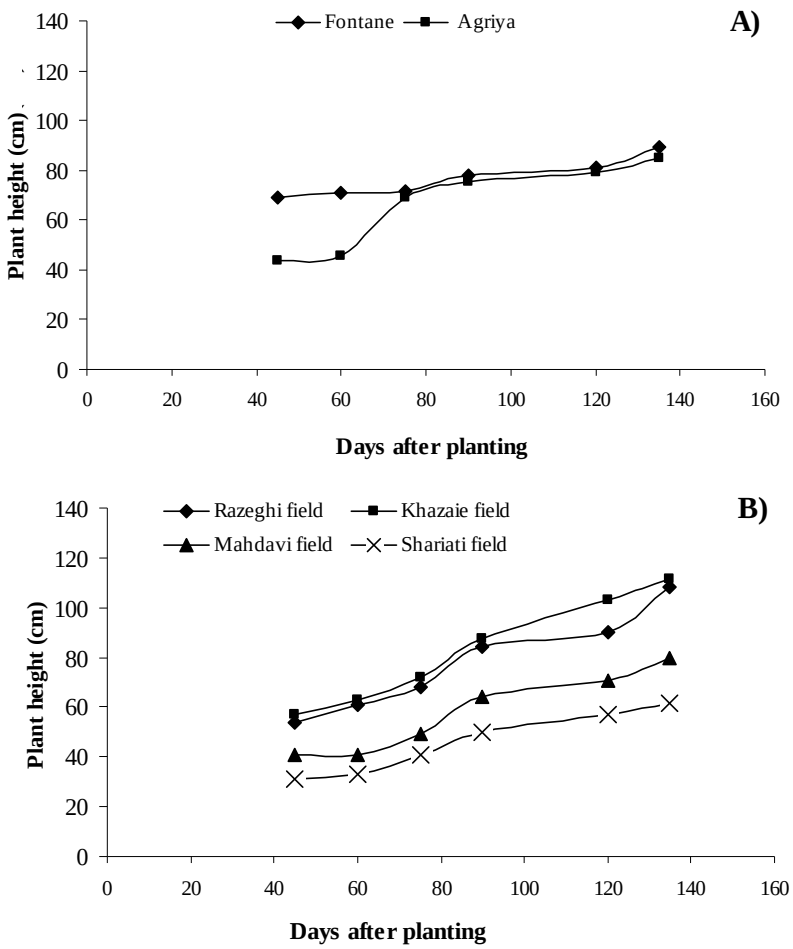


شکل 1- میانگین درجه حرارت حداکثر و حداقل و مجموع بارندگی ماهیانه طی دوره کاشت تا رسیدگی سیب‌زمینی در شرایط آب‌وهوایی تربت حیدریه و فریمان

Fig. 1- Maximum and minimum temperatures during the growing season of potato in Torbat Heydariye and Fariman weather condition

در طی فصل رشد هر دو هفته یکبار از هر مزرعه تعداد سه بوته از سطح نیم مترمربع زمین برداشت و وزن خشک اندام‌های هوایی،

وزن خشک، و وزن تازه غده و سطح برگ و هم‌چنین ارتفاع ساقه اصلی در آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سطح برگ گیاه توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Delta-T) تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک، برگ‌ها از ساقه هر نمونه جدا شده و درون پاکت‌های کاغذی گذاشته شدند. سپس به‌مدت 48 ساعت در درون آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از آن وزن خشک هر نمونه با استفاده از ترازو (دقت 0/01 گرم) تعیین شد.



شکل 2- تغییرات ارتفاع ساقه اصلی سیب‌زمینی طی روزهای پس از کاشت تحت تأثیر (الف) ارقام و (ب) مناطق مختلف کاشت
Fig. 2- Trend of plant height of potato during days after planting affected as different (A) cultivars and (B) regions

به‌منظور محاسبه سرعت رشد محصول (CGR)[1] و سرعت رشد نسبی (RGR)[2] در طول فصل رشد به‌ترتیب از معادلات 1 و 2 استفاده شد (Sarmadnia & Koocheki, 2003).

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \qquad \text{معادله (1)}$$

$$RGR = \frac{CGR}{DM} \qquad \text{معادله (2)}$$

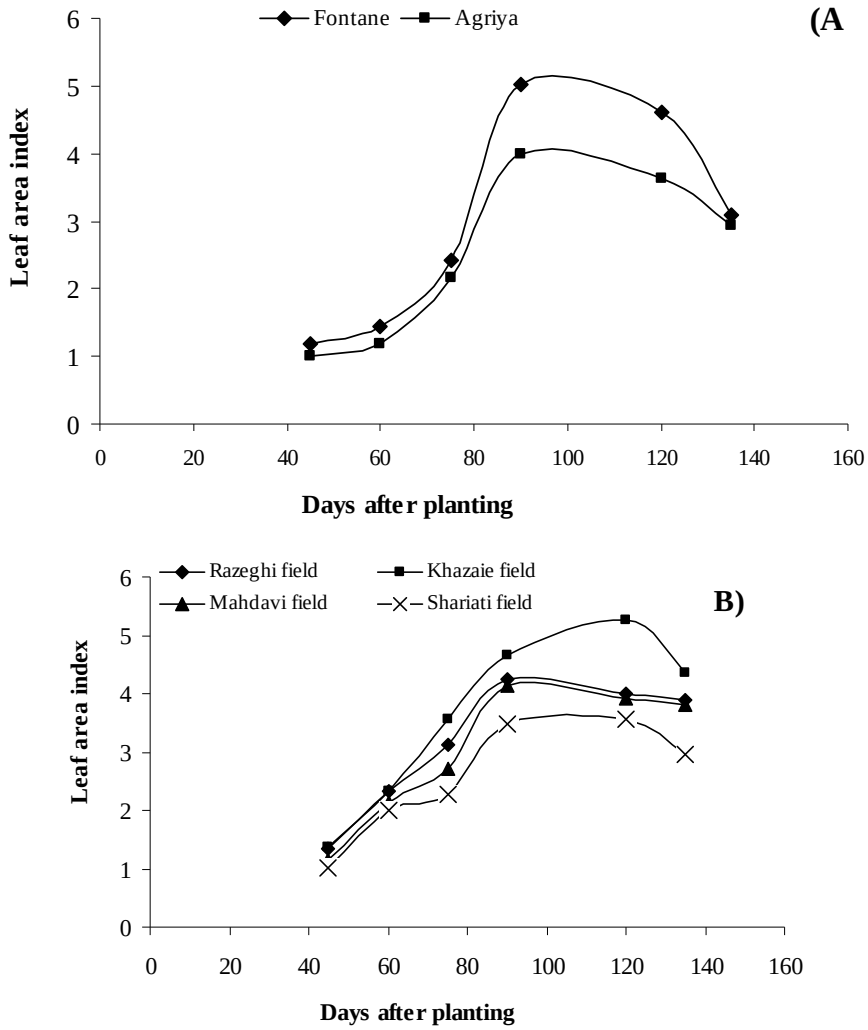
در این معادلات، t_1: زمان نمونه‌برداری اول (روز)، t_2: زمان نمونه‌برداری دوم (روز)، W_1: وزن خشک گیاه در زمان نمونه‌برداری اول (گرم در مترمربع)، W_2: وزن خشک گیاه در نمونه‌برداری دوم (گرم در

1- Crop growth rate
2- Relative growth rate

مترمربع) و DM: تجمع ماده خشک می‌باشد. سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی به‌ترتیب بر اساس گرم بر مترمربع و گرم بر مترمربع در روز محاسبه و تعیین شدند. روش آنالیز داده‌ها ذکر شود.

ارتفاع ساقه اصلی: روند تغییرات ارتفاع ساقه اصلی ارقام آگریا و فونتانه در پاسخ به کشت در منطقه جلگه رخ (مزرعه‌های خزاعی و رازقی) و فریمان (مزرعه‌های مهدوی و شریعتی) در طول فصل رشد در شکل 2- الف و ب نشان داده شده است.

نتایج و بحث



شکل 3- روند تغییرات شاخص سطح برگ سیب‌زمینی تحت تأثیر (الف) ارقام و (ب) مناطق مختلف کاشت
Fig. 3- Variation in trend of leaf area index of potato affected as different (A) cultivars and (B) regions

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در 135 روز پس از سبز شدن رقم فونتانه با 89/37 سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد و برتری 10 درصدی نسبت به رقم آگریا داشت (شکل 3). هم‌چنین مزرعه خزایی با 111/58 سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع بوته سیب‌زمینی را دارا بود و برتری 10 ، 29 و 45 درصدی به‌ترتیب نسب به مزارع رازقی، مهدوی و شریعتی داشت (شکل 3 ب). در این رابطه زلالم و همکاران (Zelalem et al., 2009) اذعان داشتند که ارتفاع بوته سیب‌زمینی بیش‌تر تحت تأثیر ویژگی‌های رقم می‌باشد و کم‌تر

تحت تأثیر مدیریت تغذیه‌ای می‌گیرد.

شاخص سطح برگ (LAI): همان‌گونه که در شکل 3 مشاهده می‌شود، نتایج این آزمایش نشان‌دهنده روندی نسبتاً مشابه برای تمامی ارقام در مناطق مختلف کاشت در طول فصل رشد بود؛ به‌طوری‌که در ابتدای دوره رشد با گذشت زمان شاخص سطح‌برگ سیب‌زمینی به‌کندی افزایش یافت و پس از گذشت مرحله تأخیری روندی خطی پیدا کرد. در مراحل رسیدگی فیزیولوژیک (90 روز پس از سبز شدن) به حداکثر مقدار خود رسیده و پس از آن به‌دلیل پیری و ریزش برگ‌ها روند نزولی در پیش گرفت. هم‌چنین بیش‌ترین شاخص سطح برگ در 90 روز پس از سبز شدن در رقم فونتانه با 5/02 مشاهده شد (شکل 3- الف). بیش‌ترین شاخص سطح برگ (4/64) در جلگه رخ به مزرعه خزاعی و در فریمان (4/14) به مزرعه مهدوی اختصاص داشت (شکل 3- ب).

از آنجا که شاخص سطح برگ بیانگر میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط پوشش گیاهی بوده و سطح زیر منحنی LAI بیانگر دوام و ماندگاری سطح برگ و نهایتاً نشان‌دهنده مدت زمان فتوسنتز برای گیاه می‌باشد (Ebwongu, 2001)، به نظر می‌رسد در منطقه فریمان در مقایسه با جلگه رخ به‌سبب پایین‌تر بودن درجه حرارت، سرعت رشد تحت تأثیر جذب کم‌تر تشعشع پایین بوده و در نهایت باعث شده حداکثر شاخص سطح برگ دیرتر مشاهده گردد (شکل 1). این نتایج با یافته‌های تعدادی از محققان (Gremew et al., 2007; Kawakami et al., 2004) هم‌خوانی دارد؛ به‌طوری‌که این بررسی‌ها نشان داده است که فاکتورهای مؤثر در رشد و عملکرد گیاه شامل ساقه، سطح برگ و غده، همبستگی مثبت با خصوصیات رشدی ارقام سیب‌زمینی دارد. در مطالعه‌ای توسط رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2012) نیز گزارش گردید که شاخص سطح برگ سیب‌زمینی تحت تأثیر ارقام مختلف قرار گرفت؛ به‌طوری‌که در بین ارقام مورد بررسی، میلوا، بورن و فونتانه قبل از دوره گل‌دهی بالاترین مقدار شاخص سطح برگ را نسبت به رقم گرانولا و آگریا داشتند.

روند تغییرات ماده خشک (DM)

ماده خشک برگ: بررسی روند تغییرات درصد ماده خشک برگ در ارقام مختلف سیب‌زمینی در دو منطقه جلگه رخ و فریمان نشان داد که روند تغییرات ماده خشک برگ در ابتدای دوره رشد به‌صورت افزایشی بود. در 90 روز پس از رشد به حداکثر میزان خود رسید و بعد از آن با زرد شدن و ریزش برگ‌ها سیر نزولی برای این شاخص مشاهده شد (شکل 4- الف و ب). بیش‌ترین مقدار تجمع ماده خشک برگ 90 روز پس از کاشت برای رقم فونتانه با 66/92 گرم در مترمربع به‌دست آمد که نسبت به رقم آگریا 7 درصد بالاتر بود (شکل 4- الف). هم‌چنین ماده خشک برگ در مزرعه خزاعی و رازقی به‌ترتیب با 70/33 و 59/17 گرم در مترمربع (جلگه رخ) 18 و 5 درصد نسبت به مزرعه مهدوی و 39 و 27 درصد نسبت به مزرعه شریعتی (فریمان) بیش‌تر بود (شکل 4- ب).

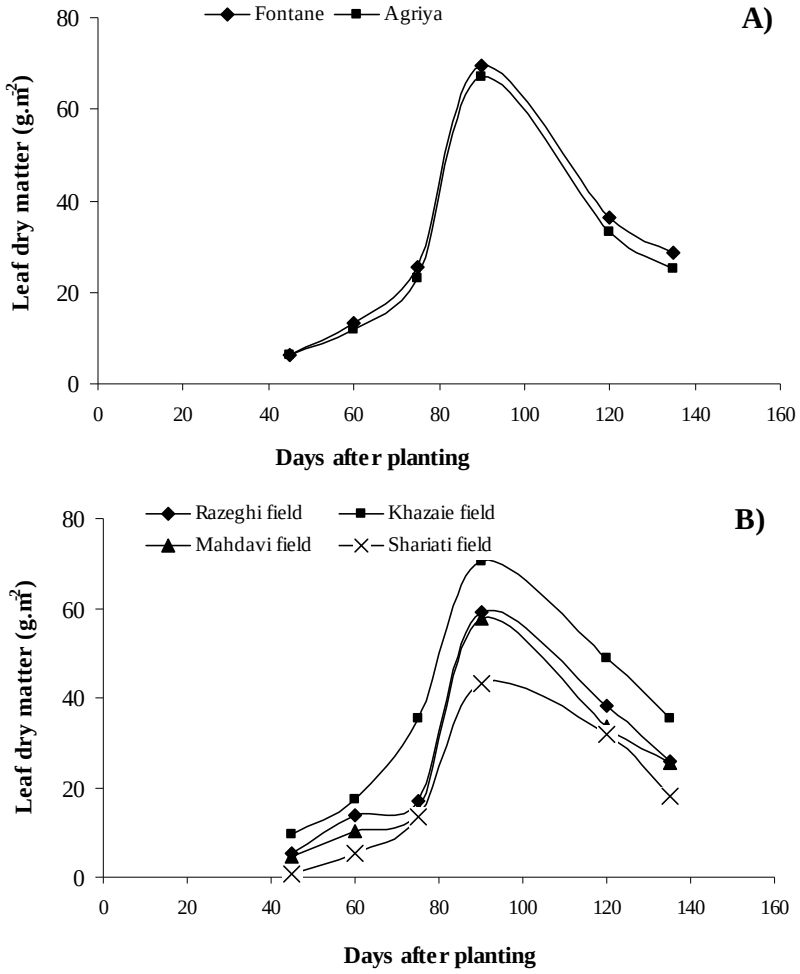
نزولی بودن روند تغییرات درصد ماده خشک برگ در اواخر دوره رشد به‌دلیل کاهش رشد رویشی گیاه و غده و تجمع بیش‌تر مواد غذایی در غده‌ها می‌باشد. موربی (Moorby, 2005) رشد غده را عامل اصلی کنترل‌کننده فتوسنتز در سیب‌زمینی دانست و اظهار داشت که تغییر در رشد غده باعث تغییر در ماده خشک تولید شده در گیاه می‌گردد. ریکبوست و مکسول (Rykbost & Maxwell, 2003) نیز عنوان داشتند که مقدار تولید آسیمیلات‌ها به تعداد غده‌های در حال رشد ارتباط داشت و مقدار فعالیت فتوسنتزی تحت کنترل اندازه مخزن می‌باشد.

روند تغییرات ماده خشک ساقه: چنان‌که انتظار می‌رفت، بیش‌ترین میزان تجمع ماده خشک ساقه ارقام سیب‌زمینی تحت تأثیر مناطق مختلف کشت در طی فصل رشد در شرایطی به‌دست آمد که حائز شاخص سطح برگ بالاتر (شکل 3- الف و ب) و در نتیجه پتانسیل بالاتری برای تولید و تجمع ماده خشک بودند. در اوایل دوره رشد، مقدار و سرعت تجمع ماده خشک نسبتاً کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش شاخص سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافت، به‌طوری‌که شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیش‌تری گرفت و بعد از آن به دلایلی هم‌چون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌ها، ریزش برگ‌های پایینی، انتقال مجدد[1] کربوهیدرات‌های ذخیره شده، افزایش بافت‌های ساختمانی غیرفتوسنتزی و افزایش تنفس گیاه (Ranjbar et al., 2012; Rykbost & Maxwell, 2003) شیب میزان تجمع ماده خشک کم و سپس روند نزولی در پیش گرفت (شکل 5- الف و ب). هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین تجمع ماده خشک ساقه در 90 روز پس از سبز شدن به‌ترتیب در ارقام فونتانه و آگریا با 2/57 و 2/06 گرم در مترمربع مشاهده شد (شکل 5- الف).

1- Remobilization

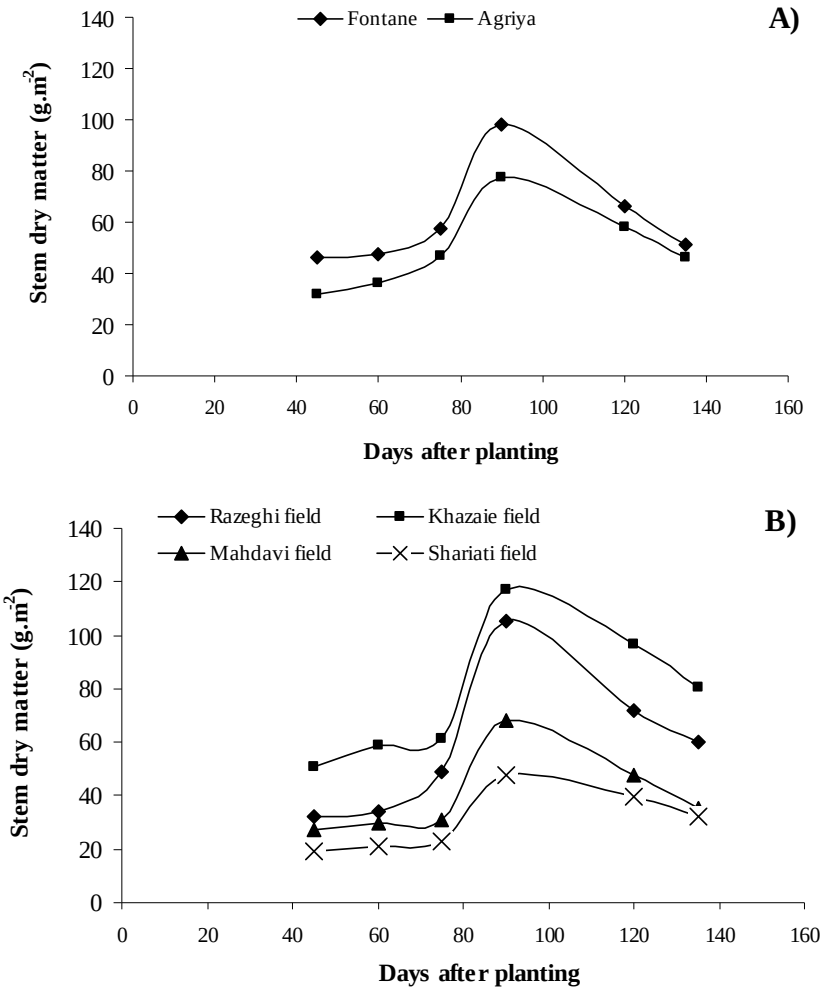
تغییرات ماده خشک ساقه در مناطق مختلف روندی مشابه تغییرات ماده خشک برگ داشت، به‌طوری‌که بالاترین تجمع ماده خشک ساقه در 90 روز پس از سبز شدن با 116/98 گرم در مترمربع به مزرعه خزاعی اختصاص داشت و به‌ترتیب 10، 42 و 59 درصد نسبت به مزارع رازقی، مهدوی و شریعتی بالاتر بود (شکل 5- ب).

طبق تحقیقات انجام‌شده میزان تجمع ماده خشک، مقیاسی مناسب از میزان رشد رویشی گیاهان بوده که به‌طور مستقیم با درصد تابش خورشیدی جذب شده توسط پوشش گیاهی مرتبط است (Hosseinpanahi et al., 2010)، بنابراین، با توجه به شرایط اقلیمی مناسب‌تر جلگه رخ اعم از بارندگی و درجه حرارت، این افزایش عملکرد در مزارع خزایی و رازقی قابل‌توجیه می‌باشد. سیادت و همکاران (Siadat et al., 2009) در بررسی روند تغییرات کل ماده خشک در ارقام مختلف سیب‌زمینی دریافتند که در مراحل ابتدایی، کل ماده خشک بوته با شیب بسیار کند افزایش یافت و حدود 60 روز پس از کاشت رشد سریع آن آغاز گردید و پس از 120 روز حالت نزولی به خود گرفت. نتایج مشابهی توسط پیتر و همکاران (Peter et al., 2000) نیز گزارش گردید.



شکل 4- روند تغییرات ماده خشک برگ سیب‌زمینی تحت تأثیر (الف) ارقام و (ب) مناطق مختلف کاشت

Fig. 4- Variation in trend of leaf dry matter of potato affected as different (A) cultivars and (B) regions

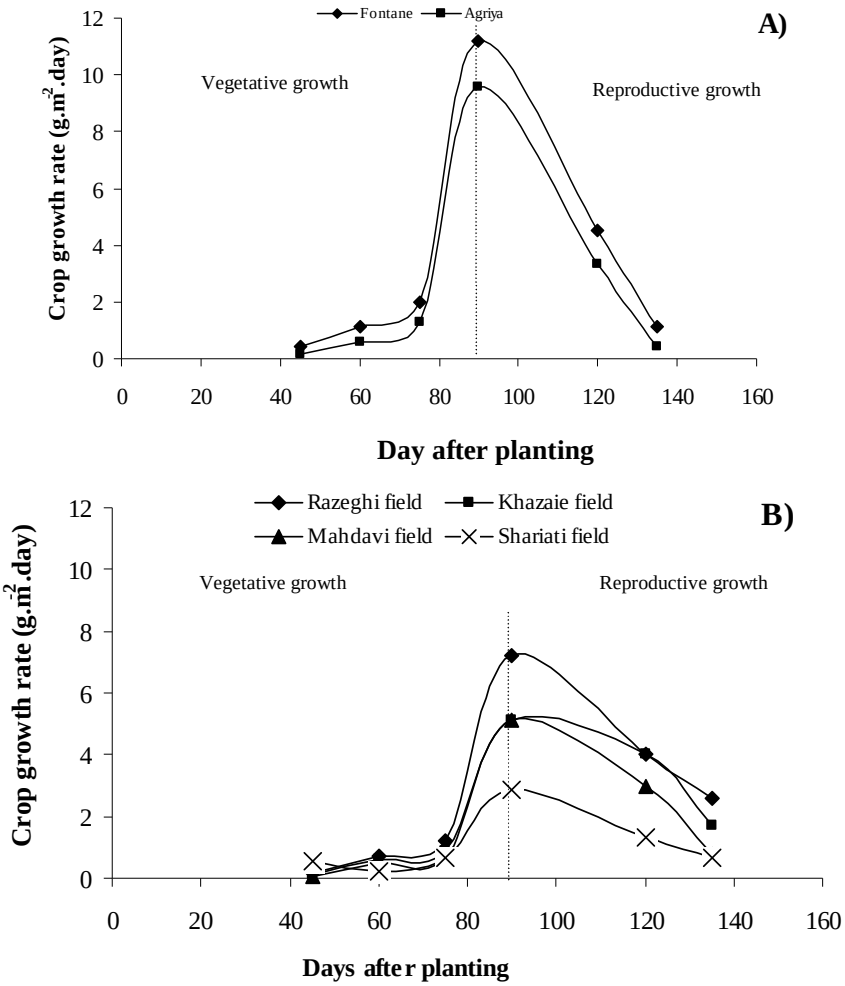


شکل 5- روند تغییرات ماده خشک ساقه گیاه تحت تأثیر (الف) ارقام و (ب) مناطق مختلف کاشت

Fig. 5- Variation in trend of steam dry matter of potato affected as different (A) cultivars and (B) regions

سرعت رشد محصول (CGR): سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. در ابتدای فصل رشد به دلایلی همچون کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب تابش، کوتاه بودن طول روز و دمای پایین هوا، سرعت رشد محصول نیز پایین بوده و پس از مدتی به‌دلیل توسعه سطح برگ گیاه، افزایش رشد ریشه‌ها و در نتیجه امکان فتوسنتز بیش‌تر، سرعت رشد محصول شدت یافت و در اواسط دوره رشد به حداکثر میزان خود رسید (Ranjbar et al., 2012). پس از این مرحله، سرعت رشد محصول دچار کاهش شدیدی گردید و این روند تا پایان دوره رشدی گیاه نیز ادامه یافت. روند حاضر به‌دلیل افزایش تدریجی جذب تشعشع خورشیدی، هم‌زمان با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل فصل رشد و نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد و با گذشت زمان، پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوسنتز خالص، سرعت رشد محصول کاهش‌یافته است. روند افزایش CGR، در تمام تیمارها تا 90 روز پس از کاشت، افزایش و سپس با نزدیک شدن به مراحل رسیدگی و پر شدن غده‌ها و اختصاص مواد فتوسنتزی به غده‌ها و زرد شدن اندام‌های فتوسنتزی کاهش یافت (شکل 6- الف و ب). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان CGR سیب‌زمینی در 90 روز پس از سبز شدن به‌ترتیب در رقم فونتانه و آگریا به‌ترتیب با 11/17و 9/6 گرم بر

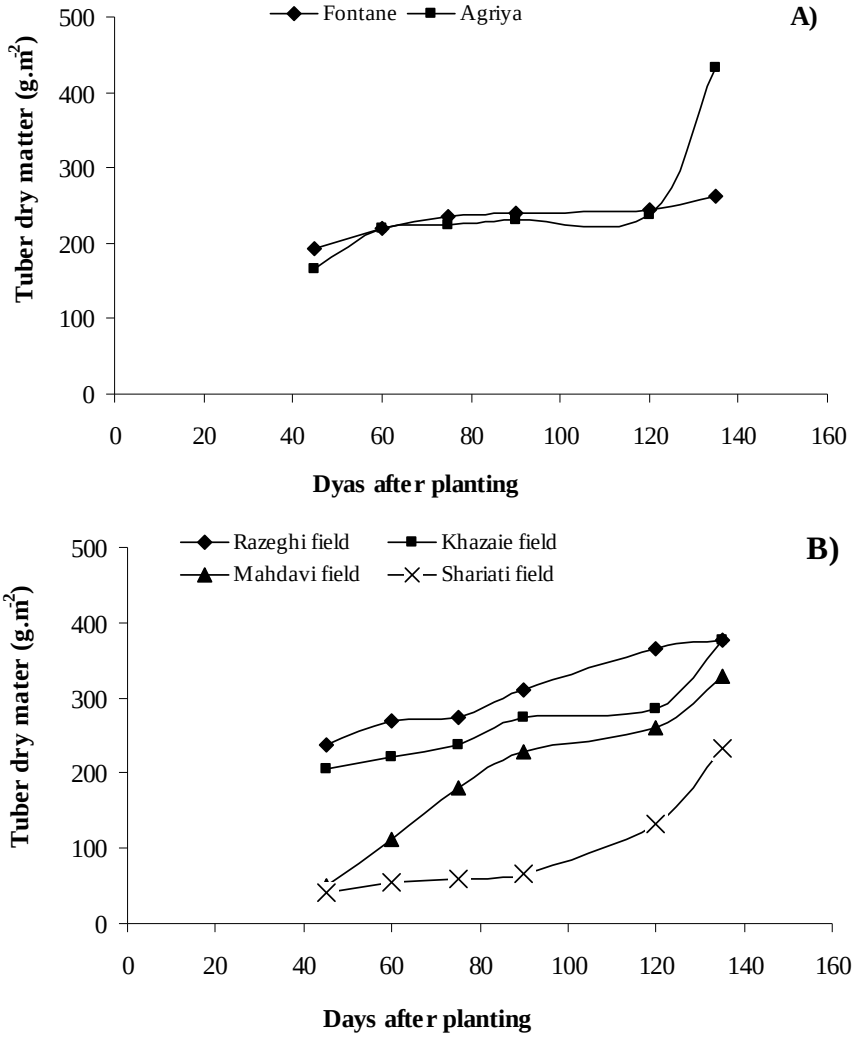
مترمربع در روز مشاهده شد (شکل 6- الف). چنین به نظر می‌رسد که بالاتر بودن سرعت رشد در رقم فونتانه احتمالاً به‌علت بالاتر بودن شاخص سطح برگ (شکل 3- الف) و متعاقب آن بالا بودن وزن خشک برگ و ساقه (شکل‌های 4- الف و 5- الف) در مقایسه با رقم آگریا می‌باشد.



شکل 6- روند تغییرات سرعت رشد محصول سیب‌زمینی تحت تأثیر (الف) ارقام و (ب) مناطق مختلف کاشت
Fig. 6- Variation in trend of crop growth rate of potato affected as different (A) cultivars and (B) regions

در بین مزارع مورد مقایسه، بیش‌ترین سرعت رشد محصول با 7/19 گرم در مترمربع در روز مربوط به مزرعه خزاعی بود (شکل 6- ب). مزرعه شریعتی نیز به‌علت داشتن کم‌ترین ماده خشک برگ و ساقه (شکل‌های 4- ب و 5- ب) و کم‌ترین شاخص سطح برگ (شکل 3- ب) با 2/83 گرم در مترمربع در روز کم‌ترین سرعت رشد محصول را به خود اختصاص داد (شکل 6- ب). هم‌چنین سرعت رشد محصول در مزرعه خزاعی نسبت به مزرعه رازقی و مهدوی به‌ترتیب 28 و 30 درصد بالاتر بود که این امر می‌تواند بیانگر برتری فتوسنتزی و ذخیره‌سازی بیش‌تر مواد فتوسنتزی در ارقام موجود در این منطقه باشد. میدمور (Midmore, 2009) نشان دادند که سرعت رشد محصول بیش‌تر به‌ازاء هر واحد تشعشع جذب‌شده در کانوپی سیب‌زمینی تحت تأثیر ارقام مختلف، متفاوت می‌باشد و همین مسئله باعث ایجاد تفاوت در سرعت رشد محصول و کارایی تبدیل گیاه می‌شود.

روند تغییرات ماده خشک غـده: در شـکل 7- الـف رونـد تغییرات ماده خشک غـده در طـول فصـل رشـد در ارقـام و منـاطق مختلف کشت نشان داده شده است.



شکل 7- روند تغییرات ماده خشک غده سیب‌زمینی تحت تأثیر (الف) ارقام و (ب) مناطق مختلف کاشت

Fig. 7- Variation in trend of tuber dry matter of potato affected as different (A) cultivars and (B) regions

آغاز رشد غده به‌عنوان مخزن برابر با کاهش رشد سایر اندام‌های گیاهی می‌باشد. با افزایش سطح برگ که اندام‌های اصلی دریافت نور می‌باشند، میزان جذب تشعشع و فتوسنتز بیش‌تر می‌شود (Deblonde et al., 2004). شاخص سطح برگ همبستگی خوبی با عملکرد دارد و از آنجا که رقم فونتانه از سطح برگ بالاتری برخوردار بود (شکل 3- الف) در نتیجه با دریافت انـرژی خورشـیدی بـیش‌تـر مـاده خشـک بالاتری را هم تولید نمود (شکل‌های 4- الف و 5- الف) لذا عملکـرد بیش‌تری را نیز به خود اختصاص داد؛ به‌طوری‌که نتایج نشان داد که روند تغییرات برای هر دو رقم آگریا و فونتانه تا مراحـل پایـانی دوره رشد به حالت افزایشی بود (شکل 7- الف) و رقم فونتانه بـا 439/79 گرم در مترمربع عملکرد 40 درصدی بالاتری نسبت بـه رقـم آگریـا داشـت. در همـین راسـتا روسـنتال و همکـاران (Rosental et al., 2004) نیـز بیـان کردنـد کـه عـلاوه بـر شـرایط اقلیمـی و خـاکی خصوصیات ژنتیکی گیاه سیب‌زمینی نظیر تفاوت بین ارقام، عملکـرد

(غده تولیدی) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همبستگی مثبت بین عملکرد غده با دوام سطح برگ، تعداد برگ‌ها و شاخص سطح برگ سیب‌زمینی نیز توسط زراست و گپل (Zrust & Geple, 2002) نیز گزارش شده است.

همان‌گونه که در شکل 7- ب ملاحظه می‌گردد، مزرعه خزاعی با 376/67 گرم در مترمربع بیش‌ترین و مزرعه شریعتی با 232/16 گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد غده سیب‌زمینی را داشتند. به بیان دیگر، مزرعه خزاعی از مزرعه رازقی پنج درصد و از مزرعه مهدوی 39 درصد عملکرد غده بالاتری داشت (شکل 7- ب). همان‌گونه که در شکل 7- ب) ملاحظه می‌گردد مزرعه خزاعی با 376/67 گرم در مترمربع بیش‌ترین و مزرعه شریعتی با 232/16 گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد غده سیب‌زمینی را داشتند. به بیان دیگر، مزرعه خزاعی از مزرعه رازقی پنج درصد و از مزرعه مهدوی 39 درصد عملکرد غده بالاتری داشت (شکل 7- ب).

نتایج مطالعه سایر محققان نیز نشان می‌دهد که عوامل محیطی و عملیات مدیریتی نظیر ارقام مختلف کاشت برای هر منطقه، حاصل‌خیزی خاک و غیره نقش ویژه‌ای در مقدار جذب نور و فتوسنتز ایفاء می‌کند که در نهایت، عملکرد غده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ceotto & Castelli, 2002; Akmal & Janssen, 2004; Rosental et al., 2004). در همین راستا، حسین پناهی و همکاران (Hosseinpanahi et al., 2010) نیز گزارش کردند که در دماهای بالای 20 درجه سانتی‌گراد، افزایش هر درجه سانتی‌گراد دما کارایی مصرف عناصر و کارایی مصرف نور کاهش می‌یابد. بنابراین، با توجه تفاوت دمای مناطق مورد بررسی می‌توان این تفاوت در مزارع را توجیه نمود.

روند تغییرات سرعت رشد غده: یکی از شاخص‌های رشد که تنها برای گیاهان غده‌ای مثل سیب‌زمینی قابل محاسبه می‌باشد، سرعت رشد غده نشان‌دهنده تجمع ماده خشک غده در واحد زمان و سطح زمین می‌باشد. روند تغییرات سرعت رشد غده از شروع غده‌زایی (45 روز پس از کاشت سیب‌زمینی) آغاز شد. ارقام و مناطق مختلف کشت از نظر سرعت رشد غده اختلاف قابل توجهی داشتند (شکل 8- الف و ب). از شروع غده‌زایی تا 75 روز پس از کاشت سرعت رشد غده روند افزایشی داشت پس از آن از مقدار آن کاسته شد و بعد از 120 روز روند مجدداً حالت افزایشی به خود گرفت. سرعت رشد غده در 135 روز پس از کاشت به حداکثر میزان خود رسید، به‌طوری‌که برای رقم فونتانه 7/54 گرم درمترمربع در روز و برای رقم اگریا 1/6 گرم در مترمربع در روز بود (شکل 8- الف). به‌نظر می‌رسد هنگامی که رشد رویشی کاهش می‌یابد و غده‌ها شروع به پر شدن می‌کنند، پس از گذشت مدتی که می‌تواند به‌دلیل کاهش حاصلخیزی خاک باشد (Rodríguez et al., 2010)، سرعت رشد غده سیب‌زمینی کاهش می یابد که این نتایج با نتایج تحقیق سیادت و همکاران (Siadat et al., 2009) هم‌خوانی دارد. این محققان، در بررسی سرعت رشد غده سیب‌زمینی در ارقام و تراکم‌های مختلف کاشت بیان کردند که سرعت رشد غده از ابتدای دوره تا حدود 90 روز پس از کاشت در تمامی ارقام حالت افزایشی داشت و پس از آن از مقدار آن کاسته شد و بعد از 125 روز روند مجدداً حالت افزایشی به خود گرفت. روند افزایشی بعد از 125 روز را به انتقال مجدد مواد غذایی ذخیره‌شده در سایر اندام‌ها مرتبط دانستند. در خصوص ارتباط عملکرد غده و سرعت رشد غده نیز اظهار داشتند که افزایش عملکرد با افزایش سرعت رشد غده و تداوم مرحله خطی رابطه مستقیم داشت. آیریتانی و همکاران (Iritani et al., 2003) نیز گزارش نمودند که افزایش طول دوره خطی رشد غده باعث افزایش تجمع مواد درون غده‌ها و در نتیجه باعث افزایش عملکرد غده می‌گردد.

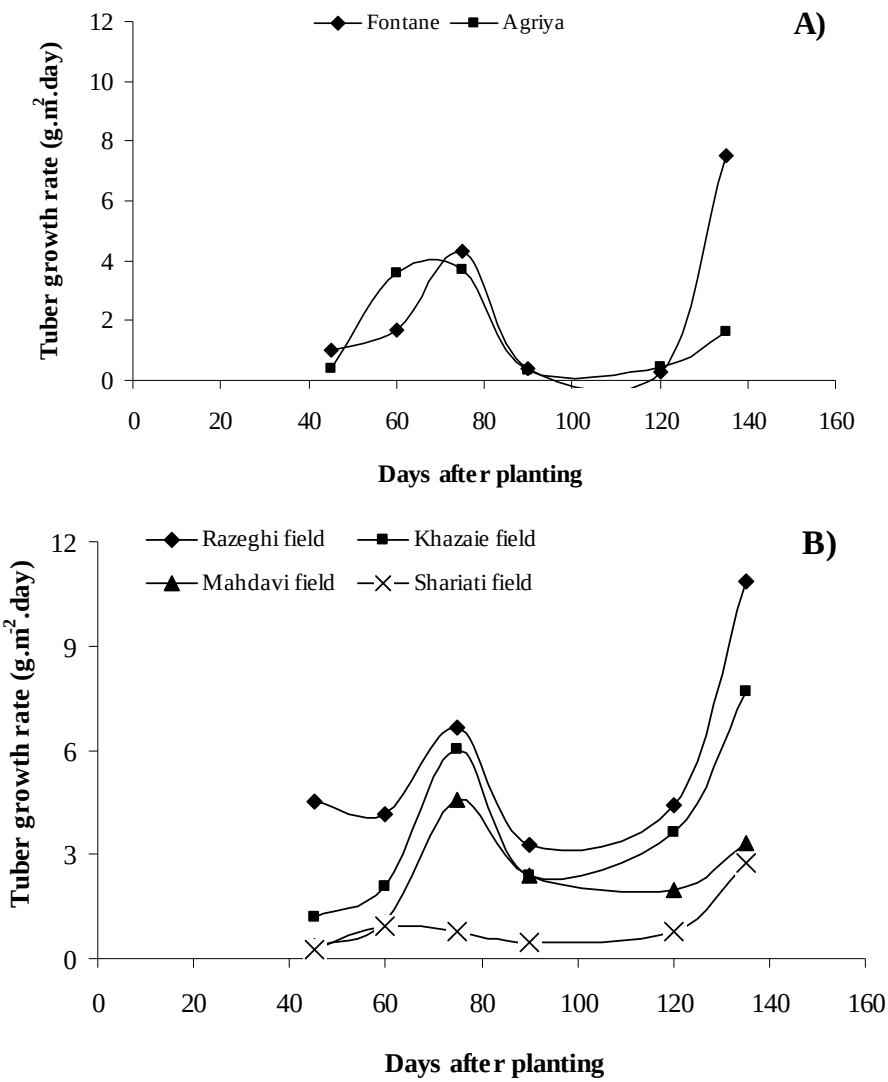
حداکثر سرعت رشد غده در مزرعه خزاعی با 10/87 گرم در مترمربع در روز نسبت به مزارع رازقی، مهدوی و شریعتی به‌ترتیب 29، 69 و 75 درصد بالاتر بود (شکل 8- ب).

مقایسات آماری داده‌های مزارع و ارقام مختلف: در شکل 9 -الف و ب، مقایسات آماری بین برخی از داده های مزارع و ارقام مختلف نشان داده شده است. همانطور که در شکل 9- الف نشان داده شده رقم آگریا از نظر وزن غده بر رقم فونتانه برتری داشته است، اما تفاوت بین این دو رقم در مزارع مورد مطالعه یکسان نبود. به عنوان مثال، در مزرعه مهدوی میانگین وزن غده در بوته در رقم آگریا نسبتاً بالاتر از رقم فونتانه بود. این واکنش در مزرعه شریعتی نیز مشاهده شد، چرا که دو مزرعه مهدوی و شریعتی در منطقه فریمان واقع شده بود و از نظر آب و هوا و ویژگی‌های اقلیمی مشابه بودند. در مقابل در مزارع رزاقی و خزاعی واقع در منطقه جلگه‌رخ، بین دو رقم از نظر وزن غده در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و دو رقم از نظر وزن غده تقریباً مشابه بودند. همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل مزارع × رقم نشان داد که در مجموع ماده خشک غده رقم آگریا بالاتر از رقم فونتانه بوده است و پایین‌ترین میزان ماده خشک در رقم

فونتانه و در مزرعه شریعتی (منطقه فریمان) مشاهده شد (شکل 9-ب) تفاوت موجود در مزارع مختلف یک منطقه که از نظر اقلیمی مشابه هستند می‌تواند نشانگر تفاوت در روش‌های مدیریتی کشاورزان باشد.

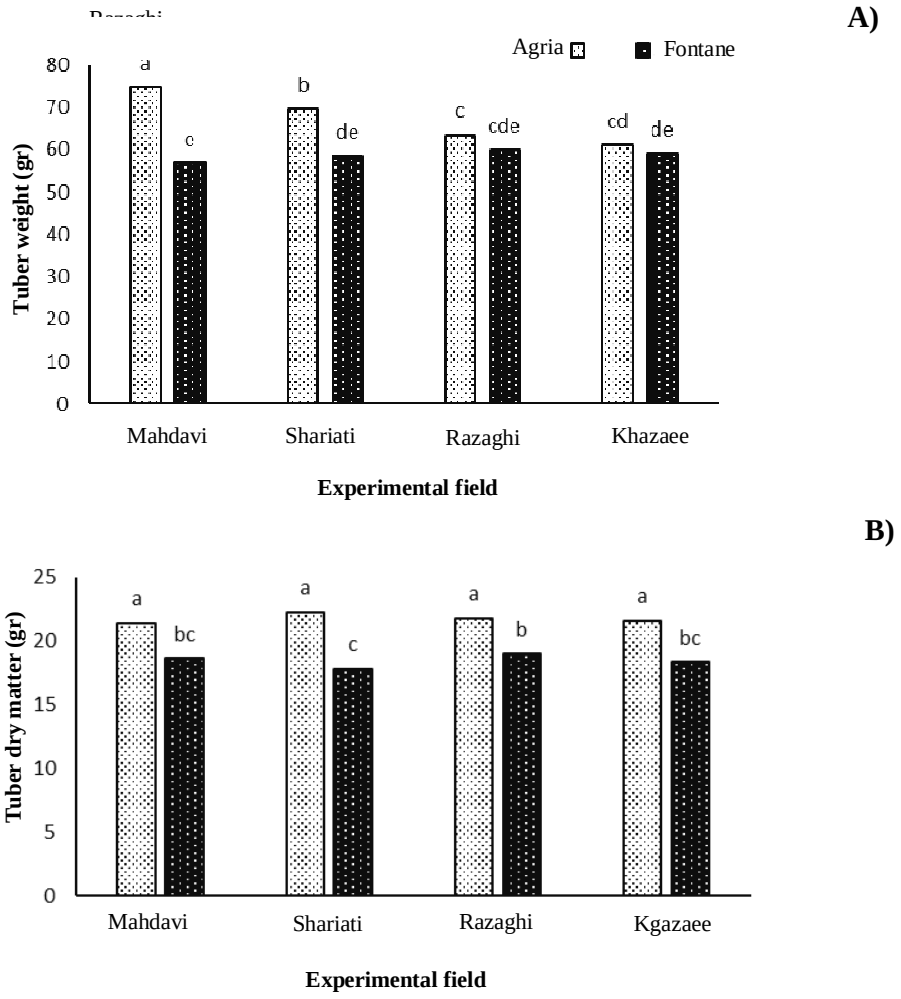
نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت و نیاز کشور به شناسایی و معرفی ارقام پرمحصول و سازگار به شرایط آب‌وهوای هر منطقه، لازم است رقم-های مختلف سیب‌زمینی در مناطق مختلف کشت و به‌ویژه استان خراسان رضوی به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید این محصول مهم از نظر تغذیه‌ای در کشور از نظر خصوصیات کمّی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفته و ارقام سازگار با شرایط آب‌وهوایی منطقه و دارای عملکرد بالا معرفی شود.



شکل 8- روند تغییرات سرعت رشد غده سیب‌زمینی تحت تأثیر (الف) ارقام و (ب) مناطق مختلف کاشت

Fig. 8- Variation in trend of tuber growth rate of potato affected as different (A) cultivars and (B) regions



شکل 9- مقایسه میانگین (الف) اثر متقابل مزارع × رقم بر وزن غده در بوته و (ب) اثر متقابل مزرعه × رقم بر ماده خشک غده

Fig. 9- Comparison of mean (A) Interaction of plant-cultivar on tuber weight per plant and (B) Interaction of plant-cultivar on tuber dry matter

با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که نقش پارامترهای فیزیولوژیک مختلف در تعیین عملکرد در ارقام با خصوصیات رشدی مختلف، به‌طور ویژه‌ای متفاوت است؛ به‌طوری‌که که رقم فونتانه در منطقه جلگه رخ در استان خراسان رضوی نسبت به‌رقم آگریا از نظر عملکرد کل، سرعت رشد محصول، وزن غده در بوته و سرعت رشد غده برتری داشته و به‌عبارتی، به شرایط آب‌وهوایی منطقه مورد کاشت سازگاری بهتری دارد، لذا جهت کشت در این منطقه توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت مالی در چاپ مقاله که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه زابل به شماره 2371/ 10/96/پ تأمین شده، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Ahmed, I., Hassain, A., Abdur, A., and Ali, N. 2000. Yield dynamic in potation relation to variety and row spacing Pakistan Journal of Biological Sciences 8(1): 1247-1249.
2. Akmal, M., and Janssens, M.J.J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research 88:143-155.
3. Beremner, P.M., and Tabe, M.A. 1966. Studies in potato agronomy. I. The effect of variety, seed size, and spacing on growth, development and yield. Journal of Agricultural Science, Cambridge 66: 241-252.
4. Borego, F.M., Fernandez, A., Iopez, V., Murillo, M., and Carvajal, A. 2000. Growth analysis in seven potato cultivars (*Solanum tuberosum*). Agronomia Mesoamerican 111: 145-149.
5. Caldiz, D.O. 2000. Analysis of seed and ware potato production systems and yield constraints in Argentina. PhD. Thesis, Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
6. Ceotto, E., and Castelli, F. 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): response to nitrogen supply, climatic variability and sink limitation. Field Crops Research 74: 117-130.
7. Dammer, K.H., Wollny, J., and Giebel, A. 2008. Estimation of the leaf area index in cereal crops for variable rate fungicide spraying. European Journal of Agronomy 28(3): 351-360.
8. Deblonde, P.M.K., and Ladent, J.F. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. European Journal of Agronomy 14: 31-41.
9. Deshi, K.E., Obasi, M.O., Odiaka, N.I., Kalu, B.A., and Ifenkwe, O.P. 2015. Leaf area indexvalues of potato (*Solanum tuberosum* L.) stored for different periods in different kinds of stores. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science 8(1): 9-19
10. Ebwongu, M., Adipala, E., Kyamanywa, S., Ssekabembe, C.K., and Bhagsari, A.S. 2001b. Effect of intercropping maize and solanum potato on yield of the component crops in central Uganda. African Crop Science Journal 9(1): 83-96.
11. Fabeiro, C., Martin de Santa, Olalla, F., and De Juan, J.A. 2001. Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agricultural Water Management 48: 255–266.
12. Gremew, B., Stey, J.M., and Annandal, J.G. 2007. Evolution of growth performance and dry matter partitioning of four processing potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 35: 385-393.
13. Gremew, E.B., Stey, J.M., and Annandal, J.G. 2007. Evolution of growth performance and dry matter partitioning of four processing potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 35: 385–393.
14. Hosseinpanahi, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L.)/ corn (*Zea mays* L.) intercropping. Journal of Agroecology 2(1): 45-54. (In Persian with English Summary)
15. Iranian Meteorological Organization. 1974. Handbook for Requirements and Constraints of Agricultural Meteorology for 15 main products in Iran (Quanta), Consulting Engineers in Collaboration with Romania Institute of Meteorology and Hydrology, Iran. (In Persian)
16. Iritani, W.M., Weller, L.D., and Knowles, N.R. 2003. Relationships between stem numbers, tubers set and yield of Russet Burbank potato. American Potato Journal 60: 423-431.
17. Jonckheere, I., Fleck, S., Nackerts, K., Muys, B., Coppin, P., and Baref, M. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination: theories, sensors and hemispheral photography. Agricultural and Forest Meteorology 121(1-2): 19-35.
18. Kawakami, J., Iwama, K., Jitsuyama, Y., and Zheng, X. 2004. Effect of cultivar maturity period on the growth and yield of potato plants grown from micro tubers and conventional seed tubers. American of Potato Research 81: 327-333.
19. Khodadadi, M., and Masiha, S. 1996. Effects of harvesting date and deshooting on some agronomic and physiological criteria of potato. Journal of Seedling and Seed Improvement 12(2): 10-18. (In Persian)
20. Lopes, E.C., Jadoski, S.O., Saito, L.R., and Scheifiter de Ramos, M. 2013. Plant morphological characteristics and yield of Potato cv. Agata in function to fungicides application. Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science, Guarapuava-PR 6(1): 37-46.

21. Malik, G.C. 2000. Fertiliser and plant density management in potato varieties under potato-sesame-rice cropping system in lateritic belt of West Bengal. PhD Thesis submitted to Visva-Bharati.
22. Masoudi, F., Zartoshti, M.R., Mandolkani, B.A., Sadaghiani, M.R., and Nazarli, V.H. 2010. Effect of irrigation intervals on yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). Iranian Journal of Agricultural Science 12: 265-2787. (In Persian with English Summary)
23. Midmore, D.J. 2009. Scientific basis and scope for further improvement of intercropping with potato in the tropics. Field Crops Research 25: 3-24.
24. Ministry of Jihad-e-Agriculture Organization of Khorasan-e Ravavi. 2017. Agricultural Database. 453 pp. (In Persian)
25. Molahlehi, L., Steyn, J.M., and Haverkort, A.J. 2013. Potato crop response to genotype and environment in a subtropical highland agro-ecology. Potato Research 56(3): 237-258.
26. Moorby, J., and Milthorpe, F.L. 2005. Potato. pp. 225-259. In: L.T. Evans (Ed.). Crop Physiology: Some Case Histories. Cambridge University Press.
27. Nasr Esfahai, M., Rostam Pour, M., and Pazoki, A. 2012. Analysis of genetically diversity of some of the tetraploids potato cultivars grown in Iran. American Journal of Plant Sciences 3: 1770-1778. (In Persian with English Summary)
28. Nkambule, B.S., and Ossom, E.M. 2010. Effect of jugo bean plant population on physiological growth indices and yields under intercropping with sweet potato. Advances in Environmental Biology 4: 201-215
29. Otroshy, M., and Struik, P.C. 2008. Effects of size of normal seed tubers and growth regulator application on dormancy, sprout behavior, growth vigour and quality of normal seed tubers of different potato cultivars. Research Journal of Seed Science 1(1):41-50.
30. Peter, J., Cerng, V., and Hruska, L. 2000. Yield formation in potato. pp. 218-233. In: V. Cerng, L. Hruska, and J. Peter (Eds.) Yield Formation in the Main Field Crops. Elsevier Science Publisher, The Netherlands.
31. Ranjbar, M., Nasr Esfahani, M., Nasr Esfahani, M., and Saleh, S. 2012. Phenology and morphological diversity of the main potato cultivars in Iran. Journal of Ornamental and Horticultural Plants 2(3): 201-212.
32. Rezaei, A., and Soltani, V. 1996. Potato Cultivation. Mashhad Jihad-e Daneshgahi Press, Mashhad, Iran. (In Persian)
33. Rodríguez, C.D., Rico, T.M.S., Rodríguez, M.L.E., and Ñústez, L.C.E. 2010. Efecto de diferentes niveles y épocas de defoliación sobre el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* cv. Parda Pastusa). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 63(2): 5521–5531.
34. Rosati, A., Metcalf, S.G., and Lampinen, B.D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. Annals of Botany 93: 567-574.
35. Rykbost, K.A., and Maxwell, J. 2003. Effect of plant population on the performance of seven varieties in the Klonath Basin of Oregon. American Potato Journal 70: 463-474.
36. Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1989. Crops Physiology. Jihad-e Daneshgahi Press of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
37. Sen, D., Rakshit, D.C., Ghosh, A. 2014. Effect of transplanting dates and plant population on growth parameters of potato (*Solanum tuberosum* L.) raised from true potato seed (TPS). Cercetări Agronomice în Moldova 1: 157-169.
38. Siadat, S.A., Hashemidezfouli, S.A., Valizadeh, M., and Hemayati, S.S. 2009. Growth analysis of three potato cultivars in different planting pattern and density. Iranian Journal of Agriculture Science 30(2): 379-386. (In Persian with English Summary)
39. Taherkhani, M. 2011. Principles of planting, cultivation and harvest of potato production. Journal of Sonboleh 113(1): 37-40. (In Persian)
40. Zamil, M.F., Rahman, M.M., and Robbani, M.G. 2010. Combined effect of nitrogen and plant spacing on growth and yield of potato with performance. The Journal of Public Administration Research and Theory 3: 1062-1070.
41. Zelalem, A., and Takalign, T. 2009. Response of potato to different rate nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Birhan, in the central highlands of Ethiopia. African Journal of Plant Science 3: 16-24.
42. Zrust, J., and Geple, J. 2002. Dependence of yield of early potato on some growth characteristics. Field Crops Abstract 45(10): 922.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 827-844

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 844-827

Evaluation of Effect of Physiological Growth Indices of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars in Farmian and Jolgeh- Rokh Regions

S. Foroghian[1], M. Ramrodi[2*], M.R. Asgharipour [2], A. Ghanbari[3] and B.A. Fakheri[3]

Submitted: 24-02-2018
Accepted: 07-06-2018

Foroghian, S., Ramrodi, M., Asgharipour, M.R., Ghanbari, A., and Fakheri, B.A. 2019. Evaluation of effect of physiological growth indices of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in Farmian and Jolgeh- Rokh regions. Journal of Agroecology. 11(3): 827-844.

Introduction

The importance of potato (*Solanum tuberosum* L.) is due to its high energy content. Potato is the world's fourth most important crop after wheat, rice and maize and plays a crucial role in human diet because of its high content of protein, essential amino acids, vitamins and minerals. Potato cultivars are cultivated in different climatic conditions. A suitable cultivar should be compatible with the region and have an acceptable yield. As to growth period length, potato cultivars are divided into early, intermediate and late maturing cultivars. Agria and Fontane cultivars with the highest cultivation area in Khorasan-Razavi province are considered as the main cultivars used in chips production. Sen et al., (2014) found that leaf area index increases 47 days after emergence. In addition to leaf area, the durability of the leaves and their arrangement on the stem affects potato final tuber yield. It has been reported that there is a correlation between leaf area durability and tuber yield. Ahmed et al. (2000) stated that tuber formation occurs in the early stages of growth about three weeks after tuber planting. Considering the lack of sufficient research on potato growth response to climatic conditions and given the importance of high-quality potato production the current study was aimed to evaluate the effect of climate conditions on Agria and Fontane potato cultivars with respect to growth indices under climatic conditions of Jolgeh-Rokh and Fariman regions.

Materials and Methods

This experiment was conducted to evaluate growth and physiological indices of Agria and Fontane cultivars grown in Jolgeh-Rokh and Fariman regions during 2005-2006. First, soil samples were collected to determine soil physicochemical characteristics. The experiment was a randomized complete block design arranged in factorial. The treatments consisted of two different regions (Jolgeh-Rokh (Razaghi and Khazaee fields) and Fariman (Mahdavi and Shariati fields)) and two potato cultivars (Agria and Fontane). The data were collected by random sampling method. For analyzing farm management, information on all agronomic practices such as land preparation, seeding, irrigation, fertilization, chemical pesticides, required work force, etc. were collected through interviews and questionnaire. During the growing season, every three weeks, three plants were harvested from each field and plant height, leaf area, shoot dry weight and tubers fresh and dry weight were determined. Crop growth rate and relative growth rate were calculated. The data were analyzed using SAS 9.1.

Results and Discussion

From the results the Fontane cultivar produced more tubers (40%) than Agria cultivar. The maximum and minimum tuber yields were obtained from Khazaee and Shariati, respectively. 135 days after emergence, the highest plants were related to Fontane cultivar. Furthermore, the highest plants were observed in Khazaee filed. In this regard, it has been reported that plant height is more affected by genetic background and is less affected by the nutritional conditions. The highest leaf area index was related to Fontane cultivar. The maximum leaf area index values were obtained from Khazaee and Mahdavi fields. Leaf area index reached to its maximum 90 days

1- PhD Student in Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2-Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
(*- Corresponding Author: E-mail: mramroudi42@uoz.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71190

after planting and then started to decrease due to canopy closure, shading, leaf senescence and abscission. Moreover, leaf dry weight linearly increased and reached to its maximum 90 days after planting and the started to decrease. The maximum leaf dry matter accumulation was related to Fontane cultivar. Moorby (2005) stated that tuber growth is the main factor controlling photosynthesis in potato, and reported that any change in tuber growth rate changes dry matter production and accumulation. The maximum and minimum crop growth rate values (90 days after emergence) were observed in Fontane and Agria cultivars, respectively.

Conclusion

Considering the importance of potato production in Iran, identification and releasing high yielding and compatible potato varieties is necessary. Overall, the results showed that Fontane cultivar was better than Agria in terms of total yield, crop growth rate, tuber weight and tuber growth rate when grown in Jolgeh-Rokh region. Therefore, Fontane is recommended for this region. In addition, the maximum dry matter percentage, as an important trait for industries, was related to Jolgeh-Rokh region.

Keywords: Tuber growth rate, Crop growth rate, Leaf area index, Tuber yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 857-845

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 845-857

تأثیر مصرف گوگرد و کود دامی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.)

مرجان سعیدی‌نژاد[1]، محمد علی بهدانی[2]*، محمد حسن سیاری زهان[3] و سهراب محمودی[4]

تاریخ دریافت: 96/12/02
تاریخ پذیرش: 97/03/17

سعیدی‌نژاد، م.، بهدانی، م.ع.، سیاری زهان، م.ح.، و محمودی، س. 1398. تأثیر مصرف گوگرد و کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (2): 857-845.

چکیده

بالا بودن میزان pH خاک و تأثیر آن بر قابلیت استفاده از عناصر غذایی و هم‌چنین کمبود مواد آلی موجب شده میزان تولید از پتانسیل عملکرد محصول فاصله بگیرد. این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر دو ماده اصلاح‌کننده خاک، کود دامی و گوگرد بر عملکرد کمّی و کیفی ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) طی سال 1395 در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کود گاوی در دو سطح (0 و 20 تن در هکتار)، گوگرد پودری در چهار سطح (0، 2، 4 و 8 تن در هکتار) و ارقام شامل جیرفت-13 و توده محلی جیرفت بودند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوی روغن و پروتئین دانه و غلظت فسفر و گوگرد برگ ارقام کنجد بودند. نتایج نشان داد که بالاترین سطح گوگرد (8 تن در هکتار) به‌جز شاخص برداشت موجب افزایش معنی‌داری در صفات مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد گردید. هم‌چنین اثرات متقابل کود گاوی و گوگرد نیز بر تعدادی از صفات معنی‌دار گردید طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم جیرفت-13 در بالاترین سطح گوگرد و کود گاوی (20 تن در هکتار) بود. رقم جیرفت-13 بیش‌ترین میزان درصد روغن و پروتئین دانه و هم‌چنین شاخص برداشت را نسبت به توده محلی جیرفت داشت. اثرات تیمارهای گوگرد و کود گاوی بر میزان روغن و پروتئین دانه معنی‌دار بود و بیش‌ترین مقدار مربوط به کاربرد توأم گوگرد و کود گاوی بود. کاربرد گوگرد هم‌چنین موجب افزایش غلظت این عنصر در برگ‌های گیاه گردید و هم‌چنین به‌دلیل کاهش موضعی pH خاک تأثیر معنی‌داری در افزایش جذب فسفر داشت. نتایج نشان داد مصرف تلفیقی گوگرد و کود گاوی را می‌توان به‌عنوان راهکاری اکولوژیک در راستای دستیابی به افزایش رشد و تولید کمّی و کیفی گیاهان روغنی به‌ویژه در خاک‌های با قلیایی، مد نظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح خاک، pH خاک، روغن، کود، گیاه روغنی

مقدمه

دانه‌های روغنی از گذشته‌های دور نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی، گرمایی و دارویی بشر داشته‌اند و امروزه نیز دانه‌های روغنی از فراورده‌های راهبردی کشاورزی دنیا محسوب می‌شوند. نتایج حاصل از مطالعات انستیتو تغذیه ایران نشان می‌دهد که 21 درصد از کل انرژی مردم ایران از طریق مصرف روغن تأمین می‌گردد که غالب روغن مصرفی منشاء وارداتی دارد و بخش اعظم آن به‌صورت روغن تصفیه‌شده، خام و یا به‌صورت دانه‌های روغنی (غالباً سویا) وارد می‌شوند و بار مالی سنگینی بر اقتصاد کشور وارد می‌کند (Mostofi, 2008). با توجه به سابقه دیرینه کشت دانه‌های روغنی هم‌چون کنجد در ایران و وجود پتانسیل‌های فراوان در زمینه تولید دانه‌های

1- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
2- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
3- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
4- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: (Email: mabehdani@birjand.ac.ir
Doi:10.22067/jag.v11i3.71128

روغنی (Rezvani Moghaddam et al., 2005) و هزینه زیادی که هر ساله صرف واردات روغن (بیش از90 درصد واردات روغن) می‌گردد توجه به دانه‌های روغنی و افزایش تولید آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد (Ahmadi, 2012). هم‌چنین با توجه به مسئله گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی اخیر، در آینده شاهد بروز گرما و خشکسالی بیش تری در کشور خواهیم بود، از این رو حرکت به سمت کشت و کار گیاهان روغنی مقاوم به خشکی مثل کنجد می‌تواند گامی مؤثر در تأمین نیاز روغن کشور در آینده به شمار آید (Rezvani Moghadam et al., 2010).

در دهه‌های آینده ضمن نیاز به تولید مواد غذایی بیش‌تر، توجه به سلامت افراد به‌عنوان یکی از عوامل اصلی پویایی و رشد جامعه از اهمیت فراوانی برخوردار خواهد بود (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008). بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی، افزایش هزینه‌های تولید برای تأمین محصول با کیفیت مناسب برای جمعیت رو به رشد جهان و روند نزولی سهم سرانه زمین‌های کشاورزی (چه در مقیاس جهانی و چه در مقیاس ملی) تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است (Nikmehr, 2014). فراهمی عناصر مورد نیاز گیاهان به‌ویژه ریزمغذی‌ها نقش مهمی در افزایش کیفیت مواد غذایی تولیدی و بهبود سلامتی جامعه دارد (Ahmadi et al., 2012). گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که در سال‌های اخیر کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. کاهش مصرف گوگرد و از سوی دیگر افزایش روزافزون استفاده از کودهای NPK باعث برهم خوردن تعادل عناصر غذایی از جمله گوگرد در خاک‌های کشاورزی شده است، به‌طوری‌که به‌دلیل کمبود گوگرد، تولید برخی پروتئین‌ها و ویتأمین‌های ضروری گیاهان با مشکل مواجه شده است (Rezvani Moghadam et al., 2015). در گیاهان روغنی گوگرد نقش مهمی در کیفیت و رشد دانه‌ها دارد و این گیاهان معمولاً به مقدار بیش‌تری گوگرد برای رشد مناسب و عملکرد بیش‌تر نیاز دارند. هم‌چنین گوگرد نقش مهمی در سنتز متابولیسم‌های اولیه و ثانویه گیاه دارد (Mahdi, 2008). مهم‌ترین نقش گوگرد شرکت در تشکیل اسیدهای آمینه ضروری سیستئین، سیستین و متیونین می‌باشد، بنابراین، نقش اساسی در سنتز پروتئین ایفا نموده و حضور این عنصر باعث افزایش پروتئین دانه می‌گردد. یکی دیگر از نقش‌های مهم گوگرد، شرکت در ساختمان سولفولیپیدهاست که در غشاء سلول وجود دارند و در واقع روغن گیاه را تشکیل می‌دهند (Rahman et al., 2007). گوگرد هم‌چنین به‌دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسیدسولفوریک، پتانسیل لازم برای کاهش pH خاک را حداقل در مقیاس کوچک اطراف ذرات خاک را دارا بوده، بنابراین می‌تواند به‌خصوص در منطقه ریزوسفر در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مؤثر واقع شود. بنابراین استفاده از گوگرد عنصری به‌عنوان یک ماده اسیدزا به‌منظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی کاربرد دارد (Karimi et al., 2012).

در سال‌های اخیر نگرانی در رابطه با قابلیت حفظ حاصل‌خیزی خاک و ثبات اکولوژیکی در خصوص کودهای شیمیایی به‌عنوان یک موضوع مهم مطرح شده است. کاربرد کودهای آلی به‌عنوان منبع غذایی گیاه تصعید آمونیاک از خاک را کنترل نموده و می‌تواند همراه با مقادیر کم‌تر کودهای شیمیایی استفاده گردد (Rezvani Moghadam et al., 2013). کشاورزی پایدار از کاربرد نهاده‌های مصنوعی مانند کودهای شیمیایی به‌علت تأثیر منفی بر تعادل زیستی اجتناب می‌کند، امّا از تناوب نهاده‌های آلی برای ایجاد چرخه درجهت تأمین عناصر غذایی استفاده می‌کند (Kuo et al., 2004). کودهای حیوانی دارای اثرات یک‌جانبه نبوده، بلکه از یک طرف کمک به تأمین مواد غذایی می‌کند و از طرف دیگر، موجب اصلاح ساختمان خاک می‌گردند بنابراین، استفاده از کودهای آلی جهت افزایش و یا حداقل حفظ حاصل‌خیزی خاک و افزایش عملکرد اجتناب‌ناپذیر است (Pasban et al., 2015).

اسیدیته خاک نقش مهمی در تبادل کاتیونی، حلالیت و حرکت یون‌ها، جذب عناصر غذایی و هم‌چنین فعالیت میکروارگانیزم‌های خاک دارد و اضافه کردن مواد آلی به همراه گوگرد در خاک‌هایی با pH بالا گزینه مناسبی جهت کاهش اسیدیته و انحلال عناصر مورد نیاز گیاهان می‌باشد (Rahimiyan, 2011). گزارش شده است که مصرف توأم ماده آلی و گوگرد موجب افزایش 800 کیلوگرمی عملکرد گندم در هکتار نسبت به تیمار شاهد بوده است (Jalili et al., 2013). کودهای دامی به‌علت اینکه نیتروژن را به‌کندی آزاد می‌کنند و با عوامل دیگر برهم‌کنش دارند تلفات نیتروژن را کاهش می‌دهند بنابراین کاربرد آن‌ها می‌تواند تلفات زیست‌محیطی عناصر غذایی را طی کشت‌وکار گیاهان زراعی کاهش دهد (Sieling et al., 2006). بررسی تأثیر کود گاوی (0، 30 و 60 تن در هکتار) بر خصوصیات

فیزیکی و ضرایب هیدرولیکی در یک خاک لوم شنی نشان داده است که افزودن کود دامی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری، افزایش تخلخل، مقدار ماده آلی و رطوبت خاک می‌گردد و ضریب هیدرولیکی خاک را نیز تغییر می‌دهد. ماده آلی موجب بهبود ساختمان و دانه‌بندی خاک می‌شود و از این طریق جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش می‌دهد (Naghavi et al., 2005). مصرف هم‌زمان گوگرد و کود دامی بر عملکرد ذرت نشان داده است که کاربرد 750 کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه 8 یا 12 تن کود دامی در هکتار باعث بیش‌ترین میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت گردید و هم‌چنین عنصر گوگرد در بالاترین مقدار خود به‌تنهایی موجب کاهش اسیدیته خاک گردید، امّا در مقادیر پایین‌تر این عنصر، نقش مواد آلی خاک نیز مهم است (Chaghazardi et al., 2013). تأثیر مثبت کاربرد هم‌زمان میکوریزا با کودهای آلی کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله گوگردی بر ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد گزارش شده است (Rezvani Moghadam et al., 2015). با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به تولیدات کشاورزی و روغن‌های گیاهی، کنجد می‌تواند به‌عنوان یک گیاه روغنی و صنعتی مهم مطرح باشد. بررسی-های انجام شده نشان داد گوگرد علاوه بر تأثیر مثبت بر عملکرد دانه و کیفیت دانه‌های روغنی، موجب کاهش اسیدیته خاک در منطقه ریزوسفر و افزایش انحلال عناصر غذایی ضروری می‌گردد (Karimi et al., 2012). کاربرد ماده آلی نیز علاوه بر ایجاد شرایط لازم برای اکسیداسیون گوگرد، موجب بهبود ساختمان و دانه‌بندی خاک می‌گردد (Naghavi et al., 2005).

بر این اساس، با توجه به قیمت مناسب و در دسترس بودن گوگرد و هم‌چنین آهکی بودن و کم بودن ماده آلی در اکثر خاک‌های مناطق کشور، این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیرگوگرد بر کاهش اسیدیته خاک و همچین مقایسه اثرات مصرف توأم گوگرد و کود دامی به‌عنوان یک ماده آلی تأثیرگذار در فرایند اکسیداسیون گوگرد بر مقایسه برخی خصوصیات کمّی و کیفی ارقام اصلاح‌شده جیرفت-13 و توده محلی جیرفت در شرایط آب‌وهوایی کرمان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی ویژگی‌های کمّی و کیفی ارقام کنجد تحت تأثیر مصرف گوگرد و کود دامی در سال 1395 در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول کودگاوی در دو سطح (M_0 عدم کاربرد کود گاوی، M_1 20 تن در هکتار کود گاوی)، فاکتور دوم گوگرد پودری در چهار سطح (S_0: فاقد گوگرد، S_1: 2 تن در هکتار گوگرد، S_2: 4 تن در هکتار گوگرد، S_3: 8 تن در هکتار گوگرد) و فاکتور سوم ارقام جیرفت-13 و توده محلی جیرفت بودند. به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک انجام شد (جدول 1). تیمارهای کودی بر اساس مساحت هر کرت بر طبق تیمارها تعیین و یک ماه قبل از کاشت اعمال گردید. هر کرت شامل شش ردیف به طول پنج متر و با فاصله 50 سانتی‌متر از یکدیگر بود. عملیات کاشت بذر به‌صورت جوی- پشته‌ای با فاصله روی ردیف 15 سانتی‌متر با دست در نیمه دوم خرداد ماه انجام شد. فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها به‌ترتیب برابر با یک و سه متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری به‌منظور تسهیل در سبز شدن بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با دور هفت روز یک بار به‌شیوه سیفونی تا پایان فصل رشد انجام شد. به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها انتهای کرت‌ها بسته شد و آبیاری کرت‌ها و بلوک‌ها به‌صورت جداگانه انجام گرفت. هم‌چنین برای هر بلوک جوی فاضلاب جداگانه در نظر گرفته شد تا آب خروجی احتمالی واردکرت‌های مجاور نگردد. عملیات وجین دستی علف‌های‌هرز هر دو هفته یک بار صورت گرفت. برداشت بوته‌ها در نیمه اول آبان پس از حذف دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثرات حاشیه‌ای از سطح باقی‌مانده انجام گرفت و سپس عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه گردید. برای تعیین درصد روغن از روش سوکسله و برای تعیین درصد پروتئین کل از روش کجلدال استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری محتوی فسفر و گوگرد از نمونه برگ، از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 430 نانومتر استفاده شد (Cottenie, 1980).

داده‌ها با استفاده از برنامه DSASTAT Ver. 1.101 در محیط نرم‌افزار Excel تجزیه و تحلیل شدند. از آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Soil physical and chemical properties

محتوی Content (%)			سولفات محلول	محتوی Content (mg.kg^{-1})		نیتروژن کل	ماده آلی	واکنش خاک	هدایت الکتریکی
شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	Soluble SO_4^{-2} (meq.l^{-1})	پتاسیم قابل جذب Available K^+	فسفر قابل جذب Available P	Total nitrogen (%)	Organic mater (%)	pH	EC (dS.m^{-1})
62.4	26	11.6	7.8	184	6.7	0.033	0.673	7.97	4.48

جدول2- تغییرات اسیدیته خاک در تیمارهای آزمایش پس از برداشت ارقام کنجد تحت تأثیر تیمارهای گوگرد و کودگاوی
Table 2- pH content of soil after harvesting sesame varieties affected by sulfur and cow manure

تیمار Treatment	M_0S_0	M_0S_1	M_0S_2	M_0S_3	M_1S_0	M_1S_1	M_1S_2	M_1S_3
واکنش خاک pH	7.91	7.54	7.31	7.23	7.82	7.46	7.22	7.17

S_0: فاقد گوگرد، S_1: 2 تن در هکتار گوگرد، S_2: 4 تن در هکتار گوگرد، S_3: 8 تن در هکتار گوگرد، M_0: عدم کاربرد کودگاوی و M_1: 20 تن در هکتار کودگاوی
S_0=without sulfur, S_1= 2 t.ha^{-1}, S_2= 4 t.ha^{-1}, S_3= 8 t.ha^{-1}, M_0= without cow manure, M_1= 20 t.ha^{-1}

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد (1524/84 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و کم‌ترین میزان عملکرد (1131/72 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول 4). اثر متقابل کودگاوی و گوگرد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول 3). در تیمار شاهد کود گاوی (M_0) بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد بود و تفاوت معنی‌داری با سطوح (0، 2 و 4 تن در هکتار گوگرد) داشت. کاربرد کودگاوی (M_1) همراه با افزایش سطح تیمار گوگرد موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد کود گاوی (M_0) گردید (جدول 7). بیش‌ترین میزان عملکرد مربوط به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و 20 تن در هکتار کود گاوی (M_1S_3) بود (جدول 7). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین ارقام نشان داد (جدول 3). رقم جیرفت-13 با میانگین عملکرد 1294/3 کیلوگرم در هکتار نسبت به توده محلی جیرفت (1249/5 کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیش‌تری داشت (جدول 5). اسیدی‌کردن موضعی خاک، افزایش قابلیت انحلال عناصر غذایی، افزایش جذب عناصر و افزایش کارایی گیاه در فرایندهای فتوسنتزی، تنفس و افزایش نگهداری بیش‌تر سطح سبز موجب افزایش عملکرد می‌گردد (Momen et al., 2011). معنی‌دار شدن اثر کاربرد گوگرد به عواملی هم‌چون میزان رطوبت خاک، محتوای ماده آلی، حرارت، سطح حاصل‌خیزی خاک و مدیریت زراعی مرتبط است و عدم تأثیر گوگرد می‌تواند به‌علت عدم اکسیداسیون کافی گوگرد در خاک باشد (Besharati & Matlabifard, 2015). افزایش عملکرد با افزایش سطح گوگرد مصرفی در نتایج مشابه در گیاه ذرت گزارش شده است (Chaghazardi et al., 2013). ماده آلی از اجزای اصلی خاک است و افزایش آن موجب بهبود وضعیت فیزکی خاک و افزایش قابلیت حفظ و نگهداری آب خاک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Goldani & Khakhki, 2014). نتیجه دیگر افزودن مواد آلی به خاک، افزایش فعالیت‌های میکروبی و در نتیجه افزایش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرفی همانند آهن می‌باشد در نتیجه شرایط برای افزایش میزان فتوسنتز، افزایش گل‌دهی، افزایش تعداد کپسول در بوته و در نتیجه افزایش عملکرد فراهم می‌گردد (Gnanamorty et al., 1992).

درصد روغن

بیش‌ترین درصد روغن مربوط به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (جدول 4). گوگرد نقش مهمی در بسیاری از اسیدهای چرب و سنتز متابولیت‌های حاوی کوآنزیم A و در نتیجه افزایش استیل کوآنزیم A کربوکسیلاز دارد

(Karimi et al., 2012). گزارش شده است که تجمع روغن با افزایش فعالیت استیل کوآنزیم A ارتباط دارد (Ahmad & Abdin, 2006). کاربرد گوگرد سبب بهبود فتوسنتز نیز می‌گردد بنابرین به نظر می‌رسد مصرف گوگرد مواد اولیه مورد نیاز برای تولید این آنزیم را افزایش داده که منجر به بهبود درصد روغن و سایر مواد مرتبط با این آنزیم شده است (Nourbakhsh et al., 2014). اثر متقابل کود گاوی و گوگرد بر درصد روغن دانه معنی‌دار گردید (جدول 3). بیش‌ترین درصد روغن مربوط به تیمار 20 تن در هکتار کود گاوی و 8 تن در هکتار گوگرد (M_1S_3) بود و تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد کود گاوی نداشت (M_0S_3) (جدول 7). کم‌ترین درصد روغن مربوط به تیمار شاهد گوگرد بود و تفاوت معنی‌داری با تیمار 2 تن در هکتار گوگرد نداشت (جدول 7). هم‌چنین درصد روغن در تیمار 4 تن در هکتار گوگرد و 20 تن در هکتار کود گاوی (M_1S_2) تفاوت معنی‌داری با تیمار 8 تن در هکتار گوگرد نداشت (جدول 7). مقایسه نتایج نشان می‌دهد در شرایط عدم مصرف کودگاوی تیمار 8 تن در هکتار گوگرد بیش‌ترین درصد روغن را داشت ولی با مصرف کودگاوی، درصد روغن در تیمار 4 و 8 تن در هکتار گوگرد تفاوت معنی‌داری نداشت.گوگرد و ماده آلی به‌دلیل تأثیری که بر شرایط شیمیایی خاک نظیر کاهش pH دارند موجب افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی می‌گردند (Fatah & Khaled, 2010). در نتایج مشابه افزایش میزان روغن دانه کلزا در سطوح بالای مصرف کود دامی و گوگرد گزارش شده است (Karimi et al., 2012). درصد روغن دانه ارقام تفاوت معنی‌داری داشت (جدول 3). رقم جیرفت-13 با میانگین (44/61 درصد) نسبت به توده محلی جیرفت با میانگین (42/5 درصد) درصد روغن بالاتری داشت (جدول 5). با توجه به اینکه جیرفت-13 از ارقام اصلاح شده است نسبت به توده محلی از درصد روغن بالاتری برخوردار خواهد بود. مقایسه درصد روغن ارقام مختلف کنجد نشان داده است ارقام از نظر درصد روغن دانه متفات هستند و برخی ارقام محلی و ارقام زودرس درصد روغن پایین‌تری نسبت به ارقام اصلاح‌شده داشته‌اند (Dini Torkamani & Carpetian, 2008).

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس(میانگین مربعات) خصوصیات کیفی و کمّی ارقام کنجد تحت تأثیر تیمارهای گوگرد و کودگاوی

Table 2- Results of analysis of variance (mean squares) of sesame varieties quantitative and qualitative characteristics as affected by sulfur and cow manure

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	پروتئین دانه Seed protein	روغن دانه Seed oil	گوگرد برگ Leaf sulfur	فسفر برگ Leaf phosphorus	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	1405.418	0.089	3.42	0.00061	0.05004	0.022
رقم Varieties (V)	1	24120.782 **	13.17 **	53.72**	0.00024	0.02498	0.15*
کود گاوی Cow Manure (M)	1	125639.751 **	12.39 **	8.55	0.00708**	0.04441	0.22
گوگرد Sulfur (S)	3	391872.915 **	2.81 **	35.46**	0.023**	0.14021**	0.04
V×M	1	0.5786	0.041	23.55	0.00014	0.008008	0.002
V×S	3	3066.386	0.41788498	3.93	7.95	0.01899	0.014
M×S	3	17539.243**	2.26 **	1.07*	0.0029 **	0.019845	0.023
S×M×V	3	858.725	1.62 **	17.79	0.00101*	0.03276	0.03
خطا Error	30	1938.466	0.27	3.768	0.00028	0.01647	0.034
ضریب تغییرات CV (%)		20.12	2.67	4.43	8.48	2.1	18.21

* و ** : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول4- مقایسه میانگین اثر مصرف گوگرد بر خصوصیات کمّی و کیفی ارقام کنجد

Table 4- Mean comparison for effect of sulfur on quantitative and qualitative characteristics of sesame varieties

مقدار گوگرد Sulfur level ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield($kg.ha^{-1}$)	پروتئین دانه Seed protein (%)	روغن دانه Seed oil (%)	گوگرد برگ Leaf sulfur (%)	فسفر برگ Leaf phosphorus (%)	شاخص برداشت Harvest index (%)
0	1131.724 c*	19.603 c	42.42 b	0.14 c	0.534 c	16.950 a
2	1152.347 c	19.74 bc	43.52 b	0.16 b	0.602 bc	17.357 a
4	1278.624 b	20.08 b	43.21 b	0.17 b	0.683 b	17.405 a
8	1524.844 a	20.69 a	46.00 a	0.24 a	0.838 a	17.554 a

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون FLSD ندارد ($p\leq0/05$).

*Means within each column followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test ($p \leq 0.05$).

جدول 5- مقایسه میانگین اثر رقم بر خصوصیات کمّی و کیفی ارقام کنجد

Table 5- Mean comparison for effect of sesame varieties on quantitative and qualitative characteristics of sesame varieties

ارقام Variety	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	پروتئین دانه Seed protein (%)	روغن بذر Seed oil (%)	گوگرد برگ Leaf sulfur (%)	فسفر برگ Leaf phosphorus (%)	شاخص برداشت Harvest index
جیرفت-13 Gi-13	1294.3 a*	20.55 a	44.62 a	0.175 a	0.647 a	17.5597 a
توده محلی جیرفت Local Jiroft variety	1249.48 b	19.51 b	42.96 b	0.179 a	0.682 a	17.2502 b

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون FLSD ندارد ($p\leq0/05$).

*Means within each column followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test ($p \leq 0.05$).

جدول 6- مقایسه میانگین اثر مصرف کودگاوی بر خصوصیات کمّی و کیفی کنجد

Table 6- Mean comparison for effect of sesame Cow manure on quantitative and qualitative characteristics of sesame

کود گاوی Cow manure ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	پروتئین دانه Seed protein (%)	روغن بذر Seed oil (%)	گوگرد برگ Leaf sulfur (%)	فسفر برگ Leaf phosphorus (%)	شاخص برداشت Harvest index
0	1220.72 b*	19.52 b	43.45 a	0.16 b	0.6392 a	17.3164 a
20	1323.05 a	20.54 a	44.13 a	0.19 a	0.6896 a	17.4935 a

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون FLSD ندارد ($p\leq0/05$).

*Means within each column followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test ($p \leq 0.05$).

درصد پروتئین

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین بیش‌ترین سطح گوگرد (8 تن در هکتار) نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول 4). اثر متقابل کودگاوی و گوگرد بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار گردید (جدول 3). بیش‌ترین درصد پروتئین دانه در تیمار شاهد کود گاوی (M_0) مربوط به تیمار 2 تن در هکتار گوگرد بود و تفاوت معنی-داری با تیمارهای 4 و 8 تن در هکتار گوگرد نداشت. افزایش سطح تیمار گوگرد و کاربرد کود گاوی (M_1) موجب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین گردید به‌طوری‌که در تیمارهای شاهد، 2 و 8 تن در هکتار گوگرد درصد پروتئین تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد کود گاوی (M_0) داشت و بیش‌ترین میزان پروتئین مربوط به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و 20 تن در هکتار کودگاوی (M_1S_3) بود (جدول 7). افزایش درصد پروتئین دانه تحت شرایط استفاده از گوگرد، را به تأثیر این عنصر ضروری در ساختار بعضی اسیدهای آمینه مانند متیونین،

سیستین و سیستئین نسبت داده‌انـد (Norbahksh, 2014). یکـی از اثرات مصرف گوگرد در خاک‌های قلیایی، بهینه‌سازی جـذب عناصـر کم‌مصرف می‌باشد به نظر می‌رسد مصرف گوگرد در افـزایش درصـد پروتئین نیز دخیل است (Salimzadeh & Jalili, 2013). در نتـایج مشابه افزایش درصد پروتئین دانه با افزایش سـطح گـوگرد در گیـاه آفتابگردان گزارش شده است (Saffari et al., 2011). اثـر متقابـل رقم، کود گاوی و گوگرد بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار گردید (جدول 3). بیش‌ترین درصد پروتئین مربوط به رقم جیرفت-13 در تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و 20 تن در هکتار کودگاوی بود (جدول 8). هـر دو رقم موردبررسی در تیمار 20 تن در هکتار کود گاوی و 8 تن در هکتار گوگرد نسبت به تیمار شاهد کود گاوی درصد پروتئین بالاتری داشتند. اما در تیمارهای شاهد، 4 و 8 تن در هکتار گوگرد و 20 تن در هکتار کود گاوی، رقم جیرفت-13 نسبت به تـوده محلـی جیرفـت درصـد پروتئین بالاتری داشت. نتیجه مصرف کودهای آلـی بهبـود خـواص فیزیکی و شیمیایی خاک از طریق فراهمی بیش‌تـر مـوادآلی، تعـادل مقدار و جذب عناصر غذایی و نیز آب‌شویی کم‌تر این عناصر است که تأثیر مثبتی بر درصد پروتئین داشته اسـت (Rezvani Moghadam & Seydi, 2015). هم‌چنـین مـواد آلـی بـا کـاهش pH و تشـکیل کمپلکس‌های محلول می‌تواند سبب افزایش فراهمی عناصر غـذایی، به‌خصوص عناصر کم‌مصرف می‌گردنـد و اضـافه نمـودن گـوگرد در چنین شرایطی، این اثرات را تشدید کرده و به دنبال آن رشد گیـاه و شاخص‌های کیفی گیاه ارتقاء پیدا می‌کنند (Malakouti & Homai, 2004).

جدول 7- مقایسه میانگین اثر متقابل کود گاوی و گوگرد بر درصد پروتئین دانه، محتوی گوگرد برگ، درصد روغن دانه و عملکرد دانه

Table 7-Mean comparison for interaction effect of cow manure and sulfur level on seed protein content, leaf sulfur content, seed oil content and seed yield

	کود گاوی Cow manure ($t.ha^{-1}$)	مقدار گوگرد Sulfur levels ($t.ha^{-1}$)			
		0	2	4	8
پروتئین دانه	0	18.64 ^{d*}	19.25 ^{c}	19.06 ^{cd}	18.97 ^{cd}
Seed protein content (%)	20	19.44 ^{c}	20.24 ^{b}	19.17 ^{cd}	21.12 ^{a}
گوگرد برگ	0	0.13 ^{e}	0.16 ^{cd}	0.164 ^{cd}	0.206 ^{b}
Leaf Sulfur (%)	20	0.151^{d}	0.159 ^{cd}	0.171 ^{c}	0.275 ^{a}
روغن دانه	0	42.63 ^{cde}	44.24 ^{bcd}	41.75 ^{e}	45.17 ^{ab}
Seed oil (%)	20	42.2 ^{de}	42.8 ^{cde}	44.67 ^{abc}	46.82 ^{a}
عملکرد دانه	0	1116.02 ^{e}	1050.47 ^{f}	1220.28 ^{d}	1496.12 ^{b}
Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	20	1147.43 ^{e}	1254.22 ^{d}	1336.97 ^{c}	1553.56 ^{a}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون FLSD ندارد ($p\leq0/05$).

*Means within each column followed by the same letters not significantly different based on FLSD test ($p \leq 0.05$).

جدول 8- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، کودگاوی و گوگرد بر درصد پروتئین دانه و محتوی گوگرد برگ

Table 8-Mean comparison for interaction effect of varieties, cow manure and sulfur level on seed protein content and leaf sulfur content

	رقم Varieties	کودگاوی Cow manure ($t.ha^{-1)}$	مقدار گوگرد Sulfur levels ($t.ha^{-1}$)			
			0	2	4	8
پروتئین دانه	جیرفت-13	0	19.65 ^{c*}	19.98 ^{bc}	20.75 ^{bc}	19.92 ^{bc}
	Gi-13	20	20.73 ^{b}	20.00 ^{bc}	20.65 ^{b}	22.75 ^{a}
Seed protein (%)	توده محلی جیرفت	0	18.74 ^{de}	18.45 ^{e}	19.37 ^{cd}	19.31 ^{cde}
	Local Jiroft variety	20	19.29^{cde}	20.54 ^{b}	19.56 ^{cd}	20.78 ^{b}
غلظت گوگرد برگ	جیرفت-13	0	0.13 ^{g}	0.17 ^{cde}	0.17 ^{cde}	0.19 ^{bc}
	Gi-13	20	0.14 ^{bc}	0.15 ^{efg}	0.16 ^{de}	0.29 ^{a}
Leaf Sulfur (%)	توده محلی جیرفت	0	0.13 ^{fg}	0.15 ^{defg}	0.16 ^{def}	0.22 ^{b}
	Local Jiroft variety	20	0.16 ^{def}	0.17 ^{cde}	0.18 ^{cd}	0.26 ^{a}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون FLSD ندارد ($p\leq0/05$).

*Means within each column followed by the same letters not significantly different based on FLSD test ($p \leq 0.05$).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثر رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار گردید (جدول 3). رقم جیرفت-13 نسبت به توده محلی جیرفت شاخص برداشت بالاتری داشت (جدول 5). شاخص برداشت در شرایط مصرف 8 تن در هکتار گوگرد همراه با کاربرد کودگاوی نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود. شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به وزن خشک یا زیست‌توده می‌باشد که متأثر از عوامل مختلفی از قبیل رقم و ژنوتیپ آن، شرایط محیط، کودهای نیتروژن، تراکم و تاریخ کاشت است. از بین این عوامل رقم و ژنوتیپ بیش‌ترین همبستگی را با شاخص برداشت دارد، به همین دلیل وضعیت مواد غذایی خاک اثر چشمگیری بر این صفت ندارد. مقایسه نتایج گزارش‌های مشابه (Sajadi Nik et al., 2011) با نتایج این آزمایش نشان می‌دهدکه تیمارهای کودی، عملکرد و عملکرد بیولوژیک را به یک نسبت تغییر داده‌اند و به همین دلیل شاخص برداشت دستخوش تغییرات شدید نشده است.

غلظت فسفر برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار گوگرد اثر معنی‌داری بر غلظت فسفر داشت (جدول 3). تیمار 8 تن در هکتار گوگرد با میانگین (0/081 %) نسبت به تیمار شاهد (0/05 %) میزان فسفر بالاتری داشت (جدول 4). تأثیر تیمارهای کود گاوی و رقم بر غلظت فسفر برگ معنی‌دار نبود (جدول 3). در تیمار 20 تن در هکتار کود گاوی غلظت فسفر برگ نسبت به تیمار شاهد کود گاوی بیش‌تر بود (جدول 6). محققان گزارش کردند که فسفر آزاد شده از خاک با اسید سولفوریک تولید شده طی فرآیند اکسایش گوگرد رابطه مستقیم دارد. باکتری‌های *تیوباسیلوس* از طریق ترشح اسیدهای آلی با روش‌های متنوعی مثل اسیدی کردن محیط و کلاته کردن یون‌های مزاحم و یون فسفات بر حلالیت و پویایی فسفر معدنی خاک و با ترشح آنزیم‌هایی مثل فسفاتاز بر حلالیت فسفر آلی در خاک مؤثر هستند (Dialami & Mohebbi, 2010). با افزودن گوگرد به خاک‌های آهکی، واکنش این خاک‌ها در نقاط ریز اطراف ریشه‌ها کاهش یافته و لذا قابلیت جذب فسفر افزایش یافته و شرایط برای رشد گیاه نیز بهبود می‌یابد. در نتایج مشابه در گیاه سویا بالاترین میزان فسفر از مصرف سه تن در هکتار گوگرد و کم‌ترین آن از سطح شاهد (بدون گوگرد) گزارش شده است (Babaei et al., 2012). هم‌چنین گزارش شده کاربرد توأم گوگرد و کوددامی تأثیر مثبتی بر افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در گیاه ذرت داشته است (Khadem et al., 2014).

غلظت گوگرد برگ

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان گوگرد برگ مربوط به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد بوده است (جدول 4). اثر متقابل کودگاوی و گوگرد تأثیر معنی‌داری بر غلظت گوگرد برگ داشت (جدول 3). غلظت گوگرد برگ در تیمار شاهد کود گاوی با افزایش سطح تیمار گوگرد افزایش پیدا کرد و بیش‌ترین درصد گوگرد برگ مربوط به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد بود (جدول 7). با افزایش سطح تیمارگوگرد و کاربرد کود گاوی غلظت گوگرد برگ نسبت به تیمار شاهد کود گاوی افزایش پیدا کرد و در تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و 20 تن در هکتار کود گاوی (M_1S_3) نسبت به تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و تیمار شاهد کود گاوی (M_0S_3) تفاوت غلظت گوگرد برگ معنی‌دار بود. هم‌چنین غلظت گوگرد برگ در شاهد گوگرد و 20 تن در هکتار کودگاوی (M_1S_0) تفاوت معنی‌داری با شاهد گوگرد و کودگاوی داشت (M_0S_0). بخش زیادی از اکسیداسیون گوگرد توسط باکتری‌ها انجام می‌گیرد، فراهم کردن شرایط بهتر برای رشد این باکتری‌ها به افزایش بازدهی اکسیداسیون کمک می‌کند. از جمله این شرایط فراهم کردن مواد آلی مورد نیاز برای رشد باکتری‌ها می‌باشد (Saboor & Shokri, 2013). اکسایش گوگرد تولید اسید سولفوریک می‌کند، اسید تولید شده در اثر واکنش با عناصر غذایی تثبیت‌شده باعث افزایش حلالیت آن‌ها و در نهایت افزایش جذب عناصر به‌وسیله گیاه می‌گردد (Ahkavan et al., 2012). به همین دلیل کاربرد کودگاوی و گوگرد موجب افزایش غلظت گوگرد برگ گردیده است. اثر متقابل رقم، گوگرد و کودگاوی بر غلظت گوگرد برگ معنی‌دار گردید (جدول 3). بیش‌ترین میزان غلظت گوگرد مربوط به رقم جیرفت-13 در تیمار 8 تن در هکتار گوگرد و تیمار 20 تن در هکتار کودگاوی بود (جدول 8). توده محلی جیرفت در تیمار شاهد گوگرد و 20 تن در هکتار کودگاوی(M_1S_0) نسبت به رقم جیرف-13 در تیمار مشابه درصد گوگرد بالاتری داشت. در نتایج متفاوت، مقایسه کارایی فسفر رقم جدید گندم با یک رقم

بومی نشان داده است که رقم جدید هم در حالت ناکافی و هم در حالت کفایت فسفر کاراتر از رقم بومی بوده است و کارایی آن متأثر از سه عامل مورفولوژی ریشه، جابجایی مجدد فسفر و مصرف بهینه در داخل گیاه گزارش شده است (Horst, et al., 1993).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج پژوهش حاکی از این بود که تأثیر تیمار گوگرد بر صفات مورد بررسی در شرایط عدم کاربرد کودگاوی معنی‌دار بود و به‌جز صفت شاخص برداشت تفاوت معنی‌دار در سطوح گوگرد در مورد بقیه صفات مشاهده گردید. با افزایش سطح تیمار گوگرد عملکرد دانه، درصد روغن، درصد پروتئین و غلظت فسفر و گوگرد برگ افزایش یافت که نشان‌دهنده اهمیت کاربرد گوگرد در نظام‌های زراعی در جهت بهبود عملکرد کمّی و کیفی گیاهان زراعی می‌باشد. تیمار کودگاوی علاوه بر تأثیر مثبت بر عملکرد ارقام کنجد شرایط لازم برای اکسیداسیون گوگرد را فراهم کرد به‌طوری‌که اثر متقابل کودگاوی و گوگرد بر عملکرد دانه، درصد روغن، درصد پروتئین و غلظت گوگرد برگ معنی‌دار گردید و با افزایش صفات مورد بررسی همراه بود. در خاک‌های قلیایی می‌توان از کاربرد کودهای حیوانی جهت آزادسازی فسفر و عناصر کم‌مصرف تثبیت شده استفاده نمود. با توجه به تأثیر مثبت گوگرد در کاهش pH خاک و افزایش قابلیت دسترسی به عناصر کم‌مصرف و فسفر، مصرف این ماده به همراه کودهای حیوانی باعث اثربخشی بیش‌تر هر کدام از آن‌ها خواهد شد. مقادیر زیادی گوگرد در صنایع نفت و گاز کشور تولید می‌گردد و نقش مهمی در افزایش کیفیت گیاهان روغنی دارد، بنابراین جهت حفظ تولید در درازمدت و پایداری منابع خاک استفاده از گوگرد به‌همراه کودهای آلی نقش مثبتی در بهبود عملکرد و اصلاح خاک‌های قلیایی خواهد داشت. رقم جیرفت-13 نسبت به توده محلی جیرفت درصد پروتئین، روغن، عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاتری داشت و برای شرایط آب‌وهوایی کرمان مناسب و توصیه می‌گردد.

منابع

1. Ahmadi, J., Seyfi, M.M., and Amini Dehghi, M. 2012. Effect of spraying micronutrients Fe, Zn and Ca on grain and oil yield of sesame (*Sesamus indicum* L.) varieties. Electronic Journal of Crop Production 5: 115-130. (In Persian with English Summary)
2. Ahmad, A., and Abdin, M.Z. 2006. Interactive effect of sulphur and nitrogen on the oil and protein contents and on the fatty acid profiles of oil in the seeds of rapeseed (*Brassica compestris*) and mustar (*Brassica juncea* L. czern and coss) genotypes. Journal of Agronomy Crop Science 185:49-54.
3. Akhavan, Z., Fallah, A., and Rezaei AmroAbadi, S. 2012. Effect of sulfur and Thiobacillus inoculant on iron, zinc, copper and manganese concentration in canola in greenhouse condition. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8: 191-197. (In Persian)
4. Babaei, P., Golchin, A., Besharati, H., and Afzali, M. 2012. Effect of microbial sulfur fertilizer on nutrient uptake and yield of soybean in farm. Iranian Journal of Soil Research 26: 145-151. (In Persian with English Summary)
5. Besharati, H., and Motalebifard, R. 2015. Evaluation of the effect of sulfur application and Thiobacillus on some soil chemical characteristics and yield of canola in wheat-canola rotation system. Journal of Water and Soil 29: 1688-1698. (In Persian with English Summary)
6. Chaghazardi, H.R., Mohammadi, G.R., and Beheshti Al Agha, A. 2013. Evaluation of sulfur and manure effects on corn growth characteristics (Single Cross 704) and acidity of soil. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 162-170. (In Persian with English Summary)
7. Cottenie, A., 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Bulletin, No. 82/2.
8. Dialami, H., and Mohebbi, A.H. 2010. Effect of sulfur application with inoculum of *Thiobacillus* and animal manure on the amount of leaf nutrients and vegetative growth index of date seedlings bahri variety. Journal of Horticultural Science 24: 189-194. (In Persian with English Summary)
9. Dini Torkamani, M.R., and Carpetian, J. 2008. An Investigation of physical and chemical characteristics of seed in ten sesame (*Sesamum indicum* L.) vareities. Iranian Journal of Biology 20: 327-333. (In Persian with English Summary)
10. El-Fatah, M.S., and Khaled, S.M. 2010. Influence of organic matter and different rates of sulphur and nitrogen on dry matter and mineral composition of wheat plant in new reclaimed sandy soil. Journal of American Science 6:

1078-1084.
11. Goldani, M., Fand azeli Khaki, S.F. 2014. Evaluation of the effect of chemical and organic fertilizers on growth, yield and yield components of three sesame ecotype (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12: 127-136. (In Persian with English Summary)
12. Gnanamorty, P., Xavier, H., and Balasubramaniya, P. 1992. Spacing and nitrogen requirement of sesame (*Sesamum indicum* L.). Indian Agronomy Journal 37: 358-359.
13. Horst, W.J., Abdou, M., and Wiesler, F. 1993. Genotypic differences in phosphorus efficiency of wheat. Plant and Soil 155/156: 293–296.
14. Jalili, F., Nasrollahzeadh, A., and Valilo, R. 2013. Effect of sulfur and manure on wheat grain yield and Golden wheat protein. Journal of Agricultural Research 5: 71-84. (In Persian with English Summary)
15. Karimi, F., Bahmanyar, M.A., and Shahabi, M. 2012. Improving the content of oil, protein and some yield components of canola in two calcareous soil, consequence the sulfur and cattle manure application. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 22: 71-84. (In Persian with English Summary)
16. Khadem, A., Golchin, A., Shafiei, S., and Zaree, E. 2014. Effects of manure and sulfur on nutrients uptake by corn (*Zea mays* L). Agronomy Journal 103: 2-11.
17. Koocheki, A., and Khajeh hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Mashhad University Jihad Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)
18. Kuo, S., Ortiz Escobar, M.E., Hue, N.V., and Hummel, R.L. 2004. Composting and compost utilization for agronomic and container crops. Recent Research Development and Environmental Biology. Research Signpost 1:451-513.
19. Malakouti, M.J., and Homai, M. 2004. Soil fertility in dry region. Tarbiat Moddares Univ. Press, Tehran, Iran. (In Persian)
20. Momen, A., Pazoki, A., and Momayezi, M.R. 2011. Effects of granular sulfur (bentonitic) and compost on quantitative and qualitative characteristics of bam wheat in semnan region. The Quarterly Academic Journal of Crop Physiology 9: 31-47. (In Persian with English Summary)
21. Mostofi, A. 2008. Investigating Oil Seeds Market and its Products. Available at Web site http://www. agriper.ir/entesharat/gozareshat/gmon. (In Persian)
22. Naghavi, H., Hajabbasi, M.H., and Afyoni, M. 2005. Effect of cow manure on some physical properties and hydraulic coefficients and transmission in a sandy loam soil in Kerman. Journal of Scientific and Technological Agriculture and Natural Resources 9: 93-102. (In Persian with English Summary)
23. Nikmehr, S., Akhgar, A.R., Madah Hoseinim, S., and Mozafari, V. 2014. Effect of phosphate solubilizing fluorescent Pseudomonaok and phosphorus fertilizer on growth and nutrient uptake of Sesame. Journal of Soil Management and Sustainable 4: 61-86. (In Persian with English Summary)
24. Norbakhsh, F., Behdani, M.A., Jamialahmadi, M., and Mahmoodi, S., 2014. Evaluation of the integrated effect of sulfur application with *Thiobacillus* on yield quality and morphological characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 6: 51-59. (In Persian with English Summary)
25. Pasban, F., Hamidreza Balouchi, H., Yadavi, A., Salehi, A., and Attarzadeh, M. 2015. The role of organic and biological fertilizers in qualitative and quantitative yield of soybean (*Glycine max* L.) cv williams. Agriculture Science and Sustainable Production 25:137-149. (In Persian with English Summary)
26. Rahimiyan, Z. 2011. Effect of sulfur and *Thiobacillus* with organic matter on quantitative and qualitative characteristics of rapeseed. The Quarterly Academic Journal of Crop Physiology 3:19-27. (In Persian with English Summary)
27. Rahman, M.N., Sayem, S.M., Alam, M.K., Islam, M.S., and Mondol, A.T.M.A.I. 2007. Influence of sulphur on nutrient content and uptake by rice and its balance in old brahmaputra floodplain soil. Journal of Soil and Nature 1:5-10.
28. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, G., Nabati, G., and Mohammad Abadi, A.A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Crop Research 3: 57-68. (In Persian with English Summary)
29. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Moradi, R.A. 2010. Investigating the effect of chemical and organic fertilizers on performance and yield components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) planting in different densities. Journal of Agroecology 2: 256-265. (In Persian with English Summary)

30. Rezvani Moghaddam, P., Sabori, A., Mohammad Abadi, A.A., and Moradi, R.A. 2013. Effect of chemical fertilizers, cows and municipal waste compost on yield, yield components and oil content of three sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 241-250. (In Persian with English Summary)
31. Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2015. Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system. Journal of Agroecology 7: 563-577. (In Persian with English Summary)
32. Rezvani Moghaddam, P., and Seydi, M. 2015. Effect of organic, biological and chemical fertilizers on the performance of protein, oil and fatty acids Blackcurrant (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Science 29: 119-126. (In Persian with English Summary)
33. Saboor, M.R., and Shokri, M. 2013. Investigating the effect of different amounts of sulfur and municipal waste compost on soil pH and Absorption of micronutrients in forage corn. Journal of Environmental Science and Technology 15: 106-116. (In Persian with English Summary)
34. Saffari, M., Madadizadeh, M., and Shariatiniya, F. 2011. Study of nutritional effects of nitrogen, boron and sulfur elements on quantitative and qualitative characteristics of safflower seed. Iranian Journal of Field Crop Science 42: 133-141. (In Persian with English Summary)
35. Sajadi Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H.R., and Farajee, H. 2011. Effect of chemical (Urea), organic (Vermicompost) and biological (Nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Agriculture Science and Sustainable Production 21:87-100. (In Persian with English Summary)
36. Salimzadeh, S., and Jalili, F. 2013. Effect of sulfur application, vermicompost and Thiobacillus on the performance of sunflower oil. Journal of Agricultural Research 6:29-44. (In Persian with English Summary)
37. Sieling, K., Brase, T., and Svib, V. 2006. Residual effects of different N fertilizer treatments on growth, N uptake and yield of oilseed rape, wheat and barley. European journal of Agronomy. 25: 40-48.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 845-857

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 857-845

The Effect of Sulfur and Manure on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sesame Varieties (*Sesamum indicum* L.)

M. Saeidinezhad[1], M.A. Behdani[2*], M.H. Sayyari[3] and S. Mahmoudi[4]

Submitted: 11-05-2017
Accepted: 07-06-2018

Saeidinezhad, M., Behdani, M. A., Sayyari, M. H and Mahmoudi, S.2019. The Effect of Sulfur and Manure on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sesame Varieties (*Sesamum indicum* L.). Journal of Agroecology. 11(3): 845-857.

Introduction

Oil seeds had an important role in supplying food, heat and pharmaceutical needs. Today oil seeds are considered as the strategic agricultural products in the world. Providing of essential elements for crops, especially micro-nutrients play an important role in increasing the quality of produced food and improving community health. Sulfur is one of the essential elements required for plants, which has been underestimated in recent years. In oil seeds, sulfur plays an important role in seeds quality and growth. These plants usually need more sulfur for suitable growth and higher yield. Synthesis of some essential proteins and vitamins in crops has been faced difficulty due to sulfur deficiency. The addition of organic matter with sulfur in soils with high acidity is an appropriate option for reducing acidity and dissolving the required elements of crops.

Materials and Methods

The limiting factors in crop production are high soil pH and its effect on availability of nutrients and also organic matter shortages. This research was conducted at Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center to determine the effect of sulfur and cattle manure on quantitative and qualitative characteristics of sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) in a factorial experiment with completely randomized block design with 3 replications in 2016. The treatments consisted of powdered sulfur at four levels (0, 2, 4 and 8 tonnes.ha^{-1}), Cow manure at two levels (0 and 20 tonnes.ha^{-1}) and included two Jiroft-13 and Jiroft local varieties. After soil preparation the cultivars were planted on the rows with 50 cm distance. Grain yield, Harvest index, Oil and Protein Content, phosphorus and leaf sulfur content of sesame varieties were measured at the end of the growing season.

Results and Discussion

The results indicated that the highest level of sulfur (8 tonnes.ha^{-1}) except for harvest index caused a significant increase in the investigated traits compared to the control treatment. The interactions of Cattle manure and sulfur were significant on some traits and the highest grain yield belonged to the Jiroft-13 cultivar in the highest level of sulfur and Cattle manure. The Jiroft-13 cultivar had the highest grain oil and protein content and harvest index as compared to Jiroft local variety. Effects of sulfur and Cattle manure treatments on grain oil and protein were significant and the highest amount was observed in combined application of sulfur and manure. Application of sulfur increased the concentration of this element in sesame leaves and also due to local reduction of soil acidity, it had a significant effect on increasing phosphorus uptake. The results indicate that the integrated use of sulfur and cattle manure as an ecological solution in order to increase growth and quantitative and qualitative production of oil crops, especially in alkaline soils could be considered.

1- Ph.D student of Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran
4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran
(*- Corresponding Author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71128

Conclusion

In general, the results of this study indicate that sulfur application had a significant effect on the quantitative and qualitative characteristics of sesame varieties and soil improvement. Application of cattle manure improved physical and chemical properties of soil, resulted yield increase and provided the sulfur oxidation conditions. In alkaline soils, animal fertilizers can be used to release phosphorus and fixed micronutrients. Considering the positive effect of sulfur on soil pH reduction and increasing accessibility to phosphorus and micronutrients, consumption of this substance with animal fertilizers, will make each one more effective. Large amounts of sulfur are produced in the country's oil and gas industries which can play an important role in increasing the quality of oilseed crops. According to the experimental conditions and the obtained results in the absence of cow manure, using 8 tonnes.ha^{-1} of sulfur is recommended. However, under application of 20 tonnes.ha^{-1} of cow manure, while using lower levels of sulfur, favorable results can be obtained. Jiroft-13 had a higher yield than local variety and is recommended for Kerman climatic conditions.

Keywords: Oil seed, Fertilizer, Soil acidity, Soil improvement

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 876-859

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 859-876

مقایسه راندمان انرژی تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در روش‌های مختلف آبیاری در منطقه جلگه رخ تربت حیدریه

وحید کریمی[1]، رضا صدرآبادی حقیقی[2*]، امیر بهزاد بذرگر[3] و محسن درگاهی[1]

تاریخ دریافت: 96/12/11
تاریخ پذیرش: 97/03/22

کریمی، و.، صدرآبادی حقیقی، ر.، بذرگر، ا.ب.، و درگاهی، م. 1398. مقایسه راندمان انرژی تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در روش‌های مختلف آبیاری در منطقه جلگه رخ تربت حیدریه. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 876-859.

چکیده

به‌منظور ارزیابی و مقایسه کارایی مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) براساس روش‌های آبیاری نشتی و تحت فشار مطالعه‌ای در سطح 11 مزرعه منطقه جلگه رخ شهرستان تربت حیدریه در سال 93-1392 اجرا شد. مقایسه با استفاده از طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام شد که در آن نوع سیستم آبیاری به‌عنوان تیمار و مزارعی که با هر سیستم آبیاری مطابقت داشت، به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج تحقیق بیش‌ترین مقدار مصرفی انرژی برای نیروی کارگری مربوط به آبیاری نشتی بود. بیش‌ترین میانگین سوخت فسیلی انرژی‌های مصرفی مربوط به روش آبیاری نشتی و پس از آن به‌ترتیب آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای بود. میزان مصرف الکتریسیته در روش آبیاری قطره‌ای بیش‌ترین مقدار را نسبت به دو روش دیگر داشت. بیش‌ترین انرژی مصرفی کودهای نیتروژنه مربوط به روش آبیاری نشتی بود. میزان انرژی مصرفی کودهای فسفره در آبیاری قطره‌ای کم‌ترین مقدار و انرژی استفاده از کودهای پتاسه در سیستم آبیاری قطره‌ای بالاترین بود. انرژی مصرفی ناشی از مصرف علف‌کش‌ها در روش قطره‌ای بیش‌ترین و آبیاری نشتی در رده بعدی قرار گرفت. انرژی مصرفی ماشین‌آلات در روش آبیاری بارانی بیش‌ترین بود. در روش اخیر انرژی مصرفی ماشین‌آلات تقریباً نیمی از سهم انرژی مصرفی ورودی‌های کل بود. میزان انرژی مصرفی غیرمستقیم برای سیستم آبیاری قطره‌ای 6868 مگاژول بر هکتار و در آبیاری بارانی 2756 مگاژول بر هکتار بود. انرژی ناشی از بذر مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای بالاترین و در آبیاری بارانی کم‌ترین مقدار بود. میزان کل انرژی‌های ورودی و خروجی در روش آبیاری بارانی بیش‌ترین مقدار (106674/24 و 162000 مگاژول بر هکتار) بود و پس از آن روش‌های آبیاری قطره‌ای (97807/82 و 151000 مگاژول بر هکتار) و آبیاری نشتی (92539/61 و 139000 مگاژول بر هکتار) در رده‌های بعد قرار گرفتند. بازده انرژی روش آبیاری قطره‌ای 1/6 بیش‌تر از سایر روش‌های آبیاری بود. میزان بهره‌وری انرژی از نظر مقدار در آبیاری قطره‌ای و نشتی بیش‌ترین 0/44 و در آبیاری بارانی 0/41 کم‌ترین بود. انرژی خالص در آبیاری بارانی بیش‌ترین (18/ 53392 مگاژول بر هکتار) و در آبیاری نشتی (46660/38 مگاژول بر هکتار) کم‌ترین میزان بود. میزان بهره‌وری انرژی از نظر مقدار در آبیاری قطره‌ای و نشتی (0/44 و 0/43) بیش‌ترین و در آبیاری بارانی کم‌ترین (0/41) بود. میزان انرژی ویژه در آبیاری نشتی (2/36) بیش‌تر از سایر روش‌ها و در آبیاری قطره‌ای کم‌ترین (2/32) بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای، آبیاری نشتی، انرژی غیرمستقیم، انرژی ویژه

مقدمه

با توجه به نیاز روزافزون انرژی در جهان امروز، قیمت بالا و

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی
2- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی
3- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کاشمر، دانشگاه آزاد اسلامی
(*- نویسنده مسئول: (Email: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir
Doi:10.22067/jag.v11i3.7137

محدودیت منابع انرژی و نیز اثرات استفاده نامتعارف و بیش از حد از انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تسریع در روند گرم شدن کره زمین، امروزه مقوله انرژی در تمام زیر ساخت‌های اقتصاد اعم از صنعت، خدمات و کشاورزی به یکی از مهم‌ترین مباحث فراروی محققان و دانشمندان تبدیل شده است. در این میان بخش کشاورزی به‌عنوان تولیدکننده و مصرف‌کننده انرژی از اهمیت خاصی برخوردار است (Faraji, 2005). زمین‌های زراعی اکوسیستم‌هایی هستند که انرژی به آن‌ها به‌صورت کمکی وارد می‌شود (Hasanzadeh & Mazaheri, 1991). جریان انرژی یکی از مباحث مهم بوم‌شناسی کشاورزی است و در این ارتباط در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی خروجی و ورودی در اکوسیستم‌های مختلف کشاورزی، محاسبه شده است (Gillard, 1993). کشاورزی شدیداً به انرژی، به‌خصوص سوخت‌های فسیلی وابسته است. مصرف انرژی فسیلی در کشاورزی، ستانده‌ی انرژی را افزایش می‌دهد. هم‌چنین در اکوسیستم‌های زراعی، ضریب بازچرخش مواد بسیار ناچیز و اندک است، زیرا با برداشت محصول زراعی، کلیه عناصر معدنی از آن نظام خارج شده و بقایای گیاهی نیز معمولاً به‌صورت علوفه به مصرف می‌رسند. به این ترتیب باروری این اکوسیستم تنها با اتکا به مصرف کودهای آلی و شیمیایی امکان‌پذیر می‌باشد (Pimental et al., 1983). مقدار انرژی که در سیستم‌های مختلف تولید زراعی مصرف می‌شود، نه فقط به نوع آن محصول بلکه به نوع مواد به‌کار گرفته شده در تولید آن محصول نیز بستگی دارد. به‌گونه‌ای که نحوه رفتار سیستم‌های مختلف زراعی در به‌کارگیری نهاده‌ها و منابع انرژی متفاوت بوده و در هر سیستم تولیدی کارایی انرژی حاصله متفاوت است؛ به‌نحوی که می‌تواند منجر به ناپایداری کشاورزی گردد. اگر افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی ادامه پیدا کند، تنها شانس تولیدکنندگان برای افزایش محصول کل، استفاده از نهاده بیش‌تر به‌جای گسترش زمین‌های قابل‌کشت خواهد بود. لذا مصرف انرژی در کشاورزی به‌صورت یک مسئله درآمده است. یکی از روش‌های بسیار مفید در تحلیل و ارزیابی پایداری کشاورزی، استفاده از انرژی به‌عنوان ابزار محاسبه می‌باشد (Cecconc & Giovanardi, 2002). کارایی مصرف انرژی[1] در کشاورزی باعث می‌شود که مشکلات محیطی به حداقل رسیده، از نابودی منابع جلوگیری شود و کشاورزی پایدار را به‌عنوان یک سیستم تولیدی اقتصادی تقویت کند. بنابراین مصرف انرژی یکی از شاخص‌های کلیدی برای توسعه بیش‌تر روش‌های کشاورزی پایدار است (Kizilaslan, 2009). از آن‌جا که مطالعات اندکی به بررسی میزان مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی در کشور پرداخته است، هدف از این مطالعه تعیین میزان انرژی ورودی و خروجی و نیز تعیین میزان کارایی و بهره‌وری انرژی در تولید سیب‌زمینی می‌باشد. کوچکی و حسینی (Koocheki & Hossieni, 1994) راندمان زراعت سیب‌زمینی در مزارع نیشابور را 0/7 محاسبه نموده‌اند. به‌عبارت دیگر، به‌ازای هر واحد انرژی مصرفی حدود 0/7 واحد انرژی خروجی در این سیستم وجود دارد. لازم به ذکر است که عدد 0/7 براساس درصد هر کدام از مواد تشکیل‌دهنده غده سیب‌زمینی با احتساب عملکرد غده 16000 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمده است. پژوهشگران فوق راندمان انرژی زراعت سیب‌زمینی در مزارع مشهد را 0/75 و با احتساب عملکرد غده 20000 کیلوگرم در هکتار محاسبه نموده‌اند. پیمتال و همکاران (Pirmental et al., 1983) با بررسی کارایی انرژی نظام کشت ارگانیک و متداول در محصولات ذرت، گندم، سیب‌زمینی گزارش کردند که کارایی انرژی نظام ارگانیک محصولات ذرت و گندم 29 الی 70 درصد نسبت به نظام متداول افزایش دارد و برعکس در سیب‌زمینی کارایی انرژی نظام متداول بین 70 الی 93 درصد بیش‌تر از نظام ارگانیک می‌باشد. هم‌چنین ایزدخواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010) ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی دو نظام کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب‌زمینی استان آذربایجان شرقی گزارش کردند که میزان کل انرژی عوامل و نهاده‌های به‌کار برده شده در سیستم کشت متداول برابر 60783/24 مگاژول در هکتار 44/43٪ انرژی مستقیم، 55/57% غیرمستقیم، 46/96٪ انرژی قابل تجدید و 53/03٪ انرژی غیرقابل تجدید و میزان انرژی خروجی 148268/12 مگا ژول در هکتار و در سیستم کشت مکانیزه میزان کل انرژی عوامل و نهاده‌های به‌کار برده شده 52635/73 مگاژول در هکتار (54/17٪ انرژی مستقیم، 45/83% انرژی غیرمستقیم، 39/01٪ انرژی قابل تجدید و 60/94 انرژی غیرقابل تجدید) و میزان انرژی خروجی آن 232992/76 مگاژول در هکتار است. میزان کارایی انرژی (نسبت ستاده به نهاده) در روش کشت متداول 2/44 و در روش کشت مکانیزه برابر 4/43 محاسبه گردید. هم‌چنین مقدار انرژی خالص تولیدی، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی سیب‌زمینی در روش کشت مکانیزه در هر هکتار به‌ترتیب برابر 180357/03 مگاژول کیلوگرم و 1/04 کیلوگرم مگاژول و در روش

1- Energy use efficiency

کشت متداول به‌ترتیب 87484/88 مگاژول، 1/74 مگاژول کیلوگرم و 0/58 کیلوگرم مگاژول در هکتار محاسبه شد. داده‌ها نشان دادند که بیش‌ترین انرژی مصرفی در روش کشت متداول به‌ترتیب آبیاری 24/9%، کود نیتروژن 22/36 %، بذر سیب‌زمینی 19/72٪ و بیش‌ترین انرژی مصرفی در روش کشت مکانیزه به‌ترتیب کود نیتروژن و ماشین‌آلات کشاورزی بود. که این می‌تواند ناشی از شرایط آب‌وهوایی، توپوگرافی زمین و حتی مسائل خاص به فرهنگ منطقه باشد. پیمنتال و همکاران (Pimental et al., 1983) با بررسی کارایی انرژی نظام ارگانیک و متداول در محصولات ذرت، گندم و سیب‌زمینی گزارش کردند که کارایی نظام ارگانیک محصولات ذرت و گندم 70-29 درصد نسبت به نظام متداول افزایش دارد و برعکس در سیب‌زمینی کارایی انرژی نظام متداول بین 93-70 درصد بیش‌تر از نظام ارگانیک می‌باشد. بالانس انرژی در تولید سیب‌زمینی توسط محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) در استان اردبیل انجام شد. آن‌ها بیش‌ترین مصرف انرژی را با 32/6 درصد مربوط به کود نیتروژن دانستند و پس از آن مصرف سوخت‌های فسیلی با 15/8 درصد بیش‌ترین سهم مصرف انرژی را در هکتار داشت. هم‌چنین آب‌آبیاری و بذر مصرفی در رده‌های بعدی بودند. مصرف کل انرژی در هکتار برابر 81624 مگاژول بود و عملکرد سیب‌زمینی برابر 28453 کیلوگرم در هکتار معادل 102432 مگاژول انرژی بود، بنابراین، کارایی مصرف انرژی، 1/25 به‌دست آمد. این مطالعه به‌منظور ارزیابی کارایی مصرف انرژی در سه سیستم آبیاری در سطح 11 مزرعه شهرستان تربت حیدریه منطقه جلگه رخ در سال 93-1392 اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور برآورد میزان انرژی‌های ورودی و خروجی در مزارع تولید سیب‌زمینی، 11 مزرعه در منطقه جلگه رخ از توابع شهرستان تربت حیدریه واقع در استان خراسان رضوی به وسعت 1022 کیلومتر مربع در عرض جغرافیایی 35 درجه و 19 دقیقه تا 35 درجه و 38 دقیقه و در طول جغرافیایی 57 درجه و 58 دقیقه تا 59 درجه انتخاب و اطلاعات مربوط به نهاده‌های ورودی و عملکرد سیب‌زمینی مربوط به سال زراعی 93-1392 در قالب پرسشنامه‌هایی از کشاورزان مربوطه استخراج گردید. آب‌وهوای منطقه دارای تابستان‌های معتدل و زمستان‌های تقریباً سرد است. کمینه و بیشینه دمای هوا به‌ترتیب منفی 22 و مثبت 35 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان بارندگی به‌طور متوسط 285 میلی‌متر گزارش شده است.

مقایسه با استفاده از طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام شد که در آن، نوع سیستم آبیاری به‌کار برده شده در مزارع به‌عنوان تیمار و تکرار آزمایش نیز شامل مزارعی که با هر سیستم آبیاری مطابقت داشت، در نظر گرفته شد. روش‌های آبیاری شامل: آبیاری بارانی (دو تکرار)، آبیاری قطره‌ای (شش تکرار) و آبیاری نشتی (سه تکرار) بود. داده‌ها از طریق مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان و یادداشت‌برداری از عملیات مختلف زراعی و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شد.

مشخصات عمومی مزارع مورد بررسی در جدول 1 و اطلاعات مربوطه به نوع نهاده‌های ورودی و معادل‌های انرژی برای هر گروه از نهاده‌ها در جدول 2 نشان داده شده است.

معمولاً انرژی مصرفی در کشاورزی به چهار گروه انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی می‌شوند (Kazemi et al., 2015). در این مطالعه انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی، سوخت مصرفی، ماشین‌آلات و آب‌آبیاری در نظر گرفته شد. درحالی‌که انرژی غیرمستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات مورد استفاده در تولید سیب‌زمینی است. انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی، بذر، کود دامی و انرژی‌های تجدیدناپذیر شامل سوخت، کود، آفت کش‌ها و ماشین‌آلات کشاورزی بود. با برآورد کل انرژی ورودی و خروجی، شاخص‌های ارزیابی انرژی از قبیل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، عملکرد انرژی خالص برای هر مزرعه با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند.

جهت محاسبه شاخص‌های انرژی از معادلات زیر استفاده شد (Mohammadi et al., 2008; Mohammadi & Omidi, 2010)

کارایی مصرف انرژی[1]

$$ER = EO/EI$$

که در آن، RE: نسبت یا کارایی انرژی، عددی است بدون واحد، EO: مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) است.

بهره‌وری انرژی[2]

$$EP = GY/EI$$

که EP: بهره‌وری انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و EI: مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) است.

1- Energy use efficiency
2- Energy productivity

انرژی ویژه[1] $SE= EI/GY$

که در آن، SE: انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)، EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) است.

عملکرد انرژی خالص[2] $NEY= EO – EI$

که در این معادله، NEY: عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO: مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) است.

در این تحقیق ورودی مواد شیمیایی که شامل علف‌کش، قارچ‌کش، کودهای شیمیایی و نوع آن، نیروی کار انسانی برای انجام هرکار و ساعت کارکرد نیروی انسانی، بذر، کود حیوانی، اطلاعات مربوط به ماشین‌آلات شامل نوع دقیق ماشین مورد استفاده به همراه اطلاعات مربوط به وزن و شرکت سازنده، تعداد دفعاتی که هر ماشین عملیات را انجام داده و مصرف سوخت هر ماشین به‌طور جداگانه برای هر عملیات و زمانی‌که آن ماشین برای انجام عملیات مورد نظر صرف کرده است تعیین گردید. اطلاعات مربوط به آبیاری شامل تعداد دفعات آبیاری و زمانی که برای آبیاری هر هکتار صرف شده بود، به همراه یک کپی از قبض برق هر مزرعه به‌منظور تعیین کیلووات ساعت برق مصرفی مزرعه در صورتی که از موتور برقی برای استخراج آب استفاده می‌شد جمع‌آوری گردید. در مورد پمپ‌ها با موتور دیزلی، انرژی مصرفی براساس گازووئیل مصرفی تعیین گردید. هم‌چنین مقدار خروجی که عملکرد غده سیب‌زمینی بود مشخص شد.

در مرحله بعد انرژی معادل مربوط به هر پارامتر، بر حسب مگاژول بر واحد، که از مقالات مشابه استخراج شده تعیین گردید. جدول 2 برای محاسبه مقدار انرژی مصرفی در انجام عملیات مختلف یا محتوای انرژی موجود در نهاده‌ها، از هم‌ارزها و فرمول‌های استخراج شده از منابع استفاده شد. کارایی انرژی سیستم‌های کشاورزی با محاسبه نسبت کل انرژی ورودی به خروجی به‌دست آمد. اطلاعات پایه مربوط به انرژی‌های ورودی و عملکرد غده سیب‌زمینی‌با نرم‌افزار SPSS آنالیز شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که به‌جز اثر بازده انرژی، بهره‌وری و انرژی ویژه، سایر پارامترهای مورد بررسی از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول 4).

نیروی انسانی

براساس نتایج تجزیه واریانس مصرف انرژی انسانی در روش‌های آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت (جدول4). بیش‌ترین مقدار مصرف انرژی برای نیروی انسانی مربوط به آبیاری نشتی و پس از آن روش آبیاری قطره‌ای بالاترین مصرف انرژی نیروی انسانی را داشت. مصرف انرژی انسانی در آبیاری نشتی 1/95 برابر آبیاری بارانی بود. بالاتر بودن مصرف انرژی در روش نشتی به‌دلیل سنتی‌تر بودن روش و به‌کار بردن نیروی انسانی بیش‌تر جهت دهنه‌بندی و ریختن کاه‌وکلش در طی مسیر آبیاری بود. در روش آبیاری بارانی به‌دلیل مکانیزه بودن سیستم آبیاری مصرف انرژی برای نیروی انسانی کم‌ترین مقدار بود (جدول 5). در بررسی مزارع سیب‌زمینی در استان کردستان (دهگلان) میانگین معادل کل انرژی مصرفی آبیاری در روش سنتی نسبت به روش آبیاری مکانیزه 1/19 برابر بیش‌تر بود (Hossein Panahi & Kafi, 2012).

سوخت فسیلی

براساس نتایج تجزیه واریانس تفاوت مقدار مصرف انرژی سوخت فسیلی مورد استفاده بین روش‌های آبیاری معنی‌دار بود (جدول4). بیش‌ترین میانگین انرژی‌های مصرفی سوخت فسیلی مربوط به روش آبیاری نشتی و پس از آن به‌ترتیب آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای بود (جدول5). مصرف انرژی سوخت در روش آبیاری نشتی نسبت به آبیاری قطره‌ای 1/34 برابر و نسبت به روش آبیاری بارانی 1/32 برابر بیش‌تر بود. مصرف بیش‌تر انرژی سوخت در روش آبیاری نشتی به‌دلیل استفاده بیش‌تر از ماشین‌آلات جهت عملیات داشت در مقایسه با روش‌های بارانی و قطره‌ای کم‌تر بود. نوع ادوات و ماشین‌آلات زراعی ارتباط مستقیمی با میزان مصرف سوخت در کل عملیات تولید دارد (Soltani et al., 2013). سهم انرژی مصرفی روش آبیاری نشتی (37/84درصد) نسبت به کل انرژی‌های مصرفی ورودی به‌ترتیب بالاتر از روش آبیاری بارانی (24/73) و قطره‌ای (26/68) بود (جدول 6).

1- Specific energy
2- Net energy

جدول1- مشخصات عمومی مزارع

Table 1- General specifications of farms

نهاده‌ها	مزرعه1 Farm1	مزرعه2 Farm2	مزرعه3 Farm3	مزرعه4 Farm4	مزرعه5 Farm5	مزرعه6 Farm6	مزرعه7 Farm7	مزرعه8 Farm8	مزرعه9 Farm9	مزرعه10 Farm10	مزرعه11 Farm11
تاریخ کاشت Planting date	2.27	3.1	3.1	2.1	3.1	2.3	3.1	3.13	2.1	2.1	3.1
روش آبیاری Irrigation method	بارانی Sprinkle	قطره‌ای Drip	قطره‌ای Drip	نشتی Leakage	نشتی Leakage	قطره‌ای Drip	قطره‌ای Drip	قطره‌ای Drip	قطره‌ای Drip	قطره‌ای Drip	بارانی Sprinkle
مدار آبیاری Irrigation period (day)	7	5	8	12	5	5	2.5	4.5	5	5	8
تاریخ برداشت Harvesting time	8.1	7.3	6.1	6.28	7.1	7.3	7.15	7.1	6.5	7.1	8.1

جدول 2- معادل‌های انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی در جلگه رخ

Table 2- Energy equivalent of inputs and outputs for potato production in Jolgehrookh

مشخصات Particulars	معادل انرژی Energy equivalent ($MJ.unit^{-1}$)	منبع Reference
ورودی‌ها Inputs		
نیروی انسانی Human labor (hr)	1.96	(Panahi et al., 2012)
ادوات و ماشین‌آلات Machinery (hr)	62.7	(Panahi et al., 2012)
سوخت دیزلی Diesel fuel (L)	56.31	(Panahi et al., 2012)
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers (kg)		
کود نیتروژن Nitrogen (N)	66.14	(Panahi et al., 2012)
کود فسفات Phosphate (P_2O_5)	12.44	(Panahi et al., 2012)
کود پتاسیم Potassium (K_2O)	11.15	(Panahi et al., 2012)
کود حیوانی Farmyard manure (kg)	0.30	(Panahi et al., 2012)
مواد شیمیایی Chemicals (kg)		(Izadkhah et al., 2010)
علف‌کش Herbicide	238	(Izadkhah et al., 2010)
قارچ‌کش Fungicide	92	(Izadkhah et al., 2010)
حشره‌کش Insecticide	199	(Izadkhah et al., 2010)
ریزمغذی‌ها Micronutrients (kg)	120	(Izadkhah et al., 2010)
الکتریسیته آب‌آبیاری Irrigation water Electricity ($kw.hr^{-1}$)	1.02	(Izadkhah et al., 2010)
بذر Seeds (potato) (kg)	3.6	(Izadkhah et al., 2010)
خروجی Output		
سیب‌زمینی Potato (kg)	3.6	(Panahi et al., 2012)

جدول 3- میانگین مصرف نهاده‌ها و خروجی در سیستم‌های آبیاری مختلف در مزارع سیب‌زمینی جلگه رخ

Table 3- Average inputs and output in different irrigation systems of potato fields in Jolgehrookh.

نهاده‌ها	آبیاری بارانی Sprinkle irrigation	آبیاری قطره‌ای Drip irrigation	آبیاری نشتی Leakage irrigation
نیروی انسانی Human labor (hr)	99	162.83	192
سوخت دیزلی Diesel fuel ($L.ha^{-1}$)	26380.96	26099.79	35018.27
الکتریسیته Electricity ($kw.hr^{-1}$)	3873.48	8482.6	4127
ادوات و ماشین‌آلات Machinery ($kw.hr^{-1}$)	48906	27835.89	20577
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers			
کود نیتروژن Nitrogen (N) ($kg.ha^{-1}$)	210	308.33	328.33
کود فسفات Phosphate (P_2O_5) ($kg.ha^{-1}$)	215	125	200
کود پتاسیم Potassium (K_2O) ($kg.ha^{-1}$)	51	150.83	50
کود روی Zinc ($ZnSO_4$) ($kg.ha^{-1}$)	13.6	4.1	2.78
کود حیوانی Farmyard manure ($kg.ha^{-1}$)	0	6000	0
علف‌کش Herbicide ($kg.ha^{-1}$)	0	0.77	0.52
قارچ‌کش Fungicide ($kg.ha^{-1}$)	4.5	6.5	4
حشره‌کش Insecticide ($kg.ha^{-1}$)	0	2.37	1.58
کنه کش Acaricide ($kg.ha^{-1}$)	0	1.2	2
دیسک Disk ($h.ha^{-1}$)	0	0.5	0.33
شخم Tillage ($h.ha^{-1}$)	1.5	2.17	1.67
لولر Leveler ($h.ha^{-1}$)	1.5	2.3	0.67
بذر Seeds (potato) ($kg.ha^{-1}$)	4255	4750	4750
خروجی Output			
سیب‌زمینی Potato ($kg.ha^{-1}$)	45200	42000	38600

جدول 4- تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف آبیاری بر اجزا و پارامترهای انرژی در تولید سیب زمینی

Table 4- Variance analysis of different irrigation methods on energy components and parameters in potato production system

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares: انرژی نیروی انسانی Energy of human labor	انرژی سوخت Energy of fuel	انرژی الکتریسیته Energy of electricity	انرژی کود نیتروژن Energy of nitrogen fertilizer
روش آبیاری Irrigation method	2	1321672.54*	856453212.28*	3741274.91*	8749599.51*
خطا Error	9	2481885.78	713245327.68	993225.4	4846991.14
ضریب تغییرات C.V (%)		22.65	25.36	307.34	28.56

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

ادامه جدول 4- تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف آبیاری بر اجزا و پارامترهای انرژی در تولید سیب زمینی

Continued table 4- Variance analysis of different irrigation methods on energy components and parameters in potato production system

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares: انرژی کود فسفات Energy of phosphate fertilizer	انرژی کود پتاسیم Energy of potassium fertilizer	انرژی کود حیوانی Energy of farmyard manure	انرژی کود روی Energy of zinc fertilizer
روش آبیاری Irrigation method	2	3909.11*	3436.48*	1363181.85*	8.64*
خطا Error	9	66815.31	2142.14	3748750.1	1.44
ضریب تغییرات C.V (%)		23.42	29.42	12.34	15.25

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

ادامه جدول 4- تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف آبیاری بر اجزا و پارامترهای انرژی در تولید سیب زمینی

Continued table 4- Variance analysis of different irrigation methods on energy components and parameters in potato production system

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares: انرژی سایر کودها Energy of other fertilizers	انرژی علف‌کش‌ها Energy of herbicides	انرژی حشره‌کش‌ها Energy of inseticides	انرژی قارچ‌کش‌ها Energy of fungicides	انرژی کنه‌کش‌ها Energy of acaricides
روش آبیاری Irrigation method	2	1175997.32*	24954.53*	16825.0*	75816.08*	19581.85*
خطا Error	9	292164.25	8137.21	111258.57	224254.65	5385.1
ضریب تغییرات C.V (%)		27.43	27.34	14.64	22.61	18.65

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

ادامه جدول 4- تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف آبیاری بر اجزا و پارامترهای انرژی در تولید سیب زمینی

Continued table 4- Variance analysis of different irrigation methods on energy components and parameters in potato production system

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		انرژی بذر Energy of Seed	انرژی ماشین‌آلات Energy of Machinery	انرژی ورودی Energy of Input	انرژی خروجی Energy of Output
روش آبیاری Irrigation method	2	2642756.77*	5812523415.5*	1959246285.5*	50934561241.8*
خطا Error	9	2227502.76	1981256421.81	34721565481.3	22821675421.2
ضریب تغییرات C.V (%)	3	21.35	24.26	32.15	24.64

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

ادامه جدول 4- تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف آبیاری بر اجزا و پارامترهای انرژی در تولید سیب زمینی

Continued table 4- Variance analysis of different irrigation methods on energy components and parameters in potato production system

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		بازده انرژی Energy use efficiency	انرژی خالص Net energy	بهره‌وری انرژی Energy productivity	انرژی ویژه Specific energy
روش آبیاری Irrigation method	2	0.005 ns	8638351562.5*	0.001 ns	6.89 ns
خطا Error	9	0.187	7161285964.24	0.015	4.04
ضریب تغییرات C.V (%)		25.36	14.21	26.78	23.24

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

الکتریسیته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تفاوت مقدار مصرف الکتریسیته در بین روش‌های آبیاری معنی‌دار بود (جدول4). میزان مصرف الکتریسیته در روش آبیاری قطره‌ای بیش‌ترین مقدار را نسبت به دو روش دیگر داشت. پس از روش قطره‌ای، روش‌های نشتی و بارانی به‌ترتیب بیش‌ترین مقدار مصرف الکتریسیته را داشتند (جدول 5). سهم مصرف الکتریسیته از انرژی‌های کل ورودی نیز به‌ترتیب به روش آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی اختصاص یافت. در روش آبیاری بارانی در منطقه جلگه رخ به‌دلیل قدیمی‌تر بودن طراحی سیستم آبیاری از سیستم توزیع و پمپاژ مستقیم از چاه استفاده شده است، درحالی‌که در روش‌های دیگر از ایستگاه پمپاژ مجدد برای افزایش دبی آب در طراحی‌های جدیدتر بهره گرفته شده است؛ لذا میزان مصرف الکتریسیته در سیستم آبیاری بارانی کم‌ترین و در دو سیستم دیگر بیش‌تر بود.

مصرف کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین مقادیر انرژی‌های مصرفی کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه در روش‌های مختلف آبیاری بود (جدول4). بیش‌ترین انرژی‌مصرفی کودهای - نیتروژنه مربوط به‌روش آبیاری نشتی بود و روش‌های آبیاری قطره‌ای

و بارانی از این نظر در رده‌های بعدی قرارگرفتند (جدول 5). در روش آبیاری نشتی مقادیر مصرف کودهای نیتروژن به‌دلیل سنتی‌تر بودن روش کشت بالاتر است. در روش بارانی به‌دلیل مکانیزه بودن عملیات و توزیع کود توسط سیستم آبیاری کم‌ترین مصرف انرژی کودهای نیتروژن را داشت. به همین دلیل نیز سهم انرژی مصرفی برای کودهای نیتروژنه از کل انرژی‌های ورودی، در آبیاری نشتی بیش‌ترین درصد و آبیاری بارانی کم‌ترین مقدار بود. هم‌چنین در سیستم آبیاری قطره‌ای، به‌دلیل تعداد دفعات استفاده از کودهای نیتروژنه در داخل سیستم آبیاری، انرژی حاصل از مصرف کودهای نیتروژنه در رده دوم قرار گرفت. در بین کودهای مصرفی، بیش‌ترین مصرف انرژی مربوط به کودهای نیتروژنه بود. حسین‌پناهی و کافی (Hossein Panahi & Kafi, 2012) گزارش کردند که در میان مواد شیمیایی مصرفی کودهای شیمیایی بیش‌ترین میزان انرژی مصرفی را با اختصاص 40/85 درصد از کل انرژی‌های ورودی و در بین کودهای شیمیایی مصرفی، کود نیتروژن با اختصاص31 /36 از کل انرژی‌های ورودی، بیش‌ترین مصرف انرژی را داشتند. بازوبندی و همکاران (Bazobandi et al., 2013) در بررسی سیستم‌های مدیریتی کشت ذرت گزارش کردند که پس از آبیاری بیش‌ترین انرژی مصرفی مربوط به استفاده از کودها به‌خصوص کود نیتروژن است، به‌طوری که انرژی ورودی از طریق استفاده از کودها 15/59 درصد از انرژی‌های ورودی را تشکیل می‌دهد و سهم نیتروژن از این مقدار 4/38 درصد بود. میزان مصرف کودهای فسفره درآبیاری قطره‌ای کم‌ترین مقدار و در آبیاری بارانی و نشتی به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرارداشت (جدول 5).

در منطقه جلگه رخ، در سیستم آبیاری قطره‌ای کم‌تر از کودهای فسفره استفاده می‌شود و بیش‌تر، سایر کودها در مخازن سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌گردد، امّا در روش‌های دیگر، کودهای فسفره به‌صورت قبل از کاشت و در مقادیر بیش‌تر استفاده می‌شود. انرژی استفاده از کودهای پتاسه در سیستم آبیاری قطره‌ای بالاترین و در دو سیستم آبیاری دیگر تقریباً در یک حد بود (جدول 5). در سیستم آبیاری قطره‌ای، مصرف کودهای محلول پتاسه در انتهای فصل کشت بسیار رایج می‌باشد و لذا مقدار مصرف آن تقریباً سه برابر دو روش دیگر است و این در حالی است که در سایر روش‌های آبیاری، در انتهای فصل رشد سیب‌زمینی امکان ورود به داخل کانوپی مزرعه جهت کود سرک پتاسیم وجود ندارد و لذا مصرف آن تنها به قبل از کشت محدود می‌شود. میزان انرژی مصرفی کود پتاسه نسبت به کودهای نیتروژنه و فسفره کم‌ترین مقدار بوده است. که این نتیجه با نتایج قهدریجانی و همکاران (Ghahridjani et al., 2009) و حسین پناهی و کافی (Hossein Panahi & Kafi, 2012) مطابقت دارد. نتایج نشان داد که الگوی کاهش مصرف پتاس در مزارع سنتی مشاهده شد که این امر به‌دلیل ناآگاهی کشاورزان از اثرات مفید کودهای پتاسیم جهت مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و نیز افزایش خاصیت انباری سیب‌زمینی بوده است (Hossein Panahi & Kafi, 2012).

کودهای دامی، کود روی و سایر کودهای شیمیایی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری تفاوت مقادیر انرژی‌های مصرفی کودهای دامی، کود روی و سایر کودهای شیمیایی در روش‌های آبیاری مختلف بود (جدول 4). مصرف کودهای دامی در روش آبیاری قطره‌ای رایج بوده و در دو روش دیگر این کودها استفاده نشده است (جدول 5). انرژی مصرفی کود روی در روش قطره‌ای بیش‌ترین و پس از آن روش‌های بارانی و نشتی در رده‌های بعدی قرار گرفتند. مصرف سایر کودهای شیمیایی در روش بارانی بیش‌ترین بود و پس از آن روش قطره‌ای بالاترین میزان مصرف انرژی را داشت (جدول 5). حسین‌پناهی و کافی (Hossein Panahi & Kafi, 2012) گزارش کردند که مقدار انرژی مصرفی برای کود دامی کم‌ترین مقدار در بین انرژی‌های ورودی بود که این مسئله نشان‌دهنده عدم رواج یافتن فرهنگ مصرف کودهای دامی به‌جای شیمیایی بود. این محققین سهم کودهای دامی را 1/8 درصد از کل انرژی‌های مصرفی ورودی گزارش کردند. در آزمایش حاضر متأسفانه این سهم برای روش آبیاری بارانی و نشتی صفر و در آبیاری قطره‌ای 2/81 درصد از کل ورودی‌ها بود. در کانادا هوئپنر و همکاران (Hoeppner et al., 2005) نشان دادند که انرژی ورودی انرژی ورودی نظام‌های ارگانیک که عمدتاً از کودهای دامی استفاده می‌شود تقریباً 50 درصد کم‌تر از سیستم‌های رایج می‌باشد.

آفت‌کش‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری تفاوت مقادیر انرژی‌های مصرفی آفت کش‌ها (علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و کنه‌کش) در روش‌های آبیاری بود (جدول 4). انرژی مصرفی ناشی از

مصرف علف‌کش‌ها در روش قطره‌ای بیش‌ترین و آبیاری نشتی در رده بعدی قرار گرفت. در سیستم آبیاری بارانی از علف‌کش‌ها استفاده نشد (جدول 5). سهم انرژی مصرفی علف‌کش در روش‌های آبیاری قطره‌ای و نشتی از کل انرژی‌های ورودی به‌ترتیب 0/21 و 0/14 درصد بود. ایزد خواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010) گزارش کردند که سهم انرژی ناشی از مصرف علف‌کش از کل انرژی‌های ورودی در روش کشت سنتی 1/18 و در روش مکانیزه 1/36 درصد بود. این مقادیر برای حشره‌کش‌ها به‌ترتیب 0/94 و 0/86 بود. در کشت‌های سنتی و رایج منطقه جلگه رخ و در روش‌های آبیاری مورد مطالعه سهم انرژی‌های آفت کش‌ها کم‌تر از مقادیر ذکر شده توسط این محققین بود که نشان‌دهنده فرهنگ مصرف پایین آفت کش‌ها در منطقه است.

انرژی مصرفی حشره‌کش‌ها در آبیاری قطره‌ای بیش‌ترین و پس از آن آبیاری نشتی و بارانی در رده‌های بعدی قرار داشتند (جدول 5). سهم انرژی مصرفی حشره‌کش‌ها از کل انرژی ورودی در سیستم آبیاری قطره‌ای بیش‌ترین بود و آبیاری‌های نشتی و بارانی در رتبه‌های بعد بودند. از نظر میزان مصرف قارچ‌کش‌ها آبیاری قطره‌ای بالاترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داد و دو روش آبیاری دیگر تقریباً مشابه یکدیگر میزان مصرف انرژی ناشی از قارچ‌کش‌ها را داشتند (جدول 5). امّا از کل انرژی‌های ورودی، سهم انرژی قارچ‌کش در آبیاری قطره‌ای بیش‌ترین و آبیاری بارانی کم‌ترین بود. مصرف کم‌تر قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها و هم‌چنین کنه‌کش‌ها در سیستم آبیارانی بارانی نسبت به دو سیستم دیگر به‌دلیل شستشوی مداوم خاک روی برگ‌ها در این سیستم است. نشست خاک در دو سیستم آبیاری نشتی و قطره‌ای عامل مهمی در گسترش قارچ‌ها و کنه‌ها است و نیاز به مصرف آفت‌کش‌ها را ضروری می‌سازد. هم‌چنین کشاورزان در اطراف مزارع آبیاری بارانی، برای کنترل سرعت باد اقدام به کشت گیاهانی نظیر ذرت می‌کنند که نقش گیاه تله و یا انحرافی را در مورد آفات و بیماری‌ها بازی می‌کند و مصرف قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها را کاهش می‌دهد. مصرف قارچ‌کش‌ها نیز در این منطقه سهم کم‌تری نسبت به نتایج ایزدخواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010) داشت. قهدریجانی و همکاران (Ghahridjani et al., 2009) در بررسی کشت سیب‌زمینی در اصفهان گزارش کردند که انرژی ناشی از مصرف آفت‌کش‌ها کم‌ترین مقدار را در بین انرژی‌های ورودی داشت.

ماشین‌آلات و بذر

براساس نتایج تجزیه واریانس بین مقادیر انرژی‌های مصرفی ماشین‌آلات و بذر در روش‌های مختلف آبیاری اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول 4). انرژی مصرفی ماشین‌آلات در روش آبیاری بارانی بیش‌ترین و در روش‌های قطره‌ای و نشتی در رده‌های بعدی قرارگرفتند (جدول 5). در روش آبیاری بارانی انرژی مصرفی ماشین‌آلات در حدود نیمی از سهم انرژی مصرفی ورودی‌های کل بود (جدول 5). در روش نشتی به‌دلیل عدم استفاده از تجهیزات مکانیزه آبیاری، انرژی ماشین‌آلات کم‌ترین مقدار بوده و در روش‌های سنتی، ماشین‌آلات جهت خاک‌ورزی، برداشت و سیستم آبیاری استفاده شده است، لذا میزان انرژی بیش‌تری مصرف شده است. ارجمند و همکاران (Arjmand et al., 2004) در ارزیابی کشت سیب‌زمینی در آذربایجان شرقی گزارش کردند که انرژی بذر، ماشین‌آلات و سوخت بالاترین میزان را در انرژی‌های مصرفی کل به خود اختصاص دادند. انرژی ناشی از بذر مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای بالاترین و در آبیاری بارانی کم‌ترین مقدار بود. سهم انرژی بذر مصرفی از کل انرژی‌های ورودی در آبیاری نشتی بیش‌ترین و در آبیاری بارانی کم‌ترین بود. انرژی ناشی از ساخت ماشین‌آلات آبیاری قطره‌ای 6868 مگاژول برهکتار و در آبیاری بارانی 2756 مگاژول بر هکتار بود.

کل انرژی‌های ورودی و خروجی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار مقادیر کل انرژی‌های ورودی و خروجی بین روش‌های آبیاری بود (جدول4). میزان کل انرژی‌های ورودی و خروجی در روش آبیاری بارانی بیش‌ترین مقدار و پس از آن روش‌های آبیاری قطره‌ای و نشتی در رده‌های بعد قرار گرفتند (جدول 7). افزایش میزان انرژی‌های ورودی در آبیاری بارانی به‌دلیل افزایش انرژی ناشی از مصرف ماشین‌آلات، انرژی‌های مصرفی ساخت دستگاه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای و افزایش انرژی خروجی به‌علت بیش‌تر بودن عملکرد غده سیب‌زمینی در آبیاری بارانی و قطره‌ای نسبت به سایر روش‌ها بوده است.

کارایی مصرف انرژی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بازده انرژی در روش‌های آبیاری بود (جدول 4). بازده انرژی روش آبیاری قطره‌ای

بیش‌تر از سایر روش‌های آبیاری بود و پس از آن کارایی روش نشتی و بارانی تقریباً مشابه بودند که به‌دلیل کم‌تر بودن انرژی‌های ورودی مصرفی در این روش نسبت به‌روش آبیاری بارانی و بیش‌تر بودن انرژی خروجی نسبت به روش آبیاری نشتی است (جدول 7). براساس گزارش ایزدخواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010) میزان کارایی در کشت سیب‌زمینی متداول 2/44 و در کشت مکانیزه 4/43 بود. در روش آبیاری بارانی علی‌رغم عملکرد غده بالاتر نسبت به سایر روش‌های مورد بررسی، از کارایی مصرف انرژی کم‌تری برخوردار بود زیرا انرژی‌های ورودی مصرفی آن بیش‌تر از سایر روش‌ها بود. کوچکی و حسینی (Koocheki & Hossieni, 1994) کارایی انرژی را برای تولید چند محصول کشاورزی در استان خراسان رضوی برآورد کردند. بر مبنای محاسبات آن‌ها کارایی انرژی تولید سیب‌زمینی در مشهد و نیشابور، به‌ترتیب 0/75 و 0/7 بوده است. حاج سید هادی (Haj Seyed Hadi, 2006) نسبت انرژی را برای سیب‌زمینی 0/98 برآورد کرد.

انرژی خالص

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری مقادیر انرژی خالص بین روش‌های آبیاری بود (جدول 4). انرژی خالص در آبیاری بارانی بیش‌ترین و در آبیاری نشتی کم‌ترین میزان بود. ایزد خواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010) انرژی خالص را در کشت سنتی سیب زمینی 87484/88 مگاژول بر هکتار و در کشت مکانیزه 180357/03 مگاژول برهکتار گزارش نمودند. دلیل افزایش انرژی خالص در سیستم مکانیزه افزایش عملکرد محصول نسبت به روش سنتی و نیز کاهش انرژی‌های مصرفی ورودی در سیستم مکانیزه بود. در آزمایش حاضر انرژی‌های مصرفی ورودی در سیستم آبیاری بارانی بیش‌تر و عملکرد محصول نیز بالاتر بود. در سیستم آبیاری قطره‌ای انرژی‌های مصرفی ورودی و عملکرد غده بالاتر از سیستم نشتی بود و به این دلیل انرژی خالص نیز در آبیاری قطره‌ای بیش‌تر از نشتی بود.

بهره‌وری انرژی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم معنی‌داری مقادیر بهره‌وری انرژی بین روش‌های آبیاری معنی‌دار بود (جدول 4). میزان بهره‌وری انرژی از نظر مقدار در آبیاری قطره‌ای و نشتی بیش‌ترین و در آبیاری بارانی کم‌ترین بود (جدول 7). ایزدخواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010) بهره‌وری انرژی در مزارع سیب‌زمینی با روش کشت متداول 0/58 و در کشت مکانیزه 1/04 گزارش کردند. در سیستم آبیاری بارانی میانگین عملکرد غده سیب‌زمینی 45 تن در هکتار بود در حالی که این مقدار در آبیاری نشتی 38 تن در هکتار بود، امّا بهره‌وری انرژی در این دو سیستم آبیاری برابر بود که دلیل آن افزایش انرژی‌های مصرفی ورودی در سیستم آبیاری بارانی نسبت به آبیاری نشتی بود. به عبارتی دیگر افزایش عملکرد غده در سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای به‌نسبت سیستم آبیاری نشتی به‌نسبت افزایش انرژی‌های ورودی‌های مصرفی در آن‌ها جبران‌کننده بهره‌وری انرژی نبود و در رابطه بهره‌وری انرژی (تقسیم عملکرد به انرژی‌های ورودی) عدد مخرج کسر (انرژی‌های ورودی) در آبیاری بارانی و قطره‌ای بیش‌تر بود، اگرچه در مجموع بهره‌وری در هر سیستم آبیاری اختلاف معنی‌دار نداشت.

بنابر گزارش ایزدخواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010)، افزایش بهره‌وری انرژی در سیستم‌های مکانیزه بیش‌تر از سیستم‌های سنتی است، چرا که افزایش عملکرد ناشی از بهبود عملیات و نیز کاهش مصرف انرژی‌های اضافی ناشی از آبیاری و سایر عملیات می‌باشد. این نتیجه با نتیجه به‌دست آمده از آبیاری بارانی متفاوت بود چرا که در این سیستم در مزارع جلگه رخ استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی بیش‌تر استفاده شده و نیز فرسوده بودن و تعداد دفعات استفاده از ماشین‌آلات نیز دلیل افزایش انرژی‌های مصرفی سیستم آبیاری بارانی بود. عملکرد کم‌تر غده سیب‌زمینی در سیستم آبیاری نشتی نسبت به آبیاری بارانی و قطره‌ای و نیز کاهش انرژی‌های مصرفی ورودی در سیستم قطره‌ای نسبت به آبیاری بارانی و آبیاری نشتی نسبت به قطره‌ای سبب شد که بهره‌وری انرژی در سیستم‌های آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای و نشتی اختلاف معنی‌دار نداشته باشد. بهره‌وری انرژی در مورد محصولات مختلف گوجه‌فرنگی، پنبه و چغندرقند به ترتیب 1، 0/06 و 1/53 گزارش شد (Esengun et al., 2007; Erdal et al., 2007).

انرژی ویژه

با وجود اینکه نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم معنی‌داری مقادیر انرژی ویژه بین روش‌های آبیاری بود (جدول 4)، امّا میزان انرژی ویژه در آبیاری نشتی بیش‌تر از سایر روش‌ها و در آبیاری

قطره‌ای کم‌ترین بود (جدول 7). ایزدخواه و همکاران(Izadkhah et al., 2010) انرژی ویژه در مزارع سیب‌زمینی متداول و مکانیزه را به‌ترتیب 1/74 و 0/96 مگاژول در کیلوگرم گزارش کردند که از مقادیر به‌دست آمده در آزمایش حاضر بسیار کم‌تر بود (جدول 7). انرژی ویژه بیش‌تر در آبیاری نشتی ناشی از عملکرد کم‌تر آن نسبت به دو روش دیگر بود. کاناکی و همکاران (Canakci et al., 2005)، انرژی ویژه برای گندم، پنبه، ذرت، کنجد، گوجه‌فرنگی و هندوانه را به ترتیب 5/25، 11/24، 3/88، 16/21، 1/14، 0/98 و 0/97 گزارش کردند.

سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم

سهم انرژی‌های مستقیم از کل انرژی‌ها در آبیاری نشتی بیش‌ترین و در آبیاری بارانی کم‌ترین بود (جدول 6). در آبیاری نشتی انرژی ناشی از سوخت مقدار زیادی از انرژی‌های مستقیم را تشکیل داد که نسبت به بقیه روش‌ها بیش‌تر بود. سهم انرژی‌های غیرمستقیم در روش‌های آبیاری بارانی بیش‌ترین مقدار بود که پس از آن روش‌های آبیاری قطره‌ای و نشتی در رده‌های بعدی قرارگرفتند (جدول 6).

جدول 6- سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در سیستم‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و نشتی

Table 6- Contribution of direct and indirect energies in different irrigation methods.

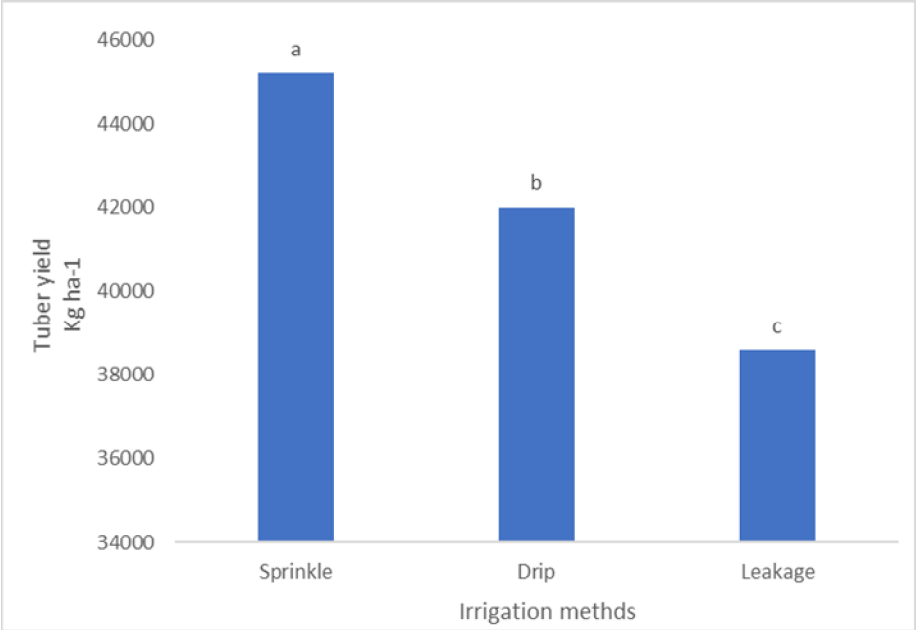
انرژی مستقیم Direct energy	آبیاری بارانی Sprinkle irrigation	آبیاری قطره‌ای Drip irrigation	آبیاری نشتی Leakage irrigation
نیروی انسانی Human labor	1.44	3.61	3.25
الکتریسیته Electricity	3.6	8.67	6.17
سوخت دیزلی Diesel fuel	24.73	27.68	37.84
انرژی مستقیم از کل Direct energy of total	29.77	39.96	47.26
انرژی غیرمستقیم Indirect energy			
ادوات و ماشین‌آلات Machinery	42.88	28.52	22.73
کود Fertilizer	11.17	12.75	10.8
آفتکش ها Pesticide	1.84	1.29	1.72
بذر Seed	14.34	17.48	17.49
انرژی غیرمستقیم از کل Indirect energy of total	70.23	60.04	52.74

دلیل بالا بودن انرژی‌های غیرمستقیم در آبیاری بارانی مربوط به انرژی ماشین‌آلات (6868 مگاژول بر هکتار)، انرژی ساخت تأسیسات بارانی(2756 مگاژول برهکتار) و پس از آن در آبیاری قطره‌ای انرژی ساخت ماشین‌آلات نسبت به سایر روش‌ها بود. کوچکی و حسینی (Koocheki & Hossieni, 1994) بیان داشتند که در یک سیستم کشاورزی رایج در حدود یک‌سوم انرژی ورودی به شکل مستقیم و دو سوم آن به شکل غیرمستقیم می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر در مورد روش آبیاری بارانی و تا حدودی آبیاری قطره‌ای مطابقت داشت، امّا با روش آبیاری نشتی در تناقض بود، زیرا در این مطالعه سهم انرژی‌های مستقیم در روش آبیاری نشتی 47 درصد از انرژی‌های ورودی بود. ایزد خواه و همکاران (Izadkhah et al., 2010) نشان دادند که نسبت انرژی‌های غیرمستقیم نسبت به مستقیم بیش‌تر بود. آن‌ها گزارش کردند که در کشت سیب‌زمینی رایج سهم انرژی‌های مستقیم 44/43 درصد و سهم انرژی‌های غیرمستقیم

55/57 درصد بود که این مقادیر در کشت مکانیزه به‌ترتیب 54/17 و 45/83 درصد بود.

عملکرد غده

مقایسه میانگین عملکرد غده سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری مورد بررسی در آبیاری بارانی بیش‌ترین و در آبیاری نشتی کم‌ترین بود (شکل1). در روش آبیاری بارانی توزیع بهتر آب قابل دسترس گیاه انجام می‌شود و هم‌چنین دمای هوای کانوپی کاهش می‌یابد زیرا در شرایطی که در ماه‌های تیر و مرداد بالا بودن دمای هوا باعث کاهش تولید محصول می‌شود آبیاری بارانی از دمای کانوپی کاسته و باعث دوام برگ، افزایش فتوسنتز و عملکرد می‌شود.



شکل1- عملکرد غده سیب‌زمینی در سیستم‌های مختلف آبیاری

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد نیستند.

Fig. 1- Potato tuber yield in different irrigation systems

Mean fallowed by the same letters in each row, are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

پس از این روش، آبیاری قطره‌ای به‌دلیل افزایش آب قابل دسترس به ریشه‌های در حال رشد بیش‌ترین عملکرد غده را تولید نمود. ایزد خواه و همکاران (1389) در بررسی سیستم کشت سنتی و مکانیزه، عملکرد غده را به‌ترتیب 35 و 55 تن در هکتار گزارش کرد که دلیل بیش‌تر بودن عملکرد سیب‌زمینی در سیستم مکانیزه بهبود شرایط آبیاری و کوددهی گزارش شد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این آزمایش با وجود این‌که عملکرد غده سیب‌زمینی در سیستم‌های آبیاری مکانیزه بارانی و قطره‌ای بیش‌تر از سیستم آبیاری نشتی بود، امّا از آن‌جا که مجموع انرژی‌های ورودی مصرفی دو سیستم مکانیزه به‌دلیل انرژی مصرفی بیش‌تر ساخت تأسیسات و ماشین‌آلات بالاتر بود شاخص‌های انرژی شامل کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه در این سه روش با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. البته از نظر صرفه‌جویی در مصرف آب و بهره‌وری از آن، کارایی برای سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای بالاتر خواهد بود.

جدول 5- مقایسه میانگین مقادیر معادل انرژی مصرفی در روش‌های مختلف آبیاری (مگاژول در هکتار) درمزارع سیب زمینی جلگه‌رخ

Table 5- Mean Comparison of consumption in different irrigation methods ($MJ.ha^{-1}$) of potato field in Jolgehrookh

	آبیاری بارانی Sprinkle irrigation		آبیاری قطره‌ای Drip irrigation		آبیاری نشتی Leakage irrigation	
نهاده‌ها Inputs	انرژی در هکتار Total energy equivalent ($MJ.ha^{-1}$)	درصد از کل انرژی Percentage of the total energy input (%)	انرژی در هکتار Total energy equivalent ($MJ.ha^{-1}$)	درصد از کل انرژی Percentage of the total energy input (%)	انرژی در هکتار Total energy equivalent ($MJ.ha^{-1}$)	درصد از کل انرژی Percentage of the total energy input (%)
نیروی انسانی Human labor	1539.59^{c*}	1.44	2553.22^{b}	3.61	3010.56^{a}	3.25
سوخت دیزلی Diesel fuel	26380.96^{b}	24.73	26099.79^{b}	27.68	35018.26^{a}	37.84
الکتریسیته Electricity	3843.58^{c}	3.6	5725.91^{a}	8.67	4209.53^{b}	6.17
ادوات و ماشین‌آلات Machinery	48906.1^{a}	42.88	23374.5^{b}	28.52	20577^{ab}	22.23
کود نیتروژن Nitrogen (N)	5569.39^{c}	5.22	8595.1^{b}	8.78	9152.61^{a}	9.89
کود فسفات Phosphate (P_2O_5)	444.5^{a}	0.41	277.66^{b}	0.29	444.33^{a}	0.48
کود پتاسیم Potassium (K_2O)	26^{b}	0.02	76^{a}	0.09	25.66^{b}	0.02
کود روی Zinc Fertilizer($ZnSO_4$)	4^{b}	0.003	4.29^{a}	0.42	1^{b}	0.001
سایر کودهای شیمیایی Other fertilizers	1630.09^{a}	1.52	501^{b}	0.51	333.98^{c}	0.36
کود حیوانی Farmyard manure	0^{b}	0	3000.81^{a}	3.06	0^{b}	0
علف‌کش Herbicide	0^{c}	0	182.63^{a}	0.19	123.3^{b}	0.13
قارچ‌کش Fungicide	369.12^{b}	0.34	604.28^{a}	0.61	368.06^{b}	0.39
حشره‌کش Insecticide	1.5^{c}	0.01	472.7^{a}	0.48	315.08^{ab}	0.34
بذر Seeds (potato)	15303.32^{ab}	14.34	17100	17.48	16200	17.5

*در هر ردیف میانگین‌هایی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد نیستند.

*Mean fallowed by the same letters in each row, are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

جدول 7- روابط بین انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی در روش‌های مختلف آبیاری

Table 7- Energy input-output relations in potato production in different irrigation methods

عنوان Items	آبیاری بارانی Sprinkle irrigation	آبیاری قطره‌ای Drip irrigation	آبیاری نشتی Leakage irrigation
انرژی ورودی Energy input ($MJ.kg^{-1}$)	106674.24^{a*}	97807.82^{ab}	92539.61^{b}
انرژی خروجی Energy output ($MJ.kg^{-1}$)	162000^{a}	151000^{b}	139000^{c}
کارایی انرژی Energy use efficiency	1.53^{a}	1.6^{a}	1.54^{a}
بهره‌وری انرژی Energy productivity ($kg.MJ^{-1}$)	0.41^{a}	0.44^{a}	0.43^{a}
انرژی ویژه Specific energy ($MJ.kg^{-1}$)	2.36^{a}	2.32^{a}	2.4^{a}
انرژی خالص Net energy ($MJ.ha^{-1}$)	55186.5^{a}	53392.18^{a}	46660.38^{b}

*در هر ردیف میانگین‌هایی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد نیستند.

*Mean fallowed by the same letters in each row, are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

منابع

Arjmand, A., and Hasanzadeh Ghourtapeh, A. 2004. Evaluation of energy consumption in potato cultivation case study, Eastern Azarbayejan. 8th Agronomy and plant Breeding Conference. Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. p. 26-34. (In Persian with English Summery)

Bazobandi, A., Bakhtiari, S., and Barzegar, B. 2013. Evaluation of energy efficiency in nutrition systems in Forage corn growth in Neishabour City. 1st National Congress on Sustainable Environment and Development, Arak, Iran. (In Persian with English Summery)

Canakci, M., Topakci, M., Akinc, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46:6 55–66.

Cecconc, C., and Giovanardi, R. 2002. Energy balance of four systems in north eastern Italy. Italian Journal of Agronomy 6: 73-78.

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H. and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32:35–41.

Esengun, K., Gunduz, O., and Erdal, G. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management 48:592–598.

Faraji, Y. 2005. Reviewing the current status of energy and energy indicators in agriculture in Abbas plain and providing appropriate development strategies. Master's thesis on Agricultural Mechanization. Faculty of Agriculture, Tabriz University. (In Persian with English Summery)

Ghahridjani, M., Kayhani, A.R., Tabatabayefar, A., and Omid, M. 2009. Investigation and determination of anger rate for potato production at different levels of cultivation in west of Isfahan. Journal of Agricultural and Natural Resources 16(1): 193-183. (In Persian with English Summery)

Gillard, C.L. 1993. A comparison of high input low input and organic cash cropping system. M.Sc. Thesis. University of Guelph. Guelph Ont.

Haj Seyed Hadi, M.R. 2006. Energy efficiency and ecological sustainability in conventional and integrated potato production system.www.actapress.comPaperInfo.AspxPaperID=23135.

Hasanzadeh Ghourtapeh, A., and Mazaheri, D. 1991. Estimation of energy balance in three wheat, potato and rice fields in Falavarjan region of Isfahan. Fourth Iranian Congress of Agriculture and Plant Nutrition. Isfahan University of Technology, Isfahan. Pp. 309-310. (In Persian)

Hoeppner, J., Hentz, M., McConkey, B., Zentner, R., and Nagy, C. 2005. Energy use and efficiency in two Canadian

organic and conventional crop production systems. Renewable Agriculture and Food Systems 21: 60-67.

Hossein Panahi, F., and Kafi, M. 2012. Evaluation of energy budeget and productivity of potato farm of Kurdistan province, case study; dehgolanplain. Journal of Agroecology 4(2): 169-159. (In Persian with English Summery)

Izadkhah, M., Tajbakhsh, M., and Hassanzadeh, A. 2010. Evaluation of energy efficiency of conventional and mechanized farming system on potato production in East Azarbyjan province. Iranian Journal of Field Crops Research 8(2): 284-297. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H., Kamkar, B., Lakzaei, S., Badsar, M., and Shahbyki, M. 2015. Energy flow analysis for rice production in different geographical regions of Iran. Energy 84: 390-396.

Kizilaslan, H. 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. Applied Energy 86: 1354–1358.

Koocheki, A., and Hoseini, M. 1994. Energy Performance in Agricultural Eco-systems. Ferdowsi University of Mashahd Press, Mashhad, Iran. P. 65-72. (In Persian)

Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.

Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., ShahinRafiee, S., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management 49:3566–3570.

Pimentel, D., Berardi, G., and Fast, S. 1983 Energy efficiency of farming systems: Organic and conventional Agriculture. Agriculture, Ecosystem and Environment 9: 359-372.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy 50: 54-61.

Zahedi, M., Mondani, F., and Eshghizadeh, H.R. 2015. Analyzing the energy balances of double-cropped cereals in an arid region. Energy Report 1: 49-43.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 859-876

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 876-859

Energy Efficiency Comparison of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production in Different Irrigation Methods in Jolgeh Rokh Torbat Heidarieh Region

V. Karimi[1], R. Sadrabadi Haghighi[2*], A.B. Bazregar[3] and M. Dargahi[1]

Submitted: 02-03-2018
Accepted: 12-06-2018

Karimi, V., Sadrabadi Haghighi, R., Bazregar, A.B., and Dargahi, M. 2019. Energy efficiency comparison of potato (*Solanum tuberosum* L.) production in different irrigation methods in Jolgeh Rokh Torbat Heidarieh region. Journal of Agroecology. 11(3): 859-876.

Introduction

Energy flow is one of the most important issues in agroecology. The amount of energy that is consumed in different agroecosystems not only depends on the type of crop but also on the material and methods that is used in its production. Potato plants are one of the most important crops that is produced in Torbat Heidarieh region, Khorasan Razavi Province of Iran. Different irrigation methods influence the energy consumption and production. Thus, the aim of this study is to compare energy efficiency of potato with different irrigation methods.

Material and Methods

In order to evaluate and compare the efficiency of energy consumption in potato production based furrow, sprinkle and drip irrigation methods, a study was carried out at 11 fields in the Jolgeh Rokh Torbat Heidarieh region in 2013- 2014 . The comparison was performed using a completel randomized, unbalanced design. In which the type of irrigation system was considered as the treatment and fields that were matched to each irrigation system as a replication. The studied traits included the amount of input and output energy, the equivalent energy of all inputs, and energy use efficiency, net energy, energy production and specific energy.

Result and Discussion

The largest amount of energy consumed by the human labor was due to furrow irrigation. The highest average of fossil fuel consumption was due to furrow irrigation method followed by sprinkle and drip irrigation. The amount of electricity consumed in the drip irrigation method had the highest amount compared to the other two methods. The most energy consumed by nitrogen fertilizers was related to furrow irrigation method, and the methods of irrigation of droplets and sprinklers in this regard were ranked in the following order, respectively. The amount of energy consumed by phosphorus fertilizers in irrigation was the least amount of droplets. This amount was in sprinkler irrigation and furrow irrigation respectively, although there was no significant difference between the two methods. The energy of using potassium fertilizers in the highest irrigation system was similar to the other irrigation systems. The energy consumption of herbicides was highest in drip methods and furrow irrigation was in the next category. Energy consumption of machinery was highest in sprinkler irrigation method. In the recent method, energy consumption of machinery was about half of the energy consumption of the total inputs. Indirect energy consumption for drip irrigation system was 6868 $MJ.ha^{-1}$ and in sprinkle irrigation 2756 $MJ.ha^{-1}$. Energy produced by seed was highest in drip irrigation method and the lowest in sprinkle irrigation. The total amount of input and output energy in sprinkler irrigation method was the highest (106674.24 and 162000 $MJ.ha^{-1}$), followed by drip irrigation (97807.82 and 151000 $MJ.ha^{-1}$) and furrow irrigation (92539.61 and 139000 $MJ.ha^{-1}$) were placed in the following categories. The energy use efficiency of the drip irrigation method 1.6 was more than other irrigation methods. Production energy in terms of amount of

1- MSc Graduated Agroecology Student, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
2- Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
3-Assistant professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Kashmar Branch, Islamic Azad University, Kashmar, Iran
(*-Corresponding Author Email: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71190

drip and furrow irrigation was the highest 0.44 and in sprinkle irrigation 0.41. Net energy was the highest in sprinkler irrigation (53392.18 $MJ.ha^{-1}$) and the lowest in furrow irrigation (46660.38 $MJ.ha^{-1}$). Production energy was highest in drip and furrow irrigation (0.44 and 0.43) and lowest in sprinkle irrigation (0.41). The specific energy in furrow irrigation (2.36) was higher than the other methods and in the drip irrigation with the lowest (2.32).

Conclusion

According to the results of the present research, in spite of higher yield of potatoes under sprinkle and drip irrigation systems, there were not significant differences among the energy indices; energy efficiency, energy productivity, and special energy; of three systems. This was due to more total input energy in the sprinkle and drip systems. Because the machinery and installations energy input in furrow irrigation system were lower than two other systems.

Keywords: Drip irrigation, Furrow irrigation, Indirect energy, Special energy, Sprinkle irrigation

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 892-877

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 877-892

ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمّی اکوتیپ‌های رازیانه تحت تنش خشکی

علی ایزانلو[1]، محمد ضابط[1]، سید حمید رضا رمضانی[2*] و عالیه جامی[3]

تاریخ دریافت: 96/03/03
تاریخ پذیرش: 97/04/04

ایزانلو، ع.، ضابط، م.، رمضانی، س.ح.ر.، و جامی، ع. 1398. ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمی اکوتیپ‌های رازیانه تحت تنش خشکی. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 892-877.

چکیده

تنش خشکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفوفنولوژیکی و عملکرد بذری هفت اکوتیپ مختلف رازیانه بود. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو مکان نرمال و تنش خشکی انتهای فصل در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال 1394 صورت پذیرفت. صفات مورد بررسی شامل تعداد روز تا 50% گل‌دهی، تعداد روز تا 50٪ رسیدگی، ارتفاع کل گیاه، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد شاخه‌های اصلی گیاه، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در بوته، تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چترک در چتر اصلی، طول میان‌گره انتهایی، تعداد میان‌گره و عملکرد دانه بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب هر دو مکان حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین اکوتیپ‌ها برای اکثر صفات مورد بررسی به‌جز تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد چتر بارور در بوته بود. نتایج همبستگی نشان داد که در شرایط نرمال عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چتر بارور در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار در حالی‌که با تعداد روز تا 50% گل‌دهی منفی بود و تحت شرایط تنش همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد دانه در چتر اصلی مثبت و معنی‌دار و با صفات تعداد چتر و طول میان‌گره انتهایی منفی و معنی‌دار بود. تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های مورد بررسی در دو شرایط نرمال و تنش مشابه و شامل دو گروه اول (ایلام، گناباد و خوسف) و دوم (مشهد، نیشابور، بجنورد و رومی) بود. اکوتیپ بجنورد در شرایط نرمال و اکوتیپ‌های مشهد، نیشابور، خوسف و بجنورد در شرایط تنش بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داده بودند. به‌طور کلی نتایج نشان داد که اکوتیپ بجنورد از عملکرد بیش‌تر و پایدارتری تحت هر دو شرایط نرمال و تنش برخوردار بوده و صفات تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و تعداد چتر بارور در بوته را می‌توان به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه و استفاده در برنامه‌های اصلاحی رازیانه محسوب نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تجزیه همبستگی، تنش کم‌آبی، بادیان

مقدمه

تقریباً 10 درصد از زمین‌های قابل‌کشت جهان به‌عنوان منطقه عاری از تنش طبقه‌بندی شده که تنش خشکی با 26 درصد از مهم‌ترین تنش‌ها محسوب می‌گردد، سایر تنش‌ها اغلب به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم از طریق تنش خشکی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تنش خشکی تقریباً تمام جنبه‌های رشد گیاه و بیش‌تر فرآیندهای فیزیولوژیک آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hung, 2000). تنش خشکی یکی از عمده‌ترین عوامل غیرزیستی محدودکننده رشد و عملکرد محصولات زراعی در اکثر مناطق دنیا بوده و باعث تغییراتی در رشد گیاهان دارویی، در مقدار و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها (نظیر آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها، روغن‌های فرار (عطرمایه‌ها) می‌گردد (Omid-Beygi, 2009). با توجه به محدود بودن سطح گسترش رویشگاهی برخی گونه‌ها، کشت و اهلی‌سازی

1- استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
2- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، آموزشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند
3- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: hrramazani@Birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.64621

گیاهان دارویی از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت است. بنابراین اهلی-سازی و توسعه کشت گیاهان اهلی‌شده، فشار برداشت از عرصه‌های طبیعی را برای بسیاری از گونه‌های گیاهی نادر و کند رشد که در معرض خطر انقراض هستند کاهش داده (Vogel, 2004) و امکان تولید مقادیر موردنیاز از مواد خام گیاهی را تضمین می‌نماید. طی فرآیند اهلی‌سازی، شناسایی دقیق گونه‌ها فراهم گردیده و کنترل کیفیت مواد خام گیاهی و تنظیم استانداردهای تولید گیاه دارویی امکان‌پذیر خواهد شد (Sabet Teimouri, 2016).

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان به حساب می‌آید و این عامل زمانی ایجاد می‌شود که ترکیباتی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در داخل گیاه شده و درنتیجه تولید را کاهش می‌دهند. هم‌چنین یک عامل کاهنده عملکرد بوده که این حالت حتی در مواردی‌که صدمه واردشده مشهود نباشد، نیز صادق است (Sarmadnia & Koocheki, 1991).

امروزه مشخص گردیده است که تنش خشکی همیشه به‌طور کامل مضر نیست و گزارش‌های مبنی بر تأثیر مثبت آن برساخت مواد مؤثره گیاهان دارویی و معطر وجود دارد. گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill)، یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی مورد استفاده انسان است. رازیانه از خانواده چتریان، گیاهی افراشته و دائمی است که بومی مدیترانه بوده و در بیش‌تر مناطق ایران نیز سازگار شده است (Yazdani et al., 2004). عطرمایه حاصل از دانه آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می-گیرد (Darzi & Haj-Seyed-Hadi, 2002). بررسی‌ها نشان داده است که اثر تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد در گیاهان مختلف در طی فصل متفاوت هست (Berenguer & Faci, 2001). پژوهش‌هایی که بر روی اکوتیپ‌های مختلف رازیانه انجام شده، بیانگر این موضوع می‌باشد که اثرات متقابل محیط در اکوتیپ در این گیاه مهم بوده و این اثرات در بسیاری از صفات مهم عملکردی اعم از عملکرد دانه و روغن، بسیار معنی‌دار می‌باشد (Lal, 2008). جانگیر و سینگ (Jangir & Singh,1996) اثرسه تیمار تعداد آبیاری (شامل 4، 5 و 6 آبیاری در طول فصل رشد) را بر عملکرد زیره سبز بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر دانه و اجزاء عملکرد داشت و انجام پنج آبیاری باعث افزایش عملکرد در مقایسه با چهار آبیاری شد، اما آبیاری بیش‌تر (شش آبیاری) افزایشی در عملکرد ایجاد نکرد. گزارش بونتین و چانگ (Buntain & Chung, 1994) حاکی از افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد عطرمایه رازیانه با آبیاری کامل در طی فصل رشد بود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) با مطالعه اثر فواصل مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد در توده بومی رازیانه نشان دادند که آبیاری تأثیر معنی‌داری بر اندام‌های رویشی و زایشی رازیانه داشت، به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری، ارتفاع، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل، تعداد انشعاب‌های فرعی در مترمربع، تعداد چتر در انشعاب فرعی، تعداد چترک در چتر در بوته، تعداد چتر بارور در انشعاب اصلی، تعداد کل چتر در انشعاب فرعی، تعداد چترک در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه روند کاهشی داشت. بیش‌ترین عملکرد دانه رازیانه در توده بومی کرمان با فواصل آبیاری 10 روز و تراکم 100 بوته در مترمربع گزارش شد. امامی و همکاران (Emami et al., 2010) نیز با بررسی تأثیر دور آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد چهار رقم رازیانه نشان دادند که اثر دور آبیاری بر تمامی صفات آزمایشی معنی‌دار بود. رقم نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد چتر، تعداد چتر ناقص، تعداد دانه در خوشه، عملکرد دانه و وزن هزار دانه داشت. وجود ژرم-پلاسم گسترده، وجود تنوع ژنتیکی بین گونه‌ها، نیاز آبی کم و مقاومت به خشکی ازجمله عواملی است که اهمیت گیاه رازیانه را زیاد کرده است (Charles et al., 1993). علی‌رغم گرایش به سمت کشت و مصرف فرآورده‌های طبیعی در دنیا از یک طرف و اهمیت دارویی گیاه رازیانه در مقایسه با سایر گیاهان از سوی دیگر، مطالعات معدودی بر روی این گیاه انجام شده‌است و تاکنون تولید بذور اصلاح شده در این گیاه گزارش نشده است. بنابراین، هدف از این آزمایش ارزیابی خصوصیات مورفو-فنولوژیکی و کمّی اکوتیپ‌های مختلف رازیانه و گزینش مقاومت و سازگاری اکوتیپ‌ها تحت تنش خشکی و بهره‌برداری از آن جهت اجرای برنامه‌های اصلاحی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی در هفت اکوتیپ مختلف رازیانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در سال 1394 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا گردید. اکوتیپ‌های مورد استفاده شامل خوسف، مشهد، نیشابور، گناباد، بجنورد، ایلام و رومی بودند. بذور هر اکوتیپ در کرت‌های با ابعاد یک مترمربع کشت

گردید. در طی فصل رشد عملیات زراعی معمول از قبیل وجین علف‌های هرز صورت پذیرفت و بیماری و آفات نیز مشاهده نشد. بر اساس آزمایش خاک مقدار 100 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و 150 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، قبل از کشت به خاک اضافه شد. نیمی از نیتروژن مورد نیاز هر کرت در اولین آبیاری پس از تنک کردن نهایی بوته‌ها با استفاده از منبع کود اوره تأمین گردید و نیم دیگر نیتروژن در اواخر خرداد هم‌زمان با شروع فاز زایشی گیاه داده شد. به‌منظور حصول تراکم مطلوب بعد از تنک کردن تعداد 10 بوته در مترمربع به‌عنوان تراکم نهایی در نظر گرفته شد (Khorshidi et al., 2010; Bahmani et al., 2015). تاریخ کاشت اواخر اسفند 1393و بذور به‌صورت دستی با عمق دو تا سه سانتی‌متر و به‌صورت کرتی کشت شد. تنش خشکی در مرحله گل‌دهی در اواخر خرداد ماه اعمال گردید. تا قبل از اعمال تنش، آبیاری هر دو قطعه نرمال و تنش به‌صورت نرمال و بر اساس 80 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت پذیرفت. با شروع تنش خشکی در آزمایش نرمال آبیاری به‌صورت نرمال و بر اساس 80 میلی‌متر تبخیر بود، ولی اعمال تنش در آزمایش تنش خشکی بر اساس 180 میلی‌لیتر تبخیر صورت گرفت (Ahmadi et al., 2014).

پنج بوته به تصادف از هر کرت گزینش و اندازه‌گیری صفات بر روی آن‌ها صورت پذیرفت. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل تعداد روز تا 50% گل‌دهی، تعداد روز تا 50٪ رسیدگی، ارتفاع کل گیاه، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد شاخه‌های اصلی گیاه، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در بوته، تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چترک در چتر اصلی، طول میان‌گره انتهایی، تعداد میان‌گره و عملکرد دانه بود. زمان برداشت برای اکوتیپ‌های زودرس اواخر مرداد و در اکوتیپ‌های دیررس در شهریورماه و قبل از ریزش بذور بود. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار GenStat 12 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای تجزیه خوشه‌ای با استفاده از صفات مورد بررسی از معیار مربع فاصله اقلیدسی و از روش وارد (Ward) استفاده گردید. دندروگرام تجزیه خوشه‌ای و محاسبه ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت پذیرفت. برای رسم بای‌پلات از نرم‌افزار GenStat 12 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب حاکی از آن بود که اثر اکوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات مطالعه‌شده به‌جز تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد چتر بارور در بوته معنی‌دار ($P<0/01$) بود (جدول 1). هم‌چنین قابل ذکر است که اثرات متقابل آزمایش تنش خشکی بر اکوتیپ بر تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد. نتایج نشان داد که آزمایش تنش خشکی برای تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده به‌جز عملکرد دانه (در سطح احتمال پنج درصد) و ارتفاع گیاه (درسطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار نشد (جدول 1). لذا مقایسات میانگین به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت.

مقایسه میانگین و برآورد وراثت‌پذیری صفات

مقایسه میانگین عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش خشکی نشان داد که بین اکوتیپ‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) وجود دارد؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان مربوط به اکوتیپ‌های بجنورد و مشهد (به‌ترتیب با 359/4 و 359/1) و کم‌ترین آن مربوط به اکوتیپ گناباد با متوسط عملکرد کل 97/8 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 2). در مورد صفت ارتفاع بوته در مجموع دو شرایط تنش و نرمال، اختلاف بین بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع مشاهده شده در اکوتیپ‌های مورد مطالعه به بیش از دو برابر رسید، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع مربوط به اکوتیپ گناباد (119/7 سانتی‌متر) و کم‌ترین آن مربوط به رقم رومی (52/2 سانتی‌متر) بود (جدول 2). بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس آزمایش تنش در بقیه صفات، تأثیر معنی‌داری نداشته است(جدول 1). نتایج حاکی از آن بود که اثرات متقابل تنش در اکوتیپ به‌جز در صفات عملکرد دانه، تعداد چتر و تعداد چتر بارور در بوته ($P<0/01$) معنی‌دار نشده است (جدول 1).

تیمار اکوتیپ بر کلیه صفات به‌جز تعداد شاخه‌های اصلی بوته و تعداد چتر بارور در بوته تأثیر معنی‌داری ($P<0/01$) نشان داد که دال بر وجود تنوع ژنتیکی بین آن‌ها می‌باشد. جدول مقایسه میانگین صفات نیز حاکی از آن است که اکوتیپ‌های مختلف از نظر صفات مورد مطالعه نتایج متفاوتی از خود نشان دادند. تفاوت بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه در مورد عملکرد دانه این مشهودتر بود؛ به‌طوری‌که در اکثر اکوتیپ‌ها به‌جز رومی و بجنورد عملکرد در شرایط آبی کم‌تر از شرایط دیم بود. ممکن است بتوان علت این موضوع را به تاریخ کاشت نسبت داد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف رازیانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش

Table 1- Analysis of variance (mean of squers) for fennel in normal irrigation and stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	تعداد روز تا ۵۰٪ رسیدگی Days to 50% maturity	تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering	تعداد میان‌گره No. Internods	طول میان‌گره انتهایی Terminal internode length	تعداد چترک در چتر اصلی No. umbelets/main umb.	تعداد دانه در چتر اصلی No. seeds/main umbrella	تعداد چتر بارور در بوته Effective No. of umbrella	تعداد چتر No. umb.	تعداد شاخه‌های اصلی بوته No. branches/ plant	ارتفاع تا چتر اصلی Height of main umb.	ارتفاع گیاه Plant height
آزمایش تنش Experiment	1	3.405*	32.6 ns	18.7 ns	1.305 ns	0.01405 ns	0.057 ns	14.079 ns	0.2049 ns	0.0086 ns	3.622 ns	10.84 ns	367.8*
آزمایش در تکرار Exp.× Rep.	4	1.0419	16.4	54.0	3.488	0.0088	3.038	7.67	0.012	0.0238	2.415	40.83	218.3
اکوتیپ Ecotype	6	7.58**	1469.0**	3498**	29.3**	0.057**	59.27**	39.37**	0.053 ns	0.09**	3.029 ns	1285**	2628**
آزمایش در اکوتیپ Ecotype.× Irrig	6	4.03**	42.6 ns	168.8 ns	6.711 ns	0.017 ns	5.314 ns	2.081 ns	0.156**	0.06**	3.362 ns	64.61 ns	84.83 ns
خطا Error	24	0.7616	41.74	116.2	3.977	0.0132	3.948	4.39	0.048	0.018	1.735	52.63	71.1
ضریب تغییرات CV (%)		24.0	5.0	13.8	24.5	12.7	16.2	16.3	20.3	9.1	16.4	11.4	9.8

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns: غیرمعنی‌دار

*, ** and ns significant at 5 and 1% and non-significant, respectively.

جدول ۲- وراثت‌پذیری و مقایسه میانگین صفات موردبررسی در شرایط تنش و آبیاری نرمال

Table 2- Heritability and mean comparison of different charcteristics in normal irrigation and stress conditions

اکوتیپ Ecotype	تعداد دانه در چتر اصلی No. seeds/main umbrella			تعداد چتر بارور Effective no. of umbrella			تعداد چتر No. umb.			تعداد شاخه‌های اصلی گیاه No. branches/ Plant			ارتفاع تا چتر اصلی Height of main umb. (cm)		
	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total
خوسف Khoosf	9.13 b	11.03 b	10.1 b	1.14 a	0.92 a	12.1 a	26.8 b	27.7 a	27.2 bc	7.50 a	7.17 a	7.3 a	71.5 a	69.0 a	70.2 b
مشهد Mashhsad	15.73 a	15.07 a	15.4 a	1.21 a	1.22 a	16.9 a	37.8 b	35.5 a	36.7 ab	9.17 a	7.50 a	8.3 a	58.8 b	60.2 b	59.5 c
نیشابور Neyshabour	14.70 a	15.50 a	15.1 a	1.01 a	1.07 a	11.3 a	24.0 b	29.5 a	26.7 bc	7.50 a	6.67 a	7.1 a	54.3 b	61.2 b	57.7 c
گناباد Gonabad	9.50 b	12.33 b	10.9 b	1.38 a	0.91a	19.1 a	69.2 a	29.0 a	49.1 a	9.38 a	7.33 a	8.6 a	82.8 a	95.2 b	89.0 a
رومی Roman	11.67 b	12.33 b	12.0 b	1.01 a	1.01a	10.3 a	18.5 b	16.8 a	17.7 c	8.50 a	7.00 a	7.7 a	43.7 b	42.3 b	43.0 d
ایلام Ilam	9.43 b	11.51 b	10.1 b	1 .27a	0.63 a	12.6 a	41.0 b	32.6 a	34.7 ab	8.33 a	9.89 a	8.9 a	71.5 a	69.1 b	70.1 b
بجنورد Bojnourd	15.77 a	16.27 a	16.0 a	1.00 a	1.28 a	14.7 a	26.2 b	48.0 a	37.1 ab	7.50 a	8.67 a	8.1 a	58.5 b	51.3 b	54.9 c
LSD	2.50			0.26			13.10			1.57			12.25		
Heritability وراثت‌پذیری	72.6			38.9			59.5			19.9			88.6		

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشند. Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level by LSD test

ادامه جدول ۲- وراثت‌پذیری و مقایسه میانگین صفات موردبررسی در شرایط تنش و آبیاری نرمال

Continued table 2- Heritability and mean comparison of different charcteristics in normal irrigation and stress conditions

نام اکوتیپ Ecotype	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})			تعداد روز تا ۵۰٪ رسیدگی Days to 50% Maturity			تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی Days to 50% flowering			تعداد چترک در چتر اصلی No. umbelets/main umb.		
	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total
خوسف Khoosf	343.8 ^{a}	68.4 ^{b}	206.1 ^{b}	146.0 ^{a}	143.7 ^{a}	144.8 ^{a}	96.7 ^{a}	105.3 ^{a}	101.0 ^{a}	7.00 ^{d}	9.00 ^{b}	8.00 ^{b}
مشهد Mashhsad	397.2 ^{a}	321.0 ^{ab}	359.1 ^{a}	126.7 ^{b}	129.3 ^{b}	128.0 ^{b}	76.7 ^{b}	52.7 ^{b}	64.7 ^{b}	14.33 ^{b}	14.00 ^{a}	14.16 ^{a}
نیشابور Neyshabour	331.2 ^{a}	186.0 ^{b}	258.6 ^{a}	124.0 ^{b}	122.7 ^{b}	123.3 ^{b}	52.7 ^{b}	54.3 ^{b}	53.5 ^{b}	13.67 ^{b}	13.50 ^{a}	13.58 ^{a}
گناباد Gonabad	43.2 ^{c}	152.4 ^{b}	97.8 ^{bc}	146.0 ^{a}	146.0 ^{a}	146.0 ^{a}	106.7 ^{a}	105.3 ^{a}	106.0 ^{a}	8.00 ^{d}	8.17 ^{b}	8.08 ^{b}
رومی Roman	204.6 ^{b}	214.2 ^{b}	209.4 ^{b}	107.0 ^{b}	107.0 ^{b}	107.0 ^{d}	62.0 ^{b}	62.0 ^{b}	62.0 ^{b}	17.17 ^{a}	14.67 ^{a}	15.92 ^{a}
ایلام Ilam	228.6 ^{b}	66.6 ^{b}	147.6 ^{b}	146.0 ^{a}	146.0 ^{a}	146.0 ^{a}	101.0 ^{a}	106.7 ^{a}	103.8 ^{a}	10.50 ^{c}	12.99 ^{a}	11.74 ^{a}
بجنورد Bojnourd	220.8 ^{a}	498.0 ^{a}	359.4 ^{a}	110.7 ^{b}	124.0 ^{b}	117.3 ^{bc}	56.0 ^{a}	56.0 ^{b}	56.0 ^{b}	15.50 ^{b}	13.33 ^{a}	14.41 ^{a}
LSD	11.76			7.69			12.85			2.37		
وراثت پذیری Heritability	74.8			91.9			90.6			82.3		

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشند. Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

ادامه جدول ۲- وراثت‌پذیری و مقایسه میانگین صفات موردبررسی رازیانه در شرایط تنش و آبیاری نرمال

Continued table 2- Heritability and mean comparison of different charcteristics of fennel in normal irrigation and stress conditions

نام اکوتیپ Ecotype	تعداد میان‌گره No. internods			طول میان‌گره انتهایی Terminal internode length (cm)			ارتفاع گیاه Plant height		
	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total	تنش Stress	نرمال Normal	کل Total
خوسف Khoosf	5.60 a*	5.09 c	5.07 bc	8.67 b	8.95 a	8.81 a	91.7 b	94.0 b	92.8 bc
مشهد Mashhsad	11.43 a	8.16 b	9.79 a	6.50 b	6.62 a	6.56 b	82.2 b	80.2 b	81.2 cd
نیشابور Neyshabour	8.93 a	9.98 a	9.45 a	6.33 b	5.83 a	6.08 b	69.0 b	84.7 b	76.8 d
گناباد Gonabad	7.27 a	9.58 a	8.42 b	19.67 a	8.33 a	14.00 a	111.5 a	128.0 a	119.7 a
رومی Roman	5.72 a	5.15 c	5.43 b	9.17 b	9.17 a	9.17 a	53.0 c	51.5 c	52.2 e
ایلام Ilam	5.95 a	9.08 a	7.51 b	9.33 b	8.41 a	8.87 a	96.2 b	100.8 b	96.9 b
بجنورد Bojnourd	11.02 a	11.33 a	11.17 a	6.17 b	7.17 a	6.67 b	76.7 b	82.5 b	79.6 d
LSD	2.40			6.29			10.08		
وراثت پذیری Heritability	67.8			52.7			92.4		

*در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

*Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

بدین‌صورت‌که در شرایط تنش به‌دلیل گل‌دهی زودهنگام گیاه توانسته است از گرمای شدید تابستان و بادهای 120 روزه منطقه فرار کند، بنابراین این گل‌ها به دور از گرمای شدید بارور شده‌اند، درحالی‌که در شرایط نرمال گل‌دهی و در نتیجه گرده‌افشانی گیاه مصادف با شرایط نامساعد شده و در نتیجه عملکرد گیاه در این دو شرایط متفاوت شده‌است. هم‌چنین ممکن است بتوان این موضوع را

به همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -0/59) بین عملکرد دانه و تاریخ گل‌دهی در شرایط تنش مرتبط دانست، به‌گونه‌ای که گل‌دهی با تاخیر منجر به کاهش عملکرد دانه شده است (جدول 4). طبق نتایج وراثت‌پذیری صفات، همه صفات به‌جز صفت تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد چتر مؤثر در بوته (به‌ترتیب با 19/9 و 38/9) وراثت‌پذیری بالایی از خود نشان دادند. در مطالعه حاضر بیش‌ترین و کم‌ترین میزان وراثت‌پذیری به‌ترتیب مربوط به صفات تعداد روز تا 50 درصد رسیدگی و تعداد شاخه‌های اصلی گیاه (به‌ترتیب با 91/9 و 19/9 درصد) بود. قابل ذکر است که میزان وراثت‌پذیری صفت عملکرد دانه 74/8 درصد برآورد گردید. از آن‌جا که میزان وراثت‌پذیری بیش‌تر صفات نشان‌دهنده سهم بیش‌تر عوامل ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی در کنترل آن‌ها می‌باشد، لذا می‌توان در انتخاب اکوتیپ‌های برتر به این صفات توجه بیش‌تری نشان داد (Bahmankar et al., 2014).

تجزیه همبستگی

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی در شرایط نرمال (جدول 3، قسمت بی‌رنگ) نشان داد که عملکرد دانه، به‌عنوان مهم‌ترین صفت در گزینش اکوتیپ برتر رازیانه، با صفات تعداد دانه در چتر اصلی و تعداد چتر بارور گیاه در سطح احتمال یک درصد و با صفت تعداد میان‌گره در سطح احتمال پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داده است. در مطالعه حاضر همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد روز تا گل‌دهی اکوتیپ‌ها مشاهده گردید (جدول 3). همان‌گونه که اشاره شد، دلایل رابطه منفی بین دو صفت مذکور را می‌توان به هم‌زمان شدن مرحله گل‌دهی با درجه حرارات بالا برخی از اکوتیپ‌های ناسازگار نسبت داد که این موضوع منجر به عملکرد دانه کاهش یافته است. همبستگی بالای صفات تعداد دانه در چتر اصلی، تعداد چتر بارور گیاه، تعداد میان‌گره و تعداد روز تا گل‌دهی با عملکرد نشان‌دهنده وجود تأثیر مستقیم و غیرمستقیم این صفات بر روی عملکرد دانه است. نتایج نشان داد در شرایط نرمال، تعداد دانه در چتر اصلی با صفت تعداد چتر و هم‌چنین با تعداد چترک در چتر اصلی در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول 3، قسمت بی‌رنگ).

نتایج همبستگی نشان داد در شرایط تنش صفت عملکرد دانه با صفات تعداد چتر در بوته و طول میان‌گره انتهایی همبستگی منفی و معنی‌دار و با تعداد دانه در چتر اصلی مثبت و معنی‌دار بود داشت (جدول 3- رنگ تیره). هم‌چنین نتایج نشان داد که ارتفاع بوته با ارتفاع تا چتر اصلی در سطح احتمال یک درصد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. صفت تعداد چتر بارور در گیاه با صفت ارتفاع گیاه، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد چتر و تعداد شاخه اصلی، تعداد روز تا گل‌دهی و رسیدگی همبستگی مثبت و با صفت تعداد چترک در چتر اصلی همبستگی منفی دارا بود (جدول 3- رنگ تیره). هم‌چنین همبستگی مثبت بین تعداد روز تا گل‌دهی و صفات ارتفاع، ارتفاع تا چتر اصلی، تعداد چتر، تعداد شاخه‌های اصلی گیاه، تعداد چتر بارور و تعداد روز تا رسیدگی مشاهده شد، ولی همبستگی این صفت با تعداد چترک در چتر اصلی و تعداد دانه در چتر اصلی منفی و معنی‌دار بود (جدول 3- رنگ تیره).

تجزیه بای پلات اکوتیپ × صفت

در شرایط نرمال

در مطالعات مربوط به بررسی روابط ژنتیکی بین صفات از بای‌پلات نیز می‌توان استفاده نمود. برای این منظور یک جدول دو طرفه ژنوتیپ × صفت ایجاد می‌شود. بای پلات می‌تواند برای تجسم همبستگی ژنتیکی، بین صفات به کار گرفته شود که از نظر درک روابط بین صفات مختلف در اصلاح‌نباتات از اهمیت بالایی برخوردار است. درک این روابط برای تعیین صفاتی که برای انتخاب غیرمستقیم صفت وابسته به کار گرفته می‌شوند، حائز اهمیت است. در تحقیق حاضر برای نشان دادن روابط بین صفات از طریق بای‌پلات از جدول دو طرفه ژنوتیپ × صفت استفاده گردید. با توجه به شکل 1، در شرایط نرمال، در ناحیه A به‌عنوان برترین ناحیه و اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد بهترین عملکرد را در بین اکوتیپ‌ها از خود نشان دادند. هم‌چنین در این شرایط اکوتیپ‌های ایلام، گناباد و خوسف از نظر ارتفاع کل بوته، طول میان‌گره، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد شاخه‌های اصلی بیش‌ترین مقدار را دارا بودند.

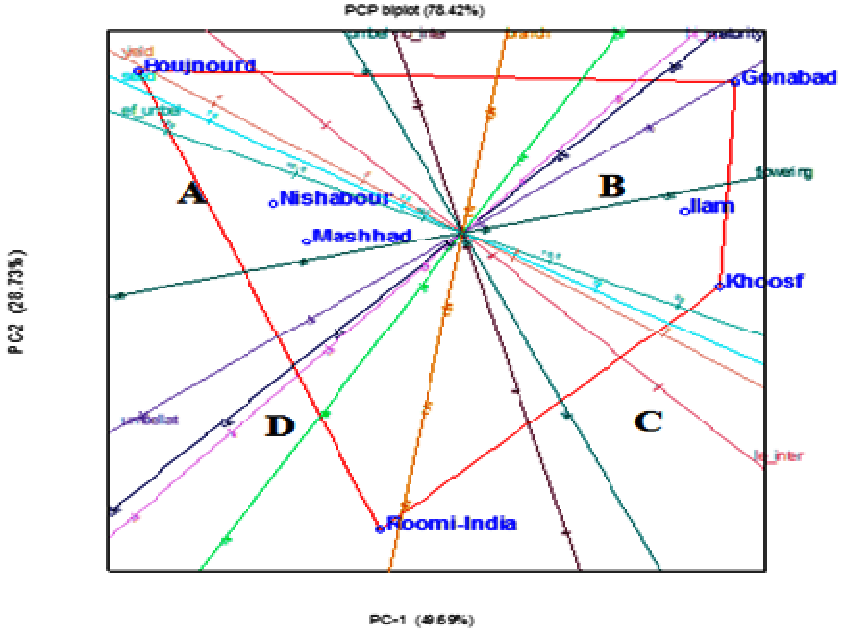
جدول۳- تجزیه همبستگی صفات رازیانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش

Table 3- Correlation analysis for fennel characteristics in normal irrigation and stress conditions

		ارتفاع گیاه	ارتفاع تا چتر اصلی	تعداد چتر	تعداد شاخه‌های اصلی گیاه	تعداد چترک در چتر اصلی	تعداد دانه در چتر اصلی	تعداد چتر بارور در بوته	طول میان‌گره انتهایی	تعداد میان‌گره	عملکرد دانه	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی	روز تا ۵۰٪ رسیدگی
		Plant height (cm)	Height of main umb. (cm)	No. umb.	No. branches/ Plant	No. umbelets/ main umb.	No. seeds/main umbrella	Effective No. of umbrella	Terminal internode length (cm)	No. internods	Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	Days to 50% flowering	Days to 50% maturity
Plant height (cm)	ارتفاع گیاه	1	0.97**	0.70**	0.24	-0.72**	-0.44**	0.49**	0.53*	0.03	-0.44	0.73**	0.82**
Height of main umb.(cm)	ارتفاع تا چتر اصلی	0.92**	1	0.66**	0.16	-0.79**	-0.52**	0.48*	0.54*	-0.09	-0.38	0.74**	0.83**
No. umb.	تعداد چتر	0.21	-0.01	1	0.63**	-0.39	-0.26	0.79**	0.36	0.03	-0.48*	0.73**	0.47*
No. branches/ Plant	تعداد شاخه‌های اصلی گیاه	0.17	0.01	0.42	1	-0.04	-0.06	0.45*	0.17	0.01	-0.15	0.46*	0.09
No. umbelets/main umb.	تعداد چترک در چتر اصلی	-0.65**	-0.72**	0.15	0.10	1	0.58**	-0.46*	-0.25	0.42	0.20	-0.61**	-0.87**
No. seeds/main umbrella	تعداد دانه در چتر اصلی	-0.15	-0.28	0.61**	0.11	0.49*	1	-0.20	-0.41	0.72**	0.57*	-0.61**	-0.57**
Effective No. of umbrella	تعداد چتر بارور در بوته	-0.23	-0.36	0.68**	-0.08	0.40*	0.69**	1	-0.07	-0.13	-0.25	0.54*	0.47*
Terminal internode length (cm)	طول میان‌گره انتهایی	-0.07	0.05	-0.22	0.23	-0.24	-0.66**	-0.39	1	-0.04	-0.54*	0.38	0.32
No. internods	تعداد میان‌گره	0.38	0.20	0.53**	0.31	0.14	0.74**	0.33	-0.65**	1	0.31	-0.28	-0.36
Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه	-0.19	-0.39	0.43	0.05	0.28	0.59**	0.63**	-0.44	0.57*	1	-0.42	-0.21
Days to 50% flowering	روز تا ۵۰٪ گل‌دهی	0.64**	0.65**	-0.20	0.09	-0.69**	-0.60**	-0.60**	0.49*	-0.13	-0.59**	1	0.68**
Days to 50% Maturity	روز تا ۵۰٪ رسیدگی	0.73**	0.64**	0.13	-0.01	-0.52**	-0.33	-0.21	0.05	0.18	-0.33	0.77**	1
												نرمال Normal	تنش Stress

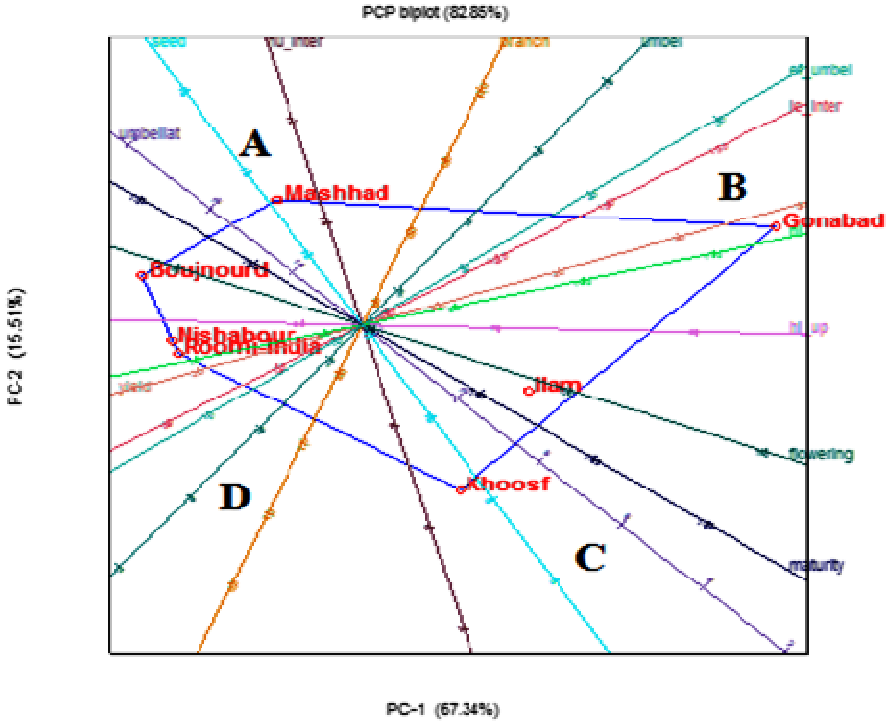
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns,* and **: non-significant and significant at 5 and 1%, respectively.



شکل 1- بررسی رابطه بین صفات مختلف رازیانه با استفاده از بای‌پلات اکوتیپ × صفت (GT bi-plot) در شرایط آبیاری نرمال

Fig. 1- The relationships between different traits of fennel using ecotype × trait Bi-plot (GT bi-plot) in normal irrigation condition



شکل 2- بررسی رابطه بین صفات مختلف رازیانه با استفاده از بای‌پلات اکوتیپ × صفت (GT Bi-plot) در شرایط تنش

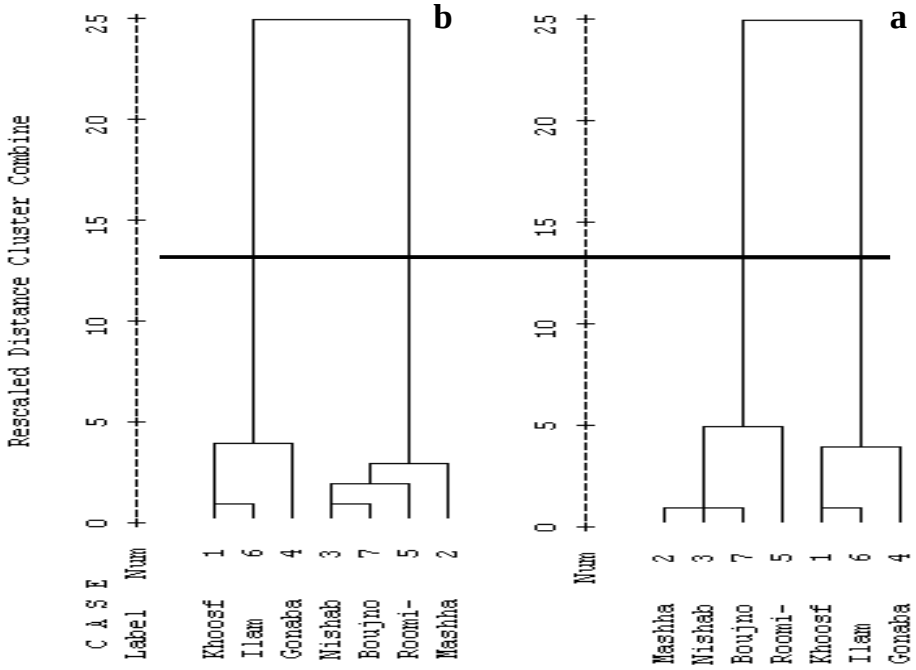
Fig. 2- The relationships between different traits of fennel using ecotype×trait Bi-plot (GT bi-plot) in stress condition

در شرایط تنش

در شرایط تنش (شکل 2) نیز ناحیه A به‌دلیل قرار گرفتن صفات عملکردی در این منطقه اکوتیپ‌های بجنورد، مشهد، نیشابور و رومی بهترین عملکرد و اکوتیپ‌های ایلام و خوسف عملکرد متوسطی را از خود نشان دادند.

تجزیه خوشه‌ای صفات مختلف در شرایط نرمال و تنش

به‌منظور تعیین قرابت ژنتیکی اکوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس میانگین‌های صفات، تجزیه خوشه‌ای در دو حالت شرایط نرمال و شرایط تنش خشکی با استفاده از روش وارد (Ward, 1963) انجام شد. تجزیه خوشه‌ای در دو حالت مذکور، اکوتیپ‌های مورد بررسی را در دو گروه مجزا قرار داد (شکل 3). اکوتیپ‌های مشهد، نیشابور و بجنورد و رومی در یک گروه و اکوتیپ‌های خوسف، ایلام و گناباد در گروه دیگر، قرار گرفتند.



شکل 3- تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط a) نرمال و b) تنش

Fig 3- The cluster analysis based on traits in conditions of a) Normal, b) Stress

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد (جدول 1) که اکوتیپ‌های رازیانه مورد مطالعه در تمامی صفات به‌جز تعداد شاخه اصلی و تعداد چتر مؤثر گیاهی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری با هم داشتند که این نتیجه بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی برای صفات ارزیابی‌شده در شرایط تنش خشکی و نرمال بود. پاسخ متفاوت اکوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به تنش خشکی موجب شد که اثر متقابل اکوتیپ × تنش، برای صفات تعداد چتر، تعداد چتر مؤثر گیاهی و عملکرد دانه معنی‌دار شود.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در دو شرایط نرمال و تنش صفات تعداد چتر در بوته و تعداد چتر بارور در بوته بیش‌تر از سایر صفات مطالعه شده تحت تأثیر شرایط آزمایش قرار گرفته‌اند و از آن‌جا که همبستگی این دو صفت با عملکرد دانه معنی‌دار بوده، لذا تغییرات در دو صفت مذکور منجر به وقوع تغییرات در عملکرد دانه شده است. سایر محققان نیز به‌منظور حصول عملکرد بیش‌تر در رازیانه، پیشنهاد نمودند که بیش ترین تأکید در گزینش باید روی صفات ارتفاع بوته، شاخه‌های اولیه گیاهی، کل شاخه‌های گیاهی و تعداد چتر مؤثر گیاهی باشد (Patel et al., 2008). نتایج دیگر محققان نشان داده که اثر کودهای زیستی بر افزایش تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد

دانـه رازیانـه معنـی‌دار شـده اسـت (Koocheki et al., 2016; Gholami et al., 2015). در مطالعه حاضر، صفاتی از جمله ارتفاع و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش در سـطح احتمـال پـنج درصـد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند.

با توجه به جدول شماره 2، از نظر ارتفاع اکوتیپ‌هـای پاکوتـاه و پابلند به‌راحتی قابل تشخیص بودند به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفـاع در اکوتیپ گناباد و کم‌ترین ارتفاع در اکوتیپ رومی دیده شـد. محققـان گزارش نمودند که ارتفاع بوته در گیاهان دارویی تأثیر مثبتی بر روی عملکرد دارد (Bahmani et al., 2015)، از آن‌جا که در مطالعه حاضر کاهش ارتفاع بوته اکوتیپ گناباد در شرایط تنش نسـبت بـه شـرایط نرمال نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بیش‌تر بوده است، لذا این موضـوع را می‌توان در کاهش عملکرد دانه این اکوتیپ نیز در نظر گرفت. نتـایج حاکی از آن بود که از نظر تعداد چتر در شرایط نرمال تفاوت معنـی-داری بین اکوتیپ‌ها دیده نشد، امّا در شـرایط تـنش اکوتیـپ گنابـاد بیش‌ترین تعداد چتر و کم‌ترین میزان عملکرد دانه را نشان داده است که شاید بتوان دلیل آن را به صرف انرژی بیش‌تر این اکوتیپ جهـت تولید تعداد شاخه بالاتر نسبت داد و از آن‌جا که بین عملکـرد دانـه و تعداد چتر در شرایط تنش رابطه منفی وجود داشته، این امر منجر بـه کاهش عملکرد دانه در آن شده است. از لحاظ میزان عملکرد دانه در شرایط نرمال اکوتیپ‌ها به دو کلاس طبقه‌بندی شدند، به‌طـوری‌کـه اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد بیش‌ترین میزان دانه در چتر و بقیه اکوتیپ‌ها در کلاس پائین‌تر قرار گرفتند. بـرای صـفت عملکـرد دانه تحت تنش اکوتیپ‌ها نیز به دو کـلاس طبقـه‌بنـدی شـدند کـه اکوتیـپ بجنـورد بـیش‌تـرین عملکـرد در شـرایط نرمـال را داشـت درحالی‌که در شریط تنش اکوتیپ‌هـای مشـهد، نیشـابور، خوسـف و بجنورد بالاترین کلاس عملکردی، اکوتیـپ‌هـای رومـی و ایـلام در کلاس میانه و اکوتیپ گناباد کم‌ترین میزان عملکرد را نشان دادند.

با توجه به نتایج تجزیه همبستگی، عملکرد دانه در شرایط تنش دستخوش تغییراتی شده به‌طوری‌که افزایش تعداد چتر در اکوتیپ‌هـا باعث کاهش وزن دانه شده که نتیجه‌ی آن همبستگی منفـی تعـداد چتر با صفت عملکرد دانه بوده است. گرچه ممکن است بتـوان گفـت در شرایط تنش در اکثر اکوتیپ‌ها تعداد چتـر افـزایش یافتـه اسـت و احتمال دارد که این رخداد در نتیجه بیان ژن‌های کنترل‌کننده تعـداد چتر تحت شرایط تنش باشد، اما از آن‌جایی که تحـت شـرایط تـنش انرژی گیاه عمدتاً به جای افزایش عملکرد دانه صرف تولید تعداد چتر بیش‌تر شده است و طبق نتایج مطالعه حاضر رابطه بین عملکرد دانه و تعداد چتر تحت این شرایط منفی بوده است، لذا این موضوع منجر به دستخوش تغییراتی در عملکـرد دانـه شـده اسـت. مینـا و همکـاران (Meena et al., 2013) بـا بـرآورد ضـریب همبسـتگی فنـوتیپی و اکوتیپی نشان دادند که عملکرد دانه در گیاه ارتباط اکوتیپی مثبـت و معنی‌دار با مجموع ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر مؤثر گیاهی، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک در هر بوته و شاخص برداشت دارد.

در بررسی بای‌پلات اکوتیپ × صفت به‌منظور بررسی روابط بین متغیرها، طول بردار رسم‌شده از مبدأ مختصات به‌سمت مثبت افزایش و به‌سمت منفی کاهش را برای آن صفت نشان می‌دهـد. بـر اسـاس شکل 1 ناحیه A به‌دلیل حضور صفاتی چون عملکرد، تعـداد دانـه در بوته، تعداد چتر بارور در بوتـه و تعـداد چتـر در بوتـه بهتـرین ناحیـه معرفی‌شده و اکوتیپ‌هایی که در این ناحیه واقع می‌شوند در بروز این صفات بهتر از دیگر اکوتیـپ‌هـا عمـل کـرده‌انـد. در شـرایط نرمـال اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد بهتر از دیگر اکوتیپ‌ها و اکوتیپ بجنورد نیز به‌دلیل قرار گرفتن روی رأس چند ضلعی، بهترین اکوتیپ مطالعه حاضر معرفی می‌شود. در شرایط تنش (شکل 2) نیـز صـفات عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد چترک در چتـر اصـلی کـه از اجزای عملکرد دانه محسوب می‌شوند، در ناحیه A قـرار گرفتنـد. بـه همین دلیل به‌ترتیب اکوتیپ‌های بجنورد، نیشـابور، رومـی و مشـهد بهترین نماینده این صفات در شرایط تنش بودند.اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد در هر دو شرایط عملکرد بالایی از خود نشان دادند. با توجه به اینکه اکوتیپ‌های خوسف، ایلام و گناباد به‌دلیل حضور در مناطق B و C، که از لحاظ صفات ارتفاع کل، طول میان گره انتهایی و تعداد شاخه در بوته برتر بودند، مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت کـه ایـن اکوتیپ‌ها عملکرد بیولوژیک بهتری دارند. قابل ذکر است که اکوتیپ رومی در شرایط تنش نسبت به نرمال سـازگاری بـیش‌تـری از خـود نشان داد که می‌توان نتیجه گرفت این اکوتیپ در منـاطق خشـک و شرایط کم‌آبی بهترین گزینه برای کشت‌وکار و در نتیجه معرفـی بـه زارعین این مناطق بوده و می‌تواند در برنامه‌های اصـلاحی از صـفت مقاومت به خشکی آن بهره‌برداری نمود.

نتیجه‌گیری

در تجزیه خوشه‌ای و هم‌چنین با توجه به نتـایج جـدول مقایسـه

میانگین‌ها و نتایج حاصل از تجزیه بای‌پلات، در هر دو شرایط نرمال و تنش، اکوتیپ‌های بجنورد، نیشابور و مشهد ازنظر صفات مهمی از جمله عملکرد دانه، تعداد دانه و تعداد چترک در چتر اصلی دارای میانگین بالاتری نسبت به میانگین گروه دوم بودند و به‌عنوان گروه برتر شناسایی شدند. هم‌چنین اکوتیپ رومی به‌دلیل عملکرد متفاوت آن در شرایط تنش نسبت به نرمال، به‌عنوان اکوتیپ مقاوم به کم‌آبی در این بررسی معرفی شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، مقایسه میانگین، وراثت‌پذیری صفات و تجزیه همبستگی؛ صفات تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد چتر بارور را می‌توان به عنوان تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه و انجام بهترین گزینش در برنامه‌های اصلاحی بکار گرفت. هم‌چنین در مجموع دو شرایط تنش و نرمال می‌توان اکوتیپ بجنورد را که هم از نظر میزان و پایداری عملکرد نسبت به بقیه اکوتیپ‌ها برتری دارند را برای کشت‌وکار به کشاورزان بومی معرفی نمود و در برنامه‌های اصلاحی و به‌نژادی از آن‌ها بهره برد.

منابع

Ahmadi, Y., Akbari, G., Izadi Darbandi, A., and Allah Dadi, I. 2014. Effect of drought stress on the yield and components yield of various ecotypes of *Foeniculum vulgare* Mill. Environmental Stresss in Crop Sciences 10: 173-182. (In Persian with English Summary)

Bahmani, K., Izadi Darbandi, A., Ramshini, H.A., Moradi, N., and Akbar, A. 2015. Agromorphological and phytochemical diversity of various Iranian fennel landraces. Industrial Crops and Products 77: 282-294.

Berenguer, M.J., and Faci, J.M. 2001. Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Munch) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. European Journal of Agronomy 15:43-45.

Bahmankar, M., Raij M.R., Seloki, A.R., and Shirkool, K. 2014. Assessment of broad sense heritability and genetic advance in safflower. International Journal of Biosciences 4: 131-135.

Buntain, M., and Chung, B. 1994. Effects of irrigation and nitrogen on the yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Australian Journal of Experimental Agriculture 34: 845- 849.

Charles, D.J., Morales, M.R. and Simon, J.F. 1993. Essential oil content and composition of Finnochio fennel, pp. 579-582. In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.). New Crops: Exploration, Research, Commercialization. Proc. New Crops, Oct. 6-9, 1991, Indianapolis, IN. John Wiley & Sons, Inc., N.Y.

Darzi, M.T., and Haj Seyed Hadi, M.R. 2002. Agronomic and ecological issues in chamomile and fennel. Journal of Zeytoon 152: 43-49. (In Persian)

Emami, A., Soleimani, A., Shahrjebian, M.H., and Naranjani, L. 2010. Effect of irrigation and plant density on yield and yield components of four cultivars of fennel. The Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. Khorasgan, Islamic Azad University of Khorasgan, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)

Gholami, A., Akbari, I., and Abbas-Dokht, H. 2015. Investigating the application of organic and organic fertilizers on the growth and yield characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Agroecology 7(2): 215-224. (In Persian with English Summary)

Hung, B. 2000. Role of root morphological characteristics in drought resistance of plant. Plant environmental interaction. Second Edition. CRC Press. pp. 39-64.

Jangir, R.P., and Singh, R. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Indian Journal of Agronomy 41:140-143.

Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., and Azizi, K. 2006. Effect of irrigation intervals and plant density on yield and yield components of two fennel landraces. Journal of Agricultural Researches 1: 131-140. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., Keikha Akhar, M., and Roohi, A. 2016. Investigation of yield and germination qualitative characteristics of seeds of black cumin (*Nigella sativa* L.), isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under organic cultivation. Journal of Agroecology 8(2): 153-168. (In Persian with English Summary)

Khorshidi, J., Fazel Mirahmadi S., and Fakhr Tabatabaei, M. 2010. Oil content and yield of *Foeniculum vulgare* Mill. cv. Soroksary seeds as affected by different plant cultivation. Journal of American Science 6: 1098-1100.

Lal, R.K. 2008. Stability and genotypes × environment interactions in fennel. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 13(3): 47-54.

Meena, S.K., Singh, B., and Meena, A.K. 2013. Variability in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) for yield and yield attributes. Indian Research Journal of Genetics and Biotechology 5(2): 117-124.

Omid-beygi, R. 2009. Processing of Medicinal Plants. Beh-nashr Publications, The Second Volume, Iran. 265 p. (In Persian)

Patel, D.G., Patel, P.S., and Patel, I.D. 2008. Studies on variability of some morphological characters in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Spices and Aromatic Plants 17 (1): 29–32.

Sabet Teimouri, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2016. Arvane-Bezghi (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) different ecotypes at natural habitat in Khorasan Razavi Province: Principal component analysis. Journal of Agroecology 8(1): 17-32. (In Persian with English Summary)

Sarmadnia, G. and Koocheki, A., 1991. Physiological Aspects of Dry Land Cultivation. 2th Edition. University of Mashhad Publication, Iran. 426 p. (In Persian)

Vogel, H. 2004. Boldo (*Peumus boldus* Mol.)- Exploitation from the wild and domestication studies. Medicinal Plant Conservation 9(10): 21-24.

Ward, J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236-244.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 877-892

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 892-877

Evaluation of Different Ecotypes of Fennel Based on Morpho-phenological and Quantitative Characteristics under Water Stress Conditions

A. Izanloo[1], M. Zabet[1], S.H.R. Ramazani[2*] and A. Jami[3]

Submitted: 24-05-2017
Accepted: 25-06-2018

Izanloo, A., Zabet, M., Ramazani, S.H.R., and Jami, A. 2019. Evaluation of different ecotypes of fennel based on morpho-phenological and quantitative characteristics under water stress conditions. Journal of Agroecology. 11(3): 877-892.

Introduction

Drought stress is one of the abiotic factors that restricts crop growth and performance in most regions of the world. It causes changes in the growth of medicinal plants regarding the quantity and quality of their active ingredients. Fennel belongs to Apiaceae family that is growing in most parts of Iran. Essential oil that obtained from its seeds used in various industries of pharmaceutical, food, and cosmetics. Wide germplasm resources, genetic diversity among species, low water requirement and drought resistance have been factors for increasing importance of this plant. Despite of tendency to use and produce natural products, and importance of medical application of fennel, few studies have been existed and resulted in using local mass for cultivation in Iran. Studies suggested that for yield improvement, selection should be emphasis on plant height, primary branches, total plant branches and the number of effective umbrella in plant. The purpose of this research is to evaluated the morpho-phenological and quantities characteristics of different ecotypes of fennel and selection criteria for resistance and compatibility under water stress.

Materials and Methods

This experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at two locations of normal and end-of-season drought stress at the agricultural research farm of University of Birjand during 2014-2015 growing season. Ecotypes contained: Birjand, Mashhad, Nishabur, Gonabad, Bojnoord, Ilam and a Roman cultivar. Drought stress was treated before flowering by evaporation pan (Type A). Traits such as number of days to 50% flowering, days to 50% maturity, plant height, height of the main umbrella, the number of main branches per plants, the number of umbrellas, effective number of umbrella per plants, the number of seeds per main umbrella, the number of umbelets in main umbrella, Internodal length, internodes number and grain yield were measured. Analysis of variance and drawing By-Plot was carried out with GenStat 12 software. Cluster analysis and Pearson correlation coefficient analysis was performed using SPSS software.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the genotypes were significantly different for all traits except for the number of branches and the number of umbrella per plants in 1% probability levels. This result indicates that there is genetic variation in these genotypes for evaluated traits in normal and drought conditions. Correlation coefficient analysis showed a significant correlation between investigated traits under both normal and stress conditions. Result of cluster analysis was similar under both normal and stress condition and investigated ecotypes of fennel were divided to two distinct groups. Under normal condition, the highest seed yield was related to Birjand ecotype. Under drought stress condition, however, the highest seed yield corresponded to Mashhad, Nishabour, Khousf and Bojnord ecotypes while Romi and Ilam ecotypes where located in middle class

1- Assistant Professor and Associate Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Saraian Agricultural School, University of Birjand, Birjand, Iran
3- M.Sc. Graduated student in Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: hrramazani@Birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.64621

for seed yield trait and lowest seed yield was related to Gonabad ecotype. Based on bi-plot analysis of genotype×traits, under normal conditions ecotypes such as Ilam, Gonabad and Khoosf had the highest value in plant height, internode length, days to maturity and the main branches. Under stress conditions, ecotypes such as Bojnoord, Mashhad, Nishabur and Roman had the best grain yield. Ilam and Khoosf showed moderate yield.

Conclusion

There was a significant difference between yields of different genotype under both normal and stress conditions that is related to the number of fertilized umbels and the number of umbels per plant. Under drought stress conditions genotypes such as Mashhad, Nishabur, Khosf and Bojnoord had the highest performance and belong in one class, while Ilam and Roman genotypes were in middle classes and Gonabad genotype stay on in lowest yield. The number of umbels per plant, the number of seeds per plant and umbels can be as effective traits on grain yield and can be the best criteria for selection in breeding programs.

Key words: Bi-plot analysis, Cluster analysis, Correlation Coefficient analysis, Drought stress, Genotype

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 908-893

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 893-908

بررسی برهم‌کنش کاربرد ازتوباکتر و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgar* L.)

اردشیر طاهری‌نژاد[1]، محمداقبال قبادی[2*]، سعید جلالی‌هنرمند[2] و حسن حیدری[3]

تاریخ دریافت: 1396/08/27
تاریخ پذیرش: 1397/04/10

طاهری‌نژاد، ا.، قبادی، م.ا.، جلالی‌هنرمند، س. و حیدری، ح. 1398. بررسی برهم‌کنش کاربرد *ازتوباکتر* و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgar* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 893-908.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر *ازتوباکتر* بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه جو (*Hordeum vulgar* L.) و هم‌چنین میزان مصرف بهینه آن و جایگزینی با مقادیر نیتروژن صنعتی و تأثیر آن بر میزان انتقال مجدد مواد، آزمایشی بر روی جو آبی رقم بهمن به‌صورت مزرعه‌ای در شهرستان سنقر (استان کرمانشاه) در سال زراعی 94-1393 اجرا گردید. آزمایش از نوع فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورها شامل سطوح کود زیستی *ازتوباکتر کروکوکوم* (0، 100 و 200 گرم در هکتار) و سطوح کود نیتروژن از منبع اوره (0، 50، 100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد، برهم‌کنش *ازتوباکتر* و نیتروژن بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه از پدانکل و پنالتیمیت در استفاده توأم کودهای نیتروژنه صنعتی 200 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌ترتیب مقدار110 و 90 میلی‌گرم و هم‌چنین بیش‌ترین مقدار انتقال مجدد از سنبله به دانه در تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 50 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به مقدار 41 میلی‌گرم مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ، وزن هکتولیتر، درصد پروتئین دانه (12/5 درصد)، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه (871 گرم در مترمربع) در تیمار 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* و 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. با افزایش میزان این نهاده‌ها، مقادیر صفات نیز افزایش نشان داد. با در نظر گرفتن هزینه این نهاده‌ها و مقادیر افزایش عملکرد دانه و پروتئین، مصرف 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* و 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب حدود 834 گرم در مترمربع و 26 درصد، بیش‌ترین بازده اقتصادی داشت و اختلاف معنی‌داری با مصرف حداکثر آن‌ها نداشت. در این آزمایش با افزایش *ازتوباکتر* بین 17 تا 42 درصد به عملکرد دانه اضافه شد.

واژه‌های کلیدی: پدانکل، پروتئین دانه، دانه در سنبله، سطح برگ

مقدمه

نیتروژن عنصر حیاتی و مهم برای گیاه بوده و از طریق شیمیایی و یا به‌صورت زیستی تولید و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد به‌طوری‌که سهم کود شیمیایی نیتروژن در بهبود عملکرد در مطالعات مختلف بین 30 تا 50 درصد گزارش شده است (Good et al., 2004). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2017) گزارش کردند که سطوح کودهای نیتروژنه به‌کار رفته در آزمایشات برای گندم، ذرت و برنج در دامنه 250-20، 275-25 و 90-10 کیلوگرم در هکتار است و عملکرد گندم، ذرت و برنج را به‌ترتیب 2477 ، 4699 و 1509 کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش داده است.

اینکه کود نیتروژن صنعتی باعث افزایش عملکرد دانه از یک سو و آلودگی محیط زیست از سوی دیگر می‌شود، بر کسی پوشیده

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار و استادیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی
(*- نویسنده مسئول: (Email: eghbalghobadi@yahoo.com
Doi: 10.22067/jag.v11i3.68804

نیست. امّا مصرف کودهای بیولوژیک چقدر مؤثر بوده و به چه اندازه می‌تواند باعث کاهش مصرف کودهای نیتروژنه صنعتی شوند؟ موضوع مورد مطالعه است. کودهای زیستی (به‌خصوص *ازتوباکتر*) پتانسیل زیادی برای بهبود تغذیه گیاهان و جایگزین کودهای شیمیایی دارند و می‌توانند با به حداقل رساندن و یا از بین بردن کامل استفاده کودهای شیمیایی و کاهش خطرات زیست‌محیطی و بهبود ساختمان خاک در غلات (Yasin et al., 2012)، حل فسفات‌های معدنی و افزایش رشد از طریق جذب عناصر معدنی (Kumar & Narula, 1999) شوند.

ازتوباکتر، یکی از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن هواست که با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی، باعث افزایش تولید هورمون اکسین و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه (افزایش سطح ریشه با رشد بیش‌تر) و در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی و باغی شود (Khavazi & Malakouti, 2002). میزان نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله *ازتوباکتر* 20 تا 40 کیلوگرم در هکتار در سال برای غلاتی مانند گندم، ذرت، سورگوم، ارزن و برنج برآورد شده است که افزایش محصول 7 تا 12درصد و حداکثر تا 39 درصد در این گیاهان را در پی داشته است (Malakouti et al., 2001).

در آزمایشات جداگانه‌ای، اثر تلقیح باکتری روی گندم باعث اثرات مثبت و معنی‌دار بر صفات عملکرد زیست‌توده، درصد پروتئین دانه، وزن هزار دانه، شاخص سطح برگ و به‌ویژه جذب عناصر نیتروژن، فسفر، آهن و روی، گزارش شده است (Rjaee et al., 2007; El Habbasha et al., 2013).

میزان اثربخشی *ازتوباکتر* بر رشد و عملکرد دانه گندم تحت تأثیر رقم گندم (Amiri et al., 2010)، مصرف با سایر باکتری‌های هم‌زیست و محرک رشد مثل آزوسپریلیوم (De freitas, 2000) و مصرف اسید هیومیک (Ghezaani et al., 2011) می‌باشد. در مطالعات انجام‌شده روی کودهای زیستی و آلی به‌همراه کود نیتروژن، اثر قابل توجهی در اثر مصرف هر سه این مواد رشددهنده بر ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه، تعداد سنبله در بوته و دیگر شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد گندم گزارش شده است (Agamy et al., 2012).

اثر *ازتوباکتر* با کود دامی نیز اثر هم‌افزایی داشته و نتایج نشان می‌دهد که مقدار افزایش 36/2 درصد در عملکرد دانه، 37/8 درصد در اندام هوایی، 73 درصد جذب نیتروژن، 79 درصد جذب فسفر و 45 درصد جذب روی نسبت به شاهد در گندم شده است (Khosravi & Mahmoudi, 2013). در گیاه جو نیز اثر تلقیح *ازتوباکتر کروکوکوم* و *سودوموناس* بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته معنی‌دار گزارش شده است (Naseri et al., 2013a). در یولاف هم این باکتری باعث بهبود قابل‌توجهی در عملکرد علوفه سبز، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و کاه گردیده است (Devi et al., 2014).

در گیاه ذرت نیز نتایج نشان داده که تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* تأثیر معنی‌داری روی افزایش عملکرد داشته و حتی تحمل بوته را نسبت به تنش خشکی و استرس افزایش داده است (Naseri et al., 2013b). شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2011) گزارش داده‌اند که باکتری *ازتوباکتر* در ذرت سبب افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف شده است. در گیاه سورگوم نیز نتایج آزمایش آمال و همکاران (Amal et al., 2010) نشان داده است که تأثیر مواد زیستی آلی بر پارامترهای رشد، عملکرد و ترکیبات شیمیایی آن، قابل‌ملاحظه بوده است.

اثر *ازتوباکتر* بر گیاه لگوم نخود نیز بررسی شده است. در مطالعات میشرا و همکاران (Mishra et al., 2010) نشان داده شده که باکتری‌های محرک رشد *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم*، عملکرد دانه و ماده خشک را افزایش داده‌اند. در بررسی اثر *ازتوباکتر* بر گیاهان روغنی، نتایج بررسی‌ها نشان داده است که *ازتوباکتر* باعث افزایش رشد گیاه (Shahraki et al., 2016) و افزایش تحمل گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی شده است (Naseri & Mirzaei, 2010). هم‌چنین سلیمانی‌فرد و سیادت (Soleymanifard & Siadat, 2011) تأثیر کود زیستی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ را به‌ترتیب 35 و 21 درصد افزایش گزارش داده‌اند.

اثرات کودهای زیستی بر گیاهان دارویی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2006) نیز با بررسی تأثیر مایه تلقیح باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و قارچ هم‌زیست میکوریزا بر رشد گیاه دارویی سیاه‌دانه نتیجه گرفتند که تلقیح بذر سیاه‌دانه با کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول در مقایسه با شاهد شده است.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر، 1) مصرف کودهای زیستی (به‌خصوص *ازتوباکتر*) باعث تقویت رشد اکثر گیاهان زراعی شده

است. از طرفی، 2) یکی از عوامل مهم در آلودگی خاک استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به‌وسیله کشاورزان می‌باشد. هم‌چنین 3) کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای زیستی و حرکت به‌سمت کشاورزی پایدار با روند حفظ محیط زیست و تولید که نسل امروز و نسل‌های آینده باید در آن حیات اجتماعی رو به رشد داشته باشند، یک وظیفه عمومی تلقی می‌گردد و اینکه 4) اثر *ازتوباکتر* بر جو در منطقه چندان مورد بررسی قرار نگرفته است، این آزمایش طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی رشد اندام هوایی، میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه جو زراعی آبی رقم بهمن در مرکز خدمات کشاورزی شهرستان سنقر (استان کرمانشاه) با طول جغرافیایی 47 درجه و 35 دقیقه و عرض جغرافیایی 34 درجه و 46 دقیقه، با ارتفاع 1750 متراز سطح دریا، دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای سرد انجام شد. مشخصات آب‌وهوایی منطقه در سال اجرای آزمایش در جدول 1 آمده است.

جدول 1- برخی از پارامترهای اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال زراعی 94-1393

Table 1- Some climate parameters in location of the field experiment during 2014-2015

پارامترها Parameters	مهر Oct.	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.	فروردین Apr.	اردیبهشت May	خرداد Jun.
بارندگی Rainfall (mm)	72.0	45.5	63.0	32.0	68.0	31.0	95.5	14.0	2.5
دمای حداکثر Maximum temperature (°C)	25	15	9	8	9	11	22	26	29
دمای حداقل Minimum temperature (°C)	4	-2	-1	-13	-8	-8	-3	-4	9
میانگین دمای ماهانه Average temperature (°C)	14.6	5.8	3.6	0.5	2.7	2.7	8.0	13.9	19.6

آزمایش به‌صورت فاکتوریل 3 × 5 بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 94-1393 اجرا شد. عوامل آزمایش شامل کود نیتروژن (0، 50، 100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و *ازتوباکتر کروکوکوم* (0، 100 و 200 گرم در هکتار) بودند.

مصرف *ازتوباکتر* به صورت تلقیح با بذر و مصرف نیتروژن در دو مرحله به صورت پایه (یک‌سوم) و سرک (دوسوم و در مرحله طویل شدن ساقه‌ها) بود. تلقیح بذور با *ازتوباکتر* قبل از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. بدین منظور، ابتدا بذر مورد نیاز برای هر تیمار انتخاب و در کیسه های پلاستیکی جداگانه مایه های تلقیح به بذرها اضافه و به‌خوبی مخلوط و در سایه خشک شدند. بذور جو رقم بهمن از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه تهیه شد. این رقم در سال 1387 توسط بخش تحقیقات غلات با مشخصات تیپ رشد زمستانه، نسبتاً دیررس، نسبتاً مقاوم به ریزش، متحمل به سرما، میانگین ارتفاع بوته 78 سانتی‌متر و مناسب کشت در مناطق سرد و معتدل سرد، معرفی شده است.

قبل از کاشت و هم‌زمان، کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم مطابق توصیه آزمایشگاه با خاک در کرت‌های آزمایشی مخلوط گردید. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول 2 آمده است.

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق 30-0 سانتی‌متر)

Table 2 - Physical and chemical properties of the soil field experiment (0-30 cm depth)

بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)
لوم رسی Clay-loam	34	33	33	350	10	0.087	0.87

هر کرت آزمایش با ابعاد 3×2 متر و هر بلوک شامل 15 کرت با فواصل یک متر بین کرت و دو متر بین بلوک‌ها بود. پس از تهیه بستر مناسب، عملیات کاشت با تراکم 400 بذر در مترمربع (با اضافه کردن کسری قوه نامیه و شرایط مزرعه) در 10 آبان ماه به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد.

در این آزمایش صفات شاخص سطح برگ، تعداد پنجه، وزن خشک برگ، ساقه و سنبله، انتقال مجدد مواد به دانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، وزن هکتولیتر و درصد پروتئین دانه بررسی شد.

شاخص سطح برگ در مرحله آبستنی[1] که گیاه دارای بیش‌ترین سطح سبز است با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج[2] مدل WinDIAS اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان انتقال مجدد مواد به دانه یک مرحله نمونه‌برداری در پنج روز پس از مرحله گرده‌افشانی، و از هر کرت 10 نمونه به‌صورت تصادفی از سطح خاک برداشت و فقط ساقه به‌مدت 24 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس هرکدام از بندهای ساقه به‌طور جداگانه وزن شدند. همین عمل در مرحله رسیدگی نیز تکرار شده و اختلاف وزن آن‌ها محاسبه گردید (Mitsuru et al., 1991). لازم به یادآوریست که بعد از خشک شدن نمونه‌ها، گیاهان به دو قسمت سنبله و ساقه تقسیم شدند و هر ساقه به سه قسمت پدانکل (میان‌گره اول از بالای ساقه)، پنالتیمیت (میان‌گره دوم از بالای ساقه) و میان‌گره‌های زیری (میان‌گره‌های پایین‌تر از پدانکل و پنالتیمیت) تقسیم و وزن خشک هر میان‌گره و هر سنبله به‌تفکیک یادداشت شد (Niu et al., 1998; Papakosta & Rawson & Evans, 1971; Gayianas, 1991).

معادله (1) وزن میان‌گره و سنبله با دانه در زمان رسیدگی - وزن هر میان‌گره و هر سنبله در زمان گرده‌افشانی = میزان انتقال مجدد مواد

معادله (2) حداکثر وزن میان‌گره و سنبله/نسبت مواد انتقال یافته = کارایی انتقال مجدد مواد

معادله (3) عملکرد/نسبت مواد انتقال یافته = سهم انتقال مجدد مواد در عملکرد دانه

در زمان برداشت و رسیدگی، برای اندازه‌گیری صفات وابسته به عملکرد و اجزای آن در هر کرت از یک مترمربع استفاده شد. برای محاسبه تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبله در یک مترمربع شمارش و برای محاسبه تعداد پنجه در بوته از محاسبه تعداد سنبله تقسیم بر تعداد بوته سبز شده به‌دست آمد. برای محاسبه زیست‌توده از مجموع وزن دانه و سایر قسمت‌های هوایی گیاه در یک مترمربع (از بوته‌های موجود در دو ردیف میانی هر کرت) پس از خشک کردن استفاده شد و پس از خرمن‌کوبی با تقسیم عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) بر عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت محاسبه گردید. پس از جداسازی دانه‌ها از سنبله، چهار نمونه 1000 تایی دانه شمارش و پس از توزین و میانگین‌گیری به‌عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن هکتولیتر از استوانه مدرج استفاده شد. از دستگاه کجدال میزان درصد نیتروژن به‌دست آمد و از معادله (4) میزان پروتئین دانه محاسبه شد.

معادله (4) پروتئین خام (درصد) = نیتروژن (درصد) × 5/7

در این بررسی جهت مدیریت داده‌ها از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از نمونه‌برداری، از برنامه‌های آماری SAS و MINITAB و میانگین صفات نیز با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

الف- بررسی عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و *ازتوباکتر* بر صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده (1883 گرم در مترمربع)، عملکرد دانه (871 گرم در مترمربع)، شاخص برداشت (46/2 درصد)، تعداد سنبله بارور (592 سنبله در مترمربع)، تعداد دانه در سنبله (58 دانه در سنبله) و وزن هزار دانه (27 گرم) در استفاده توأم کودهای نیتروژنه صنعتی 200 کیلوگرم در هکتار و کود زیستی 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار این صفات در شاهد به‌ترتیب با مقدار 1408 گرم در مترمربع، 509 گرم در مترمربع، 36/74 درصد، 500 سنبله

1- Booting stage
2- Leaf area meter

بارور در مترمربع، 39/6 دانه در سنبله و وزن هزار دانه (25 گرم) به‌دست آمد (جدول 4). در این آزمایش، با افزایش *ازتوباکتر* از صفر به 100 گرم در هکتار، 100 به 200 و صفر به 200 گرم در هکتار عملکرد دانه به‌ترتیب 21، 17 و 42 درصد افزایش یافت، که این مقدار افزایش بسیار کم‌تر از اثر مصرف نیتروژن (کود صنعتی) بود.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کودهای *ازتوباکتر* و نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد جو

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of *Azotobacter* and nitrogen fertilizers on yield and yield components of barley

منابع تغییرات S. O. V.		درجه آزادی df	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد سنبله در واحد سطح Spike per m^2	دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight
بلوک	Block	2	6083^{ns}	1579^{ns}	0.37^{ns}	16.0^{ns}	40.0^{*}	0.06^{ns}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	146776^{**}	84973^{**}	61^{**}	5676^{**}	204^{**}	2.0^{**}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	252531^{**}	88963^{**}	23^{**}	5258^{**}	175^{**}	2.0^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	A×N	8	28853^{**}	7012^{**}	12^{ns}	744^{**}	15.0^{**}	0.45^{**}
خطا	Error	28	3085	906	6.0	43	2.0	0.03
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	13.27	14.00	15.83	11.17	12.85	10.71

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل کود ازتوباکتر و نیتروژن برعملکرد و اجزای عملکرد جو

Table 4- Mean comparisons of *Azotobacter* and nitrogen fertilizers interaction on yield and yield components of barley

تیمارها Treatments		عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد سنبله در مترمربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Biological yield ($g.m^{-2}$)	Grain yield ($g.m^{-2}$)	Harvest Index (%)	Spikes per m^{-2}	Grains per spike	1000- grain weight (g)
0	0	$1408^{g}\pm29.8$*	$509^{f}\pm12.4$	$36^{c}\pm0.6$	$500^{d}\pm1.2$	$39^{d}\pm0.33$	$24^{bc}\pm0.37$
	50	$1313^{h}\pm17.3$	$541^{e}\pm4.7$	$41^{bc}\pm0.1$	$516^{cd}\pm1.7$	$41^{bc}\pm0.57$	$25^{b}\pm0.03$
	100	$1558^{e}\pm8.3$	$673^{d}\pm2.3$	$43^{b}\pm0.2$	$526^{c}\pm1.2$	$49^{b}\pm0.99$	$26^{ab}\pm0.06$
	150	$1830^{b}\pm8.2$	$793^{bc}\pm2.3$	$43^{b}\pm0.1$	$577^{b}\pm1.5$	$51^{ab}\pm0.57$	$26^{ab}\pm0.05$
	200	$1812^{bc}\pm9.7$	$824^{b}\pm1.9$	$45^{a}\pm0.1$	$577^{b}\pm0.3$	$53^{ab}\pm0.66$	$26^{ab}\pm0.05$
100	0	$1462^{f}\pm8.3$	$616^{d}\pm2.6$	$42^{b}\pm0.1$	$543^{e}\pm7.3$	$46^{bc}\pm1.33$	$26^{ab}\pm0.02$
	50	$1690^{d}\pm8.5$	$717^{cd}\pm3.1$	$42^{b}\pm0.7$	$550^{bc}\pm6.4$	$54^{ab}\pm1.17$	$26^{ab}\pm0.08$
	100	$1820^{b}\pm9.2$	$834^{ab}\pm8.3$	$45^{ab}\pm0.4$	$587^{ab}\pm2.9$	$54^{ab}\pm0.88$	$26^{ab}\pm0.01$
	150	$1833^{ab}\pm8.5$	$831^{ab}\pm3.9$	$45^{ab}\pm0.2$	$582^{ab}\pm1.8$	$54^{ab}\pm0.57$	$26^{ab}\pm0.08$
	200	$1849^{ab}\pm8.3$	$849^{ab}\pm1.9$	$45^{ab}\pm0.3$	$586^{ab}\pm4.0$	$56^{a}\pm1.2$	$27^{a}\pm0.31$
200	0	$1517^{e}\pm5.7$	$725^{d}\pm3.5$	$47^{a}\pm1.0$	$535^{c}\pm1.9$	$48^{b}\pm0.99$	$26^{ab}\pm0.15$
	50	$1757^{c}\pm6.0$	$777^{c}\pm2.8$	$44^{ab}\pm0.3$	$584^{ab}\pm2.9$	$52^{ab}\pm1.45$	$26^{ab}\pm0.12$
	100	$1848^{ab}\pm5.7$	$848^{ab}\pm3.3$	$45^{ab}\pm0.3$	$582^{ab}\pm2.4$	$54^{ab}\pm0.66$	$27^{a}\pm0.02$
	150	$1856^{ab}\pm5.4$	$855^{ab}\pm4.4$	$46^{ab}\pm0.2$	$585^{ab}\pm1.9$	$56^{a}\pm1.52$	$27^{a}\pm0.06$
	200	$1883^{a}\pm8.4$	$871^{a}\pm2.9$	$46^{ab}\pm0.3$	$592^{a}\pm3.7$	$58^{a}\pm1.85$	$27^{a}\pm0.05$

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

با توجه به نتایج آزمایش به نظر می‌رسد در تیمارهایی که نیتروژن گیاه در حد موردنیاز توسط کود زیستی *ازتوباکتر* و نیتروژن تأمین گردیده، صفات عملکرد و اجزای عملکرد بیش‌ترین مقدار داشته است. محققین دیگر نیز در آزمایش خود که کم‌وبیش از کودهای زیستی استفاده کرده‌اند، نتایج تقریباً مشابهی داشته‌اند. مثلاً در این آزمایش، در بین تغییرات اجزای عملکرد، وزن هزار دانه، کم‌ترین

نوسان (تغییرات) داشته است. هرچندکه در غلات (به‌خصوص گندم و جو) مجموع مطالعات انجام‌شده نشان داده که در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه در شرایط تنش و مطلوب کم‌ترین نوسان را داشته است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد، امّا، ادریس (Idris, 2003) اثر مثبت باکتری *ازتوباکتر* را بر وزن هزار دانه تأیید کرده است. در مطالعات دیگر بر روی گندم نیز مصرف *ازتوباکتر* بر عملکرد دانه، تعداد پنجه، عملکرد ماده خشک، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم (Behl et al., 2006) و بر عملکرد و مقدار جذب نیتروژن و اثر بر عملکرد و همه اجزای عملکرد دانه به‌جز وزن هزار دانه (Kader et al., 2002) اشاره شده است.

نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داد، مصرف ازتوباکتر در مقایسه با تیمار بدون تلقیح با باکتری، موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه گندم (Ardakani et al., 2000) و در آزمایش دیگر کاربرد 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌همراه ازتوباکتر به افزایش 17/7 تا 67/4 درصدی در متوسط عملکرد دانه گندم (Singh et al., 2004) شده است، که همگی به‌نحوی افزایش عملکرد دانه جو در این آزمایش را در اثر مصرف *ازتوباکتر* به‌تنهایی و در مصرف توأم *ازتوباکتر* و نیتروژن صنعتی را توجیه می‌کنند.

درصد پروتئین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای *ازتوباکتر* و نیتروژن بر صفات مورد بررسی شامل شاخص سطح برگ، تعداد پنجه، وزن خشک (برگ، ساقه و سنبله)، وزن هکتولیتر و درصد پرتئین دانه معنی‌دار بود (جدول 5). باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین مقادیر در صفات مذکور در مصرف توأم نیتروژن و *ازتوباکتر* 200 گرم در هکتار با نیتروژن 200 کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین میزان در شاهد به‌دست آمد (جدول 6).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین مقادیر در شاخص سطح برگ (6/7)، 2/3 پنجه، وزن خشک برگ، ساقه و سنبله (به‌ترتیب 272، 562 و 177 گرم در مترمربع)، وزن هکتولیتر (46/4 کیلوگرم) و پروتئین دانه (12/5 درصد) در مصرف هر دو نوع کود (200 گرم *ازتوباکتر* و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و کم‌ترین میزان در شاهد با شاخص سطح برگ (4/1)، تعداد پنجه (1/8)، وزن خشک برگ، ساقه و سنبله (به‌ترتیب 192، 401 و 150 گرم در مترمربع)، وزن هکتولیتر (45/9 کیلوگرم) و پروتئین دانه (9/4 درصد) به‌دست آمد (جدول 6).

ب- بررسی خصوصیات اندام‌های هوایی، وزن هکتولیتر و

جدول 5- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر صفات مورفولوژی جو

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of *Azotobacter* and nitrogen on morphological traits in barley

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	تعداد پنجه در بوته Tiller per plant	سطح برگ Leaf area index	وزن خشک برگ Leaf dry wight	وزن خشک ساقه Stem dry wight	وزن خشک سنبله Spike dry wight	وزن هکتولیتر Hectolitr Weight	پروتئین دانه Grain protein
بلوک	Block	2	1579^{ns}	0.12^{*}	317^{*}	2202^{ns}	2.0^{ns}	0.03^{ns}	0.000002^{ns}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	84973^{**}	3.53^{**}	1430^{**}	1731^{ns}	527^{**}	0.02^{ns}	4.12^{**}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	88963^{**}	4.69^{**}	8055^{**}	11393^{*}	464^{**}	0.11^{**}	10.41^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	A × N	8	7012^{**}	0.35^{**}	394^{**}	9759^{*}	67^{**}	0.04^{*}	0.35^{**}
خطا	Error	28	906	0.03	97.0	4616	3.0	0.01	0.001
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	14.00	13.11	13.94	12.92	11.18	10.29	5.28

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and **: non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 6- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای *ازتوباکتر* و نیتروژن بر صفات مورفولوژی جو

Table 6- Mean comparisons for the effect of *Azotobacter* and nitrogen fertilizers interaction on the morphological traits of barley

عوامل Factors		تعداد پنجه در بوته	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک سنبله	وزن هکتولیتر	پروتئین دانه
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Tillers per plant	Leaf area index	Leaf dry wight ($g.m^{-2}$)	Stem dry wight ($g.m^{-2}$)	Spike dry wight ($g.m^{-2}$)	Hectolitr weight (kg)	Grain protein (%)
0	0	$1.7^{c}\pm0.02$*	$4.12^{d}\pm0.04$	$192^{d}\pm4.6$	$401^{c}\pm7.2$	$150^{c}\pm0.66$	$45.8^{c}\pm0.34$	$9.43^{e}\pm0.1$
	50	$1.8^{bc}\pm0.01$	$4.81^{c}\pm0.02$	$215^{cd}\pm6.6$	$556^{ab}\pm7.8$	$155^{b}\pm0.33$	$46.5^{a}\pm0.66$	$9.94^{d}\pm0.01$
	100	$2.0^{b}\pm0.03$	$5.48^{b}\pm0.01$	$254^{ab}\pm1.5$	$472^{b}\pm4.8$	$158^{ab}\pm0.99$	$46.3^{a}\pm0.57$	$10.63^{c}\pm0.01$
	150	$2.0^{b}\pm0.03$	$6.37^{ab}\pm0.31$	$267^{a}\pm2.9$	$596^{a}\pm2.2$	$173^{a}\pm0.88$	$46.1^{ab}\pm0.33$	$11.54^{b}\pm0.01$
	200	$2.0^{b}\pm0.03$	$6.46^{ab}\pm0.05$	$268^{a}\pm2.4$	$546^{ab}\pm1.8$	$173^{a}\pm1.33$	$46.2^{a}\pm0.28$	$12.39^{ab}\pm0.01$
100	0	$2.0^{b}\pm0.02$	$5.34^{b}\pm0.32$	$196^{d}\pm4.7$	$486^{b}\pm5.8$	$163^{ab}\pm2.33$	$46.0^{b}\pm0.34$	$9.94^{d}\pm0.1$
	50	$2.0^{b}\pm0.02$	$6.37^{ab}\pm0.05$	$264^{a}\pm1.5$	$543^{ab}\pm8.8$	$165^{ab}\pm2.10$	$46.1^{ab}\pm0.34$	$10.90^{bc}\pm0.01$
	100	$2.0^{b}\pm0.03$	$6.46^{ab}\pm0.02$	$268^{a}\pm2.2$	$540^{ab}\pm4.4$	$176^{a}\pm1.76$	$46.3^{a}\pm0.23$	$12.34^{ab}\pm0.01$
	150	$2.2^{a}\pm0.03$	$6.67^{a}\pm0.03$	$271^{a}\pm1.5$	$555^{ab}\pm8.0$	$175^{a}\pm1.99$	$46.3^{a}\pm0.56$	$12.44^{ab}\pm0.01$
	200	$2.2^{a}\pm0.10$	$6.67^{a}\pm0.02$	$271^{a}\pm1.9$	$553^{ab}\pm1.2$	$176^{a}\pm1.73$	$46.3^{a}\pm0.33$	$12.50^{a}\pm0.02$
200	0	$2.1^{ab}\pm0.05$	$5.05^{bc}\pm0.01$	$211^{c}\pm5.2$	$421^{bc}\pm4.6$	$161^{ab}\pm1.85$	$46.1^{ab}\pm0.66$	$10.45^{c}\pm0.03$
	50	$2.2^{a}\pm0.09$	$6.35^{ab}\pm0.01$	$266^{a}\pm1.5$	$538^{ab}\pm3.5$	$175^{a}\pm1.79$	$46.3^{a}\pm0.57$	$10.95^{bc}\pm0.03$
	100	$2.2^{a}\pm0.09$	$6.67^{a}\pm0.02$	$271^{a}\pm1.9$	$553^{ab}\pm5.2$	$174^{a}\pm1.33$	$46.3^{a}\pm0.88$	$12.37^{ab}\pm0.03$
	150	$2.2^{a}\pm0.10$	$6.67^{a}\pm0.02$	$271^{a}\pm2.5$	$555^{ab}\pm2.3$	$175^{a}\pm1.02$	$46.3^{a}\pm0.76$	$12.45^{ab}\pm0.02$
	200	$2.2^{a}\pm0.12$	$6.67^{a}\pm0.02$	$272^{a}\pm2.7$	$562^{a}\pm5.9$	$177^{a}\pm1.20$	$46.3^{a}\pm0.83$	$12.54^{a}\pm0.03$

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

بر اساس نتایج به‌دست آمده، در تیمارهایی که حداکثر نیتروژن توسط کود زیستی *ازتوباکتر* و نیتروژن صنعتی در اختیار گیاه قرار گرفته، احتمالاً شرایط تغذیه مناسب‌تری برای آن در طول دوره رشد فراهم بوده و باعث افزایش تعداد پنجه، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن هکتولیتر شده است و با توجه به اینکه *ازتوباکتر* نیز باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن است و با هم اثر هم‌افزایی و تقویتی بر رشد رویشی و در نهایت عملکرد و پروتئین دانه داشته‌اند. در آزمایش داس و همکاران (Das et al., 2004) نیز استفاده از کود زیستی *ازتوباکتر* موجب افزایش معنی‌دار پروتئین دانه گردید. هم‌چنین در مطالعه بیاری و همکاران (Biari et al., 2011) تلقیح بذر ذرت با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم عملکرد دانه، ساقه، برگ، کل بوته، ارتفاع بوته، سطح برگ و میزان نیتروژن دانه در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری داشته که کاربرد توأم دو باکتری افزایش معنی‌دارتری نسبت به استفاده تک تک آن‌ها داشته است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. در تحقیق دیگر بر روی ذرت مشخص شد که *ازتوباکتر* به‌تنهایی اثر زیادی بر عملکرد و اجزای آن نداشت، ولی بیش‌ترین مقدار در مصرف با نیتروژن به‌دست آمده است (Mirzakhani & Davari, 2017). حتی برای نخود نیز مصرف *ازتوباکتر* می‌تواند جایگزین خوبی برای مصرف نیتروژن در شرایط دیم باشد (Mohammadpoor et al., 2017).

در این آزمایش، اگرچه اثرات مصرف کود نیتروژن بر صفات مورد بررسی بیش‌تر از *ازتوباکتر* بود، امّا با مصرف *ازتوباکتر*، بر شاخص سطح برگ (29 درصد)، تعداد پنجه (22 درصد)، وزن خشک برگ (2 تا 9 درصد) و پروتئین دانه (بین 5 تا 10 درصد) افزوده شد.

ج - بررسی انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارها بر میزان انتقال مجدد مواد، کارایی و سهم انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه معنی‌دار بود (جداول 7، 9 و 11).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در ساقه (شامل پدانکل و پنالتیمیت)، بیش‌ترین میزان انتقال مجدد مواد (110 میلی‌گرم)، کارایی انتقال مجدد (61 درصد) و سهم انتقال مجدد مواد (7/6 درصد) در استفاده توأم کودهای نیتروژنه صنعتی 200 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌دست آمد.

در مابقی میان‌گره‌ها (به‌جز پدانکل و پنالتیمیت) در تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 100 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* بیش‌ترین مقدار برای انتقال مجدد 59 میلی‌گرم، کارایی انتقال مجدد 56 و سهم انتقال مجدد 5/2 درصد) و

در سنبله در تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 50 کیلوگرم در هکتـار و کودهای بیولوژیک 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* نیز بیش‌ترین مقـدار برای انتقال مجدد (41 میلی گرم)، کارایی انتقال مجدد (60 درصد) و سهم انتقال مجدد (3/1 درصد) به‌دست آمد.

برای پدانکل و پنالتیمیت کم‌تـرین میـزان انتقـال مجـدد مـواد (به‌ترتیب 51 و 32 میلی‌گرم)، کارایی انتقال مجدد (به‌ترتیب 42/9 و 36/6 درصد) و سهم انتقال مجدد مواد (4/93 و 3/12 درصد) مربوط به تیمار کودهای نیتروژنه صـنعتی 50 کیلـوگرم در هکتـار و بـدون کودهای بیولوژیک و در مابقی میان‌گره‌ها و سنبله به‌ترتیب مربوط به تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 150 کیلـوگرم در هکتـار و کودهـای بیولوژیک صفر گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌دست آمد (جدول‌های 8، 10 و 12).

جدول 7 - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه جو

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) of *Aztobacter* and nitrogen on the amount of remobilization from stem and spike to grain of barley

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	پدانکل Peduncle	پنالتیمیت Penaltimate	سایر میان‌گره‌ها Other internodes	سنبله Spike
بلوک	Block	2	7^{ns}	77^{*}	43^{*}	11^{*}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	2410^{**}	2414^{**}	520^{**}	15^{**}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	1476^{**}	1039^{**}	125^{**}	49^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	A×N	8	52^{**}	152^{**}	265^{**}	17^{**}
خطا	Error	28	8	17	13	2
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	3.34	6.22	7.73	5.18

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and **: non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 8- مقایسه میانگین انتقال مجدد مواد در جو تحت تاثیر مصرف کود *ازتوباکتر* و کود نیتروژن

Table 8- Mean comparisons of the remobilization of materials of barley affected as the use of *Azotobacter* fertilizer and nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		پدانکل	پنالتیمیت	مابقی میان‌گره‌ها	سنبله
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Peduncle (mg)	Penaltimate (mg)	Other internodes (mg)	Spike (mg)
0	0	65^{f}±13.33*	61^{d}±9.80	52^{ab}±9.8	29^{c}±9.24
	50	51^{h}±16.66	32^{h}±3.60	53^{ab}±6.88	32^{b}±3.60
	100	70^{e}±3.33	50^{f}±1.20	40^{c}±2.33	30^{b}±2.96
	150	80^{d}±2.66	59^{e}±1.45	30^{d}±2.64	29^{c}±2.64
	200	90^{c}±2.33	59^{e}±1.73	50^{b}±2.96	30^{b}±2.33
100	0	80^{d}±1.66	59^{e}±1.20	40^{c}±3.28	33^{ab}±2.02
	50	80^{d}±1.33	59^{e}±0.88	59^{a}±3.38	33^{ab}±1.73
	100	100^{bc}±9.99	82^{ab}±6.88	59^{a}±5.23	31^{b}±1.45
	150	101^{b}±0	80^{b}±0.99	50^{b}±1.20	31^{b}±1.20
	200	110^{a}±0	90^{a}±1.20	50^{b}±0.66	32^{b}±3.21
200	0	80^{d}±0	70^{c}±1.73	40^{c}±4.33	29^{c}±6.88
	50	80^{d}±0	59^{e}±1.45	59^{a}±1.76	41^{a}±3.78
	100	99^{bc}±0	80^{b}±2.02	50^{b}±3.78	30^{b}±4.35
	150	100^{bc}±0	80^{b}±0.88	2.30 ± 50^{b}	29^{c}±2.88
	200	103^{b}±6.66	84^{ab}±10.20	6.80 ± 54^{ab}	31^{b}±4.05

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

میزان انتقال مجدد مواد، کارایی و سهم انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه از میان‌گره اول از بالای ساقه (پـدانکل) بـیش‌تـر از

میان‌گره دوم (پنالتیمیت) و مابقی میان‌گره‌ها بود.

فراوانی نیتروژن در خاک موجب توسعه شبکه ریشه‌های گسترده و افزایش ظرفیت تبادلی آن می‌شود. وجود نیتروژن مناسب در خاک باعث افزایش قابل توجه رشد رویشی، دوام سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی را موجب می‌شود که در نهایت باعث افزایش طول دوره رشد رویشی می‌شود (Malboubi, 1998). مظفری و همکاران (Mozaffari et al., 2006) بیان کردند که در بسیاری از غلات قسمت عمده ماده خشک دانه در نتیجه فعالیت فتوسنتزی قسمت‌های گیاه که پس از ظهور سنبله‌ها (پس از تلقیح گل) هنوز سبز هستند، تولید می‌شود. در گندم و جو سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه در پر کردن دانه‌ها تنها 25 درصد است و سهم عمده‌ای از عملکرد مربوط به فتوسنتز جاری ساقه و برگ (45 درصد) و سنبله (30 درصد) گزارش شده است (Gardner et al., 1999). اردلانی و همکاران (Ardalani et al., 2014) نشان دادند که سهم انتقال مجدد در شرایط محیطی کنترل و تنش با هم فرق دارند و در شرایط تنش میزان انتقال مجدد بیش‌تر است.

سهم مواد فتوسنتزی قبل از گل‌دهی به دانه وابسته به‌میزان ماده‌ای است که بین گل‌دهی و رسیدگی انتقال می‌یابد و به‌صورت کارایی تبدیلات ماده انتقالی (انتقال مجدد به دانه) تعریف می‌شود (Gebbing et al., 1999). در همین راستا گزارش‌ها بیانگر آن است که در غلات زمستانه حدود 90-75 درصد از کل نیتروژن دانه از طریق نیتروژن جذب شده توسط اندام‌های رویشی به‌ویژه برگ‌ها در مرحله قبل از گرده‌افشانی تأمین می‌شود (Heitholt et al., 1990).

پس با توجه به نتایج، احتمالاً به‌دلیل کم بودن نیتروژن خاک در شاهد، انتقال مواد از ساقه به دانه زودتر شروع شده و پیش‌بینی می‌شود که در تیمارهایی که نیتروژن در اختیار آن‌ها قرار داده شد، انتقال مواد از ساقه به دانه دیرتر از شاهد آغاز گردید، بنابراین با استناد به گزارشات پرزالجی و مامکاویک (Przulj & Momcilovic, 2001) در مورد گیاه جو بیان نمودند که نسبت انتقال مجدد نیتروژن به نیتروژن دانه می‌تواند شاخصی از شرایط رشد برای این گیاه باشد و نسبت بالاتر این شاخص نشان‌دهنده شرایط رشد مطلوب‌تر گیاه در طول دوره رشد و نسبت پایین‌تر این شاخص نشان‌دهنده شرایط کمبود نیتروژن در طول مرحله قبل از گرده‌افشانی می‌باشد. بحرانی و طهماسبی سروستانی (Bahrani & Tahmasebi Sarvestani, 2007) کارایی انتقال مجدد نیتروژن عامل مهمی در افزایش پروتئین دانه در گندم است. هم‌چنین بالا رفتن عملکرد دانه موجب کاهش درصد پروتئین دانه می‌گردد. رستمی و جیریایی (Rostami & Giriaei, 1998) در بررسی شش رقم گندم با درصد پروتئین‌های کم، متوسط و زیاد گزارش کردند که کارایی انتقال مجدد نیتروژن، عامل افزایش درصد پروتئین دانه در ارقام پر پروتئین بوده است. بهبود و بهره‌وری از انتقال مجدد نیتروژن از گیاه به دانه یک راه ممکن برای افزایش عملکرد نیتروژن دانه در گندم است. مطالعات دیگر نشان داده است که بین غلظت پروتئین دانه و انتقال نیتروژن یا کارایی انتقال نیتروژن سازگاری وجود ندارد (Asseng et al., 2006; Dordas, 2009).

جدول 9- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه جو

Table 9- Analysis of variance (mean of squares) of *Azotobacter* and nitrogen on the efficiency of re-transferring material from stems and spikes to grain of barley

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	پدانکل Peduncle	پنالتیمیت Penaltimate	سایر میان‌گره‌ها Other internodes	سنبله Spike
بلوک	Block	2	5.02^{ns}	59.79^{*}	32.17^{*}	25.31^{*}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	89.35^{**}	213.02^{**}	92.33^{**}	9.75^{ns}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	85.17^{**}	189.69^{**}	85.13^{**}	145.14^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	A×N	8	20.85^{**}	56.65^{**}	121.06^{**}	34.31^{**}
خطا	Error	28	4.75	11.67	10.90	9.74
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	14.01	16.58	17.08	16.57

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 10- مقایسه میانگین کارایی انتقال مجدد مواد در جو تحت تاثیر مصرف *ازتوباکتر* و کود نیتروژن

Table 10 – Mean comparisons of remobilization efficiency of barley affected as *Azotobacter* fertilizer and nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		پدانکل	پنالتیمیت	سایر میان‌گره‌ها	سنبله
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Peduncle (%)	Penaltimate (%)	Other internods (%)	Spike (%)
0	0	56.47^{ab}±2.08*	60.43^{a}±1.76	56.27^{a}±2.08	48.23^{bc}±2.08
	50	42.93^{c}±1.45	36.63^{e}±1.52	39.83^{d}±1.20	51.53^{b}±0.99
	100	49.90^{bc}±1.73	45.50^{d}±0.99	44.27^{c}±0.88	46.87^{bc}±1.20
	150	53.20^{b}±1.33	49.33^{c}±2.02	33.20^{e}±0.99	41.06^{d}±1.52
	200	56.03^{ab}±2.02	45.63^{d}±1.45	45.33^{c}±1.20	45.06^{c}±1.45
100	0	56.96^{ab}±0.88	53.76^{b}±1.73	44.27^{c}±1.73	51.60^{b}±1.66
	50	53.10^{b}±2.33	49.06^{c}±2.08	53.47^{ab}±0.88	50.80^{b}±1.20
	100	55.70^{ab}±1.45	54.53^{b}±0.66	56.80^{a}±1.15	47.47^{bc}±1.73
	150	55.80^{ab}±1.73	53.20^{b}±0.88	45.33^{c}±1.76	46.26^{bc}±2.02
	200	61.00^{a}±2.90	60.45^{a}±2.40	45.33^{c}±1.20	45.70^{c}±1.76
200	0	53.20^{b}±2.30	58.16^{ab}±1.76	44.27^{c}±2.02	44.47^{c}±0.88
	50	53.20^{b}±1.76	49.06^{c}±2.60	53.47^{ab}±0.88	60.00^{a}±1.45
	100	54.90^{ab}±1.52	53.20^{b}±1.74	45.33^{c}±1.45	45.20^{c}±1.52
	150	55.60^{ab}±1.66	53.20^{b}±2.33	45.33^{c}±0.57	41.40^{d}±2.02
	200	57.33^{ab}±2.02	56.27^{ab}±2.90	49.53^{b}±1.20	42.80^{d}±0.88

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

علاوه بر این روند تجمع ماده خشک (کربوهیدرات) و پروتئین ممکن است برای مواد فتوسنتزی و انرژی رقابت کنند (Robert, 2001). تخمین زده شده است که دوسوم از نیتروژن دانه درگندم مربوط به قبل از گل‌دهی و یک‌سوم آن مربوط به بعد از آن است (Barbottin et al., 2005). با این‌حال ممکن است این تا حدود زیادی بسته به نوع خاک (رطوبت و در دسترس بودن نیتروژن) در طول دوره پرشدن دانه تغییر کند. مجموع تجمع نیتروژن در غلات تا مرحله ظهور سنبله بیش‌تر می‌شود و پس از اتمام رشد رویشی کاهش می‌یابد (Martre et al., 2003).

جدول 11- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر سهم انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه جو

Table 11- Analysis of variance (mean of squares) of *Azotobacter* and nitrogen on the contribution of remobilization from stems and spikes to grain of barley

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	پدانکل Peduncle	پنالتیمیت Penaltimate	سایر میان‌گره‌ها Other internodes	سنبله Spike
بلوک	Block	2	0.01^{ns}	0.27^{ns}	0.14^{ns}	0.03^{ns}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	5.41^{**}	6.24^{**}	068^{**}	0.21^{**}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	1.95^{**}	2.97^{**}	1.29^{**}	1.21^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	(A×N)	8	0.38^{*}	1.28^{**}	1.96^{**}	0.19^{**}
خطا	Error	28	0.14	0.18	0.10	0.02
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	16.0	11.58	12.92	16.51

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 12- مقایسه میانگین سهم انتقال مجدد مواد در جو تحت تاثیر مصرف *ازتوباکتر* و نیتروژن

Table 12– Mean comparison of remobilization portion of barley affected as *Azotobacter* fertilizer and nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		پدانکل	پنالتیمیت	سایر میان‌گره‌ها	سنبله
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Peduncle (mg)	Penaltimate (mg)	Other internodes (mg)	Spike (mg)
0	0	6.47^{bc}±1.45*	6.04^{ab}±1.52	5.19^{a}±1.15	2.92^{b}±0.57
	50	4.93^{e}±1.20	3.12^{h}±0.88	3.05^{cd}±1.52	3.02^{ab}±0.33
	100	5.47^{d}±1.15	3.91^{f}±1.20	3.12^{cd}±2.08	2.34^{c}±1.52
	150	5.81^{cd}±1.73	4.29^{e}±0.66	2.18^{e}±0.88	2.10^{d}±1.20
	200	6.30^{bc}±2.02	4.13^{e}±0.33	3.50^{cd}±1.20	2.10^{d}±0.33
100	0	7.05^{ab}±1.15	5.20^{c}±1.73	3.52^{cd}±0.99	2.91^{b}±0.88
	50	6.14^{bc}±0.88	4.52^{d}±2.02	4.52^{b}±0.88	2.53^{bc}±0.57
	100	7.07^{ab}±2.30	6.13^{ab}±1.52	5.20^{a}±0.57	2.18^{c}±1.20
	150	7.08^{ab}±2.60	5.60^{b}±1.85	3.50^{cd}±1.20	2.17^{c}±1.34
	200	7.59^{a}±2.40	6.21^{a}±1.20	3.45^{cd}±0.33	2.20^{c}±0.99
200	0	5.99^{c}±1.40	5.25^{c}±1.45	3.00^{d}±0.66	2.16^{c}±±0.88
	50	6.01^{c}±0.57	4.43^{d}±1.15	4.43^{bc}±0.57	3.08^{a}±1.20
	100	6.79^{b}±1.45	5.49^{bc}±0.88	3.43^{cd}±0.88	2.06^{e}±1.73
	150	6.84^{b}±1.70	5.47^{bc}±1.73	3.42^{cd}±1.15	2.11^{d}±1.52
	200	7.02^{ab}±2.33	5.52^{bc}±1.33	3.71^{c}±1.45	2.10^{d}±0.57

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که اگرچه از نظر آماری، بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه به‌میزان 871 گرم در مترمربع در مصرف توأم کود بیولوژیک 200 گرم در هکتار باکود نیتروژنه 200 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد اما، از نظر اقتصادی، اختلاف زیادی با مصرف 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و مصرف 200 گرم در هکتار کودهای زیستی وجود نداشت. این موضوع می‌تواند کاهش مصرف نیتروژن را با جایگزینی مصرف *ازتوباکتر* توجیه کند و به مقدار زیادی اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی را کاهش دهد. در کل، با افزایش میزان نیتروژن از نوع اوره، عملکرد دانه بین 20 تا 71 درصد و میزان پروتئین دانه بین 20 تا 32 درصد، امّا با افزایش *ازتوباکتر* (به تنهایی) عملکرد دانه بین 17 تا 42 درصد و پروتئین دانه بین 5 تا 10 درصد افزایش داشت.

منابع

Agamy, R.A., Mohamed, G.F., and Rady, M.M. 2012. Influence of the application of fertilizer type on growth, yield, anatomical structure and some chemical components of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in newly reclaimed Soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6 (3): 561-570.

Amal, G., Ahmed, Salwa Orabi., and Gomaa, A.M. 2010. Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. Journal of Agriculture and Biological Sciences 6(3): 270-279.

Amiri, A., Tohidinejad, E., Javaheri, M., and Mohammadinejad, G. 2010. Study the effect of planting time, cultivar and azetobacter on wheat (*Triticum aesticum* L.) yield at Bardsir region. Journal of Agriculture Crop Management 12 (1): 11-19. (In Persian with English Summary)

Ardalani, S., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Ghobadi, M.E., and Abdoli, M. 2015. Evaluation of grain yield and its relationship with remobilization of dry matter in bread wheat cultivars under water deficit stress at the post anthesis. Iranian Journal of Dryland Agriculture 2(2): 173-203. (In Persian with English Summary)

Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., and Mariotti, M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and

remobilization indurumwheat as affected by variety and seeding rate. European Journal of Agronomy 25: 309–318.

Asseng, S., and Milroy, S.P. 2006. Simulation of environmental and genetic effects on grain protein concentration in wheat. European Journal of Agronomy 25: 119-128.

Bahrani, A., Tahmasebi Sarvestani, Z. 2007. Effect of rate and times of nitrogen application on accumulation and remobilization efficiency of flag leaf in two wheat cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11(40): 147-155. (In Persian with English Summary)

Barbottin, A., Lecomte, C.H., Bouchard, C.H., and Jeuffroy, M.H. 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: Genotypic and environmental effects. Crop Sciences 45: 1141-1150

Behl, R.K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T., and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi arid tropics. Tropics 15(1): 123-133

Biari, A., Gholami, A., and Asadi Rahmani, H. 2011. Effect of different plant growth promotion bacteri (*Azotobacter*, *Azospirillum*) on growth parameters and yield of field Maize. Journal of Water and Soil 25(1): 1-10. (In Persian with English Summary)

Das, A., Prasad, M., Shivay, Y.S., and Subha, K.M. 2004. Productivity and sustainability of cotton-wheat cropping system as influenced by urea, farmyard manuare (FYM) and *Azotobacter*. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 298-304.

De Freitas, J. R. 2000. Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum* L., var. Norstar) inoculated with rhizobacteria. Pedobiologia 44: 97-104.

Devi, U., Singh, K.P., Kumar, S., and Sewhag, M. 2014. Effect of nitrogen levels, organic manures and *Azotobacter* inoculation on yield and economics of multi-cut oats. Forage Research 40 (1): 36-43.

Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations. European Jounal of Agronomy 30: 129-139.

El Habbasha, S.F., Tawfik, M.M., and El Kramany, M.F. 2013. Comparative efficacy of different bio-chemical foliar applications on growth, yield and yield attributes of some wheat cultivars. World Journal of Agricultural Sciences 9 (4): 345-353.

Gardner, F.P., Brent Pearce, R., and Mitchell, R.L. 1999. Physiology of crop plants. Translated by Koocheki, A and Sarmadnia, G. ACECR of Mashhad, Iran. (In Persian)

Gebbing, T., Schnyder, H., and Kuhbauch, W. 1999. The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling of wheat. Assessment by steady-state 13CO2/12CO2 labelling. Plant, Cell and Environment 22: 851–858.

Ghezaani, M., Habibi, D., Pazoki, A., and Khavazi, K. 2011. Effect of some *Azotobacter* spices and humic acid on auxin hormone production, yield and yield components of wheat under different nitrogen levels. Iranian Journal of Agronomy and Plant breeding 8(2): 97-109. (In Persian with English Summary)

Good, A.G., Sherawat, A.K., and Muench, D.G. 2004. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? Trends in Plant Science 9: 597-605.

Heitholt, J.J., Croy, L.I., Maness, N.O., and Nguyen, HT. 1990. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in grain N concentration. Field Crops Research 23: 133-144.

Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and *Azotobacter* on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 539-543.

Kader, M.K., Mmian, H., and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 250–261.

Khavazi, K., and Malakouti, M.J. 2002. Necessity for the production of biofertilizers in Iran. Publish Agriculture Training. 589 p.

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2006. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-293. (In Persian with English Summary)

Khosravi, H., and Mahmoudi, H. 2013. Evaluation of effects of *Azotobacter* inoculation and manure on growth of rainfed wheat. Journal of Soil Management and Sustainable 3(2): 205- 219. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S., and Davari, A. 2017. A meta-analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. Journal of Agroecology 9(2): 296-313. (In Persian with English Summary)

Kumar, V., and Narula, N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. Biology and Fertility of Soils 28: 201- 305.

Malakouti, M.J., Naficy, M., and Motesharrezadeh, B. 2001. National effort for production of fertilizers as a step toward self-sufficiency and sustainable agriculture. Publish Agriculture Training 420 p.

Malboubi, M.A. 1998. Plant molecular biology response to environmental factors. Procceding Articles 5th Congress Agro breed Sciences in Iran. P. 11. (In Persian)

Martre, P., Porter, J.R., Jamieson, P.D., and Triboi, E. 2003. Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. Plant Physiology 133: 1959-1967.

Mirzakhani, M., and Davari, M.R. 2017. The Effect of inoculation with *Azotobacter* and nitrogen levels on grain and corn (*Zea mays* L.) yield components at simultaneous cropping system with legumes. Journal of Agroecology 9 (1): 63-75. (In Persian with English Summary)

Mishra, M., Kumar, U., Mishra, P.K., and Prakash, V. 2010. Efficiency of plant growth promoting Rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. growth and germination under salinity. Advances in Biological Research 4 (2): 92-96.

Mitsuru, O.S., Shinano, T.K., and Toshiak, T.D. 1991. Redistribution of carbon and nitrogen compounds from the shoot to the harvesting organs during maturation in field crops. Soil Science and Plant Nutrition 37 (1): 117-128.

Mohammadpoor, G., Ghobadi, M.E., Mohammadi, G.R., and Ghobadi, M. 2017. Effects of different amounts of nitrogen and azotobarvar on growth characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agroecology 9(1): 129-141. (In Persian with English Summary)

Mozaffari, A., Siadat, S.A., and Hashemi-Dezfuli, S.A. 2006. Effect of plant density on morphological and physiological characteristics of four cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* var. durum) under dryland of Sarableh region, Ilam. Journal of Research of Agricultural Science 2 (1): 47-51. (In Persian with English Summary)

Naseri, R., and Mirzaei, A. 2010. Response of yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land condition. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 9 (4): 445-449.

Naseri, R., Azadi, S., Rahimi, M.J., Maleki, A., and Mirzaie, A. 2013. Effects of inoculation with *Azotobacter chroococcum* and Pseudomonas Putida on yield and some of important agronomic traits in barley (*Hordeum vulgar* L.). International Journal of Agronomy and Plant Production 4 (7): 1602-1610.

Naseri, R., Moghadam, A., Darabi, F., Hatami, A., and Tahmasebei, G.R. 2013. The effect of deficit irrigation and *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* on grain yield, yield components of maize (SC_{704}) as a second cropping in western Iran. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2 (10): 104- 112.

Niu, J.Y., Gan, Y.T., Zhang, J.W., and Yang, Q.F. 1998. Post anthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film. Crop Science 38: 1562-1568.

Papakosta, D.K., and Gagianas, A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864–870.

Przulj, N., and Momcilovic, V. 2001. Genetic variation for dry matter andnitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. II. Nitrogen translocation. European Journal of Agronmy 15: 255-265.

Rawson, H.M., and Evans, L.T. 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of cultivars of different height. Australian Journal of Agricultural Resarch 22: 851-863.

Rjaee, S., Alikhani, H., and Raiesi, F. 2007. Effect of plant growth promoting potentials of *Azotobacter chroococcum* native strains on growth, yield and uptake of nutrients in wheat. Journal of Water and Soil Science 11 (41): 285-297. (In Persian with English Summary)

Robert, N., Hennequet, C., and Bérard, P. 2001. Dry matter and nitrogen accumulation in wheat kernel: Genetic variation in rate and duration of grain filling. Journal of Genetic and Breeding 55: 297-305.

Rostami, M.A., and Giriaei, H. 1998. Nitrogen cocentration profiles in wheat and its relationship to grain protein. Iranian Journal Agriculture Sciences 29: 447-453. (In Persian with English Summary)

Shahraki, M., Dahmardeh, M., Khamari, E., and Asgharzadeh, A. 2016. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* and levels of manure on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 8(1): 59-69. (In Persian with English Summary)

Sharifi, R.S., Khavazi, K., and Gholipouri, A. 2011. Effect of seed priming with plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on dry matter accumulation and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics 1 (3): 76-83.

Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscularmycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University, Hisar, India. Plant, Soil and Environment 50 (9): 409-415.

Soleymanifard, A., and Seyedata, S. 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of Safflower under dry land conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 11 (4): 473-477.

Yasin, M., Ahmad, K., Mussarat, W., and Tanveer, A. 2012. Bio-fertilizers, substitution of synthetic fertilizers in cereals for leveraging agriculture. Crop and Environment 3: 62-66

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 893-908

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 908-893

Investigating the Interaction of *Azotobacter* and Nitrogen Application on the Remobilization, Yield and Yield Components of Grain Barley (*Hordeum vulgar* L.)

A. Taherinezhad[1], M.E. Ghobadi[2]*, S. Jalali-Honarmand[2] and H. Heidari[3]

Submitted: 18-11-2017
Accepted: 01-07-2018

Taherinezhad, A., Ghobadi, M.E., Jalali-Honarmand, S., and Heidari, H. 2019. Investigating the interaction of *azotobacter* and nitrogen application on the remobilization, yield and yield components of grain barley (*Hordeum vulgar* L.). Journal of Agroecology. 11(3): 893-908.

Introduction

Nitrogen is a vital and important element for the plant and is available by chemical or biological process. The contribution of nitrogen fertilizer to performance improvement in various studies has been reported to be between 30-50%. Koocheki et al. (2017) reported that the levels of nitrogen fertilizers used in experiments for wheat in the range of 20-250 kg.ha^{-1} increased wheat yield by 2477 kg.ha^{-1} compared to control treatment. Biodegradable fertilizers (especially *Azotobacter*) has been reported positive because they have great potential to improve the nutrition of plants and replace chemical fertilizers, and can minimize or completely eliminate the use of chemical fertilizers and reduce environmental hazards, improve soil structure in cereal, dissolve phosphate and increase growth via absorption of mineral elements. *Azotobacter*, one of the most reputed free-living bacteria that stabilizes nitrogen in the air, which by using different mechanisms, increases the production of auxin hormone and the development of the plant's root system (increasing root area with more growth), and ultimately helps increase the yield of crops and orchards. The amount of nitrogen consolidated by 20 to 40 kg.ha^{-1} per year is estimated for cereals such as wheat, corn, sorghum, millet and rice, with a yield increase of 7-12% and a maximum of 39% in these plants.

Materials and Methods

This experiment was conducted on irrigated barley (*Hordeum vulgar* v. Bahman) in a farm in the Songhor town, Kermanshah Province, as factorial based on completely randomized block design (CRBD) with three replications during 2014-2015. Factors including *Azotobacter chroococcum* (0, 100 and 200 g.ha^{-1}) and nitrogen fertilizer from urea source (0, 50, 100, 150 and 200 kg.ha^{-1}). In this test were studied LAI, number of tillers, shoot dry weight, hectoliter weight, protein content, biological yield, grain yield, harvest index, number of spikes.m^{-2}, number of seeds per plant and thousand-seed weight traits. Sowing date was 19 November, 2014. *Azotobacters* used as inoculate with seed treatment and urea fertilizer at planting time just one-third and two-thirds were stem elongation.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effects of azotobacter and nitrogen as well as interactions between them were significant on all traits. The maximum amount LAI, tillers, shoot dry weight, hectoliter weight, protein content (12.5%), biological yield, harvest index, number of spikes, number of grains per spike, thousand seed weight and grain yield (871 g m^{-2}) were obtained in treated with 200 g.ha^{-1} *Azotobacter* and 200 kg.ha^{-1} N With the increase the amount of inputs also increased attribute values. Considering the cost of the inputs and amount of grain yield and protein, the consumption of 100 g.ha^{-1} *Azotobacter* and 100 kg.ha^{-1} N about 834 g.m^{-2} and 26%, respectively, had the most economic output and did not significantly different with maximum consumption of them. Generally, the results showed that the effect of industrial nitrogen on all traits was more than Azotobacter, but optimal use of biological and chemical fertilizers combined treatment with low doses (100 g

1, 2 and 3- Former PhD student in Agronomy, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetic, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
(*- Corresponding author Email: eghbalghobadi@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.68804

inoculated with 100 kg.ha^{-1} N), also had the significant and positive effect on morphological traits and yield. So it may be partly replaced urea fertilizer consumption with Azotobacter.

Conclusion

The results of this experiment showed that the highest grain yield (871 g.m^{-2}) was obtained from the combined application of 200 g.ha^{-1} biomass with 200 kg.ha^{-1} N. In general, with increasing amount of nitrogen from type of urea, the grain yield was between 20 and 71% and the grain protein content was between 20 and 32%, but with the increase of azotobacter (alone), the grain yield increased between 17 and 42%, and the grain protein was between 5 and 10 Percentage.

Keywords: Leaf area, Peduncle, Seed protein, Seeds number per spike

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 924-909

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 909-924

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصولات عمده کشاورزی در دهستان بلهرات نیشابور با استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات

فرزانه معصوم‌خانی[1]، لیلی ابوالحسنی[2*]، سرور خرم‌دل[3] و سید احمد محدث حسینی[4]

تاریخ دریافت: 1397/03/05
تاریخ پذیرش: 1397/07/20

معصوم‌خانی، ف.، ابوالحسنی، ل.، خرم‌دل، س.، و محدث حسینی، س.ا. 1398. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصولات عمده کشاورزی در دهستان بلهرات نیشابور با استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 924-909.

چکیده

ارزیابی چرخه‌حیات (LCA) ابزاری مناسب برای بررسی اثرات زیست‌محیطی فرآیندهای تولید در بوم‌نظام‌های کشاورزی است که براساس دو مؤلفه مصرف نهاده‌ها و انتشار آلاینده‌ها به محیط تعیین می‌شود. این روش جزئیاتی را در ارتباط با چگونگی کاهش اثرات زیست‌محیطی و هم‌چنین افزایش پایداری در کشاورزی ارائه می‌دهد. هدف این مطالعه مقایسه اثرات زیست‌محیطی چهار محصول عمده شامل گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، هندوانه بذری (*Citrullus lanatus* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) در دهستان بلهرات نیشابور بود. میانگین میزان مصرف نهاده‌ها (اعم از کودها و سموم شیمیایی، سوخت فسیلی، الکتریسیته، آب، کود حیوانی و بذر) و عملکرد برای چهار محصول گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه در منطقه مورد مطالعه طی سال 1394 با استفاده از پرسشنامه تعیین شد. ارزیابی چرخه‌حیات در چهار گام تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه، ممیزی چرخه‌حیات، ارزیابی تأثیر چرخه‌حیات و تفسیر نتایج محاسبه گردید. گروه‌های تأثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون خشکی و آبی بودند. واحد کارکردی معادل یک تن عملکرد اقتصادی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که پتانسیل گرمایش جهانی بیش‌ترین اثر زیست‌محیطی برای چهار محصول شامل گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه به‌ترتیب برابر با 869/36، 694/32، 4947/06 و 2678/95 واحد معادل کیلوگرم CO_2 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی و هم‌چنین پتانسیل اوتریفیکاسیون آبی این محصولات به‌ترتیب برابر با 3/08، 2/4، 11/08، 3/33 واحد معادل کیلوگرم PO_4 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی، کم‌ترین اثر زیست‌محیطی را در هکتار به خود اختصاص داده است. به‌طور کلی از بین این چهار محصول، هندوانه بذری (Ecox1/14 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی) و جو (Ecox 0/07 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص بوم شناخت را به خود اختصاص دادند. هندوانه بذری به‌دلیل داشتن عملکرد بسیار پایین نسبت به سایر محصولات، مصرف نهاده‌ها را پوشش نداده و به همین دلیل اثرات زیست‌محیطی بیش‌تری را منتشر نموده است. بر این اساس، با توجه به سهم بالای گروه تأثیر گرمایش جهانی، توصیه می‌شود انتخاب گونه‌های با اثرات زیست‌محیطی کم‌تر، مدیریت خاک‌ورزی کاهش یافته و مصرف کودهای آلی به‌عنوان راه‌کارهای جایگزین برای کودهای شیمیایی به‌منظور تخفیف این اثرات زیست‌محیطی مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون، گرمایش جهانی، پایداری، شاخص زیست‌محیطی

مقدمه

در عصر حاضر، محیط زیست یکی از مؤلفه‌های اصلی در سیاست‌های کلان جهانی بوده و بسیاری از مؤلفه‌های دیگر را تحت‌الشعاع قرار داده است. به همین دلیل مهم‌ترین عامل و پیش‌نیاز بسیاری از فعالیت‌ها در سطح کلان، سازگاری با محیط زیست است و آلودگی‌های زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین چالش‌های جامعه انسانی در قرن بیست و یکم می‌باشد (Najam et al., 2002).

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار دانشگاه فردوسی مشهد
3- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
4- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: (Email: l.abolhasani@um.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72459

در پی اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی در طی سال‌های گذشته، محققان به‌دنبال راهکاری هستند تا از مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی جلوگیری نمایند (Malakouti & Motesharezadeh, 1999; Baibordi et al., 2000). در طی سال‌های اخیر سیاست‌گذاری کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی در بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌منظور تحقق توسعه پایدار، در دست بررسی می‌باشد. از دیدگاه زیست‌محیطی، فعالیت کشاورزی زمانی پایدار است که میزان انتشار آلودگی و مصرف منابع، بتواند در درازمدت به‌وسیله محیط طبیعی تحمل شود. بنابراین، برای ارزیابی اولیه اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های کشاورزی، بایستی به پایداری آن فعالیت در درازمدت توجه شود (OECD, 2001a; OECD, 2001b).

به‌منظور ارزیابی اثرات زیست‌محیطی روش‌های مختلفی وجود دارد (Schroder et al., 2003) که این روش‌ها در آغاز تأثیر مصرف نهاده‌ها در بوم‌نظام را به‌صورت اختصاصی در رابطه با یکی از پیامدهای آن به‌طور مثال، گرمایش جهانی و یا آب‌شویی ترکیبات نیتروژن‌دار مورد توجه قرار می‌دادند، ولی به‌تدریج با کامل شدن اطلاعات، کارکردهای زیست‌محیطی نیز مورد بررسی قرار گرفتند. هم‌چنین بررسی عملکرد زیست‌محیطی نظام‌های تولید امری مهم و ضروری برای بررسی پایداری نظام است (Eckert et al., 1999). از آن‌جا که این رهیافت‌ها عملکرد زیست‌محیطی نظام‌های مختلف تولیدی را نیز با یکدیگر مقایسه می‌کند، می‌توان نظام‌های متناسب از نظر کاهش آلودگی و مصرف بهینه منابع را معرفی کرد و از این طریق بهبود شرایط زیست‌محیطی را فراهم کرد (Consoli et al., 1993) . در این راستا برخی محققان (Brentrup et al., 2001; Brentrup et al., 2004a; Roy et al., 2009; Finkbeiner et al., 2006) با توجه به دامنه کارکردهای رهیافت ارزیابی چرخه‌حیات (LCA[1])، این روش را مناسب‌ترین راهکار برای ارزیابی پایداری فعالیت‌های کشاورزی معرفی نمودند.

روش ارزیابی چرخه‌حیات، براساس محاسبه دو مؤلفه میزان مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست تعیین می‌شود (Brentrup et al.,2004a; Roy et al., 2009; Zeijts et al., 1999). در این رویکرد، کلیه اثرات زیست‌محیطی مرتبط با نظام تولیدی در گروه‌های تأثیر مؤثر بر آن در نظر گرفته می‌شود (Nemecek et al., 2011).

فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012) با ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید غلات در استان خراسان با استفاده از LCA دریافتند که با افزایش مصرف نیتروژن، اثرات زیست‌محیطی نیز افزایش یافت. در مطالعه‌ای براساس ارزیابی چرخه‌حیات برای تعیین اثرات زیست‌محیطی تولید گندم در گرگان و مقایسه این اثرات با اروپا مشخص گردید که تولید گندم منطقه مورد مطالعه دارای اثرات زیست‌محیطی قابل‌توجهی از نظر تخلیه اوتریفیکاسیون و اسیدیته است و از این نظر فاصله معنی‌داری با کشورهای اروپایی (حد مطلوب) دارد (Soltani et al., 2012).

با محاسبه LCA برای نظام‌های تولید ارگانیک و رایج گندم در آمریکا نشان داده شد که تولید یک کیلوگرم گندم در نظام ارگانیک، 30 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن کم‌تر نسبت به نظام رایج تولید کرد (Meisterling et al., 2009). نتایج مطالعه برنتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2004) نشان داد که شاخص نهایی LCA در نظام گندم زمستانه در آلمان، در شرایط مصرف کم‌تر از 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در حدود 0/22 تا 0/26 به‌ازای هر تن دانه محاسبه شد و با افزایش مصرف نیتروژن از 200 تا 390 کیلوگرم در هکتار، LCA افزایش یافت. آن‌ها هم‌چنین بیان داشتند که در سطوح پایین مصرف کود، تغییر کاربری اراضی و در سطوح بالای مصرف، اوتریفیکاسیون مهم‌ترین گروه‌های تأثیر در تشدید اثرات زیست‌محیطی بودند. مجموعه نتایج فوق به‌وضوح نشان می‌دهد که با محاسبه LCA می‌توان اطلاعات بسیار مفیدی را در مورد اثرات زیست‌محیطی نظام‌های مختلف تولیدی به‌دست آورد افزایش اثرات زیست‌محیطی تولید محصولات کشاورزی ضرورت این مطالعه را موجب شده است.

لازم به ذکر است سطح زیر کشت محصولات گندم، جو، هندوانه و یونجه در استان خراسان رضوی به‌ترتیب 300090، 175473، 293829 و 34692 هکتار در سال 95-1394 گزارش شده است. بر این اساس، از آن‌جا که ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصولات عمده در دهستان بلهرات نیشابور شامل گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، هندوانه بذری (*Citrullus lanatus* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) در دهستان بلهرات به‌عنوان یکی از مناطق تولید این محصولات در استان خراسان رضوی، می‌تواند اطلاعات مفیدی را در خصوص مدیریت سیستم‌های تولیدی در

1- Life Cycle Assessment

اختیار کشاورزان و محققان قرار دهد. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی بوم‌نظام‌های تولید این چهار محصول و مقایسه این نظام‌ها با یکدیگر در دهستان بلهرات نیشابور با استفاده از رویکرد LCA انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده نیشابور با وسعت 7293/1 کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط 1480/5 متر از سطح دریا در شمال استان خراسان رضوی واقع شده است. دشت نیشابور جزئی از حوضه آبریز کالشور نیشابور می‌باشد که در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود و در شمال شرق کویر مرکزی واقع شده و دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. این حوضه با مساحت 9349 کیلومتر مربع در طول جغرافیایی 17′ ^{0}57 تا 30′ ^{0}59 شرقی و عرض جغرافیایی 40′ ^{0}35 تا 39′ ^{0}36 شمالی واقع و از شمال به خط‌الرأس ارتفاعات بینالود، از شرق به بلندی‌های لیلا جوق ویال پلنگ، از جنوب به تپه ماهورهای نیزه بند، ساه کوه و کوه نمک و از غرب به حوضه آبریز دشت سبزوار محدود شده است (Naderianfar et al., 2012; Labaph, 2015). محصولات عمده منطقه مورد مطالعه شامل گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه می‌باشد که آبیاری این محصولات عمدتاً به‌روش سنتی انجام می‌گیرد.

جدول 1 میانگین میزان مصرف نهاده‌های مختلف تولید اعم از سوخت، کودها و سموم شیمیایی، بذر، کود دامی و الکتریسیته برای چهار محصول عمده دهستان بلهرات شامل گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه یکساله که در سال 1394 جمع‌آوری شده را نشان می‌دهد. از آن‌جا که واحد تحلیل این مطالعه، چاه آب می‌باشد و منطقه مورد مطالعه به‌طور کلی 58 چاه آب دارد، تعداد پرسشنامه‌ها با توجه به تعداد چاه‌ها انتخاب شده و اطلاعات مربوط به محصولات از کل زمین‌هایی که از این چاه‌ها آبیاری می‌شوند، جمع‌آوری شده است.

جدول 1- میانگین میزان مصرف نهاده‌ها و عملکرد اقتصادی در تولید محصولات عمده کشاورزی در دهستان بلهرات به‌ازای یک هکتار

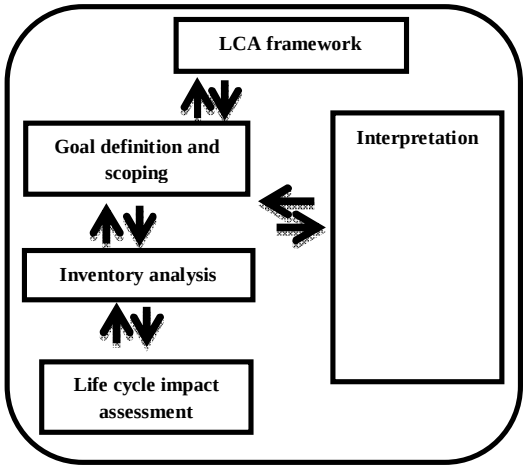
Table 1- Average of inputs and economic yield per hectare for major agricultural crops in Belherat Rural District

نهاده Input	هندوانه بذری Seedy watermelon	جو Barley	گندم Wheat	یونجه Alfalfa
سوخت Fuel (l)	95.54	98.52	98.46	86.34
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers				
1- کود نیتروژن 1- Nitrogen (kg)	45.45	57.69	45.45	200
2- کود فسفر 2- Phosphorus (kg)	126	142.9	153	185.29
3- کود پتاس 3- Potash (kg)	145	121.66	103.33	150
علف‌کش Herbicide (l)	3	4.33	1.5	6
قارچ‌کش Fungicides (l)	1.85	0.72	0.76	0
آفت‌کش Pesticides (l)	8.75	2	1.58	3.5
الکتریسیته Electricity (kWh)	1704.66	1701.11	1971.3	4345.17
آب Water (m^3)	5144	5311.62	7043.2	14078.49
کودحیوانی Manure (t)	5.72	2.09	2.85	16.07
بذر (کیلوگرم) Seed (kg)	11.072	175.46	189.18	87.69
عملکرد (تن) Yield	0.64	3.08	2.9	5.24

عملکرد اقتصادی سه محصول گندم، جو و هندوانه بذری برحسب دانه و عملکرد اقتصادی محصول یونجه برحسب علوفه می‌باشد.

از آن‌جا که این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد با موضوع "تحلیل پیامدهای زیست‌محیطی- اقتصادی نظام‌های مالکیت چاه-های آب کشاورزی دهستان بلهرات نیشابور" استخراج شده و واحد تحلیل در آن چاه آب می‌باشد، با استفاده از سرشماری چاه‌های آب منطقه مورد مطالعه که تعداد آن‌ها 58 عدد بوده، داده‌ها جمع‌آوری شدند به‌طوری‌که، داده‌های مورد نیاز با استفاده از مراجعه حضوری به کشاورزان و پر کردن 58 پرسشنامه (حاوی کلیه نهاده‌های آلی و شیمیایی و عملیات کاشت، داشت و برداشت طی تولید محصولات) جمع‌آوری شد.

ارزیابی چرخه‌حیات براساس روش ارائه شده در ISO14044 (Brentrup et al., 2004; Khoshnevisan et al., 2013) یک فرآیند سیستماتیک چهار مرحله‌ای شامل بخش تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه، ممیزی چرخه‌حیات، ارزیابی تأثیر چرخه‌حیات و تفسیر نتایج می‌باشد (شکل 1).



شکل 1- چهارچوب روش ارزیابی چرخه‌حیات (ISO 14040, 1997)
Fig. 1- Life cycle assessment framework (ISO 14040, 1997)

1- تعریف اهداف و حوزه عمل: در این مرحله، بعد از تعریف و توصیف فرآیند یا فعالیت مرز سیستم تحت مطالعه واحد کارکردی (برحسب یک تن عملکرد اقتصادی) مشخص شد (ISO, 1997). بر این اساس، واحد کارکردی برای چهار محصول گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه معادل یک تن عملکرد اقتصادی در نظر گرفته شد. عملکرد اقتصادی سه محصول گندم، جو و هندوانه بذری برحسب دانه و عملکرد اقتصادی محصول یونجه برحسب علوفه می‌باشد.

2- ممیزی چرخه‌حیات: این مرحله شامل شناسایی و کمّی کردن کلیه منابع مورد استفاده برای تولید محصول مثل آب، مواد خام و فرآوری شده و کلیه مواد منتشر شده به محیط زیست شامل انتشار انواع آلاینده‌ها به هوا، خاک و آب و ضایعات ناشی از تولید و مصرف محصول می‌باشد که این مواد برحسب واحد کارکردی محاسبه شد (ISO, 1997).

3- ارزیابی تأثیر چرخه‌حیات: به‌منظور تجزیه و تحلیل نتایج بخش ممیزی، برای هر یک از گروه‌های تأثیر، فاکتور مشخص‌سازی تعریف شد. گروه‌های تأثیر در این مطالعه شامل اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون (در بوم‌نظام‌های آبی و خشکی) و گرمایش جهانی می‌باشند (Finkbeiner et al., 2006; Brentrup et al., 2004).

3-1- گرمایش جهانی: تأثیر این گروه از طریق برآورد میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای محاسبه می‌شود. گازهای گلخانه‌ای اصلی در مطالعات کشاورزی شامل CO_2، CH_4 و N_2O می‌باشند که در محاسبات براساس معادل CO_2 سنجیده می‌شوند

(ISO, 2006).

2-3- اسیدی شدن: شاخص مربوط به این گروه تأثیر براساس میزان ورود املاح یا ترکیبات معدنی به خاک برآورد و براساس SO_2 یکسان‌سازی می‌گردد (Biswas et al., 2010; Brentrup et al., 2004).

3-3- اوتریفیکاسیون: از آن‌جا که منبع تشدید اوتریفیکاسیون در اکوسیستم‌های خشکی ورود NH_3 و NO_x و برای اکوسیستم‌های آبی ورود ترکیبات نیتروژن و فسفر به آب‌های سطحی می‌باشد، لذا این تأثیر برای اکوسیستم‌های خشکی و آبی به‌طور جداگانه برآورد می‌گردد (Brentrup et al., 2004).

جدول 2- ضرایب وزن‌دهی گروه‌های تأثیر مورد مطالعه (Brentrup et al., 2004)

Table 2- Weightening coefficients for each studied impact categories (Brentrup et al., 2004)

پتانسیل گرمایش جهانی	
Global warming potential (kg CO_2 equivalent per kg emission)	
CO_2	1
CH_4	21
N_2O	310
پتانسیل اسیدی شدن	
Acidification potential (in kg SO_2 equivalent per kg emission)	
SO_2	1
NO_x	0.28
NH_3	1.30
پتانسیل اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های آبی	
Aquatic eutrophication potential (kg PO_4 equivalent per kg emission)	
P	1
NO_3	0.1
NO_x	0.13
NH_4	0.33
NH_3	0.35
N	0.42
پتانسیل اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی	
Terrestrial eutrophication potential (kg NO_x equivalent per kg emission)	
NO_x	1
NH_3	5

به این ترتیب، ابتدا سه گروه فوق ممیزی و تأثیر کارکرد نظام‌های تولید محصولات عمده تعیین شد. این گروه‌های تأثیر که بسته به ماهیت ممکن است منبع یا عوامل انتشاریافته باشند در ضریب تأثیر مربوطه ضرب و تأثیر آن‌ها به‌ازای واحد کارکردی مشخص شد (معادله1). (Brentrup et al., 2004a).

$$ICI^{1}_{i}=\sum_j [Ej \text{ or } Rj] * CFi,j \qquad (1)$$

در این معادله، Rj یا Ej انتشار ترکیب j یا مصرف منبع j به‌ازای هر واحد کارکردی، $CF_{i,j}$ فاکتور طبقه‌بندی برای ترکیب j یا منبع j سهیم در گروه تأثیر i می‌باشد. فاکتور طبقه‌بندی در هر گروه تأثیر نشان‌دهنده پتانسیل آن ترکیب در ایجاد اثر مربوطه می‌باشد.

پس از آن، شاخص‌ها با استفاده از ضرایب براساس معادله 2 نرمال‌سازی شدند (Brentrup et al., 2004a).

$$N_i=\frac{ICIi}{NVi} \qquad (2)$$

در این معادله، ICIi شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر i، که از مرحله قبل به‌دست آمده، NVi فاکتور نرمال‌سازی برای منطقه مرجع برای هر گروه تأثیر i و N_i شاخص نرمال‌سازی گروه تأثیر i می‌باشد.

سپس شاخص‌های نرمال شده با استفاده از معادله (3) وزن‌دهی شدند تا شدت تأثیر آن‌ها برحسب وزن (W) لحاظ گردد (Brentrup et al., 2004a).

$$WF_{i,j,k}=\frac{CIi,j,k}{TIi,j,k} \qquad (3)$$

که در این معادله، $WF_{i,j,k}$: فاکتور وزن‌دهی، $CI_{i,j,k}$: شاخص

1- Impact Category Indicator (ICI)

فعلی (j: منطقه، k: سال) و $TI_{i,j,k}$: شاخص هدف می‌باشد.

4- تفسیر نتایج: در این مرحله نتایج مراحل تجزیه و تحلیل و ارزیابی تأثیر چرخه‌حیات توسط شاخص زیست‌محیطی تحت عنوان شاخص بوم شناخت (Eco-X) به‌عنوان معیار نهایی LCA ، با استفاده از معادله ذیل محاسبه شد (Brentrup et al., 2004).

$$EcoX= \sum Ni * Wfi,j,k \quad (4)$$

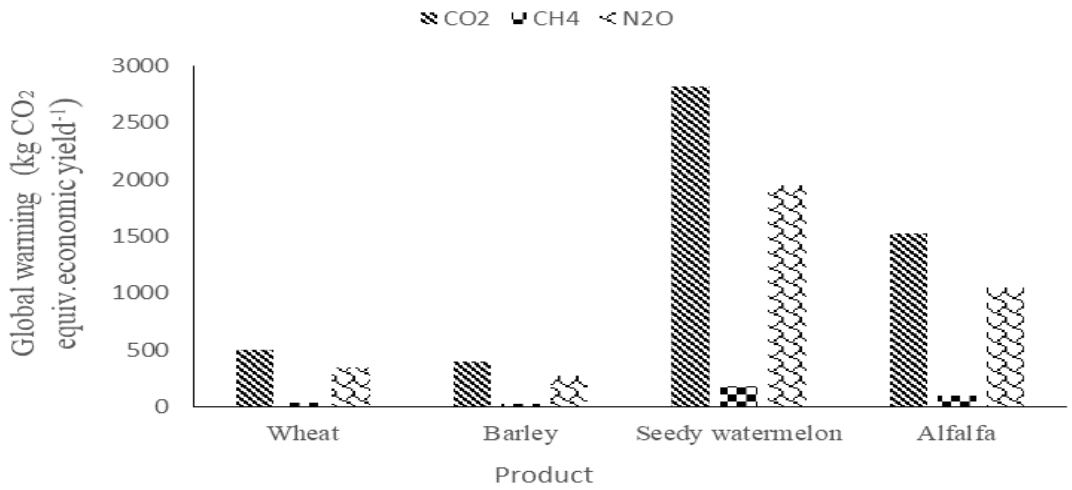
در این معادله، EcoX: شاخص زیست‌محیطی بوم شناخت به‌ازای واحدکارکردی، N_i: مقدار نرمال‌شده مربوط به هر گروه تأثیر و $Wf_{i,j,k}$: وزن مربوط به هر یک از مقادیر N_i می‌باشد.

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، دسته‌بندی اطلاعات و محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام و شکل‌ها نیز ترسیم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد: متوسط عملکرد اقتصادی برای محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه در منطقه بلهرات نیشابور به‌ترتیب برابر 2/9، 3/08، 0/6 و 5/2 تن در هکتار می‌باشد (جدول 1). در مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2012) مقایسه شش مزرعه گندم نشان داد که متوسط عملکرد برای محصول گندم برابر 3/8 تن در هکتار است و هم‌چنین بالاترین و کم‌ترین عملکرد این محصول به‌ترتیب برابر با 5/2 و 2/5 تن در هکتار می‌باشد. علاوه‌براین نتایج مطالعه خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) نشان داد، بالاترین عملکرد گندم برابر با 3/8 تن در شرایط مصرف 220-200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. هم‌چنین در ارتباط با محصول جو مطالعه خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2015) اذعان داشتند، بالاترین عملکرد جو با 3/2 تن در هکتار برای سطح بیش‌تر از 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید.

گروه تأثیر گرمایش‌جهانی: در شکل 3 پتانسیل گرمایش-جهانی و سهم گازهای مربوط به این گروه تأثیر در تولید محصولات مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل 3- پتانسیل گروه تأثیر گرمایش‌جهانی به‌ازای یک واحد کارکردی برای محصولات عمده در دهستان بلهرات نیشابور
Fig. 3- Global warming potential for one functional unit of major crops in Belherat Rural District

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده آن است که تقریباً در تمامی محصولات مورد مطالعه تولید و انتشار دی‌اکسیدکربن بیش‌ترین سهم را در ایجاد اثر پتانسیل گرمایش‌جهانی به خود اختصاص داد، به‌طوری‌که مقدار این آلاینده در محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه به‌ترتیب برابر 496/53، 396/63، 2824/16 و 1529/57 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی می‌باشد.

مهم‌ترین منبع ایجاد این گاز سوخت فسیلی ماشین‌آلات و نیتروژن موجود در کودهای حیوانی و کودهای شیمیایی نیتروژنه می-

باشد (Brentrup et al., 2004b). هم‌چنین نتایج نشان داد که انتشار N_2O از تولید محصولات مختلف مورد مطالعه سهم قابل توجهی را در پیامد زیست‌محیطی پتانسیل گرمایش‌جهانی به خود اختصاص داده است و مقادیر آن برای محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه به‌ترتیب برابر 341/58، 272/74، 1945/02 و 1053/06 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی است. آلاینده CH_4 نیز برای هر کدام از محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه به‌ترتیب برابر 31/23، 24/94، 177/87 و 96/30 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی می‌باشد (شکل 3).

پتانسیل گرمایش‌جهانی برای محصولات گندم، جو، هندوانه‌بذری و یونجه به‌ترتیب معادل 869/36، 694/32، 4947/06 و 2678/95 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن (CO_2) به‌ازای تولید یک تن عملکرد اقتصادی محاسبه شد. با مقایسه مقدار عددی پتانسیل گرمایش‌جهانی چهار محصول نام‌برده مشخص است هندوانه بذری بالاترین میزان تولید دی‌اکسیدکربن به‌ازای یک تن دانه را به خود اختصاص داد به‌طوری‌که حدود پنج برابر محصول گندم و جو و دو برابر یونجه، دی‌اکسیدکربن بیش‌تری تولید می‌کند. دلیل این امر مصرف زیاد کودهای شیمیایی برای تولید این محصول می‌باشد (جدول 1). هم‌چنین این محصول بالاترین تولید آلاینده‌های CH_4 و N_2O را نیز به دنبال داشته است (شکل 3). در مطالعه‌ای فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012) با بررسی تولید گندم در خراسان اظهار داشتند که بیش‌ترین پتانسیل گرمایش‌جهانی برای تولید این محصول برابر با 1164/12 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن به‌ازای یک تن دانه برای سطح کود نیتروژن 180-160 کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در مطالعه خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2015) بالاترین پتانسیل گرمایش‌جهانی جو معادل 898/24 کیلوگرم معادل دی-اکسیدکربن به‌ازای یک تن دانه برای سطح کودی 180-140 کیلوگرم نیتروژن در هکتار محاسبه گردید. مقادیر این شاخص برای تولید هندوانه در منطقه کیاشهر استان گیلان برابر 115/35 کیلوگرم معادلCO_2 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی گزارش گردید (Barsari et al, 2016).

گروه تأثیر اسیدی‌شدن: در شکل 4 میزان اثر پتانسیل اسیدی‌شدن و سهم گازهای مربوطه در تولید محصولات عمده کشاورزی در منطقه بلهرات نیشابور نشان داده شده است.

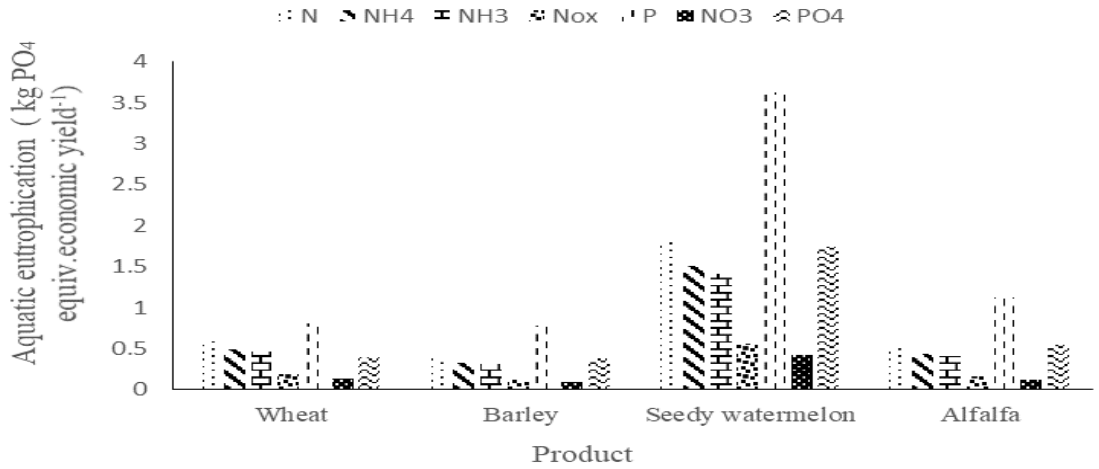
شکل 4- پتانسیل گروه تأثیر اسیدی‌شدن در تولید محصولات عمده نیشابور
Fig. 4- Acidification potential per functional unit of major products of Neyshabour (kg.ha^{-1})

نتایج نشان‌دهنده آن است که در تمامی محصولات مورد مطالعه در منطقه بلهرات نیشابور NH_3 با مقادیر 1/26، 1/01، 7/22 و 3/91 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی به‌ترتیب برای محصولات گندم، جو، هندوانه‌بذری و یونجه و هم‌چنین SO_2 با اختصاص مقادیر 0/95، 0/76، 5/42 و 2/93 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی به‌ترتیب برای محصولات گندم، جو، هندوانه‌بذری و یونجه بیش‌ترین سهم را در

ایجاد اثر پتانسیل‌اسیدی‌شدن دارند. در این اثر زیست‌محیطی مقادیر مربوط به آلاینده NO_x نیز برای محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه به‌ترتیب برابر 0/39، 0/31، 2/25 و 1/22 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی است (شکل 5). مهم‌ترین منبع انتشار این آلاینده‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی، نیتروژن مصرفی حاصل از کودهای حیوانی وکودهای شیمیایی نیتروژنه است (Brentrup et al., 2004b).

پتانسیل اسیدی‌شدن محصولات عمده مورد مطالعه در منطقه بلهرات نیشابور گندم، جو، هندوانه‌بذری و یونجه به‌ترتیب معادل 2/61، 2/09، 14/9 و 8/07 کیلوگرم دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی محاسبه گردید. همان‌گونه که در شکل 5 مشاهده می‌شود، NH_3 بیش‌ترین سهم را در بین آلاینده‌های گروه تأثیر اسیدی‌شدن به خود اختصاص داد و هم‌چنین بالاترین سهم اثرات زیست‌محیطی در مقایسه محصولات مورد مطالعه، برای محصول هندوانه بذری به‌دست آمد. به‌طوری‌که سهم این گروه تأثیر در محصول هندوانه بذری حدود 7 برابر گندم و و جو و حدود دو برابر یونجه می‌باشد (جدول 5) و دلیل این امر نیز مصرف زیاد کودهای شیمیایی برای تولید این محصول است (جدول 1). نتایج مطالعه خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) نشان دادند که بیش‌ترین پتانسیل‌اسیدی شدن برای سطح کودی بیش از 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با 1/53 کیلوگرم معادل دی‌اکسید‌گوگرد به‌ازای یک تن دانه برای محصول گندم به‌دست آمد. در مطالعه‌ای دیگر، این محققان گزارش نمودند که بالاترین پتانسیل‌اسیدی‌شدن برای تولید جو برابر با 1/64 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدگوگرد به‌ازای یک تن دانه برای مقدار 180-140 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (Khorramdel et al., 2015). فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012) گزارش نمودند که بالاترین میزان اسیدی شدن در گندم برابر با 1/95 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدگوگرد به‌ازای یک تن دانه برای سطح کود نیتروژن 180-160 کیلوگرم در هکتار در استان خراسان گزارش نمودند. هم‌چنین بالاترین پتانسیل اسیدی شدن برای تولید جو در استان خراسان معادل 1/89 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدگوگرد به‌ازای یک تن دانه برای مقدار 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. شاخص گروه تأثیر اسیدی شدن برای تولید یک تن محصول برای هندوانه در کیاشهر گیلان برابر با 3/09 کیلوگرم (SO_2) گزارش شد (Yarmohammadi et al., 2016).

گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی: در شکل 5 میزان پتانسیل گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی در تولید محصولات عمده در منطقه بلهرات نیشابور نشان داده شده است.



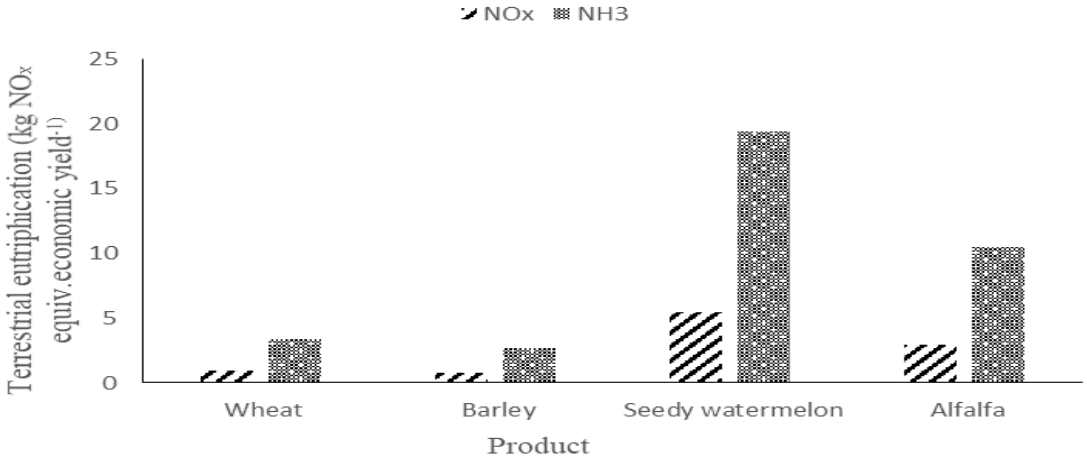
شکل 5- پتانسیل گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی در تولید محصولات عمده نیشابور

Fig. 5- Potential of aquatic eutrophication per functional unit of major products of Neyshabour (kg.ha^{-1})

فسفر (P) و آمونیاک (NH_3) سهم عمده‌ای در انتشار پیامدهای زیست‌محیطی گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی به محیط زیست دارند

(Brentrup et al., 2004b). آلاینده فسفر با اختصاص مقادیر 0/81، 0/78، 3/62 و 1/12 و آلاینده آمونیاک نیز با مقادیر 0/46، 0/30، 1/41، 0/41 به‌ترتیب برای محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی سهم عمده‌ای در این گروه تأثیر دارند. پتانسیل اوتریفیکاسیون آبی محصولات مورد مطالعه شامل گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه در منطقه بلهرات نیشابور به‌ترتیب معادل 3/08، 2/4، 11/08 و 3/33 کیلوگرم معادل PO_4 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی محاسبه گردید. با مقایسه محصولات می‌توان به این نتیجه رسید که انتشار آلاینده P علاوه بر اینکه بیش‌ترین سهم را در بین آلاینده‌ها دارد، بیش‌ترین سهم را در تولید محصول هندوانه-بذری به خود اختصاص داده است. تولید و انتشار P در هندوانه بذری حدود پنج برابر محصول گندم و وجو و سه برابر محصول یونجه محاسبه گردید (شکل 5). نتایج مطالعه خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) نشان داد که بیش‌ترین پتانسیل اوتریفیکاسیون آبی برای سطح کودی بیش از 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار را 2/41 کیلوگرم معادل PO_4 به‌ازای یک تن دانه برای محصول گندم به‌دست آمد. در مطالعه‌ای دیگر، بالاترین پتانسیل اوتریفیکاسیون آبی برای محصول جو 2/42 کیلوگرم معادل PO_4 به‌ازای یک تن دانه برای سطح 180-140 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (Khorramdel et al., 2015). انتشار آمونیاک (NH_3) بیش‌ترین سهم را در تشدید پتانسیل اوتریفیکاسیون خشکی دارد و مهم‌ترین نهاده مصرفی در تولید این گاز، نیتروژن موجود در کود حیوانی و کود شیمیایی نیتروژن می‌باشد (Brentrup et al., 2004b).

گروه تأثیر اوتریفیکاسیون خشکی: در شکل 6 میزان اثر گروه تأثیر پتانسیل اوتریفیکاسیون خشکی در تولید محصولات عمده کشاورزی در منطقه بلهرات نیشابور نشان داده شده است.



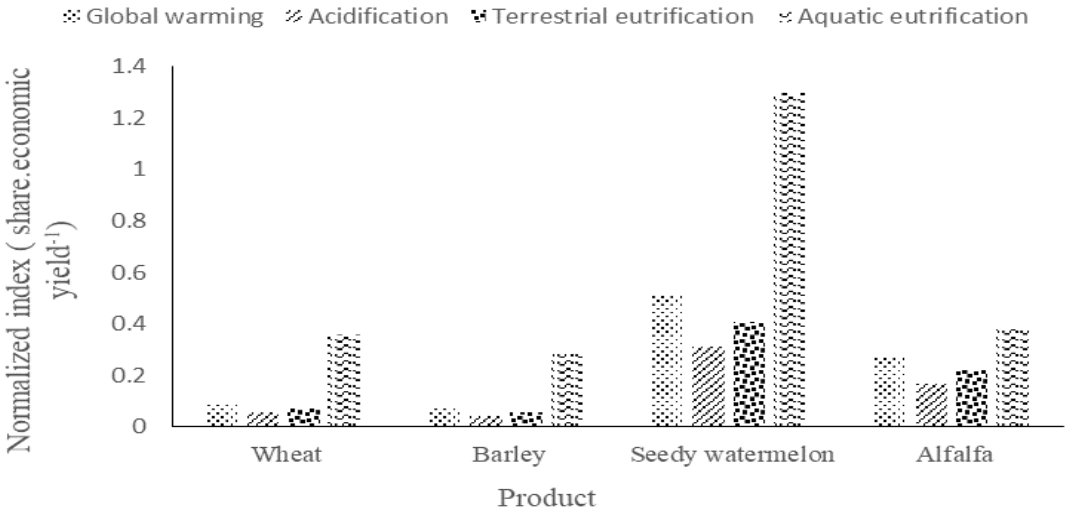
شکل 6- پتانسیل گروه تأثیر اوتریفیکاسیون خشکی در تولید محصولات عمده نیشابور

Fig. 6- Potential of terrestrial eutrophication per functional unit of major products of Neyshabour ($kg.ha^{-1}$)

پتانسیل اوتریفیکاسیون خشکی در محصولات عمده در منطقه بلهرات نیشابور شامل گندم، جو، هندوانه‌بذری و یونجه به‌ترتیب معادل 4/36، 3/48، 24/84 و 13/45 کیلوگرم NO_x به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی محاسبه گردید. در این گروه تأثیر، NH_3 با مقادیر 3/41، 2/72، 19/42 و 10/51 به‌ترتیب برای محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه بیش‌ترین سهم را به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی داشت. در مقایسه محصولات مختلف نیز مشخص گردید که تولید هندوانه بذری بیش‌ترین مقدار NH_3 را به محیط زیست منتشر می‌کند، بطوریکه انتشار این آلاینده در این محصول حدود شش برابر گندم و جو و دو برابر یونجه است (شکل 6). علاوه‌براین، تولید این محصول NO_x بیش‌تری نیز نسبت به سایر محصولات را در محیط زیست منتشر می‌کند. مقادیر این آلاینده برای محصولات گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه به‌ترتیب برابر 0/95، 0/76، 5/42 و 2/93 به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی است (شکل 6). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) بیش‌ترین پتانسیل اوتریفیکاسیون خشکی برای سطح کودی بیش از 220 کیلوگرم

نیتروژن در هکتار برابر با 1/11 کیلوگرم معادل NO_x به‌ازای یک تن دانه برای محصول گندم محاسبه کردند. نتایج دیگر مطالعه این محققان (Khorramdel et al., 2015) نشان داد که بیش‌ترین پتانسیل اوتریفیکاسیون خشکی برای تولید جو 2/73 کیلوگرم معادل NO_x به‌ازای یک تن دانه برای سطح 180-140 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. شاخص گروه تأثیر اوتریفیکاسیون خشکی در کیاشهر گیلان برای تولید هندوانه معادل 8/31 کیلوگرم (NO_x) به‌ازای یک تن هندوانه محاسبه شد (Yarmohammadi Barsari et al, 2016).

شاخص نرمال‌سازی: در شکل 7 شاخص نرمال شده چهار اثر زیست‌محیطی برای محصولات عمده منطقه بلهرات نیشابور نشان داده است.



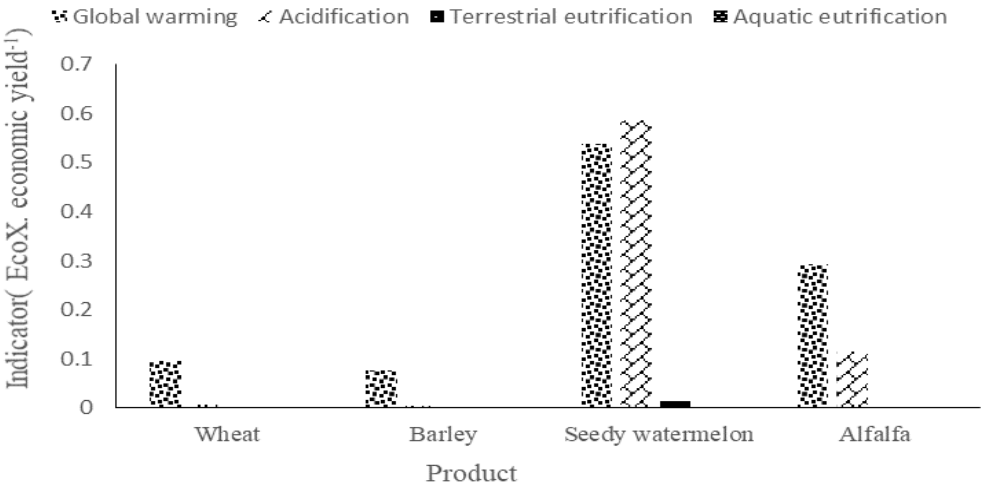
شکل 7- شاخص نرمال‌سازی در تولید محصولات عمده نیشابور

Fig. 7- Normalized indicator values per functional unit of major products of Neyshabour ($kg.ha^{-1}$)

نتایج مقایسه محصولات عمده منطقه بلهرات نیشابور نشان داد که هندوانه‌بذری بالاترین و جو پایین‌ترین شاخص نرمال‌شده را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در شاخص نرمال‌شده هندوانه‌بذری گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی با 1/29 به‌ازای یک تن محصول اقتصادی بالاترین و اثر اسیدی‌شدن با 0/31به‌ازای یک تن محصول اقتصادی کم‌ترین سهم را به خود اختصاص داد. هم‌چنین گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی با 0/28 به‌ازای یک تن محصول اقتصادی بیش‌ترین و گروه تأثیر اسیدی‌شدن با 0/04 به‌ازای یک تن محصول اقتصادی کم‌ترین سهم را در شاخص نرمال‌شده جو به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی دارا بودند (شکل 7).

مجموع شاخص زیست‌محیطی: در شکل 8 مجموع شاخص زیست‌محیطی محصولات عمده در منطقه بلهرات نیشابور ارائه شده است.

دامنه شاخص زیست‌محیطی تولید محصولات عمده منطقه مورد مطالعه برابر با 1/14- 0/07 EcoX به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی محاسبه شد. بیش‌ترین سهم از اثرات زیست‌محیطی محصول هندوانه بذری مربوط به گروه تأثیر اسیدی‌شدن (0/58 EcoX به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی) و پایین‌ترین میزان اثر زیست‌محیطی در این محصول برای گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی (0/002 EcoX به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی) است. هم‌چنین در محصول جو بالاترین اثر در گروه تأثیر گرمایش‌جهانی (0/07 EcoX به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی) و پایین‌ترین اثر در گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی (0/0001 EcoX به‌ازای یک تن عملکرد اقتصادی) مشاهده شد.



شکل 8- مجموع شاخص زیست‌محیطی (EcoX) تولید محصولات عمده نیشابور

Fig. 8- Aggregated environmental indicators (EcoX) per functional unit of major products of Neyshabour kg.ha^{-1})

بالاترین و پایین‌ترین اثر زیست‌محیطی به‌ترتیب مربوط به هندوانه بذری و جو است (شکل 8). از آن‌جا که در روش LCA، اثرات زیست‌محیطی محصولات بر اساس عملکرد آن‌ها گزارش می‌شود و در مطالعه حاضر همان‌گونه که در جدول 1 گزارش شده عملکرد هندوانه‌بذری نسبت به سایر محصولات بسیار پایین‌تر بوده و دلیل اصلی بالا بودن اثرات زیست‌محیطی آن نسبت به سایر محصولات می‌باشد. اثرات زیست‌محیطی به‌دلیل استفاده از نهاده‌ها منتشر می‌شود که عملکرد محصول می‌تواند مصرف نهاده‌ها را پوشش دهد امّا اگر محصولی هم‌چون هندوانه بذری که در این مطالعه تقریباً مشابه سایر محصولات از نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی استفاده کرده امّا عملکرد پایینی دارد، بدان معناست که نتوانسته اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف نهاده‌ها را به‌خوبی پوشش دهد، بنابراین در مقایسه با سایر محصولات آسیب بیش‌تری به محیط زیست وارد می‌کند. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) دامنه شاخص بوم‌شناخت تولید گندم در کشور را 0/55-0/47 Ecox به‌ازای یک تن دانه محاسبه نمودند. در این مطالعه گروه تأثیر گرمایش‌جهانی و اوتریفیکاسیون خشکی به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سهم را در این شاخص داشتند. بر اساس نتایج مطالعه فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012)، بیش‌ترین اثرات زیست‌محیطی تولید گندم در استان خراسان برای گروه تأثیر اوتریفیکاسیون گزارش گردید. هم‌چنین بیش‌ترین اثرات زیست‌محیطی تولید گندم در خراسان مربوط به گروه تأثیر گرمایش‌جهانی بود. شاخص نهایی بوم شناخت با استفاده از رویکرد LCA نشان‌دهنده مجموع آثار زیست‌محیطی انتشار آلاینده‌ها به بخش‌های مختلف محیط زیست است (Brentrup et al., 2004). نتایج مطالعه فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012) نشان داد که بالاترین اثرات زیست‌محیطی تولید جو در استان خراسان رضوی مربوط به گروه تأثیر اوتریفیکاسیون آبی است. در این مطالعه دامنه اثرات زیست‌محیطی برای جو در استان خراسان 0/174-0/024 Ecox به‌ازای یک تن به دست آمد. هم‌چنین خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2015) با ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید جو دامنه اثرات زیست‌محیطی این محصول را 0/46-0/27 Ecox به‌ازای یک تن گزارش نمودند، هم‌چنین گروه‌های تأثیر گرمایش‌جهانی و اسیدی‌شدن به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سهم را در شاخص زیست‌محیطی دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه روی مقایسه اثرات زیست‌محیطی تولید چهار محصول گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه در دهستان بلهرات نیشابور نشان داد که بالاترین اثرات زیست‌محیطی مربوط به گروه

تأثیر گرمایش‌جهانی بود. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین اثرات نهایی زیست‌محیطی به‌ترتیب برای تولید هندوانه بذری و جو به‌دست آمد. این نکته نیز حائز اهمیت است که رتبه‌بندی محصولات عمده از لحاظ اثرات زیست‌محیطی در مطالعه حاضر به‌ترتیب مربوط به تولید هندوانه بذری، یونجه، گندم و جو می‌باشد. دلیل بالا بودن اثرات زیست‌محیطی هندوانه بذری نسبت به سایر محصولات همان‌گونه که در بخش نتایج و بحث به آن اشاره شد، عملکرد پایین این محصول می‌باشد. هم‌چنین گروه‌های تأثیر گرمایش‌جهانی و اوتریفیکاسیون آبی به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سهم را در تشدید اثرات زیست‌محیطی دارند که این پیامدها ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی از جمله کودها و سموم شیمیایی و سوخت‌های فسیلی است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود کشاورزان مصرف کودهای حیوانی را به‌عنوان جایگزینی برای کود شیمیایی مدنظر قرار دهند. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود روش‌های ترویجی مناسب هم‌چون به‌کارگیری خاک‌ورزی‌های کاهش یافته و حفاظتی از طریق کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، بهره‌گیری از راهکارهای مدیریت پایدار تغذیه گیاهی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی، کشت مخلوط، تناوب زراعی با بقولات و انتخاب گیاهان با اثرات زیست‌محیطی کم‌تر در الگوی کشت منطقه جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی به کشاورزان آموزش داده شود.

سپاسگزاری

از کشاورزان دهستان بلهرات و سایر مسئولین بخش میان‌جلگه که در این مطالعه ما را یاری کردندکمال تشکر را داریم.

فهرست منابع

Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hoseinpour, R., Abdshah, H., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2017. Statistics of Agri-Jihad. http://amar.maj.ir. (In Persian)

Baibordi, M., Malakouti, M.J., AmirMokri, H., and Nafisi, M. 2000. Production and consumption of fertilizers in line with the objectives of sustainable agriculture. Train and equip the human resources department, the Research, Education and Extension Organization, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. (In Persian)

Bennett, R., Phipps, R., and Strange, A. 2006. An application of life-cycle assessment for environmental planning and management the potential environmental and human health impacts of growing genetically-modified herbicide-tolerant sugar beet. Journal of Environmental Planning and Management 49: 59-74.

Biswas, W.K., Graham, J., Kelly, K., and John, M.B. 2010. Global warming contributions from wheat, sheep meat and wool production in Victoria, Australia: A life cycle assessment. Journal of Cleaner production 18: 1-7.

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004a. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy 20: 247-264.

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2001. Application of the Life Cycle Assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. European Journal of Agronomy 14: 221-233.

Consoli, F., Allen, D., Boustead, I., Fava, J., Franklin, W., Jensen, A.A., Oude, N., Parrish, R., Perriman, R., Postlethwaite, D., Quay, B., Séguin, J., and Vignon, B. 1993. Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice.

Cowell, S.J., and Clift, R. 2000. A methodology for assessing soil quantity and quality in life cycle assessment. Journal of Cleaner Production 8: 321-331.

Eckert, H., Breitschuh, G., and Sauerbeck, D. 1999. Kriterien einer umweltverträglichen Landbewirtschaftung (KUL)-ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben (Criteria of Environmentally friendly land use (KUL)-a method for the environmental evaluation of farms). Journal of Agriculture Biotechnology Research 52: 57-76.

Fallahpour, F., Aminghafouri, A., Behbahani, A.G., and Bannayan, M. 2012. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. Environment Development and Sustainability 14: 979-992.

Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R.B.H., Christiansen, K., and Klüppel, H.J. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. International Journal of Life Cycle Assessment 11: 80–85.

Haas, G., Wetterich, F., and Kopke, U. 2001. Comparing intensive extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. Journal of Agriculture Ecosystems and Environment 83: 43–53.

Halleux, H., Lassaux, S., Renzoni, R., and Germain, A. 2008. Comparative life cycle assessment of two biofuels ethanol from sugar bett with a preface by Jorg Schweinle. The International Journal of Life Cycle Assessment 13: 184-190.

ISO (International Organization for Standardization). 1997. Environmental management-Life cycle assessment Principles and framework. International Standard ISO 14040 Geneva.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Amin Ghafori, A. 2014. Evaluation of environmental impacts for wheat agroecosystems of Iran by using life cycle assessment methodology. Cereal Research 4: 27-44. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S. 2012. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Ghorbani, R., and Amin Ghafori, A. 2015. Comparison of environmental impacts for dryland and irrigated barley agroecosystems of Iran by using life cycle assessment (LCA) methodology. Journal of Plant Production Research 22: 243-264. (In Persian with English Summary)

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., and Clark, S. 2014. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. Journal of Cleaner Production 73: 183-192. (In Persian with English Summary)

Kronvang, B., Rubak, G.H., and Heckrath, G., Kasmaprapruet, S., Paengjuntuek, W., Saikhwan, P., and Phungrassami, H. 2009. Life cycle assessment of milled rice production: case study in Thailand. European Journal of Scientific Research 30: 95-203.

Labaph Khaniky, M., 2015. Neishabur interactions and the way of silk in Sassanidera. Archaeological Studies 6: 87-97.

Malakouti, M., and Motesharezadeh, B. 1999. The trend of consumption of fertilizers in Iran (goals and policies), Technical Bulletin No. 64, Train and equip the human resources department. Ministry of Agricultural Jihad, Iran. (In Persian)

Mattsson, B., and Wallén, E. 2003. Environmental LCA of organic potatoes. Proceedings of the 26th International Horticultural Congress, ISHS, Acta Horticulturae 90: 1-10.

Meisterling, K., Samaras, C., and Schweizer, V. 2009. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. Journal of Cleaner Production 17: 222–230.

Motesharezadeh, B., and Malakouti, M. 2001. The production and consumption of chemical fertilizers in the country is an important step towards achieving self-sufficiency and sustainable agriculture, Technical Bulletin No. 209, Train and equip the human resources department. Ministry of Agricultural Jihad, Iran. (In Persian)

Motiee Langroudi, H., Faragi Sabokbar, H.A., Ghadiri Masoum., M., and Bakhshi, Z. 2017. Spatial Analysis of Distribution of Rural Settlements in Sabzevar-Neyshabur based on existing ecological resources. Human Geography Research 49: 227-242.

Naderianfar, M., Ansari, H., Ziaie, A., and Davari, K. 2012. Evaluating the groundwater level fluctuations under different climatic conditions in the basin Neyshabour. Journal of Irrigation and Water Engineering Researches 1: 22-37. (In Persian with English Summary)

Najam, A., Poling, J.M., Yamagishi, N., Straub, D.G., Sarno, J., De Ritter, S.M., and Kim, E.M. 2002. From Rio to Johannesburg Progress and Prospects. Environment: Science and Policy for Sustainable Development 44: 26-38.

Nemecek, T.D., Dubois, O., Huguenin, E., and Gaillard, G. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. Journal of Agricultural Systems 104: 217-232.

OECD. 2001a. Environmental Indicators for Agriculture Methods and Results. OECD Publications, Paris, France 3: 409.

OECD. 2001b. Multifunctionality: Towards an Analytical Framework. OECD Publications, Paris, France, pp. 160.

Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., and Shiina, T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. Journal of Food Engineering 90: 1-10.

Roy, P.D., Nei, T., Orikasa, Q.X., and Okadome, H. 2009. A review of cycle life assessment (LCA) on some food products. Journal of Food Engineering 90: 1-10.

Schröder, J.J., Aarts, H.F.M., Ten Berge, H.F.M., Van Keulen, H., and Neeteson, J.J. 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. European Journal of Agronomy 20: 33-44.

Soltani, A., Torabi, B., Galeshi, S., and Zeinali, E. 2012. Analyzing Wheat yield constraints in Gorgan with comparative performance analysis (CPA) method. Journal of Crop Production 4:1-17. (In Persian with English Summary)

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Journal of Agricultural Systems 85: 101-119.

Yarmohammadi Barsari, E., Firousi, S., Amin Panah, H. 2016. Environmental impacts of watermelon production in Guilan Province by life cycle assessment. Iranian Journal of Engineering Biotechnology Researches 47: 139-146. (In Persian with English Summary)

Zeijts, H.V, Leneman, H., and Sleeswijk, A.W. 1999. Fitting fertilization in LCA: allocation to crops in a cropping plan. Cleaner Production 7: 69-74.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 909-924

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 924-909

Evaluation of Environmental Impacts of Major Agricultural Products of Belherat Rural District of Neyshabour using Life Cycle Assessment

F. Masoumkhani[1], L. Abolhassani[2]*, S. Khorramdel[3] and S.A. Mohaddes Hosseini[4]

Submitted: 26-05-2018
Accepted: 12-10-2018

Masoumkhani, F., Abolhassani, L., Khorramdel, S., and Mohaddes Hosseini, S.A. 2019. Evaluation of environmental impacts of major agricultural products of Belherat rural district of Neyshabour using life cycle assessment. Journal of Agroecology. 11(3): 924-909.

Introduction

Life cycle assessment (LCA) is a common tool for environmentally assessing various agricultural systems based on type and quantity of input consumption and emissions generated during the production. LCA is a method assessing the environmental performance of a given production. The method has been recently developed, providing some detailed information on how to mitigate environmental impacts as well as how to improve sustainability of existing agricultural systems. The aim of this study was to compare environmental impacts of four major crops of wheat, barley, seed water melon and alfalfa in Belherat Rural District of Neyshabur.

Materials and Methods

Using the LCA, four steps including goal definition and scoping, inventory analysis, life cycle impact assessment and integration and interpretation were taken. The system boundary contains production processes, chemical fertilizers, manure, herbicides, pesticides, irrigation (electricity), seed, fuel and other inputs. Functional unit was equivalent to one ton of economic yield, and all inputs, pollutants and average of economic yields were quantified based on one ton of economic yield. Global warming, acidification and aquatic and terrestrial eutrophication were considered as three important impact categories. The coefficient factors (CF) and weighting factors were used to calculate the environmental index (Ecox). A higher Ecox score represents a higher environmental impact.

Results and Discussion

Average economic yields of wheat, barley, seed water melon and alfalfa in Belherat Rural District of Neyshabur were 2.9, 3.1, 0.6 and 5.2 $t.ha^{-1}$, respectively. The results showed that the global warming potential was a high environmental impact for all four crops including wheat (with 869.4 kg CO_2-equiv. per one tonne economical yield), barley (with 694.3kg CO_2-equiv. per one tonne economical yield), seed watermelon (with 4947.1 kg CO_2-equiv. per one tonne economical yield) and alfalfa (with 2678.9 kg CO_2-equiv. per one tonne economical yield), and the aquatic eutrophication potential was the lowest environmental impact such as wheat (with 3.08 kg PO_4-equiv. per one tonne economical yield), barley (with 2.4 kg PO_4-equiv. per one tonne economical yield), seed watermelon (with 11.1 kg PO_4-equiv. per one tonne economical yield) and alfalfa (with 3.3 kg PO_4-equiv. per one tonne economical yield), respectively. Among the three emissions of CO_2, CH_4 and N_2O generating the global warming potential, the CO_2 had the highest proportion. Fossil fuels and nitrogen-based fertilizers are the main sources of the CO_2 emission. Among the four crops, seed water melon generated the highest amount of CO_2 – almost five times more than other crops- due to the high use of chemical fertilizers. In general, between these four crops, seed watermelon (Ecox 1.14 per tonne of economical yield) and barley (Ecox 0.07 per tonne of economical yield) were created the highest and lowest environmental impacts,

1 and 2- Master student and Assistant Professor of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
3-Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4- Assistant Professor of Agricultural Economics, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran,
(*- Corresponding Author Email: l.abolhasani@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72459

respectively. In producing seed watermelon, acidification potential – with 0.58 ECOX for one tonne of economic yield- was found as the highest environmental impact. This environmental impact of seed watermelon was seven times more than wheat and barely a long with about two times more than alfalfa. Among the three emissions of SO_2, NH_3 and NO_X associated with creating acidification potential, NH_3 comprised the largest proportion followed by SO_2. Nitrogen- based fertilizers were found the major source of NH_3 and SO_2 emissions. The high environmental impact of seed watermelon is due to its low economic yield that does not cover its input consumption.

Conclusion

Considering the high contribution of the global warming potential to environmental impacts for these production systems in Belherat Rural District, it is recommended for the study area to manage the use of chemical fertilizers. It is also suggested that effective extension approaches such as conservation agriculture by reducing the consumption of fossil fuels, sustainable nutrition strategies aimed at replacing organic fertilizers with chemical fertilizers are provided to farmers to justify the harmful effects of pollutants on the environment.

Keywords: Acidification, Environmental indicator, Eutrophication, Global warming, Sustainability

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 939-925

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 925-939

بررسی چرخه حیات (LCA) نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد

سرور خرم دل[1*]، علیرضا کوچکی[2]، مهدی نصیری محلاتی[2] و عبداله ملافیلابی[3]

تاریخ دریافت: 1394/08/20
تاریخ پذیرش: 1395/03/12

خرم دل، س.، کوچکی،ع.، نصیری محلاتی، م.، و ملافیلابی، ع.1398. بررسی چرخه حیات (LCA) نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 939-925.

چکیده

چرخه حیات (LCA) رویکردی برای ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید محصول یا انجام یک فعالیت است که بر اساس دو شاخص میزان مصرف منابع و انتشار انواع آلاینده‌ها به محیط زیست محاسبه می‌گردد. بدین منظور، این مطالعه با هدف تعیین اثرات زیست محیطی نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد با استفاده از LCA انجام شد. بمنظور تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی، از روش ISO 14040 به ازای یک واحد کارکردی معادل با یک تن دانه استفاده شد. بدین ترتیب، میزان نهاده‌های ورودی (از جمله سوخت‌های فسیلی و کودهای معدنی)، تولید و نقل و انتقال نهاده‌های کشاورزی (نظیر تولید کودهای شیمیایی) و عملیات بکارگرفته شده در مزرعه (شامل شخم و برداشت) به ازای یک واحد کارکردی تعیین گردید. در گام اول، ممیزی چرخه حیات (LCI)، میزان مصرف نهاده‌ها و انتشار آلاینده‌ها به ازای یک واحد کارکردی تعیین شد. در مرحله بعد، ارزیابی تأثیر چرخه حیات (LCIA) انجام گرفت و بر اساس شاخص‌هایی اطلاعات مرحله قبل در شش گروه تأثیر شامل تخلیهٔ منابع (نظیر مصرف سوخت‌های فسیلی و کودهای معدنی فسفر و پتاسیم)، تغییر کاربری اراضی، تغییر اقلیم (گرمایش جهانی)، سمیّت (جوامع انسانی، بوم‌نظام‌های خشکی و آبی)، اسیدی شدن اراضی و اوتریفیکاسیون (بوم نظام‌های خشکی و آبی) دسته‌بندی شدند. در نهایت، بعد از نرمال‌سازی و وزنی‌سازی داده‌ها شاخص زیست محیطی (EcoX)که نشاندهنده سهم نظام مورد مطالعه در میزان مصرف نهاده‌ها و انتشار آلاینده‌ها می‌باشد، محاسبه گردید. محاسبه شاخص زیست محیطی نشان داد که بیشترین سهم نظام تولیدی ذرت به ترتیب برای گروه‌های مؤثر اسیدی شدن (2/59) و تغییر اقلیم (0/61) حاصل شد. بدین ترتیب، با توجه به نتایج و بمنظور کاهش اثرات زیست محیطی نظام تولید ذرت چنین بنظر می‌رسد که می‌توان از روش‌های مختلف مدیریت نظام زراعی همچون کاربرد نهاده‌های آلی، تناوب، گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن و خاکورزی حداقل بر مبنای بهره‌گیری از اصول کم‌نهاده برای کاهش این اثرات زیست محیطی بهره جست.

واژه‌های کلیدی: اثرات زیست محیطی، ارزیابی تأثیر چرخه حیات، انتشار، مصرف منابع

مقدمه

اگرچه هدف اساسی هر نظام کشاورزی، افزایش عملکرد است، ولی بوم‌نظام‌های زراعی بایستی بتوانند پایداری تولید محصولات در درازمدت، حفاظت از منابع پایه، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و در نهایت ثبات تولید را تضمین کنند (Singh et al., 2009). بنابراین، مشخص است که بایستی یک فعّالیّت از نظر اقتصادی و زیست محیطی پایدار باشد (Barbier, 1987). بدین ترتیب، می‌بایستی اثرات زیست محیطی فعّالیّت‌های مختلف کشاورزی را بوسیله دامنه‌ای از مقیاس‌های مکانی[4] از سطح مزرعه تا سطح ملی تجزیه و تحلیل کرد

1- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
3 - استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: khorramdel@um.ac.ir
Doi:10.22067/jag.v11i3.51337

4- Spatial scales

(OECD, 2001).

به منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی روش‌های مختلفی وجود دارد (Schröder et al., 2003) که از جمله می‌توان نقشه برداری خطرات زیست محیطی[1] (ERM)، ارزیابی چرخهٔ حیات[2] (LCA)، ارزیابی اثرات زیست محیطی[3] (EIA)، نظام چند عاملی[4] (MAS)، رهیافت برنامه‌نویسی خطی چندگانه[5] (LP) و شاخص‌های زیست محیطی- کشاورزی[6] (AEI) را نام برد (Payraudeau & van der Werf, 2005). با استفاده از رهیافت‌های ذکر شده می‌توان اثرات زیست محیطی فعّالیّت‌های مختلف را ارزیابی و آن‌ها را تجزیه و تحلیل نمود. اکرت و همکاران (Eckert et al., 1999) بیان داشتند که بررسی عملکرد زیست محیطی نظام‌های تولید امری مهم و ضروری برای ارزیابی میزان پایداری آنها محسوب می‌شود. در همین راستا، تعداد زیادی از محققان (Brentrup et al., 2001; Brentrup et al., 2004 a; Brentrup et al., 2004 b; Finkbeiner et al., 2006; Roy et al., 2009) بر این باورند که با توجه به دامنهٔ کارکردهای رهیافت LCA، این روش مناسب‌ترین رویکرد برای ارزیابی پایداری فعّالیّت‌های مختلف کشاورزی می‌باشد.

LCA، روشی است که برای ارزیابی اثرات زیست محیطی مرتبط با تولید محصول یا فرآیند خاص بوسیله محاسبه دو مؤلفه میزان مصرف منابع و انتشار انواع آلاینده‌ها به محیط زیست تعیین می‌شود (Brentrup et al., 2004 a; Roy et al., 2009; Van Zeijts et al., 1999). میسترلینگ و همکاران (Meisterling et al., 2009) با محاسبه LCA برای نظام‌های تولید گندم و نان تحت مدیریت ارگانیک و رایج آمریکا از نظر پتانسیل گرمایش جهانی، نشان دادند که تولید یک کیلوگرم نان در نظام ارگانیک نسبت به نظام رایج، 30 کیلوگرم دی اکسید کربن کمتر تولید می‌کند. برنتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2004b) با بررسی اثرات زیست محیطی مقادیر مختلف کود نیتروژن در نظام‌های تولید گندم زمستانه در آلمان با استفاده از LCA گزارش نمودند که در سطوح پایین مصرف کود نیتروژن، تغییر کاربری اراضی و در سطوح بالا اوتریفیکاسیون عوامل کنترل‌کننده LCA بودند. مونتی و همکاران (Monti et al., 2009) با ارزیابی LCA اعلام داشتند که با جایگزین کردن گیاهان چندساله در نظام‌های زراعی رایج می‌توان اثرات زیست محیطی ناشی از تولید دی اکسید کربن و آبشویی نیترات را بیش از 50 درصد کاهش داد. کانالز و همکاران (Cannals et al., 2007) نیز با مطالعه اثرات زیست محیطی فرآورده‌های اقتصادی بر محتوی مادهٔ آلی خاک با استفاده از LCA، آن را شاخصی مناسب برای ارزیابی نظام‌های تولیدی توصیه نمودند. نای و همکاران (Nie et al., 2010) با بررسی اثرات نظام‌های مختلف کشت مخلوط و تک‌کشتی بیان داشتند که کشت مخلوط باعث کاهش اثرات سوء تولید بر محیط زیست شد. برنتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2001) بر این باورند که محاسبه LCA حتی می‌تواند مشکلات فرآیندهای نظام تولیدی از قبیل مصرف منابع و تغییر کاربری اراضی را نیز مشخص نماید. به منظور بررسی گروه‌های مختلف LCA در فعّالیّت‌های کشاورزی، می‌بایست اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف مستقیم و غیرمستقیم فعّالیّت‌های مختلف در نظر گرفته شود (Brentrup et al., 2002 b; Brentrup et al., 2004 a). با توجه به این مطالب، تعدادی از مهمترین گروه‌های مؤثر مورد استفاده برای ارزیابی چرخهٔ حیات در فعّالیّت‌های کشاورزی در ذیل ارائه شده است:

الف) تخلیه منابع[7]: این گروه تأثیر شامل مصرف سوخت‌های فسیلی و انواع کودهای معدنی می‌باشد که با شاخص تخلیه منابع[8] سنجیده می‌شود (Brentrup et al., 2002 a).

ب) تغییر کاربری اراضی: از آنجا که فعّالیّت‌های کشاورزی باعث تغییر کاربری اراضی و تبدیل آنها به زمین‌های زراعی می‌شوند، لذا میزان این تأثیر، با استفاده از شاخصی موسوم به ضریب تخریب منابع طبیعی[9] (NDI) برآورد می‌گردد. بدین ترتیب، به منظور محاسبه این شاخص، مساحت زمین مورد نیاز به ازای هر واحد کارکردی در ضریب تأثیر مربوطه ضرب می‌شود (Brentrup et al., 2002 b).

ج) تغییر اقلیم (گرمایش جهانی): انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به گرمایش غیرطبیعی سطح کرهٔ زمین می‌شود که در نتیجه تغییر اقلیم در سطح ناحیه‌ای و جهانی را به دنبال دارد. از این تأثیرات زیست محیطی تحت عنوان «گرمایش جهانی» یاد می‌شود. در همین راستا، گزارش شده است که فعّالیّت‌های انسانی، باعث انتشار 65

1- Environmental risk mapping (ERM)
2- Life cycle assessment (LCA)
3- Environmental impact assessment (EIA)
4- Multi-agent system (MAS)
5- Multiple linear programming (LP) approaches
6- Agro-environmental indicators (AEI)

7- Resource depletion (RD)
8- Resource depletion index (RDI)
9- Naturalness degradation index (NDI)

درصد دی‌اکسید کربن، 20 درصد متان، 10 درصد گازهای هالوژنه و 5 درصد اکسیدهای نیتروژن به اتمسفر می‌شود (EEA, 1998). برای برآورد این گروه تأثیر، ضرایب تأثیر گازهای مختلف بر اساس دی-اکسید کربن بیان می‌شود (Houghton et al., 1993; ISO, 2006).

د) ایجاد سمیّت (سمّی شدن)[1]: این گروه تأثیر شامل کلیه مواد سمّی تولید شده تحت مدیریت نظام تولیدی است که برای سلامت انسان و بوم‌نظام‌ها مضر می‌باشند. از جمله این مواد، انواع آلاینده‌های معدنی (شامل آمونیاک، دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن)، سموم مورد استفاده برای حفاظت و انواع کودهای شیمیایی بهبوددهندهٔ رشد گیاهان می‌باشند (Brentrup et al., 2004 a; Stanners & Bourdeau, 1995) که توسط دو شاخص مسمومیّت انسانی[2] و اکوسیستمی[3] ارزیابی می‌شود (Margni et al., 2002).

ه) اسیدی شدن/ شور شدن اراضی: شاخص مربوط به این گروه تأثیر در مطالعات کشاورزی، بر اساس میزان ورود املاح یا ترکیبات معدنی به خاک برآورد می‌شود (Huijbregts, 2001).

و) اوتریفیکاسیون: از آنجا که منبع تشدیدکننده اوتریفیکاسیون در اکوسیستم‌های خشکی، ورود آمونیاک و انواع اکسیدهای نیتروژن و برای بوم‌نظام‌های آبی ورود انواع ترکیبات نیتروژن و فسفر به آب‌های سطحی می‌باشد، لذا میزان تأثیر این گروه تأثیر در فعّالیّت‌های کشاورزی، بطور جداگانه بر اساس ضرایب مشخصی برای بوم‌نظام‌های خشکی و آبی برآورد می‌شود (Finnveden & Potting, 1999).

اگرچه دامنهٔ کاربرد LCA در زمینهٔ فعّالیّت‌های کشاورزی در مقایسه با فعّالیّت‌های صنعتی بسیار زیاد می‌باشد، ولی گزارشات اندکی در مورد تجزیه و تحلیل نظام‌ها و فرآیندهای مختلف کشاورزی با استفاده از این رویکرد وجود دارد. بنابراین، با توجه به اهمیت ارزیابی LCA و از آنجا که تاکنون نتایج منتشر شده‌ای در کشور وجود ندارد، اثرات زیست محیطی نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد با استفاده از این رهیافت مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور محاسبه LCA برای نظام تولید ذرت، با انجام تغییراتی از روش ISO 14040 استفاده شد (ISO, 2006). بدین ترتیب، مراحل چهارگانه محاسبه LCA به شرح زیر انجام شد:

مرحله اول- تعریف اهداف و حوزهٔ عمل مطالعه[4]: در این مرحله اثرات زیست محیطی نظام تولید ذرت دانه‌ای بر اساس میزان مصرف نهاده‌ها به ازای یک واحد کارکردی در شرایط آب و هوایی مشهد تعیین شد. «واحد کارکردی» مطابق با برخی مطالعات مشابه (Brentrup et al., 2004a; Brentrup et al., 2004b)، معادل با یک تن دانه ذرت در نظر گرفته شد.

مرحله دوم- آنالیز ممیزی چرخهٔ حیات (LCI)[5]: در این مرحله، اثرات زیست محیطی متأثر از کارکرد بوم‌نظام تولید ذرت (شامل انتشار مواد مختلف از جمله گازهای گلخانه‌ای، مواد معدنی (نظیر کودها) و فلزات سنگین (کادمیم) به اتمسفر، خاک و آب (Finkbeiner et al., 2006)) بر اساس استانداردهای بین المللی برآورد شد. لازم به ذکر است در مواردی که اطلاعات خاص برای ذرت در کشور در دسترس نبود، از منابع مختلف استفاده شد (Brentrup et al., 2004 a).

از آنجا که طی عملیات مکانیزه ذرت از دو نوع تراکتور جاندیر و مسی فرگوسن استفاده می‌شود، لذا میزان سوخت مصرفی به ازای تولید یک تن دانه با استفاده از معادله 1 محاسبه شد:

معادله (1) $\text{میزان سوخت مصرفی } (l.ha^{-1}) = 0/06 \times 0/73 \times 3/78 \times P_{PTO}$

در این معادله، P_{PTO}: قدرت PTO می‌باشد که برابر با 0/75 قدرت اسمی موتور در نظر گرفته شد (Koocheki, 1993).

ضریب انتشار آمونیاک (NH_3-N) 17 درصد نیتروژن مصرف شده در قالب کود اوره در نظر گرفته شد (Brentrup et al., 2000; Diaz Goebes et al., 2003). میزان انتشار N_2O-N از کل نیتروژن مصرف شده بر اساس گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی[6] (IPCC) یک درصد نیتروژن مصرفی به شکل اوره و میزان انتشار NO_x-N برابر 10 درصد میزان انتشار N_2O در نظر گرفته شد (Gasol et al., 2007). میزان انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر شامل N_2O، CO_2 و CH_4 به ازای مصرف هر لیتر سوخت

1- Toxicity
2- Human toxicity index (HTI)
3- Ecosystem toxicity index (ETI)
4- Goal and scope definition
5- Life cycle inventory (LCI) Analysis
6- Intergovernmental panel on climate change (IPCC)

فسیلی (گازوئیل) به ترتیب برابر $18/1\times10^{-6}$، 2/73 و 173×10^{-6} کیلوگرم در نظر گرفته شد (Tzilivakis et al., 2005).

مرحله سوم- ارزیابی تأثیر چرخهٔ حیات (LCIA)[1]: در این مرحله برای هر یک از گروه‌های مؤثر زیست محیطی از ضریب مشخصه[2] (CF) استفاده شد. گروه‌های مؤثر در این مطالعه شامل توانایی بالقوه تخلیهٔ منابع (شامل سوخت‌های فسیلی و کودهای معدنی فسفر و پتاسیم)، تغییر کاربری اراضی، تغییر اقلیم (گرمایش جهانی)، سمیّت (شامل انسانی و اکولوژیکی (برای بوم‌نظام‌های خشکی و آبی))، اسیدی شدن اراضی و اوتریفیکاسیون (بوم‌نظام‌های خشکی و آبی) بودند (Brentrup et al., 2004 a; Nie et al., 2010).

در گروه تأثیر اول، ضرایب مشخصه گازوئیل (کیلوگرم)، گاز طبیعی (متر مکعب)، کود فسفر (به ازای کیلوگرم P_2O_5) و پتاسیم (به ازای کیلوگرم K_2O) به ترتیب 42/868، 31/736، 0/250 و 0/105 در نظر گرفته شد (Brentrup et al., 2004 a). در گروه تأثیر دوم، مقدار زمین مورد نیاز برای تولید دانه ذرت در مقدار پتانسیل تخریب طبیعت برای هر هکتار در یک سال زراعی معادل 0/8 ضرب شد (Brentrup et al., 2004 a). در گروه تأثیر سوم، از پتانسیل گرمایش جهانی بوم‌نظام‌های کشاورزی در تغییر اقلیم، استفاده شد (Brentrup et al., 2004 a). از آنجا که پتانسیل گازهای گلخانه‌ای در ایجاد گرمایش جهانی متفاوت می‌باشد، لذا پتانسیل گازهای مختلف بر اساس دی اکسید کربن بیان شد. بر این اساس، پتانسیل گرمایش متان و اکسید نیترو به ترتیب 21 و 310 برابر پتانسیل گرمایش جهانی دی اکسید کربن در نظر گرفته شد (Brentrup et al., 2004 a). در گروه تأثیر چهارم، اثر سمیّت تمامی مواد سمّی منتشر شده در گروه‌های آلاینده‌های غیرآلی (مانند NH_3، SO_2، NO_x و CO)، فلزات سنگین (کادمیم به عنوان ناخالصی کودهای فسفاته (Goedkoop & Spriensma, 1999; Huijbregts, 2001)) برای جوامع انسانی و بوم‌نظام‌های خشکی و آبی بررسی شد (Brentrup et al., 2004 a). در گروه تأثیر پنجم، پتانسیل اسیدی شدن بوسیله انتشار SO_2، NO_x و NH_3 به محیط بررسی شد که این مواد به ترتیب از سوختن مواد نفتی، سوختن وسایل نقلیه و تبخیر ناشی از مصرف انواع کودهای نیتروژن‌دار شیمیایی بویژه اوره در بوم‌نظام‌های زراعی منشأ می‌گیرند (EEA, 1998). ضرایب مشخصه پتانسیل اسیدی شدن برای NO_x و NH_3 به ترتیب 0/28 و 1/30 برابر SO_2 در نظر گرفته شد (Brentrup et al., 2004 a). گروه تأثیر ششم در دو زیرگروه اوتریفیکاسیون برای بوم‌نظام‌های خشکی و آبی مورد بررسی قرار گرفت. پتانسیل اوتریفیکاسیون در بوم‌نظام‌های خشکی بر اساس معادل NO_x (پتانسیل هر واحد NH_3 پنج برابر NO_x در نظر گرفته شد) (Huijbregts, 2001) و در بوم‌نظام‌های آبی بر اساس معادل PO_4 (پتانسیل هر واحد NO_3، NO_X و NH_3 به ترتیب برابر با 0/1، 0/13 و 0/35 برابر PO_4 در نظر گرفته شد) بیان شد (Huijbregts & Seppälä, 2000). به این ترتیب، در پایان این مرحله، اثرات زیست محیطی بوم‌نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد بر این شش گروه بصورت کمّی تعیین شد. سپس، میزان تأثیر هر یک از این گروه‌ها به ازای یک واحد کارکردی بر اساس معادله (2) در ضریب تأثیر مربوطه ضرب شد:

$$Ii = \sum (Rj , Ej) \times CFij \qquad \text{معادله (2)}$$

در این رابطه، R_j و E_j: به ترتیب مقدار مصرف منبع j و میزان انتشار ماده j در واحد کارکردی، CF_{ij}: ضریب تأثیر مربوطه برای انتشار یا مصرف منبع j و I_i: میزان تأثیر گروه iام می‌باشند.

با توجه به اینکه مقادیر محاسبه شده برای هر گروه تأثیر ممکن است معیار دقیقی از شدت تأثیر آن گروه نباشد، لذا شاخص‌های مربوط به هر گروه بر اساس دستورالعمل ایزو و با استفاده از معادله (3) نرمال‌سازی شدند (Guinée, 1996; Guinée, 2001):

$$N_i = \frac{I_i}{I_{i,ref}} \qquad \text{معادله (3)}$$

در این معادله، N_i: مقدار نرمال‌سازی شده شاخص گروه تأثیر i به ازای واحد کارکردی، I_i: مقدار محاسبه شده (غیرنرمال) شاخص گروه تأثیر i به ازای واحد کارکردی و $I_{i,ref}$: مقدار شاخص مربوط به هر گروه در شرایط مرجع می‌باشد. مقادیر نرمال‌سازی[3] برای گروه‌های مؤثر مورد بررسی در جدول 1 ارائه شده است.

1- Life cycle impact assessment (LCIA)
2- Characterization factor (CF)
3- Normalization value (NV)

جدول 1- مقادیر نرمال‌سازی و موزون‌سازی برای انواع گروه‌های مؤثر مورد مطالعه (Brentrup et al., 2004 a; Nie et al., 2010; Wang et al., 2007)

Table 1- Normalization values and weighting factors for the different impact categories (Brentrup et al., 2004 a; Nie et al., 2010; Wang et al., 2007)

گروه تأثیر Impact category	زیر گروه Sub-category	واحد Unit	مقدار نرمال‌سازی Normalization value	مقدار موزون‌سازی Weighting factor
تخلیه منابع غیرقابل تجدید Depletion of abiotic resources	مصرف فسفر P consumption	kg P_2O_5	7.66	1.20
	مصرف پتاسیم K consumption	Kg K_2O	8.14	0.30
	مصرف سوخت‌های فسیلی Consumption of fossil fuels	MJ	1.33×105	1.05
تغییر کاربری زمین Land use		ha yr	1.86×104	1
تغییر اقلیم Climate change		kg CO_2- equiv.	9.73×103	1.06
سمیّت Toxicity	انسان Human	DALY	7.50×10-3	0.14
	بوم‌نظام خشکی Terrestrial ecosystem	kg 1,4 DCB-equiv.	1.15×105	0.09
	بوم‌نظام آبی Aquatic ecosystem	kg 1,4 DCB-equiv.	2.88×105	0.11
اسیدی شدن Acidification		kg SO_2- equiv.	47.7	1.06
اوتریفیکاسیون Eutrophication	بوم‌نظام خشکی Terrestrial ecosystem	kg NO_x- equiv.	60.7	1.26
	بوم‌نظام آبی Aquatic ecosystem	kg PO_4- equiv.	8.56	1.44

سپس، به منظور لحاظ کردن شدت تأثیر هر گروه تأثیر، شاخص‌های نرمال شده موزون‌سازی شدند. جهت تعیین وزن هر گروه تأثیر از روش برانتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2004 a) استفاده شد (معادله 4):

$$W_{ijk} = \frac{C_{ijk}}{T_{ijk}}$$ معادله (4)

در این معادله، W_{ijk}: وزن شاخص i در منطقه j در سال k، C_{ijk}: مقدار فعلی شاخص i در منطقه j در سال k و T_{ijk}: مقدار هدف برای شاخص i در منطقه j در سال k بود.

مرحله چهارم- تلفیق و تفسیر نتایج[1]: در آخرین مرحله، نوعی شاخص زیست‌محیطی تحت عنوان شاخص بوم‌شناختی[2] (EcoX) با استفاده از معادله (5) محاسبه شد (Brentrup et al., 2004 a):

$$EcoX = \sum Ni \times W_i$$ معادله (5)

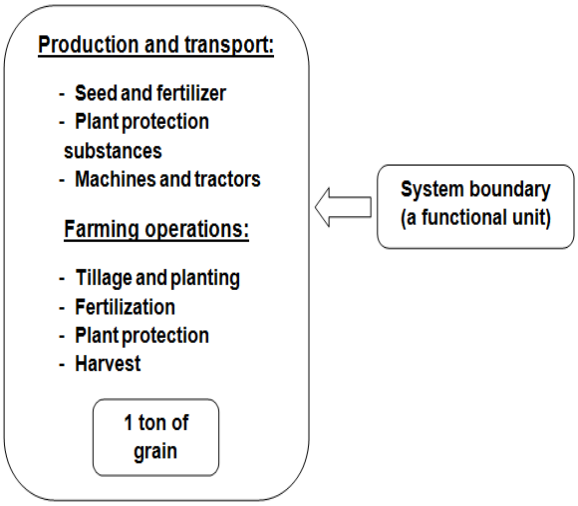
در این معادله، EcoX: شاخص زیست محیطی بوم شناختی به ازای واحد کارکردی، N_i: مقدار نرمال شده برای هر گروه تأثیر و W_i: وزن مربوط به هر یک از مقادیر N_i می‌باشد.

1- Integration and interpretation

2- Eco-index

نتایج و بحث

در مرحله اول آنالیز چرخهٔ حیات که تعریف اهداف و حوزهٔ عمل مطالعه بود، یک واحد کارکردی نظام تولید ذرت (معادل با یک تن دانه) مشخص شد. سپس میزان نهاده‌های مصرفی و نوع عملیات بکار گرفته شده به ازای هر واحد کارکردی این نظام تولیدی تعیین شد. بر این اساس در یک واحد کارکردی ابتدا بذر، کود و مواد حفاظت کنندهٔ گیاهی از قبیل سموم و علف‌کش‌ها به نظام تولیدی وارد و بعد از آن عملیات زراعی شامل آماده‌سازی زمین و به دنبال آن کاشت انجام می‌شود. در مرحله داشت، به منظور حفاظت و بهبود رشد گیاه از کود، سموم و علف‌کش‌ها استفاده می‌شود. بعد از پایان دوره رشد، دانه برداشت می‌شود (شکل 1).



شکل 1- نمودار زنجیره‌ای مراحل مختلف تولید دانه ذرت در یک واحد کارکردی

Fig. 1- The corn production system, a flow chart of material in the production chain

میزان اکسید نیترو تولید شده 0/15 کیلوگرم به ازای تولید یک تن دانه برآورد گردید (جدول 2) که این میزان عمدتاً شامل تلفات مستقیم کودهای مصرفی و تلفات غیرمستقیم (ناشی از انتشار آمونیاک و نیترات) می‌باشد. نتایج برخی بررسی‌ها (Brentrup et al., 2004 a) نیز نشان داده است که انتشار اکسید نیترو در بوم‌نظام‌های زراعی به میزان زیادی وابسته به شدت مصرف کودهای نیتروژن‌دار می‌باشد. بدین ترتیب، مشخص است که کل تولید و انتشار اکسید نیترو وابسته به تولید و مصرف کودهای نیتروژن‌دار می‌باشد. البته لازم به ذکر است که علاوه بر انتشار اکسید نیترو در زمان تولید و مصرف کودهای نیتروژن‌دار، بخشی از این آلاینده نیز تحت تأثیر فرآیندهای دنیتریفیکاسیون و نیتریفیکاسیون در خاک به محیط پراکنده می‌شوند (Annual Energy Outlook, 1997; Brentrup et al., 2002 a; Brentrup et al., 2002 b; Brentrup et al., 2004 a; Brentrup et al., 2004 b).

میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن برای نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد 0/32 کیلوگرم به ازای تولید یک تن دانه برآورد شد (جدول 2). برانتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2004 a) میزان انتشار این گاز را برای گندم زمستانه 21 درصد به ازای یک تن دانه در شرایط آب و هوایی آلمان گزارش نمودند. دلیل این تفاوت عمدتاً ناشی از مصرف بالاتر کودهای نیتروژن‌دار برای ذرت در مقایسه با گندم می‌باشد (جدول 2). نتایج برخی تحقیقات (Annual Energy Outlook, 1997; Brentrup et al., 2000; Brentrup et al., 2004 a; Brentrup et al., 2004 b) نشان داده است از آنجا که میزان آمونیاک انتشار یافته در بوم‌نظام‌های مختلف زراعی بعد از مصرف کودهای نیتروژن‌دار رخ می‌دهد، لذا افزایش مصرف کودهای نیتروژن‌دار، می‌تواند افزایش انتشار این گاز را به دنبال داشته باشد.

جدول 2- میزان انواع آلاینده‌های منتشره به بخش‌های مختلف محیط زیست به ازای یک واحد کارکردی ذرت

Table 2- Emissions to different sections of environment in a functional unit of a corn production system

نام ماده Material name	واحد Unit	مقدار Value	منبع Reference
انتشار در هوا Emission to atmosphere			
N_2O	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	0.15	(Bouwman, 1995)
NO_x	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	0.32	(Brentrup et al., 2004 a; Yang et al., 2002)
NH_3	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	1.47	(Brentrup et al., 2004 a; Yang et al., 2002)
CO_2	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	9.54	(Brentrup et al., 2004 a; Yang et al., 2002)
SO_2	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	0.43	(Brentrup et al., 2004 a; Yang et al., 2002)
CH_4	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	0.01	(Brentrup et al., 2004 a; Yang et al., 2002)
انتشار در آب Emission to water			
NO_3	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	14.25	(Brentrup et al., 2004 a)
Ntot	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	19.13	(Brentrup et al., 2004 a)
Ptot	کیلوگرم به ازای یک تن دانه kg per one ton seed	0.02	(Brentrup et al., 2004 a)
انتشار در خاک Emission to soil			
Cd	کیلوگرم به ازای یک تن دانه mg per one ton seed	987.93	(Brentrup et al., 2004 a)

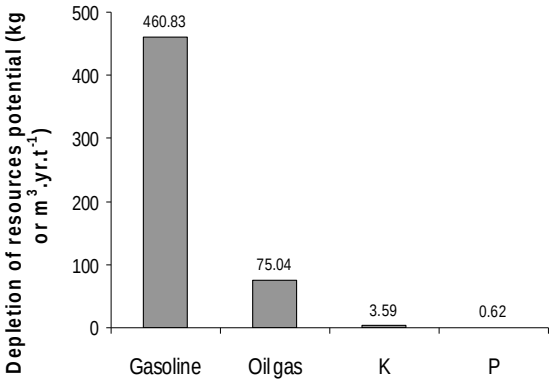
مقدار دی اکسید کربن منتشر شده به هوا 9/54 کیلوگرم به ازای یک تن دانه ذرت برآورد شد (جدول 2). در همین راستا نتایج برخی بررسی‌ها (Brentrup et al., 2002 a; Brentrup et al., 2004 b) نشان داده است که بخش زیادی از انتشار دی اکسید کربن تحت تأثیر فعّالیّت‌های کشاورزی عمدتاً مربوط به تولید و انتقال نهاده‌های ورودی به مزرعه (74 درصد از کل دی اکسید کربن منتشر شده) بوده و بقیه مربوط به استفاده از ماشین آلات (26 درصد از کل دی اکسید کربن منتشر شده) می‌باشند. بدین ترتیب، چنین بنظر می‌رسد که در صورت اعمال مدیریت کم‌نهاده بوم‌نظام زراعی بتوان از هر دو طریق ذکر شده در فوق و بویژه تحت تأثیر کاهش انتشار دی اکسید کربن ناشی از انتقال نهاده‌های ورودی به مزرعه کاهش انتشار این آلایندهٔ مهم گلخانه‌ای به اتمسفر و پیامدهای ناشی از آن را موجب شد.

مقدار دی‌اکسید گوگرد انتشار یافته به اتمسفر به ازای یک واحد کارکردی ذرت 0/43 کیلوگرم به ازای یک تن دانه برآورد گردید (جدول 2). مقدار انتشار نیترات و نیتروژن کل به آب‌های زیرزمینی به ترتیب 14/25 و 19/13 کیلوگرم به ازای یک تن دانه ذرت برآورد گردید (جدول 2). نتایج برخی مطالعات (Brentrup et al., 2000, Brentrup et al., 2002 b; Brentrup et al., 2004 a; Brentrup et al., 2004 b) نشان داده است که پتانسیل آبشویی نیتروژن به میزان زیادی متأثر از نوع مدیریت نظام تولیدی و استفاده از نهاده‌های مختلف برای بهبود حاصلخیزی خاک می‌باشد، به طوری‌که مدیریت فشرده بدلیل افزایش تلفات نیتروژن و بویژه نیترات، افزایش ورود آن به آب‌های زیرزمینی را موجب می‌گردد. همچنین با توجه به این مطلب که استفاده از خاکورزی حفاظتی و بدلیل غیرمتحرک شدن نیتروژن، کاهش تلفات آن را به دنبال دارد (Almaraz et al., 2009) که کاهش آبشویی نیتروژن را موجب می‌گردد، بنظر می‌رسد که با

افزایش مصرف نهاده‌های آلی و کاهش عملیات خاکورزی بتوان از یکطرف باعث کاهش آبشویی نیترات و جلوگیری از تلفات آن گردید و از طرف دیگر، کاهش انتشار سایر گازهای گلخانه‌ای از جمله دی اکسید کربن به اتمسفر را موجب گردید. میزان انتشار فسفر به خاک برای نظام تولید ذرت 0/02 کیلوگرم به ازای یک تن دانه ذرت برآورد شد. میزان انتشار کادمیم در خاک (به عنوان درصد ناخالصی در کودهای فسفره) 987/93 میلی‌گرم به ازای یک تن دانه و مقدار انتشار آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها در خاک نیز 70/94 گرم به ازای یک تن دانه ذرت برآورد گردید (جدول 2).

در مرحله سوم ارزیابی چرخهٔ حیات که ارزیابی تأثیر چرخهٔ حیات می‌باشد، شش گروه تأثیر مدّ نظر قرار گرفت و تأثیر یک واحد کارکردی تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد بر هر یک از گروه‌های مؤثر مورد بررسی بصورت جداگانه بررسی و کمّی شد که نتایج آن به تفکیک در ذیل ارائه شده است:

گروه تأثیر کاهش منابع غیرقابل تجدید) میزان مصرف گازوئیل و گاز طبیعی به ترتیب 460/8 کیلوگرم در سال و 75/0 متر مکعب در سال و میزان مصرف کودهای معدنی پتاسیم و فسفر نیز به ترتیب 3/6 کیلوگرم K_2O و 0/6 کیلوگرم P_2O_5 در سال به ازای یک تن دانه ذرت برآورد شد (شکل 2). نای و همکاران (Nie et al., 2010) میزان تخلیه انرژی را برای تولید یک تن دانه ذرت در شرایط آب و هوایی چین 9147/8 مگاژول برآورد کردند.



شکل 2- میزان مصرف منابع غیر قابل تجدید به ازای تولید یک تن دانه ذرت

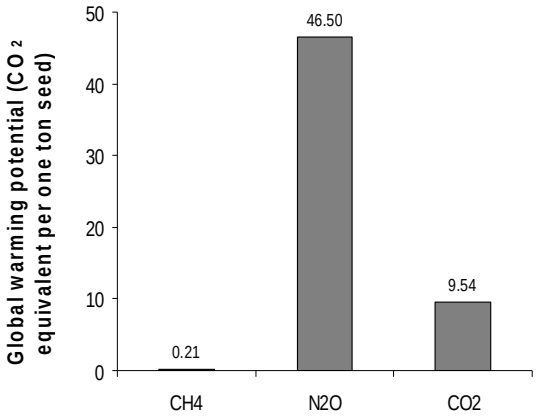
Fig. 2- Depletion resources for a functional unit of corn

بطور کلی، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی شامل گاز طبیعی و گازوئیل به ازای هر تن دانه به ترتیب 67 و 26 درصد از کل مصرف سوخت‌های فسیلی برآورد شد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که مقدار مصرف گاز طبیعی، زغال سنگ و گازوئیل در نظام تولیدی گندم در اروپا به ترتیب معادل با 51، 35 و 14 درصد از کل مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد (Brentrup et al., 2004 b). نظام‌های تولیدی اروپایی علاوه بر گاز طبیعی و گازوئیل از زغال سنگ نیز استفاده می‌کنند که این امر می‌تواند علاوه بر تخلیه منابع غیرقابل تجدید از طریق انتشار بیشتر انواع آلاینده‌ها و بویژه دی اکسید کربن به اتمسفر نقش مهمی در افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و تشدید پیامدهای ناشی از آن از جمله گرمایش جهانی داشته باشد.

گروه تأثیر کاربری اراضی) با توجه به اینکه بعد از ذرت معمولاً محصول دیگری اغلب گندم یا جو در شرایط آب و هوایی مشهد کاشته می‌شود، لذا مشخص است که برای تولید هر هشت تن دانه ذرت به نیم هکتار زمین در سال نیاز می‌باشد که با توجه به پتانسیل تخریب طبیعت (0/8) (Brentrup et al., 2004 b) در نهایت به 0/5 هکتار زمین به ازای یک تن دانه ذرت نیاز می‌باشد که این مقدار زمین برای سایر مصارف از جمله حیات وحش قابل استفاده نخواهد بود.

گروه تأثیر تغییر اقلیم) از آنجا که مصرف کودهای نیتروژن-دار در بوم‌نظام‌های زراعی تولید ذرت نسبتاً بالا می‌باشد، لذا علاوه بر انتشار مستقیم دی‌اکسیدکربن تحت تأثیر بکارگیری ماشین آلات

0/15 کیلوگرم در هکتار اکسید نیترو به ازای یک واحد کارکردی ذرت تولید شد (جدول 2) که به دلیل بالا بودن ضریب مشخصه این گاز گلخانه‌ای در مجموع پتانسیل گرمایش جهانی نظام تولیدی ذرت 56/3 واحد معادل دی اکسید کربن در هر هکتار نظام تولیدی ذرت برآورد شد (شکل 3). نای و همکاران (Nie et al., 2010) میزان تولید متان و اکسید نیترو را به ترتیب 11/3 و 75/4 معادل دی اکسید کربن به ازای تولید یک تن دانه ذرت در شرایط چین برآورد کردند.

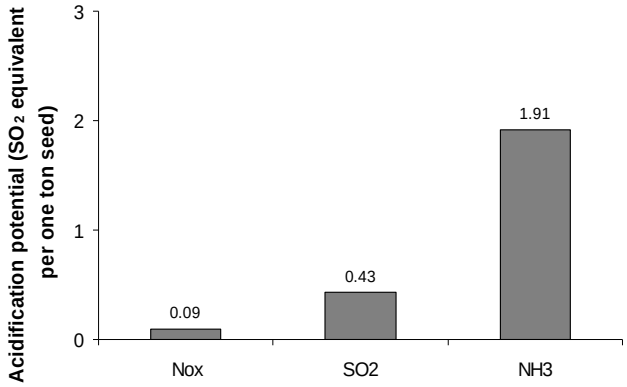


شکل 3- پتانسیل گرمایش جهانی متان، اکسید نیترو و دی اکسید کربن به ازای تولید یک تن دانه ذرت

Fig. 3- Global warming potential for CH_4, N_2O and CO_2 in a functional unit of corn

گروه تأثیر سمیّت‌زایی) میزان سمیّت‌زایی کادمیم بر انسان 3/93×10-6 DALY و میزان این سمیّت‌زایی برای بوم نظام خشکی و آبی به ترتیب 0/17 و 116/58 کیلوگرم ماده مرجع 1 و 4- دی کلرو بنزن برآورد شد.

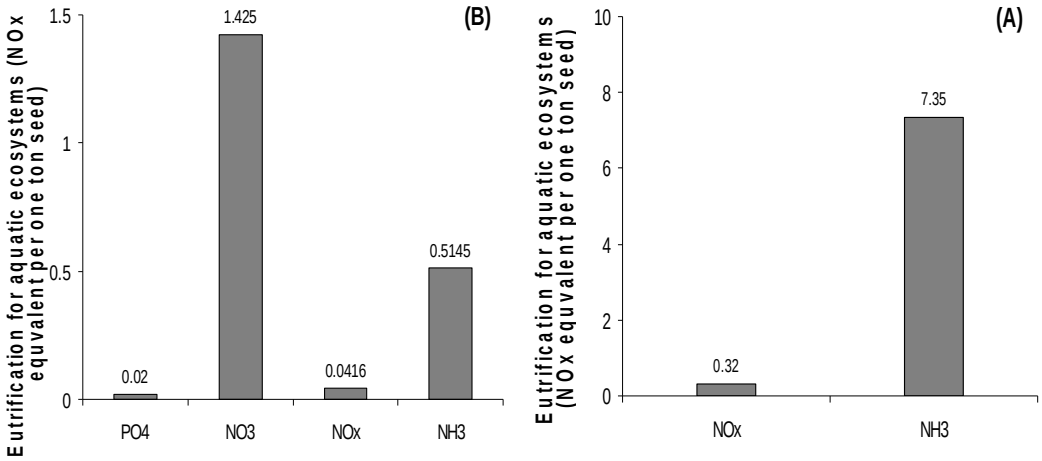
گروه تأثیر اسیدی شدن) سهم SO_2 (ناشی از سوختن مواد نفتی) و NO_x (ناشی از سوختن وسایل نقلیه) به ترتیب 0/4 و 0/09 واحد معادل SO_2 به ازای یک واحد کارکردی تولید ذرت برآورد شد. از طرف دیگر، بالا بودن مصرف کودهای نیتروژن‌دار در بوم‌نظام تولیدی ذرت باعث افزایش تبخیر گازهای حاصله و به تبع آن افزایش سهم آمونیاک (1/9 واحد معادل SO_2) شد که این مطلب می‌تواند افزایش پتانسیل اسیدی شدن را برای این نظام تولیدی به همراه داشته باشد. در مجموع پتانسیل اسیدی شدن نظام تولیدی ذرت 2/43 واحد معادل SO_2 به ازای تولید هر تن دانه ذرت برآورد شد (شکل 4). نای و همکاران (Nie et al., 2010) میزان انتشار SO_2، NH_3 و NO_x را به ترتیب 0/85، 6/0 و 12/2 کیلوگرم به ازای تولید یک تن دانه ذرت برای شرایط آب و هوایی چین برآورد کردند.



شکل 4- پتانسیل اسیدی شدن اکسیدهای نیتروژن، دی اکسید گوگرد و آمونیاک به ازای تولید یک تن دانه ذرت

Fig. 4- Acidification potential for NO_x, SO_2 and NH_3 in a functional unit of corn

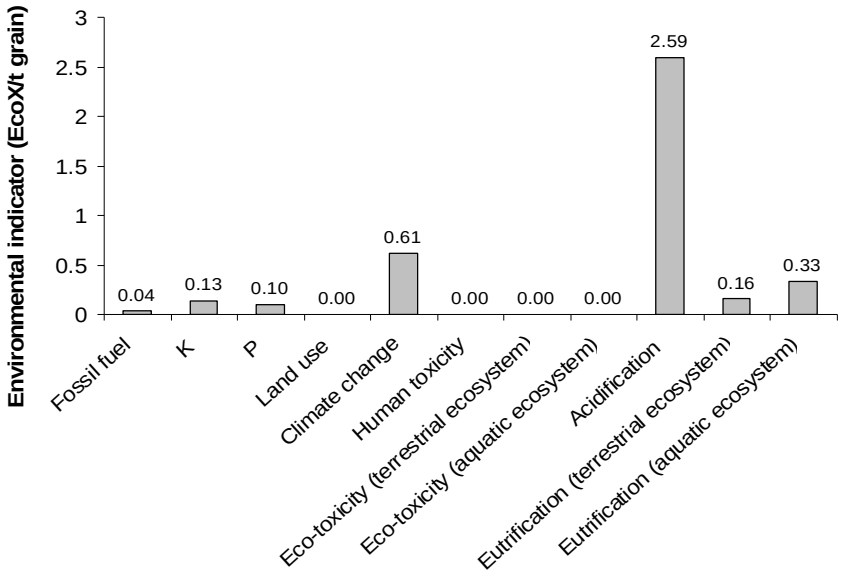
گروه تأثیر اوتریفیکاسیون) میزان NO_x و NH_3 انتشار یافته به بوم‌نظام‌های خشکی به ترتیب 0/3 و 7/4 واحد NO_x و میزان انتشار PO_4، NO_3، NO_x و NH_3 به بوم نظام‌های آبی نیز به ترتیب برابر با 0/02، 1/4، 0/04 و 0/5 واحد NO_x به ازای یک تن دانه ذرت برآورد شد (شکل 5).



شکل 5- پتانسیل اوتریفیکاسیون آلاینده‌های مختلف در بوم‌نظام‌های (الف) خشکی و (ب) آبی به ازای تولید یک تن دانه ذرت

Fig. 5- Eutrification potential of different pollutants in (A) terrestrial and (B) aquatic ecosystems in a functional unit of corn

محاسبه شاخص زیست محیطی برای نظام تولید ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد بر اساس شش گروه تأثیر نشان داد که بالاترین شاخص برای گروه تأثیر اسیدی شدن (2/59) حاصل شد و بعد از آن بیشترین اثرات زیست محیطی برای گروه تأثیر تغییر اقلیم (0/61) بدست آمد (شکل 6). وانگ و همکاران (Wang et al., 2010) با ارزیابی چرخهٔ حیات برای برنج در چین، بیشترین اثر زیست محیطی تولید این گیاه زراعی را برای تخلیه منابع آبی گزارش نمودند. گسول و همکاران (Gasol et al., 2007) با ارزیابی چرخهٔ حیات کلزا به منظور تولید انرژی زیستی در اسپانیا بیشترین اثر زیست محیطی را به دلیل استفاده زیاد از انواع کودهای شیمیایی بویژه کودهای نیتروژنه به تخلیه منابع غیرقابل تجدید نسبت دادند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2010) با ارزیابی چرخهٔ حیات برای تولید ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی چین بیان داشتند که مهمترین اثر زیست محیطی برای کاربرد کودهای نیتروژن‌دار مشاهده شد. برانتراپ و همکاران (Brentrup et al., 2004 b) نیز با ارزیابی چرخهٔ حیات برای بوم-نظام‌های تولید گندم در شرایط استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن‌دار پی بردند که در سطوح پایین و بالای مصرف این کود، بیشترین تأثیرات زیست محیطی تولید یک واحد کارکردی گندم به ترتیب برای گروه‌های مؤثر تغییر کاربری زمین و اوتریفیکاسیون مشاهده شد. نای و همکاران (Nie et al., 2010) با ارزیابی چرخهٔ حیات به ازای تولید یک تن دانه ذرت در چین، بیشترین تأثیر زیست محیطی این نظام را برای گروه تأثیر اسیدی شدن محاسبه و بیان نمودند که استفاده از کشت مخلوط ذرت با گیاهان تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن می‌تواند به عنوان راهکاری پایدار برای جلوگیری از مصرف نیتروژن در بوم‌نظام‌های زراعی مد نظر قرار گیرد.



شکل 6- شاخص زیست محیطی گروه‌های مختلف مؤثر به ازای تولید یک تن دانه ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد
Fig. 6- Aggregated environmental indicator values (EcoX) one ton of corn grain under Mashhad climatic conditions

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در LCA سهم هر نظام تولیدی بر گروه‌های مؤثر کمّی می‌شود، لذا می‌توان با استفاده از این شاخص میزان اثرات زیست محیطی ناشی از یک واحد کارکردی را تعیین کرد و از روش-های مختلف مدیریتی برای کاهش میزان تأثیرات زیست محیطی آن بر گروه‌های مؤثری که دارای بیشترین اثرات زیست محیطی هستند، بهره جست. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین سهم اثرات زیست محیطی برای گروه تأثیر اسیدی شدن (2/59) و سپس تغییر اقلیم (0/61) حاصل شد. بدین ترتیب، چنین بنظر می‌رسد که بتوان از روش‌های مختلف مدیریت نظام زراعی بر مبنای بهره‌گیری از اصول کم‌نهاده نظیر کاربرد انواع نهاده‌های آلی، کاشت گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن و چندساله، استفاده از تناوب زراعی، بهره‌گیری از الگوهای متفاوت کاشت همچون کشت مخلوط، اعمال خاکورزی حداقل و کاهش مصرف انواع نهاده‌های شیمیایی برای کاهش اثرات زیست محیطی این نظام تولیدی بر گروه‌های مؤثر اسیدی شدن و تغییر اقلیم استفاده کرد و در نتیجه کاهش سهم این اثرات زیست محیطی را موجب شد.

منابع

Almaraz, J.J., Zhou, X., Mabood, F., Madramootoo, C., Rochette, P., Ma, B.L., and Smith, D.L. 2009. Greenhouse gas fluxes associated with soybean production under two tillage systems in southwestern Quebec. Soil and Tillage Research 104: 134-139.

Annual Energy Outlook. 1997. U.S. Department of Energy, Energy Information Administration: Washington, D.C., December, 1996; DOE/EIA-0383(97).

Barbier, E.B. 1987. The concept of sustainable economic development. Environmental Conservation 14: 101–110.

Bouwman, A.F. 1995. Compilation of a global inventory of emissions of nitrous oxide. PhD Thesis, University of Wageningen.

Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2001. Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. European Journal of Agronomy 14: 221-233.

Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004a. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology. I. Theorical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy 20: 247-264.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2002a. Impact assessment of abiotic resources consumption-conceptual considerations. International Journal of Life Cycle Assessment 7: 301–307.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2002b. Life cycle impact assessment of land use based on the Hemeroby concept. International Journal of Life Cycle Assessment 7: 339–348.

Brentrup, F., Kusters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004b. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology. II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy 20: 265-279.

Cannals, L.M., Romanya, J., and Cowell, S.J. 2007. Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of 'fertile land' in life cycle assessment (LCA). Journal of Cleaner Production 15: 1426-1440.

Diaz Goebes, M., Stader, R., and Davidson, C. 2003. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United Sattes. Atmospheric Environment 37: 2539-2550.

Eckert, H., Breitschuh, G., and Sauerbeck, D. 1999. Kriterien einer umweltverträglichen Landbewirtschaftung (KUL)-ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben (Criteria of Environmentally friendly land use (KUL)-a method for the environmental evaluation of farms). Agriculture Biotechnology Research 52: 57-76. (In German with English Summary)

EEA (European Environment Agency). 1998. Europe's Environment: The Second Assessment. EEA, Copenhagen.

Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R.B.H., Christiansen, K., and Klüppel, H.J. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. International Journal of Life Cycle Assessment 11: 80–85.

Finnveden, G., and Potting, J. 1999. Eutrophication as an impact category, state of the art and research needs. International Journal of Life Cycle Assessment 4: 311–314.

Gasol, C.M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, M.J., and Rieradevall, J. 2007. Life cycle assessment of a *Brassica carinata* bioenergy cropping system in southern Europe. Biomass and Bioenergy 31: 543-555.

Goedkoop, M., and Spriensma, R. 1999. The Eco-Indicator 99. A damage oriented method of life cycle impact assessment. Methodology Report. Pré Consultants, Amersfoort.

Guinée, J. 1996. Data for the Normalization Step within Life Cycle Assessment of Products. CML Paper no. 14 (Revised version). CML (Centre of Environmental Science), Leiden.

Guinée, J.B. 2001. Life cycle assessment: an operational guide to the ISO standards. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden.

Houghton, J.T., Jenkins, G.J., and Ephraums, J.J. 1993. Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press 365 pp.

Huijbregts, M.A.J. 2001. Uncertainty and variability in environmental life-cycle assessment. PhD thesis, University ofAmsterdam, Amsterdam.

Huijbregts, M.A.J., and Seppälä, J. 2000. Towards region-specific, European fate factors for airborne nitrogen compounds causing aquatic eutrophication. International Journal of Life Cycle Assessment 5: 65–67.

ISO (International Organization for Standardization). 2006. ISO 14040: 2006 (E) Environmental Management – Life Cycle Assessment– Principles and Framework.

Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., and Rosenbaum, R. 2003. A new life cycle impact assessment methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment 8: 324 – 330.

Koocheki, A. 1994. Agricultural and Energy. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)

Margni, M., Rossier, D., Crettaz, P., and Jolliet, O. 2002. Life cycle assessment of pesticides on human health and ecosystems. Agriculture, Ecosystem and Environment 93: 379–392.

Meisterling, K., Samaras, C., and Schweizer, V. 2009. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. Journal of Cleaner Production 17: 222–230.

Monti, A., Fazio, S., and Venturi, G. 2009. Cradle-to-farm gate life cycle assessment in perennial energy crops. European Journal of Agronomy 31: 77-84.

Nie, S.W., Gao, W.S., Chen, Y.Q., Sui, P., and Eneji, A.E. 2010. Use of life cycle assessment methodology for determining phytoremediation potentials of maize-based cropping systems in fields with nitrogen fertilizer over-

dose. Journal of Cleaner Production 18: 1530-1534.

OECD. 2001. Environmental Indicators for Agriculture – Methods and Results, vol. III. OECD Publications, Paris, France, pp. 409.

Payraudeau, S., and van der Werf, H.M.G. 2005. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. Agriculture, Ecosystems and Environment 107: 1–19.

Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., and Okadome, H. 2009. A review of cycle assessment (LCA) on some food products. Journal of Food Engineering 90: 1-10.

Schröder, J.J., Aarts, H.F.M., ten Berge, H.F.M., van Keulen, H., and Neeteson, J.J. 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. European Journal of Agronomy 20: 33-44.

Singh, K.P., Ghoshal, N., and Singh, S. 2009. Soil carbon dioxide flux, carbon sequestration and crop productivity in a tropical dryland agroecosystem: Influence of organic inputs of varying resource quality. Applied Soil Ecology 42: 243–253.

Stanners, D., and Bourdeau, P. 1995. Europe's Environment- The Dobris Assessment. European Environment Agency (EEA), Copenhagen.

Tzilivakis, J., Jaggard, K., Lewis, K.A., May, M., and Warner, D.J. 2005. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 107: 341–358.

Van Zeijts, H., Leneman, H., and Sleeswijk, A.W. 1999. Fitting fertilization in LCA: allocation to crops in a cropping plan. Journal of Cleaner Production 7: 69-74.

Wang, M., Xia, X., Zhang, Q., and Liu, J. 2010. Life cycle assessment of a rice production system in Taihu region, China. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 17: 157-161.

Wang, M., Wu, W., Liu, W., and Bao, Y. 2007. Life cycle assessment of the winter wheat-summer maize production system on the North China Plain. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 14: 400–407.

Yang, J.X., Xu, C., and Wang, R.S. 2002. Life cycle assessment of products and applications. Industry Publishing House Press, Beijing, pp. 105–114. (In Chinese with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 925-939

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 939-925

Study of Life Cycle Assessment (LCA) for Corn Production System under Mashhad Climatic Conditions

S. Khorramdel[1*], A. Koocheki[2], M. Nassiri Mahallati[2] and A. Mollafilabi[3]

Submitted: 11-11-2015
Accepted: 01-06-2016

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Mollafilabi, A. 2019. Study of life cycle assessment (LCA) for corn production system under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology. 11(3): 925-939.

Introduction

Life Cycle Assessment (LCA) is an appropriate technique for evaluating the potential effect of agriculture through assesses of material and energy flow throughout a product's life cycle that take measures for improving environmental performance and to make modifications to a crop system. Life cycle assessment (LCA) is a methodology for assessing the environmental impacts associated with a product, process or activity, by identifying, quantifying and evaluating the resources consumed, and all emissions and wastes released into the environment. Due to enhancing utilization of synthetic and chemical inputs in agriculture fields and its consequent environmental impacts, LCA seems to be an appropriate technique to quantify. This study examined the environmental impacts for corn production under Mashhad climatic conditions by using LCA methodology. The analysis considered the entire system, which was required to produce one ton of corn grain.

Materials and Methods

For this purpose a functional unit was assumed based on ISO 14040 methods. It included the extraction of raw materials (e.g. fossil fuels and minerals), the production and transportation of farming inputs (e.g. fertilizers) and all agricultural operations in the field (e.g. tillage and harvest). In a first step, all emissions and the consumption of resources connected to the different processes were listed in a Life Cycle Inventory (LCI) and related to a common unit, which is one ton of grain. Next a Life Cycle Impact Assessment (LCIA) was done, in which the inventory data were aggregated into indicators for environmental effects, which included resource depletion, land use, climate change (global warming), toxicity (human, terrestrial and aquatic toxicities), acidification and eutrophication (terrestrial and aquatic ecosystems). After normalization and weighting of the indicator values it was possible to calculate summarizing indicators for resource depletion and environmental impacts (EcoX).

Results and Discussion

The global warming potential (GWP) is used to express the contribution that gaseous emissions from production systems make to the environmental impact of climate change and global warming. Terrestrial eutrophication is caused by atmospheric deposition of nutrients on natural land agroecoecosystems. Aquatic eutrophication potential is mainly determined by the nitrate leaching and phosphorus. Acidification potential enhances with increased nitrogen fertilizer application and air emissions of SO_2, NO_x and NH_3. EcoX indicated that the highest environmental impacts were observed in acidification (2.59) and climate change (0.61) categories. The study reveals that despite the technological improvements in its manufacture and use during the last years, greater production intensity increases emissions of pollutants (such as N_2O, NO_x, NH_3 and PO_4-P) contributing to the greenhouse effect, acidification, and eutrophication. Fertilizers containing heavy metals (including Cd, Zn, Co, Se and Hg) also have a toxic effect.

Conclusion

LCA can be undertaken to account for all greenhouse gases (GHGs) emitted for crop production system so

1-Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2-Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3-Assistant Professor, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
(*- Corresponding author Email: khorramdel@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.51337

that mitigation approaches focus on the primary sources of GHG emissions. Diesel production and consumption used in field operations demonstrated to be the main source of environmental impacts in the different agricultural management techniques for all impact categories, except for eutrophication. Intensive application of chemical fertilizers led to adverse impact on resource uses efficiency into consideration, enhance environmental impact. Therefore, one of the appropriate strategies to mitigate the environmental effect of agricultural production is achieving suitable yield per unit of area by improving resource use efficiency. It seems that management systems based on low input system including organic fertilizers and minimum tillage could be regarded as alternative management strategies to reduce problematic environmental impacts. Rather than chemical fertilizers, organic amendments have been suggested as a method for 'low input agriculture' to achieve sustainability in dry land agriculture. The most important goal of any life cycle study is, of course, to improve and optimize the system.

Acknowledgement

This research was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Environmental impacts, Life cycle impact assessment, Emission, Resource use

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 953-941

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 941-953

بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شرقی ایران

هدا محمدی[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و محسن جهان[3]

تاریخ دریافت: 1394/03/13
تاریخ پذیرش: 1394/06/21

محمدی، ه.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و جهان، م. 1398. بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شرقی ایران. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 953-941.

چکیده

بوم‌نظام‌های زراعی که توسط بشر با هدف تولید غذا و فیبر مدیریت می‌شوند اگرواکوسیستم نام دارند که علاوه بر تولید نیازهای اولیه بشر، خدمات متنوع و مهمی نیز دارند. امّا مدیریت نادرست با هدف تولید بیش‌تر محصولات کشاورزی، منجر به ناتوانی بوم‌نظام‌های زراعی در ارائه خدمات و کارکردهای مورد انتظار شده است. از این رو ارزیابی و نظارت بر بوم‌نظام‌های زراعی با هدف مدیریت صحیح آن‌ها و تولید پایدار ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه سلامت بوم‌نظام‌های زراعی چهار استان شرقی کشور شامل خراسان شمالی، خراسان رضوی، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان، طی سال‌های 1381 تا 1390 از لحاظ ساختاری، کارکردی، سازمانی و در نهایت سلامت کل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از لحاظ سلامت ساختاری استان سیستان و بلوچستان بیش‌ترین امتیاز و استان خراسان رضوی کم‌ترین امتیاز را داشت. از لحاظ سلامت کارکردی استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی به‌ترتیب بهترین و بدترین شرایط را داشتند. بر اساس نتایج به‌دست آمده استان سیستان و بلوچستان بیش‌ترین و استان خراسان رضوی کم‌ترین امتیاز را از لحاظ سازمانی کسب کردند. بوم‌نظام‌های زراعی تمامی استان‌ها به‌جز خراسان جنوبی از لحاظ سلامت کل در مرتبه ضعیف و خراسان جنوبی در مرتبه بسیار ضعیف قرار گرفتند. در مجموع سلامت کل استان خراسان رضوی بیش‌تر از سایر استان‌ها و سلامت کل استان خراسان جنوبی کم‌تر از سایر استان‌ها بود. بارندگی کم، تراکم زراعی بالا، عدم دسترسی کافی به سیستم آبیاری تحت فشار، اختصاص مساحت کمی از اراضی زراعی به گیاهان علوفه‌ای، چندساله و تثبیت‌کننده نیتروژن، فشردگی خاک، کم بودن عملکرد در کلیه گروه‌های زراعی، پایین بودن بهره‌وری نیتروژن و عدم توجه به توسعه مراکز تولید حشرات مفید از جمله مهم‌ترین دلایل مشترک در تنزل سلامت بوم‌نظام‌ها در استان‌های مذکور بود.

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناسی کشاورزی، پایداری، ثبات، سلامت ساختاری، کارکرد

مقدمه

بوم‌نظام‌های زراعی (اگرواکوسیستم‌ها) توسط بشر برای تولید غذا و فیبر مدیریت می‌شوند. بوم‌نظام‌ها، سیستم‌هایی با پیچیدگی زیاد هستند و از اجزایی تشکیل شده‌اند که به‌صورت سلسله مراتبی در مقیاس‌های مختلف قابل بررسی هستند. به‌عنوان مثال، می‌توان بوم‌نظام‌ها را در سطح یک کرت، مزرعه، اجتماع روستایی و یا کشور مورد بررسی قرار داد.

مفهوم بوم‌نظام در هر سطح، ابعاد اقتصادی، محیطی و انسانی را در بر می‌گیرد. در واقع بوم‌نظام‌ها کارکردهای متنوعی دارند که علاوه بر تولید غذا، فیبر و سود اقتصادی شامل حفاظت از زمین، حفظ چشم‌انداز، کاهش فرسایش آبی و بادی و کاهش گازهای گلخانه‌ای نیز می‌شود (Farber et al., 2006; Lant et al., 2005). در سال‌های اخیر روش‌های نادرست کشاورزی هم‌چون فشرده‌سازی، گسترش تک‌کشتی، کاهش تنوع، استفاده از سموم و کودهای

1-دانش آموخته دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3-دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.47264

شیمیایی که به‌منظور افزایش هرچه بیش‌تر عملکرد و سود اقتصادی به‌کار می‌روند باعث خسارت به بوم‌نظام‌ها شده‌اند. چنین سیستم‌هایی کارکرد لازم را ندارند و برای حفظ تولید نیاز به نهاده‌های کمکی دارند (Caporali & Campligia, 2001). مهم‌ترین چالش مدیریت بوم-نظام‌ها در قرن بیست‌ویکم، گسترش سیستم‌های تولید به نحوی است که تولیدات پایدار داشته باشند، تنوع و کارکردهای طبیعی اکوسیستم را حفظ کنند، از لحاظ اقتصادی پویا باشند و از لحاظ اجتماعی باعث پیشرفت کشاورزان در جامعه جهانی شوند (Robertson & Swinton, 2005). یکی از مفاهیم مورد استفاده در این زمینه به‌منظور تجزیه و تحلیل و مدیریت بوم‌نظام‌ها، مفهوم سلامت آن‌ها است. سلامت بوم‌نظام با اجتماع بشری، اقتصاد و محیط مرتبط است (Alkorta et al., 2004) و برای بررسی آن دانشمندان مختلف معیارهای متفاوتی را مورد نظر قرار داده‌اند (Conway, 1987; Xun& Mage, 2001; Vadrevunet al., 2008). برخی محققان تولید[1]، ثبات[2]، برابری[3] و خوداتکایی[4] را به‌عنوان ویژگی‌های سلامت مورد بررسی قرار داده‌اند (Conway & McCracken, 1990; Gallopin, 1994).

برای بررسی سلامت بوم‌نظام‌های غرب چین، لی و همکاران (Li et al., 2007) از پویایی[5]، ساختار[6] و قابلیت بازگشت[7] استفاده کردند. وادریو و همکاران (Vadrevu et al., 2008) از شش متغیر شامل سلامت خاک، تنوع زیستی، شرایط توپوگرافیکی (وضعیت اراضی)، اقتصاد مزرعه، اقتصاد واحد زراعی و ساختارهای اجتماعی برای کمّی کردن سلامت بوم‌نظام‌های ایالت اوهایو استفاده کردند. ژو و همکاران (Zhu et al., 2012) از میان ویژگی‌های سیستم، پنج مورد یعنی ثبات، قابلیت بازگشت، تنوع[8]، کارایی[9] و برابری را برای تعریف و بررسی سلامت بوم‌نظام مناسب دانستند. برخی از محققان برای داشتن یک معیار عمومی از سلامت بوم‌نظام، ساختار و کارکرد اگرواکوسیستم را همراه با ویژگی‌های سازمانی و پویایی سیستم مورد بررسی قرار داده‌اند. در این روش به‌منظور بررسی ویژگی‌ها یا ابعاد مذکور از سنجه‌هایی استفاده می‌شود که نشان‌دهنده وضعیت هر یک از ابعاد باشد. باوجودی‌که در نظر گرفتن ویژگی‌های مختلف بوم‌نظام-ها با استفاده از سنجه‌های مختلف روش جامعی می‌باشد امّا در مطالعات محدودی از آن استفاده شده است. ممکن است یکی از دلایل استفاده کم‌تر از این روش، محدودیت دسترسی به آمار مورد نیاز جهت برآوردها باشد. به‌عنوان مثال، پژوهشگران در بررسی سلامت اگرواکوسیستم جنوب آنتاریو با استفاده از سه معیار فراهمی زمین به‌عنوان معیار ساختاری، تولید به‌عنوان معیار کارکردی و خودوابستگی به‌عنوان معیار سازمانی، دریافتند که طی سال‌های 1971 تا 1991 فراهمی زمین کاهش یافته و بنابراین سلامت بوم‌نظام منطقه کاهش یافته است. هم‌چنین تولید به‌عنوان معیار کارکردی افزایش داشت، امّا افزایش استفاده از آفت‌کش‌ها باعث کاهش خودوابستگی و کاهش سلامت سازمانی بوم‌نظام شد (Xu & Mage, 2000). وفابخش و همکاران (Vafabakhsh et al., 2007) سلامت بوم‌نظام‌های مشهد را در یک دوره زمانی 20 ساله (1360 تا 1380) و در سه دسته ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه 55 شاخص به‌عنوان سنجه‌های سلامت بوم‌نظام تعریف شد. نتایج نشان داد که شاخص سلامت بوم‌نظام‌های مشهد بین سال‌های 1360 تا 1375 روند نزولی داشته و از سال 1375 تا سال 1380 روند صعودی در پیش گرفته است.

منظور از ساختار بوم‌نظام، نحوه ترکیب و توزیع اجزاء سیستم است. اساسی‌ترین اجزای ساختمانی هر بوم‌نظام، عوامل زنده آن یعنی موجودات زنده‌ای که با محیط خود کنش متقابل دارند و عوامل غیرزنده یعنی اجزای فیزیکی و شیمیایی محیط مانند خاک، نور، رطوبت و درجه حرارت می‌باشند (Burel & Baudry, 1995). معیارهایی مثل موجودی منبع[10]، دسترسی به منبع[11]، تنوع و برابری مفاهیمی هستند که می‌توانند ساختار سلامت اگرواکوسیستم را نشان دهند.

کارکرد بوم‌نظام بیانگر چگونگی انجام فرایندهای مورد انتظار از آن سیستم است که با استفاده از ساختارهای موجود، به چه سطحی از کمیت و کیفیت در تولیدات خروجی خود رسیده است. بوم‌نظام به‌عنوان یک ماهیت چند بعدی، کارکردهای متفاوتی دارد که مربوط به چرخه‌های بیوفیزیکی، تولیدات اقتصادی و سازمان اجتماعی

1- Productivity
2- Stability
3- Equitability
4- Self reliance
5- Vigor
6- Structure
7- Resilience
8- Diversity
9- Efficiency
10- Resource availability
11- Resource accessibility

هستند. مفاهیمی شامل تولید، کارایی و درجه تأثیر[1] برای بررسی کارکرد بوم‌نظام مناسب هستند.

از آن‌جا که وجود عوامل خارجی موجب پدیدار شدن محیطی گسترده‌تر از محیط بوم‌نظام که کارکرد در آن صورت می‌گیرد و ساختار سیستم نیز در آن محدوده حفظ می‌گردد، خواهد شد، این عوامل به نوبه خود منجر به تغییر ساختار و کارکرد بوم‌نظام می‌شوند (Anosike & Coughenour, 1990). سنجه‌هایی که برای بررسی سازمان بوم‌نظام در نظر گرفته می‌شوند باید مشخص کنند که آیا بوم‌نظام بیش‌تر از طریق عوامل خارجی کنترل می‌شود یا واکنش‌ها و فرایندهای درونی قادر به حفظ سازمان آن هستند. انسجام[2]، خودتنظیمی[3] و خودمختاری[4] را می‌توان به‌عنوان معیارهای سازمانی بوم‌نظام معرفی کرد (Lansing, 2006).

با توجه به آن‌چه ذکر شد، بررسی سلامت بوم‌نظام‌ها از ابعاد ساختاری، کارکردی و سازمانی یکی از بهترین روش‌ها برای ارزیابی و مدیریت آن‌ها می‌باشد. چرا که می‌توان از این طریق کلیه ویژگی‌های سیستم را مد نظر قرار داد. هر قدر تعداد سنجه‌های مورد نظر در ملاک‌های مذکور بیش‌تر باشد، ارزیابی دقیق‌تر خواهد بود. از آن‌جا که تا کنون مطالعه جامعی در مورد سلامت اگرواکوسیستم‌های کشور انجام نشده‌است، این مطالعه با هدف ارزیابی سلامت بوم‌نظام‌ها در استان‌های شرقی کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

آمار مورد نیاز به‌منظور بررسی سلامت بوم‌نظام‌های چهار استان واقع در شرق کشور (شامل خراسان شمالی، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، و سیستان و بلوچستان) از منابع مختلف مثل پرسشنامه‌ها، سالنامه‌های آماری وزارت جهاد کشاورزی و مرکز آمار ایران برای دوره زمانی 1381 تا 1390 تهیه شد.

برای تعیین سلامت کل، ویژگی‌های مختلف بوم‌نظام از لحاظ ساختار، کارکرد و سازمان بررسی شدند. برای این منظور، 29 سنجه برای ارزیابی ابعاد بوم‌نظام در نظر گرفته شد. محاسبه این سنجه‌ها بر اساس تعریف علمی هر سنجه انجام پذیرفت که در بخش ضمیمه به برخی از آن‌ها اشاره شده‌است. به‌دلیل این که واحد سنجش و اندازه گیری همه این سنجه‌ها یکسان نیست و هم‌چنین از آن‌جا که دامنه تغییرات هر سنجه نیز بسیار متفاوت است، بعد از محاسبه سنجه‌های مورد نظر به‌منظور سهولت مقایسه‌ها و نیز با هدف یکسان‌سازی نوسانات داده‌های حاصل از محاسبه سنجه‌ها، عمل نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از معادله 1 انجام شد.

$$xnorm = \frac{(X-Xmin)}{(Xmax-Xmin)}$$ معادله (1)

که در این معادله، X_{norm} عدد نرمال‌شده، x داده مورد نظر، x_{max} داده بیشینه و x_{min} داده کمینه می‌باشد. در مرحله بعد با توجه به اثر مثبت یا منفی و هم‌چنین شدت تأثیر هر سنجه بر سلامت بوم‌نظام‌ها، ضرایبی به آن‌ها تعلق گرفت. برای سنجه‌هایی با تأثیر مثبت بر سلامت، ضریب مثبت و برای سنجه‌هایی که اثر مخرب بر سلامت بوم‌نظام‌ها دارند، ضریب منفی در نظر گرفته شد. سنجه دارای کم‌ترین اثر منفی دارای ضریب 1- و سنجه دارای بیش‌ترین اثر منفی دارای ضریب 3- بود. به همین ترتیب ضرایب 1+ تا 3+ برای سنجه‌های دارای کم‌ترین تا بیش‌ترین اثر مثبت در نظر گرفته شد. برای محاسبه سلامت در هر یک از ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی، سنجه‌های هر ملاک بعد از اعمال ضرایب جمع شدند. مرز بین سلامت و عدم سلامت در هر یک از ملاک‌ها، عدد صفر در نظر گرفته شد. به این معنی که اگر مقدار نهایی ملاک‌های سه‌گانه مثبت باشد، در محدوده سلامت و اگر منفی باشد، در محدوده عدم سلامت قرار خواهد گرفت. در نهایت، با طبقه‌بندی فاصله حداقل و حداکثر امتیاز هر ملاک با توجه به ضرایب استفاده شده، مرتبه کیفی سلامت بوم‌نظام در سه ملاک ساختاری، کارکردی، سازمانی و هم‌چنین سلامت کل مشخص گردید.

برای سازمان‌دهی داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

در مقایسه ساختار بوم‌نظام‌های چهار استان شرقی کشور، مشخص شد که استان سیستان و بلوچستان بیش‌ترین امتیاز (5/28) و استان خراسان رضوی کم‌ترین امتیاز (4/67) را داشتند (جدول 1). در استان سیستان و بلوچستان، سطح زیر کشت بالای گیاهان علوفه‌ای، دسترسی بیش‌تر به ادوات کشاورزی، تنوع زراعی بیش‌تر نسبت

1- Effectiveness
2- Integrity
3- Self organization
4- Autonomy

به سایر استان‌ها و اختصاص مساحت بیش‌تری از اراضی زراعی به کشت گیاهان چندساله مهم‌ترین دلایل برتری ساختار بوم‌نظام این استان نسبت به سایر استان‌ها بود. در استان خراسان رضوی مهم‌ترین دلایل تنزل سلامت بوم‌نظام‌ها از لحاظ ساختاری، اختصاص مساحت کم‌تری از اراضی زراعی به کشت گیاهان علوفه‌ای، عدم دسترسی کافی به ادوات کشاورزی و بالا بودن توزیع مالکیت بود.

جدول 1- مقادیر سنجه‌های محاسبه شده مربوط به ملاک سلامت ساختاری و ضرایب سنجه‌ها

Table 1- Calculated indices for structural health criteria and weight of indices

سنجه‌ها Indices	وزن سنجه‌ها Weight of indices	خراسان شمالی North Khorasan	خراسان رضوی Razavi Khorasan	خراسان جنوبی South Khorasan	سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan
سرانه زمین‌های کشاورزی Agricultural land per capita	(+2)	1.36	0.87	1.09	0.19
توزیع مالکیت Property distribution	(-1)	-0.53	-0.55	-0.38	-0.31
تراکم زراعی Croppingintensity	(-2)	-1.23	-0.91	-0.84	-1.35
تراکم زراعی دیم Rain-fed croppingintensity	(+1)	0.49	0.19	0.13	0.04
نسبت اراضی دیم به آبی Ratio of rain-fed to irrigated land	(+2)	0.28	0.09	0.07	0.01
مساحت اراضی آیش Area of follow land	(+2)	0.77	1.10	1.16	0.65
تنوع زراعی Crop diversity	(+3)	1.77	2.30	2.37	2.60
سطح زیرکشت گیاهان تثبیت‌کننده-نیتروژن Area of N fixing plants	(+3)	0.27	0.12	0.08	0.29
سطح زیر کشت گیاهان چندساله Area of perennial plants	(+3)	0.17	0.12	0.11	0.35
سطح زیر کشت گیاهان علوفه‌ای Area of forage crops	(+2)	0.31	0.36	0.64	1.36
میزان بارش Precipitation	(+3)	0.66	0.36	0.26	0.22
دسترسی به آبیاری تحت فشار Accesstopressurized irrigation	(+3)	0.26	0.19	0.03	0.16
دسترسی به ادوات کشاورزی Access to agricultural machinery	(+2)	0.71	0.51	0.61	1.06

اهمیت سنجه‌های مذکور در بهبود سلامت بوم‌نظام‌ها به این دلیل است که به‌عنوان مثال امروزه مشخص شده است که کارکرد بوم‌نظام‌های طبیعی و کشاورزی بر تنوع زیستی استوار است و نابودی تنوع زیستی تهدیدی جدی برای بقاء بوم‌نظام‌های کشاورزی و نهایتاً امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود (Thrupp, 1998). افزایش تنوع پیچیدگی ذاتی بوم‌نظام را افزایش می‌دهد و از این طریق ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی سیستم را بهبود می‌بخشد. تنوع و کارکردهای آن منجر به تجمع کربن و نیتروژن بیش‌تر در خاک‌های فرسایش‌یافته کشاورزی می‌شوند (Fornara & Tilman, 2008). هم‌چنین تنوع اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را در بر دارد (Altieri, 1999). به عقیده کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004) جایگزینی تعداد معدودی واریته پرمحصول با نژادهای محلی گیاهان زراعی و تمایل به تک‌کشتی با حداکثر یکنواختی عامل اصلی پایین بودن تنوع زیستی کشاورزی در کشور است. گیاهان چندساله و علوفه‌ای علاوه بر افزایش تنوع در بوم‌نظام‌ها، دارای مزایای متعددی هستند. گیاهان

چندساله به‌خوبی در مزرعه استقرار می‌یابند و سیستم ریشه‌ای گسترده و عمیقی دارند، در جذب آب و مواد غذایی کارامدتر از گیاهان یک‌ساله هستند ضمن این‌که می‌توانند به بارندگی موجود در تمام سال دسترسی داشته باشند. کشت گیاهان علوفه‌ای (به‌ویژه گیاهان علوفه‌ای چند ساله و تثبیت‌کننده نیتروژن) نیز از لحاظ اکولوژیک نسبت به سایر گیاهان برتری دارد و دارای مزایایی در جهت حفظ سلامت بوم‌نظام‌ها است. این گیاهان با پوشش زیاد در سطح مزرعه باعث کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شوند و بیش‌تر مصرف آب در این مزارع از طریق تعرق و مسیر گیاه است که باعث رشد و افزایش تولید می‌شود. هم‌چنین پوشش بیش‌تر سطح زمین مانع فرسایش آبی و بادی می‌شود. از آن‌جا که تمام قسمت‌های هوایی گیاهان علوفه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، از لحاظ تبدیل منابع به مواد آلی بر سایر گیاهان برتری دارند. ضمن این‌که کنترل شیمیایی علف‌های هرز در این مزارع کم‌تر است در نتیجه کم‌تر باعث آلودگی محیط می‌شوند. ساختار انبوه ریشه این گیاهان باعث اصلاح ساختار خاک و افزایش مواد آلی به خاک می‌شوند (Magdoff & Van Es, 2009). علاوه بر تنوع و استفاده از تناوب‌های صحیح، دسترسی به منابع مثل ادوات کشاورزی نیز در سلامت بوم‌نظام‌ها مؤثر است. با وجود این‌که استفاده بیش‌تر از ادوات کشاورزی باعث مصرف بیش‌تر انرژی‌های فسیلی شده و ظاهراً در تضاد با اصول سلامت بوم‌نظام است، امّا عدم دسترسی کافی به ادوات (به‌ویژه تراکتور که وسیله کِشنده بسیاری از ادوات دیگر است) باعث آماده‌سازی نامناسب زمین، فشردگی خاک و فرسایش شده و کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. این امر به‌نوعی هدر دادن سایر نهاده‌های کشاورزی و سایر انرژی‌هایی است که برای تولید محصولات استفاده می‌شود. بنابراین عدم دسترسی کافی به ادوات کشاورزی مناسب با اصول سلامت بوم‌نظام مغایرت دارد. بذرگر (Bazrgar, 2011) دریافت که با افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند و با در نظر گرفتن میزان تولید نظام‌های مختلف تولید چغندر، آسیب‌های زیست‌محیطی ایجاد شده به‌ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مکانیزه 33 درصد کم‌تر از نظام‌های سنتی بود.

مقادیر سنجه‌های محاسبه‌شده مربوط به ملاک کارکردی و ضرایب سنجه‌ها در جدول 2 مشاهده می‌شود. از لحاظ کارکردی استان خراسان رضوی رتبه اول (7/10)، سیستان و بلوچستان رتبه دوم (6/07)، خراسان شمالی رتبه سوم (5/36) و استان خراسان جنوبی رتبه آخر (2/96) را در میان استان‌های مورد مطالعه داشتند. در استان خراسان رضوی عملکرد بالا نسبت به میانگین استان‌های موردمطالعه، به‌ترتیب در گروه‌های سبزیجات،گیاهان صنعتی، گیاهان علوفه‌ای و غلات آبی و هم‌چنین شرایط مطلوب ساختمان خاک منجر به برتری سطح سلامت کارکردی بوم‌نظام‌های استان شد. در استان خراسان جنوبی کم بودن عملکرد به‌ترتیب در گروه‌های سبزیجات، غلات دیم، گیاهان جالیزی و علوفه‌ای، شرایط نامطلوب ساختمان خاک، و پایین بودن کاربری زراعی اراضی مهم‌ترین دلایل تنزل سطح کارکرد اگرواکوسیستم‌های استان بودند. با توجه به اهمیت کارکردهای مختلف بوم‌نظام‌ها از جمله شرایط خاک و تولید، لازم است قابلیت‌های بوم‌نظام‌ها در مناطق مختلف مشخص شده و گیاهان زراعی متنوع و سازگار با آن منطقه برای کشت ترویج داده شوند.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از لحاظ سلامت سازمانی، استان سیستان و بلوچستان دارای بیش‌ترین (1/02) و استان خراسان رضوی دارای کم‌ترین (0/79) امتیاز بودند (جدول 3). هم‌چنین استان‌های خراسان جنوبی (با امتیاز 1/01) و خراسان شمالی (با امتیاز 0/94) رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند. در استان سیستان و بلوچستان تعداد بیش‌تر مراکز تولید حشرات مفید، مصرف کم‌تر سموم شیمیایی و سطح خسارت‌دیده کم‌تر نسبت به میانگین استان‌های مورد مطالعه، مهم‌ترین دلایل برتری سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های استان بودند. در استان خراسان رضوی تعداد کم‌تر مراکز تولید حشرات مفید و مصرف بیش‌تر کودها و سموم شیمیایی نسبت به میانگین استان‌ها منجر به تنزل سطح سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های استان شد.

تغذیه مستقیم گیاه از طریق مصرف کودهای شیمیایی با اصول اکولوژیک در تضاد بوده و اثرات منفی بر سلامت بوم‌نظام‌ها دارد. استفاده بیش از حد از کودها، به مقدار و دفعات زیاد، توانایی کارکردی خاک را برای نگهداری و تبدیل عناصر غذایی و هم‌زمانی فراهمی آن‌ها با نیاز گیاه مختل می‌کند. اشباع شدن خاک با نیتروژن و فسفر منجر به انتشار نیترات به آب‌های زیرزمینی و اشباع خاک با فسفات می‌شود (Rodrigues et al., 2008). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌تدریج منجر به شور شدن خاک‌ها، تخریب ساختمان خاک و بر هم خوردن تعادل عناصر ضروری خاک می‌شود.

جدول 2- مقادیر سنجه‌های محاسبه شده مربوط به ملاک سلامت کارکردی و ضرایب سنجه‌ها

Table 2- Calculated indices for functional health criteria and weight of indices

سنجه‌ها Indices	وزن سنجه‌ها Weight of indices	خراسان شمالی North Khorasan	خراسان رضوی Razavi Khorasan	خراسان جنوبی South Khorasan	سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan
کاربری زراعی اراضی Arable land use	(+1)	0.29	0.26	0.04	0.008
بهره‌وری نیتروژن Nitrogen use efficiency	(+1)	0.10	0.21	0.19	0.48
ساختمان خاک Soil structure	(+2)	0.89	1.11	0.27	0.97
عملکرد غلات آبی Irrigated cereals yield	(+3)	0.97	1.12	0.78	0.64
عملکرد غلات دیم Rain-fed cereals yield	(+3)	0.72	0.52	0.15	0.96
عملکرد حبوبات Pulses yield	(+3)	0.07	0.06	0.19	0.27
عملکرد گیاهان صنعتی Industrial crops yield	(+3)	0.20	0.53	0.27	0.03
عملکرد سبزیجات Vegetables yield	(+3)	2.11	2.09	0.53	1.04
عملکردگیاهان جالیزی Garden crops yield	(+3)	0.23	0.43	0.21	0.52
عملکردگیاهان علوفه ای Forage crops yield	(+3)	0.19	1.14	0.77	1.48
هزینه تولید Cost of production	(-1)	-0.42	-0.36	-0.43	-0.33

جدول 3- مقادیر سنجه‌های محاسبه شده مربوط به ملاک سلامت سازمانی و وزن سنجه‌ها

Table 3- Calculated indices for organizational health criteria and weight of indices

سنجه‌ها Indices	وزن سنجه‌ها Weight of indices	خراسان شمالی North Khorasan	خراسان رضوی Razavi Khorasan	خراسان جنوبی South Khorasan	سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan
سموم شیمیایی Chemical pesticides	(-3)	-0.10	-0.07	-0.04	-0.03
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	(-1)	-0.10	-0.13	-0.09	-0.15
پوشش زمین Land cover	(+2)	1.15	1.02	0.95	0.99
حشرات مفید Beneficial insects	(+2)	0.07	0.04	0.26	0.22
سطح خسارت‌دیده Damaged area	(-1)	-0.07	-0.06	-0.07	-0.01

افزایش اسیدیته خاک در نتیجه مصرف مداوم کودهای شیمیایی بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Barak, 1998).

با وجود این‌که سموم آفت‌کش و علف‌کش برای کشاورزان مقرون به صرفه‌تر بوده و به‌ویژه در زمان طغیان آفات سریع‌ترین راه حل ممکن به نظر می‌رسند امّا آثار سوء آن‌ها بر محیط و سایر موجودات زنده، لزوم کاهش مصرف این سموم را ضروری می‌سازد. استفاده از سموم شیمیایی باعث از بین رفتن حشرات مفید (دشمنان مفید و گرده افشان‌ها) نیز می‌شود. ضمن این‌که بعد از هر بار استفاده از آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، تعدادی از آفات و علف‌های هرز که به‌صورت ژنتیکی نسبت به سم استفاده شده مقاوم هستند در مزرعه باقی می‌مانند و تکثیر می‌شوند. در نتیجه با گذشت زمان با آفات و علف‌های هرزی مواجه هستیم که برای از بین بردن آن‌ها باید از سم قوی‌تری استفاده کنیم. با توسعه مراکز تولید حشرات مفید و استفاده از تناوب‌های صحیح می‌توان کاربرد سموم شیمیایی را به حداقل رساند. از طرفی حضور حشرات در مزرعه باعث افزایش تنوع زیستی می‌شود که به نوبه خود کارکرد بوم‌نظام را بهبود می‌بخشد. در صورت استفاده مداوم از این روش مکانیسم‌های خودتنظیمی در بوم‌نظام تقویت شده و علاوه بر حفظ قدرت برای تولید در دراز مدت، باعث وضعیت اقتصادی مطلوب در بوم‌نظام می‌شود.

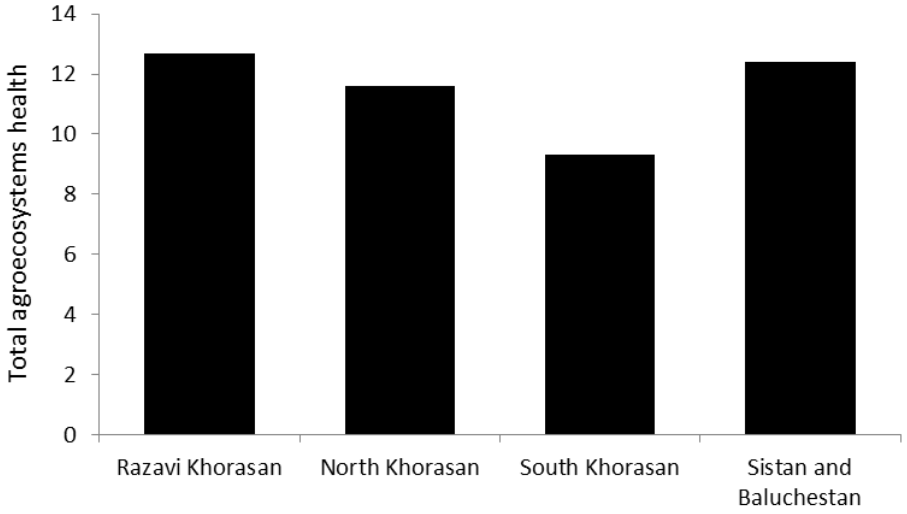
مقایسه سلامت کل بوم‌نظاماستان‌ها

با توجه به این‌که داده‌های مربوط به سنجه‌های مختلف نرمال شده و بین صفر و یک قرار دارند، با در نظر گرفتن کلیه ضرایب مثبت و منفی که برای سنجه‌های مختلف در ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی در نظر گرفته شد، بوم‌نظام‌های مورد مطالعه می‌توانند حداکثر امتیاز مثبت 53 و حداقل امتیاز منفی 9- را داشته باشند. با تقسیم‌بندی فاصله 9- تا 53+، جدول 4 حاصل شد که با استفاده از آن می‌توان تشخیص داد سلامت کل بوم‌نظام‌های استان-های مورد نظر در چه وضعیتی است. چنان‌که در شکل 1 نشان داده شده است، استان خراسان رضوی (12/66)، استان سیستان و بلوچستان (12/38)، خراسان شمالی (11/6) و خراسان جنوبی (9/31) به‌ترتیب رتبه‌های اول تا چهارم را از لحاظ سلامت کل داشتند. با توجه به رتبه‌بندی جدول 4، بوم‌نظام‌های استان خراسان جنوبی در مرتبه سلامت بسیار ضعیف و بوم‌نظام‌های سایر استان‌ها در مرتبه سلامت ضعیف قرار گرفتند.

جدول 4- مقیاس رتبه‌بندی سلامت کل اگرواکوسیستم‌ها

Table 4- Ranking scale of total agroecosystem health

سطح کیفی سلامت کل اگرواکوسیستم‌ها Quality level of total agroecosystem health	محدوده امتیاز Rating range
سلامت مطلق Absolute health	50≤
سلامت عالی Excellent health	40-50
سلامت خوب Good health	30-40
سلامت نسبی Relative health	20-30
سلامت ضعیف Poor health	10-20
سلامت بسیار ضعیف Very poor health	0-10
عدم سلامت Unhealthy	0≥



شکل 1- سلامت کل در هر یک از استان‌های شرقی کشور

Fig. 1- Total agroecosystems health in eastern provinces of the country

در استان‌های مورد مطالعه بارندگی کم بوده، تراکم زراعی زیاد است و بخش اعظم اراضی به‌صورت فاریاب مدیریت می‌شوند. این در حالیست که دسترسی به سیستم آبیاری تحت فشار بسیار کم است. تراکم زراعی نشان‌دهنده شدت بهره‌برداری از اراضی زراعی می‌باشد. حضور دوره‌های آیش عامل اصلی کاهش تراکم زراعی است. انتظار می‌رود در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک که آیش سهم تعیین‌کننده‌ای در انتقال رطوبت بین فصول زراعی دارد، شاخص تراکم زراعی کم‌تر باشد. تراکم زراعی بالا در بوم‌نظام‌های مورد مطالعه و در نتیجه بهره‌برداری مداوم از اراضی زراعی به معنی فاصله گرفتن از برخی اصول اکولوژیک مثل آیش و تناوب است که باعث تخلیه عناصر غذایی خاک، فشردگی لایه‌های زیرین خاک به‌علت ورود مداوم ادوات کشاورزی، فرسایش خاک، افزایش آفات و بیماری‌ها و در نتیجه استفاده بیش‌تر از سموم شیمیایی خواهد شد.

در مناطق خشک، آبیاری برای تولید ضروری است و در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب نیز آبیاری باعث افزایش عملکرد می‌شود. امّا آبیاری بیش از حد علاوه بر هزینه‌های اقتصادی، هزینه‌های اکولوژیک از جمله غرقاب شدن و شور شدن اراضی زراعی را در پی خواهد داشت. 13 درصد اراضی فاریاب دنیا یا مشکل غرقاب دارند و یا خیلی شور شده‌اند و 33 درصد اراضی فاریاب در معرض این مشکلات هستند (FAO, 2007). بنابراین کاهش مصرف آب در کشاورزی و افزایش کارایی آن ضروری است تا از این طریق از پایدار بودن تولید در آینده اطمینان داشته باشیم (Mariolakos, 2007).کارایی مصرف آب در روش‌های سنتی آبیاری 40 تا 50 درصد است که با روش‌های آبیاری تحت فشار به 80 تا 90 درصد می‌رسد بنابراین نیمی از آب ذخیره می‌شود (Heermann et al., 1990). استفاده از انواع روش‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند در رسیدن به این اهداف مؤثر باشد. بنابراین در بوم‌نظام‌هایی که دسترسی به سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار کم است (همانند بونظام‌های مورد مطالعه که میزان بارندگی آن‌ها نیز کم و مساحت اراضی فاریاب زیاد است)، منابع آب در معرض خطر بوده و علاوه بر تولید سایر کارکردهای بوم‌نظام‌ها در معرض خطر می‌باشند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2007) با مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم، پیش‌بینی کردند که شدت کاهش بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بارزتر از مناطق مرطوب خواهد بود. بر اساس نتایج این محققان متوسط کاهش بارندگی پاییزه در سال‌های 2025 و 2050 به‌ترتیب 8 و 11 درصد خواهد بود. از طرفی افزایش دما از شمال به جنوب و از غرب به شرق تشدید خواهد شد و الگوی تغییرات مکانی بارش در سال‌های 2025 و 2050 میلادی تا حد زیادی مشابه الگوی تغییرات درجه حرارت می‌باشد. بنابراین مناطقی که کاهش بارندگی بیش‌تری دارند با افزایش دمای بیش‌تری نیز مواجه خواهند بود. بروز هم‌زمان این دو پدیده، واکنش‌های رشد و نمو گیاهان را متأثر خواهد ساخت. بنابراین با توجه به محدودیت

منابع آب در استان‌های مورد بررسی، نیاز به استفاده از سیستم‌های آبیاری با کارایی مصرف بیش‌تر آب ضروری به نظر می‌رسد. از دیگر نقاط ضعف استان‌های مورد بررسی، اختصاص مساحت کمی از اراضی زراعی به کشت گیاهان چندساله و تثبیت‌کننده‌های نیتروژن می‌باشد. استفاده از لگوم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، یکی از روش‌های پایدار افزایش حاصلخیزی و مدیریت صحیح خاک است. این گیاهان می‌توانند سالانه 130 تا 450 کیلوگرم نیتروژن به خاک اضافه کنند و مقادیر زیادی از این عنصر را برای گیاه زراعی بعدی در تناوب فراهم می‌کنند (Magdoff & Van Es, 2009). برخی از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن از جمله یونجه جزو گیاهان چندساله بوده و علاوه بر مزایای لگوم‌ها مزایای گیاهان چندساله را نیز دارند. گیاهان یک‌ساله پنج برابر گیاهان چندساله هدردهی آب دارند که نشان می‌دهد گیاهان یک‌ساله نیاز به آبیاری بیش‌تر دارند که باعث تهدید منابع آبی و تنوع زیستی می‌شود (Glover & Reganold, 2010).. گیاهان یک‌ساله قادر به جذب کامل کودها و سموم شیمیایی نیستند و این مواد شیمیایی با ورود به آب‌های زیرزمینی باعث آلودگی آن‌ها می‌شوند. از آن‌جا که کارایی مصرف کود نیتروژن در مناطق مورد مطالعه کم است، احتمال می‌رود که در آینده تداوم مدیریت حاضر باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی و محیط شود. آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر مصرف کودهای نیتروژنی در بسیاری از مناطق دنیا مشاهده می‌شود و باعث به خطر افتادن سلامت انسان و محیط زیست در این نقاط شده‌است (Matson et al., 1997).

مدیریت بوم‌نظام‌ها در استان‌های مورد مطالعه به‌تدریج منجر به تخریب ساختمان خاک شده‌است. در مطالعات اکولوژیک مفهوم ساختمان خاک بیش‌تر به فشردگی خاک و عمق ریشه اشاره دارد. در فصل پاییز به‌علت رطوبت بیش‌تر خاک، احتمال فشرده شدن لایه‌های خاک در اثر حرکت ماشین‌آلات مربوط به برداشت محصولات بیش‌تر است و کاشت گیاهانی که محصول آن‌ها در این فصل برداشت شوند اثر منفی بیش‌تری بر ساختمان خاک دارد. در نتیجه فشردگی، خاک متراکم‌تر شده، منافذ آن کاهش می‌یابند، ظرفیت نگهداری آب و گسترش ریشه، هم‌چنین فعالیت اورگانیسم‌های خاک محدود می‌شود و بنابراین بر رشد گیاه اثر دارد (Van Es et al., 2002). میزان نفوذپذیری چنین خاکی به رطوبت نیز کاهش می‌یابد و رواناب در سطح این خاک باعث تشدید فرسایش می‌شود. چنان که ذکر شد حجم و عمق ریشه گیاهان کاشته‌شده در مزرعه نیز می‌تواند بر ساختمان خاک تأثیر داشته باشد. هرچه عمق و حجم ریشه گیاه بیش‌تر باشد، به‌دلیل جذب کارامدتر نهاده‌ها، کارایی جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد. علاوه‌براین تولید ریشه بیش‌تر به مفهوم افزایش ماده آلی خاک پس از برداشت محصول می‌باشد. از این منظر گیاهان غده‌ای هم‌چون چغندرقند، هر چند ریشه قابل توجهی دارند ولی به دلیل برداشت و خروج آن از مزرعه، از جایگاه ضعیف‌تری نسبت به سایر گیاهان برخوردارند. غلات و یونجه به‌دلیل حجم و عمق ریشه اثر مثبت بیش‌تری نسبت به سایر محصولات زراعی بر ساختمان خاک دارند.

مجموعه عوامل ذکر شده منجر به ضعیف شدن سلامت بوم‌نظام‌ها در استان‌های شرقی کشور شده‌است و در نتیجه علاوه بر بهره‌وری نیتروژن و ساختمان خاک، تولید که یکی از مهم‌ترین کارکردهای بوم‌نظام است تحت تأثیر قرار گرفته است به نحوی‌که عملکرد کلیه گروه‌های زراعی در استان‌های مورد مطالعه بسیار کم است. کم بودن عملکرد به معنی پایین بودن بهره‌وری نهاده‌هایی مثل آب، عناصر غذایی، نیروی کار و سرمایه و هدر رفتن انرژی می‌باشد. محققان دیگر در زمینه پایداری نظام‌های تولید، عملکردهای پایین محصولات زراعی، یکی از دلایل مهم پایین بودن امتیاز پایداری نظام‌های زراعی محسوب شدند (Karami, 1995). بنابراین، بررسی نقاط قوت و ضعف در بوم‌نظام‌ها و اصلاح مدیریت آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس آمار موجود، میزان کودها و سموم شیمیایی مصرفی در بوم‌نظام‌های مذکور در حد نگران‌کننده‌ای نیست امّا توسعه بیش‌تر مراکز تولید حشرات مفید و استفاده از تناوب‌های درست می‌تواند در کاهش هرچه بیش‌تر نهاده‌های شیمیایی مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

با مطالعه بوم‌نظام‌های چهار استان شرقی کشور مشخص شد که بوم‌نظام‌های استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی و سیستان و بلوچستان از لحاظ سلامت کل در مرتبه ضعیف و استان خراسان جنوبی در مرتبه بسیار ضعیف قرار دارند. بارندگی کم، تراکم زراعی بالا، عدم دسترسی کافی به سیستم آبیاری تحت فشار، اختصاص مساحت کمی از اراضی زراعی به گیاهان علوفه‌ای، چندساله و تثبیت‌کننده نیتروژن، فشردگی خاک، کم بودن عملکرد در کلیه گروه‌های زراعی، پایین بودن بهره‌وری نیتروژن و عدم توجه به توسعه مراکز تولید حشرات مفید از جمله مهم‌ترین دلایل مشترک در تنزل سلامت

بوم‌نظام‌ها در استان‌های مذکور بود. اصلاح این نقاط ضعف از طریق افزایش دسترسی به منابعی مثل سیستم‌های آبیاری تحت فشار و ادوات کشاورزی همراه با ترویج و اطلاع‌رسانی به کشاورزان در ارتباط با مزایای آیش، کشت دیم و تعریف تناوب‌های صحیح، فراهم کردن امکانات و راهنمایی کشاورزان جهت مبارزه تلفیقی با آفات و بیماری-ها، منجر به بهبود کارکردهای بوم‌نظام از جمله عملکرد و بهره‌وری شده و در مجموع سلامت بوم‌نظام‌های مناطق مذکور بهبود خواهد یافت. بدیهی است در صورت تداوم روند مدیریت، ساختار و سازمان بوم‌نظام‌ها ناپایدار بوده و توان حفظ کارکردهای لازم در آینده را نخواهند داشت. از آن‌جا که اصلاح برخی ابعاد بوم‌نظام‌ها (مثل سلامت آب و خاک) به زمان و انرژی زیادی نیاز دارد، نظارت و مدیریت دقیق بوم‌نظام‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌های حیاتی کره خاکی، در جهت حفظ و ارتقاء سلامت آن‌ها ضروری می‌باشد.

منابع

Alkorta, I., Albizu, I., Amezaga, I., Onaindia, M., Buchner, V., and Garbisu, C. 2004. Climbing a ladder: A step-by-step approach to understanding the concept of agroecosystem health. Reviews on Environmental Health 19(2): 141-159.

Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems.Agriculture, Ecosystem and Environment 74: 19-31.

Anosike, N., Coughenour, C.M. 1990. The socioeconomic basis of farm enterprise diversification decisions. Rural Sociology 55: 1–24.

Barak, P., Jobe, B.O., Krueger, A., Peterson, L.A., Laird, D.A. 1998. Effects of long-term soil acidification due to agricultural inputs in Wisconsin. Plant and Soil 197: 61-69.

Bazrgar, A. 2011. Life Cycle Assessment (LCA) of sugar beet production in various production systems in Khorasan. A Thesis Submitted for the Degree of Ph.D. in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)

Burel F and Baudry J. 1995. Species biodiversity in changing agricultural landscapes: a case study in the Pays d'a´uge, France. Agriculture, Ecosystem and Environment 55: 193–200.

Caporali, F., and Campligia, E. 2001. Increasing sustainability in Mediterranean cropping systems with self-reseeding annual legumes. In: Gliessman, S.R., Ed. Agroecosystem sustainability: Developing practical strategies. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, p. 15-27.

Conway, G.R. 1987. The properties of agroecosystems. Agricultural Systems 24: 95–117.

Conway, G.R., and McCracken, J.A. 1990. Rapid rural appraisal and agroecosystem analysis.In Agroecology and Small Farm Development.Altieri, M.A., and Hecht, S.B., eds. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 221–235.

FAO. 2007. The State of Food and Agriculture: Paying farmersfor environmental services, FAO, Rome, Italy.

Farber, S., Costanza, R., Wilson, M., Erickson, J. and Childers, D. 2006.Linking ecology and economics for ecosystem management. BioScience 56: 117–129.

Fornara, D.A., and Tilman, D. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation, Journal of Ecology 96: 314–322.

Gallopin, G.C. 1994. Agroecosystem health: A guiding concept for agricultural research In Agroecosystem Health with Special Reference to the Consultative Group for International Research (CGIAR): Proceedings of an International Workshop. Nielsen, N.O., ed. Guelph, Ontario, Canada: Agroecosystem Health Project, Faculty of Environmental Sciences, University of Guelph, pp. 94–97.

Glover, J.D., and Reganold, J.P. 2010. Perennial grains: Food security for the future. Issues in Science and Technology 26(2): 41-47.

Heermann, D.F., Wallender, W.W. and Bos, M.G. 1990. Irrigation efficiency and uniformity. In: Hoffman, G.S., Howell, T.A., Soloman, K.H. (eds). Management of farm irrigation system. ASAE, St. Joseph, MI pp 125–149.

Karami, E. 1995. Agricultural extension: the question of sustainable development in Iran. Journal of Sustainable Agriculture 5: 61-72. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri, M., and Kamali, G.A. 2007. Climate indices of Iran under climate change. Journal of agricultural researches 5: 133-142. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nasiri, M., Jahanbin, G., and Zare Feyzabadi, A. 2004. Diversity of crops in Iran. Iranian Journal of Rang

and Desert Research 9: 49-67. (In Persian with English summary)

Lansing, S. 2006. Perfect order: recognizing complexity in Bali. Princeton University Press.

Lant, C., Kraft, S., Beaulieu, J., Bennett, D., Loftus, T. and Nicklow, J. 2005. Using GIS-based ecological-economic modeling to evaluate policies affecting agricultural watersheds. Ecological Economics 55: 467–484.

Li, B.,Xie, H., Wu, J., Hong, R., Chong, J., and Wang. C. 2007. Study on the agro ecosystem health assessment in Western China. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2007. IEEE International. pp 813 – 818.

Magdoff, F. and Van Es, H. 2009. Building soils for better crops.3nd ed. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE). University of Maryland and University of Vermont.

Mariolakos, I. 2007. Water resources management in the framework of sustainable development. Desalination 213: 147–151.

Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., and Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science, 277: 504–509.

Robertson, G.P. and Swinton, S.M. 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: A grand challenge for agriculture. Frontiers in Ecology and the Environment 3: 38–46.

Rodrigues, M., Santos, L., Tiago, P., Rodrigues, A.P., de Souza, C.R., Lopes, C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., and Chaves, M.M. 2008.Hydraulic and chemical signalling in the regulation of stomatal conductance and plant water use in field grapevines growing under deficit irrigation. Functional Plant Biology 35: 565–579.

Thrupp, L. A. 1998. Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security. World Resources Institute, Washington D.C.

Vadrevu, K.P., Cardina, J., Hitzhusen, F., Bayoh, I., Moore, R., Parker, J., Stinner, B., Stinner, D., and Hoy, C. 2008. Case study of an integrated framework for quantifying agroecosystemhealth.Ecosystems 11: 283-306.

Vafabakhsh, K., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. 2007. Agroecosystem health assessment in Mashhad. Journal of Iranian Field Crop Research 1(5): 177-185. (In Persian with English Summary)

Van Es, H.M., Czymmek, K.J. and Ketterings, Q.M. 2002. Management effects on N leaching and guidelines for an N leaching index in New York. Journal of Soil and Water Conservation 57(6): 499–504.

Xu, W. and Mage, J.A. 2001. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. Agriculture, Ecosystem and Environment 83: 215-233.

Zhu, W., Wang, S., and Caldwell, C.D. 2012. Pathways of assessing agroecosystem health and agroecosystem management. Acta Ecologica Sinica 32: 9-17.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 941-953

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 953-941

Assessment of Agroecosystem Health in Eastern Provinces of Iran

H. Mohammadi[1], A. Koocheki[2]*, M. Nassiri Mahallati[2] and M. Jahan[3]

Submitted: 03-06-2015
Accepted: 12-09-2015

Mohammadi, H., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Jahan, M. 2019. Assessment of Agroecosystem Health in Eastern Provinces of Iran. Journal of Agroecology. 11(3): 953-941.

Introduction

The conventional agricultural ecosystems (agroecosystems) are the complex systems which in order to produce the higher amount of food, fiber, feed and fuel have been significantly manipulated. Rapid growth of world population and demand for agricultural products resulted in higher pressure on agroecosystems. In recent decades achieving to maximum production was the main goal of conventional agriculture. In order to increase yield on production usually these agroecosystems need to external inputs such as chemical fertilizers and pesticides which have the negative effects on human health and also environment. Sustainable and healthy agroecosystems are based on profitable farms that use fewer external inputs, integrate animal and plant production where appropriate, maintain a higher biotic diversity, emphasize eco friendly technologies that are appropriate to the scale of production, and efficiently use the renewable forms of energy. For example diversifying the farm with several crops or using appropriate rotation helps to reduce the risk of biotic and abiotic stresses. The complex nature of agroecosystem implies that any evaluation of agroecosystem health must consider the dynamics of multiple components. The current paper presents an applied method to evaluate agroecosystem health using a number of main indicators.

Materials and Methods

In order to study the agroecosystem health in four eastern provinces of Iran (i.e. Sistan and Baluchestan, South khorasan, Razavi Khorasan and North Khorasan) during 2002-2011 the current survey was conducted. The required data and information obtained from statistical database and also questionnaires. For each year the total value of agroecosystem health calculated using 29 different indices. Different indices calculated based on their scientific definitions. For example property distribution index calculated by dividing the total area of agricultural lands on number of farmer in each city. Because of different nature of selected indicesand also wide range of them, in order to facilitate comparison all of the calculated indicesnormalized using the equation (1), in this equation Xnorm is the normalized value of each index, Xmax and Xmin are the highest and lowest value of X, respectively.

Equation (1): $$Xnorm=\frac{(X-X\min)}{(X\max-X\min)}$$

Results and Discussion

Based on results the highest value of structural health was calculated for Sistan and Baluchestan province and the lowest value was for Razavi KhorasanIt seems that in Sistan and Baluchestan the higher values for some of the indicessuch as area under cultivation of forage and perennial crops, appropriate use of agricultural machinery and also plant diversity improved the structural health. The similar results also observed for organizational health. Lower use of pesticides and chemical fertilizers are the main reason for better conditions of organizational health in Sistan and Baluchestan province. The result for functional health was different and the best condition of functional health observed in Razavi Khorasan whereas the worst condition observed in South Khorasan. The higher value of functional health of agroecosystem in Razavi Khorasan province mainly is

1- Former PhD. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Associated Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.47264

because of good conditions of soil structure and higher yield of different crops such as forage, vegetables, industrial crops and cereals. Considering the total agroecosystem health the highest value observed in Razavi Khorasan followed by Sistan and Baluchestan, North Khorasan and South Khorasan. Based on our classification total agroecosystem health in South Khorasan province was very poor and in other provinces was poor. The main reasons for the low value of agroecosystem health in all of the studied provinces are: soil compaction, low rainfall, using traditional methods of irrigation, insufficient cultivation of forage and perennial crops and also nitrogen fixing legumes. The fertilizer use efficiency in all of the provinces is low and these conditions could be harmful either for human and environment health.

Conclusion

Based on results the total agroecosystem health in South Khorasan province was very poor whereas in other three provinces total agroecosystem health was poor. The main reasons for bad condition of agroecosystem health in these provinces are: soil compaction because of unsuitable use of agricultural machinery, the low amount of precipitations, nitrogen use efficiency and area under cultivation of perennial, forage and nitrogen fixing crops. It seems that solving these problem using different methods such as increasing agrochemical use efficiency, applying good rotation and increasing water use efficiency could improve the total agroecosystem health in the eastern provinces of Iran.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support of the project by Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Keywords: Agroecology, Functional health, Stability, Structure, Sustainability

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 974-955

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 955-974

اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*) بر قابلیت رقابت با برنج (1. مطالعات طی فصل رشد: رشد و نمو)

المیرا محمدوند[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و بیژن یعقوبی[3]

تاریخ دریافت: 1396/02/09
تاریخ پذیرش: 1396/04/10

محمدوند، ا.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و یعقوبی، ب. 1398. اثر زمان رویش در خزانه و تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*) بر قابلیت رقابت با برنج (1. مطالعات طی فصل رشد: رشد و نمو). بوم‌شناسی کشاورزی، 11(3): 974-955.

چکیده

بررسی اثرات رقابتی علف‌هرز سوروف‌آبی به‌عنوان یک گونه رقیب جدید در شالیزارهای استان گیلان حائز اهمیت بسیاری است. نتیجه رقابت علف‌هرز-گیاه‌زراعی تحت تأثیر تراکم و نسبت گونه‌ای قرار می‌گیرد؛ اگرچه زمان نسبی رویش دانه‌رست علف‌های‌هرز می‌تواند تأثیر زیادی بر آن داشته باشد. طی دو سال مطالعه مزرعه‌ای، اثر سن گیاهچه سوروف‌آبی هنگام نشاءکاری (10، 20 و 30 روز) و نسبت تراکم سوروف‌آبی (*Echinochloa oryzoides*): برنج در هرکپه (4:0، 3:1، 2:2، 1:3 و 0:4 علف‌هرز: برنج) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات رشد برنج و علف‌هرز در شرایط رقابت تمام‌فصل با شش و پنج مرحله نمونه‌برداری تخریبی به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. در گیاه زراعی برنج، افزایش تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت سبب افزایش تعداد پنجه، شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و کل ماده خشک تولیدی شد؛ امّا این نسبت بر ارتفاع نهایی بوته‌ها تأثیری نداشت. در علف‌هرز نیز تعداد پنجه و کل ماده خشک تولیدی تحت تأثیر نسبت کاشت قرار گرفته و با افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت، افزایش یافت؛ اگرچه نسبت‌کاشت تأثیر چندانی بر ارتفاع نهایی گیاهان، حداکثر شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ علف‌هرز نداشت و با پیشرفت فصل رشد تفاوت تیمارها از بین رفت. در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج تعداد پنجه‌ها در اکثر مراحل نمونه‌برداری در دو گونه مشابه بود؛ امّا در سایر مخلوط‌ها، در علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود. حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر وزن خشک برگ و کل ماده خشک تولیدی در کلیه نسبت‌های کاشت در علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود. سن نشاء سوروف‌آبی تنها در سال اول آزمایش بر تعداد پنجه، شاخص سطح برگ، و وزن خشک برگ دو گونه، و هم‌چنین بر کل ماده خشک تولیدی علف‌هرز تأثیر گذاشت؛ امّا در سال دوم چنین نشد. سن نشاء علف‌هرز اثری بر ارتفاع نهایی گیاهان نداشت. به‌طور کلی براساس یافته‌های این آزمایش می‌توان اظهار داشت که سوروف رقیب قوی‌تری نسبت به برنج است؛ چنان‌که اثر حضور گونه‌ی رقیب بر برنج بیش‌تر از سوروف‌آبی بود. این مسئله توانایی بیش‌تر علف‌هرز در جبران کاهش اولیه گیاهچه از طریق پنجه‌دهی و رشد بیش‌تر به‌واسطه قابلیت رقابت بیش‌تر را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تراکم نسبی، سن گیاهچه، کشت غرقابی، نشاءکاری

مقدمه

در نگرش نوین مدیریت علف‌های‌هرز به جای سعی در حذف آن‌ها تأکید بر مدیریت جمعیت‌های علف‌های‌هرز است (Mortimer, 1997). دست‌یابی به این مهم نیازمند درک روابط موجود در این جمعیت‌ها، به‌ویژه تداخل علف‌های‌هرز و گیاهان‌زراعی است. عوامل

1- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و دانشجوی سابق دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- استادیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v11i3.64035

بسیاری در تداخل علف‌های‌هرز و گیاهان زراعی نقش دارند که از آن میان تراکم هر یک از گونه‌ها و نسبت‌گونه‌ای اهمیت زیادی دارند. نسبت گونه‌ای، تراکم‌نسبی هر گونه در مخلوط جمعیت گیاهی می‌باشد. عملکرد هر گونه با حضور سایر گونه‌ها یا تراکم نسبی آن‌ها تأثیر می‌پذیرد (Radosevich, 1987). با افزایش تراکم علف‌های هرز، عملکرد گیاه زراعی کاهش می‌یابد؛ اگرچه میزان این کاهش بستگی به تراکم گیاه زراعی دارد. افزایش تراکم گیاه‌زراعی می‌تواند کاهش عملکرد در نتیجه رقابت علف‌هرز را کاهش دهد؛ امّا مقدار این تأثیر بسته به تراکم علف‌هرز و رقم گیاه زراعی متفاوت خواهد بود (Ni et al., 2004). در تراکم‌های بالای علف‌هرز، افزایش بیش‌تر تراکم ممکن است به‌اندازه تأثیر عوامل دیگر مانند زمان رویش و شرایط محیطی بر خسارت محصول اثر نداشته باشد (Ni et al., 2004). زمان نسبی و الگوهای رویش دانه‌رست علف‌های هرز می‌تواند تأثیر زیادی بر نتیجه رقابت علف‌هرز-گیاه‌زراعی و رشد و توسعه علف‌های‌هرز داشته باشد. کاهش عملکرد گیاه‌زراعی می‌تواند به تغییرات کوچک در زمان رویش علف‌هرز و گیاه زراعی حساس باشد (Knezevic et al., 1994). دانه‌رست علف‌های هرز که در زمان‌های متفاوتی پس از رویش گیاه زراعی سبز می‌شوند، ممکن است ازنظر رشد و قابلیت باروری متفاوت باشند (Chauhan & Johnson, 2010). علف‌های هرزی که به‌طور هم‌زمان با گیاه زراعی جوانه می‌زنند، بیش‌ترین تأثیر بالقوه را بر تولید محصول دارند (Steckel & Sprague, 2004) و عملکرد را بیش‌تر از علف‌های هرزی که بعداً سبز می‌شوند، کاهش می‌دهند (Cousens et al., 1987). دانه‌رست‌های علف‌هرزی که دیر سبز می‌شوند از قابلیت رقابت کم‌تری برخوردارند و زیست‌توده کم‌تر و بذر کم‌تری نسبت به دانه‌رست‌هایی که زود سبز می‌شوند، تولید می‌کنند (Knezevic et al., 1994).

رقابت علف‌های هرز و گیاهان زراعی تحت تأثیر ویژگی‌های رشد و توسعه‌ی هر یک از گونه‌ها قرار می‌گیرد. تولید کل ماده خشک و سطح‌برگ، فرآیندهای اصلی رشد رویشی هستند. ارتفاع گیاه، ماده خشک و سطح برگ نشان‌دهنده اندازه نسبی، باروری و ظرفیت فتوسنتزی گیاه هستند که توانایی رقابتی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Bond & Oliver, 2006; Horak and Loughlin, 2000). اثبات تفاوت رشد یا ساختار گونه‌های رقیب و چگونگی تغییر طی فصل رشد، می‌تواند به تعیین قابلیت سمج‌بودن یک علف‌هرز در اکوسیستم‌های کشاورزی کمک کند (Bond & Oliver, 2006).

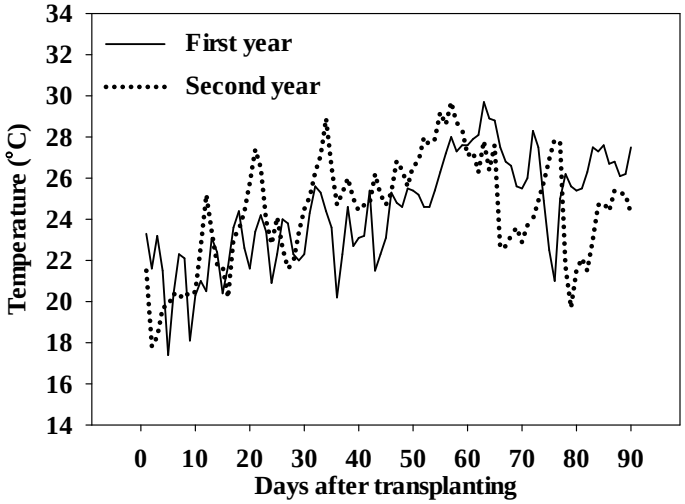
علف هرز سوروف آبی به‌عنوان یک گونه رقیب جدید در شالیزارهای استان گیلان مطرح است و لزوم بررسی اثر رقابتی آن بر برنج مشهود است. در مطالعات قبلی، اثر عمق قرارگیری بذر و ارتفاع غرقاب بر سبزشدن و رشد گیاهچه (Mohammadvand et al., 2013)، اثر دما و دوره نوری بر پاسخ جوانه‌زنی (Mohammadvand et al., 2015a)، و فنولوژی، مورفولوژی و عملکرد (Mohammadvand et al., 2014) سوروف آبی و نیز رقابت گونه مذکور با برنج به‌همراه مقایسه با گونه شایع سوروف (Mohammadvand et al., 2015b, 2015c) مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیق حاضر در تراکم‌های مختلف علف‌هرز- گیاه زراعی، اثر زمان‌های مختلف سبزشدن گیاهچه علف‌هرز نسبت به برنج را بر خصوصیات برنج و سوروف‌آبی طی فصل رشد مورد مطالعه قرار می‌دهد. نتایج ارزیابی‌های زمان برداشت گیاه زراعی در بخش دوم مقاله ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعات مزرعه‌ای طی دو سال در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت با طول جغرافیایی '36/°41 شرقی و عرض جغرافیایی '16/°37 شمالی به‌اجرا درآمد. بافت خاک مطابق آنالیز انجام‌شده، رس‌سیلتی (57 درصد رس، 39 درصد سیلت و 4 درصد شن) با pH 7/2 بود. متوسط بارندگی سالیانه منطقه 1015 میلی‌متر و ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا 36/7 متر بود. حداکثر، میانگین و حداقل دمای روزانه طی 90 روز دوره رشد برنج در مزرعه به‌ترتیب 29/7، 24/4و 17/4 درجه سانتی‌گراد در سال اول و 29/7، 24/5و 17/8 درجه سانتی‌گراد در سال دوم آزمایش بود. روند تغییرات میانگین درجه‌حرارت روزانه طی فصل رشد (شکل1) حاکی از افزایش زودهنگام درجه حرارت در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش بود.

در انجام آزمایشات سال اول بذرهای سوروف‌آبی که در سال زراعی قبل از انجام آزمایش از مزارع تحقیقاتی محل اجرای آزمایش جمع‌آوری و همراه با پانیکول تا زمان اجرای آزمایشات نگه‌داری شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. در همین سال بوته‌هایی جهت تولید بذر کشت شده و بذرها جمع‌آوری و جداسازی شده و در یخچال در دمای 4±1 درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایشات سال دوم نگهداری شد. جوانه‌دار کردن بذرهای برنج و سوروف‌آبی (طول ریشه‌چه سه تا

پنج میلی‌متر) از طریق 24 ساعت خیساندن بذرها در آب و سپس چند روز قراردادن در شرایط جوانه‌زنی صورت گرفت. بذرپاشی بذرهای جوانه‌دارشده برنج در خزانه در اوایل اردیبهشت و بذرپاشی (خزانه‌گیری) بذرهای جوانه‌دارشده سوروف‌آبی در سه زمان متفاوت شامل هم‌زمان با بذرپاشی برنج در خزانه، 10 و 20 روز بعد از آن در خزانه‌های جداگانه انجام شد.



شکل1- تغییرات میانگین دمای روزانه طی روزهای پس از نشاکاری در دو سال آزمایش
Fig. 1- Mean day temperature variations during days after transplanting in two years of experiment

آماده‌کردن زمین اصلی با اعمال شخم اول حدود دو ماه قبل از اجرای آزمایش، شخم دوم عمود بر شخم اول در اواخر اردیبهشت، و ماله‌کشی و تسطیح سطح مزرعه انجام شد. یک ماه پس از خزانه‌گیری برنج، گیاهچه‌های برنج و گیاهچه‌های سوروف‌آبی با سن 30، 20 و 10 روز به زمین اصلی منتقل شد. نشاءکاری با دست در محل تلاقی خطوط عمود بر هم به فواصل 25×20 سانتی‌متر طبق روش رایج در منطقه به تعداد چهار گیاهچه در هرکپه با تراکم 20 کپه در مترمربع صورت گرفت. در سال اول مساحت کرت‌ها 14 مترمربع و ابعاد آن‌ها 5 متر (شامل 20 کپه) x 2/8 متر (شامل 14 کپه) بود. در سال دوم مساحت کرت‌ها 7/7 مترمربع و ابعاد آن‌ها 5/5 متر (شامل 22 کپه) x 1/4 متر (شامل 7 کپه) بود. تمایز کرت‌ها از طریق عدم کاشت نشاء بر روی ردیف میانی ایجاد شد. هم‌چنین برای حذف اثر حاشیه‌ای دو ردیف از کناره‌های هر کرت در سال اول و یک ردیف در سال دوم به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و در اندازه‌گیری‌ها مورد استفاده قرار نگرفت.

تیمارهای آزمایشی عبارت از آرایش فاکتوریل سن گیاهچه سوروف‌آبی هنگام نشاءکاری (10، 20 و 30 روز) و نسبت تراکم سوروف‌آبی: برنج در هرکپه (4:0، 3:1، 2:2، 1:3 و 0:4 علف‌هرز:برنج) بود؛ که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تراکم‌های مختلف برنج و سوروف‌آبی از جایگزین کردن گیاهچه‌ها در هر کپه حاصل شد. جهت اطمینان از حصول تراکم موردنظر، یک هفته بعد از کاشت، کلیه کرت‌ها از نظر تعداد گیاهچه برنج و سوروف‌آبی در هر کپه بررسی و درصورت نیاز اصلاح شدند.

آبیاری غرقابی مطابق روش رایج در منطقه، کوددهی مطابق توصیه کودی شامل 140 کیلوگرم در هکتار اوره (46 درصد نیتروژن) طی دو مرحله تقسیط ($^1/_2$ زمان نشاءکاری و $^1/_2$ زمان پنجه‌دهی)، 100 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل (46 درصدفسفر) در پایان مرحله آماده‌سازی زمین و 120 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم طی دو مرحله تقسیط ($^1/_2$ زمان نشاءکاری و $^1/_2$ زمان پنجه‌دهی)، وجین دستی علف‌های هرز مطابق روش رایج در منطقه در دو نوبت شامل وجین اول دو هفته بعد از نشاءکاری و وجین دوم چهارهفته پس از نشاءکاری همراه با کوددهی سرک (اوره و سولفات پتاسیم)، مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج با استفاده از گرانول‌پاشی سم دیازینون10 درصد به مقدار 15 کیلوگرم در هکتار در زمان اوج پرواز پروانه این آفت و

مبارزه با بلاست برگ برنج پس از مشاهده علائم بیماری در سال اول با دو بار سمپاشی قارچ‌کش تری‌سیکلازول شش درصد به فاصله 20 روز صورت گرفت.

اولین نمونه‌برداری تخریبی 15 روز بعد از نشاءکاری در سطح چهار کپه (0/2 مترمربع) انجام شده و سپس به فواصل 12 روز در سال اول (درمجموع شش مرحله نمونه‌برداری) و 14 روز در سال دوم (درمجموع پنج مرحله نمونه‌برداری) تکرار شد. مناطق تخریب‌شده در نمونه‌برداری‌های بعدی مورد استفاده قرار نگرفت و یک ردیف از بوته‌ها به‌عنوان حاشیه در هر مرحله نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. ارزیابی‌ها شامل شمارش پنجه‌های متعلق به هر گونه (برنج و سوروف‌آبی) در هر کپه، اندازه‌گیری حداکثر ارتفاع پنجه‌ها در هر کپه (ارتفاع تا نوک بلندترین برگ یا گل‌آذین)، تعیین سطح برگ کلیه پنجه‌های هر کپه (دستگاه سطح‌برگ‌سنج Li-Cor (LI -2500)، و توزین وزن خشک برگ و ساقه پس از جداسازی به‌تفکیک گونه (برنج و سوروف‌آبی) و خشک کردن در آون در دمای 75 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت بود. هم‌چنین در زمان رسیدگی گیاه زراعی، کلیه بوته‌های یک مترمربع از هر کرت کف‌بُر شده و تعداد کل پانیکول، تعداد کل پنجه و تعداد پنجه بارور و نیز میانگین حداکثر ارتفاع هر کپه به‌طور جداگانه برای برنج و سوروف‌آبی اندازه‌گیری شد.

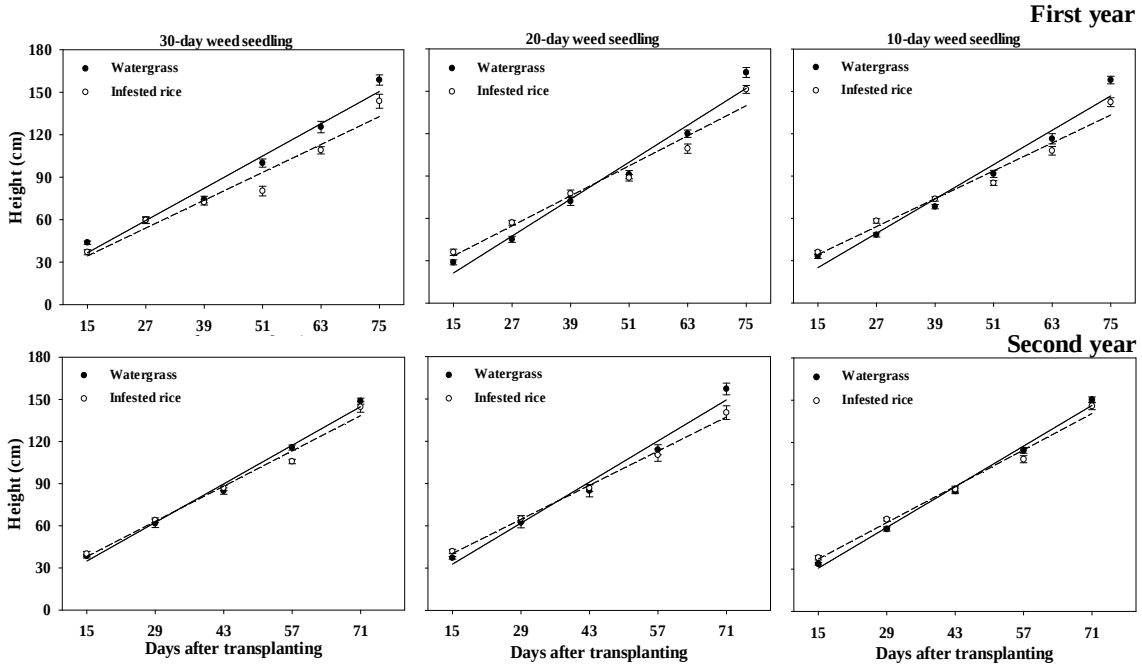
آنالیز داده‌ها با استفاده از تجزیه مرکب و به‌صورت فاکتوریل اسپلیت صورت گرفت که در آن آرایش فاکتوریل سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری و نسبت علف‌هرز: برنج در ترکیب به‌عنوان عامل اصلی و گونه (برنج یا سوروف‌آبی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثرمتقابل سال با سایر عوامل، تجزیه واریانس به‌صورت جداگانه برای هر سال انجام شد. هم‌چنین تجزیه واریانس جداگانه‌ای نیز برای هر گونه (برنج و سوروف‌آبی) انجام شد. درصورت نرمال‌بودن داده‌ها از داده‌های اصلی و درغیر این صورت از داده‌های تبدیل‌شده استفاده شد. مرتب‌سازی داده‌ها در نرم‌افزار Excel، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی در نرم‌افزار SAS, ver. 9.1، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودار تغییرات ارتفاع، تعداد پنجه، سطح برگ، وزن خشک برگ و مجموع وزن خشک با استفاده از نرم‌افزار Sigma Plot, ver. 11 انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع

در اوایل فصل رشد ارتفاع برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود، ولی در حدود 40 روز پس از نشاءکاری ارتفاع دو گونه برابر شده و پس از آن تا آخر فصل رشد سوروف‌آبی ارتفاع بیش‌تری داشت (شکل 2). نسبت کاشت گیاه زراعی و علف‌هرز در ارتفاع گیاهان تأثیری نداشت. گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) نیز گزارش کرده‌اند که تفاوت ارتفاع بین برنج و سوروف مستقل از نسبت‌های مخلوط بوده و به رقم برنج بستگی داشت؛ چنان‌که ارتفاع سوروف هم در تک‌کشتی و هم در مخلوط بیش‌تر از کلیه ارقام برنج (سه رقم برنج نیمه‌پاکوتاه) بود.

در سال اول آزمایش، در اولین نمونه‌برداری، 15 روز پس از نشاءکاری، ارتفاع بوته‌های علف‌هرزی که 30 روز در خزانه رشد کرده و سپس به زمین اصلی منتقل شده بودند (از این پس "گیاهچه‌های 30 روزه")، بیش از آن‌هایی بود که 20 روز پس از رشد در خزانه در زمین اصلی نشاء شده بودند (گیاهچه‌های 20 روزه) و ارتفاع گروه اخیر نیز به‌طور معنی‌داری از گیاهچه‌هایی که تنها 10 روز پس از بذرپاشی در خزانه به زمین اصلی منتقل شده بودند (گیاهچه‌های 10 روزه)، بیش‌تر بود (شکل2). در این مرحله ارتفاع بوته‌های برنج مشابه علف‌های‌هرز با سن نشاء 20 روز بوده و از گیاهچه‌های 30 روزه کم‌تر و بیش‌تر از گیاهچه‌های 10 روزه بود. 27 روز پس از نشاءکاری، بوته‌هایی که هم‌زمان با برنج خزانه‌گیری شده بودند، دارای ارتفاع بیش‌تری از دو گروه دیگر و هم ارتفاع برنج بودند. در سال دوم آزمایش ارتفاع بوته‌های برنج در اولین نمونه‌برداری مشابه علف‌های‌هرز با سن نشاء 30 روز و بیش‌تر از دو گروه دیگر بود. بررسی ارتفاع بوته‌های سوروف‌آبی نشان داد که سن نشاء اثر معنی‌داری بر ارتفاع اولیه بوته‌ها دارد و بوته‌های دارای سن نشاء 20 و 30 روز به‌طور معنی‌داری ارتفاع بیش‌تری از گیاهچه‌های 10 روزه در 15 روز پس از نشاءکاری داشتند. در دومین نمونه‌برداری ارتفاع بوته‌های برنج بر علف‌هرز برتری نشان داد. 39-43 روز پس از نشاءکاری، ارتفاع دو گونه برابر شده و 51-57 روز پس از نشاءکاری (مرحله چهارم نمونه‌برداری) تا آخر فصل رشد در کلیه سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری، ارتفاع سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود.



شکل2- تغییرات ارتفاع برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچهٔ علف‌هرز در مراحل نمونه‌برداری طی دو سال آزمایش اعداد میانگین ارتفاع برنج و سوروف در نسبت‌های مختلف کاشت هستند.

Fig. 2- Rice and watergrass (*E. oryzoides*)) height variations in different weed seedlings ages during sampling times in two years of experiment Data points are means of rice and weed height in different planting proportions.

چاوهان و جانسون (Chauhan & Johnson, 2010) گزارش کردند که ارتفاع تحت تأثیر زمان سبزشدن علف‌هرز درمزرعه قرار گرفت و با تأخیر رویش، کاهش پیدا کرد؛ چنان‌که 15 روز تأخیر در رویش سوروف، اثری بر ارتفاع علف‌هرز نگذاشت و 30 روز تأخیر، ارتفاع را تنها حدود هشت درصد کاهش داد؛ امّا میانگین ارتفاع سوروف وقتی دانه‌رست‌ها 45 و 60 روز پس از سبزشدن برنج، سبز شدند، به‌ترتیب 37 و 74 درصد کم‌تر از بوته‌هایی بود که هم‌زمان با برنج رشد کرده بودند. ارتفاع گیاهان به عواملی نظیر سایه‌دهی و نیتروژن نیز واکنش نشان می‌دهد. گیبسون و همکاران (Gibson et al., 2004) اظهار داشتند که ارتفاع در هر دو گونه برنج وسوروف‌آبی دیررس، در پاسخ به سایه افزایش پیدا کرد. افزایش نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته‌های برنج و سوروف‌آبی دیررس رشدیافته در 18 درصد نور کامل خورشید نشد، درحالی‌که ارتفاع گیاهانی که در سطوح نور بیش‌تری (50 و 100 درصد نور خورشید) رشد کرده بودند، تحت‌تأثیر نیتروژن قرار گرفت.

در هنگام برداشت طی دو سال آزمایش مشاهده شد که نسبت‌کاشت و سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری، اثری بر ارتفاع نهایی بوته ندارد و در این زمان ارتفاع سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود. میانگین ارتفاع سوروف‌آبی و برنج طی دو سال آزمایش به‌ترتیب 154/90 و 142/42 سانتی‌متر بود (شکل 2). محققان دریافتند که ارتفاع می‌تواند با قابلیت رقابت در برنج ارتباط داشته باشد (Jennings & Aquino, 1986; Jennings & De Jesus, 1986; Jennings & Herrera, 1986). گیبسون و همکاران (Gibson et al., 1999) گزارش کردند که هر دو گونه برنج و سوروف‌آبی دیررس با افزایش ارتفاع گیاه، به رقابت شاخساره واکنش نشان دادند. اگرچه فیشر و همکاران (Fischer et al., 1997, 2001) توانایی رقابتی برنج را با پنجه‌زنی و سطح‌برگ و نه با ارتفاع آن مرتبط دانستند. یاماسو و همکاران (Yamasue et al., 1997) گزارش کردند که سوروف‌آبی دیررس قادر بود، بدون توجه به ارتفاع گیاه زراعی، ارتفاع خود را طوری تنظیم کند که برگ‌های آن در بالای کانوپی گیاه زراعی قرار

گیرند.

تعداد پنجه

توانایی تولید پنجه در برنج و علف‌هرز متفاوت بود و تحت تأثیر تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفت؛ چنان‌که به‌طور کلی با افزایش سهم هر گونه در نسبت کاشت، تعداد پنجه آن افزایش یافت (جدول1 و 2). در گیاه زراعی برنج در مرحله اول نمونه‌برداری تعداد پنجه در مترمربع در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز:برنج تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (تک‌کشتی برنج) نداشت؛ امّا با پیشرفت فصل رشد تعداد پنجه در تیمار شاهد برنج به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای آلوده به علف‌هرز بود. آلودگی به علف‌هرز سبب کاهش 44 تا 81 درصد در میزان تولید نهایی پنجه در برنج شد. این مسئله خسارت بارز علف‌هرز در تولید پنجه گیاه‌زراعی را نشان می‌دهد. تیمار 3 گیاهچه برنج که تنها دارای یک گیاهچه علف‌هرز در نسبت کاشت بود، در اکثر مراحل نمونه‌برداری (به‌جز 57 روز پس از نشاءکاری در سال دوم) نسبت به تیمارهای آلوده به 2 و 3 گیاهچه سوروف‌آبی، تولید پنجه بالاتری داشت و تیمارهای اخیر نیز هر چند در سال اول در میانه فصل رشد تولید پنجه مشابهی داشتند، امّا در ابتدا و انتهای فصل رشد سال اول و کلیه مراحل سال دوم آزمایش، تحت تأثیر میزان آلودگی به علف‌هرز قرار گرفتند و آلودگی به سه گیاهچه سوروف‌آبی، خسارت بیش‌تری را در مقایسه با دو گیاهچه علف‌هرز به‌همراه داشت. افزایش آلودگی علف‌هرز به یک، دو و سه بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت به‌ترتیب در سال اول سبب 44، 58 و 72 درصد کاهش، در سال دوم سبب 45، 71 و 81 درصد کاهش و در میانگین دو سال سبب 45، 65 و 77 درصد کاهش تولید پنجه بارور (خوشه) در برنج نسبت به شاهد در هنگام برداشت شد (جدول1). میزان کاهش ایجاد شده در نتیجه رقابت، در سال دوم بیش‌تر بود. در نتیجه بهبود تجهیزات آبیاری، فراهمی آب در سال دوم بهتر از سال اول بود و به‌نظر می‌رسد که سوروف‌آبی از وجود شرایط بهتر، استفاده بیش‌تری کرده و در رقابت موفق‌تر عمل نموده است. فراهمی بیش‌تر آب، امکان رشد بیش‌تر و بهره‌برداری بهتر از سایر منابع مانند کودها و بالاخص نیتروژن را فراهم می‌کند. واکنش عملکرد برنج به افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آلودگی‌کم به علف‌هرز زمانی است که نیتروژن به‌اندازه کافی برای هر دو گونه تأمین شده باشد.کول و مانوئل (Cole & Manuel, 1988) دریافتند که در حضور علف‌های‌هرز تفاوتی در عملکرد برنج بین سطوح مختلف نیتروژن به‌وجود نمی‌آید. علف‌های‌هرز در طول مرحله تولید پنجه، برای جذب نیتروژن با برنج رقابت می‌کنند (Inamura et al., 2003). گونه‌های سوروف‌آبی واکنش زیادی به نیتروژن نشان می‌دهند و مقادیر بالاتر نیتروژن تداخل گونه‌های سوروف‌آبی با عملکرد برنج را افزایش می‌دهد (Gibson et al., 2003). رقابت زودهنگام برای نیتروژن می‌تواند نقش رقابت برای نور در مراحل بعدی فصل‌رشد را تعیین کند و علف‌هرز با تولید ارتفاع و سطح‌برگ بیش‌تر برتری رقابی بیش‌تری بر برنج پیدا کند (Gibson et al., 1999).

در سوروف‌آبی نیز تعداد پنجه تحت تأثیر نسبت کاشت قرار گرفته و افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت، توانایی تولید پنجه را افزایش داد (جدول 1). در زمان برداشت و در دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری در تعداد پنجه بارور سوروف‌آبی بین چهار نسبت مختلف کاشت مشاهده شد. در میانگین دو سال مشاهده شد که کاهش تعداد علف‌هرز به سه، دو و یک بوته در نسبت کاشت، تولید نهایی پنجه بارور در علف‌هرز را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب 13، 26 و 44 درصد کاهش داد. مقایسه این ارقام با ارقام متناظر در برنج، نشان می‌دهد که سوروف رقیب قوی‌تری نسبت به برنج است.

با مقایسه دوگونه برنج و علف‌هرز مشاهده شد که در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج در 15 روز پس از نشاءکاری تعداد پنجه برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود (جدول1). علت این امر را می‌توان مرتبط با تعداد گیاهچه بیش‌تر برنج در نسبت کاشت دانست؛ اگرچه با پیشرفت فصل رشد این تفاوت از بین رفته و تنها یک بوته سوروف‌آبی توانست تعداد پنجه‌ای مشابه با سه بوته برنج تولید کند (119 و 128 پنجه بارور در مترمربع در سال اول آزمایش و 157 و 176 پنجه بارور در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت). با افزایش آلودگی علف‌هرز به 2 گیاهچه در نسبت کاشت، در سال اول آزمایش در اولین نمونه‌برداری تعداد پنجه دو گونه مشابه بود؛ امّا پس از آن سوروف‌آبی بر برنج برتری یافت. در سال دوم در کلیه مراحل و هنگام برداشت، تولید پنجه در سوروف‌آبی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از برنج بود (90 و 171 پنجه بارور در مترمربع در سال اول آزمایش و 84 و 229 پنجه بارور در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج و سوروف‌آبی در هنگام برداشت). نشاءکاری سه گیاهچه سوروف‌آبی به‌همراه یک

گیاهچه برنج همواره برتری علف‌هرز در تولید پنجه را به‌همراه داشت (60 و 195 پنجه بارور در مترمربع در سال اول آزمایش و 54 و 277 پنجه بارور در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت). مقایسه تک‌کشتی دو گونه نشان داد که در ابتدای فصل رشد علف‌هرز پنجه بیش‌تری تولید می‌کند امّا از میانه فصل رشد به بعد با از بین رفتن پنجه‌ها و کاهش بیش‌تر در تعداد پنجه از حدود 70 روز پس از نشاءکاری تعداد پنجه در دو گونه تفاوت معنی‌داری نداشت. می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به مقدار محدود فراهمی منابع، در نهایت امکان رشد، گل‌دهی و تولید دانه در تعداد معین و یکسانی پنجه برای هر دو گونه فراهم شده است.

در آزمایشی که توسط گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) با استفاده از طرح سری‌های جانشینی انجام شد، میزان تولید پنجه برنج و سوروف با تغییر نسبت مخلوط در هر سال تغییر نمود و تعداد پنجه در تک‌کشتی برنج و سوروف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. نودا و همکاران (Noda et al., 1968) گزارش کردند که تعداد پنجه‌های برنج در نتیجه رقابت سوروف به‌میزان قابل‌توجهی کاهش یافت. اگرچه پنجه‌دهی تا حدود میانه فصل رشد به‌طور تعیین‌کننده‌ای تحت تأثیر قرار نگرفته بود، امّا پس از آن به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار گرفت و تعداد پنجه‌های بارور درحدود 50 درصد در زمان برداشت کاهش یافت.

در سال اول آزمایش، سن نشاء نیز بر تعداد پنجه تأثیر گذاشت (جدول 2). بعد از سومین نمونه‌برداری تعداد پنجه در گیاه‌زراعی برنج در تیمارهای سن بیش‌تر گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری، کم‌تر بود. در هنگام برداشت تیمارهایی که با گیاهچه‌های 30 روزه در رقابت بودند، 111 پنجه در مترمربع تولید کردند که این رقم به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای گیاهچه‌های 10 و 2 روزه (به‌ترتیب 127 و 125 پنجه بارور درمترمربع) بود. در سوروف‌آبی نیز با طولانی‌شدن زمان خزانه‌گیری علف‌هرز، تعداد پنجه در هر مرحله افزایش یافت. در زمان برداشت تعداد پنجه گیاهچه‌های سوروف‌آبی 30 روزه (199 پنجه بارور در مترمربع) به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های 20 و 10 روزه (به‌ترتیب 168 و 169 پنجه بارور در مترمربع) بود. به نظر می‌رسد جوانه‌زنی سریع‌تر و بزرگ‌تر بودن گیاهچه علف‌هرز، توانایی رقابت آن را افزایش داده است. هرچند در سال دوم این تفاوت مشاهده نشد. با توجه به افزایش زودهنگام درجه‌حرارت در سال دوم (شکل 1) و مسیر فتوسنتزی چهارکربنه درسوروف‌آبی، به نظر می‌رسد گیاهچه‌های 10 و 20 روزه با رشد اولیه سریع‌تر توانسته‌اند، رویش دیرتر خود را جبران کنند.

لو (Luh, 1991) نشان داد که ایجاد تأخیر در رویش علف‌هرز و نیز افزایش تراکم برنج سبب افزایش توانایی نسبی برنج برای رقابت با علف‌های‌هرز می‌شود. گیاهچه‌هایی که دیر سبز می‌شوند، نسبت به آن‌ها که زودتر سبز می‌شوند، بیش‌تر تحت تأثیر سایه‌دهی قرار می‌گیرند. علاوه‌برآن بسته‌شدن زودهنگام کانوپی گیاه‌زراعی با استفاده از مقادیر بیش‌تر بذر، آرایش مکانی، تغذیه گیاه‌زراعی، و ارقام زراعی دارای قابلیت رقابت بالاتر می‌تواند سبب فرونشانی رشد علف‌هرز و کاهش نیاز به دوره عاری از علف‌هرز جهت دست‌یابی به عملکرد مطلوب گردد (Chauhan & Johnson, 2010).

مقایسه تعداد پنجه در برنج و علف‌هرز نشان داد که تنها در اولین نمونه‌برداری تیمار گیاهچه‌های 10 روزه تعداد پنجه بین دو گونه مشابه بوده و در سایر موارد همواره علف‌هرز پنجه بیش‌تری تولید نموده است (جدول 2). در سال دوم تنها در مرحله اول نمونه‌برداری سن نشاء هنگام نشاءکاری بر تعداد پنجه در علف‌هرز اثر داشت. به‌نحوی که با افزایش سن نشاء تعداد پنجه بیش‌تر شد. علت این امر را می‌توان شروع زودتر مرحله پنجه‌دهی در نشاهای بزرگ‌تر دانست. امّا در مراحل بعدی تفاوتی دیده نشد.

شاخص سطح برگ

توسعه سطح برگ در سال دوم نسبت به سال اول سریع‌تر صورت گرفت (جدول 3). گرم‌شدن زودتر هوا در سال دوم و میانگین بالاتر درجه‌حرارت طی دوره رشد و توسعه برگ (شکل 1) را می‌توان علت این امر دانست. حداکثر توسعه سطح برگ در سال اول آزمایش بین 51 تا 63 روز پس از نشاءکاری مشاهده شد؛ درحالی‌که در سال دوم در حدود 43 تا 57 روز پس از نشاءکاری توسعه سطح برگ به بیش‌ترین مقدار خود رسید (جدول 3). در مرحله حداکثر تولید سطح برگ، میانگین سطح برگ در کلیه تیمارها در گیاه‌زراعی برنج 1/06 و 1/10 و در تیمار تک‌کشتی 2/04 و 2/38 به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. این مقادیر برای سوروف‌آبی با در نظر گرفتن همه‌تیمارها 2/48 طی هر دو سال و در تیمار تک‌کشتی 2/67 و 2/71 به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. هم‌چنین در کلیه مراحل نمونه‌برداری میزان تولید سطح برگ در علف‌هرز به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از برنج بود.

جدول ۱- تعداد پنجه در مترمربع در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل نمونه‌برداری و هنگام برداشت طی دو سال آزمایش[a]

Table 1- Tiller number (no. m^{-2}) in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment

نسبت علف‌هرز:برنج	Sampling times مراحل نمونه‌برداری																							
	First اول			Second دوم			Third سوم			Fourth چهارم			Fifth پنجم			Sixth ششم			Harvest برداشت		
weed:rice proportion	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif[b]	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
First year سال اول																					
1w:3R	88.33 a	49.44 c	**	166.67 a	165.00 c	ns	180.56 b	201.67 c	ns	171.11 b	223.33 c	*	171.11 b	200.00 c	ns	155.56 b	172.22 c	ns	118.67 b	127.78 d	ns
2w:2R	64.44 b	79.44 b	ns	107.22 b	216.11 b	**	123.33 c	277.22 b	**	124.44 c	273.33 b	**	113.33 c	247.78 bc	**	106.67 c	202.22 bc	**	90.00 c	170.67 c	**
3w:1R	30.56 c	119.44 a	**	81.11 b	235.56 b	**	90.56 c	276.67 b	**	93.33 c	266.67 bc	**	86.67 c	256.67 b	**	76.67 c	236.67 b	**	59.56 d	194.89 b	**
monoculture	90.00 a	133.89 a	**	211.67 a	293.33 a	**	265.00 a	357.78 a	**	280.00 a	343.33 a	*	246.67 a	310.00 a	*	247.04 a	259.56 a	ns	216.00 a	221.78 a	ns
Second year سال دوم																					
1w:3R	93.89 a	66.11 d	**	162.96 b	228.15 b	*	236.67 b	276.67 b	ns	162.22 b	247.78 c	**	158.89 b	174.44 c	ns				156.89 b	175.56 d	ns
2w:2R	51.11 b	96.11 c	**	121.48 c	265.93 b	**	137.78 c	394.44 a	**	130.00 b	334.44 b	**	100.00 c	260.00 b	**				84.44 c	228.67 c	**
3w:1R	28.89 c	155.56 b	**	70.37 d	402.22 a	**	73.33 d	395.56 a	**	57.78 c	350.00 b	**	44.44 d	280.00 ab	**				54.44 d	277.33 b	**
monoculture	108.33 a	186.11 a	**	317.78 a	385.93 a	*	400.00 a	465.56 a	*	336.67 a	400.00 a	*	283.33 a	326.67 a	ns				286.00 a	320.22 a	ns

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول۲- تعداد پنجه در مترمربع برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری و هنگام برداشت طی سال اول آزمایش[a]

Table 2– Tiller number (no. m^{-2}) of watergrass (*E. oryzoides*) and rice in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز (روز)	Sampling times مراحل نمونه‌برداری																				
	First اول			Second دوم			Third سوم			Fourth چهارم			Fifth پنجم			Sixth ششم			Harvest برداشت		
Weed seedling ages (day)	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
10	73.33 a	70.42 b	ns	139.58 a	178.75 c	*	178.33 a	243.33 b	**	187.50 a	250.83 b	**	182.00 a	229.17 a	*	166.76 a	200.17 b	*	127.17 a	169.33 b	**
20	65.00 a	94.17 b	**	156.67 a	226.25 b	**	175.83 a	277.92 ab	**	174.17 a	268.33 b	**	156.67 ab	253.33 a	**	148.43 ab	224.17 ab	**	125.33 a	167.83 b	**
30	66.67 a	122.08 a	**	128.75 a	277.50 a	**	140.42 b	313.75 a	**	140.00 b	310.83 a	**	124.17 b	278.33 a	**	124.26 b	261.67 a	**	110.67 b	199.17 a	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول۳- شاخص سطح برگ در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی دو سال آزمایش[a]

Table 3- Leaf area index in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment

نسبت علف‌هرز:برنج weed:rice proportion	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																	
	اول First			دوم Second			سوم Third			چهارم Fourth			پنجم Fifth			ششم Sixth		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
سال اول First year																		
1w:3R	0.06 a	0.06 a	ns	0.46 a	0.49 b	ns	0.73 b	1.25 a	*	0.91 b	1.95 a	**	1.00 b	2.17 a	**	0.51 b	1.36 a	**
2w:2R	0.05 a	0.08 a	ns	0.25 b	0.67 ab	**	0.51 bc	1.50 a	**	0.58 bc	2.11 a	**	0.71 c	2.56 a	**	0.39 b	1.49 a	**
3w:1R	0.03 b	0.10 a	**	0.23 b	0.71 a	**	0.37 c	1.56 a	**	0.57 c	2.40 a	**	0.63 c	2.52 a	**	0.41 b	1.57 a	**
monoculture	0.07 a	0.15 a	ns	0.54 a	0.99 a	*	1.35 a	1.82 a	*	1.79 a	2.61 a	**	2.04 a	2.67 a	*	1.14 a	1.59 a	ns
سال دوم Second year																		
1w:3R	0.07 ab	0.09 c	ns	0.46 b	0.78 b	*	1.12 b	2.01 a	*	0.75 b	1.69 a	**	0.56 a	0.80 b	ns			
2w:2R	0.06 b	0.09 c	*	0.33 b	0.74 b	**	0.56 c	2.59 a	**	0.56 b	2.33 a	**	0.28 b	1.47 a	**			
3w:1R	0.02 c	0.16 b	**	0.19 c	1.33 a	**	0.34 c	2.63 a	**	0.29 c	2.17 a	**	0.12 b	1.62 a	**			
monoculture	0.08 a	0.26 a	**	0.71 a	1.22 a	**	2.38 a	2.71 a	ns	1.60 a	2.35 a	**	0.72 a	1.40 a	**			

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ٤- شاخص سطح برگ برنج و سوروف‌آبی(*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی سال اول آزمایش[a]

Table 4- Leaf area index of rice and watergrass (*E. oryzoides*) in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز Weed seedling ages (day)	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																	
	اول First			دوم Second			سوم Third			چهارم Fourth			پنجم Fifth			ششم Sixth		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
10	0.05 a	0.05 c	ns	0.35 a	0.50 c	ns	0.83 a	1.27 b	**	1.14 a	2.07 b	**	1.27 a	2.36 a	**	0.75 a	1.51 a	**
20	0.06 a	0.08 b	ns	0.43 a	0.68 b	ns	0.79 ab	1.33 b	**	1.04 ab	2.10 b	**	1.03 ab	2.50 a	**	0.54 b	1.50 a	**
30	0.05 a	0.17 a	**	0.33 a	0.97 a	**	0.61 b	2.00 a	**	0.82 b	2.64 a	**	0.89 b	2.58 a	**	0.55 b	1.50 a	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ۵- وزن خشک برگ (گرم در مترمربع) در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی دو سال آزمایش[a]

Table 5- Leaf dry weight (gr.m^{-2}) in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment.

نسبت علف‌هرز:برنج weed:rice proportion	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																	
	اول First			دوم Second			سوم Third			چهارم Fourth			پنجم Fifth			ششم Sixth		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
سال اول First year																		
1w:3R	3.32 ab	1.65 b	**	18.07 a	13.51 b	ns	34.21 b	33.64 a	ns	41.25 b	81.37 a	**	38.43 b	78.87 b	**	27.51 b	61.52 a	**
2w:2R	2.86 b	3.31 a	ns	8.92 b	19.34 ab	*	20.05 c	46.08 a	**	36.18 b	87.12 a	**	31.05 bc	103.92 a	**	22.60 b	70.43 a	**
3w:1R	0.74 c	3.34 a	**	8.75 b	18.63 ab	**	18.21 c	48.47 a	**	30.51 b	86.47 a	**	25.12 c	103.84 a	**	22.63 b	74.50 a	**
monoculture	3.87 a	4.34 a	ns	21.68 a	22.95 a	ns	57.01 a	56.63 a	ns	93.19 a	104.72 a	ns	84.55 a	106.47 a	*	74.03 a	64.74 a	ns
سال دوم Second year																		
1w:3R	4.48 a	2.82 b	**	26.04 b	27.67 b	ns	73.34 b	91.60 a	ns	61.65 b	109.39 a	**	43.54 b	65.47 a	ns			
2w:2R	2.83 b	3.63 b	*	16.47 c	27.21 b	*	38.14 c	114.40 a	**	43.40 c	126.70 a	**	39.90 b	102.18 a	**			
3w:1R	2.03 c	5.82 a	**	23.03 b	49.37 a	**	24.30 c	129.64 a	**	22.05 d	136.35 a	**	19.09 c	87.85 a	**			
monoculture	4.87 a	7.72 a	**	41.80 a	48.34 a	ns	126.65 a	136.74 a	ns	121.66 a	147.17 a	*	73.39 a	107.60 a	*			

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول٦- وزن خشک برگ (گرم در مترمربع) برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری طی سال‌اول‌آزمایش[a]

Table 6- Leaf dry weight (gr.m^{-2}) of rice and watergrass (*E. oryzoides*) in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز Weed seedling ages (day)	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																	
	اول First			دوم Second			سوم Third			چهارم Fourth			پنجم Fifth			ششم Sixth		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
10	2.93 a	1.64 b	*	13.27 a	11.58 b	ns	35.59 a	36.87 b	ns	60.48 a	76.84 b	ns	53.75 a	94.80 a	**	44.80 a	69.99 a	*
20	2.63 a	2.57 b	ns	16.68 a	15.80 b	ns	33.69 a	43.30 ab	ns	51.36 ab	81.68 b	**	46.55 a	93.79 a	**	34.60 a	62.77 a	**
30	2.53 a	5.27 a	**	13.11 a	28.44 a	**	27.83 a	58.45 a	**	39.01 a	111.25 a	**	34.07 b	106.23 a	**	30.68 a	70.63 a	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ۷- وزن خشک کل (گرم در مترمربع) در نسبت‌های مختلف کاشت برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در مراحل مختلف نمونه‌برداری و هنگام برداشت طی دو سال آزمایش[a]

Table 7- Total dry weight (gr.m^{-2}) in different planting proportions of rice and watergrass (*E. oryzoides*) during sampling and harvest times in two years of experiment

نسبت علف‌هرز:برنج weed:rice proportion	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																					
	اول First			دوم Second			سوم Third			چهارم Fourth			پنجم Fifth			ششم Sixth			برداشت Harvest		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
سال اول First year																					
1w:3R	6.14 a	2.88 b	**	34.24 a	25.22 b	ns	79.75 b	82.85 a	ns	117.34 b	235.23 a	**	207.32 b	381.24 b	**	333.78 b	586.15 b	**	361.53 b	638.99 c	**
2w:2R	4.71 b	5.51 a	ns	16.75 b	37.85 ab	*	46.12 c	111.93 a	**	98.73 b	250.93 a	**	125.42 c	479.00 a	**	214.19 c	694.95 ab	**	254.47 c	752.83 b	**
3w:1R	1.41 c	5.73 a	**	16.56 b	34.65 ab	*	40.68 c	116.56 a	**	85.80 b	245.38 a	**	112.15 c	433.87 ab	**	199.81 c	706.73 ab	**	178.42 c	815.91 b	**
monoculture	4.84 ab	7.00 a	ns	40.69 a	45.33 a	ns	125.96 a	141.83 a	ns	255.30 a	294.45 a	ns	352.87 a	528.13 a	**	578.32 a	836.55 a	**	698.13 a	887.57 a	**
سال دوم Second year																					
1w:3R	8.40 a	5.86 c	**	51.34 b	56.51 b	ns	206.36 b	227.21 a	ns	295.97 b	467.23 c	**	424.72 b	473.47 b	ns				521.86 b	639.14 c	*
2w:2R	5.36 b	6.88 c	*	32.37 c	54.12 b	*	109.74 c	298.47 a	**	216.04 c	577.57 bc	**	258.77 c	863.69 a	**				271.15 c	891.50 b	**
3w:1R	3.80 b	1.08 b	**	51.12 b	97.86 a	**	65.02 c	339.88 a	**	97.02 d	658.33 ab	**	123.53 d	942.51 a	**				158.19 d	1029.88 a	**
monoculture	9.54 a	15.38 a	**	86.40 a	102.50 a	ns	340.98 a	360.06 a	ns	554.27 a	743.04 a	**	783.46 a	928.97 a	*				958.93 a	1095.15 a	*

[a] اعداد میانگین سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از نسبت‌های کاشت؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of weed seedlings ages; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each planting proportions; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

جدول ۸- وزن خشک کل (گرم در مترمربع) برنج و سوروف‌آبی (*E. oryzoides*) در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در مراحل مختلف نمونه‌برداری و برداشت طی سال اول آزمایش[a]

Table 8- Total dry weight (g.m^{-2}) of rice and watergrass (*E. oryzoides*) in different weed seedlings ages during sampling and harvest times in first year of experiment

سن گیاهچه علف‌هرز Weed seedling ages (day)	مراحل نمونه‌برداری Sampling times																				
	اول First			دوم Second			سوم Third			چهارم Fourth			پنجم Fifth			ششم Sixth			برداشت Harvest		
	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت[b] Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif	برنج Rice	علف‌هرز Weed	تفاوت Dif
4.54 a	2.71 b	24.74 a	*	21.76 b	79.40 a	ns	87.52 b	164.28 a	ns	203.26 b	227.42 a	ns	386.72 b	363.94 a	**	650.04 b	396.53 a	**	711.41 b	۷۱۱/۴۱ b	**
4.18 a	4.26 b	31.45 a	ns	28.55 b	77.47 a	ns	105.45 ab	145.10 a	ns	223.78 b	218.88 a	**	421.76 b	345.91 a	**	611.73 ab	395.10 a	**	737.11 b	۷۳۷/۱۱ b	**
4.10 a	8.86 a	24.99 a	**	56.98 a	62.51 a	**	146.92 a	108.48 a	**	342.45 a	152.02 a	**	558.18 a	284.73 a	**	856.52 a	327.78 a	**	872.95 a	۸۷۲/۹۵ a	**

[a] اعداد میانگین نسبت‌های کاشت برنج و سوروف‌آبی می‌باشند؛ اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال۰/۰۵)؛ [b] معنی‌دار بودن تفاوت برنج و سوروف‌آبی در هریک از سنین گیاهچه علف‌هرز؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

[a] Values are means of planting proportions of rice and watergrass; Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test); [b] significant differences of rice and watergrass in each weed seedling age; * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively; ns: Non significant.

سطح برگ اهمیت قابل‌توجهی در جذب نور دارد و عامل کلیدی در نتیجه رقابت بین گیاه‌زراعی و علف‌های‌هرز است (Zhu et al., 2008). گیبسون و فیشر (Gibson & Fischer, 2001) حداکثر سرعت فتوسنتز بیش‌تری را در سوروف‌آبی زودرس نسبت به برنج گزارش کردند. بوهاک و بایر (Bouhache & Bayer, 1993) در نور کامل و نور کم سرعت فتوسنتز بیش‌تری را برای سوروف‌آبی دیررس نسبت به برنج گزارش کرده‌اند.

در گیاه زراعی برنج تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت، شاخص سطح برگ را تحت تأثیر قرار داد و به‌طور کلی با افزایش تعداد در نسبت کاشت، شاخص سطح برگ افزایش یافت. شاخص سطح برگ در مرحله اول نمونه‌برداری در سال اول در نسبت‌های کاشت 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج و در سال دوم در نسبت‌های کاشت 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت؛ امّا با پیشرفت فصل رشد شاخص سطح برگ در تیمار شاهد برنج به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای آلوده به علف‌هرز بود. حداکثر مقدار شاخص سطح برگ برنج در نسبت‌های کاشت 1:3، 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج به‌ترتیب 0/63، 0/71، 1/00 و 2/04 در سال اول آزمایش و 0/34، 0/56، 1/12 و 2/38 در سال دوم آزمایش بود و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای 1:3 و 2:2 علف‌هرز: برنج وجود نداشت (جدول 3). در این مرحله افزایش آلودگی علف‌هرز به یک، دو و سه بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت به‌ترتیب در سال اول آزمایش سبب 51، 65 و 69 درصد و در سال دوم آزمایش سبب 53، 76 و 86 درصد کاهش در مقدار شاخص سطح برگ برنج نسبت به شاهد شد. چنان‌که مشاهده می‌شود مقدار کاهش در سال دوم بیش‌تر است. با توجه به رفع کم‌آبی و وجود شرایط رشد بهتر در سال دوم نسبت به سال اول و نیز میانگین درجه‌حرارت بالاتر طی دوره رشد سطح برگ در این سال (شکل 1)، به نظر می‌رسد که علف‌هرز از شرایط استفاده بهتری کرده و در رقابت با برنج بهتر عمل نموده است. مشابه این حالت در تولید پنجه نیز مشاهده شد.

در علف‌هرز سوروف‌آبی نسبت‌کاشت تأثیر چندانی بر حداکثر توسعه سطح برگ نداشت و با پیشرفت فصل رشد، تفاوت تیمارها از بین رفت. در نسبت‌های مختلف کاشت، این علف‌هرز توانست حداکثر شاخصی معادل 2/48 را تولید کند (جدول 3).

در نسبت کاشت 3:1 سوروف‌آبی: برنج در سال اول تا 27 روز پس از نشاءکاری و در سال دوم فقط در اولین نمونه‌برداری شاخص سطح برگ دو گونه تفاوت معنی‌داری نداشت و پس از آن شاخص سطح برگ علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود (جدول 3). در سایر نسبت‌ها در کلیه مراحل، علف‌هرز شاخص سطح برگ بیش‌تری نسبت به برنج تولید نمود. این مسئله برتری علف‌هرز در توانایی تولید برگ را نشان می‌دهد؛ به‌نحوی‌که توانایی پنجه‌دهی و برتری رقابتی علف‌هرز موجب می‌شود که با پیشرفت فصل رشد، حتی یک گیاهچه علف‌هرز بتواند پوشش سطح برگی بیش‌تر از سه گیاهچه برنج ایجاد کند. در مقایسه تک‌کشتی دو گونه نیز مشاهده شد که علف‌هرز شاخص سطح برگ بیش‌تری تولید می‌نماید. حداکثر مقدار این شاخص در سال اول آزمایش 2/04 و 2/67 و در سال دوم آزمایش 2/38 و 2/71 به‌ترتیب در برنج و علف‌هرز بود. این مقدار 24 و 12 درصد به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش در برنج کم‌تر از علف‌هرز بود. با توجه به کم‌آبی موجود در سال اول آزمایش مشخص می‌گردد که شرایط نامساعد و تنش در شرایط عدم وجود رقابت، اثرات بازدارنده بیش‌تری در گیاه‌زراعی نسبت به علف‌هرز دارد و با وجود کاهش سطح برگ درهر دو گونه در سال اول، مقدار کاهش در برنج بیش‌تر از علف‌هرز بوده است.

هم‌چنین در سال اول آزمایش، سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری نیز بر شاخص سطح برگ تأثیر گذاشت. در اوایل فصل رشد این اثر در علف‌هرز مشهود بود؛ امّا با پیشرفت فصل رشد گیاهچه‌های 10 و 20 روز رشد کم‌تر خود را جبران نمودند. در برنج برعکس بود و بعد از سومین نمونه‌برداری تفاوت‌ها آشکار شد و بوته‌های برنج در رقابت با تیمارهای گیاهچه‌های کوچک‌تر توفیق بیش‌تری یافتند. مقایسه شاخص سطح برگ در برنج و علف‌هرز نشان داد که در نمونه‌برداری اول و دوم تنها تیمار گیاهچه‌های 30 روزه دارای شاخص سطح برگ بیش‌تری از برنج بود؛ امّا پس از آن علف‌هرز همواره شاخص سطح برگ بالاتری تولید کرد (جدول 4).

توانایی بالای رقابتی در ارتباط با ویژگی‌هایی است که به گیاه‌زراعی اجازه استقرار سریع‌تر پوشش زمینی و دریافت بیش‌تر نور نسبت به علف‌های‌هرز را می‌دهد و در گیاهان بلندقد با شاخص سطح برگ بالاتر و سرعت رشد سطح برگ سریع‌تر وجود دارد (Wang et al., 2006). توانایی رقابتی در برنج با ویژگی‌های مرتبط با جذب نور و سرعت بسته‌شدن کانوپی ارتباط دارد (Fischer et al., 1997).

گزارش شده که سطح برگ برنج و وزن خشک ریشه در کرت‌های عاری از علف‌هرز به‌صورت خطی با میزان تولید وزن‌خشک در سوروف‌آبی در تیمارهای آلوده ارتباط دارد و بالاتر بودن تولید سطح‌برگ در تک‌کشتی، بیانگر قابلیت رقابت بیش‌تر گیاه‌زراعی در مقابل علف‌هرز است (Gibson et al., 2003). نی و همکاران (Ni et al., 2000) نیز شاخص سطح برگ را یکی از ویژگی‌های مؤثر در توانایی رقابتی برنج با علف‌های‌هرز برشمردند و اظهار داشتند که شاخص سطح برگ به‌طور غیرمستقیم از طریق زیست‌توده برنج، زیست‌توده علف‌هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

وزن خشک برگ

بررسی وزن خشک برگ نیز مشابه سطح برگ حاکی از توسعه سریع‌تر برگ در سال دوم نسبت به سال اول، احتمالاً به‌دلیل گرم‌شدن زودتر هوا و میانگین بالاتر درجه‌حرارت طی دوره رشد برگ در این سال بود (جدول 5 و 6). حداکثر وزن خشک برگ در سال اول آزمایش در حدود 51 تا 63 روز پس از نشاءکاری و در سال دوم در حدود 43 تا 57 روز پس از نشاءکاری مشاهده شد. حداکثر مقادیر ثبت‌شده در مراحل نمونه‌برداری برای گیاه زراعی برنج در میانگین تیمارها، 50/28 و 65/61 گرم در مترمربع و در تیمار تک‌کشتی 93/19 و 126/65 گرم در مترمربع و برای علف‌هرز سوروف‌آبی با در نظرگرفتن همه تیمارها 98/28 و 129/90 گرم درمتر مربع و در تیمار تک‌کشتی 106/47 و 147/17 گرم در مترمربع به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. در سال اول آزمایش در ابتدای فصل رشد وزن خشک برگ دو گونه تفاوت معنی‌داری نشان نداد؛ امّا از 39 روز پس از نشاءکاری (مرحله سوم نمونه‌برداری) و در سال دوم در کلیه مراحل نمونه‌برداری، وزن‌خشک برگ علف‌هرز به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از برنج بود.

در گیاه‌زراعی برنج وزن‌خشک برگ تحت تأثیر تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفت و به‌طور کلی با افزایش سهم برنج در نسبت کاشت، وزن خشک برگ نیز افزایش یافت. وزن خشک برگ در مرحله اول نمونه‌برداری در نسبت‌های کاشت 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج تفاوت معنی‌داری نشان نداد؛ امّا با سایر نسبت‌ها تفاوت داشت و در نسبت کاشت 2:2 نیز بیش‌تر از 1:3 علف‌هرز: برنج بود. با پیشرفت فصل رشد تفاوت وزن خشک برگ بین تیمار شاهد برنج و تیمارهای آلوده به علف‌هرز معنی‌دار شد. حداکثر مقدار وزن خشک برگ برنج در نسبت‌های کاشت 1:3، 2:2، 3:1 و 4:0 علف‌هرز: برنج به‌ترتیب 30/51، 36/18، 41/25 و 93/19 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 24/30، 43/40، 73/34 و 126/65 گرم در مترمربع در سال دوم آزمایش بود. به این ترتیب افزایش آلودگی علف‌هرز به 1، 2 و 3 بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت به‌ترتیب در سال اول آزمایش سبب 56، 61 و 67 درصد و در سال دوم آزمایش سبب 42، 66 و 81 درصد کاهش در مقدار وزن‌خشک برگ برنج نسبت به شاهد شد (جدول 5).

رشد سریع برگ در مراحل اولیه منجر به بسته‌شدن سریع‌تر کانوپی می‌شود که در رقابت برای نور و ممانعت از جوانه‌زنی علف‌های هرز مفید است. به همین جهت استفاده از ارقامی که پوشش اولیه سریع‌تری ایجاد کنند، خسارت را کاهش می‌دهد. گیبسون و همکاران (Gibson et al., 2003) گزارش کردند که شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ، در تک‌کشتی ارقام برنج رابطه منفی با تولید وزن خشک سوروف‌آبی در تیمارهای آلوده همان ارقام داشت. وزن خشک سوروف‌آبی رشدکرده با رقم دارای بیش‌ترین بازدارندگی در سال اول، 18 درصد و در سال دوم آزمایش 75 درصد وزن خشک سوروف‌آبی رشدکرده با رقم دارای کم‌ترین بازدارندگی بود.

مشابه سطح برگ، در علف‌هرز سوروف‌آبی نسبت کاشت تأثیر چندانی بر حداکثر وزن خشک برگ نداشت و با پیشرفت فصل رشد تفاوت تیمارها از بین رفت (جدول 5). در متوسط نسبت‌های مختلف کاشت طی دو سال آزمایش، این علف‌هرز توانست طی فصل رشد به مقدار حداکثر 141/09 گرم در مترمربع برسد.

در نسبت کاشت 3:1 سوروف‌آبی: برنج در 15 روز پس از نشاءکاری باتوجه به وجود 3 گیاهچه برنج در نسبت کاشت، وزن خشک برگ این گونه بیش‌تر از علف‌هرز بود. امّا یک گیاهچه علف‌هرز توانست با رشد بیش‌تر این تفاوت را جبران نماید و با پیشرفت فصل رشد حتی بر برنج برتری یابد. مشابه سطح برگ، توانایی بیش‌تر علف‌هرز در تولید برگ امکان تولید بیش‌تر را برای یک گیاهچه علف‌هرز درمقایسه با سه گیاهچه برنج ایجاد کرده است. در نسبت کاشت 2:2 در 15 روز پس از نشاءکاری در سال اول، وزن خشک برگ دو گونه برابر بود؛ امّا پس از آن علف‌هرز برتری یافت. در نسبت کاشت 2:2 در سال دوم و در نسبت کاشت 1:3 سوروف‌آبی: برنج در هر دو سال وزن خشک برگ سوروف‌آبی در کلیه مراحل بیش‌تر از برنج بود.

مقایسه تک‌کشتی دو گونه در سال اول آزمایش نشان داد که به‌جز در حدود 63 روز پس از نشاءکاری که در این زمان وزن خشک برگ به حداکثر مقدار خود رسید و در این زمان سوروف‌آبی به‌طور معنی‌داری وزن‌خشک برگ بیش‌تری داشت، در سایر مراحل وزن خشک برگ دو گونه مشابه بود. باتوجه به اینکه بررسی سطح برگ نشان داد که در این مراحل همواره سطح برگ سوروف‌آبی بیش‌تر از گیاه زراعی بوده است، به‌نظر می‌رسد در وزن خشک برابر، علف‌هرز سطح بیش‌تری تولید می‌نماید. در سال دوم آزمایش باتوجه به فراهمی بیش‌تر آب، وزن‌خشک برگ در تمام طول فصل رشد بیش‌تر از برنج بود. در مرحله حداکثر مقدار وزن خشک برگ، میزان این شاخص در تک‌کشتی برنج به‌ترتیب 12 و 14 درصد در سال اول و دوم آزمایش کم‌تر از تک‌کشتی علف‌هرز بود.

در سال اول آزمایش، وزن خشک برگ در سنین مختلف گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری متفاوت بود (جدول 6). در برنج در اوایل فصل رشد تفاوتی میان تیمارها مشاهده نشد؛ امّا در مراحل حداکثر وزن خشک برگ (چهارم و پنجم نمونه‌برداری) بوته‌هایی که در رقابت با علف‌های‌هرزی بودند که در سنین پایین‌تری نشاء شده بودند، قادر به تولید وزن خشک برگ بالاتری گردیدند. در علف‌هرز با پیشرفت فصل رشد گیاهچه‌های 10 و 20 روزه رشد کم‌تر خود را جبران نمودند. مقایسه وزن خشک برگ در برنج و علف‌هرز نشان داد که بیش‌تر بودن سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری برتری علف‌هرز بر برنج از نظر تولید برگ را سریع‌تر محقق می‌سازد؛ هرچند در نهایت میزان تولید برگ در هر سه سن نشاء علف‌هرز بیش‌تر از برنج خواهد بود. در سال دوم تنها در مرحله اول نمونه‌برداری وزن خشک برگ سوروف‌آبی تحت تأثیر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری قرار گرفت و در این مرحله بوته‌های حاصل از رشد گیاهچه‌های 30 و 20 روزه به‌طور معنی‌داری دارای وزن بیش‌تری (به‌ترتیب 6/46 و 4/94 گرم در مترمربع) نسبت به تیمار گیاهچه‌های 10 روزه (3/60 گرم در مترمربع) بودند؛ امّا در مراحل بعدی تفاوتی مشاهده نشد. احتمالاً رشد اولیه بیش‌تر در خزانه علت این امر بوده است.

تولید ماده خشک کل

توانایی تولید ماده خشک با درنظرگرفتن میانگین کلیه تیمارها، در سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود (جدول 7). در هنگام برداشت، این مقادیر برای گیاه زراعی برنج 373/14 و 475/96 و برای علف‌هرز سوروف‌آبی 773/83 و 913/92 گرم در مترمربع به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. مشابه سایر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده، در تولید ماده خشک نیز مشاهد شد که افزایش وزن خشک کل در سال دوم نسبت به سال اول سریع‌تر صورت گرفته و مقدار نهایی آن بالاتر بود. چنان‌که ذکر شد احتمالاً گرم‌شدن زودتر هوا در این سال و رفع مشکل کم‌آبی درحصول این نتیجه مؤثر بوده است.

هم‌چنین تولید ماده خشک در برنج و سوروف‌آبی تحت تأثیر تعداد گیاهچه هر گونه در نسبت‌کاشت قرار گرفت. به‌نحوی‌که در گیاه‌زراعی برنج در مرحله اول نمونه‌برداری تولید ماده خشک در تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری با نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج نداشت؛ امّا از سایر تیمارها بالاتر بود. با پیشرفت فصل رشد در سال اول در سومین نمونه‌برداری و در سال دوم بعد از گذشت 29 روز از نشاءکاری تولید ماده خشک در تیمارهای آلوده به علف‌هرز به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. تولید ماده خشک برنج در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج، در اکثر مراحل نمونه‌برداری (به‌جز مرحله چهارم سال اول) بالاتر از تیمارهای آلوده به دو و سه گیاهچه سوروف‌آبی بود. این تیمارها (نسبت کاشت 2:2 و 1:3 علف‌هرز: برنج) در سال اول آزمایش تولید وزن خشک مشابهی داشتند، امّا در سال دوم آزمایش تحت تأثیر میزان آلودگی به علف‌هرز قرار گرفتند و آلودگی به 3 گیاهچه سوروف‌آبی، خسارت بیش‌تری را در مقایسه با دو گیاهچه علف‌هرز به‌همراه داشت. در هنگام برداشت با افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت به 1، 2 و 3 بوته، تولید ماده خشک به‌ترتیب 48، 64 و 74 درصد در سال اول آزمایش و 46، 72 و 83 درصد در سال دوم آزمایش کاهش یافت (جدول 7). خسارت علف‌هرز در سال دوم بالاتر بود که مؤید استفاده بهینه علف‌هرز از شرایط بهینه تحت رقابت با گیاه‌زراعی است.

در سوروف‌آبی تولید وزن خشک تحت‌تأثیر تعداد گیاهچه در نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفت و به‌طور کلی با کاهش سهم علف‌هرز در نسبت کاشت، تولید ماده خشک نیز کاهش یافت (جدول 7)؛ اثر کاهش تعداد گیاهچه علف‌هرز در نسبت کاشت در میزان تولید ماده خشک کم‌تر از برنج بود؛ این مسئله توانایی بیش‌تر علف‌هرز در جبران کاهش اولیه در گیاهچه از طریق پنجه‌دهی و رشد بیش‌تر به‌واسطه قابلیت رقابت بیش‌تر را نشان می‌دهد. در هنگام برداشت با حضور علف‌هرز در نسبت کاشت به‌تعداد یک، دو و سه بوته، تولید ماده خشک سوروف‌آبی نسبت به تک‌کشتی به‌ترتیب 72، 85 و 92

درصد در سال اول آزمایش و 58، 81 و 94 درصد در سال دوم آزمایش بود.

در 15 روز پس از نشاءکاری، تولید ماده خشک برنج در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج بیش‌تر از سوروف‌آبی بود که به‌واسطه بیش‌تر بودن تعداد گیاهچه برنج در نسبت کاشت قابل انتظار بود. امّا با پیشرفت فصل رشد یک بوته سوروف‌آبی توانست ماده خشکی بیش‌تر از سه بوته برنج تولید کند (تقریباً 362 و 639 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 522 و 639 گرم در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت). در نسبت‌کاشت 2:2 در اولین نمونه‌برداری سال اول آزمایش، کل‌ماده خشک تولیدی دو گونه مشابه بود؛ امّا پس از آن تولید سوروف‌آبی بیش‌تر شد. در سال دوم در کلیه مراحل و هنگام برداشت سوروف‌آبی بر برنج برتری نشان داد (تقریباً 254 و 753 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 271 و 892 گرم در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت). درحضور توأم سه گیاهچه سوروف‌آبی و یک گیاهچه برنج، همواره برتری علف‌هرز مشاهده شد (تقریباً 178 و 816 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 158 و 1030 گرم در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج وسوروف‌آبی در هنگام برداشت).

گیلی و همکاران (Gealy et al., 2005) گزارش کردند که با افزایش نسبت برنج به سوروف، وزن خشک برنج بیش‌تر شد؛ امّا وقتی این نسبت‌ها برابر (2:2) بودند، فرقی نداشت. نی و همکاران (Ni et al., 2000) دریافتند که زیست‌توده آغازین و زیست‌توده هنگام پنجه‌زنی برنج با توانایی رقابت گیاه زراعی در مقابل علف‌های‌هرز ارتباط دارد.

مقایسه تک‌کشتی دو گونه نشان داد که از اواسط فصل رشد به بعد تفاوت قابل‌توجهی در وزن خشک کل دو گونه به‌وجود می‌آید و در نهایت تولید کل ماده خشک در سوروف‌آبی بر برنج فزونی می‌یابد (تقریباً 698 و 888 گرم در مترمربع در سال اول آزمایش و 959 و 1095 گرم در مترمربع در سال دوم آزمایش به‌ترتیب در برنج و سوروف‌آبی در هنگام برداشت).

در سال اول آزمایش، سنین گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری تولید ماده خشک متفاوتی داشتند (جدول 8). 15 روز پس از نشاءکردن گیاهچه‌های 10 روزه علف‌هرز به‌همراه گیاه‌زراعی، تولید ماده خشک برنج بیش‌تر از علف‌هرز بود، امّا پس از آن علف‌هرز توانست تأخیر رویش خود را جبران نموده و از 63 روز پس از نشاءکاری بتواند در این رقابت ماده خشک بیش‌تری تولید نماید. برتری رقابتی سوروف‌آبی بر برنج در تولید ماده خشک، در گیاهچه‌های 20 روزه پس از گذشت 51 روز از زمان نشاءکاری و در گیاهچه‌های 30 روزه از اولین نمونه‌برداری آشکار شد. زمان نسبی سبزشدن اثر قابل‌توجهی بر رقابت گیاهان دارد (Caton et al., 1999) رویش زودتر علف‌های‌هرز در یک گیاه‌زراعی، تأثیر بیش‌تری بر عملکرد گیاه زراعی دارد (Cousens et al., 1987).

از نظر تولید ماده خشک برنج، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای میان تیمارها در طول فصل رشد و در هنگام برداشت مشاهده نشد؛ امّا در علف‌هرز، تولید ماده خشک هنگام برداشت، در تیمار گیاهچه 30 روزه (873 گرم در مترمربع) به‌طورمعنی‌داری بیش‌تر از گیاهچه‌های 20 و 10 روزه (به‌ترتیب 737 و 711 گرم در مترمربع) بود. به عبارت دیگر 10 و 20 روز تأخیر در رویش سوروف‌آبی در خزانه، به‌ترتیب سبب 16 و 19 درصد کاهش در وزن خشک کل علف‌هرز شد. کاشت گونه‌های سوروف‌آبی 15 روز پس از کشت برنج، تنها 13-26 درصد زیست‌توده علف‌های هرزی را تولید کرد که هم‌زمان با گیاه زراعی سبز شده بودند (Gibson et al., 2002).

در هنگام برداشت محصول در سال دوم، این تفاوت مشاهده نشد؛ احتمالاً با توجه به افزایش سریع‌تر درجه‌حرارت در سال دوم گیاهچه‌های 10 و 20 روزه با رشد اولیه سریع‌تر توانسته‌اند، این تفاوت را جبران کنند. در سال دوم وزن خشک کل سوروف‌آبی فقط در اولین مرحله نمونه‌برداری تحت تأثیر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری قرار گرفت و مشابه وزن خشک برگ، در گیاهچه‌های 30 و 20 روزه به‌طور معنی‌داری (به ترتیب 12/90 و 9/67 گرم در مترمربع) بیش‌تر از گیاهچه‌های 10 روزه (6/83 گرم در مترمربع) بود. امّا در مراحل بعدی تفاوتی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد طولانی‌تر بودن دوره رشد در خزانه سبب بزرگ‌تر بودن نسبی این بوته‌ها شده است. باکی و ازمی (Baki & Azmi, 1994) گزارش کردند که دوره بحرانی رقابت در برنج کشت‌مستقیم دو تا چهار هفته پس از کاشت است. بنابراین تجمع سریع ماده خشک در مراحل اولیه رشد در رقابت با علف‌های‌هرز اهمیت حیاتی دارد (Ni et al., 2000).

نتیجه‌گیری

نسبت کاشت گیاه‌زراعی و علف‌هرز اثری بر ارتفاع گیاهان نداشت

و ارتفاع نهایی سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود. حضور یک، دو و سه بوته رقیب در نسبت کاشت، به‌ترتیب سبب کاهش تولید پنجه بارور (خوشه) در هنگام برداشت به‌میزان 45، 65 و 77 درصد برای برنج و 13، 26 و 44 درصد برای سوروف آبی نسبت به تک‌کشتی شد. در نسبت کاشت 3:1 علف‌هرز: برنج تعداد پنجه نهایی برنج مشابه علف‌هرز و در سایر نسبت‌ها در سوروف‌آبی بیش‌تر از برنج بود؛ اگرچه تولید نهایی پنجه در تک‌کشتی دو گونه یکسان بود. افزایش آلودگی علف‌هرز به یک، دو و سه بوته سوروف‌آبی در نسبت کاشت سبب 52، 71 و 78 درصد کاهش در حداکثر مقدار شاخص سطح برگ و 49، 64 و 74 درصد کاهش در حداکثر مقدار وزن‌خشک برگ برنج نسبت به شاهد شد؛ درحالی‌که نسبت‌کاشت تأثیر چندانی بر توسعه سطح برگ و وزن خشک برگ علف‌هرز سوروف‌آبی نداشت و با پیشرفت فصل رشد، تفاوت تیمارها از بین رفت.

در کلیه تیمارهای آلوده به علف‌هرز و هم‌چنین در مقایسه تک‌کشتی دو گونه، حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر وزن خشک برگ علف‌هرز بیش‌تر از برنج بود. در هنگام برداشت با افزایش تعداد علف‌هرز در نسبت کاشت به یک، دو و سه بوته، تولید ماده خشک نسبت به‌تک‌کشتی به‌ترتیب در برنج 47، 68 و 79 درصد کاهش و در سوروف‌آبی 65، 83 و 93 درصد افزایش یافت. در کلیه‌ی نسبت‌های کاشت،کل‌ماده خشک تولیدی سوروف‌آبی در هنگام برداشت بیش‌تر از برنج بود.

سن نشاء سوروف‌آبی تنها در سال اول آزمایش بر صفات اندازه‌گیری‌شده (به‌جز ارتفاع) اثر داشت. در سوروف‌آبی خزانه‌گیری زودتر با تولید پنجه بیش‌تر همراه بود. در برنج از سومین نمونه‌برداری به بعد بوته‌های برنج در رقابت با سوروف 30 روزه پنجه کم‌تری تولید کردند. اثر سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری در اوایل فصل رشد بر شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ علف‌هرز مشهود بود؛ امّا با پیشرفت فصل جبران شد. در برنج تفاوت‌ها بعد از سومین نمونه‌برداری آشکار شد و اثرات رقابتی گیاهچه‌های کوچک‌تر با بوته‌های برنج کم‌تر بود. 10 و 20 روز تأخیر در رویش سوروف‌آبی در خزانه، به‌ترتیب سبب 16 و 19 درصد کاهش در وزن خشک کل علف‌هرز شد ولی تأثیری بر تولید ماده خشک برنج نداشت. برتری سوروف‌آبی بر برنج از نظر تولید ماده‌خشک، در گیاهچه‌های 10 روزه علف‌هرز، 63 روز پس از نشاءکاری، در گیاهچه‌های 20 روزه 51 روز پس از نشاءکاری و در گیاهچه‌های 30 روزه از اولین نمونه‌برداری آشکار شد. بیش‌تر بودن سن گیاهچه علف‌هرز هنگام نشاءکاری سبب تسریع برتری علف‌هرز بر برنج شد؛ اگرچه در نهایت میزان تولید پنجه، برگ و کل ماده خشک علف‌هرز در هر سه سن نشاء بیش‌تر از برنج بود. این نتایج حاکی از برتری رقابتی سوروف‌آبی نسبت به برنج است؛ چنان‌که قابلیت بالای رقابت، علف‌هرز را قادر ساخت که در حضور سه بوته گیاه زراعی نیز بتواند رشدی برابر یا حتی بیش‌تر داشته باشد و احتمالاً با پنجه‌دهی و رشد بیش‌تر موفق به جبران کاهش تراکم اولیه گردد.

به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که بهبود کنترل سوروف‌آبی در زراعت برنج نیازمند ترکیب تنش‌ها است. بنابراین راهبردهای مدیریت علف‌های‌هرز که رشد سوروف‌آبی را ازطریق ایجاد محدودیت در چندین منبع کاهش دهند، مؤثرتر هستند. چنین راهبردهایی به ادغام چندین ابزار (مدیریت آب و حاصلخیزی، ارقام رقابت‌کننده برنج، شخم و آماده‌سازی بستر بذر و مصرف علف‌کش) نیاز دارند که به کسب منابع توسط گیاه زراعی به‌جای علف‌های هرز کمک کند. به‌علاوه افزایش توانایی رقابتی ارقام زراعی که با رویش سریع، بنیه بالای گیاهچه، سرعت بالای گسترش برگ، ایجاد سریع کانوپی متراکم، ارتفاع زیاد گیاه، رشد سریع ریشه و اندازه زیاد ریشه در ارتباط است، می‌تواند گیاه زراعی را در افزایش قابلیت رقابت و فرونشانی علف‌های‌هرز یاری دهد. هم‌چنین توانایی رقابتی ارقام می‌تواند در نتیجه عملیات زراعی نظیر فاصله گیاهان یا میزان بذرکاری تغییر کند. بنابراین ایجاد تأخیر در رویش سوروف‌آبی که می‌تواند از طریق گزینه‌های مدیریتی نظیر خاک‌ورزی مکانیکی در هنگام آماده‌سازی زمین و دفن بذرها و یا از طریق عملیات مدیریتی نظیر زمان کاربرد علف‌کش به‌دست آید، تنها با درنظر گرفتن کلیه موارد مذکور، می‌تواند در توسعه راهبردهای مدیریت تلفیقی سوروف‌آبی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Baki, B.B., and Azmi, M. 1994. Integrated management of paddy and aquatic weeds in Malaysia: current status and prospects for improvement. Pages 46–77 In: Integrated Management of Paddy and Aquatic Weeds and Prospects for Biological Control. Shibayama H., Kiritani K., and Bay-Peterson J. (Eds.), Taipei, Taiwan: Food and Fertilizer

Technology Center for the Asian and Pacific Region, FFTC Book Series No. 45.

Bond, J.A., and Oliver, L.R. 2006. Comparative growth of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) accessions. Weed Science 54: 121–126.

Bouhache, M., and Bayer, D.E. 1993. Photosynthetic response of flooded rice (*Oryza sativa*) and three *Echinochloa* species to changes in environmental factors. Weed Science 41: 611–614.

Caton, B.P., Foin, T.C., and Hill, J.E. 1999b. A plant growth model for integrated weed management in direct-seeded rice. III. Interspecific competition for light. Field Crops Research 63: 47–61.

Chauhan, B.S., and Johnson, D.E. 2010a. Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. Field Crops Research 117: 177–182.

Cole, Z.A., and Manuel, J.S. 1988. Effect of weeds on the yield and yield components of lowland rice affected by nitrogen fertilization. Pest Control Council of the Philippines. Cebu City. 19: 1 pp.

Cousens, R., Brain, P., O'donovan, J.T., and O'donovan, P.A. 1987. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. Weed Science 35: 720–725.

Fischer, A., Ramirez, H.V., and Lorenzo, J. 1997. Suppression of junglerice [*Echinochloa colona* (L.) Link] by irrigated rice cultivars in Latin America. Agronomy Journal 89: 516–521.

Fischer, A.J., Ramirez, H.V., Gibson, K.D., and Da Silveira Pinheiro, B. 2001. Competitiveness of semidwarf upland rice cultivars against palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) and signalgrass (*B. decumbens*). Agronomy Joural 93: 967–973.

Gealy, D.R., Estorninos, Jr. L.E., Gbur, E.E., and Chavez, R.S.C. 2005. Interference interactions of two rice cultivars and their F_3 cross with barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in a replacement series study. Weed Science 53: 323–330.

Gibson, K.D., and Fischer, A.J. 2001. Relative growth and photosynthetic response of water-seeded rice and *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch to shade. International Journal of Pest Management 47: 305–309.

Gibson, K.D., Fischer, A.J., and Foin, T.C. 2004. Compensatory responses of late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) and rice to resource limitations. Weed Science 52: 271–280.

Gibson, K.D., Fischer, A.J., Foin, T.C., and Hill, J.E. 2002. Implications of delayed *Echinochloa germination* and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. Weed Research 42: 351–358.

Gibson, K.D., Fischer, A.J., Foin, T.C., and Hill, J.E. 2003. Crop traits related to weed suppression on water-seeded rice (*Oryza sativa* L.). Weed Science 51: 87–93.

Gibson K.D., Foin T.C., and Hill J.E. 1999. The relative importance of root and shoot competition between water-seeded rice and watergrass. Weed Research 39: 181–190.

Gibson K.D., Foin T.C., and Hill J.E. 1999. The relative importance of root and shoot competition between water-seeded rice and watergrass. Weed Research 39: 181–190.

Horak M.J., and Loughlin T.M. 2000. Growth analysis of four *Amaranthus* species. Weed Science 48: 347–355.

Inamura, T., Miyagawa, S., Singvilay, O., Sipaseauth, N., and Kono, Y. 2003. Competition between weeds and wet season transplanted paddy rice for nitrogen use, growth and yield in the central and northern regions of Loas. Weed Biology and Management 3: 213-221.

Jennings, P.R., and Aquino, R.C. 1986. Studies on competition in rice: III. The mechanism of competition among phenotypes. Evolution 22: 529–542.

Jennings, P.R., and De Jesus, J. 1986. Studies on competition in rice: I. Competition in mixtures of varieties. Evolution 22: 119–124.

Jennings, P.R., and Herrera, R.M. 1986. Studies on competition in rice: II. Competition in segregating populations. Evolution 22: 529–542.

Knezevic, S.Z., Weise, S.F., and Swanton, C.J. 1994. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in corn (*Zea mays*). Weed Science 42: 568–573.

Luh B.S. 1991. Rice Production. Van Nostrand Reinhold NY, 439 pp.

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Shahdi, A. 2013. The effects of seed burial and flooding depths on emergence and seedling growth of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and barnyardgrass (*E. crus-galli*). Iranian journal of Field Crops Research 10(4): 699-708. (In Persian with English Summary)

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Shahdi Kumleh, A. 2015a. Investigating the germination

response of two *Echinochloa* species to temperature and photoperiod with emphasis on invasiveness. Iranian Journal of Field Crop Science 45(4): 639-648. (In Persian with English Summary)

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Shahdi Kumleh, A. 2014. Phenology, morphology and yield characteristics of two *Echinochloa* weed Species. Journal of Plant Protection 28: 346-360. (In Persian with English Summary)

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Shahdi Kumleh, A., and Avarseji, Z. 2015c. Competitive relationships of watergrass and barnyardgrass with rice in a replacement series study. Electronic Journal of Crop Protection 8(1): 205-222. (In Persian with English Summary)

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Shahdi Kumleh, A., and Avarseji, Z. 2015b. Characterizing the competitive traits of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) as a new-introduced, and barnyardgrass (*E. crus-galli*) as a common weed species in rice. Journal of Plant Production Research 22 (3): 223-242. (In Persian with English Summary)

Mortimer, A.M. 1997. Phenological adaptation in weeds-an evolutionary response to the use of herbicides, Pesticide Science 51: 299–304.

Ni, H., Moody, K., and Robles, R.P. 2000. *Oryza sativa* plant traits conferring competitive ability against weeds. Weed Science 48: 200–204.

Ni, H., Moody, K., and Robles, R.P. 2004. Analysis of competition between wet-seeded rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) using a response–surface model Weed Science 52: 142–146.

Noda, K., Ozawa, K., and Ibaraki, K. 1968. Studies on the damage to rice plants due to weed competition-effect of barnyardgrass competition on growth, yield, and some eco-physiological aspects of rice plants. Weed Research of Japan 7: 49-54.

Radosevich, S.R. 1987. Methods of interactions among crops and weeds.Weed Technology 1: 190–198.

Steckel, L.E., and Sprague, C.L. 2004. Common waterhemp (*Amaranthus rudis*) interference in corn. Weed Science 52: 359-364.

Wang, G., McGiffen Jr., M.E., Ehlers, J.D., and Marchi, E.C.S. 2006b. Competitive ability of cowpea genotypes with different growth habit. Weed Science 54: 775–782.

Yamasue, Y., Murayama, H., Inoue, H., Matasui, T., and Kusanagi, T. 1997. Growth analysis of rice and *Echinochloa oryzicola* vasing in mixed strands. Journal of Weed Science and Technology 42: 365–371.

Zhu, C., Zeng, Q., Ziska, L.H., Zhu J., Xie, Z., and Liu, G. 2008. Effect of nitrogen supply on carbon dioxide–induced changes in competition between rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Weed Science 56: 66–71.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 955-974

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 974-955

Effects of Emergence Time in Nursery and Density of Watergrass (*Echinochloa oryzoides*) on Competitive Ability with Rice (I. During Season Studies: Growth and Development)

E. Mohammadvand[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and B. Yaghoubi[3]

Submitted: 29-04-2017
Accepted: 01-07-2017

Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Yaghoubi, B. 2019. Effects of emergence time in nursery and density of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) on competitive ability with rice (I. During season studies: Growth and development). Journal of Agroecology. 11(3): 955-974.

Introduction

Investigating the competitive effects of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) as a new-introduced weed species in rice production of Guilan province is of major importance. Consequences of watergrass–rice competition are influenced by each species proportion and density; although could be greatly affected by relative weed seedling emergence time. Furthermore to analyze crop-weed competition, the variation in plant traits that confer competitive ability should be considered. Total dry matter and leaf area as the basic processes in vegetative growth, and plant height, dry weight, and leaf area index as the indications of the relative size, photosynthetic capacity, and productivity, affect competitive ability. Rice traits were associated with competitiveness against weeds included Initial biomass, crop growth rate, leaf area index, and biomass at tillering.

Documenting watergrass and rice differences in growth or structure and plants changes over the course of a growing season contribute to explain the severity of watergrass as a weed in transplanted rice. The objectives of this study were to compare growth characteristics of weed and crop species and investigate growth pattern changes during the growing season.

Materials and Methods

During two years of a field study, the effect of watergrass seedling ages at the time of transplanting (10, 20, and 30 day), and planting proportions of watergrass: rice in each hill (0:4, 1:3, 2:2, 3:1, and 4:0, (weed: rice)) were examined as a factorial based on randomized complete block design with three replications. Growth characteristics of rice and watergrass under full-season competition evaluated by six and five destructive samples respectively in first and second years of experiment. At each sampling interval, plants were returned to the laboratory, where the height (by recording the highest extended leaf), the number of tillers (by hand counting total number of tillers) the leaf area index (by measuring the leaf area with an automatic area meter (Li-cor, LI-2500)), and dry weight of leaves, stems and total plant (by drying at 75 C until a constant weight was reached) were determined separately for each weed and rice species. Sampled plots were not sampled at subsequent harvests. Below-ground biomass was not included in the measurements.

Results and Discussion

According to the results, tiller number, leaf area index, leaf dry weight, and total dry weight of rice increased with increasing seedling number in plant proportions; while final height did not affect. For watergrass, tiller

1- Assistant professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht and former PhD student, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professors, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Scientific Board Member of Rice Research Institute of Rasht, Iran

(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v11i3.64035

number and total dry weight were also influenced by plant proportion, and increased as weed ratio at the planting proportion was raised. Planting proportion caused no significant effect on final height, maximum leaf area index and leaf dry weight of watergrass, and differences among treatments disappeared over the growing season.

At the planting proportion of 1:3 (weed: rice) tiller number of two species was similar in most samples, but was higher for weed than rice at the other mixtures. Maximum leaf area index, leaf maximum dry weight, and total dry weight of watergrass in all planting proportions were higher than rice. Weed seedling ages had significant effects on tiller number, leaf area index, and leaf dry weight of two species, and also total dry weight of watergrass at the first year, but such an effect did not observe in the second year.

Conclusion

Totally based on results, it could be stated that watergrass is more competitive than rice; where the relative aggressiveness of component species was significantly higher for rice than weed. this is probably because of more growth compensation ability of weed through rapid growth and high tillering when it germinate later in the growing season, and because of its stronger competitiveness relative to the rice.

Keywords: Emergence patterns, Planting proportion, Transplanted rice, Weed seedling age

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 994-975

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 975-994

ارزیابی کارایی نیتروژن در طی روند تاریخی اصلاح ارقام مختلف غلات در ایران: 2- ذرت (*Zea mays* L.)

لیلا جعفری[1]، علیرضا کوچکی[2*] و مهدی نصیری محلاتی[2]

تاریخ دریافت: 1395/05/13
تاریخ پذیرش: 1395/12/04

جعفری، ل.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م. 1398. ارزیابی کارایی نیتروژن در طی روند تاریخی اصلاح ارقام مختلف غلات در ایران: 2- ذرت (*Zea mays* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 994-975.

چکیده

به‌منظور ارزیابی روند ویژگی‌های زراعی و شاخص‌های کارایی در جریان اصلاح ارقام ذرت، آزمایشی در سال زراعی 94-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش فاکتور اصلی، مقادیر مختلف کود در هشت سطح (نیتروژن از منبع کود اوره 46 درصد : 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار؛ کود دامی: 0، 10، 20 و 30 تن در هکتار) و فاکتور فرعی، شش رقم ذرت (ارقام خیلی قدیمی: 704 و 647؛ رقم قدیمی: 500؛ ارقام جدید: 260، 750 و 706) بود. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد دانه، کاه‌وکلش و بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن، بهره‌وری جزئی و شاخص برداشت نیتروژن بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد کاه‌وکلش به‌ترتیب در رقم سینگل کراس 704 و رقم هیبرید 260 مشاهده شد که به‌طور معنی‌دار با سایر ارقام تفاوت داشت. این صفت در رقم 704 در مقایسه با رقم 260 به میزان 71/9 درصد بیش‌تر بود. با افزایش مقدار کود نیتروژن و دامی عملکرد دانه و بیولوژیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اگرچه در اغلب سطوح کودی بیش‌ترین عملکرد دانه در رقم قدیمی 704 مشاهده شد امّا با افزایش سطح کود نیتروژن از صفر به 300 کیلوگرم، بیش‌ترین افزایش عملکرد دانه در ارقام 500 و 705 و به‌ترتیب به میزان 117 و 103 درصد به‌دست آمد. از طرف دیگر در اغلب ارقام، کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با کود دامی باعث افزایش بیش‌تر صفات مربوط به عملکرد گردید. در اغلب ارقام (به‌جز ارقام 500 و 647) کاربرد سطوح مختلف کود دامی باعث کاهش معنی‌دار کارایی مصرف نیتروژن در مقایسه با سطوح مشابه کود شیمیایی نیتروژن گردید. بیش‌ترین (34/82 کیلوگرم بر کیلوگرم) و کم‌ترین (24/66 کیلوگرم بر کیلوگرم) کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب در رقم جدید هیبرید 260 و رقم قدیمی 500 مشاهده شد. بهره‌وری جزئی به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر سطوح مختلف کود قرار گرفته و با افزایش مصرف کود (اعم از نیتروژن یا دامی) این صفت به‌طور معنی‌دار در ذرت کاهش یافت. در اغلب موارد کاربرد کود دامی اثر مشابهی با سطوح معادل کود نیتروژن بر شاخص‌های عملکرد و کارایی نیتروژن داشت. بین ارقام قدیم و جدید از نظر شاخص‌های کارایی نیتروژن روند مشخصی مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: رقم، کارایی مصرف نیتروژن، کود، عملکرد

مقدمه

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در تولید گیاهان زراعی است که نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد (Chen et al., 2004). به عبارتی، بروز توانایی بالقوه ژنتیکی واریته‌های پرمحصول گیاهان زراعی در گرو مصرف مقدار کافی نیتروژن است زیرا توسعه کانوپی، جذب مطلوب نور و نیز فتوسنتز و کارایی مصرف نور به‌شدت تابع مقدار نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه است (Singh, 2005). از طرفی، استفاده بهینه از نیتروژن در افزایش بهره‌وری و سودمندی نظام‌های زراعی و کاهش خطرات

1- استادیار گروه باغبانی دانشگاه هرمزگان و دانشجوی سابق دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v11i3.57941

زیست‌محیطی ناشی از هدرروی نیتروژن نقش مهمی دارد (Doberman & Cassman, 2004). افزایش تولیدات کشاورزی برای جمعیت در حال رشد و توجه به مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی از جمله اهداف بلندمدت کشاورزی پایدار است که افزایش کارایی مصرف نیتروژن[1] نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار ایفا می‌کند (Seyedi & Rezvani Moghaddam, 2011). در سال‌های اخیر هدف اصلاح‌گران، آزادسازی ارقامی با بهره‌وری بالا توأم با کاهش مصرف نهاده‌ها به‌منظور جلوگیری از آلودگی بوده و هیچ‌گاه کارایی مصرف نیتروژن به‌عنوان یک هدف به‌نژادی مدنظر قرار نگرفته است (Barraclough et al., 2010). براساس تعریف کارایی مصرف نیتروژن عبارت است از عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس در خاک (Moll et al., 1982). طبق این تعریف کارایی مصرف نیتروژن از حاصلضرب دو مؤلفه کارایی جذب نیتروژن[2] و دیگری کارایی استفاده نیتروژن[3] تشکیل می‌شود. کارایی جذب نیتروژن گویای مقدار نیترون جذب شده توسط گیاه به‌ازای هر واحد نیتروژن فراهم‌شده در خاک می‌باشد و توانایی گیاه را در جذب نیتروژن قابل دسترس در خاک نشان می‌دهد. کارایی استفاده از نیتروژن عبارت است از عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن جذب‌شده می‌باشد که توانایی گیاه را در استفاده از نیتروژن جذب‌شده جهت تولید محصول اقتصادی نشان می‌دهد. در این رابطه موچاو (Muchow, 1998) گزارش نمود در شرایطی که عملکرد دانه ذرت ثابت باشد، کاربرد مقادیر زیاد نیتروژن موجب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و در نتیجه کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود.

کارایی مصرف نیتروژن (NUE) در زراعت غلات حدود 50-33 درصد گزارش شده که این مقدار در کشورهای در حال توسعه 29 درصد و در کشورهای توسعه یافته حدود 42 درصد برآورد شده است (Raun & Johnson, 1991).

در ذرت، کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر عوامل پیچیده‌ای از جمله میزان جذب نیتروژن از خاک، آسیمیلاسیون نیتروژن به اسیدهای آمینه که به‌عنوان ناقل نیتروژن در گیاه عمل می‌کنند و میزان انتقال نیتروژن از بافت‌های منبع به مقصد در طول نمو گیاه به‌ویژه زمان پرشدن دانه، بستگی دارد. با مقایسه عملکرد دانه ذرت و کاربرد کود نیتروژن در سطح جهانی، کارایی مصرف نیتروژن ذرت بین 25 تا 50 درصد تخمین زده شد (Tilman et al., 2002).

مطالعات متعددی در رابطه با تفاوت کارایی مصرف نیتروژن بین ژنوتیپ‌های مختلف ذرت انجام شده که این موضوع فرصت‌هایی را برای بهبود ژنتیکی این صفت فراهم آورده است (Pollmer et al., 1978; Zhang et al., 1997; Mi et al., 1998). یکی از اهداف اصلی مرکز بین‌المللی اصلاح ذرت و گندم (سیمیت) در دهه‌های اخیراصلاح ارقام ذرت با توانایی تحمل شرایط کاربرد کم نیتروژن (Low-N- Tolerant) بوده است (Bänzinger et al., 2000). از طرف دیگر اصلاح ارقام ذرت با کارایی مصرف بالای نیتروژن به‌ویژه در محیط‌های با نیتروژن کم، منجر به افزایش14 و 10/5 درصدی عملکرد به‌ترتیب در شرایط نیتروژن کم و نیتروژن زیاد، گردیده است. بنابراین، افزایش کارایی مصرف نیتروژن ذرت در شرایط فراهمی محدود نیتروژن باحفظ عملکرد بالقوه بالا، اقدام مؤثری در راستای بهبود کارایی نیتروژن است (Chen et al., 2009).

مول و همکاران (Moll et al., 1982) اختلاف کارایی مصرف نیتروژن در میان هیبریدهای ذرت را ناشی از اختلاف ژنتیکی و توانایی هیبریدها در جذب و بهره‌وری نیتروژن قبل از گل‌دهی به‌خصوص در شرایط محدودیت نیتروژن دانسته و معتقدند که در سطوح پایین مصرف کود کارایی تبدیل نیتروژن برای عملکرد دانه در مقایسه با کارایی جذب نیتروژن از تغییرات بیش‌تری برخوردار است.

در مطالعه‌ای کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) اظهار داشتند که در کشت مخلوط ذرت و پنبه با افزایش سطوح نیتروژن کارایی زراعی استفاده از نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن در هر دو گیاه کاهش معنی‌داری را نشان داد. هم‌چنین کارایی نیتروژن در تمامی تیمارهای مورد آزمایش در ذرت بالاتر از پنبه بود. در مطالعه‌ای دیگر این محققین با بررسی جریان نیتروژن و کارایی مصرف آن در چرخه تولید و مصرف گندم و ذرت در ایران نشان دادند که کل نیتروژن برداشت شده توسط این دو گیاه به‌ترتیب 387 و 81/7 هزار تن، با کارایی 25 و 60 درصد بود. بیش‌ترین تلفات نیتروژن در سطح مزرعه مربوط به گیاه گندم بود، درحالی‌که در ذرت به دلیل کارایی بالاتر جذب نیتروژن، تلفات کم‌تر از گندم بود (Koocheki et al., 2012). در پژوهشی که توسط چن و می (Chen & Mi, 2012) انجام شد 15 اینبرد لاین و چهار رقم محلی ذرت از نظر تجمع و

1- Nitrogen Use Efficiency (NUE)
2- Nitrogen uptake efficiency
3- Nitrogen utilization efficiency

کارایی مصرف نیتروژن در دو سطح بالا و پایین نیتروژن مورد مقایسه قرار گرفتند. آن‌ها گزارش کردند که توانایی تجمع نیتروژن در ارقام محلی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از اینبرد لاین بود که این تجمع وابسته به پتانسیل رشد بیش‌تر و در نتیجه تولید زیست‌توده بیش‌تر آن‌ها می‌باشد. پتانسیل رشد بیش‌تر و توانایی تجمع بیش‌تر نیتروژن در ارقام محلی می‌تواند در برنامه‌های اصلاح ارقام ذرت به‌منظور بهبود کارایی نیتروژن استفاده شود.

عملکرد دانه ارقام اینبرد ذرت در شرایط نیتروژن زیاد، با زیست‌توده تولید شده همبستگی داشته و افزایش تولید زیست‌توده باعث افزایش عملکرد دانه شده است (Chen & Mi, 2012; Lee & Tollenaar, 2007). در همین شرایط عملکرد دانه ارقام محلی با شاخص برداشت همبستگی نزدیکی نشان داد این موضوع بیانگر آن است که کاهش عملکرد دانه در این ارقام به‌دلیل اختصاص مواد پرورده با کارایی پایین به دانه می‌باشد. در شرایط نیتروژن کم همبستگی معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد دانه در هر دو گروه (محلی و اینبردلاین) مشاهده شد. بنابراین، بدون در نظر گرفتن نوع ژنوتیپ، اختصاص بهینه مواد پرورده به دانه عامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد دانه در شرایط کمبود نیتروژن است (Chen & Mi, 2012). با این وجود تغییرات شاخص برداشت در طی اصلاح ارقام مدرن ذرت از دهه 1930 میلادی ثابت بوده است (Duvick, 2005).

بررسی تغییرات کارایی نیتروژن در طی اصلاح ارقام مختلف گیاهان زراعی روند یکسانی را نشان نداده و شناخت روند این تغییرات در مدیریت نهاده‌ها به‌ویژه کودهای نیتروژن‌دار به‌منظور کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی اهمیت زیادی دارد. این پژوهش به‌منظور بررسی میزان تغییرات کارایی مصرف، جذب و استفاده نیتروژن ارقام مختلف ذرت در ایران و تعیین بهترین سطوح کودی و نوع کود از طریق محاسبه انواع شاخص‌های کارایی نیتروژن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی روند ویژگی‌های زراعی و شاخص‌های کارایی در ارقام قدیم و جدید ذرت آزمایشی در سال زراعی 94-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 درجه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل 48 کرت آزمایشی با ابعاد 3×2/25 متر و مساحت 6/75 متر مربع بود که با درنظر گرفتن 2 متر فاصله بین تکرارها مساحت کل مزرعه آزمایشی حدود 2000 متر مربع درنظر گرفته شد. در این آزمایش فاکتور اصلی شامل مقادیر مختلف کود در 8 سطح (نیتروژن از منبع کود اوره 46 درصد : 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار؛ کود دامی: 0، 10، 20 و 30 تن در هکتار که به‌ترتیب معادل تقریباً صفر، 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن خالص می‌باشد) و فاکتور فرعی شامل شش رقم ذرت (ارقام خیلی قدیمی: 704 و 647؛ رقم قدیمی: 500؛ ارقام جدید: 260، 750 و 706) بود. مشابه این آزمایش جهت بررسی روند تغییرات عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن در ارقام مختلف گندم در سال 1393 انجام شد (Jafari et al., 2019).

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قبل از کشت، از خاک مزرعه آزمایشی نمونه‌برداری انجام شد. نمونه مرکب حاصل از ترکیب پنج نمونه از عمق 30 -0 سانتی‌متری خاک، در آزمایشگاه از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارزیابی شد (جدول 1). در این طرح برای تعیین میزان نیتروژن موجود در خاک (نمونه‌برداری قبل از کاشت گیاه) و گیاه (نمونه‌برداری گیاه در زمان رسیدگی از دانه و ساقه) از روش هضم تر (Bremner & Mulvaney, 1982) و سپس جهت تعیین مقدار نیتروژن موجود در واحد سطح برحسب (کیلوگرم در هکتار) از حاصل‌ضرب مقدار نیتروژن موجود در هر نمونه برحسب (گرم در کیلوگرم) و وزن خشک آن نمونه برحسب (تن در هکتار) استفاده شد. از طرف دیگر براساس نتایج آزمایشگاهی میزان نیتروژن خالص موجود در کود دامی حدود یک درصد تعیین شد (جدول 2).

عملیات تهیه بستر کاشت در اواسط اردیبهشت 1394 مطابق عرف رایج منطقه انجام شد. یک‌سوم کود نیتروژن مورد نظر برای هرکدام از تیمارهای کودی به‌هنگام کاشت و یک‌سوم دیگر در مرحله پنج‌برگی و باقیمانده در ابتدای مرحله ساقه‌رفتن و قبل از گل‌دهی به‌کار رفت. کود دامی نیز به‌صورت قبل از کاشت و مخلوط با خاک استفاده شد. کاشت بذر ذرت با تراکم با حدود 67000 بوته در هکتار با فاصله بین ردیف 75 سانتی‌متر و روی ردیف 20 سانتی‌متر انجام شد. جهت جلوگیری از اتلاف آب، آبیاری با استفاده از کنتور و با لوله‌کشی در هر کرت با فواصل یکسان به‌صورت هفتگی و برای همه

ارقام تا مرحله رسیدگی انجام شد. مدیریت علف‌های هرز نیز با استفاده از وجین دستی مکرر در طی فصل انجام شد. در این آزمایش جهت مبارزه با آفات از هیچ نوع آفت‌کشی استفاده نشد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Soil physicochemical characteristics of experimental location

بافت Texture	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
لومی – سیلتی Silty loam	0.69	0.088	78.3	48.3	7.45	1.14

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical characteristics of manure used in the experiment

نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
0.99	549	2987	7.8	7.1

صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن، بهره‌وری جزیی نیتروژن[1] و شاخص برداشت نیتروژن بود.

در اواخر شهریور 1394 جهت محاسبه عملکرد اقتصادی و بیولوژیک و شاخص برداشت در هرکرت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و نیم متر از انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و بقیه کرت برداشت شد.

کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف‌شده) با استفاده از معادله 1 محاسبه شد (Moll et al., 1982):

معادله (1) $$NUE = \frac{GY_{fertilized} - GY_{unfertilized}}{N_f}$$

که در آن، $GY_{fertilized}$: عملکرد دانه با مصرف نیتروژن، $GY_{unfertilized}$: عملکرد دانه بدون مصرف نیتروژن و N_f: میزان کود مصرفی می‌باشند.

کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن (درصد) از معادله 2 به‌دست آمد (Moll et al., 1982):

معادله (2) $$NUpE = \frac{N_u}{N_f} \times 100$$

که در آن، N_u: نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه در قسمت هوایی (کیلوگرم در هکتار) و N_f مقدار نیتروژن کودی مصرف‌شده (کیلوگرم در هکتار) می‌باشند.

کارایی استفاده (کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده) که به کارایی تبدیل نیتروژن نیز موسوم است از معادله 3 محاسبه شد (Moll et al., 1982):

معادله (3) $$NUtE = \frac{GY_{fertilized} - GY_{unfertilized}}{N_u}$$

بهره‌وری جزئی نیتروژن که نسبت عملکرد دانه به میزان نیتروژن کودی مصرف شده است با استفاده از معادله 4 محاسبه شد (Cassman et al., 2002):

معادله (4) $$NPFP = \frac{GY}{N_f}$$

شاخص برداشت نیتروژن (درصد) که در حقیقت نسبتی از نیتروژن موجود در اندام هوایی است که به دانه‌ها منتقل شده است به کمک معادله 5 محاسبه شد.

معادله (5) $$NHI = \frac{N_g}{N_u} \times 100$$

که در آن، N_g: میزان نیتروژن جذب‌شده دانه و N_u: نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه در قسمت هوایی می‌باشند.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SAS[2] نسخه 9/2 استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. جهت برازش معادلات مربوطه نیز از نرم‌افزار Sigmaplot استفاده شد.

1- Partial factor productivity of nitrogen

2- Statistical Analysis System 9.2

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر ارقام و سطوح مختلف کود (جدول 3) نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد کاه‌وکلش، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ارقام مختلف ذرت به‌طور معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر رقم و سطوح کودی قرار گرفته است. درحالی‌که برهم‌کنش سطوح مختلف کودی و ارقام ذرت بر عملکرد دانه و بیولوژیک در سطح یک درصد و بر شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید امّا این برهمکنش بر عملکرد کاه‌وکلش معنی‌دار نشد (جدول 3).

جدول 3- تجزیه واریانس اثر ارقام و سطوح مختلف کودی بر عملکرد و شاخص برداشت ذرت

Table 3- Analysis of variance of the effect of different varieties and fertilizers levels on yield and harvest index of corn

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه وکلش Stover yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	31333013 **	54903318 **	106892433 **	239.3 **
سطوح کودی Fertilizer levels	7	92914730 **	106332450 **	385796424 **	77.4 **
اشتباه Error	14	350100 ns	6725112 ns	7777592 ns	14.8 ns
ارقام ذرت Corn cultivar	5	25458339 **	212938122 **	383044888 **	128.1 **
ارقام ذرت × سطوح کودی Corn cultivar × fertilizer levels	35	3646445 **	8807701 ns	15167806 **	34.3 *
اشتباه Error	80	412130	5633849	6360336	19.5
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	5.99	15.2	9.6	10.8

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and no significant, respectively.

اثرات رقم و کود بر عملکرد دانه و کاه‌وکلش

کاربرد کود نیتروژن و کود دامی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در تمام ارقام ذرت در مقایسه با شاهد گردید (جدول 4). میزان این افزایش در تمام ارقام یکسان نبود. در اغلب ارقام، کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با کود دامی باعث افزایش بیش‌تر عملکرد دانه گردید. در اغلب موارد بین مقادیر مشابه کود دامی و نیتروژن تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. در اغلب سطوح کودی، بیش‌ترین عملکرد دانه در رقم قدیمی 704 اندازه‌گیری شد و با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکردهای دانه در این رقم و با کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی (15609/3 کیلوگرم در هکتار) و کاربرد 200 کیلوگرم کود نیتروژن (14918/3 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب 58/2 و 53/7 درصد بیش‌تر بود. کم‌ترین عملکردهای دانه در رقم جدید 260 و در شرایط عدم کاربرد کود دامی (6106/7 کیلوگرم در هکتار) و کود نیتروژن (6299/1 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد.

با افزایش سطح کود نیتروژن از صفر به 300 کیلوگرم، بیش‌ترین افزایش عملکرد دانه در ارقام 500 و 705 به‌ترتیب به میزان 117 و 103 درصد به‌دست آمد. در حالی‌که این افزایش برای رقم قدیمی 704 تنها 34/8 درصد بود. از طرف دیگر با افزایش کود دامی از صفر به 30 تن در هکتار عملکرد دانه ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب 45/8، 62/4، 58/2، 82/2، 27/7 و 97/2 درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت که با توجه به این نتایج، ارقام 260 و 706 به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین افزایش عملکرد دانه را با افزایش کود دامی در مقایسه با شاهد نشان دادند. از طرف دیگر، به‌جز در رقم

جدید 706، در سایر ارقام بین سطوح مختلف کود دامی تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. این موضوع بیانگر واکنش مثبت رقم خیلی قدیمی 704 به کود دامی است. در مجموع با توجه به نتایج آزمایش ارقام 704 ، 705 و 500 نسبت به رقم زودرس 260 بیش‌ترین جذب نیتروژن و در نتیجه بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان داد که در هر سه محصول تحت بررسی (گندم، برنج و ذرت) تأثیر کودهای نیتروژنه بر افزایش عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار بوده است. هم‌چنین جعفری و همکاران (Jafari et al., 2019) با مقایسه ارقام مختلف گندم بیان داشتند که تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه در ارقام جدید و قدیم مشاهده نشد.

جدول 4- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر عملکرد دانه ذرت(کیلوگرم در هکتار)

Table 4- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on corn grain yield (kg.ha^{-1})

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivars					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0	6900.3 $^{s-u*}$	7185.9 $^{r-u}$	9705.7 $^{m-o}$	7638.4 $^{q-t}$	6719.3 ^{tu}	6299.1 ^{u}
	N_1	10277.0 $^{k-n}$	10439.7 $^{j-m}$	13148.2 $^{c-e}$	11961.8 $^{e-i}$	9031.7 ^{op}	11079.4 $^{i-l}$
	N_2	11829.9 $^{f-i}$	14510.7 ^{ab}	14918.3 ^{a}	11648.0 $^{g-i}$	10465.0 $^{j-m}$	12197.3 $^{d-i}$
	N_3	12594.1 $^{c-h}$	14586.6 ^{ab}	13082.1 $^{c-e}$	12973.2 $^{c-f}$	14584.3 ^{ab}	11417.4 $^{h-k}$
کود دامی Manure fertilizer	M_0	7669.6 $^{q-t}$	7223.4 $^{r-u}$	9865.3 $^{l-o}$	7280.3 $^{r-u}$	7955.0 $^{p-s}$	6106.7 ^{u}
	M_1	9949.9 $^{l-o}$	8967.6 ^{op}	11567.6 $^{g-j}$	9120.8 $^{n-p}$	10282.6 $^{k-n}$	8200.5 $^{p-r}$
	M_2	11820.9 $^{f-i}$	8750.9 $^{o-q}$	13548.1 ^{bc}	10402.8 $^{j-m}$	12755.7 $^{c-g}$	9866.7 $^{l-o}$
	M_3	11178.7 $^{i-k}$	11731.3 $^{g-i}$	15609.3 ^{a}	13267.0 ^{cd}	13740.9 ^{bc}	12040.4 $^{e-i}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

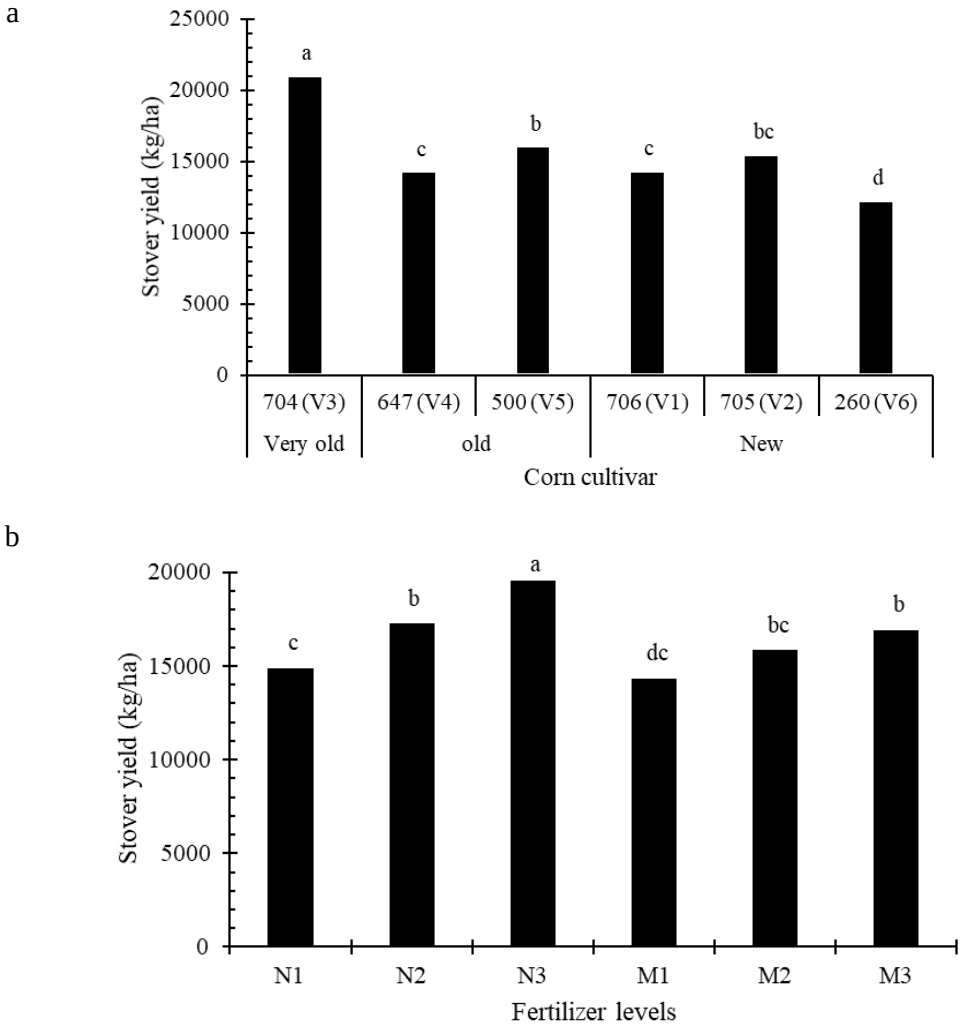
** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

در بین ارقام ذرت بیش‌ترین (21027/2 کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (12230/2 کیلوگرم در هکتار) عملکرد کاه‌وکلش به‌ترتیب در رقم خیلی قدیمی 704 و رقم جدید 260 به‌دست آمد. با افزایش سطح کود نیتروژن و دامی عملکرد کاه‌وکلش در مقایسه با شاهد افزایش یافت. این افزایش برای تمام مقادیر کود نیتروژن معنی‌دار بود درحالی‌که در مورد کود دامی تفاوت معنی‌داری بین 10 تن کود دامی و شاهد مشاهده نشد. در مجموع تأثیر کود نیتروژن در افزایش عملکرد کاه‌وکلش در مقایسه با کود دامی بیش‌تر بود. لذا بیش‌ترین عملکرد کاه‌وکلش در تیمار 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که با سایر سطوح کودی تفاوت معنی‌دار داشت (شکل 1 الف، ب).

اثرات رقم و کود بر عملکرد بیولوژیک

نتایج برهم‌کنش سطوح مختلف کود و ارقام ذرت نشان داد که بیش‌ترین (38543 کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین(15799 کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در رقم قدیمی 704 در شرایط کاربرد 30 تن کود دامی در هکتار و رقم جدید 706 در شرایط بدون کاربرد کود نیتروژن به‌دست آمد. در تمام ارقام به‌جز 705 و706، بین مقادیر مشابه کود دامی و نیتروژن تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. به عبارت دیگر کاربرد 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب اثر مشابه با کاربرد 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار داشت. در ارقام 705 و 706 کاربرد کود دامی نه تنها نتوانست عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با کود نیتروژن بهبود بخشد بلکه برخی سطوح کود دامی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با سطوح معادل کود نیتروژن گردید (جدول 5).

افزایش کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک ارقام مختلف گردید. براساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که در سطوح بالای کود نیتروژن، افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر افزایش ارتفاع ساقه و سطح برگ صورت گرفته است البته این افزایش تا سطح 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار روند معنی‌داری داشت و پس از آن با کاربرد مقادیر بیش‌تر تأثیر معنی‌داری در همه ارقام به‌استثنای رقم 500 نداشته است.



شکل 1- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف (الف) و سطوح کود (ب) بر عملکرد کاه‌وکلش در ذرت

Fig. 1- Means comparison of the effect of different varieties (a) and fertilizer levels (b) on Stover yield of corn

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

همچنین این نتایج بیانگر این موضوع است که ارقام جدید در مقایسه با رقم خیلی قدیمی 704 کودپذیری بیش‌تری دارند. کاربرد کود نیتروژن می‌تواند با توسعه رشد رویشی و دوام بیش‌تر سطح برگ وساقه، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه شود.

در آزمایشی دی پائولو و رینالدی (Di Paolo & Rinaldi, 2008) با بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط مدیترانه‌ای نشان دادند که کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک ذرت شد. امّا بین سطوح کودی 150 و 350 کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که این موضوع نشان‌دهنده کافی بودن سطوح پایین نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد بود.

در تمام سطوح کود دامی، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در رقم قدیمی 704 به‌دست آمد. به‌طوری‌که در شرایط عدم کاربرد کود دامی

و کاربرد 10 و 20 تن کود دامی در هکتار، عملکرد بیولوژیک رقم 704 به‌طور معنی‌دار از سایر ارقام بیش‌تر بود. در سطح 30 تن کود دامی در هکتار عملکرد بیولوژیک رقم 500 تفاوت معنی‌داری با رقم 704 نداشت. با افزایش سطح کود دامی، عملکرد بیولوژیک در ارقام مختلف ذرت افزایش یافت. در اغلب ارقام به‌جز رقم 704 در سایر ارقام با افزایش سطح کود دامی از صفر به 10 تن در هکتار عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌دار افزایش نیافت. کاربرد 20 تن کود دامی در هکتار باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در تمام ارقام مورد مطالعه به‌استثناء رقم 705، در مقایسه با شاهد گردید. افزایش کود دامی از 20 به 30 تن درهکتار تنها در ارقام 500 و 705 باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد. در مجموع کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب به‌میزان 34/5، 34/0، 39/5، 42/4، 72/9 و 47/5 درصد در مقایسه با شاهد گردید (جدول 5). نتایج مطالعات سایر محققان نیز حاکی از آن است که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان علوفه‌ای همانند ذرت می‌شود (Jacobs & Pearson. 1991؛ Keskin et al., 2005). علت این امر را می‌توان به نقش نیتروژن در رشد سبزینه‌ای گیاهان به‌خصوص در شرایط تعادل با رطوبت خاک نسبت داد. توربورت و همکاران (Torbert et al., 2001) اعلام داشتند که با افزایش سطح کود نیتروژن تا 168کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و جذب نیتروژن افزایش می‌یابد.

جدول 5- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر عملکرد بیولوژیک ذرت(کیلوگرم در هکتار)

Table 5- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on corn biological yield (kg.ha^{-1})

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0	15799 ^{r*}	19698 $^{o-r}$	27641 $^{f-k}$	18538 $^{p-r}$	20215 $^{n-r}$	16808 ^{qr}
	N_1	24431 $^{h-o}$	25666 $^{g-m}$	32738 $^{b-e}$	25573 $^{g-m}$	24915 $^{h-n}$	22377 $^{l-p}$
	N_2	30228 $^{c-g}$	32747 $^{b-e}$	38203 ^{a}	28239 $^{e-i}$	26852 $^{g-l}$	23427 $^{i-p}$
	N_3	33089 $^{b-d}$	37324 ^{ab}	38211 ^{a}	27846 $^{f-k}$	34672 $^{a-c}$	26023 $^{g-m}$
کود دامی Manure fertilizer	M_0	18510 $^{p-r}$	20089 $^{n-r}$	27622 $^{f-k}$	20271 $^{n-r}$	20112 $^{n-r}$	17375 ^{qr}
	M_1	22960 $^{k-p}$	23152 $^{j-p}$	32246 $^{c-e}$	21298 $^{m-q}$	24044 $^{h-o}$	20170 $^{n-r}$
	M_2	26891 $^{g-l}$	21636 $^{m-q}$	34457 $^{a-c}$	28041 $^{e-j}$	28507 $^{d-h}$	23245 $^{i-p}$
	M_3	24903 $^{h-n}$	26910 $^{g-l}$	38543 ^{a}	28876 $^{d-h}$	34769 $^{a-c}$	25624 $^{g-m}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

اثرات رقم و کود بر شاخص برداشت

شاخص برداشت از جمله صفات مطلوب جهت مقایسه و ارزیابی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ذرت با تغییرات میزان نیتروژن می‌باشد. بررسی اثر برهم‌کنش کود و رقم بر شاخص برداشت نشان می‌دهد که بیش‌ترین (52/07 درصد) و کم‌ترین (33/633 درصد) شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به رقم 260 در شرایط کاربرد 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و رقم 500 در شرایط عدم کاربرد کود بود (جدول 6). نتایج این آزمایش نشان داد که در تمام ارقام به‌جز رقم 260 تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کود نیتروژن و دامی مشاهده نشد. با این وجود در اغلب ارقام به‌جز رقم‌های 647 و 500، کاربرد 30 تن کود دامی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در مقایسه با 300 کیلوگرم کود نیتروژن گردید.

با افزایش سطح کود دامی، شاخص برداشت ارقام مختلف ذرت افزایش یافت، این افزایش برای ارقام 706، 704 و 500 معنی‌دار نبود (جدول 6). در تمام ارقام به‌استثناء رقم 500، کم‌ترین و بیش‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب در سطوح صفر و 30 تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد. افزایش کود دامی از صفر به 30 تن در هکتار باعث افزایش شاخص برداشت در ارقام 706، 705، 704، 647 و 260 به‌ترتیب به‌میزان 8/1، 20/3، 13/8، 27/5 و 33/2 درصد گردید. درحالی‌که افزایش کود دامی از 20 به 30 تن در هکتار باعث کاهش

شاخص برداشت رقم 500 گردید. در سطوح پایین کود دامی (صفر و 10 تن کود دامی در هکتار) بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب در ارقام 706 و 704 تعیین شد. درحالی‌که در سطوح متوسط کود دامی (20 تن در هکتار) بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت به‌ترتیب در ارقام 500 و 647 اندازه‌گیری شد.

به نظر می‌رسد که از جمله دلایل معنی‌دار نشدن شاخص برداشت تحت تأثیر سطوح مختلف کود در این آزمایش مشابه بودن تغییرات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت به سطوح کاربرد بوده است. اغلب محققین در برنامه‌های به‌نژادی، عملکرد بالاتر ارقام جدید ذرت را در مقایسه با ارقام قدیمی به شاخص برداشت بالاتر آن‌ها نسبت داده اند. این پژوهشگران اظهار داشتند که این افزایش در شاخص برداشت به‌دلیل تسهیم بیش‌تر مواد پرورده از اندام‌های رویشی به دانه‌ها و هم‌چنین افزایش عملکرد دانه روی داده است (Lee & Tollenaar, 2007; Chen & Mi, 2012) که این نتایج برخلاف یافته‌های این پژوهش است به‌طوری‌که پژوهش کنونی نشان می‌دهد که عملکرد ارقام قدیمی در مقایسه با ارقام جدید بالاتر بوده و شاخص برداشت پایین‌تر است که این موضوع می‌تواند به‌دلیل تخصیص بیش‌تر مواد پرورده در ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی است. در تأیید نتایج این پژوهش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) با بررسی فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات بیان نمودندکه در خصوص شاخص برداشت در هر سه محصول گندم، برنج و ذرت تفاوت چندانی بین میانگین تیمارهای کودی و تیمار شاهد مشاهده نشد.

جدول 6- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر درصد شاخص برداشت ذرت

Table 6- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on corn harvest index percent

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0	44.1 a-h*	37.1 e-j	35.6 h-j	41.5 b-j	33.6 j	40.2 c-j
	N_1	42.0 b-j	40.6 c-j	40.4 c-j	47.0 a-d	36.3 f-j	49.7 ab
	N_2	39.1 c-j	44.4 a-h	39.1 c-j	41.3 b-j	39.0 c-j	52.1 a
	N_3	38.1 d-j	39.1 c-j	34.2 ij	48.0 a-c	42.1 b-j	44.4 a-h
کود دامی Manure fertilizer	M_0	41.9 b-j	36.4 f-j	35.8 h-j	36.0 g-j	39.8 c-j	35.8 h-j
	M_1	43.7 b-i	38.7 d-j	36.3 f-j	42.7 b-i	42.9 b-i	40.5 c-j
	M_2	44.0 a-h	40.6 c-j	39.4 c-j	37.4 e-j	45.0 a-g	42.4 b-j
	M_3	45.2 a-f	43.8 a-h	40.7 c-j	45.9 a-e	39.6 c-j	47.7 a-c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

شاخص‌های کارایی نیتروژن

همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس نشان داده شده است، سطوح کودی و ارقام ذرت به‌ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف نیتروژن و کارایی استفاده از نیتروژن داشته است. هم‌چنین نوع کود و رقم و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر کارایی جذب نیتروژن ذرت داشت. نتایج این جدول بیانگر تأثیر معنی‌دار رقم و سطوح کودی و برهم‌کنش آن‌ها بر بهره‌وری جزئی نیتروژن ذرت در سطح آماری یک درصد می‌باشد. سطوح مختلف کود و برهمکنش کود با رقم اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن نداشت در حالی‌که اثر رقم بر این صفت ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 7).

اثرات رقم و کود بر کارایی مصرف نیتروژن

در این آزمایش اثر برهم‌کنش رقم و کود بر کارایی مصرف نیتروژن ارقام مختلف ذرت از نظر آماری معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیش‌ترین (48/8 کیلوگرم بر کیلوگرم) و کم‌ترین (8/77 کیلوگرم بر کیلوگرم) مقدار این شاخص به‌ترتیب در رقم جدید 260 با کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و رقم 705 با کاربرد 20 تن کود دامی

در هکتار مشاهده شد. در اغلب ارقام به‌طور میانگین سطوح 100 و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطوح مشابه کود دامی (به‌ترتیب 10 و 20 تن در هکتار) کارایی مصرف بالاتری را داشته درحالی‌که کارایی مصرف در بالاترین سطح کود دامی (30 تن در هکتار) نسبت به مقدار مشابه کود نیتروژن افزایش یافت که این افزایش برای رقم 704 معنی‌دار بود (جدول 8).

جدول 7 - تجزیه واریانس اثر ارقام ذرت و سطوح مختلف کودی بر شاخص‌های کارایی ذرت

Table 7- Analysis of variance of the effect of different varieties and fertilizers levels on efficiency indices of corn

منابع تغیرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		کارایی مصرف نیتروژن NUE	کارایی جذب نیتروژن NUpE	کارایی استفاده از نیتروژن NUtE	بهره‌وری جزئی نیتروژن NPFP	شاخص برداشت نیتروژن NHI
تکرار Replication	2	100.21 *	76.67 ns	368.73 *	1152.83 **	455.18 **
سطوح کودی Fertilizer levels	5	578.96 **	1374.76 **	336.49 **	14612.05**	21.31 ns (df: 7)
اشتباه Error	10	8.41 ns	430.95 ns	57.83 ns	57.51 *	25.16 ns (df: 14)
ارقام ذرت Corn cultivar	5	45.09 *	962.06 **	246.13 *	782.21 **	660.33 **
ارقام ذرت × سطوح کودی Corn cultivar × fertilizer levels	25	180.77 **	961.30 **	126.33 ns	218.72 **	41.52 ns (df: 35)
اشتباه Error	60	29.99	283.80	94.03	25.81	29.41 (df: 80)
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	22.83	21.87	34.05	6.94	9.99

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and no significant, respectively.

در بین سطوح مختلف کود نیتروژن، بیش‌ترین کارایی مصرف در ارقام مورد مطالعه به‌استثنای رقم 705 هنگام کاربرد 100 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در مقابل، کم‌ترین میزان این شاخص در همه ارقام به‌استثنای رقم 500 در سطح کودی 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (بالاترین میزان مصرف کود) به‌دست آمد. از طرف دیگر، شاخص کارایی مصرف نیتروژن در همه ارقام به‌استثنای رقم 500 بین کم‌ترین و بیش‌ترین سطح کاربرد اختلاف معنی‌داری داشت. به نظر می‌رسد که دلیل کاهش شاخص کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مقدار کود عمدتاً ناشی از این مسأله باشد که رابطه بین مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد دانه خطی نیست. به عبارت دیگر با افزایش کاربرد کود نیتروژن به همان میزان عملکرد دانه بهبود نمی‌یابد. هم‌چنین بالا بودن کارایی مصرف در ارقام جدید 260، 705 و 647 نسبت به رقم قدیمی 704 نشان‌دهنده این موضوع است که نیتروژن جذب شده توسط این ارقام در طی فصل رشد نسبت به رقم 704 کم‌تر بوده ولی عملکردی مشابه با رقم 704 تولید نموده‌اند که این امر منجر به کارایی بیش‌تر این ارقام در مصرف نیتروژن شده است.

با افزایش سطح کود دامی، شاخص کارایی مصرف نیتروژن در ارقام 706، 705 ، 500 و 260 کاهش و در ارقام 704 و 647 افزایش یافت (جدول 8). افزایش کود دامی از 10 به 30 تن در هکتار باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن در ارقام 706، 705 و 500 به‌ترتیب به میزان 51/4، 14/5 و 27/6 درصد گردید. در بین سطوح کود دامی بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن (5/ 33 کیلوگرم بر کیلوگرم) در رقم 500 و با کاربرد 10 تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد

درحالی‌که کم‌ترین میزان این صفت (8/77) در رقم 705 و در سطح کود دامی 20 تن در هکتار مشاهده شد. در هر سه سطح کود دامی بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در رقم 500 اندازه‌گیری شد (جدول 8).

در مطالعه‌ای هاگینز و پن (Huggins & Pan, 2003) دریافتند که در سطوح بالای مصرف کود نیتروژن، جذب نیتروژن در دسترس به‌آهستگی کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن شود. هم‌چنین گزارش شده که اگرچه در سطوح بالای کود نیتروژن، میزان جذب نیتروژن اندکی افزایش می‌یابد، ولی در مقابل شاخص کارایی حفظ نیتروژن در خاک به‌شدت کاهش یافته که نتیجه این موضوع در نهایت کاهش شاخص کارایی مصرف نیتروژن را به‌دنبال دارد (Dawson et al., 2008). هم‌چنین مطالعه رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimizadeh et al., 2010) نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافته و بیش‌ترین کارایی مصرف در تناوب گندم- ذرت بود.

جدول 8- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر کارایی مصرف نیتروژن

Table 8- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on nitrogen use efficiency of corn

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0						
	N_1	29.93 $^{c-f*}$	32.37 $^{c-e}$	33.63 ^{cd}	45.00 ^{ab}	16.93 $^{g-j}$	48.76 ^{a}
	N_2	22.73 $^{e-h}$	36.53 ^{bc}	25.67 $^{d-h}$	20.93 $^{f-i}$	15.63 $^{g-j}$	29.97 $^{c-f}$
	N_3	17.70 $^{g-j}$	24.60 $^{d-h}$	11.00 ^{ij}	18.37 $^{g-j}$	24.17 $^{d-h}$	17.40 $^{g-j}$
کود دامی Manure fertilizer	M_0						
	M_1	30.30 $^{c-f}$	20.03 $^{f-i}$	20.23 $^{f-i}$	18.87 $^{g-j}$	33.50 ^{cd}	22.73 $^{e-h}$
	M_2	25.80 $^{d-g}$	8.77 ^{j}	21.37 $^{f-i}$	16.73 $^{g-j}$	30.77 $^{c-f}$	20.80 $^{f-i}$
	M_3	14.73 $^{h-j}$	17.13 $^{g-j}$	22.07 $^{e-h}$	22.00 $^{e-h}$	24.27 $^{d-h}$	22.10 $^{e-h}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

اثرات رقم و کود بر کارایی جذب نیتروژن

نتایج اثر بر هم‌کنش رقم و کود بر کارایی جذب نیتروژن ذرت در جدول 9 نشان داده شده است. بیش‌ترین (111/47) و کم‌ترین (35/37) کارایی جذب نیتروژن به‌ترتیب در رقم 705 همراه با کاربرد 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و رقم 706 همراه با کاربرد 30 تن کود دامی مشاهده شد. در اغلب ارقام (به‌جز ارقام 500 و 647) کاربرد کود دامی در سطوح 20 و 30 تن در هکتار باعث کاهش کارایی جذب در مقایسه با سطوح مشابه کود نیتروژن گردید که این کاهش در ارقام 705 و 706 معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان کاهش مربوط به رقم 705 بود. به‌طوری‌که کاربرد مقادیر 10، 20 و 30 تن در هکتار کود دامی باعث کاهش کارایی جذب نیتروژن به‌ترتیب به‌میزان 20، 73/1 و 42/8 درصد در مقایسه با کاربرد 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در این رقم گردید.

با افزایش سطح کود نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن در ارقام 260 و 647 کاهش و در سایر ارقام افزایش یافت. در هر سطح کود نیتروژن بیش‌ترین کارایی جذب در رقم 705 مشاهد شد. کم‌ترین کارایی جذب در سطوح 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب در ارقام 704، 647 و 260 به‌دست آمد. در بیش‌تر موارد کود دامی نتوانست باعث بهبود کارایی جذب در مقایسه با سطوح معادل کود نیتروژن شود. با افزایش سطح کود دامی کارایی جذب نیتروژن در ارقام 706، 705 و 260 کاهش و در ارقام 704، 647 و 500 افزایش یافت. در سطوح کود دامی 10، 20 و 30 تن در هکتار، بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن به‌ترتیب در ارقام 500، 647 و 500 مشاهده شد (جدول 9).

تری (Terry, 2008) بیان نمود که کاربرد سطح بهینه نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن در اندام‌های هوایی گیاهان خواهد شد.

برای مثال کل نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه ذرت حدود 184 کیلوگرم نیتروژن در هکتار است که 146 کیلوگرم نیتروژن در هکتار آن از خاک و 38 تا از کود نیتروژن می‌باشد. نیتروژن دانه 56 درصد از 184 کیلوگرم نیتروژن در هکتار یا به‌عبارتی 103 کیلوگرم نیتروژن در هکتار خواهد بود که معادل با مقدار نیتروژن مصرفی است. علاوه‌براین، لوگوئی و همکاران (Le Gouis et al., 2000) دریافتند که بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص کارایی جذب نیتروژن در گندم به‌ترتیب در تیمارهای شاهد همراه با بیش‌ترین سطح کاربرد نیتروژن به‌دست آمد. لوپز بلیدو و لوپز بلیدو (Lopez–Bellido & Lopez–Bellido, 2001) نیز گزارش دادند که در سه سال متوالی با افزایش کاربرد کود نیتروژن در گیاه گندم،کارایی جذب نیتروژن 11 درصد کاهش یافت. کارآیی جذب نیتروژن وابستگی زیادی به سیستم ریشه‌ای و توانایی جذب نیتروژن از خاک دارد (Ma et al., 1999; Bänzinger et al., 2000). شفیع و همکاران (Shafi et al., 2007) گزارش کردند که یکی از راه‌های بهبود کارایی جذب نیتروژن در ذرت، اصلاح واریته‌هایی با سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر است.

جدول 9- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر کارایی جذب نیتروژن ذرت

Table 9- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on nitrogen uptake efficiency of corn

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0						
	N_1	84.03 a-f*	100.43 a-c	75.00 b-g	92.83 a-e	74.03 b-g	89.47 a-e
	N_2	91.60 a-e	111.47 a	86.93 a-e	71.77 b-g	74.70 b-g	72.87 b-g
	N_3	92.77 a-e	105.50 ab	75.30 b-g	67.73 c-h	99.20 a-c	62.70 e-h
کود دامی Manure fertilizer	M_0						
	M_1	83.90 a-f	80.40 a-f	51.20 f-h	44.73 gh	84.80 a-f	74.80 b-g
	M_2	79.23 a-f	38.57 h	52.60 f-h	97.53 a-d	91.10 a-e	65.17 d-h
	M_3	35.37 h	62.67 e-h	65.00 d-h	77.63 b-g	99.17 a-c	61.27 e-h

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

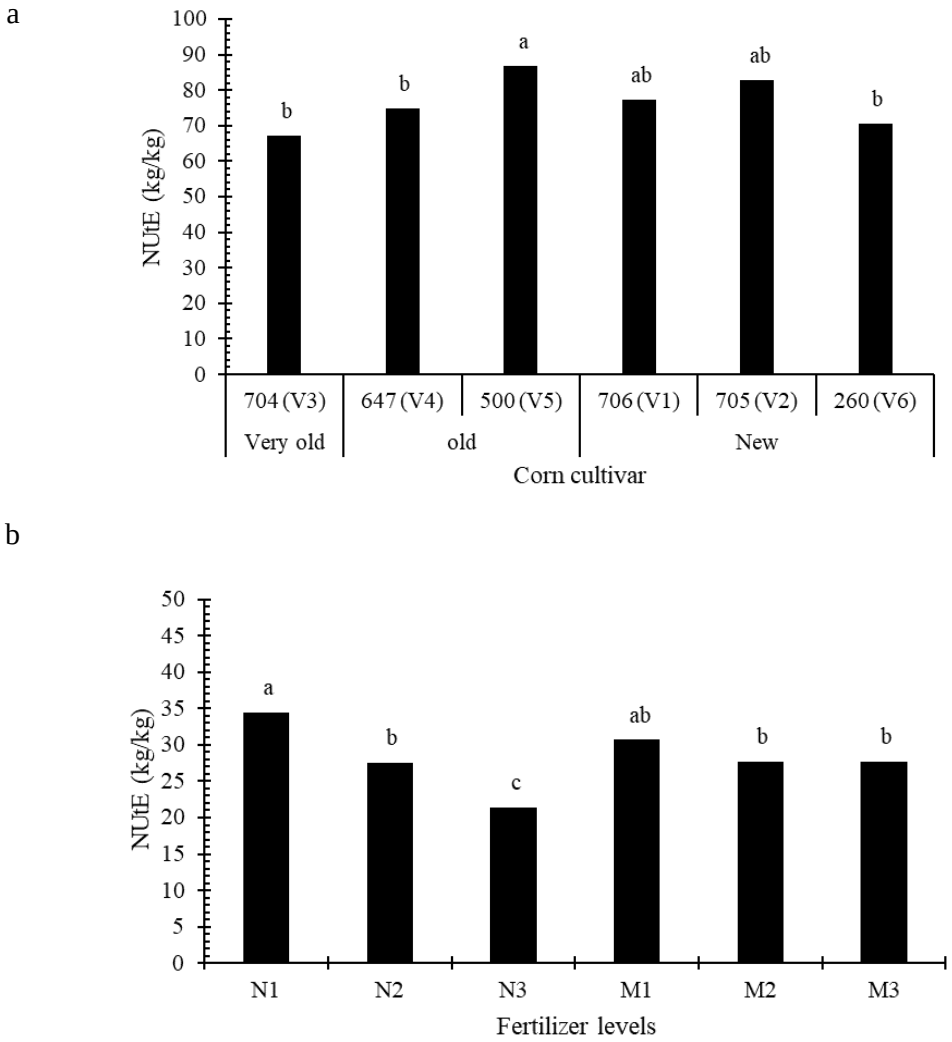
** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

اثرات رقم و کود برکارایی استفاده از نیتروژن

اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و ارقام ذرت بر کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار شد درحالی‌که اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول 7). بیش‌ترین کارایی استفاده از نیتروژن (34/82 کیلوگرم بر کیلوگرم) در رقم جدید هیبرید 260 مشاهده شد هر چند دو رقم خیلی قدیمی 704 و 647 با آن تفاوت معنی‌دار نداشتند. از طرف دیگر کم‌ترین میزان کارایی استفاده از نیتروژن (24/66 کیلوگرم بر کیلوگرم) در رقم قدیمی 500 به‌دست آمد و به‌جز رقم جدید 260 سایر ارقام با آن تفاوت معنی‌دار داشتند (شکل 2 الف).

با افزایش سطوح نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن کاهش معنی‌داری را نشان داد و این کاهش در رابطه با مصرف کود نیتروژن چشمگیر بود و بین هر سه سطح کود نیتروژن تفاوت معنی‌دار مشاهده شد به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب در سطوح کودی 100 و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (شکل 2 ب). کاربرد 200 و 300 کیلوگرم کود نیتروژن باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب به‌میزان 20/0 و 37/8 درصد در مقایسه با سطح کودی 100 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار گردید. مشابه این نتایج، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در سطوح بالای کود نیتروژن درصد کم‌تری از کود به‌کار رفته توسط گیاه جذب می‌شود. در بین سطوح مختلف کود دامی بیش‌ترین کارایی استفاده هنگام کاربرد 10 تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد به‌طوری‌که با تیمار 100 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌دار نداشت. افزایش سطح کود دامی اگرچه باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن شد، ولی این کاهش معنی‌دار نبود. در برخی مطالعات گزارش شده که با افزایش در مقدار نیتروژن مصرفی،

علی‌رغم افزایش در عملکرد دانه، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش یافت (Delogu et al., 1998; Huggins & Pan, 2003; Lopez–Bellido & Lopez–Bellido, 2001). شایان ذکر است زمانی‌که فراهمی نیتروژن محدود است، توانایی جذب نیتروژن عامل مهمی برای ارقام مختلف محسوب شده که با خصوصیات ریشه گیاه در ارتباط است، زیرا توانایی گیاه در جستجوی نیتروژن درون خاک و جذب آن را بهبود می‌بخشد.



شکل2- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف (الف) و سطوح کود (ب) بر کارایی استفاده از نیتروژن ذرت

Fig. 2- Means comparison of the effect of different varieties (a) and fertilizer levels (b) on NUtE of corn

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

امّا در شرایطی که نیتروژن عامل محدودکننده نباشد شاخص‌های کارایی استفاده از نیتروژن و شاخص برداشت بسیار تعیین‌کننده خواهد بود. زیرا فراهمی نیتروژن برای هر گیاه مستقل از کارایی سیستم ریشه آن خواهد بود. دلوگو و همکاران (Delogu et al., 1998) بیان

نمودند که در نواحی با نیتروژن کم، جو زمستانه شاخص کارایی استفاده از نیتروژن بیش‌تری از گندم زمستانه داشت. به‌علاوه شاخص کارایی استفاده از نیتروژن همبستگی بالای با شاخص برداشت نیتروژن داشت. این مسأله نشان می‌دهد که بخش زیادی از نیتروژن موجود در دانه در مرحله رسیدگی تأمین شده است.

اثرات رقم و کود بر بهره‌وری جزئی نیتروژن

برهم‌کنش سطوح مختلف کود (کود نیتروژن و دامی) و ارقام مختلف ذرت بر بهره‌وری جزئی نیتروژن در جدول 10 نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، در اغلب موارد اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر بهره‌وری جزئی مشابه با اثر سطوح معادل کود دامی بود. بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در رقم 704 و در شرایطی که 100 کیلوگرم نیتروژن و یا 10 تن کود دامی در هکتار و به‌ترتیب به‌میزان 131/5 و 131/4 به‌دست آمد که به‌طور معنی‌دار با سایر تیمارها تفاوت داشت. کم‌ترین بهره‌وری جزئی در تمام ارقام در بالاترین سطح کود نیتروژن و دامی به‌دست آمد. در حالی‌که بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در پایین‌ترین سطح کود نیتروژن و دامی مشاهده شد (جدول 10).

با افزایش سطح کود نیتروژن از 100 به 300 کیلوگرم در هکتار، بهره‌وری جزئی نیتروژن در ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب به‌میزان 59/2، 53/4، 66/8، 36/6، 46/2 و 65/6 درصد کاهش یافت. بنابراین نتایج، کم‌ترین مقدار بهره‌وری جزئی (38/03) در رقم جدید 260 و در بالاترین سطح کود نیتروژن به‌دست آمد. در سطوح 100 و 200 کیلوگرم کود نیتروژن بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در رقم قدیمی 704 مشاهده شد؛ درحالی‌که در بالاترین سطح کود نیتروژن این برتری به ارقام جدید 705 و 500 تعلق داشت (جدول 10).

افزایش سطح کود دامی باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری جزئی در تمام ارقام مورد مطالعه شد (جدول 10). به‌طوری‌که در بین سطوح مختلف کود دامی بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین این صفت به‌ترتیب با کاربرد 10 و 30 تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد. از طرف دیگر افزایش کود دامی از 10 به 30 تن در هکتار باعث کاهش بهره‌وری جزئی ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب به میزان 62/5، 56/4، 55/0، 51/5، 55/4 و 51/1 درصد شد. در بین تمام سطوح کود دامی بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در رقم قدیمی 704 مشاهده شد درحالی‌که کم‌ترین بهره‌وری جزئی در سطوح کود دامی 10، 20 و 30 تن در هکتار به‌ترتیب در ارقام جدید 260، 705 و 706 به‌دست آمد (جدول 10). برخلاف این نتایج در مطالعه‌ای که توسط کوی و همکاران (Cui et al., 2009) بر روی ذرت انجام شد، در شرایط یکسان کاربرد کود نیتروژن، میزان بهره‌وری جزئی نیتروژن در رقم جدید به‌طور معنی‌دار در مقایسه با رقم قدیمی بیش‌تر بود.

لوپز بلیدو و لوپز بلیدو (Lopez–Bellido & Lopez–Bellido, 2001) در آزمایشی سه‌ساله تحت عنوان کارایی نیتروژن گندم در شرایط مدیترانه‌ای تحت تأثیر انواع شخم، تناوب زراعی و سطوح مختلف نیتروژن بیان داشتند که شاخص کارایی بهره‌وری نیتروژن تفاوت معنی‌داری (یک درصد) را در سطوح مختلف نیتروژن نشان داد. این شاخص کارایی در بالاترین سطح کاربرد نیتروژن نسبت به کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حدود 46/94 درصد کاهش داشت.

اثرات رقم و کود بر شاخص برداشت نیتروژن

بیش‌ترین (58/16 درصد) و کم‌ترین (50/98 درصد) شاخص برداشت نیتروژن به‌ترتیب در ارقام 260 (رقم جدید) و 704 (رقم خیلی قدیمی) مشاهد شد. هم‌چنین دو رقم 705 (رقم جدید) و 500 (رقم قدیمی) پس از رقم 704 کم‌ترین شاخص برداشت نیتروژن را داشتند (شکل 3). نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات شاخص برداشت نیتروژن در سال‌های اخیر (بین 1980 تا 2015) بیانگر این موضوع کلیدی است که بین سال آزادسازی رقم و میزان شاخص برداشت نیتروژن همبستگی مثبت جزئی وجود دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از اهداف اصلی اصلاح‌گران ذرت در دهه‌های اخیر، معرفی ارقامی بوده است که دارای شاخص برداشت نیتروژن بیش‌تری باشند (شکل 4). آینه‌بند و همکاران (Aynehband et al., 2010) با بررسی چهار رقم گندم گزارش داده‌اند که شاخص برداشت نیتروژن در رقم جدید دز تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام داشت. در آزمایشی دیگر مشخص شد که اختلاف ژنتیکی در گونه‌های مختلف غلات دانه‌ریز به‌لحاظ شاخص برداشت نیتروژن وجود دارد و مقادیر بالای این شاخص با سطوح پایین کودی و هم‌چنین ارقام جدید در ارتباط است (Muurinen et al., 2007) که مشابه نتایج داوسون و همکاران (Dawson et al., 2008) است.

جدول 10- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر بهره‌وری جزئی نیتروژن ذرت

Table 10- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on partial factor productivity of nitrogen of corn

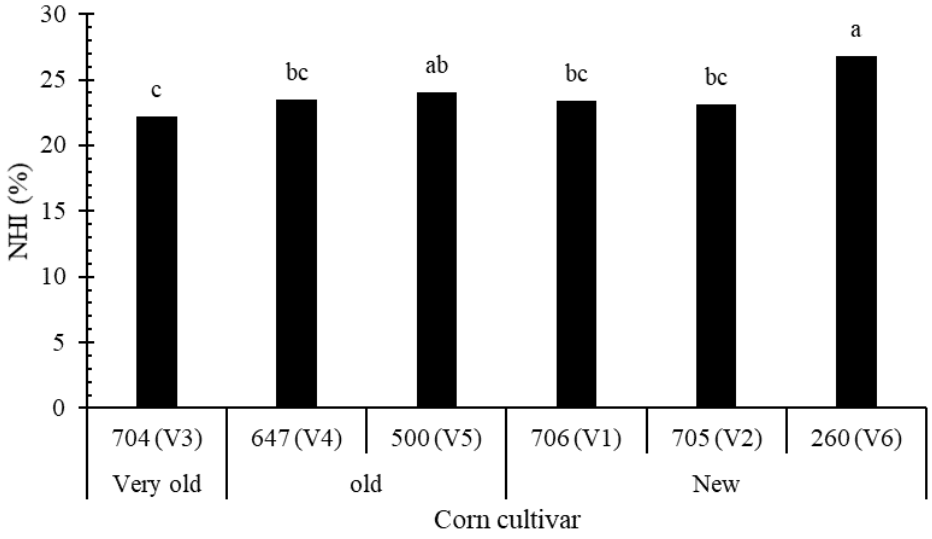
عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0						
	N_1	102.77 ^{d*}	104.37 ^{cd}	131.5 ^{a}	119.63 ^{b}	90.33 ^{e}	110.7 $^{b-d}$
	N_2	59.13 $^{h-j}$	72.57 ^{fg}	74.57 ^{fg}	58.23 $^{h-k}$	52.30 $^{i-l}$	61.00 ^{hi}
	N_3	41.97 ^{no}	48.63 $^{k-n}$	43.60 $^{l-o}$	43.27 $^{l-o}$	48.633 $^{k-n}$	38.03 ^{o}
کود دامی Manure fertilizer	M_0						
	M_1	113.07 ^{bc}	101.90 ^{d}	131.43 ^{a}	103.63 ^{d}	116.83 ^{b}	93.20 ^{e}
	M_2	67.13 ^{g}h	49.70 $^{j-n}$	77.00 ^{f}	59.13 $^{h-j}$	72.50 ^{fg}	56.07 $^{i-k}$
	M_3	42.37 $^{m-o}$	44.43 $^{l-o}$	59.13 $^{h-j}$	50.27 $^{j-n}$	52.07 $^{i-m}$	45.60 $^{l-o}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

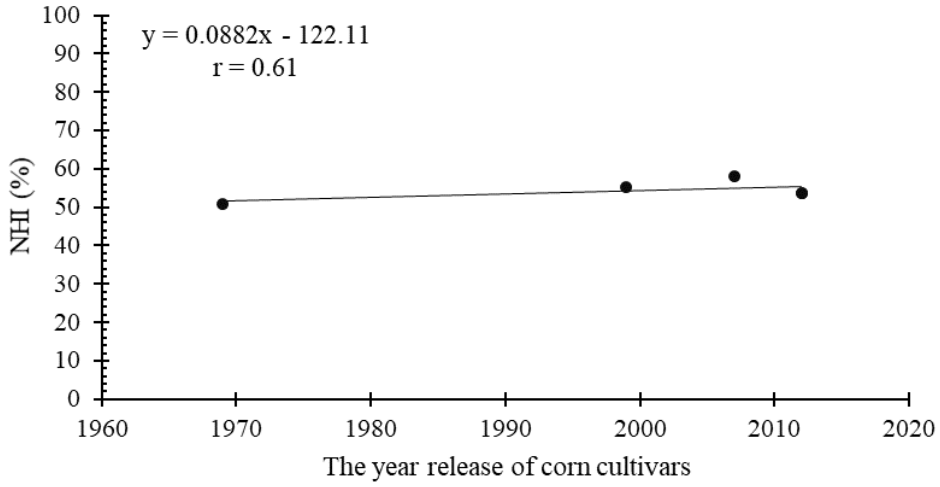
** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.



شکل 3- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف (الف) و سطوح کود (ب) بر شاخص برداشت نیتروژن ذرت

Fig. 3- Means comparison of the effect of different varieties and fertilizer levels on nitrogen harvest index of corn



شکل 4- روند شاخص برداشت نیتروژن تحت تأثیر سال آزاد سازی ارقام ذرت
Fig. 4- Nitrogen harvest index trends as affected by year release of corn cultivars

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی‌های مصرف نیتروژن، جذب و استفاده از نیتروژن به طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و سطوح کودی قرار گرفت. هم‌چنین اثر رقم بر شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار بوده امّا این شاخص تحت تأثیر سطوح و نوع کود قرار نگرفت. اگرچه با اصلاح ارقام عملکرد دانه کاهش یافت امّا عملکرد کاه‌وکلش، بیولوژیک و شاخص برداشت افزایش یافت. نتایج شاخص‌های کارایی نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت نیتروژن به‌ترتیب در رقم جدید 260 و رقم قدیمی 704 مشاهده شد، ولی از نظر آماری بین این ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده شد درحالی‌که سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نداشتند. با افزایش مقادیر کود نیتروژن، کارایی مصرف،کارایی استفاده از نیتروژن و بهره‌وری جزئی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، امّا با افزایش مصرف کود دامی این روند فقط در کارایی مصرف و بهره‌وری جزئی مشاهده گردید. با توجه به نتایج آزمایش نمی‌توان با قاطعیت بیان نمود که اصلاح ارقام ذرت در چهار دهه اخیر در ایران منجر به بهبود شاخص‌های کارایی نیتروژن و به تبع آن استفاده کارآمد از انواع کودها گردیده است.

منابع

Aynehband, A., Asadi, S., and Rahnama, A. 2014. Nitrogen use efficiency assessment under intra- and inter-specific competitions stress. Journal of Plant Physiology and Breeding 4(2): 9–21. (In Persian with English Summary)

Aynehband, A., Sabet, M., and Moezi, A.A. 2010. The comparsion of nitrogen use efficiencies in old and modern wheat cultivars: agroecological results. American–Eurasian Journal of Agriculture Environmental Science 10(4): 574–586.

Bänzinger, M., Edmeades, G.O., and Beck, D. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: from Theory to Practice Mexico: International Maize and Wheat Improvement Center. pp. 66.

Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., and Hawkesford, M.J. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. European Journal of Agronomy 33: 1–11.

Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Total nitrogen. In: Page A.L, Miller R.H., Keeny D.R. Methods of Soil Analysis Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. pp. 1119–1123

Cassman, K.G., Doberman, A., and Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. Ambio 31:132-140.

Chen, F., and Mi, G. 2012. Comparison of nitrogen accumulation and nitrogen utilization efficiency between elite inbred lines and the landraces of maize. Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science 62: 565–569

Chen, F.J., Mi, G.H., and Zhang, F.S. 2009. Breeding of nitrogen use efficiency on maize cultivar Zhongnong 99 (in Chinese). Crops 6: 103–104.

Chen, X., Zhou, J., Wang, X., Blackmer, A.M., and Zhang, F. 2004. Optimal rates of nitrogen fertilization for a winter wheat-corn cropping system in Northern China. Communication of Soil Science and Plant Analysis 35: 583–597.

Cui, Z.L., Zhang, F.S., Mi, G.H., Chen, F.J., Li. F., Chen, X.P., Li, J.L and Shi, L.F. 2009. Intraction between genotypic difference and nitrogen management strategy in determining nitrogen use efficiency of summer maize. Plant and Soil 317: 267- 276.

Dawson Julie, C., Huggins, D.R., and Jones Stephen, S. 2008. Review characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low–input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89–101.

Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Flacis, D., Maggiore, T., and Stanca, A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9: 11–20.

Di Paolo, E., and Rinaldi, M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crop Research 105: 202–210.

Dobermann, D.I., and Cassman, K.G. 2004. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production of United States and Asia. Plant and Soil 247: 153–175.

Duvick, D.N. 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). Advances in Agronomy 86: 83–145.

Huggins, D.R. and Pan, W.L. 2003. Key indicators for assessing nitrogen use efficiency in cereal–based agroecosystems. Journal Crop Production 8: 157–185.

Jacobs, B.C., and Pearson, C.J. 1991. Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears. Field Crops Research 27: 281-298.

Jafari, L., Koocheki, A., and Nassiri-Mahallati, M. 2019. Evaluation of nitrogen efficiency for cereal Crop cultivars in Iran based on the historical course of their release: 1- wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 11 (2): 655-671. (In Persian with English Summary)

Keskin, B., Akdeniz, H., Yilmazand, I.H., and Uran, N.T. 2005. Yield and quality of forage corn (*Zea mays* L.) as influenced by cultivar and nitrogen rate. Journal of Agronomy 4: 138-141.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mansory, A., and Moradi, R. 2012. Investigation of flow and nitrogen use efficiency in wheat production and consumption cycles (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in Iran. Journal of Agroecology 4(3): 192-200. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri, M., Bakhshaie, S. and Davodi, A. 2015. A Meta Analysis on Nitrogen Fertilizer Experiments on Cereal Crops in Iran. Journal of Agroecology. (Article under press).

Le Gouis, J., Béghin, D., Heumez, E., and Pluchard, P. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. European Journal of Agronomy 12: 163–173.

Lee, E.A., and Tollenaar, M. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. Crop Science 47: S202–S215.

Lopez–Bellido, R.J., and Lopez–Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research 71: 31–46.

Ma, B.L., Dwyer, L.M., and Gregorich, E.G. 1999. Soil nitrogen amendment effects on nitrogen uptake and grain yield of maize. Agronomy Journal 91: 650–656.

Mi, G.H., Liu, J.A., and Zhang, F.S. 1998. Analysis on agronomic nitrogen efficiency and its components of maize hybrids (in Chinese). Journal of China Agricultural University 3: 97–104.

Moll, R.H., Kamprath, E.J., and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562–564.

Muchow, R.C. 1998. Nitrogen utilization efficiency in maize and grain sorghum. Field Crops Research 56, 209–216.

Muurinen, S., Kleemola, J., and Peltonen–Sainio, P. 2007. Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. Agronomy Journal 99: 441–447.

Pollmer, W.G., Eberhard, D., and Klein, D. 1978. Studies on maize hybrids involving inbred lines with varying protein

content. Z Pflanzenzuecht 80: 142–148.

Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Faizabadi, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigation of nitrogen use efficiency in wheat-based double croppingsystems under different rate of nitrogen and return of crop residue. Agricultural Science and natural Research 3(3): 125–142. (In Persian with English Summery)

Raun, W.R., and Johnson, G.V. 1991. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91: 357–363.

Shafi, M., Bakht, J., Jan, M.T., and Shah, Z. 2007. Soil C and N dynamics and maize (*Zea may* L.) yield as affected by cropping systems and residue management in North-western Pakistan. Soil and Tillage Research 94: 520–529.

Singh, U. 2005. Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. Journal of Crop Improvement 15: 259-287.

Syeidi, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Study yield, its components and nitrogen use effecincy using of compost mushroom, biological and urea fertilizer in wheat. Journal of Agroecology 3: 313–323. (In Persian with English Summary)

Terry, L.R. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 177–182.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671–677.

Torbert, H.A., Potter, K.N., and Morrison, J.E. 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie. Agronomy Journal 93:1119-1124.

Woli, K.M., Boyer, M.J., Elmore, R.W., Sawyer, J.E., Abendroth, L.J., and Barker, D.W. 2016. Corn era hybrid response to nitrogen fertilization. Agronomy Journal 108(2): 495-508.

Zhang, F.S., Mi, G.H., and Liu, J.A. 1997. Advances in the genetic improvement of nitrogen efficiency in maize (in Chinese). 1997. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development 5: 112–117.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 975-994

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 994-975

Evaluation of Nitrogen Efficiency for Cereal Cultivars in Iran Based on the Course of Their Release: 2- Corn (*Zea mays* L.)

L. Jafari[1], A. Koocheki[2]* and M. Nassiri Mahallati[2]
Submitted: 03-08-2016
Accepted: 22-02-2017

Jafari, L., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2019. Evaluation of nitrogen efficiency for cereal crop cultivars in Iran based on the historical course of their release: 2- Corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology. 11 (3): 975-994.

Introduction

Nitrogen is one of the most important nutrients and plays a major role in crop yield improvement. Currently, under the global pressure to increase grain yield while simultaneously minimizing environmental risks, the nitrogen use efficiency has become a challenging issue. Corn (*Zea mays* L.) nitrogen use is of continued interest due to agronomic performance and environmental issues. Nitrogen use efficiency (NUE), nitrogen uptake efficiency (NU_pE) and nitrogen utilization efficiency (NU_tE) are the main indices normally used to investigate the nitrogen efficiency of plants. However, nitrogen harvest index (NHI) and nitrogen partial factor productivity are also issues of importance. The aim of the present study was to evaluate all these indices for corn cultivars released in Iran during the last 40 years to find the trend changes during the course of their release.

Materials and Methods

In order to evaluate the trend of changes of nitrogen use efficiency for corn cultivars during the course of their release an experiment was conducted in growing season of 2014- 2015 in the experiment farm of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The experiment was based on split plot with complete randomized block design (CRBD). Treatments included eight different levels of nitrogen (nitrogen applied from urea source (46%) N: 0, 100, 200 and 300 kg N ha^{-1}, animal manure: 0, 10, 20 and 30 ton ha^{-1} corresponding to 0, 100, 200 and 300 kg N ha^{-1} respectively). Nitrogen fertilizer was allocated to the main plots and six cultivars of corn, (704 and 647 released as very old cultivars, 500 as an old cultivars and 705, 706 and 260 as new ones were allocated to sub plots. Sub plots were 2.25×3 m with three replications.

Results and Discussion

Results showed that grain, stover and biological yields, harvest index, nitrogen use efficiency, nitrogen uptake efficiency and nitrogen utilization efficiency were affected significantly by cultivars and fertilizer levels. Maximum and minimum stover yield was obtained with 704 (very old hybrid) and 260 (new hybrid), respectively. In contrast with these results, showed that the new cultivars have significantly higher yield than old corn cultivars. Although corn cultivars had significant effects on nitrogen harvest index, this was not affected by fertilizer levels and types. With increasing in nitrogen and manure fertilizer levels, grain and biological yields increased significantly. Although in most fertilizer levels maximum grain yields were observed in the 704 cultivar, but with increase in nitrogen amount from 0 to 300 kg, the most grain yield increases were obtained 117 and 103% in the 500 and 705 cultivars, respectively. On the other hand, in compared to manure fertilizer, nitrogen increased almost yield traits, so that, with exception of 500 and 647 cultivars, in other cultivars manure fertilizer decreased nitrogen use efficiency in compared to equal nitrogen fertilizer significantly. Maximum and minimum nitrogen use efficiency and nitrogen harvest index were obtained with 260 and 704 cultivars. However, two mentioned cultivars showed significant differences, while other cultivars had no significant differences. When different levels of manure fertilizer were applied, statistically similar effects were obtained on corn yield and nitrogen efficiency indices, as compared to equal levels of nitrogen fertilizer. With evaluation of

1- Assistant Professor, Horticultural Science Department, University of Hormozgan and former PhD Student of the Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.57941

different corn hybrids and nitrogen fertilizer levels reported a negative linear correlation between nitrogen use efficiency and nitrogen levels. With increasing nitrogen fertilizer levels, nitrogen use and utilization efficiencies and partial factor productivity of nitrogen decreased significantly, but with increasing manure levels this trend was observed only for nitrogen use efficiency and partial factor productivity of nitrogen.

Conclusion

In general, no consistent trends were observed between new and old hybrids and also between nitrogen fertilizer levels and types in terms of nitrogen efficiency indices. Furthermore, yield characteristics responses of corn cultivars to fertilizer levels and types had no significant trends. According to these results, it could not be state certainly that in the last four decades, corn cultivars breeding in Iran leading to improved nitrogen efficiency indices and therefore efficient use of fertilizers.

Keywords: Cultivar, Fertilizer, Nitrogen use efficiency, Yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۰۰۸-۹۹۵

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 995-1008

بررسی‌خصوصیات فنولوژیکی، ریختی و فیتوشیمی ژنوتیپ‌های زنیان (*Trachyspermum ammi* L.)

مهدی فراوانی[1*]، نرجس عزیزی[1]، عبدالکریم نگاری[2]، مجید رنجبر[2] و علی اشرف جعفری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵

فراوانی، م.، عزیزی، ن.، نگاری، ع.، رنجبر، م.، و اشرف جعفری، ع. ۱۳۹۸. بررسی‌خصوصیات فنولوژیکی، ریختی و فیتوشیمی ژنوتیپ‌های زنیان (*Trachyspermum ammi* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۳): ۱۰۰۸-۹۹۵.

چکیده

توده‌های زنیان موجود در کشور دارای تنوع بسیار بالایی از نظر صفات کیفی و کمّی هستند. به‌منظور بررسی روابط بین صفات مورفولوژیک و زراعی و تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر در عملکرد دانه، تعداد ۱۸ توده زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد در طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد عملکرد دانه بین ۹۳۸-۳۷۳ کیلوگرم در هکتار متغیر بوده است. در این آزمایش صفات ریختی و فنولوژیکی، عملکرد سرشاخه، بازده اسانس و تولید بذر مطالعه شد. بر اساس نتایج حاصل، تنوع قابل ملاحظه و معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) در میان ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات اندازه‌گیری شده همانند ۵۰٪ گل‌دهی۱۳۰- ۸۵ روز، وزن زیست‌توده ۲۴۵- ۷۲ گرم در بوته، عملکرد دانه در بوته ۶۱/۳- ۳۸ گرم و درصد اسانس ۱۱/۲۲-۳/۰۸٪ بین ژنوتیپ‌های مختلف به اثبات رسید. نتایج همبستگی نشان داد عملکرد اسانس دارای همبستگی مثبت بالا و معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) با صفات درصد اسانس، وزن بوته، عملکرد دانه در بوته، وزن کل بوته و شاخص برداشت داشته است. همبستگی کمی بین صفات تاج و پوشش و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی با عملکرد اسانس وجود داشت. همبستگی عملکرد دانه بازمان ساقه رفتن معنی دار (۵٪) و به‌شکل منفی (۰/۵۲-) بود. تجزیه علیت نشان داد بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت (۳۹٪) بر عملکرد اسانس دانه مربوط وزن کل بوته هست که خود همبستگی مثبت و بالایی (۵۳٪) با تعداد روز تا رسیدگی داشته است. برای مطالعه توده‌های بومی زنیان، انتخاب صفاتی همانند وزن کل بوته، ارتفاع بوته، زمان ساقه رفتن و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه از اهمیت خاصی برخوردار بوده و باید با دقت نظر و تأکید بیش‌تری در برنامه‌های اصلاحی مد نظر قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنوع، رسیدگی فیزیولوژیکی، علیت، همبستگی

مقدمه

مطالعه خصوصیات فنولوژی و مورفولوژیکی گیاه دارویی، منجر به شناخت بهتر از میزان و نحوه رشد و نمو شده و می‌توان براساس این ویژگی برنامه‌ریزی دقیقی برای بهره‌برداری بهینه از گیاه و میزان مواد مؤثره نمود. ارزیابی خصوصیات فنولوژی به‌منظور شناسایی و طبقه‌بندی اکوتیپ‌های زودرس، دیررس و میان‌رس گیاه دارویی زنیان و بررسی میزان اسانس به‌دست‌آمده از هر اکوتیپ دارای اهمیت بوده و نتایج حاصله را می‌توان در برنامه‌های اصلاحی مدنظر قرار داد (Mirzahosseini et al., 2017).

خصوصیات گیاه‌شناسی زنیان (*Trachyspermum ammi* L.): گیاهی یک‌ساله از خانواده چتریان با ۲n= ۱۸ به‌نام اجوان نیز شناخته می‌شود (Dalkani et al., 2011). اسامی مترادف فارسی اجوان، اسپرکای، انیسون بری، کمون حبشی، هاضوم، اژغون، زنیان و نانخواه می‌باشد. اسامی علمی مترادف آن عبارت از: *Trachyspermum*

۱ و ۲ - به‌ترتیب استادیار و کارشناسان بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۳- استاد مؤسسه تحقیقات جنگل و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email : mfaravani@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.73235

Trachyspermum ammi، *Ammi copticum*، *copticum* و *Carum copticum* می‌باشد (Jan, et al., 2015). ارتفاع گیاه کم‌تر از یک متر (۹۰-۳۰ سانتی‌متر)، پرشاخ‌وبرگ، برگ‌هایی با پهنک منقسم به بریدگی‌های نازک، ظریف و گل‌های به‌رنگ سفید و مجتمع به‌صورت چتر مرکب دارد (Rezaei-Chianeh & Nasab, 2014). گل‌ها به‌روزآوری و دوجنسی هست. اشعه چتر آن کوتاه دارای طول نسبتاً مساوی و منتهی به براکته‌های باریک در محل اتصال به یکدیگر است. میوه‌اش شیزوکارپ،کوچک بیضوی به‌رنگ قهوه‌ای مایل به زرد و دارای بویی شبیه تیمول است بر روی میوه آن پنج خط طولی نخی‌شکل به‌رنگ روشن‌تر و دو نوع تار نازک مشاهده می‌شود. قسمت مورد استفاده این گیاه میوه آن است که زنیان نامیده می‌شود (Lubadde, 2014).

مناطق پراکنش زنیان در ایران: این گیاه یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران برای کشاورزی در شرایط کمبود آب حائز اهمیت فراوان است. سیستان و بلوچستان، تبریز، اصفهان، بین ایذه و ده دز ارتفاعات ۱۱۰۰. متری، فارس، مکران و تربت حیدریه می‌توان اشاره کرد. واکنش اکوتیپ‌های زنیان ازنظر مقاومت به سرما و نشت الکترولیت‌ها بعد از قرار گرفتن در معرض دماهای یخزدگی متفاوت هست تحقیقات نشان داده با کاهش دما به ۷/۵- درجه سانتی‌گراد، درصد بقاء دو اکوتیپ نیشابور و تربت حیدریه را به کم‌تر از ۲۰ درصد کاهش داد، درحالی‌که درصد بقاء اکوتیپ بیرجند در این دما حدود ۶۰ درصد بود. به نظر می‌رسد که اکوتیپ بیرجند با کم‌ترین درصد نشت الکترولیت‌ها، بالاترین درصد بقاء و وزن خشک بوته و تحمل به تنش یخزدگی بهتری از دو اکوتیپ دیگر دارد (Nezami et al., 2013).

الگوی کاشت نقش مؤثری در کارایی جذب نیتروژن توسط گیاه زنیان دارد که بر رشد اندام‌های مختلف و میزان نیتروژن موجود در اندام‌های‌گیاه تأثیرگذار می‌باشد (Azizi et al., 2015).

بیش‌ترین عملکرد اسانس با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل‌شده است. با استفاده از کود ورمی‌کمپوست (پنج تن در هکتار) میزان مصرف کود شیمیایی اوره تا حد ۷۵ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد و عملکرد اسانس مناسبی اسانس حدود ۸۵ کیلوگرم در هکتار تولید می شود (Saydi et al., 2016). اسانس دانه زنیان دو تا چهار درصد است. تعداد ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس زنیان در منابع مختلف از ۹ تا ۱۷ مورد گزارش‌شده است که هم خواص آنتی‌اکسیدانی و هم خواص ضدمیکروبی و در نتیجه قابلیت استفاده به‌عنوان نگهدارنده مواد غذایی دارد. ترکیبات اسانس آنتیمول،کارواکرول،آلفاوبتاپینن،ترپینن، پاراسیمن و سایر ترکیبات گزارش شده که بیش‌تر در دانه آن قرار دارد. میزان درصد اسانس گیاه تحت تأثیر انتخاب ژنوتیپ و مدیریت مزرعه قابل افزایش هست (Eblagh et al., 2013).

ظهور مراحل فنولوژیکی در هر گیاه از عوامل محیطی و ژنتیکی ناشی می‌شود که تأثیر مستقیم بر روی عملکرد گیاه دارد. از میان عوامل محیطی، دما اثر قابل‌توجهی بر فنولوژی گیاهان دارد. در گیاهان دارویی علاوه بر میزان تولید محصول، متابولیت‌های ثانویه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. ازاین‌رو برای دستیابی به عملکرد مطلوب و میزان مواد مؤثره قابل‌قبول در هر گیاه لازم است که ظهور مراحل مختلف رشدی، ثبت و موردمطالعه قرار گیرند، زیرا ترکیب‌های مؤثره گیاهان از نظر کمّی و کیفی در طول دوره رویش دچار تغییر و تحول می‌شوند (Zarezadeh et al., 2007).

در تحقیقی ۲۵ ژنوتیپ زنیان با سه ژنوتیپ نمونه در شرایط محیطی مختلف توسط سنجش ضرایب همبستگی مورد بررسی قرار گرفتند نتایج حاکی از آن بود که ضرایب همبستگی فنوتیپی بیش‌تر از ضرایب ژنوتیپی بوده و صفت عملکرد بیولوژیکی بیش‌ترین همبستگی مثبت مستقیم را با عملکرد دانه داشت (Monika et al., 2017). اختلاف معنی‌داری بین اکوتیپ‌های زنیان ازنظر صفات فنولوژی وجود داشته که بیانگر متفاوت بودن فاصله زمانی رسیدن به هر یک از مراحل رشدی در بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه بود. بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار در صفت گل‌دهی دیده شد که نشان داد زمان رسیدن به مرحله گل‌دهی در اکوتیپ‌های موردمطالعه متغیر است. هم‌چنین کم‌ترین اختلاف معنی‌دار در صفت زمان دانه‌بندی دیده شد. میزان اسانس نمونه‌ها نیز از ۲/۷٪ سربیشه تا ۶/۱ ٪ اراک متغیر بود. با استفاده از مقایسه میانگین‌ها، چهار اکوتیپ برتر ازلحاظ زودرسی، میان‌رسی و دیررسی در هر مرحله فنولوژی مورد شناسایی و طبقه‌بندی قرار گرفتند (Mirzahosseini et al., 2017).

شناسایی ژنتیکی و ثبت ارقام مختلف گیاهی یکی از ارکان مهم حفاظت و بهره‌برداری صحیح مناسب از منابع ژنتیکی به‌شمار می‌آید که این امر در اکثر گیاهان، از روی خصوصیات مورفولوژیکی صورت می‌گیرد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی منابع ژنتیکی برتر و احیاء اکوتیپ‌های زنیان صورت گرفت.

داشتن تنوع در نمونه‌های گیاهان داروئی، از اهمیت خاصی برخوردار است. با اتخاذ روش‌های ویژه و شناخته‌شده می‌توان از این تنوع استفاده نمود. لذا ارزیابی تنوع گونه‌های گیاهی برای نگهداری منابع ژنتیکی و کاربرد علمی و عملی این مواد در برنامه‌های به‌نژادی برای متخصصین اصلاح نباتات امری حیاتی است. در پژوهش حاضر سعی شده تا با بررسی صفات مورفولوژیکی، فنولوژیکی، اجزاء عملکرد و اسانس و روابط میان عملکرد و اجزای آن و هم‌چنین اطلاع ارتباط صفات مؤثر بر عملکرد دانه و اسانس را شناسایی کرده تا بتوان از آن‌ها در انتخاب غیرمستقیم در مزرعه، بهره برد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه طرق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در شهر مشهد انجام شد. در این بررسی بذور۲۷ ژنوتیپ زنیان دریافت شده از بانک ژن منابع طبیعی ایران (جدول ۱) در قالب آزمون بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. بذور ژنوتیپ‌ها در بهمن‌ماه در بستر پیت موس در سینی‌های پلاستیکی کشت شد. آبیاری در گلخانه شاسی سرد به‌صورت هفتگی انجام شد. انتقال نشاء در اواسط اسفندماه پس از آماده‌سازی زمین و ایجاد ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متری، به فاصله بوته ۵۰ سانتی‌متری روی ردیف‌های در کرت‌هایی شامل سه ردیف شش متری برای هر ژنوتیپ کشت گردید. کودپاشی با استفاده از ۵۰کیلوگرم کود اوره به همراه ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار صورت گرفت. آبیاری به‌فاصله ده‌روزه و با سیستم قطره‌ای انجام گردید. مراحل فنولوژیکی گیاه برای هر ژنوتیپ بر اساس زمان ۵۰ درصد سبز شدن، به ساقه رفتن، ۵۰٪ گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی ثبت گردید. در پایان فصل رشد، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت و پس‌ازانتقال به آزمایشگاه، خصوصیات ریختی گیاه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ها، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، وزن هزار دانه، وزن دانه در هر بوته، وزن زیست‌توده هر بوته اندازه‌گیری شد. هم‌چنین میزان عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس اندازه‌گیری گردید. اسانس نمونه‌های زنیان با استفاده از دستگاه کلونجر و ۳۰ گرم نمونه دانه‌زنیان به‌روش تقطیر با بخار آب استخراج و اندازه‌گیری شد (Shahhoseini et al., 2018). تجزیه آماری توسط نرم‌افزارهای SPSS24 و AMOS24 صورت گرفت.

جدول ۱- اکوتیپ های زنیان اخذ شده از بانک ژن منابع طبیعی ایران

Table 1- Ajwain ecotypes of natural resources bank in Iran

ردیف Row	کد بانک ژن Accession number		منطقه Location	ردیف Row	کد بانک ژن Accession number		منطقه Location
1	906	Karaj	کرج	15	15130	Tehran	تهران
2	943	Esfahan	اصفهان	16	15226	Arak	اراک
3	1085	-	نامشخص	17	15484	Shahedieh	شاهدیه
4	3883	Karaj	کرج	18	20055	Ilam	ایلام
5	7893	Qom	قم	19	31831	Yazd	یزد
6	10124	Esfahan	مبارکه اصفهان	20	37251	Sarbisheh	سربیشه
7	10569	Ardabil	اردبیل	21	37477	Ghaen	قاین
8	12313	Shiraz	شیراز	22	37483	Birjand	بیرجند
9	14492	Arak	اراک	23	37492	Birjand	بیرجند
10	14525	Arak	اراک	24	37529	Ghaen	قاین
11	14548	Arak	اراک	25	38913	Boshruyeh	بشرویه
12	14593	Arak	اراک	26	38924	Birjand	بیرجند
13	14594	Arak	اراک	27	38929	Sarbisheh	سربیشه
14	14743	Arak	اراک		**		***

نتایج و بحث

نتایج آماری نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری ($p\leq 0.01$) در صفات مورد بررسی شامل درصد بین صفات فنولوژیکی ساقه رفتن، تعداد انشعابات ساقه، ارتفاع بوته، مساحت تاج و پوشش، تعداد گل، شروع گل‌دهی، ۵۰٪ گل‌دهی، دانه بستن، رسیدگی فیزیولوژیکی و اجزاء عملکرد همانند تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، تعداد دانه در چترک، وزن دانه تک‌بوته، وزن زیست‌توده هر بوته، وزن هزار دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس بین تعداد ۲۷ ژنوتیپ زنیان وجود داشته است (جدول‌های ۲ و ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف مرفولوژیکی اندازه‌گیری شده زنیان

Table 2- Analysis of variance of various morphological traits of Ajwain

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد انشعابات Stem branches	رسیدگی کامل Seed maturity	رسیدگی فیزیولوژیکی Phyisilogical stage	دانه بستن Seed setting	ارتفاع درزمان برداشت Plant height	مساحت تاج و پوشش Canopy cover	۵۰٪ گل‌دهی 50% of flowering stage	شروع گل‌دهی Floweing stage	ساقه رفتن Stem elongation stage
بلوک R	2	1.42	91.19	23.62	2.37	43.39	5358787.4	21.71	14.5	14.9269
اکسشن *Accessions*	26	8.21**	1419.86**	803.55**	15.01**	374.61**	84503103**	432.54**	307.57**	307.03**
خطا Error	52	3.55	114.05	14.98	4.56	23.63	6268147.22	15.26	3.73	3.72
ضریب تغییرات (٪) CV		20.56	7.92	3.2	3.2	6.64	16.47	3.87	2.3	5.4

* و **: به‌ترتیب به‌معنی معنی‌دارشدن در سطح ۵ ٪ و ۱٪ است.

* and **: are significant at the levels of 5% and 1%, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف زراعی اندازه گیری زنیان

Table 3- Analysis of variance of various agronomic traits of Ajwain

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد اسانس Esseintial oil	وزن هزار دانه 1000- seed seed weight	وزن دانه تک بوته Plant seed yield	وزن کل بوته Plant biomass	تعداد دانه در چترک Seeds/umbellate	چترک در چتر Umbellates/ umbel
بلوک R	2	0.008	3.85	0.002	95.81	3477.90	4173.42	1.31
اکسشن *Accessions*	26	0.032**	18.63**	0.175**	546.38**	6392.24**	8168.78**	16.9**
خطا Error	52	0.002	1.013	0.028	54.49	1787.75	3546.25	8.45
ضریب تغییرات (٪) CV		33.53	17.22	21.73	15.46	17.36	13.37	21.92

* و **: به‌ترتیب به‌معنی معنی‌دارشدن در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

* and **: are significant at the levels of 5% and 1%, respectively.

خصوصیات فنولوژیکی زنیان

نتایج مقایسه میانگین مربعات چند دامنه‌ای دانکن در خصوص صفات فنولوژیکی زنیان (جدول ۴) نشان داد که ژرم‌پلاسم‌های ردیف ۳، ۱۵ و ۱۹ ضمن اینکه ازنظر زمان شروع ساقه رفتن در سطح ۵٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشته نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها خیلی دیرتر و پس از گذشت ۵۰ روز از فروردین به ساقه رفته است. درحالی‌که ژنوتیپ ردیف ۸ پس از هشت روز وارد این مرحله شد. ژنوتیپ‌های شماره ۲۲ و ۲۶ بعد از حدود ۸۶ روز وارد فاز زایشی و مرحله ۵۰٪ گل‌دهی شده است. ژنوتیپ‌های شماره ۱۹ و ۲۷ بعد از ۱۳۰ روز به این مرحله رسیده و ۱/۵ ماه ازنظر زمان گل‌دهی اختلاف با یکدیگر

داشتند. ازنظر زمان رسیدگی فیزلوژیکی تنوع خوبی حدود ۶۹ روز بین ژرم‌پلاسم‌های وجود دارد. ژنوتیپ‌های زودرس که از اراک و قاین (۱۲ و ۲۴) در مقابل ژنوتیپ ۲۷ که از شهرستان سربیشه تهیه شده بود، دارای طول فصل رشد طولانی‌تر بوده و دیرس‌تر بود (جدول ۴). تنوع فنولوژیکی مناسبی در بین ژرم‌پلاسم‌های جمع‌آوری شده وجود دارد و ازاین‌رو می‌توان در توسعه کشت و اصلاح نبات توصیه نمود. در تحقیق دیگر تفاوت معنی‌داری بین اکوتیپ‌ها از لحاظ صفات مرفولوژیکی و فنولوژیکی مشاهده کردند و بدین صورت که رسیدگی فیزیولوژیکی بذر و طول دوره پر شدن دانه در اکوتیپ‌های مختلف در تاریخ‌های متفاوتی اتفاق افتاده است (Mirzahosseini et al., 2017).

ارتفاع بوته، مساحت تاج و پوشش و تعداد انشعابات ساقه

مقایسه میانگین مربعات صفات مختلف مورد بررسی زنوتیپ‌ها (جدول ۱) توسط آزمون دانکن در سطح ۵٪ صورت گرفت که نتایج آن در جداول ۴ و ۵ آورده شده است. تغییرات به شرح زیر هست:

ارتفاع بوته ژرم‌پلاسم ردیف ۱۱ با ارتفاع ۸۹/۳۸ سانتیمتر و ژنوتیپ‌های ردیف‌های ۲۴ و ۲۷ با ۵۰ سانتیمتر به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته را در بین ژرم‌پلاسم‌های به خود اختصاص دادند. میانگین ارتفاع مشاهده شده برای کلیه اکسشن‌های مورد بررسی برابر با ۷۳ سانتیمتر بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مساحت تاج و پوشش به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ردیف ۲۵ و۲۴ مربوط به استان خراسان جنوبی بود. بیش‌ترین تعداد انشعابات ساقه به‌میزان ۱۱ عدد مربوط به ژنوتیپ‌های ردیف‌های ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۸، ۲۳ و ۲۷ که بذور آن‌ها از مناطق بیرجند، سربیشه، شاهدیه یزد و اراک جمع‌آوری شده بودند و کم‌ترین تعداد انشعاب ساقه مربوط به ژنوتیپ‌های ردیف‌های ۲، ۴ و ۹ جمع‌آوری‌شده از مناطق اصفهان،کرج و اراک با میانگین تعداد شش عدد بود.

عملکرد و اجزاء عملکرد زنیان

مقایسه میانگین مربعات عملکرد، اجزاء عملکرد و اسانس ژرم‌پلاسم‌های مختلف زنیان حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری در بین ژرم‌پلاسم‌های در سطح ۵٪ می‌باشد (جداول ۴ و ۵). خلاصه تفاوت‌های مورد بررسی به شرح زیر می‌باشد:

تعداد چتر در بوته: ژرم‌پلاسم شماره ۲۷ سربیشه با ۸۵۲ و ژنوتیپ ۱۵ اراک با ۱۱۶ عدد چتر در بوته بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد چتر در بوته را داشتند (جدول ۵).

تعداد چترک چتر: ژرم‌پلاسم‌های شماره چهار کرج با میانگین ۲۵۷ عدد بیش‌ترین تعداد چترک در چتر و ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۲۲ و ۲۷ جمع‌آوری‌شده از مناطق اصفهان، قم، بیرجند و سربیشه بیرجند با میانگین ۹۱ عدد کم‌ترین تعداد چترک در چتر را داشتند (جدول ۵).

تعداد دانه در چترک: ژرم‌پلاسم‌های شماره چهار جمع‌آوری‌شده از کرج با میانگین ۱۸ عدد و ژرم‌پلاسم ۲۲ جمع‌آوری‌شده از بیرجند با میانگین نه عدد به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در چترک را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

وزن هزار دانه: ژرم‌پلاسم ردیف هشت شهرستان شیراز با ۱/۲۲ گرم بیش‌ترین وزن هزار دانه را داشته و کم‌ترین وزن مربوط به ردیف ۱۰ اراک با مقدار ۰/۳۵ گرم بود (جدول ۴). وزن هزار دانه علاوه بر خصوصیات ژنتیکی توسط خصوصیات اقلیمی نیز متأثر می‌شود. به‌طوری‌که افزایش دمای شب، سبب کاهش وزن هزار دانه می‌شود که عمدتاً ناشی از کاهش اندازه دانه است.کاهش وزن هزار دانه در اثر افزایش دمای هوا طی دوره پر شدن دانه به‌میزان تأثیر افزایش دما بر افزایش سرعت نمو گیاه طی دوره فوق بستگی دارد و اثر می‌گذارد و با تغذیه مناسب امکان افزایش وزن هزار دانه تا سه گرم ثابت شده است (Shabahan et al., 2016). هم‌زمان با تشدید تغییرات اقلیمی احتمالاً تغییراتی در درازمدت در وزن هزار دانه و قوه نامیه ژنوتیپ‌های گیاهی رخ دهد (Franks et al., 2007; Chineh et al., 2017).

وزن زیست‌توده: میانگین مربعات آزمون دانکن در سطح ۵٪ نشان داد دو ژرم‌پلاسم ۱۶ اراک و ردیف ۲۵ بشرویه با یکدیگر تفاوتی نداشته ولی نسبت بقیه ژنوتیپ‌ها با میانگین ۲۴۵ گرم خشک در هر بوته بیش‌ترین تولید زیست‌توده را داشته و در رتبه بعدی ژنوتیپ ۱۴کرمانشاه با ۱۶۵ گرم در بوته قرار می‌گیرد. کم‌ترین وزن بوته در ژنوتیپ‌های ۲۴ قاین، ۱۹ یزد، ۱۷ شاهدیه یزد و ردیف ۴ کرج با میانگین تولید ۷۲ گرم در بوته قرار دارد (جدول ۵).

عملکرد دانه: ژرم‌پلاسم ردیف ۲۷ جمع‌آوری‌شده از سربیشه بیرجند با وزن دانه در بوته ۶۱/۳ گرم و پس از آن ژنوتیپ‌های شماره هشت با که از شیراز جمع‌آوری‌شده و ردیف ۳ با میانگین ۳۸ گرم دانه در بوته قرارگرفته است. تفاوت عملکرد دانه در بوته ژنوتیپ‌های فوق با سایر ژرم‌پلاسم‌های مورد ارزیابی داشته به‌طور فراوانی متفاوت بوده

و این تفاوت در سطح ۵٪ معنی‌دار شده است. از طرف دیگر این اختلاف بین سایر ژرم‌پلاسم‌های معنی‌دار نبود و میانگین تولید دانه در بوته حدود ۱۰/۴ گرم بود (جدول ۵). بخش بزرگی از تغییرات وزن دانه و در نتیجه عملکرد به شرایط آب‌وهوایی دما، تشعشع و نزولات بر وزن دانه در زمان گل‌دهی و پر شدن دانه بسیار تأثیرگذار در تولید و عملکرد گیاه می‌باشند.

اسانس و عملکرد اسانس

آزمون مقایسه میانگین در خصوص درصد اسانس و عملکرد اسانس ۲۷ ژرم‌پلاسم زنیان در سطح ۵٪ انجام گردید (جدول ۵). میانگین درصد اسانس ژرم‌پلاسم‌های ۵/۸۴٪ و بیش‌ترین درصد اسانس در ژنوتیپ ردیف ۱۳ با ۱۱/۲۲٪ و کم‌ترین درصد اسانس در ژنوتیپ ۱۹ یزد با ۳/۰۸٪ حاصل گردید. بیش‌ترین عملکرد اسانس با میانگین ۲/۶۴ گرم در بوته از ژنوتیپ‌های منطقه بیرجند خراسان جنوبی ردیف ۲۷ سربیشه و ۲۶بیرجند حاصل گردید. پس از آن ژنوتیپ‌های بشرویه ۲۵ و۱۳ اراک با میانگین ۱/۳۶ گرم اسانس در بوته قرار گرفتند.

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مختلف مرفولوژیکی و اسانس ژرم‌پلاسم‌های زنیان

Table 4- The mean comparison of agro-morphological and yield characteristics of accessions of Ajwain

ردیف Row	اکسشن Acession	ساقه رفتن Steming stage (day)	۵۰٪ گلدهی 50% of flowering Stage (day)	رسیدگی فیزیولوژیکی Phyiological maturing (day)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	انشعابات ساقه Stem branches	تاج و پوشش Canopy cover (cm^2)	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)
1	906	44 b*	102 c	134 c	84 abc	8 a-e	12561 g-j	0.88 b-e
2	943	44 b	102 c	134 c	78 b-f	8 de	10667 i-l	0.80 c-f
3	1085	50 a	118 b	10 b	57 jk	10 a-e	7767 klm	1.12 abc
4	3883	40 c	102 c	112 gh	76 c-g	7 de	10366 i-l	0.46 ghi
5	7893	44 b	102 c	119 fg	83 a-d	10 a-d	19912 b-e	0.67 e-i
6	10124	44 b	102 cd	123 def	86 ab	9 a-e	13523 ghi	0.93 a-e
7	10569	44 b	100 cde	126 de	87 ab	8 a-e	15067 f-j	0.95 a-e
8	12313	17 g	90 fg	128 cd	63 hij	10 a-e	19260 b-f	1.23 a
9	14492	23 f	90 fg	123 def	70 fgh	6 e	16081 d-h	0.87 b-e
10	14525	28 e	90 fg	99 i	78 b-f	7 cde	17298 c-g	0.35 i
11	14548	38 cd	102 c	120 ef	89 a	12 a	16622 d-g	0.68 d-i
12	14593	39 cd	96 c-f	91 j	75 c-g	11 a	21714 abc	0.50 f-i
13	14594	31 e	90 fg	94 ij	80 b-e	8 a-e	20751 a-d	0.38 hi
14	14743	28 e	90 fg	101 i	82 a-d	8 a-e	21691 abc	0.70 d-h
15	15130	50 a	112 b	134 c	56 jk	10 a-e	6524 lm	0.90 b-e
16	15226	36 d	95 c	122 def	72 efg	8 a-e	22219 ab	0.82 c-f
17	15484	24 f	102 ef	119 fg	78 b-f	12 a	13782 ghi	0.75 d-g
18	20055	40 c	102 c	119 fg	85 ab	11 a	8528 j-m	0.80 c-f
19	31831	50 a	130 a	134 c	68 ghi	10 a-e	11302 h-k	0.95 a-e
20	37521	41 bc	102 c	128 cd	71 e-h	10 abc	11078 i-l	0.70 d-h
21	37477	28 e	90 fg	113 gh	80 b-e	10 a-e	20451 b-e	0.40 hi
22	37483	23 f	87.5 g	110 h	76 c-g	8 b-e	20263 b-e	0.50 f-i
23	37492	41 bc	118 b	128 cd	59 ij	11 ab	15953 e-h	1 a-d
24	37529	44 b	102 c	91 j	50 k	10 a-d	5330 m	0.95 a-e
25	38913	23 f	90 fg	121 def	74 d-g	9 a-e	25164 a	1.18 ab
26	38924	23 f	85 g	110 h	68 ghi	7 cde	13822 ghi	0.50 f-i
27	38929	22 f	130 a	160 a	50 k	11 ab	12646 g-j	0.83 c-f

*میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند از نظر آزمون آماری دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

*Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different by Duncan test ($p<0.5$).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مختلف زراعی ژرم‌پلاسم‌های زنیان

Table 5- The mean comparison of agro-morphological and yield characters of 27 accessions of Ajwain

ردیف Row	اکسشن Accessions	تعداد چتر در بوته Umebel/plant	تعداد چترک در چتر Umbellate/ umbel	تعداد دانه در چترک Seed/Umbellate	وزن کل بوته Plant biomass(g)	وزن دانه در بوته Seed weight (g/plant)	درصد اسانس Essential oil (%)	عملکرد اسانس Essential oil (g/plant)
1	906	230 h-e	15 a-e	136 b-f	102 bcd	13.4 c	3.78 j-m	0.509 c-i
2	943	155 gh	13 a-e	98 f	102 bcd	9.9 c	5.14 h-l	0.503 c-i
3	1085	539 e-b	11 cde	127 c-f	163 bc	37.4 b	3.23 lm	1.18 bc
4	3883	250 h-e	18 a	257 a	69 d	9.6 c	4.25 i-m	0.404 d-i
5	7893	474 g-b	10 cde	80 f	90 bcd	13 c	3.68 klm	0.489 c-i
6	10124	165 gh	11 cde	116 def	114 bcd	6.9 c	5.32 h-k	0.368 e-i
7	10569	206 fgh	16 abc	143 a-f	95 bcd	14.1 c	3.49 klm	0.436 c-i
8	12313	389 h-b	12 cde	197 a-f	127 bcd	38.9 b	6.67 fgh	2.58 a
9	14492	356 h-c	13 a-e	189 a-f	83 bcd	12 c	9.15 bcd	1.08 b-e
10	14525	312 h-d	13 a-e	188 a-f	79 cd	10 c	10.23 abc	1.01 b-g
11	14548	653 abc	18 ab	252 ab	122 bcd	9.9 c	4.39 i-m	0.256 hi
12	14593	490 f-b	14 a-e	199 a-f	134 bcd	9.2 c	5.91 ghi	0.526 c-i
13	14594	366 h-b	15 a-e	226 a-d	136 bcd	12.5 c	11.22 a	1.40 b
14	14743	398 b-h	12 a-e	162 a-f	165 b	13.3 c	8.29 def	1.03 b-f
15	15130	116 h	11 cde	124 c-f	82 bcd	7.9 c	3.49 klm	0.262 ghi
16	15226	536 b-e	12 b-e	156 a-f	253 a	13 c	8.83 b-e	1.15 bcd
17	15484	305 d-h	16 a-d	109 def	77 d	5.5 c	4.24 i-m	0.232 hi
18	20055	303 d-h	16 a-d	168 a-f	101 bcd	8.9 c	5.73 g-j	0.477 c-i
19	31831	212 fgh	12 cde	105 ef	72 d	10 c	3.08 m	0.306 f-i
20	37521	594 a-d	15 a-d	195 a-f	123 bcd	17.8 c	5.06 h-m	0.877 b-i
21	37477	437 b-h	15 a-e	219 a-e	128 bcd	8.8 c	10.46 ab	0.917 b-h
22	37483	258 e-h	9 e	99 f	88 bcd	10.6 c	4.30 i-m	0.463 c-i
23	37492	288 d-h	11 cde	113 def	99 bcd	4.9 c	3.16 lm	0.155 i
24	37529	302 d-h	11 cde	170 a-f	69 d	6.6 c	4.65 i-m	0.310 f-i
25	38913	671 ab	13 a-e	163 a-f	238 a	14.8 c	8.50 cde	1.33 b
26	38924	283 d-h	16 a-d	242 abc	93 bcd	11.5 c	7.27 efg	0.835 b-i
27	38929	853 a	10 de	86 f	153 bcd	61.3 a	4.29 i-m	2.71 a

*میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند ازنظر آزمون آماری دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Values followed by the same letter within a column indicate they are not significantly different by Duncan test ($p<0.5$).

میزان درصد بالایی اسانس ژنوتیپ ۱۳ توانسته است نقش بارزی در عملکرد اسانس داشته و علی‌رغم عملکرد دانه پایین بوته (۱۲ گرم در بوته)، از عملکرد اسانس بالایی برخوردار بود. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های مختلف از نظر زمان دانه بستن و رسیدگی فیزیولوژیکی متفاوت می‌باشند، لذا دمای هوا در زمان تشکیل دانه‌زنیان در ژنوتیپ‌های مختلف مؤثر بوده و هر چه مواجه با دمایی بالاتر شود، درصد اسانس افزایش می‌یابد. چراکه اسانس‌ها از متابولیت‌های ثانویه گیاهی بوده میزان آن‌ها در شرایط وقوع تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Letchamo et al., 1995).

همبستگی

نتایج همبستگی بین صفات بر اساس ضریب همبستگی پیرسون در جدول ۷ نشان داده شده است. عملکرد اسانس دارای همبستگی مثبت بالا و معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) با صفات درصد اسانس، وزن بوته، عملکرد دانه در بوته، وزن کل بوته و شاخص برداشت داشته است و از میزان این وابستگی در خصوص صفات تاج و پوشش و زمان رسیدگی فیزیولوژیکی کاسته می‌شود. این همبستگی با زمان ساقه رفتن به‌شکلی منفی (۰/۵۲-) و معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بوده و هرچه گیاه دیرتر وارد مرحله ساقه‌دهی گردد و یا تا حدی ارتفاع بوته (۰/۲۹-) بیش‌تری داشته باشد به‌دلیل همبستگی منفی که با عملکرد دانه ایجاد می‌شود از میزان عملکرد اسانس گیاه کاسته می‌گردد. این نتیجه با نتایج سایر محققین مطابقت دارد به‌طوری‌که در خصوص زنیان مشخص‌شده عملکرد دانه و اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد بیولوژیکی گیاه دارد (Safaei et al., 2011; Niazian et al., 2018). هرچه گیاه سریع‌تر وارد مرحله ساقه رفتن‌گردد، تعداد روزهای پس از کاشت افزایش‌یافته و منجر به تولید بیوماس و عملکرد دانه بیش‌تری شده و این امر موجب افزایش عملکرد اسانس شده است (Ganapathi et al., 2018).

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین صفات فنولوژیکی، مورفولوژیک عملکرد و اجزاء عملکرد زنیان

Table 6- Correlation coefficients between phenological, morphological traits of yield and yield components of Ajwain

صفات Traits	شروع ساقه دهی Stemming stage(day)	تاریخ ۵۰ درصد گل‌دهی 50% of flowering) stage(day)	ارتفاع Plant height(cm)	مساحت تاج و پوشش (cm^2) Canopy area(cm^2)	دانه بستن Seed setting(day)	رسیدگی فیزیولوژیکی (day) Physiological maturing	تعداد انشعابات ساقه Branches	تعداد چترک در چتر Umbellate/ umbel	دانه در چترک No. Seed/ umbellate	وزن کل تک بوته Plant biomass g	وزن دانه تک بوته گرم Plant seed yield g/p	HI	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)	درصد اسانس Essential oil %
تاریخ ۵۰ درصد گل‌دهی 50% of flowering stage	0.51**													
ارتفاع Plant height	0.01	-0.44**												
مساحت تاج و پوشش Canopy area	-0.52**	-0.51**	0.40**											
دانه بستن Seed setting	0.16	0.66**	-0.34**	-0.30**										
رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturing	0.17	0.64**	-0.28**	-0.33**	0.95**									
تعداد انشعابات ساقه Branches	0.13	0.33**	-0.15	-0.07	0.18	0.10								
تعداد چترک در چتر Umbellate/umbel	0.004	-0.19	0.36**	0.005	-0.25**	-0.21	0.15							
دانه در چترک No.Seed/ umbellate	-0.17	-0.33**	0.16	0.13	-0.42**	-0.41**	0.001	0.75**						
وزن کل تک‌بوته Plant biomass	-0.16	-0.09	0.03	0.39**	0.08	0.10	0.03	0.01	0.13					
وزن دانه تک‌بوته گرم Plant seed yield	-0.24**	0.32**	-0.41**	-0.02	0.49**	0.53**	0.10	-0.21	-0.11	0.33**				
HI	-0.23**	0.29**	-0.42**	-0.11	0.45**	0.50**	0.02	-0.22**	-0.17	-0.03	0.89**			
وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)	0.16	0.32**	-0.32**	-0.16	0.47**	0.51**	0.16	-0.28**	-0.37**	0.19	0.27*	0.24*		
درصد اسانس Essential oil %	-0.53**	-0.63**	0.21	0.48**	-0.46**	-0.46**	-0.26**	0.09	0.35**	0.37**	-0.09	-0.21	-0.32**	
عملکرد اسانس در بوته Essential oil yield /plant	-0.52**	-0.05	-0.29**	0.24**	0.20	0.25*	-0.01	-0.12	0.09	0.49**	0.86**	0.72**	0.18	0.37**

**و *: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

** and *: are significant at 1% and 5% and 1% probability levels, respectively.

زنیان دارای تنوع بسیار بالایی ازنظر صفات کیفی و کمّی هستند (Neghab & Mehrjerdi, 2017). در مطالعه انجام‌شده عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه، تعداد روز تا گل‌دهی، رسیدگی رابطه مثبت داشته ولی با ارتفاع بوته رابطه منفی معنی‌داری (۰/۴۰-) داشته است (جدول ۶). درحالی‌که توسط سایر محققین مشخص‌شده است همبستگی عملکرد دانه با صفات ارتفاع گیاه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد روز تا اتمام گل‌دهی و تعداد شاخه فرعی مثبت و معنی‌دار بود و با وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشت (Neghab & Mehrjerdi, 2017).

رگرسیون گام‌به‌گام

در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد اسانس به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات قرار گرفت. صفت عملکرد دانه در بوته اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد و به‌تنهایی ۵۱ ٪ از تغییرات مربوط به عملکرد اسانس را توجیه نمود. صفت وزن هزار دانه، مساحت تاج و پوشش و تعداد چترک از جمله صفاتی بودند که وارد مدل شده و در مجموع ۶۰٪ از تغییرات صفت وابسته (عملکرد اسانس) را توجیه کرد (جدول ۷). در سایر تحقیقات مشابه بر روی زیره سبز صفات وزن هزار دانه، تعداد چتر، دانه در چتر و تعداد انشعابات ساقه از جمله صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند و در مقابل صفت وابسته عملکرد دانه قرار گرفتند (Afshar et al., 2016).

جدول ۷- نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در ژرم‌پلاسم‌های زنیان با متغیر وابسته عملکرد اسانس (گرم در بوته)

Table 7- Results of stepwise regression analysis in Ajwain germplasms with dependent variable as Essential oil yield (g/plant)

صفات Traits	R^2	$R^2_{partial}$	F
مرحله ساقه‌دهی Stemming stage	0.261	0.261	29.22**
وزن کل بوته Plant biomass	0.428	0.167	30.88**
ارتفاع بوته Plant height	0.510	0.082	28.75**
رسیدگی فیزلوژیکی Physiological maturing	0.552	0.042	20.61**

تجزیه و تحلیل‌ها نشان داده همبستگی زیادی بین تنوع جغرافیایی، شرایط محیطی بر میزان اسانس و تغییرات شیمیایی زنیان مؤثر هست. به‌طوری‌که میزان محتوای اسانس و تیمول بالا در شرایط ضعیف زراعی، و خاک نسبتاً سنگی در شرایط خشک و نیمه‌خشک زیاد بوده چرا که فنول‌ها احتیاج کم‌تری نسبت به ترکیبات غیر فنولی به رطوبت و خاک عمیق و دارای مواد آلی دارند (Rahimmalek et al., 2017).

تجزیه علیت

بر مبنای رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت، عملکرد اسانس هر بوته زنیان از اثرات مستقیم و غیرمستقیم عملکرد دانه توده‌های زنیان از اثرات مستقیم و غیرمستقیم تعداد روز تا ساقه‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته و وزن بوته متأثر شده است. با توجه به ضریب تبیین (۵۵ درصد) بخش اعظم تغییرات عملکرد اسانس دانه توده‌های زنیان مربوط به این چهار صفت بود. بیشترین اثر مستقیم مثبت (۳۹٪) بر عملکرد اسانس دانه مربوط به وزن کل بوته است که خودهمبستگی مثبت و بالایی (۵۳٪) با تعداد روز تا رسیدگی دارد. ارتفاع بوته و تعداد روز تا ساقه رفتن گیاه اثر مستقیم منفی بر عملکرد اسانس دانه‌زنیان داشته است. اثرات غیرمستقیم نشان داد که با دیررس شدن توده ارتفاع و وزن کل بوته افزایش یافته که به‌علت اثر مثبت به صورت غیرمستقیم موجب افزایش میزان اسانس دانه گیاه شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که توده‌های زنیان موردمطالعه دارای پتانسیل ژنتیکی بالایی می‌باشند که می‌تواند منبع مناسبی برای کارهای اصلاحی باشد. بنابراین، می‌توان

از طریق تلاقی بین ژنوتیپ‌های برتر و آزمون نتایج آن‌ها از طریق برنامه‌های به‌نژادی نسبت به انتخاب و تولید ارقام با خصوصیات زراعی مطلوب اقدام نمود. سایر تحقیقات نیز نشان داده در تجزیه علیت، عملکرد دانه توده‌های زنیان از اثرات مستقیم و غیرمستقیم تعداد روز تا شروع گل‌دهی و ۵۰٪ گل‌دهی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد دانه در گریبانک و وزن هزار دانه متأثر شده است و بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه مربوط به وزن هزار دانه و کم‌ترین آن مربوط به تعداد شاخه ثانویه بود (Neghab & Mehrjerdi, 2017). لذا به‌منظور تفسیر دقیق‌تر نتایج حاصل از همبستگی‌ها و هم‌چنین ارزیابی اهمیت صفات مؤثر بر عملکرد و تعیین سهم اجزای عملکرد، متغیرهای وارد شده در مدل نهایی رگرسیون، صفات واردشده به مدل رگرسیونی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند (جدول‌های ۷ و ۸). در تجزیه علیت عملکرد اسانس به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل صفات عملکرد بیولوژیکی هر بوته، ارتفاع بوته، تعداد روز تا ساقه رفتن و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی به‌عنوان متغیرهای مستقل قرارداده شد. تا اثرات مستقیم و غیرمستقیم هریک از این متغیرها با متغیر تابع مشخص‌گردد (جدول ۸).

جدول ۸- تجزیه علیت همبستگی عملکرد اسانس زنیان با باقیمانده صفات در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 8- Path way analysis of essential oil yield with remaining traits from stepwise regression model

نام صفت Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم Indirect effect				اثرات کل Total effects
		ساقه رفتن Stemming stage	وزن کل بوته Plant biomass	ارتفاع بوته Plant height	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturing	
مرحله ساقه‌دهی Stemming stage	-0.5		-0.06	-0.003	0.04	-0.53
وزن کل بوته Plant biomass	0.393	0.08		-0.01	0.023	0.49
ارتفاع بوته Plant height	-0.232	-0.01	0.011		-0.065	-0.29
رسیدگی فیزلوژیکی Physiological maturing	0.231	-0.086	0.039	0.064		0.25

اثرات باقیمانده= ۰/۶۴۴

Residual effect=0.644

همان‌طور که در نتایج جدول ۸ مشاهده می‌شود صفت تعداد روز تا ساقه رفتن و ارتفاع بوته بیش‌ترین تأثیر منفی مستقیم را بر عملکرد اسانس داشته و از طرف دیگر عملکرد بیولوژیکی هر بوته و مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی اثر مثبت و مستقیمی با عملکرد اسانس داشته و اکسشن‌های که از نظر ظاهری جثه بزرگ‌تری داشته و زودتر وارد مرحله ساقه رفتن شده و طول دوره رشد طولانی‌تری داشته، از وزن بوته بالاتری برخوردار بوده و درنتیجه میزان عملکرد اسانس بیش‌تر شده است. صفت ارتفاع بوته و وزن بوته به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر زمان رسیدگی فیزیولوژیکی بوده و بر میزان عملکرد اسانس گیاه مؤثر می‌باشد. چون جهت اثر مستقیم با اثر کل (ضریب همبستگی) یکسان بود، می‌توان نتیجه گرفت که گزینش این چهار صفت تأثیر معنی‌داری برافزایش عملکرد اسانس دارد. تعیین روابط میان عملکرد و اجزای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هست. تحقیقات بر روی گیاهان خانواده چتریان نشان می‌دهد که تعدادی از اجزای عملکرد مانند تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه اهمیت بسزایی در تعیین عملکرد دارند (Ranjan et al., 2011). سایر تحقیقات در خصوص زیره‌سبز نشان داده تعداد انشعابات ساقه، وزن هزار دانه، تعداد چتر، تعداد دانه در چتر جزء صفاتی بود که وارد مدل رگرسیونی شده و در تجزیه علیت مورد بررسی قرار گرفتند و گزارش‌شده بیش‌ترین اثر مستقیم مربوط به تعداد چتر در بوته (۰/۷) و وزن هزار دانه دارای اثر مستقیمی معادل ۰/۱۹ و اثر غیرمستقیم و ترتیب معادل ۰/۰۹ و ۰/۰۳ بر عملکرد دانه است (Afshar et al., 2016).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه علیت، صفت وزن بوته، ارتفاع بوته، مرحله ساقه‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی یا طول دوره رشد بر عملکرد اسانس مؤثر هست. در نتیجه برای مطالعه توده‌های بومی زنیان، انتخاب صفات باید با دقت نظر بیش‌تر برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی مد نظر قرار گیرند.

منابع

Afshar, A.K., Baghizadeh, A., and Mohammadi-Nejad, G. 2016. Evaluation of relationships between morphological traits and grain yield in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under normal and drought conditions. Journal of Crop Breeding (18): 160-165. (In Persian with English Summary)

Azizi, E., Koocheki, A., Moghaddam, P.R., and Nassiri Mahallati, M. 2015. Interaction of nutrient resource and crop diversity on resource use efficiency in different cropping systems. Journal of Agroecology 7 (1):1-19. (In Persian with English Summary)

Chineh, I.R., Pirzadeh, A., Hosseini, B., and Madani, S.H. 2017. Effect of different irigation levels and harvest time on some agronomic characteristics and essential oil of *Carum copticum* L. Environmental Stresses in Crop Sciences (9): 329-337.

Dalkani, M., Darvishzadeh, R., and Hassani, A. 2011. Correlation and sequential path analysis in ajowan (*Carum copticum* L.). Journal of Medicinal Plants Research (5): 211-216. (In Persian with English Summary)

Eblagh, N., Fateh, E., Farzane, M., and Osfuri, M. 2013. Effect of cattle manure application, phosphate solubilizing bacteria and different phosphrous levels on yield and essence components of *Trachyspermum ammi* L. Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production (23): 1-15.

Franks, S.J., Sim, S., and Weis, A.E.2007. Rapid evolution of flowering time by an annual plant in response to a climate fluctuation. Proceedings of the National Academy of Sciences (104): 1278-1282.

Ganapathi, T., Dharmatti, P., and Hegde, R.V. 2018. Effect of integrated nutrient modules on growth, yield and available plant nutrients in banana cv. Grand Naine. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (7): 1964-1973.

Ghorbanzadeh, M., and Mehrjerdi, M.Z. 2017. A study on correlation between morphological traits and path analysis of yield on some ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). In: The First International and the Third National Conference of Medical Herbs, Conventional Medicine and Organic Agriculture (ed. Astani, S). Bonyad Hamayesh Hamadan, Iran. (In Persian)

Jan, S.A., Shinwari, Z.K., Zeb, A., Khalil, A.T., and Shah, S.H. 2015. Ethnobotany and research trends in *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan); A popular folklore remedy. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences (15): 68-73.

Letchamo, W., Xu, H.L., and Gosselin, A. 1995. Photosynthetic potential of *Thymus vulgaris* selections under two light regimes and three soil water levels. Scientia Horticulturae (62): 89-101.

Lubadde, G. 2014. Genetic analysis and imporvement of pearl millet for rust resistance and grain yield in Uganda. University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg.

Mirzahosseini, S.M., Noori, S.A.S., Amanzadeh, Y., and Javid, M.G. 2017. Evaluation of phenological characteristics and amount of essential oils in some native ecotypes of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants (33): 435-448. (In Persian with English Summary)

Monika, M., Dodiya, N., Baudh, B., Rajani, V., and Meena, B. 2017. Correlation and path analysis for seed yield its contributing traits and oil content in Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Environment and Ecology (35): 1849-1853.

Neghab, M.G., and Mehrjerdi, M.Z. 2017. Investigation of correlation between morphological traits and pathway analysis of seed yield of *Trachyspermum ammi* L. In: The first international conference and the third National Conference on Medicinal Plants, Traditional Medicine and Organic Agriculture. Mofatteh School Hamadan, Iran.p. 11. (In Persian)

Nezami, S., Nezami, A., and Rezazadeh, Z.B. 2013. Evaluation of frost tolerance of three Sprague ecotypes (*Trachyspermum ammi* Linn.) in controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research (11): 121-130. (In Persian with English Summary)

Niazian, M., Sadat-Noori, S.A., and Abdipour, M. 2018. Modeling the seed yield of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) using artificial neural network and multiple linear regression models. Industrial Crops and Products (117): 224-234.

Niazian, M., Sadat Noori, S.A., Tohidfar, M., and Mortazavian, S.M.M. 2017. Essential oil yield and agro-morphological traits in some Iranian ecotypes of ajowan (*Carum copticum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants (20): 1151-1156. (In Persian with English Summary)

Qureshi, A.A., and Eswar, K.K. 2010. Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Trachyspermum ammi*. Plant Archives (10): 955-959.

Rahimmalek, M., Heidari, E.F., Ehtemam, M.H., and Mohammadi, S. 2017. Essential oil variation in Iranian Ajowan (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague populations collected from different geographical regions in relation to climatic factors. Industrial Crops and Products (95): 591-598.

Ranjan, B., Manmohan, S., Singh, S.R., and Singh, R.B. 2011. Medicinal uses of *Trachyspermum ammi*: A review. The Pharma Research (5): 247-258.

Rezaei-Chianeh, E., and Nasab, A.D.M. 2014. Evaluation of the integrated application of bio-chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of *Carum copticum* L. in intercropping with *Trigonella foenum-graecum* L. Journal of Agroecology 6(3): 582-594. (In Persian with English Summary)

Safaei, L., Zeinali, H., and Afiuni, D. 2011. Study of genetic variation of agronomic haracteristics in *Foeniculum vulgare* Mill. genotypes. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 19: 167-180. (In Persian with English Summary)

Saydi, Z., Fateh, E., and Aynbaneh, A. 2016. The effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on soil properties andessentioal oil properties of ajwain. Crop Production (9): 175-192.

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2016. Evaluation of symbiosis with mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Shahhoseini, R., Saeidi, K., Babaahmadi, H., and Ebadi, M. T. 2018. Effect of fertilizers and superabsorbent hydrogel on the yield, essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.) cultivated in Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants (21): 230-236. (In Persian with English Summary)

Zarezadeh, A., Mirvakili, S., and Arabzadeh, M. 2007. Survey on phenology and aeclimitization of medicinal plants species in Yazd province collection. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants (23): 204-217. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 995-1008

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۰۰۸-۹۹۵

Study of Phenological, Morphological and Phytochemical Characteristics of Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) Genotypes

M. Faravani[1*], N. Azizi[1], A.K. Negari[2], M. Ranjbar[2] and A. A. Jafari[3]
Submitted: 02-06-2018
Accepted: 16-03-2019

Faravani, M., Azizi, N., Negari, A.K., Ranjbar, M., and Ashraf Jafari, A. 2019. Study of phenological, morphological and phytochemical characteristics of ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) genotypes. Journal of Agroecology. 11(3): 995-1008.

Introduction[1]

Trachyspermum ammi (L.) Sprague or commonly Ajwain is an herbaceous herb belonging to the family Apiaceae and vastly grows in Egypt, Iran, Pakistan, Afghanistan, and India as well as European regions. Known as Zenyan or Nankhah in medical and pharmaceutical manuscript of medieval Persia, seeds of Ajwain were highly used by traditional healers for different ailments. Due to its various chemical constituents, the herb seeds were also evaluated for its numerous pharmacological properties. Moreover, numbers of chemical constituents have been reported for the herb. In addition, fiber (11.9%), carbohydrates (24.6%), tannins, glycosides, moisture (8.9%), protein (17.1%), fat (21.1%), saponins, flavones and other components (7.1%) involving calcium, phosphorous, iron, cobalt, copper, iodine, manganese, thiamine, riboflavin and nicotinic acid are of reported phytochemical constituents of Ajwain. Other studies showed that there was a difference among investigated ecotypes of Ajwain for following characters including plant height, number of branches, number of umbels, number of umbellets in an inflorescence, biological yield, single plant yield, and for number of secondary branches and oil content at 5% probability level. According to high correlation analysis between grain and oil yields, breeding for these two traits can be consistent in Iranian ecotypes of Ajwain. Oil contents percentage in ecotypes from south and center were more than other parts of Iran.

Materials and Methods

This study was carried out at Research Station of the Agricultural Research and Education Center of Khorasan Razavi, Iran during 2012-2013 crop years. In this experiment, 27 genotypes of Ajwain from different parts of the country were collected by the Natural Resources Genes Bank of Iran. Gene banks is a source for the right seed and look into several issues in order to improve levels of germplasm distribution and its utilization, duplication of plant identity, and access to database, for pre-breeding activities. In order to evaluate the morphological and phenological traits and to measure essential oil percentage, yield and yield components of Trachyspermum ammi for achieving superior germplasm. It was conducted in a randomized complete block design with three replications. Seed samples were first cultivated in the greenhouse and then transferred to the field and cultivated in drip irrigation conditions. Both fresh and dry weights were collected and measured for each sample. Seed size, yield components, biomass and grain yield as well as essential oil percentage were measured in all the cultured germplasm. All phenological stages including stem elongation time, flowering time and seeding time were counted and recorded during the growth period.

Results and Discussion

In this research, analysis of variance showed that there is a significant difference at 5% probability level between genotypes for a number of traits in different groups for 50% flowering time in 1.5 months, plant

1 and 2- Assisstant Professor and Engineer, Forests and Rangelands Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran, respectively.
3- Forest and Rangeland Research Institute, Agricultural Research and Education Organization, Tehran, Iran
(*-Corresponding Author Email:mfaravani@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.73235

biomass 72-245 g.plant^{-1}, seed yield 38-61.3 g.plant^{-1}, and essential oil 3.08-11.22%. The highest positive direct effect (39%) on the yield of Ajwain essential oil was observed on biomass trait which has a positive and high correlation (53%) with the number of days to maturity. Different accessions of Ajwain have a potentially important source of genetic variation for the improvement of the cultivated species. Genetic and environmental conditions play a significant and interrelated role on the emergence of traits. The selection of these traits is influenced by genotype and phenotype. High levels of genetic advance represent an incremental gene activity, while low levels represent the non-additive activity of the gene. The knowledge of genetic variability in a given crop species for characters under improvement is important in any plant breeding program. Understanding the nature and magnitude of variability among Ajwain genotypes for traits of economic importance is the goal of this study and it is vital to plan effective breeding programs.

Conclusion

As plant biomass has the highest positive direct effect on the yield of ajwain essential oil and a high correlation (53%) with the number of days to maturity, the selection of these traits should be considered with greater attention and emphasis on breeding programs. They were determined as suitable criteria and characters in plant breeding to produce the best of ajwain genotypes.

Keywords: Pathway analysis, essential oils, diversity, Physiological maturity, Correlation

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1020-1009

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1009-1020

ارزیابی اثر مدیریت کودی بر مبنای مقادیر کمپوست بر عملکرد و جذب نیتروژن در تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)

قربانعلی اسدی[1*] و احسان ابراهیمی[2]

تاریخ دریافت: 1396/11/24
تاریخ پذیرش: 1397/02/05

اسدی، ق.ع.، و ابراهیمی، ا. 1398. ارزیابی اثر مدیریت کودی بر مبنای مقادیر کمپوست بر عملکرد و جذب نیتروژن در تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1020-1009.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر انواع کمپوست در نظام تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط اکولوژیک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و تیمارهای کود گاوی، کمپوست شهری، بقایای کمپوست قارچ و ورمی‌کمپوست در سه مقدار کم (سه تن در هکتار برای ورمی‌کمپوست و 10 تن در هکتار برای دیگر کودها)، متوسط (شش تن در هکتار برای ورمی‌کمپوست و 20 تن در هکتار برای دیگر کودها) و زیاد (نه تن در هکتار برای ورمی‌کمپوست و 30 تن در هکتار برای دیگر کودها) و دو روش اجرای ردیفی در پشت بوته و نیز پخش در سطح زمین در بخش ارگانیک مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 94-1393 به اجرا در آمد. سه عامل عملکرد، ماده خشک گیاه و نیز میزان نیتروژن جذب شده کل مورد بررسی قرار گرفت. اختلاف بین تیمارها در سطح نوع کود مصرفی در هر سه عامل عملکرد، ماده خشک و نیتروژن جذب شده معنی‌دار بود؛ امّا در مورد میزان مصرف کود و روش مصرف کود فقط در عملکرد تغییرات معنی‌داری بین تیمارها مشاهده گردید. تیمارهای کود گاوی بیش‌ترین عملکرد (102/8 تن در هکتار) و نیز تولید ماده خشک و جذب نیتروژن را نشان دادند. نتایج نشان دادند که بین انواع کمپوست در عملکرد و مقدار جذب نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، امّا کمپوست شهری ماده خشک کم‌تری را نسبت به دیگر کمپوست‌ها ایجاد کرد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در راستای دستیابی به اصول کشاورزی اکولوژیک مصرف مقادیر مختلف انواع کمپوست را به‌منظور بهبود عملکرد گوجه‌فرنگی مدنظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: بقایای کمپوست قارچ، کشاورزی اکولوژیک، کمپوست شهری، ورمی‌کمپوست

مقدمه

اطمینان از تولید پایدار محصولات غذایی سالم و نیز سازگار با محیط زیست، هم‌چنین توجه به وضعیت اقتصادی و مناسبات اجتماعی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. استفاده از منابع مختلف کودی می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد و نیز کیفیت محصولات داشته باشد (Ghorbani et al., 2008). از سوی دیگر، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و نیز بی‌توجهی به حفظ حاصلخیزی و باروری خاک و استفاده از روش‌های رایج و فشرده باعث افت خصوصیات خاک شده است (Rezaee Moadab & Nabavi Kalat, 2012). ضمن این‌که کوددهی رایج بر تأمین تعداد معدودی از عناصر پرمصرف تمرکز دارد، درصورتی‌که نیاز گیاه به حداقل 13 ماده معدنی خاک از نظر علمی شناخته شده است (Atiyeh et al., 2000). در سال‌های اخیر توجه به سلامت و کیفیت خاک و در نتیجه تولید پایدار محصولات افزایش چشمگیری داشته است (Ghorbani et al., 2008).

1 - دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- دانشجوی دکتری گروه کشاورزی ارگانیک و سیستم‌های زراعی دانشگاه کاسل آلمان
(*- نویسنده مسئول: (Email: asadi@um.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v11i3.70974

در سیستم‌های کشاورزی رایج مصرف کودهای آلی از رواج نداشته و عمده نیاز غذایی از طریق کودهای شیمیایی تأمین می‌شود (Fallahi, 2009). مصرف بیش از حد و نامتعادل کودهای شیمیایی باعث کاهش عملکرد، افت فعالیت‌های بیولوژیکی و خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش تجمع نیترات و عناصر سنگین و اسیدی شدن خاک می‌گردد (Ghost & Bhat, 1998; Adediran et al., 2004; Aseri et al., 2008). بنابراین، کشاورزی پایدار از طریق جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی، درصدد افزایش حاصلخیزی و سلامت خاک، حفظ محیط زیست و افزایش کیفیت محصولات می‌باشد (Allievi et al., 1993). مواد آلی خاک حاوی منابع سرشار ذاتی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به فرم آلی و ریز مغزی‌ها می‌باشند که فراهمی و تحرک این عناصر در ترکیب‌های آلی معمولاً بسیار کم‌تر می‌باشد (Astaraei, 2006). حفظ مقدار مطلوب ماده آلی در خاک، یکی از اساسی‌ترین اصول کشاورزی پایدار است (Ahmad Abadi & Ghajar Sepanlou, 2012).

سیلانپا و همکاران (Sillanpaa et al., 1982) نشان دادند که در بیش از 30 کشور جهان به‌طور متوسط حدود 30 درصد خاک‌ها به کمبود یک یا چند عنصر ریزمغذی مبتلا می‌باشند. با مصرف کودهای آلی، میزان مواد آلی خاک افزایش یافته و موجب بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و فراهم کردن عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاه می‌شود (Hosseinpour & Ghajar Sepanlou, 2012).

کمپوست طی فرآیند تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها در حضور اکسیژن ساخته می‌شوند (Rezaee Moadab & Nabavi Kalat, 2012). که کاربرد آن در خاک به‌منظور حفظ و افزایش ثبات و پایداری خاکدانه‌ها، حاصلخیزی و باروری است. درحالی‌که اخیراً آگاهی بیش‌تر نیاز به اصلاح و بهبود کیفیت خاک و تأمین نیاز غذایی گیاهان به‌طور پایدار محسوس بوده که در برگیرنده جنبه‌های زیست‌محیطی نیز باشد (Astaraei, 2006). در بسیاری از نظام‌های کشاورزی پایدار از کمپوست‌ها و کودهای آلی و عصاره‌های آن‌ها جهت بهبود شرایط و حاصلخیزی خاک و نیز پیشگیری و کنترل امراض و آفات گیاهی استفاده می‌شود. کودهای آلی و کمپوست می‌توانند موجب ایجاد مقاومت در گیاهان در برابر بیماری‌های گیاهی شوند (Montemurro et al., 2005). تأثیر مصرف کودهای آلی و کمپوست‌ها بر کنترل امراض ممکن است ناشی از اثرات ضد میکروبی آن‌ها و یا اثرات تحریک‌کنندگی آن‌ها برای ایجاد مقاومت گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا باشد (Ghorbani et al., 2008). تحقیقات دیویس و ویلسون (Davis & Wilson, 2004) نشان داد که مواد آلی تهویه خاک ، نفوذ آب، ظرفیت نگهداری مواد غذایی و آب در خاک را افزایش می‌دهند. بسیاری از اصلاح‌کننده‌های آلی مانند پیت، کمپوست‌های آلی و دامی و غیره عناصر غذایی گیاهان را دارا بوده و به‌عنوان کود آلی عمل می‌کنند (Eskandari & Astaraei, 2008).

کمپوست زباله‌های شهری به‌عنوان یک کود آلی مقرون به صرفه با توان مناسب و با ارزش می‌تواند جایگزینی مناسب در کشاورزی پایدار باشد (Ahamdpoor et al., 2011; Khoshgoftarmanesh & Kalbasi, 2002). گزارش‌های زیادی در مورد تأثیر مصرف کمپوست زباله شهری بر افزایش میزان عناصر میکرو خاک وجود دارد (Hosseinpour & Ghajar Sepanlou, 2012). کارگیری کمپوست زباله شهری به‌عنوان یک کود آلی می‌تواند راهکاری برای بهبود خصوصیات خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد (Ahmad Abadi & Ghajar Sepanlou, 2012). کشاورز (Keshavarz, 2013) گزارش کرد که افزایش مصرف کمپوست پسماند شهری pH خاک را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد (بدون مصرف کمپوست) کاهش و هدایت الکتریکی را افزایش داد.

ورمی‌کمپوست با دارا بودن تنوع زیستی میکروبی، به‌عنوان اصلاح‌کننده مهم خاک به‌کار گرفته می‌شود که از خلل و فرج زیاد، ظرفیت بالای تهویه، زه‌کشی مناسب و ظرفیت نگهداری آب بالایی برخوردار است (Atiyeh et al., 2000). وجود عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در مقایسه با سایر کودهای آلی از دیگر مزایای کود ورمی‌کمپوست می‌باشد (Beyk Khurmizi et al., 2010). ورمی-کمپوست به‌دلیل اثرات مواد هومیکی رشد گیاهان را تحریک می‌کند (Atiyeh et al., 2000). سهم ورمی‌کمپوست در تأمین عناصر کم مصرف گیاهان بیش از دیگر انواع کمپوست می‌باشد (Alikhani & Savabeghi, 2007).

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در ایران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Mortezaee Nejad & Rezaee, 2009) که به‌علت داشتن انواع ویتامین‌ها، کاروتن، اسیدهای مفید، قند و املاح معدنی نقش مهمی را در سلامت انسان ایفا می‌کند (Alizadeh-Uskoee et al., 2006). این گیاه تقریباً در همه خاک‌ها رشد می‌کند (Mobli & Pirasteh, 1995). بیش‌تر سیستم‌های تولید گوجه‌فرنگی از هر دو نوع کودهای آلی و روش سنتی استفاده

می‌کنند، امّا گزارش‌ها حاکی از این است که نوع مدیریت کودی بر کیفیت گوجه‌فرنگی تأثیر می‌گذارد (Ghorbani et al., 2008; Ghorbani et al., 2009).

در این مطالعه سعی بر آن است تا اثر انواع مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای مصرف انواع کود کمپوست و مقادیر مختلف کودی و انواع روش‌های مصرف این کودها بر رشد و عملکرد میوه و مقدار نیتروژن جذب شده میوه گوجه‌فرنگی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام در بخش ارگانیک مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در عرض جغرافیایی 36 درجه و 15 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 28 دقیقه شرقی ایران در سال زراعی 94-1393 گرفت. نتیجه خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش (عمق 30-0 سانتی‌متر) در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total N (%)	نسبت کربن/نیتروژن C:N ratio	فسفر قابل دسترس $P_{available}$ ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس $K_{available}$ ($mg.kg^{-1}$)
لوم سیلتی Siltyloam	7.8	2.4	1.36	0.16	8.18	297.8	747.8

فاکتورهای آزمایش شامل نوع کمپوست و کود (کود گاوی، کمپوست شهری، بقایای کمپوست قارچ و ورمی‌کمپوست)، روش اجرای کمپوست (پخش در سطح زمین و به‌صورت ردیف در پشت گیاه) و سه مقدار کم، متوسط و زیاد کمپوست کم (سه تن در هکتار برای ورمی‌کمپوست از منبع کمپوست قارچ و 10 تن در هکتار برای دیگر کودها)، متوسط (شش تن در هکتار برای ورمی‌کمپوست و 20 تن در هکتار برای دیگر کودها) و زیاد (نه تن در هکتار برای ورمی-کمپوست و 30 تن در هکتار برای دیگر کودها) بود. قبل از اعمال تیمارهای کودی و کمپوست، کود دامی و کمپوست به‌لحاظ شیمیایی و فیزیکی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آنالیز آن در جدول 2 آورده شده است. رقم بذر مورد مطالعه، فلات بود که پس از انتقال نشاءها به زمین اصلی در تاریخ 12 خرداد ماه انجام گرفت. سه تا چهار هفته قبل از نشاءکاری و پس از آماده‌سازی زمین کودهای مورد نظر به کرت‌ها اضافه شد و طبق روش برای هر کرت به‌صورت جداگانه با خاک مخلوط گردید. مقدار استفاده شده برای بقایای کمپوست قارچ، کمپوست شهری و کود دامی عبارت است از 10، 20 و 30 تن در هکتار و برای ورمی‌کمپوست 3، 6 و 9 تن در هکتار بود که جهت به‌سازی بستر کاشت با روتیواتور با خاک مخلوط گردید (Ghorbani et al., 2008; Ahmad Abadi & Ghajar Sepanlou, 2012; Hosseinpour & Ghajar Sepanlou, 2012; Arancon et al., 2003). عملیات کاشت، داشت و برداشت به‌صورت دستی و در طول فصل رشد انجام گرفت. علف‌های هرز در طول فصل رشد دستی و بدون استفاده از سموم شیمیایی کنترل شد. زمین مورد آزمایش هفته‌ای یک بار به‌روش جویچه‌ای آبیاری شد. هر کرت شامل دو جویچه و هر جویچه حامل دو ردیف گوجه‌فرنگی بود. فاصله جویچه‌ها از یکدیگر 150 سانتی‌متر و طول هر ردیف چهار متر و فاصله هر بوته گوجه‌فرنگی روی ردیف 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری‌ها از دو ردیف میانی هر کرت صورت پذیرفت. گوجه‌فرنگی‌ها در سه مرحله (چین) برداشت شدند که اولین برداشت آن در تاریخ 12 شهریور بود. پس از هر مرحله برداشت، میزان محصول بر اساس وزن میوه در هر کرت در مزرعه اندازه‌گیری و در پایان میزان کل محصول بر اساس تن در هکتار محاسبه گردید. پس از آخرین برداشت پنج بوته از دو ردیف میانی هر کرت جهت اندازه-گیری وزن خشک گیاه و مقدار جذب نیتروژن (N uptake)، بررسی گردید.

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کودهای آلی
Table 2- Chemical characteristics of organic fertilizers

	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	مس Cu	آهن Fe	منگنز Mn	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
	($g.kg^{-1}$)			($mg.kg^{-1}$)					
کود گاوی Cow manure	14	3	11	91.7	27.5	8778	350.2	4.48	8.19
کمپوست شهری Household compost	20	4	8	836	165.4	3771	316	5.57	7.96
کمپوست قارچ Spent mushroom compost	51	3	7	226	24.3	2671	301.1	6.14	7.92
ورمی‌کمپوست Vermicompost	21	5	6	568	170.6	5255	210.2	2.94	7.85

در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، با کمک نرم افزارهای Microsoft Excel و Minitab تجزیه و تحلیل صورت گرفت. برای مقایسه میانگین از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول 3) نشان داد که نه تنها اثر هر سه فاکتور از قبیل نوع کود آلی یا کمپوست، مقدار آن و یا روش به‌کارگیری آن به‌تنهایی معنی‌دار بوده بلکه اثر متقابل هر سه فاکتور نیز روی عملکرد معنی‌دار ($p\leq 0/01$) شد. با توجه به این معنی‌داری، جدول 4 نشان می‌دهد که در میان کودهای آلی همان‌طورکه انتظار می‌رفت، کود گاوی بیش‌ترین میزان عملکرد را نشان داد و تفاوت میان کمپوست‌های مختلف معنی‌دار نبود. با توجه به جدول 5، تیمار بقایای کمپوست قارچ در مقدار متوسط و روش اجرای پخش در سطح زمین بیش‌ترین میزان محصول (119/4 تن در هکتار) را داشت که در مقایسه با مقدار مشابه کمپوست و روش اجرای ردیفی در پشت بوته (77/6 تن در هکتار) تفاوت معنی‌داری را نشان داد. نتایج به‌دست آمده در این آزمایش نشان داد که کود دامی و کمپوست شهری در مقدار متوسط با روش اجرای پخش در سطح زمین و نیز کمپوست شهری در مقدار متوسط ولی با روش ردیفی در پشت بوته عملکرد بهتری نشان دادند و با تیماری که بیش‌ترین میزان محصول را داشت تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول 4).

کمپوست شهری در مقدار کم در روش اجرای پخش در زمین با تیماری که بیش‌ترین تولید را داشت تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی در همان مقدار ولی با روش اجرای ردیفی این تفاوت معنی‌دار شد. به نظر می‌رسد که پخش کمپوست زباله شهری در کنار ردیف‌های کاشت گوجه‌فرنگی از طریق در اختیار قرار دادن بهتر عناصر غذایی موجب بهبود بیش‌تر میزان محصول در مقایسه با پخش غیریکنواخت آن در سطح زمین شده است (Ariyabod et al., 2007; Astaraei, 2006).

نتایج آزمایش نشان داد که تیمارهای دارای کود دامی در مقدار زیاد و روش‌های اجرای مختلف در عملکرد گوجه‌فرنگی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند و با تیماری که بیش‌ترین عملکرد را داشت تفاوت معنی‌داری نداشتند. این روند برای تیمارهای دارای کمپوست شهری نیز تکرار شد، با این تفاوت که در این تیمارها فقط در مقدار متوسط با هر دو روش اجرا و مقدار کم با روش اجرای پخش با تیماری که بیش‌ترین عملکرد را داشت تفاوت معنی‌دار وجود نداشت و در بقیه موارد تفاوت معنی‌دار بود. کشاورز (Keshavarz, 2013) نیز تغییرات معنی‌داری را بین مقادیر 15 تا 30 کیلوگرم مصرف کمپوست شهری مشاهده نکرد، ولی میزان محصول در مقادیر بالای 30 کیلوگرم مصرف کمپوست شهری افزایش معنی‌داری داشته است.

بقایای کمپوست قارچ در مقدار متوسط با روش اجرای پخش در سطح زمین و مقدار کم و روش اجرای ردیفی در کنار بوته (به‌ترتیب 119/5 و 112 تن در هکتار) بیش‌ترین عملکرد را از خود نشان داد. هر چند در بقیه مقادیر و روش‌های اجرا دارای عملکرد بالایی نبودند. مقایسه عملکرد گوجه‌فرنگی در تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست نشان داد که روش اجرا و مقادیر مختلف تفاوت معنی‌داری را در میزان تأثیرگذاری این کمپوست بر عملکرد به‌جز در مقدار کم که بین روش اجرای ردیفی و پخش در سطح زمین (به‌ترتیب با 85/1 و 112/2 تن

در هکتار) اختلاف معنی‌داری ($P\leq 0.05$) وجود داشت، ایجاد نکرد (جدول 5). سعیدنژاد و رضوانی‌مقدم (Saiednejad & Rezvani Moghaddam, 2010) در آزمایشی بر روی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) نشان دادند که ورمی‌کمپوست در مقدار 10 تن در هکتار باعث بهبود عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد. این بهبود کیفیت در ارتفاع بوده و در عملکرد بیولوژیک نیز مشاهده شده است.

جدول تجزیه واریانس نشان داد، عامل کود آلی و نیز روش اجرا تغییرات معنی‌داری را نشان دادند، امّا این معنی‌داری در عامل مقدار کود آلی صادق نبود. هم‌چنین این آزمایش نشان داد اثر متقابل هر سه عامل، تغییرات معنی‌داری را بین تیمارها ایجاد کرد (جدول 3). کود دامی در مقدار زیاد و روش اجرای پخش در سطح زمین بیش‌ترین میزان ماده خشک (3/13 تن در هکتار) نشان داد که این مقدار برای همان کود، در مقدار متوسط با هر دو روش پخش در سطح زمین و ردیفی در پشت بوته به‌ترتیب 2/5 و 2/6 تن در هکتار بود که با تیماری که بیش‌ترین تولید ماده خشک را داشت تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نوع، مقدار و روش مصرف مدیریت کمپوست بر عملکرد، ماده خشک گیاه و نیتروژن جذب شده گوجه‌فرنگی

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for the effect of type, amount and application method of compost management on yield, dry matter and uptake N of tomato

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد Yield	ماده خشک Dry matter	نیتروژن جذب شده Uptaked N
تکرار Replication	2	454.7 ^{NS}	273.8^{NS}	1087.3^{NS}
مدیریت کمپوست (A) Compost management (A)	3	715.7 **	2016.4 **	5686.7**
مقدار کود (B) Fertilizer amount (B)	2	564.6*	438.5^{NS}	981.2 ^{NS}
روش مصرف (C) Application method (C)	1	1376.7 **	1515*	1611.8^{NS}
A×B	6	753.97**	603.6^{NS}	2217.1 *
A×C	3	69.5^{NS}	524.7^{NS}	1098.1 ^{NS}
B×C	2	687.5*	251.2^{NS}	215.6 ^{NS}
A×B×C	6	1040.4**	1003.6**	3007.1 **
خطا Error	46	152.3	278.7	842.2
ضریب تغییرات CV (%)		19.96	33.75	37.82

Ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

Ns, * and **: Non significant and significant at $p\leq 0.05$ and $p\leq 0.01$, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر مدیریت کمپوست بر عملکرد نهایی، ماده خشک گیاه و نیتروژن جذب شده گوجه‌فرنگی

Table 4- Mean comparisons for the effect of different fertilizer types on yield, dry matter and uptake N of tomato

تیمارها Treatments	عملکرد نهایی Final yield (t.ha^{-1})	ماده خشک Dry matter (t.ha^{-1})	نیتروژن جذب شده Uptake N (kg.ha^{-1})
کود گاوی Cow manure	102.82 ^{a*}	2.44 ^{a}	123.2 ^{a}
کمپوست شهری Household compost	93.64 ^{b}	1.72^{c}	82.4^{b}
کمپوست قارچ Spent mushroom compost	89.58 ^{b}	1.77 ^{bc}	93.89 ^{b}
ورمی‌کمپوست Vermicompost	89.08 ^{b}	2.11 ^{ab}	90.68 ^{b}

*میانگین‌های بدون حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

* Means without different letters in each column are significantly different based on LSD at 5% probability level.

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل انواع کود با مقدار و روش‌های مختلف بر عملکرد، ماده خشک گیاه و نیتروژن جذب شده گوجه‌فرنگی

Table 5- Mean comparisons for the interaction of type, amount and application method of organic fertilizer on yield, dry matter and uptake N of tomato

کودهای مختلف Different fertilizers	روش مصرف Application method	مقادیر کود Fertilizer level	عملکرد Total yield ($t.ha^{-1}$)	ماده خشک گیاه Plant dry matter ($t.ha^{-1}$)	مقدار نیتروژن N content ($kg.ha^{-1}$)
کود گاوی Cow manure	ردیف Row	کم Low	98.95 b-e	2.23 b-g	117.6 bcd
		متوسط Medium	92.5 c-g	2.64 abc	125.8 abc
		زیاد High	109.13 abc	1.93 c-h	134.7 ab
	پخش شده Distributed	کم Low	98.64 b-f	2.18 c-g	74.2 d-g
		متوسط Medium	115.08 ab	2.51 a-d	121.3 a-d
		زیاد High	102.62 a-e	3.13 a	165.7 a
کمپوست شهری Household compost	ردیف Row	کم Low	78.48 f-i	1.19 h	59.5 fg
		متوسط Medium	107.04 a-d	1.47 fgh	60 fg
		زیاد High	87.26 d-h	1.88 c-h	95.4 b-g
	پخش شده Distributed	کم Low	100.38 a-e	1.7 d-h	78 d-g
		متوسط Medium	113.56 ab	1.72 d-h	95.5 b-g
		زیاد High	75.12 ghi	2.34 a-f	106.1 b-f
کمپوست قارچ Spent mushroom compost	ردیف Row	کم Low	112.05 abc	1.75 d-h	108.9 b-e
		متوسط Medium	77.69 ghi	1.44 gh	57.75 g
		زیاد High	61.44 i	1.2 h	78.6 c-g
	پخش شده Distributed	کم Low	76.2 ghi	1.95 c-h	93.8 b-g
		متوسط Medium	119.46 a	2.35 a-e	128.2 ab
		زیاد High	92.25 c-g	1.92 c-h	96.1 b-g
ورمی‌کمپوست Vermicompost	ردیف Row	کم Low	85.13 e-h	1.88 c-h	78.5 c-g
		متوسط Medium	71.95 hi	2.2 c-g	101.6 b-g
		زیاد High	92.07 c-h	2.53 a-d	95.4 b-g
	پخش شده Distributed	کم Low	112.23 abc	3.08 ab	136.5 ab
		متوسط Medium	85.38 e-h	1.45 gh	64.7 efg
		زیاد High	87.7 d-h	1.51 e-h	67.4 efg

*میانگین‌های بدون حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

* Means without different letters in each column are significantly different based on LSD at 5% probability level.

همان‌طور که انتظار می‌رفت بقایای کمپوست قارچ در مقدار متوسط و روش اجرای پخش در سطح زمین نیز با تولید 2.35 تن در هکتار ماده خشک تفاوت معنی‌داری را با تیمار دارای بیش‌ترین تولید نداشت. با توجه به مقایسه داده‌های جدول 5 می‌توان مشاهده کرد که میزان تولید ماده خشک بر عملکرد نهایی تأثیر دارد امّا لزوماً روند این افزایش عملکرد شبیه به تولید ماده خشک نیست. همان‌طور که مشاهده شد، کود گاوی بیش‌ترین تولید ماده خشک را داشته است ولی بقایای کمپوست قارچ و کمپوست شهری در عملکرد نهایی مقادیر بیش‌تری را تولید کردند (جدول 5). آریابد و همکاران (Ariyabod et al., 2007) گزارش کرده‌اند که فراهمی عناصر لزوماً باعث افزایش عملکرد نخواهد شد و فعالیت میکروبی بر افزایش جذب این مواد تأثیر دارند. مواد آلی هم‌چنین منبع مهمی از انرژی برای باکتری‌ها،قارچ‌ها و کرم‌های خاکی می‌باشند (Davis & Wilson, 2004).

نتایج جدول تجزیه واریانس در نیتروژن جذب‌شده نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.05$) وجود دارد (جدول 3). بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر عامل کمپوست و نیز اثر متقابل هر سه فاکتور کمپوست، مقدار مصرف و نیز روش اجرا اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها نشان داد ($P\leq0.01$). هم‌چنین اثر متقابل کمپوست و مقدار مصرف آن نیز در میزان جذب نیتروژن اثر معنی‌داری ($P\leq0.05$) داشت.

بر همین اساس تیمارهای دارای کود دامی داری بیش‌ترین میانگین جذب نیتروژن (123/2 کیلوگرم در هکتار) بودند، ولی دیگر کمپوست‌ها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول 4). این نتایج با توجه به بالاتر بودن میزان نیتروژن قابل جذب در کود دامی دور از انتظار نبود. نتایج نشان داد که اثر متقابل کود دامی در مقادیر متوسط و زیاد بیش‌ترین میزان میانگین جذب نیتروژن (به‌ترتیب 123/5 و 150/1 کیلوگرم در هکتار) را دارند. شکل 1 نشان می‌دهد که تیمارهای دارای کمپوست شهری در مقادیر کم دارای کم‌ترین میانگین جذب نیتروژن (68/7 کیلوگرم در هکتار) می‌باشند که این رقم اختلاف معنی‌داری با تیمارهای با مقادیر متوسط از همین کمپوست و نیز مقادیر متوسط و زیاد ورمی‌کمپوست ندارد. با توجه به نتایج جذب نیترون در تیمارهای دارای کمپوست شهری و نتایج به‌دست آمده از عملکرد، می‌توان نتیجه گرفت که عواملی چون افزایش ماده آلی خاک و یا بهبود خواص فیزیکی خاک می‌تواند در بهبود عملکرد گیاه تأثیر بسزایی داشته باشد.

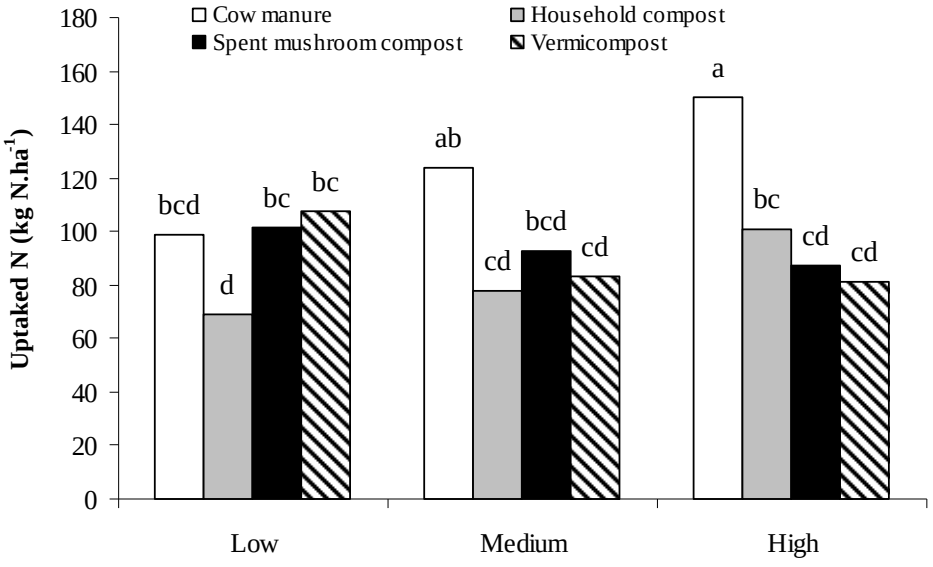
دادی و همکاران (Allahdadi at al., 2011) در آزمایشی نشان دادند که کاربرد کمپوست شهری باعث افزایش ماده آلی خاک و نیز بهبود شرایط فیزیکی خاک نسبت به شاهد شده است. این تغییر شرایط می‌تواند در بلندمدت منجر به افزایش ماده غذایی خاک و نیز ارگانیزم‌های زنده آن گردد. همان‌گونه که در شکل 1 نشان داده شده است مقادیر بالای کود آلی تأثیری در افزایش جذب نیتروژن از خاک ندارد.

بر اساس جدول تجزیه واریانس، مشاهده شد که اثر متقابل هر سه عامل نیز اختلاف معنی‌داری را در جذب نیتروژن ایجاد کرد (جدول 3). بر این اساس تیمار دارای کود گاوی در مقدار زیاد و روش اجرای پخش در سطح زمین بیش‌ترین میزان جذب نیتروژن (165/7 کیلوگرم در هکتار) را نشان که این میزان با مقدار متوسط همان کود با هر دو روش اجرا، مقدار متوسط بقایای کمپوست قارچ با روش اجرای پخش در سطح زمین تفاوت معنی‌داری نداشت. کمپوست شهری در مقدار متوسط در روش اجرای ردیفی در کنار بوته کم‌ترین میزان جذب نیتروژن (57/75 کیلوگرم بر هکتار) را نشان داد. این در حالی است که در همین کمپوست و با همین مقدار در روش اجرای پخش در سطح زمین میزان نیتروژن جذب شده با تیماری که بیش‌ترین مقدار را داشت دارای تفاوت معنی‌داری نبود (جدول 5).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در استفاده از کمپوست‌ها، روش به‌کارگیری آن‌ها نقش مهمی در استفاده بهینه از آن‌ها دارد. نتایج به‌دست آمده از میزان جذب نیتروژن در کمپوست شهری و نیز مقایسه آن با میزان عملکرد محصول در تیمار مشابه نشان می‌دهد که افزایش ماده آلی خاک و نیز بهبود شرایط فیزیکی خاک که تحت تأثیر استفاده از کمپوست‌ها هستند، نقش بسزایی در بهبود شرایط زمین و در عملکرد نهایی در بلندمدت دارند. نتایج به‌دست آمده از دیگر انواع کمپوست نیز نشان می‌دهد تفاوت زیادی بین میزان جذب نیتروژن در کمپوست‌ها و عملکرد نهایی محصول در همان کمپوست وجود دارد. این مطلب به‌خوبی بیانگر نقش بهبود شرایط فیزیکی و نیز بهبود میزان ماده آلی خاک در عملکرد نهایی محصول است. عملکرد

مناسب تیمارهای حاوی کمپوست شهری می‌تواند الگوی مناسبی برای استفاده بیش‌تر از این نوع کمپوست و نیز تمرکز بیش‌تر برای بهبود وضعیت خاک در تولید محصولات کشاورزی باشد. هم‌چنین این آزمایش بیانگر این است که می‌توان با مقادیر کم‌تری از نهاده‌های مصرفی و نیز کاربرد هدفمند آن‌ها به عملکرد بالاتری در تولید محصولات دست یافت.



شکل 1- تأثیر کودهای مختلف در مقدارهای مختلف بر مقدار نیتروژن جذب شده

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Fig. 1- Effect of different fertilizers in different amounts on the amount of nitrogen absorbed

Means with the same letter(s) in each column and each component have the least significant difference (LSD) test was not significant at the 5% level.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره 38324 مصوب 1394/5/27 معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.

Ahamdpoor, S.R., Bahmanyar, M.A., Gilani, S.S., and Forghani, A. 2011. Evaluation of the activities of urease and phosphatase enzymes and changes in some chemical characteristics of soil amended with compost and vermicompost under corn cultivation. Iranian Journal of Soil Research 25(2): 113-123. (In Persian with English Summary)

Ahmad Abadi, Z., and Ghajar Sepanlou, M. 2012. Effect of organic matter application on some of the soil physical properties. Water and Soil Conservation 19(2): 99-116. (In Persian with English Summary)

Alikhani, H.A., and Savabeghi, G.R. 2007. Vermicomposting for Sustainable Agriculture. Iranian Student Book Agency, Iran 267 Pp. (In Persian)

Alizadeh-Uskoee, P., Alisagarzadeh, N., and Bahjban Soroos, S. 2006. The effect of VA mycorrhizal fungi on yield and vitamin C content of tomato at different levels of phosphorus. Journal of Agricultural Science and Natural Resource 12(6): 60-70. (In Persian with English Summary)

Allahdadi, I., Memari, A., Akbari, G., Lotfifar, A., and Shams, A. 2013. The effect of application of different amounts of urban solid compost on growth and yield of mung bean. Journal of Plant Production 20(2): 145-160. (In Persian with English Summary)

Allievi, L., Marchesisni, A., Salardi, C., Piano, V., and Ferrari, A. 1993. Plant quality and soil residual fertility six years after a compost treatment. Bioresource Technology 43: 85-89.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D., Lee, S., and Welch, C. 2003. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. Pedobiologia 47: 731-735.

Ariyabod, S., Fotovat, A, Lakziyan, A., and Haghniya, G. 2007. Effect of waste compost on micro element absorption in lettuce and corn. Science of Soil and Water 22(1): 47-57. (In Persian with English Summary)

Aseri, G.K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A.V., and Meghwal, P.R. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar desert. Scientia Horticulturae 117: 130–135.

Astaraei, A.R. 2006. Effect of municipal solid waste compost and vermicompost on yield and yield components of *Plantago ovata*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(3): 187-180. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D., and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 44: 579–590.

Beyk Khurmizi, A., Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Parsa, M. 2010. The effect of vermicompost on salt tolerance of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 2(3): 474-485. (In Persian with English Summary)

Davis, J.G., and Wilson, C.R. 2004. Choosing a Soil Amendment. Colorado State University Cooperative Extension.

Eskandari, M., and Astaraei, A.R. 2008. Effect of different organic materials on plant growth and total dry matter and grain of pea. Iranian Journal of Field Crops Research 5(1): 19-27. (In Persian with English Summary)

Fallahi, J. 2009. Effect of biological and chemical fertilizers on chamomile (*Matricaria chamomilla*). MSc Thesis in Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghorbani, R., Koocheki, A., Asadi, G., and Jahan, M. 2009. Effect of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in ecological production systems. Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 111-116. (In Persian with English Summary)

Ghorbani, R., Koocheki, A., Jahan, M., and Asadi, A.G. 2008. Impact of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in agroecological systems. Agronomy for Sustainable Development 28: 307–311. (In Persian with English Summary)

Ghost, B.C., and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environmental Pollution 102: 123–126.

Hosseinpour, R., and Ghajar Sepanlou, M. 2012. Evaluating the effects of integrate municipal waste compost and chemical fertilizers on micronutrient availability in soil and lettuce (*Lactuca sativa* L.). Water and Soil Conservation 19(3): 123-140. (In Persian with English Summary)

Keshavarz, K. 2013. Changes in soil chemical properties and tomato mineral composition and yield in response to municipal solid waste compost. Iranian Journal of Soil Research 27(2): 169-178. (In Persian with English Summary)

Khoshgoftarmanesh, A.H., and Kalbasi, M. 2002. Effects of residual processed municipal waste leachate on soil properties, and wheat growth and yield. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 6: 141-148. (In Persian with English Summary)

Mobli, M., and Pirasteh, B. 1995. Producing Vegetables Crops. Isfahan University of Technology Publication Center, p. 675-685. (In Persian)

Montemurro, F., Convertini, G., Ferri, D., and Maiorana, M. 2005. MSW compost application on tomato crops in Mediterranean conditions: Effects on agronomic performance and nitrogen utilization. Compost Science and Utilization 13: 234-242.

Mortezaee Nejad, F., and Rezaee, P. 2009. Evaluation of tolerance to salt stress in five cultivars of tomato. Researches in Agriculture 1(2): 93-102. (In Persian with English Summary)

Rezaee Moadab, A., and Nabavi Kalat, S.M. 2012. The effect of vermicompost and biological fertilizer application on seed yield and yield components of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Crop Ecophysiology 6(22): 157-170. (In Persian with English Summary)

Saiednejad, A.H., and Rezvani Moghaddam, P. 2010. Investigation the effect of compost, vermicompost, cow and

sheep manures on yield, yield components and essence percentage of cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of horticulture Science 24(2): 142-148. (In Persian with English Summary)

Sillanpaa, L.M., Boswell, F.C., Ohki, K., Parker, M.B., and Wilson, D.O. 1982. Critical soil manganese deficiency levels for four extractants for soybean grown in sandy soil. The Soil Science Society of America Journal 44: 1021-1025.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1009-1020

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1020-1009

Evaluation the Effect of Fertilizer Management Based on Compost Levels on Yield and N Uptake on Organic Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Production

G.A. Asadi[1*] and E. Ebrahimi[2]
Submitted: 13-02-2018
Accepted: 25-04-2018

Asadi, G.A., and Ebrahimi, E. 2019. Evaluation the effect of fertilizer management based on compost levels on yield and n uptake on organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production. Journal of Agroecology. 11(3): 1009-1020.

Introduction

One of the more challenging aspects of sustainable farming is the development of an appropriate fertility management. Soil management in sustainable agriculture improves the soil fertility supplying with composted materials. In a sustainable agriculture, compost is used to maintain and improve fertility. Compost is a soil amendment produced through the metabolism of an organic substrate by aerobic microorganisms under controlled conditions. Composting is an ancient agricultural technology going back to biblical times that still has an important application in modern agriculture. Compost supply a primary source of nutrients for the crops, as well as prepare a supplementary nitrogen source that compliments fertilizer nitrogen to provide a more sustainable farming system. Additionally, it is rich in the microorganisms that recycle organic matter. Compost also boosts the plant and soil enhancing activity of soil life. Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) belongs to the family Solanaceae and is a popular grown vegetable which ranks third of worldwide vegetable production. It is used as an ingredient in many recipes, sauces, salads and drinks. Tomato fruit has much nutritional value comparatively low prices than other vegetables. It was also reported that tomato is an important source of nutrient and antioxidant such as lycopene and vitamin C. The objectives of this study were to evaluate different compost types and rates on growth, yield and total uptake nitrogen of tomato.

Material and methods

An experiment was performed as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2014-2015. Considered factors were cow manure, household compost, spent mushroom compost and vermicompost with three levels of low (3 $t.ha^{-1}$ for vermicompost and 10 $t.ha^{-1}$ for other manures), medium (6 $t.ha^{-1}$ for vermicompost and 20 $t.ha^{-1}$ for other manures), and high (9 $t.ha^{-1}$ for vermicompost and 30 $t.ha^{-1}$ for other manures), and two application methods (row and broad). Uptake N was measured by using Kjeldahl. The treatments were run as an analysis of variance (ANOVA) to determine if significant differences existed among treatments means. Multiple comparison tests were conducted for significant effects using the LSD test.

Results and discussion

The results showed that there were substantial differences among treatments for yield, dry matter and total nitrogen uptake between various manures. Difference between treatments for total yield production was significant for the level of manure application and the method of manure application. In common with other field experiments, we observed significant improve in yield where composts have been applied to field crops. This experiment showed there is no significant different for total yield production and total nitrogen uptake between different composts but, household compost produced less dry matter. The highest and the lowest final yield were related to cow manure and vermicompost with 102.82 and 89.08 $t.ha^{-1}$, respectively. Furthermore, the maximum and the minimum uptake N were observed in cow manure and Household compost with 123.2 and 82.04 kg N ha^{-1}, respectively.

Conclusion

1- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- PhD studednt, Universität Kassel, Fachbeeich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen, Gebäude: WIZ Nordbhf. ”Grüne Schachtel”
(*-Corresponding Author Email: asadi@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.70974

Compost types and rates had remarkable efficacy on growth, yield and total uptake nitrogen of tomato. The results showed the marketable yields for tomato crops which clearly display the beneficial effect of compost types and levels usage. By increasing soil organic matter, compost can enhance the soil's capacity to hold water and nutrients, and such changes can dramatically affect the yield of non-irrigated crops. Compost in sustainable tomato crop production in specific and in general plays an important role in agro-ecosystem management. As a matter of fact, Compost can be used instead of other chemical fertilizers to improve the tomato crop production.

Acknowledgement

This research 38324 was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Household compost, Organic farming, Spent mushroom compost, Tomato, Vermicompost

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1035-1021

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1021-1035

مقدار تولید و ارزش غذایی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کشت شده با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف آبیاری

زهرا صیادی آذر[1]، عبدالله جوانمرد[2*]، فریبرز شکاری[3]، امین عباسی[4] و مصطفی امانی ماچیانی[5]

تاریخ دریافت: 1396/11/25
تاریخ پذیرش: 1397/05/03

صیادی آذر، ز.، جوانمرد، ع.، شکاری، ف.، عباسی، ا.، و امانی ماچیانی، م. 1398. مقدار تولید و ارزش غذایی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کشت شده با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف آبیاری. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1035-1021.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات کمّی و کیفی علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) رقم اسپیدفید، آزمایشی در سال زراعی 1395 به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه اجرا شد. فاکتور اصلی شامل رژیم‌های مختلف آبیاری (آبیاری بعد از 60 ، 100 و 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی شامل (کود زیستی بیوسوپر و فسفات بارور 2، 100 درصد کود شیمیایی، کود زیستی+ 75 درصد شیمیایی، کود زیستی+ 50 درصد شیمیایی، کود زیستی+ 25 درصد شیمیایی) بودند. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد علوفه خشک (26/8 تن در هکتار) با مصرف 100 درصد کود شیمیایی بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین میزان عملکرد علوفه خشک (20/6 تن در هکتار) نیز با کاربرد انفرادی کود زیستی حاصل شد. با افزایش دور آبیاری از میزان عملکرد علوفه خشک سورگوم کاسته شد. به‌طوری‌که میزان عملکرد علوفه خشک در دور آبیاری اول نسبت به دور آبیاری دوم و سوم به‌ترتیب 10/04 و 26/44 درصد افزایش یافت. بیش‌ترین میزان ماده خشک قابل هضم، کل ماده غذایی قابل هضم، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی ویژه شیردهی با کاربرد تلفیقی کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان شاخص‌های CP، WSC، DMI، DMD، TDN، RFV، NE_L و نسبت برگ به ساقه در دور آبیاری سوم (140 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) مشاهده شد. هم‌چنین نتایج نشان‌دهنده این است که با افزایش دور آبیاری میزان ADF و NDF کاهش یافت. به‌طوری‌که میزان ADF و NDF در دور سوم نسبت به دور اول آبیاری 10/29 و 5/95 درصد کاهش یافت. به‌طور کلی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی منجر به افزایش عملکرد علوفه خشک و بهبود کیفیت آن در شرایط تنش خشکی گردید.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، انرژی ویژه شیردهی، بیوسوپر، دیواره سلولی، کود زیستی

مقدمه

تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند. در میان تنش‌های مختلف محیطی، خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان شناخته می‌شود (Tas&Tas, 2007; Jaleel et al., 2008). از آن‌جایی که در کشور ما نزولات جوی کم و منابع آبی محدود می‌باشد، از این‌نظر استفاده بهینه از آب موجود کاملاً ضروری به نظر می‌رسد (Anabi Milani, 2003). از این‌رو، اجرای برنامه‌های تحقیقاتی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آبیاری در مزارع کشور به‌عنوان یکی ازگزینه‌های به‌زراعی، امری لازم و ضروری است. کم‌آبی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد گیاهان، باعث بروز یا تشدید

1 و 5- دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
2 و 3 و 4- به‌ترتیب دانشیار، استاد و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
(*- نویسنده مسئول: Email: A.javanmard@maragheh.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71013

سایر تنش‌ها به ویژه تنش کمبود عناصر غذایی و اختلال در روند جذب و ذخیره عناصر غذایی شده که علاوه بر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، کاهش عملکرد دانه و علوفه را نیز به دنبال خواهد داشت. در این راستا کشت گیاهان متحمل به خشکی و امکان توسعه هر چه بیش‌تر این گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک مهم تلقی می‌گردد. از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب، کم‌آبیاری است که طی آن به گیاه اجازه داده می‌شود مقداری تنش آبی را در طول فصل رشد تحمل نماید (Wang et al., 2001).

از طرفی در کشاورزی مرسوم به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، تولیدکنندگان به استفاده کودهای شیمیایی روی آورده‌اند. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش‌ها مشکلاتی از قبیل کاهش کیفیت ماده آلی خاک، افزایش هزینه‌های تولید، آلودگی منابع طبیعی، آب‌های سطحی و زیرزمینی، افزایش آفات و بیماری‌ها، فرسایش شدید خاک و در نهایت تخریب منابع طبیعی را ایجاد می‌نماید (Wu et al., 2005). امروزه با گذشت سال‌ها از وقوع انقلاب سبز و کاهش مجدد نسبت رشد عملکرد، استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به‌منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این بین، استفاده از کودهای زیستی به‌منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار است (Vessy, 2003). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده و جمعیت متراکمی از یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیکی آن‌ها است که صرفاً به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک اکوسیستم زراعی به‌کار می‌روند (Gray & Smith, 2005). تأمین عناصر غذایی به‌صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ بهداشت محیط زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی (خاک، آب، منابع انرژی غیرقابل تجدید) از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی محسوب می‌شوند (Van Loon, 2007).

کودهای زیستی حاوی قارچ‌ها و باکتری‌های مفید حل‌کننده عناصر غذائی هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌ها باعث آزادسازی این عناصر از ترکیبات پیچیده معدنی و آلی شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (Bishnoi, 2015). کودهای زیستی فسفاته حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *باسیلوس لنتوس*[1] و *سودوموناس پوتیدا*[2] می‌باشد که با ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز قادرند فسفر نامحلول خاک (به‌ویژه در مناطقی که کلسیم خاک بالا باشد) را به‌فرم محلول قابل جذب گیاه تبدیل کند و به‌دلیل توسعه‌ی سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب در مقابله با شرایط تنش کم‌آبی نیز نقش مؤثرتری دارد (Bishnoi, 2015). در بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات، باکتری‌های جنس سودوموناس به‌دلیل گستردگی و پراکنش در خاک‌ها، توانایی تولید متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. از مهم‌ترین مزایای تلقیح بذر با این باکتری‌ها می‌توان به افزایش سرعت جوانه‌زنی، افزایش رشد ریشه، افزایش سطح برگ، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش فعالیت میکروبی و فراهمی عناصر غذایی اشاره نمود (Vessey, 2003). کادر و همکاران (Kader et al., 2002) نتیجه گرفتند کاربرد کودهای زیستی علاوه بر کاهش میزان استفاده از کودهای شیمیایی موجب افزایش رشد ریشه، افزایش جذب نیتروژن، روی و پروتئین دانه و افزایش 18 درصدی عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) شد. بیلال و همکاران (Bilal et al., 2017) گزارش کردند که با تلقیح بذور یولاف (*Avena sativa* L.) با کودهای زیستی *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* تعداد پنجه، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه، عملکرد ماده خشک، عناصر معدنی، فیبر خام، پروتئین خام، عملکرد پروتئین خام و عملکرد پروتئین خام قابل هضم علوفه آن به‌ترتیب 6/58، 9/58، 2/51، 16/94، 10/26، 17/59، 14/02، 33/81 و 66/18 درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت. راعی و همکاران (Raei et al., 2013) نتیجه گرفتند کاربرد تلفیقی کودهای زیستی با شیمیایی باعث افزایش خصوصیات رشدی و عملکرد علوفه‌ای سورگوم نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از کودها شد. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) نیز در بررسی‌های خود اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه توأم با مقادیر مناسبی کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کمّی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) داشت. یانگ و همکاران (Yang et al., 2005) گزارش کردند که با مصرف کودهای شیمیایی و کود زیستی به‌صورت تلفیقی شرایط مناسب و مطلوب برای رشد گیاه فراهم می‌شود، به‌طوری‌که مصرف کودهای زیستی فسفره به‌صورت تلفیقی سبب بهبود قابلیت دسترسی فسفر خاک

1- *Bacillus lentus*
2- *Pseudomonas*

می‌شود و تأثیر کودهای شیمیایی را در تولیدات کشاورزی افزایش می‌دهد.

علی‌رغم بارز بودن جایگاه گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام، در ایران نسبت به تولید و مدیریت این گیاهان در مقایسه با دیگر محصولات زراعی کم‌تر توجه شده و این امر به کمبود پروتئین حیوانی توأم و کاهش کیفیت علوفه تولید شده منجر شده است (Nabati Nasaz et al., 2016). کیفیت علوفه، به مجموع مواد تشکیل‌دهنده گیاهی اطلاق می‌شود که استفاده دام از علوفه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کیفیت علوفه به‌عنوان تابعی از مصرف علوفه تحت تأثیر صفاتی از قبیل درصد پروتئین خام[1]، کربوهیدات‌های محلول در آب[2]، خاکستر علوفه[3]، ارزش نسبی تغذیه‌ای[4]، انرژی ویژه شیردهی[5]، کل ماده مغذی قابل هضم[6]، ماده خشک مصرفی[7]، ماده خشک قابل هضم[8]، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز[9] و دیواره سلولی[10] قرار می‌گیرد (Jahanzad et al., 2013; Nakhzari Moghaddam, 2016).

سورگوم با نام علمی *Sorghum bicolor* (L.) Moench به‌عنوان یک گیاه زراعی دومنظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) پس از گندم، جو، برنج و ذرت پنجمین غله مهم جهان شناخته شده که نقش مهمی را در تغذیه انسان و دام ایفا می‌نماید (Jahanzad et al., 2013). از سورگوم می‌توان به‌صورت علوفه سبز، خشک و سیلو شده و یا به‌عنوان چرای مستقیم دام‌ها استفاده نمود. با توجه به اینکه ذرت به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای مهم برای تولید عملکرد علوفه بالا در هر سال به 770 میلی‌متر آب نیاز دارد، لذا از سورگوم در مناطق خشک و نیمه خشک می‌توان به‌عنوان یک جایگزین مناسب به‌دلیل داشتن نسبت تعرق پایین تر و مصرف 25 درصد آب کم تر نسبت به ذرت، استفاده نمود (Marsalis et al., 2010). لذا با توجه به توان تولیدی بالای سورگوم در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آزمایشی با هدف بررسی اثر دوره‌های مختلف آبیاری و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی برکمیت و کیفیت علوفه سورگوم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1395 به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریای آزاد 1477 متر و مختصات جغرافیایی آن به‌ترتیب طول شرقی 46 درجه و 16 دقیقه و عرض شمالی 37 درجه، 24 دقیقه اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش سه نمونه خاک از مزرعه جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفت (جدول 1).

تیمارها شامل رژیم‌های مختلف رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، آبیاری بعد از 100 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و آبیاری بعد از 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و مصرف کود به‌عنوان فاکتور فرعی در پنج سطح (کود زیستی، 100 درصد کود شیمیایی، کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی، کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی و کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی) بودند. بر اساس آزمون خاک، در تیمار 100 درصد کود شیمیایی، کود اوره به میزان 200 کیلوگرم در هکتار در سه مرحله رشدی و سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به میزان‌های 100 و 50 کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مصرف گردید. کود زیستی بیوسوپر محتوی *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس* و فسفات بارور2 محتوی *سودوموناس* و *باسیلوس* به صورت بذرمال مورد استفاده قرار گرفتند. محتوی کود زیستی با نسبت معینی آب طبق دستورالعمل به‌طور یکنواخت با بذور آغشته شده و سپس بذور در سایه خشک و کشت بلافاصله در اواسط اردیبهشت‌ماه انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک عمود بر هم، ایجاد جوی و پشته و کرت‌بندی بود. در هر کرت پنج خط کشت به طول چهار متر و با فواصل ردیفی 50 سانتی‌متر قرار داشت. بعد از حذف حاشیه‌ها، برداشت از خطوط وسط با مساحت دو متر مربع در تاریخ 10 شهریور صورت گرفت. بلافاصله نمونه‌های برداشت شده را در محیط سایه تا ثابت شدن وزن نگهداری و بعد از آن وزن خشک علوفه یادداشت گردید.

1- Crude protein (CP)
2- Water soluble carbohydrate (WSC)
3- Ash forage
4- Relative feed value (RFV)
5- Net energy of lactation (NEL)
6- Total digestible nutrients (TDN)
7- Dry matter intake (DMI)
8- Digestible dry matter (DDM)
9- Acid detergent fiber (ADF)
10- Neutral detergent fiber (NDF)

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of the soil of experimental place

سیلت Silt	شن Sand	رس Clay	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen	کربن آلی Organic matter	فسفر قابل جذب Available Phosphurus	پتاسیم قابل جذب Absorbable Potassium	منگنز Mg	آهن Fe	روی Zn
(%)				(%)		(mg.kg^{-1})				
16	53	31	7.54	0.08	0.52	8.56	342	7.76	7.46	1.20

سپس از هر کرت، 100 گرم علوفه پودر شده انتخاب و جهت اندازه‌گیری صفات کیفی به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در کرج انتقال داده شدند. صفات کیفی پروتئین خام (CP)، فیبر خام (CF)، خاکستر علوفه (ASH)، دیواره سلولی (NDF)، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) و کربوهیدرات محلول در آب (WSC) با استفاده از فناوری طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIRS) انجام شد. سیستم NIRS مورد استفاده سری اینفراماتیک 860 شرکت پرتن با 20 طول موج در دامنه 2400-500 نانومتر بود (Jafari et al., 2003). سایر صفات کیفی از قبیل ارزش نسبی تغذیه‌ای[1] (RFV)، انرژی ویژه شیردهی[2] (NE_L)، کل ماده مغذی قابل هضم[3] (TDN)، ماده خشک مصرفی[4] (DMI)، ماده خشک قابل هضم[5] (DDM) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Lithourgidis et al., 2006). هم‌چنین عملکرد پروتئین خام از حاصل‌ضرب عملکرد علوفه خشک در درصد پروتئین خام محاسبه شد.

در نهایت، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد علوفه خشک تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول2). بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک (26/8 تن در هکتار) با مصرف 100 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین عملکرد علوفه خشک سورگوم نیز به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد انفرادی کود زیستی و کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی مشاهده شد (جدول 5). بهبود عملکرد علوفه خشک در تیمار کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی به افزایش کارایی تنظیم‌کنندگی مناسب رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی گیاه در نتیجه استفاده از کودهای زیستی نسبت داده می‌شود. علاوه‌براین، بهبود عملکرد گیاه بر اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد احتمالاً به افزایش میزان کلروفیل کل، فعالیت بیش‌تر آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، ترشح سیدروفورها و اسیدهای آلی، تولید هورمون‌های اکسین، جیبرلین، سیتوکنین و تنظیم سطح اتیلن نسبت داده می‌شود (Bilal et al., 2017; Bishnoi, 2015). استفان و همکاران (Stefan et al., 2013) نتیجه گرفتند کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در گیاه لوبیای رونده (*Phaseolus coccineus* L.) منجر به افزایش فتوسنتز، کارآیی مصرف آب و تعرق گردید، که در نهایت منجر به افزایش 27/58 درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم تلقیح گردید.

با افزایش دور آبیاری از میزان عملکرد علوفه خشک سورگوم کاسته شد. به‌طوری‌که میزان عملکرد علوفه تولید شده در دور آبیاری اول نسبت به دور آبیاری دوم و سوم 10/04 و 26/44 درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین بیش‌ترین (26/3 تن در هکتار) و کم‌ترین (20/8 تن در هکتار) میزان عملکرد علوفه خشک به‌ترتیب در دورهای آبیاری اول (I_{60}) و سوم (I_{140}) مشاهده شد (جدول 4). کاهش میزان عملکرد با افزایش دور آبیاری به کاهش جذب عناصر عذایی، کاهش رشد و سطح برگ گیاه، کاهش فتوسنتز، افزایش خسارت‌های ناشی از تنش خشکی و افزایش میزان رادیکال‌های فعال اکسیژن نسبت داده می‌شود (Marsalis et al., 2010).

1- Relative feed value
2- Net energy of lactation
3- Total digestible nutrients
4- Dry matter intake
5- Digestible dry matter

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی (پروتئین خام، عملکرد پروتئین خام، فیبر خام، خاکستر، الیاف حاصل از شوینده اسیدی و الیاف حاصل از شوینده خنثی) علوفه سورگوم تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی

Table 2- Analysis of variance (Mean squaers) for quantitative and qualitative (CP, CPY, CF, ash, ADF and NDF) of sorghum forage under different irrigation intervals and fertilizer patterns

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	نسبت برگ به ساقه Leaf/stem ratio	پروتئین خام Crude protein	عملکرد پروتئین خام Crude protein yield	فیبر خام Crude fiber	خاکستر Ash	الیاف حاصل از شوینده اسیدی Acid detergent fiber	الیاف حاصل از شوینده خنثی Neutral detergent fiber
تکرار Replication	2	39.47^{ns}	0.002^{ns}	242.04^{**}	0.588^{*}	2.189^{ns}	200.04^{ns}	200.51^{ns}	1549.11^{ns}
آبیاری Irrigation	2	114.82^{*}	0.015^{*}	560.83^{**}	0.046^{ns}	10.96^{*}	754.98^{ns}	3158.98^{**}	3078.83^{*}
اشتباه آزمایشی Error	4	13.240	0.001	9.752	0.040	1.185	223.49	94.18	322.17
کود Fertilizer	4	59.172^{**}	0.012^{**}	374.45^{**}	0.687^{**}	1.926^{ns}	241.03^{**}	2045.21^{*}	3519.74^{*}
آبیاری× کود Irrigation×Fertilizer	8	2.079^{ns}	0.002^{ns}	14.23^{ns}	0.021^{ns}	0.421^{ns}	11.46^{ns}	278.08^{ns}	205.25^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	24	2.954	0.003	86.97	0.077	1.359	22.26	519.40	1247.71
ضریب تغییرات CV (%)		7.27	15.73	13.91	17.53	2.75	5.56	8.52	7.54

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns are significant at the 1% and 5% probability level and non-significant, respectively.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سایر صفات کیفی (قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات محلول در آب، کل ماده مغذی قابل هضم، ماده خشک مصرفی، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی ویژه شیردهی) علوفه سورگوم تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی

Table 3- Analysis of variance (Mean squaers) for quantitative and qualitative traits (DMD, WSC, TDN, DMI, RFV and NE_L) of sorghum forage under different irrigation intervals and fertilizer patterns

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate	کل ماده غذایی قابل هضم Total digestibly nutrient	ماده خشک مصرفی Dry matter intake	ارزش نسبی تغذیه‌ای Relative feed value	انرژی ویژه شیردهی Net energy for Lactation
تکرار Replication	2	121.65^{ns}	77.951^{ns}	334.23^{ns}	4.579^{ns}	83.41^{ns}	0.001^{ns}
آبیاری Irrigation	2	1917.02^{**}	5557.98^{*}	5264.70^{**}	9.329^{*}	626.42^{**}	0.022^{**}
اشتباه آزمایشی Error	4	57.176	573.71	157.02	1.054	18.129	0.001
کود Fertilizer	4	1241.17^{*}	407.31^{ns}	3408.61^{*}	11.573^{ns}	631.53^{**}	0.014^{*}
آبیاری× کود Irrigation×Fertilizer	8	168.79^{ns}	556.01^{ns}	463.46^{ns}	0.998^{ns}	34.835^{ns}	0.002
اشتباه آزمایشی Error	24	315.179	319.12	865.64	4.358	134.89	0.004
ضریب تغییرات CV (%)		2.61	11.09	4.40	8.10	8.53	3.75

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns are significant at the 1% and 5% probability level and non-significant, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه سورگوم تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری

Table 4- Mean of the qualitative traits of sorghum forage under different irrigation intervals

	عملکرد ماده خشک DMY ($t.ha^{-1}$)	پروتئین خام CP ($g.kg^{-1}$ DM)	فیبرخام CF ($g.kg^{-1}$ DM)	کربوهیدرات محلول در آب WSC ($g.kg^{-1}$ DM)	الیاف حاصل از شوینده اسیدی ADF ($g.kg^{-1}$ DM)	الیاف حاصل از شوینده خنثی NDF ($g.kg^{-1}$ DM)	ماده خشک مصرفی DMI ($g.kg^{-1}$ of body weight)	قابلیت هضم ماده خشک DMD ($g.kg^{-1}$ DM)	کل ماده غذایی قابل هضم TDN ($g.kg^{-1}$ DM)	ارزش نسبی تغذیه‌ای RFV (%)	انرژی ویژه شیردهی NE_L (Mcal Kg^{-1})	نسبت برگ به ساقه L/F
I_{60}	26.3 a*	60.6 c	43.3 a	139.7 b	281.7 a	482.5 a	25 b	669.5 c	649.8 c	129.6 c	1.56 c	0.28 c
I_{100}	23.9 ab	67.7 b	41.9 b	166.8 a	268.4 b	468.3 ab	25.9 ab	679.9 b	667 b	136.3 b	1.60 b	0.33 b
I_{140}	20.8 b	72.8 a	41.8 b	176.9 a	252.7 c	453.8 b	26.5 a	692.1 a	687.2 a	142.5 a	1.64 a	0.38 a

*حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است.

*Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% probability level according to Duncan's test.

I_{60}: آبیاری بعد از 60 میلی‌متر تبخیر، I_{100}: آبیاری بعد از 100 میلی‌متر تبخیر، I_{140}: آبیاری بعد از 140 میلی‌متر تبخیر

I_{60}: Irrigation after 60 mm evaporation from class A evaporation pan, I_{100}: Irrigation after 100 mm evaporation from class A evaporation pan, I_{140}: Irrigation after 140 mm evaporation from class A evaporation pan

جدول 5- مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه سورگوم تحت تأثیر الگوهای مختلف کودی

Table 5- Mean of the qualitative traits of sorghum forage under fertilizer patterns

	عملکرد ماده خشک DMY ($t.ha^{-1}$)	پروتئین خام CP ($g.kg^{-1}$ DM)	عملکرد پروتئین خام YCP ($t.ha^{-1}$)	الیاف حاصل از شوینده اسید ADF ($g.kg^{-1}$ DM)	الیاف حاصل از شوینده خنثی NDF ($g.kg^{-1}$ DM)	قابلیت هضم ماده خشک DMD ($g.kg^{-1}$ DM)	کل ماده غذایی قابل هضم TDN ($g.kg^{-1}$ DM)	ارزش نسبی تغذیه‌ای RFV (%)	انرژی ویژه شیردهی NE_L (Mcal. Kg^{-1})	خاکستر Ash ($g\ kg^{-1}$ DM)	نسبت برگ به ساقه L/F
F_1	26.8 a*	64.1 bc	1.69 ab	283.7 a	491.8 a	668 b	647. 2 b	126.7 c	1.56 b	84 b	0.33 ab
F_2	20.6 c	59.3 c	1.21 c	264.2 ab	461.3 ab	683.2 ab	672.4 ab	139.3 ab	1.61 ab	77.9 c	0.28 b
F_3	25.6 a	76.2 a	1.94 a	274.7 a	478.1 a	675 b	658.9 b	131.7 bc	1.58 b	90 a	0.38 a
F_4	23.5 b	70.3 ab	1.65 b	271.8 a	470.9 ab	677.3 b	662.7 b	134.2 bc	1.59 b	89.9 a	0.34 ab
F_5	21.9 bc	65.4 bc	1.44 bc	243.7 b	438.9 b	699.1 a	698.9 a	148.7 a	1.66 a	82.4 bc	0.30 b

F_1: کود زیستی، F_2: 100 درصد کود شیمیایی، F_3: کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی، F_4: کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی و F_5: کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی

F_1: biofertlizer, F_2: 100% chemical fertilizer, F_3: biofertilizer+ 75% chemical fertilizer, F_4: biofertilizer+ 50% chemical fertilizer and F_5: biofertilizer+ 25% chemical fertilizer

*حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است.

* Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

در تطابق با نتایج آزمایش حاضر، جهانزاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که دور آبیاری نرمال باعث افزایش عملکرد 25 و 34 درصدی عملکرد علوفه سورگوم نسبت به تنش های ملایم و شدید گردید. کاهش عملکرد ماده خشک با افزایش دور آبیاری در آزمایشات واسیلاک اوغلو و همکاران (Vasilakoglou et al., 2011)، رستم‌زا و همکاران (Rostamza et al., 2011) گزارش شده است.

نسبت برگ به ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد نسبت برگ به ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین نسبت برگ به ساقه (0/38) با کاربرد کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی و 100 درصد کود شیمیایی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده با کاربرد 100 درصد کود زیستی حاصل شد (جدول 5). دلیل افزایش نسبت برگ به ساقه با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی به افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و رشد بهتر گیاه نسبت داده می‌شود (Bilal et al., 2017). کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند با توسعه رشد رویشی، گسترش و دوام سطح برگ سبب افزایش نسبت برگ به ساقه و در نتیجه افزایش بیوماس گردد (Stefan et al., 2013). بیلال و همکاران (Bilal et al., 2017) نتیجه گرفتند که

استفاده از کودهای زیستی منجر به افـزایش 2/51 درصـدی نسـبت برگ به ساقه در گیاه یولاف (*Avena sativa* L.) گردید. علاوه‌براین، با افزایش دور آبیاری بر میزان این نسبت افزوده شـد. بـه‌طـوری‌کـه بیش‌ترین (0/38) و کم‌ترین (0/33) نسبت برگ به ساقه به‌ترتیب در دور آبیاری سوم و اول مشاهده شد (جدول 4). این بدین معنی اسـت که تحت شرایط تنش رشد ساقه نسبت به برگ تأثیرپذیری بیش‌تری داشته و باعث افزایش نسبت برگ به ساقه با افزایش دور آبیاری شده اسـت. در تطـابق بـا نتـایج آزمـایش حاضـر، رسـتمزا و همکـاران (Rostamza et al., 2011) گزارش کردند که با افزایش دور آبیـاری نسـبت بـرگ بـه سـاقه در گیـاه ارزن مرواریـدی (*Pennisetum americanum* L.) افزایش یافت.

پروتئین خام (CP)

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها جهت ارزیابی کیفـی علوفـه، میـزان پروتئین خام ذخیره شده در بافت‌هـای گیاهـان علوفـه‌ای مـی‌باشـد (Assefa & Ledin, 2001). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشـان داد که میزان پروتئین خام تحت تـأثیر معنـی‌دار دورهـای آبیـاری و الگوهای مختلف کودی واقع شد (جدول 2). بیش‌ترین میزان پروتئین خام (76/2 گرم بر کیلوگرم مـاده خشـک) بـا کـاربرد تلفیقـی کـود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی حاصل شد که تفاوت معنی‌داری بـا کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی نداشت. کم‌ترین میزان پروتئین خام نیز با کاربرد جداگانه کود زیسـتی بـه‌دسـت آمـد (جـدول 5). از آن‌جایی که میزان پروتئین موجود در علوفه با محتوای نیتروژن موجود در بافت‌های گیاه همبستگی مثبت دارد، میزان پروتئین خـام علوفـه به‌دلیل افزایش میزان نیتروژن حاصل از تثبیت بیولوژیکی در نتیجـه کـاربرد تلفیقـی کودهـای زیسـتی و شـیمیایی بهبـود یافتـه اسـت (Rostamza et al., 2011). در تطابق با نتایج این آزمایش، بالدانی و همکاران (Baldani et al., 2000) و دس سانتوس و همکاران (Dos Santos et al., 2017) گزارش کردند بـا کـاربرد کودهـای زیسـتی میزان تثبیت نیتروژن درگیاهان برنج و سورگوم به‌ترتیب 30 و 21/4 درصد افزایش یافت.

هم‌چنین با افزایش دور آبیاری میزان پروتیئن خام افزایش یافت. به‌طوری‌که میزان CP در دور آبیاری سوم نسبت به دور آبیاری اول و دوم به‌ترتیب 20/13 و 7/53 درصد افزایش یافت (جدول 4). افزایش میزان پروتئین خام در دور سوم آبیاری به افزایش نسبت برگ به ساقه و افزایش جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن با کاربرد کودهای زیسـتی نسـبت داده مـی‌شـود (Carmi et al., 2006). جهـان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که بـا افـزایش دور آبیاری میزان پروتئین خام در سورگوم افـزایش یافـت. هـابرل و همکاران (Haberle et al., 2008) نتایج مشابهی مبنی بـر افـزایش پروتئین خام با افزایش دور آبیاری گزارش کردند.

عملکرد پروتئین خام (CPY)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد پروتئین خام فقط تحـت تأثیر الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین میزان پروتئین خام به‌ترتیب در تیمارهـای کـود زیسـتی+ 75 درصـد کـود شیمیایی و کاربرد انفرادی کود شیمیایی به‌دست آمد. کم‌ترین میـزان عملکرد پروتئین خام نیز به تیمار کود زیستی مربوط بود (جدول 5). از آن‌جایی که عملکرد پروتئین خام تحت تأثیر عملکرد خشک علوفه و میزان پروتئین قرار دارد، هر عاملی که منجر به افـزایش دو شـاخص ذکر شـده گـردد باعـث بهبـود عملکـرد پـروتئین خـام خواهـد شـد (Contreras-Govea et al., 2009). لـذا دلیـل افـزایش عملکـرد پروتئین خام در تیمارهای کود زیستی+ 75 درصـد کـود شـیمیایی و 100 درصد کود شیمیایی به بیش‌تر بودن عملکـرد علوفـه خشـک و میزان پروتئین خام این تیمارها نسبت داده می‌شود. در تطابق با نتایج حاضر، ناصری و همکاران (Naseri et al., 2013) نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای زیستی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* در ذرت و جو منجـر به افزایش نسبت برگ به ساقه و در نهایت، افزایش پـروتئین خـام و عملکرد کل پروتئین خام شد.

فیبر خام (CF)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان فیبر خـام فقـط تحـت تأثیر دورهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین (43/3 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین میزان فیبر خام (41/8 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در دورهای اول و سوم آبیاری حاصل شد. بـا افـزایش دورهـای آبیـاری از میـزان فیبـر خـام کاسـته شـد. به‌طوری‌که میزان فیبر خام در دور آبیاری اول نسبت به دور آبیـاری سوم 3/59 درصد افزایش معنی‌داری یافت (جدول 4). علـت کـاهش فیبر خام با افزایش دور آبیاری احتمالاً به کاهش ساخت اجزای دیواره سلولی تحت شرایط تـنش نسـبت داده مـی‌شـود (Rahbari et al.,

2015). رستم‌زا و همکاران (Rostamza et al., 2011) نتیجه گرفتند افزایش دورهای آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار میزان فیبر خام در گیاه ارزن مرواریدی گردید. هم‌چنین کارمی و همکاران (Carmi et al., 2006) گزارش کردند بین افزایش دور آبیاری و میزان فیبر خام همبستگی منفی وجود داشت و با کاهش دور آبیاری میزان فیبرخام در سورگوم افزایش یافت.

خاکستر علوفه (Ash)

خاکستر علوفه بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بوده که در دسترس بودن این عناصر باعث بهبود فرآیندهای تولید ویتامین‌ها، هورمون‌ها، آنزیم‌ها و غیره می‌گردد. هر چه میزان خاکستر علوفه بیش‌تر باشد گیاه مواد معدنی بیش‌تری در اختیار دام قرار داده و به تبع آن کیفیت علوفه افزایش می یابد (Hail et al., 2009). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که میزان خاکستر علوفه فقط تحت تأثیر الگوهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین میزان خاکستر علوفه به‌ترتیب در تیمارهای کود زیستی+ 75 درصد کود شیمیایی و کود زیستی+ 50 درصد کود شیمیایی حاصل شد. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده به تیمار کود زیستی مربوط بود (جدول 5). افزایش میزان خاکستر علوفه با کاربرد کودهای زیستی به جذب بیش‌تر عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و ...)، حلالیت فسفر، توسعه ریشه و افزایش تولید سیدروفورها نسبت داده می‌شود (Ahemad & Kibret, 2014). کوبلنز و همکاران (Coblentz et al., 2017) نتیجه گرفتند با در دسترس بودن عناصر غذایی (به‌ویژه نیتروژن)، میزان خاکستر و پروتئین خام علوفه یولاف به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد.

الیاف حاصل از شوینده اسیدی (ADF) و شوینده‌های خنثی (NDF)

الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF) و اسیدی (ADF) به‌عنوان شاخصی برای بیان میزان دیواره سلولی گیاه شناخته شده و عاملی تأثیرگذار بر کیفیت و خوش‌خوراکی علوفه می‌باشد. افزایش میزان شاخص‌های ذکر شده موجب کاهش قابلیت هضم علوفه می‌شود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد الیاف حاصل از شوینده اسیدی و خنثی تحت تأثیر معنی‌دار دورهای آبیاری و کاربرد الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). به‌طور کلی، با افزایش دور آبیاری، میزان ADF و NDF کاهش یافت. به‌طوری‌که میزانADF و NDF در دور آبیاری سوم نسبت به دور آبیاری اول به‌ترتیب 10/29 و 5/95 درصد کاهش یافت (جدول 4). جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که با افزایش دور آبیاری در گیاه سورگوم میزان ADF و NDF کاهش معنی‌داری پیدا کرد. علاوه‌براین کارمی و همکاران (Carmi et al., 2006) نتیجه گرفتند که بین افزایش دور آبیاری و افزایش محتوای لیگنین، ADF و NDF همبستگی منفی وجود دارد. در مقایسه بین الگوهای مختلف کودی نیز، بیش‌ترین میزان شاخص‌های ذکر شده با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی حاصل شد که اختلاف آن فقط با تیمار کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد با کاربرد کودهای زیستی و افزایش جذب عناصر غذایی و به تبع آن بهبود رشد رویشی گیاه (افزایش نسبت برگ به ساقه)، میزان NDF و ADF با کاهش میزان مواد لیگنوسلولوزیکی کاهش یافت. مهرورز و چایچی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) با بررسی اثر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و کود شیمیایی فسفات بر کیفیت علوفه جو (*Hordeum vulgare* L.) نتیجه گرفتند کودهای زیستی فسفر باعث کاهش میزان NDF و ADF شدند.

ماده خشک قابل هضم (DMD)

ماده خشک قابل هضم کارایی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله دام بهبود بخشیده و مهم‌ترین شاخص برای افزایش وزن دام و تولید شیر محسوب می‌شود (Yilmaz et al., 2014). بهبود قابلیت هضم از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاحی گیاهان علوفه‌ای می‌باشد، زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیل عناصر غذایی را توسط دام بهبود می‌بخشد (Coleman & Moore, 2003). نتایج تجزیه واریانس نشان داد قابلیت هضم ماده‌ی خشک تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 2). با افزایش دور آبیاری بر میزان DMD افزوده شد. به‌طوری‌که میزان این شاخص در سطح سوم آبیاری نسبت به سطح اول و دوم به‌ترتیب 3/38 و 1/79 درصد افزایش یافت (جدول 4). با توجه به افزایش میزان ADF و NDF با کاهش دور آبیاری و همبستگی منفی آن با DMD (جدول 6)، کاهش قابلیت هضم ماده خشک قابل انتظار است (Francisco et al., 2009). جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013)

گزارش کردند که قابلیت هضم ماده خشک سورگوم در شرایط آبیاری بعد از 70 میلی‌متر تبخیر کاهش یافت که دلیل آن را همبستگی منفی با NDF و ADF ذکر کردند. لایتورگایدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2006) پایین بودن قابلیت هضم علوفه را به بالا بودن دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز (ADF) آن نسبت دادند.

نتایج مقایسه میانگین بین الگوهای مختلف کودی نشان داد بیش‌ترین میزان DMD (699/1 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) با کاربرد تلفیقی کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. کم‌ترین میزان DMD نیز با کاربرد جداگانه کود شیمیایی به‌دست آمد. میزان DMD در الگوهای کودی F_2 (100 درصد کود شیمیایی)، F_3 (کود زیستی + 75 درصد کود شیمیایی)، F_4 (کود زیستی + 50 درصد کود شیمیایی) و F_5 (کود زیستی + 25 درصد کود شیمیایی) نسبت به کاربرد جداگانه کود شیمیایی به‌ترتیب 2/28، 1/05، 1/39 و 4/66 درصد افزایش یافت (جدول 5). دلیل افزایش DMD را می‌توان به کاهش میزان ADF و NDF با کاربرد کودهای زیستی نسبت داد (Naghizadeh & Galavi, 2012). در تطابق با نتایج این پژوهش، یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) نتیجه گرفتند که کاربرد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه به‌همراه مقادیر مناسب کود شیمیایی، کیفیت علوفه ذرت را از طریق افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک بهبود بخشید.

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

کربوهیدرات‌های محلول در آب نه تنها نقش مهمی در افزایش کیفیت علوفه دارند بلکه تأثیر بسزایی در مقاومت به سرما و مقاومت به چرای دام دارند. از این رو از کربوهیدرات های محلول در آب به‌عنوان مهم‌ترین صفت کیفی بعد از قابلیت هضم نام برده می‌شود (Nakhzari Moghaddam, 2016). کربوهیدرات‌های محلول بخش عمده‌ای از کربوهیدرات‌های غیرساختمانی را تشکیل داده، که یکی از مهم‌ترین اجزاء تعیین کننده کیفییت علوفه می‌باشد که وظیفه آن تأمین انرژی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و حفظ سلامت گوارشی دام می‌باشد (Lithorurgidis et al., 2006). قندهای محلول به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی، ثبات‌دهنده‌های غشاهای سلولی و حفظ‌کننده تورژسانس سلول‌ها، عمل می‌کند. هم‌چنین قندهای محلول علاوه بر تنظیم اسمزی و کاهش پتانسیل آب، از سلول در برابر آسیب‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Hoekstra & Buitink, 2001). نتایج تجزیه واریانس نشان داد میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب فقط تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول 2). میزان کربوهیدرات‌های محلول با افزایش دور آبیاری افزایش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین (176/9 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان کربوهیدرات محلول به دور آبیاری سوم تعلق داشت که اختلاف معنی‌داری با دور آبیاری دوم نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده (139/7 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در دور آبیاری اول مشاهده شد که نسبت به دور آبیاری دوم و سوم به‌ترتیب 16/25 و 21/03 درصد کاهش نشان داد (جدول 4). افزایش میزان کربوهیدرات های محلول در آب با افزایش دور آبیاری را می‌توان به توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و هم‌چنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول نیز می‌شود، نسبت داد (Rahbari et al., 2015). جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) و رای و همکاران (Rai et al., 2006) در گیاه سورگوم علوفه‌ای و رهبری و همکاران (Rahbari et al., 2015) در گیاه ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum glaucum*) نتایج مشابهی مبنی بر افزایش کربوهیدرات محلول در آب با افزایش دور آبیاری را گزارش کردند.

اگرچه میزان کربوهیدرات‌های محلول تحت تأثیر کاربرد الگوهای مختلف کودی قرار نگرفت ولی بیش‌ترین (170/57 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین (153/16 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) میزان این شاخص به‌ترتیب با کاربرد کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی و 100 درصد کود شیمیایی حاصل شد (داده‌ها گزارش نشده است). مهروز و چایچی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) با بررسی اثر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و کود شیمیایی بر روی کیفیت دانه و علوفه جو، نتیجه گرفتند با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر میزان کربوهیدرات‌های محلول افزوده شد. زیرا استفاده توأم از کودهای زیستی و شیمیایی سبب افزایش جذب فسفر و انتقال مواد فتوسنتزی و درنتیجه افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب گردید.

کل ماده غذایی قابل هضم (TDN)

مجموع مواد مغذی قابل هضم اشاره به مواد قابل استفاده برای دام دارد که به میزان ADF و NDF علوفه بستگی دارد. به‌طوری‌که وقتی میزان ADF افزایش می‌یابد، میزان TDN و توانایی دام برای

استفاده از مواد مغذی موجود در علوفه کاهش می‌یابد (Lithourgids et al., 2006). نتایج تجزیه واریانس نشان داد میزان میزان کل ماده مغذی قابل هضم تحت تأثیر دوره‌های مختلف آبیاری و الگوهای کودی واقع شد (جدول 2). در بین تیمارهای کودی، بیش‌ترین میزان TDN (698/9 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در تیمار کود زیستی+ 25 درصد شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد انفرادی کود زیستی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده (647/2 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای کود زیستی + 75 درصد شیمیایی و کود زیستی + 50 درصد کود شیمیایی حاصل شد (جدول 5). کوبلز و همکاران (Coblentz et al., 2017) نتیجه گرفتند که با افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و به دنبال آن بهبود میزان پروتئین خام، میزان TDN افزایش پیدا می‌کند. علاوه‌براین، با افزوده شدن دور آبیاری بر میزان TDN افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین (687/2 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین میزان TDN (649/8 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در دور آبیاری سوم و اول مشاهده شد (جدول 4). از آن‌جایی که میزان TDN همبستگی منفی با میزان ADF و NDF دارند (جدول 6)، چنین به نظر می‌رسد با کاهش میزان NDF و ADF در نتیجه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی، میزان TDN افزایش یافته است (Lithourgids et al., 2006).

ماده خشک مصرفی (DMI)

میزان ماده خشک مصرفی تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول 2). به‌طور کلی، با افزایش دور آبیاری بر میزان DMI افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین (26/5 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کم‌ترین میزان DMI (25 گرم بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در دورهای آبیاری سوم و اول مشاهده شد. هوروکس و والنتین (Horrocks & Vallentine, 1999) گزارش کردند که میزان DMI همبستگی منفی با میزان NDF دارد و با کاهش میزان دیواره سلولی (NDF) میزان DMI افزایش یافت (جدول 6). به عبارت دیگر، وقتی که میزان NDF علوفه افزایش می‌یابد کیفیت و میزان ماده خشک مصرفی کاهش پیدا می‌کند.

ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)

ارزش نسبی تغذیه‌ای شاخصی برای رتبه‌بندی علوفه بر اساس تخمینی از قابلیت هضم و پتانسیل مصرف علوفه می‌باشد و بیانگر میزان انرژی و مصرف علوفه‌ای است که از DDM و DMI مشتق شده است (Lithiurgidis et al., 2006). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ارزش نسبی تغذیه‌ای تحت تأثیر معنی‌دار رژیم های متفاوت آبیاری و الگوهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد واقع شد (جدول 2). بیش‌ترین میزان RFV (148/7 درصد) با کاربرد کود زیستی + 25 درصد شیمیایی حاصل شد که تفاوت معنی-داری با کاربرد انفرادی کود زیستی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان شاخص ذکر شده (126/7 درصد) با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای کود زیستی + 75 درصد شیمیایی و کود زیستی+ 50 درصد شیمیایی حاصل شد. دلیل کاهش RFV در تیمار 100 درصد کود شیمیایی به افزایش NDF و ADF علوفه بر می‌گردد. هم‌چنین با افزایش دور آبیاری بر میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان RFV (142/5 درصد) به دور آبیاری سوم و کم‌ترین میزان RFV (129/6 درصد) نیز به دور آبیاری اول تعلق داشت (جدول 4). با توجه به افزایش میزان DMI و DMD در دور آبیاری سوم افزایش RFV علوفه سورگوم در این تیمار قابل توجیه است. هوروکس و والنتین (Horrocks & Vallentine, 1999) گزارش کردند که علوفه‌هایی با میزان RFV مابین 151- 125 به‌عنوان علوفه عالی در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به جدول استاندارد کیفی علوفه، دور آبیاری سوم منجر به تولید علوفه‌ای با درجه عالی (Premium) شد. جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) مشاهده کردند که میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای با DMI و DMD همبستگی مثبتی داشته و با افزایش دور آبیاری به‌دلیل بالا رفتن شاخص‌های ذکر شده میزان RFV افزایش یافت (جدول 6). یلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2014) دلیل افزایش ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه حاصل از کشت مخلوط مخلوط جو با ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia sativa* L.) و ماشک پانونیکا (*Vicia pannonic*a L.) را به افزایش ماده خشک قابل هضم (DDM) و ماده خشک مصرفی کل علوفه (DMI) نسبت دادند. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج صادق پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) و لایتورگایدیس و همکاران (Lithiurgidis et al., 2006) مطابقت داشت.

انرژی ویژه شیردهی (NE_L)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که انرژی ویژه شیردهی تحت تأثیر معنی‌دار رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای مختلف کودی واقع شد (جدول 2). بیش‌ترین میزان NE_L (1/66 مگاکالری بر کیلوگرم) با کاربرد کود زیستی + 25 درصد کود شیمیایی حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد انفرادی کود زیستی نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان NE_L (1/56 مگاکالری بر کیلوگرم) با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای کود زیستی + 75 درصد شیمیایی و کود زیستی + 50 درصد شیمیایی حاصل شد. هم‌چنین با افزایش دور آبیاری بر انرژی ویژه شیردهی علوفه افزوده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان NE_L (1/64 مگاکالری بر کیلوگرم) به دور آبیاری سوم و کم‌ترین میزان RFV (1/56 مگاکالری بر کیلوگرم) نیز به دور آبیاری اول مربوط بود (جدول 4). افزایش انرژی ویژه شیردهی به بهبود دسترسی بیش‌تر به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و کاهش میزان ADF با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی نسبت داده می‌شود (Tang et al., 2018). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، جهان‌زاد و همکاران (Jahanzad et al., 2013) گزارش کردند که میزان انرژی ویژه شیردهی با افزایش دور آبیاری به‌دلیل کاهش میزان دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) افزایش پیدا کرد.

جدول 6- همبستگی بین صفات کمی و کیفی علوفه سورگوم

Table 6- Correlations between the quantity and quality of sorghum forage

	ماده خشک DM	پروتئین خام CP	عملکرد پروتئین خام YCP	کربوهیدرات محلول در آب WSC	الیاف حاصل از شوینده اسید ADF	الیاف حاصل از شوینده خنثی NDF	ماده خشک مصرفی DMI	قابلیت هضم ماده خشک DMD	کل ماده غذایی قابل هضم TDN	ارزش نسبی تغذیه‌ای RFV	انرژی ویژه شیردهی NE_L
DM	1										
CP	0.01^{ns}	1									
YCP	0.70^{**}	0.72^{**}	1								
WSC	0.31^{*}	-0.24^{ns}	0.08^{ns}	1							
ADF	0.53^{**}	-0.14^{ns}	0.24^{ns}	0.12^{ns}	1						
NDF	0.37^{*}	-0.13^{ns}	0.16^{ns}	-0.12^{ns}	0.39^{**}	1					
DMI	-0.35^{*}	0.10^{ns}	-0.17^{ns}	0.16^{ns}	-0.37^{*}	-0.99^{**}	1				
DMD	-0.53^{**}	0.14^{ns}	-0.24^{ns}	-0.12^{ns}	-1.00^{**}	-0.39^{**}	0.37^{*}	1			
TDN	-0.52^{**}	0.15^{ns}	-0.25^{ns}	-0.11^{ns}	-1.00^{**}	-0.39^{**}	0.33^{*}	1.00^{**}	1		
RFV	-0.46^{**}	0.13^{ns}	-0.21^{ns}	0.09^{ns}	-0.63^{**}	-0.95^{**}	0.95^{**}	0.63^{**}	0.63^{**}	1	
NEL	-0.53^{**}	0.15^{ns}	-0.24^{ns}	-0.12^{ns}	-0.99^{**}	-0.39^{**}	0.37^{*}	0.99^{**}	0.99^{**}	0.63^{**}	1

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: are significant at the 1% and 5% probability levels and non-significant, respectively.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که دوره‌های مختلف آبیاری و الگوهای مختلف کودی به‌صورت جداگانه تأثیرات معنی‌داری بر روی صفات کمّی و کیفی علوفه حاصل از سورگوم داشتند. با افزایش دور آبیاری شاخص‌هایی از قبیل عملکرد ماده خشک، فیبر خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز کاهش یافت. درحالی‌که افزایش دور آبیاری منجر به افزایش نسبت برگ به ساقه، میزان پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب، کل ماده مغذی قابل هضم، ماده خشک مصرفی، ارزش نسبی تغذیه‌ای و انرژی ویژه شیردهی گردید. در مقایسه بین الگوهای مختلف کودی بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک با کاربرد انفرادی کود

شیمیایی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد تلفیقی کود زیستی + 75 درصد کود شیمیایی نداشت. هم‌چنین کاربرد تلفیقی کود زیستی+ 25 درصد کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار صفاتی از قبیل ماده خشک قابل هضم، کل ماده مغذی قابل هضم، انرژی ویژه شیردهی و ارزش نسبی تغذیه‌ای گردید. براساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی منجر به بهبود کمّی و کیفی علوفه سورگوم گردید.

منابع

Ahemad, M., and Kibret, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University Science 26(1): 1-20.

Anabi Milani, A. 2003. Effect of irrigation regimes on yield components and water use efficiency of wheat in saline soil. Soil and Water Science 16(1): 121-135. (In Persian with English Summary)

Assefa, G., and Ledin, I. 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. Animal Feed Science and Technology 92: 95–111.

Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir M., and Nadeem, M.A. 2017. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 16: 236–241.

Bishnoi, U. 2015. PGPR Interaction: An Ecofriendly Approach Promoting the Sustainable Agriculture System. Advances in Botanical Research 75: 81–113.

Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Nikbachat, M., Zenou, A., and Miron, J. 2006. Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. Animal Feed Science and Technology 131: 120–132.

Coblentz, W.K., Akins M.S., Cavadini J.S., and Jokela, W.E. 2017. Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. Journal of Dairy Science 100: 1739–1750.

Coleman, S.E., and Moore, J.E. 2003. Feed quality and animal performance. Field Crops Research 84: 17- 29.

Contreras-Govea, F.E., Muck, R.E., Armstrong, K.L., and Abrecht, K.A. 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology 150: 1-8.

Francisco, E., Govea, C., Muck, E.R., Armstrong, L.K., and Albrecht, K. 2009. Fermentability of corn–lablab bean mixtures from different planting densities. Animal Feed Science and Technology 149: 298–306.

Gray, E.J., and Smith, D.L. 2005. Interacellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry Journal 37: 395-412.

Haberle, J., Svoboda, P., and Raimanova, I. 2008. The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen concentration and grain nitrogen yield of winter wheat. Plant, Soil and Environment 54: 304–312.

Hail, Y., Daci, M. and Tan, M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. Yield and quality. Journal Animal Advance 8(7): 1337-1342.

Hoekstra, F.A., and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant dessiccation tolerance. Trends in Plant Science 8: 431-438.

Horrocks, R.D., and Vallentine, J.F. 1999. Harvested forage. Academic Press, London, UK.

Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.R., and Dashtaki, M. 2013. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. Agricultural Water Management 117: 62-69.

Jaleel, C.A., Sankar, B., Murali, P.V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G.M.A., and Panneerselvam, R. 2008. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus* L. impact on ajmalicine accumulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62: 105-111.

Kader, M.A., Mian, M.H., and Hoque, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Online Journal of Biological Sciences 2: 2 59-261.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima K.V., Dordas, C.A., and Yaikoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99: 106-113.

Marsalis, M.A., Angadi, S.V., and Contreras-Govea, F.E. 2010. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. Field Crops Research 116: 52–

57.

Mehrvarz, S., and Chaichi, M.R. 2008. Effect of Phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L). American- Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science 3: 855-860.

Naghizadeh, M., and Galavi, M. 2012. Evaluation of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous influence on fodder quality of corn (*Zea mays* L.) and grass pea (*Lathyrus sativa* L.) intercropping. Journal of Agroecology 4(1): 52-62. (In Persian with English Summary)

Nakhzari Moghaddam, A. 2016. Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. Journal of Agroecology 8(1): 47-58. (In Persian with English Summary)

Nabati Nasaz, M., Gholipouri, A., and Mostafavi Rad, M. 2016. Evaluation of forage yield and important agronomic indices of corn as affected by intercropping systems with peanut and nitrogen rates. Journal of Agroecology 8(1): 70-81. (In Persian with English Summary)

Naseri, R., Moghadam, A., Darabi, F., Hatami, A., and Tahmasebei, G.R. 2013. The Effect of deficit irrigation and *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* on grain yield, yield components of maize (S.C. 704) as a second cropping in western Iran. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2 (10): 104–112.

Raei, Y., Ashaghi Sardrood, S.N., and Bagheri Pirouz, A. 2013. The effects of chemical and biological fertilizers application on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yields of different harvests. Journal of Agroecology 5(3): 231-242. (In Persian with English Summary)

Rahbari, A., Masood sinaki, J, and Zarei, M. 2015. Effects of Phosphate Fertilizer and Less Irrigation on Grain Yield of the Forage Millet. Journal of Agronomy Science 5(10): 27-38.

Rostamza, M., Chaichi, M.R., Jahansouz, M.R., and Alimadadi, A. 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. Agricultural Water Management 98: 1607–1614.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaieli, A., Hosseini M.B., and Hashemi, M. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research 148: 43-48.

Tang, C.H., Yang, X., Chen, X., Ameen, A., and Xie, G. 2018. Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. Field Crops Research 215: 12-22.

Tas, S., and Tas, B. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes tolerance of fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). Journal Agronomy and Crop Science 194: 325-333.

Van Loon, L.C. 2007. Plant response to plant growth promoting rhizobacteria. European Journal of Plant Pathology 119: 243-254.

Vasilakoglou, I., Dhima, K., Karagiannidis, N., and Gatsis, T. 2011. Sweet sorghum productivity for bio-fuels under increased soil salinity and reduced irrigation. Field Crops Research 120: 38–46.

Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizars. Plant and Soil 255: 571-586.

Wang, H., Zhang, L., Dawes, W.R., and Liu, C. 2001. Improving water use efficiency of irrigated crops in the North China Plain-measurements and modeling. Agriculture and Water Management 48: 151–167.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K Solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Yang, Y.H., Jiang, P.A., Ai, E.K., and Zhou, Y.Q. 2005. Effects of planting *Medicago sativa* L. on soil fertility. Arid Land Geography 28: 248-251.

Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). Proceedings of World Academy of Sciences, Engineering and Technology 3(1): 2070-3740.

Yilmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., and Erayman, M. 2014. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern mediterranean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39: 135–143.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1021-1035

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1035-1021

Amount of Production and Nutritional Value of Cultivated Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with Integrated Application of Bio and Chemical Fertilizers under Different Irrigation Regims

Z. Sayyadi Azar[1], A. Javanmard[2*], F. Shekari[3], A. Abbasi[4] and M. Amani Machiani[5]

Submitted: 14-02-2018
Accepted: 25-07-2018

Sayyadi Azar, Z., Javanmard, A., Shekari, F., Abbasi, A., and Amani Machiani, M. 2019. Amount of production and nutritional value of cultivated forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with integrated application of bio and chemical fertilizers under different irrigation regims. Journal of Agroecology. 11(3): 1021-1035.

Introduction

Forage production has recently reduced in some arid and semi-arid countries due to intensive grazing and consecutive dryness. Increasing scarcity of water irrigation, particularly in arid and semi-arid climates where agricultural systems are dependent upon supplemental irrigation, is becoming the most important problem for producing forage.

The bio fertilizers can serve a potential tool for sustaining crop production without destruction of the soil and environment. Therefore, integrated application of bio fertilizer and chemical fertilizer seems to be a sustainable approach in agricultural systems. The plant growth promoting bacteria plays an important role in the crop growth and development through secretion of growth promoting metabolites and nutrient supply. These species increase nitrogen fixation and release plant growth promoting substances and hormones and improve nutrient and water uptake.

Sorghum is becoming an increasingly important forage crop in many arid and semi-arid regions of the world especially in Iran because of its advantages over corn in warm and dry climates. The objective of this study was to evaluate the effects of different fertilizer patterns and irrigation intervals on the quantity and quality of the sorghum forage.

Materials and Methods

The experiment was conducted as split plot design based on randomized complete block design (RCBD) with 15 treatments and three replications at the faculty of Agriculture, University of Maragheh during 2016. The treatments included three different irrigation regimes (irrigation after 60, 100 and 140 mm evaporation from class A evaporation pan) and five different fertilization patterns (100% chemical fertilizer, bio fertilizer, bio fertilizer+ 75% chemical fertilizer, bio fertilizer+ 50% chemical fertilizer and bio fertilizer+ 25% chemical fertilizer). In the current research, quantity and quality properties including neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), crude fiber (CF), dry matter digestibility (DMD), water soluble carbohydrate (WSC), Total digestibly nutrient (TDN), dry matter intake (DMI), Relative feed value (RFV), net energy for lactation (NE_L) and ash was calculated. Analysis of variance of the data and mean comparison were carried out by MSTATC statistical software based on Duncan's multiple range tests.

Results and Discussion

The results showed that the dry forage yield of sorghum was significantly affected by different irrigation and fertilization patterns. The highest forage yield (26.8 $t.ha^{-1}$) was achieved in 100% chemical fertilizer that was not significantly different with bio fertlizer+ 75% chemical fertilizer. Also, the lowest dry forage yield (20.6 $t.h^{-1}$) was observed in application of bio fertilizer. The reason for the increase of dry matter yield in integrated

1 and 5- Ph.D student of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, respectively.
2, 3 and 4- Associate Professor, Professor and Assisstant Professor Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, respectively.
(*-Corresponding Author Email: A.javanmard@maragheh.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.71013

application of chemical and bio fertilizers is attributed to improved nutrient uptake, increased photosynthesis, and more activity of catalase and peroxidase enzymes by plant growth promoting bacteria. In addition, with increasing irrigation interval, the biomass yield of forage sorghum was significantly reduced. Decreasing the biomass yield of sorghum by increasing irrigation intervals may be due to reducing the absorption of fermentation elements, decreasing growth and leaf area, decreasing photosynthesis, increasing the damage caused by drought stress, and increasing the amount of active oxygen radicals. The highest values of DMD, TDN, RFV and NE_L were achieved in bio fertilizer+ 25% chemical fertilizer. Also, the values of CP, WSC, DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L increased by enhancing irrigation intervals. Increase of the mentioned indices is attributed to decreasing of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) content under integrated application of chemical and bio fertilizers and increasing irrigation intervals. Results showed a positive and significant correlation between sorghum dry forage yield and crude protein yield, WSC, ADF and NDF. On the other hand, there was a negative and significant correlation between ADF and NDF with CP, DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L.

Conclusion

Generally, the results of this experiment demonstrated that different irrigation regimes and different fertilizer patterns had a significant effect on the quantitative and qualitative traits of the sorghum forage. The values of dry forage yield, crude fiber, ADF and NDF decreased by increasing irrigation intervals, while the values of leaf to stem ratio, CF, WSC, DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L increased in this irrigation round. In comparison between different fertilization patters, the highest forage yield was achieved in 100% chemical fertilizer that was no significantly different with bio fertilizer+ 75% chemical fertilizer. Also, the integrated application of bio fertlizer+ 25% chemical fertilizer significantly increased the content of DMI, DMD, TDN, RFV and NE_L. Based on the results of this study, it can be stated that the integrated application of bio fertilizers with chemical fertilizer in drought stress conditions resulted in quantitative and qualitative improvement of sorghum forage.

Keywords: Acid detergent fiber, Bio fertilizer, *Azotobacter*, Biosuper, Net energy for lactation

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1048-1037

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1037-1048

بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و تیمارهای آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص تورم اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.)

محمود رمرودی[1*]، مریم باقری[2] و محمد فروزنده[3]

تاریخ دریافت: 1396/12/9
تاریخ پذیرش: 1397/04/13

رمرودی، م.، باقری، م.، و فروزنده، م. 1398. بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و تیمارهای آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص تورم اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1048-1037.

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و تیمارهای آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص تورم اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان درمیان استان خراسان جنوبی در سال زراعی 94- 1393 اجرا شد. سطوح مختلف تنش خشکی شامل 80، 60 و 40 درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان عامل اصلی و کود زیستی در چهار سطح شامل نیتروکسین، فسفات بارور 2، نیتروکسین + فسفات بارور 2 و شاهد (محلول‌پاشی با آب معمولی) به‌عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که تعداد پنجه و سنبله در بوته و وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش خشکی و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، به‌طوری‌که با کاهش تعداد آبیاری ویژگی‌های فوق کاهش یافت و کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش آن‌ها گردید. برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه و در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع بوته، شاخص تورم و درصد موسیلاژ داشت. بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی توأم با کود زیستی نیتروکسین و کم ترین آن‌ها از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) به‌دست آمد که به‌ترتیب به‌میزان 47/4 و 54/3 درصد افزایش داشتند و بیش‌ترین درصد موسیلاژ از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی توأم با کاربرد فسفات بارور 2 حاصل شد. براساس نتایج در شرایط این تحقیق، دستیابی به حداکثر عملکرد دانه گیاه دارویی اسفرزه، تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین و تأمین نیاز آبی مناسب (80 درصد ظرفیت زراعی) برای گیاه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تعداد سنبله، تنش خشکی، عملکرد دانه، موسیلاژ، نیتروکسین

مقدمه

امروزه استفاده از گیاهان دارویی و معطر به‌دلیل گرایش مجدد انسان به طبیعت و محصولات طبیعی، اثرات جانبی مواد سنتزی و کشف داروهای جدید از ترکیبات طبیعی که دارای ساختارهای پیچیده شیمیایی و غیرقابل سنتز هستند، رشد قابل توجهی داشته‌است (Omidbaigi, 2005). اسفرزه از گیاهان دارویی مهم می‌باشد و از خواص شناخته شده آن می‌توان ملین، خنک‌کننده و مدر ذکر کرد (Basudehradum et al.,1989). بخش دارویی این گیاه محتوای موسیلاژی پوسته (Omidbaigi, 2005) و این بخش از گیاه در طب سنتی به‌عنوان داروی ملین کاربرد زیادی دارد. هم‌چنین اثرات مفید فیبرهای دانه اسفرزه برای درمان دیابت نوع دوم تقریباً مشخص شده‌است (Naghdi Badi et al., 2004).

تنش خشکی مانع از تظاهر کامل پتانسیل ژنتیکی گیاهان زراعی می‌شود و از این‌رو موجب کاهش تولیدات کشاورزی می‌گردد. اغلب

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی و مربی پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email: mramroudi42@uoz.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v11i3.71316

گیاهان زراعی به‌ویژه در طی دوره گل‌دهی تا نمو بذر به تنش کمبود آب حساس هستند (Ashrafi & Talebi, 2012). در بین گیاهان دارای ترکیبات موسیلاژی، اسفرزه است. به‌دلیل مقدار موسیلاژ، از اهمیت خاصی برخوردار است (Blumenta et al., 2000). از آن‌جا که موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه جزء متابولیت‌های ثانویه می‌باشند و از طرفی تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان به‌وسیله عوامل محیطی تغییر می‌یابند و تنش رطوبتی نیز عامل مؤثری در رشد و هم‌چنین سنتز ترکیبات طبیعی گیاهان دارویی می‌باشد، لذا مطالعه تأثیر سطوح آبیاری بر تولید مواد مؤثره در گیاهان دارویی ضروری به نظر می‌رسد (Baher et al., 2002). طبق تحقیق انجام شده، کم‌آبیاری و کود دامی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی اسفرزه به‌جز ارتفاع بوته و وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری داشت (Lotfi et al., 2009). در بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (100، 75، 50 و 25 درصد ظرفیت مزرعه‌ای) در گیاهان دارویی اسفرزه، بومادران (*Achillea millefolium* L.)، مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) و بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش شد که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته در گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت (Lebaschy & Sharifi Ashoorabadi, 2004). نتایج تحقیق دیگری حاکی از مقاومت گیاه دارویی اسفرزه به تنش رطوبتی می‌باشد (Patra et al., 1999).

یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای زیستی در نظام‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است. کودهای زیستی گاه به‌عنوان جایگزین و در بیش‌تر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (Han et al., 2006). باکتری‌های موجود در کودهای زیستی از طریق تأمین عناصر معدنی نظیر فسفر، آهن، مس و روی به‌ویژه نیتروژن برای گیاه، باعث افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌شود (Rahimzade, 2009). کمبود فسفر به‌شدت بر میزان رشد گیاهان اثر منفی می‌گذارد و تشکیل گل، میوه، بذر و کیفیت آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. مصرف بیوفسفر، سبب افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی می‌شود (Koocheki et al., 2007). در زمینه استفاده از کودهای زیستی برای بهبود جذب عناصر و کاهش مصرف کودهای شیمیایی در گیاهان زراعی و دارویی تحقیقات متعددی انجام شده است (Zahir et al., 2004; Zhenixi et al., 2008). در بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی مشخص گردید که کاربرد 50 درصد کود شیمیایی توأم با کود زیستی می‌تواند در افزایش عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه مؤثر باشد و مصرف کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار با بهبود شرایط تغذیه‌ای می‌تواند نقش مفیدی در افزایش سطح برگ، سرعت رشد محصول و در نهایت عملکرد موسیلاژ اسفرزه داشته باشد (Sepehri & Samadi, 2015). افزایش طول ساقه‌چه گندم با تلقیح بیوفسفر در مقایسه با شاهد گزارش گردیده‌است (Forouzandeh et al., 2014). یوسف‌پور و یدوی (Yousefpoor & Yadavi, 2014) گزارش کردند کاربرد نیتروکسین باعث افزایش عملکرد و محتوای روغن دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) شد که علت این امر بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌باشد.

با توجه به بحران کم‌آبی در سال‌های اخیر و اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور، کاشت گیاهان سازگار با این شرایط در الگوی کشت اهمیت زیادی دارد. از این‌رو، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر باکتری‌های افزاینده رشد در تیمارهای مختلف کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه با هدف افزایش عملکرد دانه، انجام شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش (30-0 سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (0-30 cm)

بافت Texture	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
	ppm					%		
لومی شنی Sandy loam	3.1	4.8	2.2	185	12	0.06	7.3	1.6

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی 94-1393 در شهرستان درمیان استان خراسان جنوبی با موقعیت جغرافیایی 34 درجه و 15 دقیقه و طول جغرافیایی 56 درجه و 30 دقیقه و ارتفاع 1500 متری از سطح دریا اجرا شد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

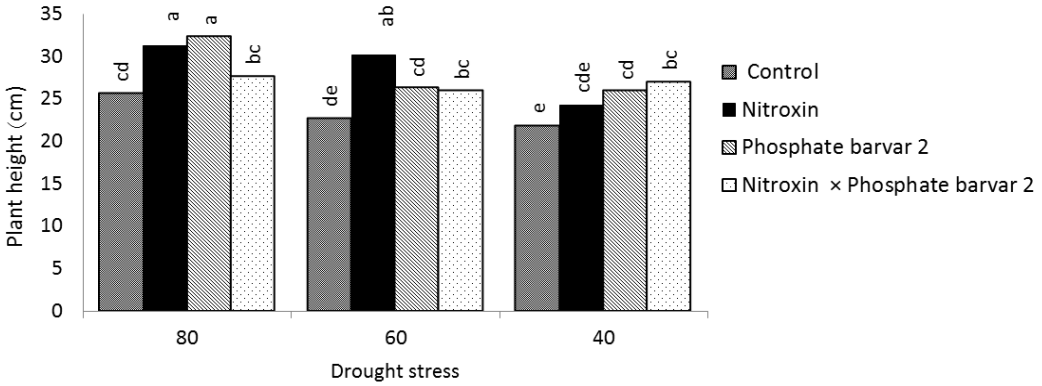
آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف تنش خشکی: 80، 60 و 40 درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان عامل اصلی و کودهای زیستی شامل نیتروکسین، فسفات بارور 2، تلفیقی (نیتروکسین + فسفات بارور 2) و شاهد (محلول‌پاشی آب معمولی) به‌عنوان عامل فرعی بود. کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزسپریلیوم* و کود فسفاته بارور 2 نیز دارای دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *Pseudomonas potida* و *Bacillus lenthus* می‌باشد (Yousefpoor & Yadavi, 2014). زمین محل آزمایش ابتدا به‌عمق 30 سانتی‌متر شخم و سپس عملیات دیسک‌زنی و تسطیح انجام گرفت. هر کرت دارای چهار ردیف کشت به‌طول چهار متر با فواصل 20 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف چهار سانتی‌متر به‌صورت کرتی انجام شد. میزان بذر مصرفی معادل هشت کیلوگرم در هکتار بود (Ramroudi et al., 2011a). کود زیستی فسفات بارور 2 (100 گرم در هکتار) قبل از کشت با بذر تلقیح داده شد. برای این کار ابتدا بذرها خیس گردید و مقدار کود مورد نیاز روی بذرها افشانده و مخلوط شد. بذرها به‌مدت چهار ساعت در سایه خشک و سپس کشت شدند (Gliessman, 2007). در اعمال کود بیولوژیک مایع نیتروکسین (یک لیتر در هکتار) نیز بذرها در مایه تلقیح خیسانده شدند (Krishna et al., 2008). پس از انجام تلقیح بذرها روی کاغذ و در سایه به‌مدت دو ساعت پهن تا خشک گردید و بلافاصله کشت گردید. عملیات داشت در طی فصل رشد به‌موقع انجام گرفت و علف‌های هرز در طول دوره رشد با دست وجین شد.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک 10 بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد پنجه و سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه به‌وسیله ترازو با دقت 0/01 گرم اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه با رعایت اثر حاشیه‌ای، یک متر مربع از هر کرت برداشت و پس از خشک شدن و بوجاری بذر ثبت گردید. شاخص تورم و درصد موسیلاژ بذر نیز به‌روش شارما و کول (Sharma & Koul, 1986) در آزمایشگاه تعیین شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار $SAS_{9.2}$ تجزیه و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد مقایسه میانگین‌ها انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج نشان داد که تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بر اساس مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی بیش‌ترین ارتفاع بوته از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی توأم با کاربرد فسفات بارور 2 و کم‌ترین آن از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی و شاهد (محلول‌پاشی با آب معمولی) حاصل گردید (شکل 1). به نظر می‌رسد که کاهش رشد گیاه اسفرزه تحت تنش شدید در نتیجه محدودیت آبی ناشی از اعمال تیمار تنش خشکی باشد که رشد و توسعه سلول‌ها را کاهش داده و در نهایت، رشد گیاه را محدود می‌کند. کاربرد کودهای زیستی با تعدیل اثر تنش خشکی، سبب افزایش ارتفاع بوته گردید. روند کاهش ارتفاع بوته با کاهش تعداد آبیاری نشان داد تنش خشکی با محدودیت‌هایی که در جذب آب و همچنین جذب عناصر غذایی برای گیاه ایجاد می‌کند باعث کاهش تولید ماده خشک می‌شود (Ashraf & Foolad, 2007). به عقیده بسیاری از محققین، نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود آب، کاهش در آماس سلول و در نتیجه کاهش رشد می‌باشد (Larcher, 1995; Mandal et al., 2008). افزایش ارتفاع بوته اسفرزه با کاربرد کودهای زیستی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Samadi Yadav et al., 2002; & Sepehri, 2012).

تعداد پنجه و سنبله در بوته: نتایج نشان داد که تنش خشکی و کود زیستی بر تعداد پنجه و سنبله در بوته تأثیر معنی‌داری داشت (جدول 2)، به‌طوری که با کاهش تعداد آبیاری تعداد پنجه و سنبله در بوته کاهش یافت. تنش کم‌آبی در مراحل گل‌دهی و گرده‌افشانی بر تعداد پنجه و سنبله در بوته اثر گذاشته و نسبت به تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی کاهش یافت (جدول 3).



شکل 1- برهم‌کنش تنش خشکی (ظرفیت زراعی) و کود زیستی بر ارتفاع اسفرزه

Fig. 1- Interaction of drought stress (Field capacity) and bio-fertiler on plant height of isabgol

حروف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

Common letters in each column have no significant different based on Duncan's multiple range tests at 5 % probability level.

این نتایج با یافته‌های رمرودی و همکاران (Ramroudi et al., 2011b) مبنی بر کاهش تعداد سنبله در سنبله اسفرزه تحت شرایط کم‌آبیاری مطابقت دارد. کاربرد کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری موجب افزایش در تعداد پنجه و سنبله در بوته در مقایسه با عدم کارد کود زیستی شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد پنجه و سنبله در بوته از کاربرد فسفات بارور 2 به‌دست آمد (جدول 3). کودهای زیستی از طریق بهبود فعالیت میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز و در نهایت باعث افزایش رشد و تعداد پنجه در بوته می‌گردد (Kundan et al., 2015).

تعداد دانه در سنبله: تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی بر تعداد دانه در سنبله در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی توأم با کاربرد نیتروکسین و کم‌ترین آن از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف کود حاصل گردید (شکل 2). با کاهش تعداد آبیاری، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت. کاهش تعداد آبیاری به‌دلیل ایجاد تنش خشکی، سبب کاهش تعداد دانه در سنبله گیاه دارویی اسفرزه می‌گردد (Sreevalli et al., 2001). تنش کم‌آبی ناشی از افزایش فاصله آبیاری در مراحل گل‌دهی و گرده‌افشانی سبب کاهش تعداد دانه در سنبله گردید. این نتایج با نتایج رمرودی و همکاران (Ramroudi et al., 2011b) مبنی بر کاهش تعداد دانه در سنبله گیاه دارویی اسفرزه تحت شرایط کم‌آبیاری مطابقت دارد. کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش تعداد دانه در سنبله گردید. به نظر می‌رسد کودهای زیستی با کاهش اثر تنش خشکی بر گیاه دارویی اسفرزه سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شده است.

وزن هزار دانه: وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش خشکی و کود زیستی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول 2)، به‌طوری‌که مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن هزار دانه از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی نداشت (جدول 3). به نظر می‌رسد که پایین بودن وزن هزار دانه با افزایش فواصل آبیاری می‌تواند در نتیجه محدودیت آبی ناشی از تنش خشکی در مراحل بعد از گل‌دهی باشد که به‌شدت قدرت منبع و توان ساخت یا انتقال مواد فتوسنتزی را کاهش داده است. کاهش وزن هزار دانه گیاه دارویی اسفرزه تحت تأثیر تنش خشکی نیز گزارش شده است (Ramroudi et al., 2011b).

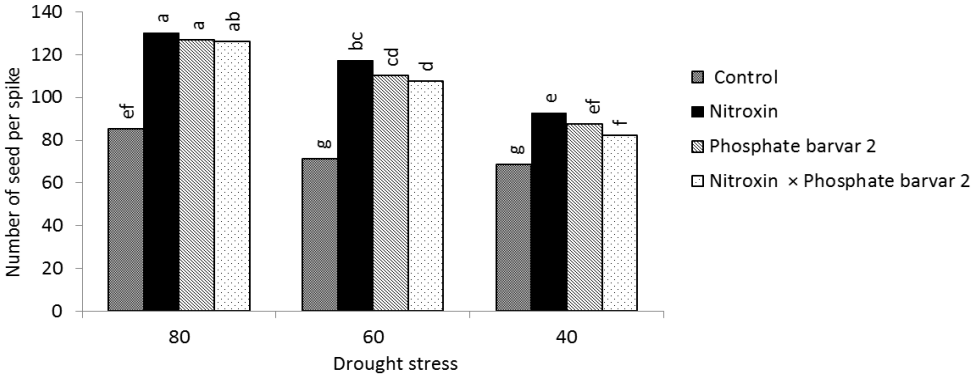
در بین تیمارهای کاربرد کود زیستی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید، امّا کم‌ترین وزن هزار دانه از تیمار عدم مصرف کود حاصل شد، به‌طوری‌که نسبت به کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین، فسفات بارور 2 و تلفیق آن‌ها به‌ترتیب 7/06، 16/67 و 15/46 درصد کاهش داشت (جدول 3). به نظر می‌رسد که تیمار شاهد کودی به‌علت کمبود عناصر نسبت به سایر تیمارهای کود زیستی، رشدی کم‌تری داشته و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش یافته است. این نتایج

با نتایج تحقیق دیگری مبنی بر تأثیر مثبت کودهای زیستی بر وزن دانه گیاه دارویی اسفرزه مطابقت دارد (Ghasemi Siani et al., 2011).

عملکرد دانه: نتایج نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی حاکی از آن است که بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی توأم با کاربرد نیتروکسین و کم‌ترین آن از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی و تیمار شاهد کودی حاصل شد (شکل 3). به‌نظر می‌رسد که کاهش اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه همراه با کاهش تعداد آبیاری و تنش کم‌آبی ناشی از اعمال تنش بوده که عملکرد گیاه را محدود می‌کند (Sreevalli et al., 2001). نتایج بررسی نشان داد که عملکرد دانه اسفرزه تحت تأثیر برهم‌کنش فواصل آبیاری و کود معنی‌دار گردید (Lotfi et al., 2009).

به‌موازات کاهش تعداد دفعات آبیاری، به‌دلیل اثر منفی تنش خشکی که بر اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد به‌خصوص تعداد سنبله در بوته داشت، سبب کاهش شدید عملکرد دانه شد. دلیل کاهش عملکرد دانه در تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی را می‌توان به رشد رویشی کم‌تر و به تبع آن، سطح فتوسنتزکننده محدودتر و تولید ماده خشک کم‌تر گیاه در شرایط خشکی نسبت داد. از طرفی کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه و رسیدگی زودتر تیمارهای تحت تنش خشکی، می‌تواند در کاهش عملکرد دانه مؤثر باشد. پاسخ معنی‌دار عملکرد اسفرزه با تغییر دفعات آبیاری از هفت روز به 14روز در تحقیق دیگری نیز گزارش گردیده است (Ghasemi Siani et al., 2011). کودهای زیستی در مقایسه با عدم کاربرد کود سبب افزایش عملکرد دانه شدند و تیمار عدم مصرف کود، به‌دلیل کمبود مواد غذایی، رشد کم‌تر و بالطبع عملکرد دانه کم‌تری تولید کرد. ریزموجودات موجود در کودهای زیستی با تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر غذایی، فراهمی عناصر غذایی خاک و تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه از جمله اکسین‌ها و جیبرلین‌ها باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند (Gupta et al., 2015; Kundan et al., 2015)

شاخص تورم بذر: بر اساس نتایج، شاخص تورم بذر تحت تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 2). بیش‌ترین شاخص تورم بذر از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی توأم با کاربرد کود بیولوژیک فسفات بارور 2 و کم‌ترین آن از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی با شاهد کودی به‌دست آمد (شکل 4). با افزایش تنش خشکی شاخص تورم بذر روند کاهشی داشت. در مطالعه‌ای گزارش شد که با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص تورم بذر گیاه دارویی اسفرزه کاهش یافت (Lotfi et al., 2009). پوریوسف و همکاران (Pouryousef et al., 2007) گزارش کردند کاربرد کود فسفات بارور 2 سبب افزایش شاخص تورم بذر گیاه دارویی اسفرزه در مقایسه با عدم مصرف کود شد. شاخص تورم بذر از خصوصیات بذرهای حاوی موسیلاژ می‌باشد که در اثر جذب آب، موسیلاژ موجود در بذر متورم می‌شود (Bhagat, 1980).



شکل 2- برهم‌کنش تنش خشکی (ظرفیت زراعی) و کود زیستی بر تعداد دانه در سنبله اسفرزه

Fig. 2- Interaction of drought stress (Field capacity) and bio-fertilizer on number of seed per spike of isabgol

حروف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

Common letters in each column have no significant different based on Duncan's multiple range tests at 5 % probability level.

جدول ۲- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، شاخص تورم و درصد موسیلاژ اسفرزه

Table 2- Analysis of variance for plant height, yield components, seed yield, turgid index and mucilage percentage of isabgol

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		ارتفاع بوته Plant height	تعدادپنجه در بوته Number of tiller per plant	تعدادسنبله در بوته Number of spike per plant	تعدادداته در سنبله Number of seed per spike	وزن هزاردانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	شاخص تورم Swelling index	درصد موسیلاژ Mucilage percentage
تکرار Replication	2	1.49	0.23	1.26	58.78	0.034	1217.65	4.44	9.13
تنش خشکی Drought stress (D)	2	63.85**	4.46**	186.71**	3573.71**	0.25**	92941.37**	289.69**	66.70**
خطای a Ea	4	5.03	0.19	74.92	30.12	0.44	2141.62	2.17	3.03
کود زیستی Bio-fertilizer (B)	3	49.58**	8.15**	285.44**	2677.87**	0.26**	92080.52**	25.45**	100.50**
تنش خشکی × کود زیستی B×D	6	11.01*	0.29^{ns}	8.73^{ns}	132.97**	0.01^{ns}	12434.02**	5.29*	9.91*
خطای b Eb	18	1.34	0.16	2.85	14.25	0.01	972.90	1.62	1.87
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.36	8.73	9.68	5.46	7.83	8.62	8.83	13.50

*، ** وns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

**, * and ns: are significant at 0.01 and 0.05 and non- significant, respectively.

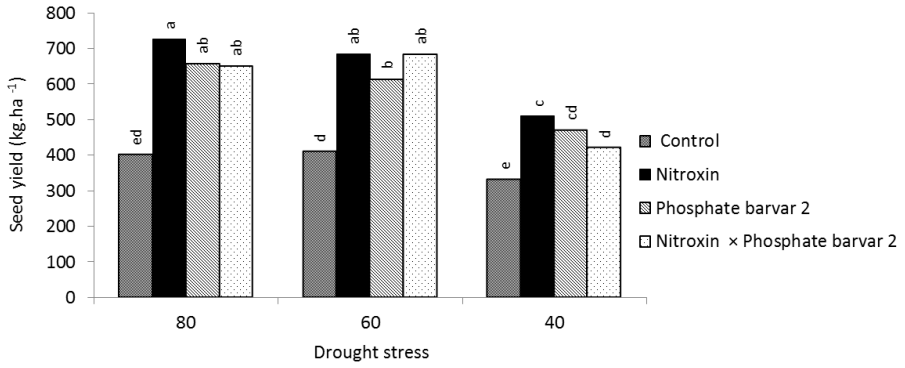
جدول 3- مقایسه میانگین تنش خشکی (ظرفیت زراعی) و کودهای زیستی بر تعداد پنجه و سنبله در بوته و وزن هزار دانه اسفرزه

Table 3- Mean comparison of drought stress (Field capacity)and bio-fertilizers on number of spike and tiller per plant and thousand seed weight of of isabgol

تیمارها Treatments	تعداد سنبله در بوته Number of spike per plant	تعداد پنجه در بوته Number of tiller per plant	وزن هزاردانه Thousand seed weight (g)
تنش خشکی Drought stress			
80	24.58 a*	5.79 a	2.11 a
60	21.82 b	4.77 b	2.08 a
40	16.80 c	4.70 b	1.88 b
کود زیستی Bio-fertilizer			
شاهد Control	12.72 c	3.84 c	1.75 b
نیتروکسین Nitroxin	24.01 ab	5.93 a	2.11 a
فسفات بارور2 Phosphate barvar 2	24.83 a	5.72 a	2.10 a
نیتروکسین × فسفات بارور2 Phosphate barvar 2× Nitroxin	22.70 b	4.85 b	2.07 a

*حرف مشترک در هر ستون و برای هر جزء بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح 5 درصد معنی‌دار نیست.

*Means followed by similar letters in each column and for each component are not significantly different at p=5%, Duncan Multiple Range test.



شکل 3- برهم‌کنش تنش خشکی(ظرفیت زراعی) و کود زیستی برعملکرد دانه اسفرزه

Fig. 3- Interaction of drought stress (Field capacity) and bio-fertilizer on seed yield of isabgol

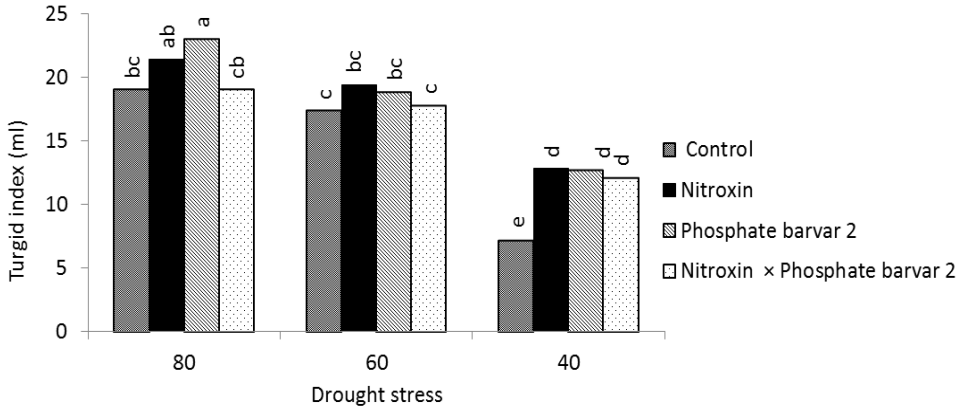
حروف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

Common letters in each column have no significant different based on Duncan's multiple range tests at 5 % probability level.

درصد موسیلاژ: تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی در سطح پنج درصد بر درصد موسیلاژ معنی‌دار بود (جدول 2). نتایج برهم‌کنش آن‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین درصد موسیلاژ بذر از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی همراه با کاربرد کود بیولوژیک فسفات باور 2 و کم‌ترین آن از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی با عدم کاربرد کود زیستی مشاهده گردید (شکل 5). با کاهش تعداد آبیاری و افزایش فواصل آبیاری درصد موسیلاژ دانه افزایش می‌یابد (Patra et al.,1999). این افزایش نشان‌دهنده عکس‌العمل این گیاه در برابر محدودیت آبی است که منجر به افزایش تولید موسیلاژ در دانه می‌شود (Ramroudi et al., 2011b).

نتایج آزمایشی روی گیاه دارویی اسفرزه بیانگر آن است که نانو کود کلات آهن و کلات پتاسیم موجب افزایش عملکرد بذر و میزان موسیلاژ می‌شود (Aghazadeh-Khalkhali et al., 2015). نتایج تحقیقی حاکی از تأثیر مثبت محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر درصد

موسیلاژ در مقایسه با عدم محلول‌پاشی بود و هر چه درصد موسیلاژ بیش‌تر باشد کیفیت آن نیز بالاتر خواهد بود (Ramroudi et al., 2011b). برخی محققین کاربرد کودها را در افزایش عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه مؤثر دانسته‌اند (Ramroudi Mousavi Nik, 2012 et al., 2011b).

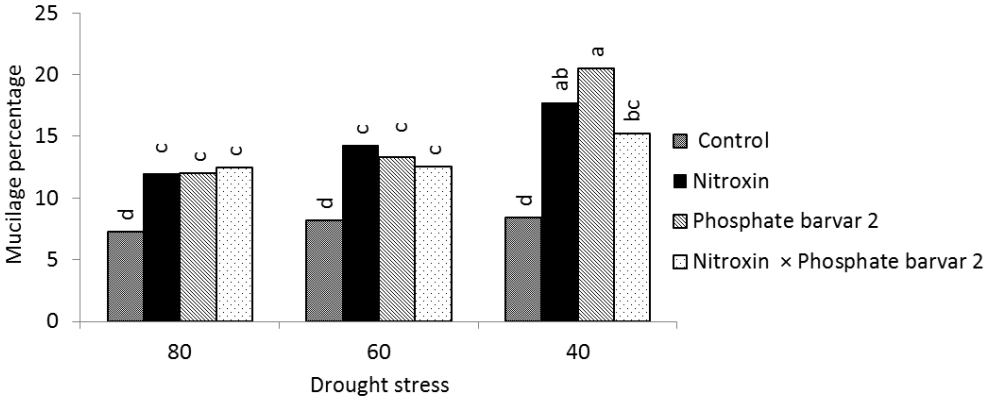


شکل 4- برهم‌کنش تنش خشکی(ظرفیت زراعی) و کود زیستی بر شاخص تورم اسفرزه

Fig. 4- Interaction of drought stress (Field capacity) and bio-fertilizer on turgid index of isabgol

حروف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

Common letters in each column have no significant different based on Duncan's multiple range tests at 5 % probability level.



شکل 5- برهم‌کنش تنش خشکی(ظرفیت زراعی) و کود زیستی بر درصد موسیلاژ

Fig. 6- Interaction of drought stress (Field capacity) and bio-fertilizer on mucilage percentage

حروف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

Common letters in each column have no significant different based on Duncan's multiple range tests at 5 % probability level.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد و افزایش درصد موسیلاژ بذر اسفرزه گردید و کاربرد کودهای زیستی، نیز سبب افزایش آن‌ها نسبت به شرایط عدم کاربرد کود زیستی شد. تأثیر برهم‌کنش تنش خشکی و کود زیستی بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، شاخص تورم و درصد موسیلاژ معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار 80 درصد ظرفیت زراعی توأم با کود زیستی نیتروکسین و کم‌ترین آن از تیمار 40 درصد ظرفیت زراعی با عدم کاربرد کود زیستی به‌دست آمد که حدود 54/3 درصد افزایش داشت. لذا می‌توان اظهار داشت که کودهای زیستی در بهبود و افزایش عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه تحت تأثیر رژیم کم‌آبیاری

مؤثر واقع می‌شوند. براساس نتایج در شرایط این تحقیق، دستیابی به حداکثر عملکرد دانه گیاه دارویی اسفرزه، تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین و تأمین نیاز آبی مناسب (80 درصد ظرفیت زراعی) برای گیاه می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت مالی در چاپ مقاله که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه زابل به شماره 2371/ 10/96/پ تأمین شده، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Aghazadeh-Khalkhali, D., Mehrafarin, A., Abdossi, V., and Naghdi Badi, H. 2015. Mucilage and seed yield of psyllium (*Plantago psyllium* L.) in response to foliar application of nano-iron and potassium chelate fertilizer. Journal of Medicinal Plants 4(56): 23-34. (In Persian with English Summary)

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Ashrafi, V., and Talebi, M. 2012. Improve drought resistance in crops, the first national conference on sustainable agricultural development and a healthy environment. Hamedan, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. (In Persian)

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghobani, M., and Rezaii, M.B. 2002. The Influence of water stresses on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavour and Fragrance Journal 17: 275-277.

Basudehradum, B.D., Bisha, S., and Manhendrapol, S. 1989. Indian medicinal plants. Today and Tomarrow's Publication.

Bhagat, N.R. 1980. Studies on variation and association among seed yield and some component traits in *Plantago ovata* Forsk. Crop Improvement 7: 60-63.

Blumenta, M.A., Goldberg, A., and Brinkman, J. 2000. Herbal Medicine: Expanded Commission E Monographs. Integrative Media Communications Pub., London.

Forouzandeh, M., Mirshekari, S., and Shiri, Y. 2014. Effect of seeds inoculation by plant growth promoting bacteria on seedling growth of five wheat cultivars under greenhouse experiment. Indian Journal of Fundamental Applied Life Science 4(4): 2929-2935.

Ghasemi Siani, E., Fallah, S., and Tadayyon, A. 2011. Study on yield and seed quality of *Plantago ovata* Forssk. under different nitrogen treatments and deficit irrigation. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(3): 517-528. (In Persian with English Summary)

Gliessman, S.R. 2007. Field and Laboratory Investigations in Agroeclogy. CRC Press, Taylor and Francis Group.

Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K., and Singh, V. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. Journal of Microbial and Biochemical Technology 7: 96-102.

Han, H.S., Supanjani, D., and Lee, K.D. 2006. Effect of coin calculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52: 130-136.

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Nassiri Mahallati, M. 2007. The effect of irrigation intervals and manure on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Asian Journal of Plant Science 6(8): 1229-1234.

Krishna, A., Patil, C.R., Raghavendra, S.M., and Jakati, M.D. 2008. Effect of bio-fertilizers on seed germination and seedling quality of medicinal plants. Karnataka Journal of Agricultural and Science 21: 588-590.

Kundan, R., Pant, G., Jadon, N., and Agrawal, P.K. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria: Mechanism and current prospective. Journal of Fertilizers and Pesticides 6(2): 1-9.

Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Third edition. Berlin springer– Verlag.

Lebaschy, M.H., and Sharifi Ashoorabadi, A. 2004. Growth indices of some medicinal plant under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 20(3): 249-261. (In Persian with English Summary)

Lotfi, A., Vahabi Sedehi, A.A., Ganbari, A., and Heydari, M. 2009. The effect of deficit irrigation and manure on quantity and quality traits of *plantago ovata* Forssk. in Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic

Plants 24(4): 506-518. (In Persian with English Summary)

Mandal, K., Saravanan, R., and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew *(Peronospora plantaginis* L.) and seed yield of *Plantago ovata*. Crop Protection 27(6): 988-995.

Mousavi Nik, M. 2012. Effect of drought stress and sulphur fertilizer on quantity and quality yield of psyllium (*Plantago ovata* L.) in Baluchestan. Journal of Agroecology 4(2): 170-182. (In Persian with English Summary)

Naghdi Badi, H., Dastpak, A., and Ziai, S.A. 2004. A review of psyllium plant. Journal of Medicinal Plants 3(9): 1-14. (In Persian with English Summary)

Omidbaigi, R. 2005. Production and Processing of Medicinal Plants. Beh-Nashr Publication, Mashhad, Vol. 2, Pp: 438. (In Persian)

Patra, D.D., Anwar, M., Singh, S., Prasad, A., and Singh, D.V. 1999. Aromatic and medicinal plants for salt and moisture stress conditions. Recent advances in management of arid ecosystem. Proceeding of a Symposium Held in India, 26-28 March, 347-350.

Pouryousef, M., Chaichi, M.R., Mazaheri, D., Fakhretabataii, M., and Ashraf Jafari, A. 2007. Effect of different soil fertilizing system on seed and mucilage yield and seed P content of isabgol (*Plantago aovata* Forsk). Asian Journal of Plant Science 6(7): 1088-1092.

Rahimzade, S. 2009. Effect of bio-fertilizers on yield and quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) under field conditions. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran. (In Persian with English Summary)

Ramroudi, M., Galavi, M., Siahsar, B.A., and Allahdoo, M. 2011a. Effect of micronutrient and irrigation deficit on yield and yield components of isabgol (*Plantago ovata* Forssk.) using multivariate analysis. Journal of Food and Agricultural Environment 9: 247-251.

Ramroudi, M., Keykha Jaleh, M., Galavi, M., Seghatolesalmi, S.M.J., and Baradaran, R. 2011b. The effect of various micronutrient foliar applications and irrigation regimes on quantitative and qualitative yield of isabgol (*Plantago aovata* Forsk). Journal of Agroecology 3(2): 219-226. (In Persian with English Summary)

Samadi, M., and Sepehri, A. 2012. Effect of plant density and biofertilizers on yield and yield components of isabgol (*Plantago ovata*). In: Proceedings of the 12th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, 5-7 Sept. 2012. Islamic Azad University, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Sepehri, A. and Samadi, M. 2015. The effect of integrated chemical and biological fertilizers on growth indices and mucilage yield of isabgol (*plantago ovata* Forsek.) across different plant densities. Iranian Journal of Field Crop Research 13(3): 485-495. (In Persian with English Summary)

Sharma P.K., and Koul, A.K. 1986. Mucilage in seeds *Plantago ovata* and its wild allies. Journal of Ethnopharmachology 17: 289-295.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., Kuikkarni, R., SuShil Hasan, S., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S., and Rakesh, T. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in periwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 22(35): 356-358.

Yadav, R.D., Keshwa, G.L., and Yadav, S.S. 2002. Effect of integrated use of FYM, urea and Sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 25: 668-671.

Yousefpoor, Z., and Yadavi, A.R. 2014. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative yield of sunflower. Sustainable Agriculture and Production Science 24(1): 95-112. (In Persian with English Summary)

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Agronomy Advances 81: 97-168.

Zhenixi, I., Wang, P., and Zhang, T. 2008. Effects of types and application rates of nitrogen fertilizer on the development and nitrogen utilization of summer maize. Frontiers of Agriculture in China 1: 44-49.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1037-1048

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1048-1037

Effect of Application of Biofertilizers and Water Treatments on Yield, Yield Components and Swelling Index of Isabgol (*Plantago ovata* Forssk.)

M. Ramroudi[1]*, M. Bagheri[2] and M. Forouzandeh[3]

Submitted: 28-02-2018
Accepted: 04-07-2018

Ramroudi, M., Bagheri, M., and Forouzandeh, M. 2019. Effect of application of biofertilizers and water treatments on yield, yield components and swelling index of isabgol (*Plantago ovata* Forssk.). Journal of Agroecology. 11(3): 1037-1048.

Introduction

Isabgol belongs to the plantaginaceae family. It is known for its gentle laxative, cooling and diuretic properties. Some recent researches have shown that they may be effective in lowering cholesterol and controlling certain types of diabetes. Water is the limiting factor for biomass production in many countries around the world, particularly in arid and semi-arid areas. On the other hand, drought has been a serious problem in Iran in recent years. Drought stress reduces the biomass of many crops and medicinal plants as well as decrease of the concentration of nutrients in plants. Several scientists have shown that a plant under stress will produce secondary metabolites that may influence its medicinal properties. Water is one of the most important environmental factors that have a significant influence on the growth and active ingredient of medicinal plants. Water shortages cause serious damage in plant growth and development. During drought and salinity absorption will decrease due to the high concentration of salts in the root zone and increasing the osmotic potential of the soil nutrients. Therefore, a decrease in the soil moisture reduces rate and amount of nutrient absorption by plants. Organic fertilizers under drought stress mitigate impact of drought stress by increasing proline, soluble sugars and absorption of potassium and phosphorus and increase crop yield (Rahimzade, 2009). Bio-fertilizers are inputs containing microorganism which are capable of mobilizing nutritive elements from complex and non-usable form to simple and usable form through biological processes. Also, bio-fertilizers can be substituted and an ideal candidate for commercial fertilizers in sustainable agriculture. The present investigation aims to study the use of deficit irrigation and different bio-fertilizer treatments in an appropriate manner, to achieve the highest quantitative and qualitative yield of isabgol.

Materials and Methods

A field experiment was conducted based on split-plot in randomized complete blocks design with three replications at Darmian city, South Khorasan in 2014-2015 growth season. The main-plots were levels of drought stress including 40, 60, 80 of field capacity (FC) and sub-plots were different bio-fertilizers including nitroxin, phosphate barvar 2, combination (nitroxin + phosphate barvar 2) and control (spray with water). In this experiment traits measured including plant height, number of tiller per plant, number of spike per plant, number of seed per spike, thousand–seed weight, seed yield, turgid index, mucilage percentage and mucilage yield.

Results and Discussion

The results indicated that the number of tiller and spike per plant and thousand-seed weight were significant ($p \leq 0.01$) under drought stress and bio-fertilizer. The highest number of seeds per spike was obtained from 80% field capacity with nitroxin application and the lowest was obtained from 40% FC and non-application fertilizer. By increasing drought stress, the number of seeds per spike decreased. Interaction of drought stress and bio-fertilizer had significant effect on plant height, number of seed per spike, seed yield, swelling index and mucilage percentage. The highest 1000-seed weight was obtained from 80% FC, which did not have significant difference with 60% FC. The highest numbers of seed per spike and seed yield were obtained from 80% FC along with nitroxin application and the lowest of them were obtained from 40% FC and no fertilizer (control), which increased by 47.4 and 54.3 percent, respectively. The maximum mucilage percentage was achieved from

1, 2 and 3- Associated Professor, MSc student of Medicinal Plants and Instructor, Agricultural research institute, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mramroudi42@uoz.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.71316

80% FC along with phosphate barvar 2 application, although not significant across other fertilizer treatments.

Conclusions

In general, for achievement of maximum isabgol yield, inoculate seed with bio-fertilizer and providing plants water requirements would be appropriate.

Keywords: Drought stress, Mucilage, Nitroxin, Number of spike, Turgid index

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۰۶۷-۱۰۴۹

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1049-1067

برآورد عملکرد و شاخص‌های کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) در مناطق ساری و گنبد کاووس

ارسطو عباسیان[1*]، علی نخزری‌مقدم[2]، همت‌اله پیردشتی[3] و ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۱

عباسیان، ا.، نخزری‌مقدم، ع.، پیردشتی، ه.، و غلامعلی‌پور علمداری، ا. ۱۳۹۸. برآورد عملکرد و شاخص‌های کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum*L.) در مناطق ساری و گنبد کاووس. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۳): ۱۰۶۷-۱۰۴۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی کشت مخلوط سیر و نخود فرنگی آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در دو منطقه ساری و گنبد کاووس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط در نه سطح شامل کشت خالص سیر، کشت خالص نخود فرنگی، مخلوط جایگزینی ۲۵ : ۷۵، ۵۰ :۵۰، ۷۵ : ۲۵ درصد، مخلوط افزایشی ۲۵ + ۱۰۰، ۵۰ +۱۰۰، ۷۵ + ۱۰۰، ۱۰۰ + ۱۰۰ درصد نخودفرنگی و سیر در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که عملکرد محصول (سیر و نخود فرنگی) در اغلب تیمارهای آزمایشی واقع در شهرستان ساری (استان مازندران) نسبت به شهرستان گنبد کاووس (استان گلستان) برتری داشت. اغلب شاخص‌های کشت مخلوط تیمارهای افزایشی در مقایسه با تیمارهای جایگزینی واقع در هر دو استان از مزیت بالاتری برخوردار بود. حداکثر سودمندی کل (۰/۳۸) در شهرستان ساری و در تیمار جایگزینی ۲۵ درصد نخود فرنگی + ۷۵ درصد سیر مشاهده شد که نسبت به منطقه گنبد کاووس ۱۵ درصد افزایش نشان داد. در مجموع، عملکرد کل و اغلب شاخص‌های مورد ارزیابی مخلوط در تیمارهای افزایشی در مقایسه با تیمارهای جایگزینی در هردو منطقه از مزیت بالاتری برخودار بود. هر چند عملکرد و شاخص‌های ارزیابی مخلوط در منطقه ساری بیش‌تر از گنبد کاووس بود.

واژه‌های کلیدی: سودمندی، ضریب ازدحام نسبی، عملکرد واقعی، نسبت برابری زمین

مقدمه

امروزه در بوم‌نظام‌های کشاورزی، کشت مخلوط به‌عنوان ابزار مؤثر افزایش تولید در واحد سطح شناخته شده است. این سامانه به‌دلیل استفاده بهینه از منابع قابل دسترس سبب افزایش تولید بهبود شاخص‌های ارزیابی می‌گردد (Gou et al., 2017).بر اساس گزارش‌های موجود کشت مخلوط حبوبات با اغلب گیاهان زراعی به‌دلیل کارآمدی بهتر سبب بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و اغلب شاخص‌های مخلوط را در پی دارد (Lal et al., 2017; Namdari & Mahmoudi, 2012; Sing Rajesh et al., 2010). در همین راستا چاپاگین و رایزمن (Chapagain & Riseman, 2014) در مطالعه کشت مخلوط نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) با جو (*Hordum vulgare* L.) گزارش کردند که کارآیی زمین نسبت به تک‌کشتی حداکثر تا ۳۲ درصد افزایش یافت. هم‌چنین جو دارای بیش‌ترین زیست‌توده و درصد پروتئین در مقایسه با نظام تک‌کشتی بود.در تحقیقی در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)، بیش‌ترین شاخص نسبت برابری زمین در تیمار افزایشی ۱۰۰٪ ذرت + ۱۰۰٪ بادام زمینی (۱/۰۴) به‌دست

۱- دانشجوی سابق دکتری اکولوژی دانشگاه گنبد کاووس و استادیار علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲ و ۳- به‌ترتیب استادیاران دانشگاه گنبد کاووس و دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: arastoo 744@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.71547

آمد. در مطالعه کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) گزارش شد که عملکرد سوخ (۱۵۵۵ گرم در متر مربع) و نسبت برابری زمین (۱/۲۳) نسبت به کشت خالص سیر ۵۷ و ۲۳ درصد افزایش یافت (Noghani et al., 2013). در کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus L.*) و نخود نیز بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۷۷۵ کیلوگرم در هکتار) و نسبت برابری زمین (۱/۲۶) در تیمار جایگزینی ۵۰ درصد نخود و ۵۰ درصد کلزا مشاهده شد (Namdari & Mahmoudi, 2012). هم‌چنین بیش‌ترین افزایش یا کاهش عملکرد واقعی نسبت به عملکرد مورد انتظار کلزا (۶۳٪+) و نخود فرنگی (۱/۱٪–) به ترتیب در تیمار جایگزینی ۲۵٪ نخود + ۷۵٪ کلزا و ۷۵٪ نخود + ۲۵٪ کلزا به‌دست آمد. در کشت مخلوط نخود فرنگی و کلزا گزارش شد که مخلوط ۶۷ و ۵۰ درصد نخود فرنگی با ۳۳ و ۵۰ درصد کلزا عملکرد و نسبت برابری را نسبت به سایر سطوح کشت مخلوط افزایش داد (Baharloei & Fallah, 2015). در کشت مخلوط جو با بقولات با ترکیب ۷۵٪ نخود علوفه‌ای + ۲۵٪ جو با عملکرد (۴/۹ تن در هکتار)، نسبت برابری زمین (۱/۱۱) و ضریب ازدحام نسبی (۱/۵۵) بیش ترین مقدار را در بین سایر سطوح تیمارها به خود اختصاص داد (Lamai Hervani, 2013). در کشت مخلوط سیر و خیار (*Cucumis sativus* L.) در طی سه فصل رشد انجام عملکرد خیار در تمامی فصول در تیمار کشت مخلوط بیش تر از کشت خالص بود (Zhou et al., 2011). امّا بیش‌ترین تفاوت عملکرد خیار بین کشت خالص و مخلوط مربوط به فصل اول کاشت بود (به‌دلیل وفور نقش آنتی‌اکسیدانی آنزیم کاتالاز خاک به‌خاطر حضور باکتری‌ها و قارچ‌ها اثر سرمای اوایل رشد را بر خیار تسکین می‌دهد). جوانمرد رستمی و همکاران (Javanmard Rostami et al., 2016) در مطالعه کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) با نخود نتیجه گرفتندکه در تیمار جایگزینی کاهش یا افزایش واقعی عملکرد دارای مقدار مثبت (۰/۳۷) امّا در تیمار افزایشی دارای مقدار منفی بود (۱/۲۹). ضریب کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی کل در صورتی‌که مثبت باشد نشان دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به نظام تک‌کشتی و در صورت منفی نشان‌دهنده برتری نظام تک‌کشتی به کشت مخلوط است. در همان گزارش آمده است که حداکثر ضریب ازدحام نسبی (۲۹٪) در تیمار افزایشی کاشت ۱۰۰٪ گندم + ۱۰۰٪ نخود به‌دست آمد. در ارزیابی شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط غلات و ماشک (*Common vetch* L.) حداکثر عملکرد (۲۷/۴ تن در هکتار) در کشت مخلوط ۴۵٪ یولاف + ۵۵٪ ماشک و ضریب نسبی تراکم (۱/۲۴) در کشت مخلوط ۴۵٪ گندم + ۵۵٪ ماشک و درحالی که بیش ترین نسبت برابری زمین (۱/۱۳) در کشت مخلوط ۳۵٪ یولاف + ۶۵٪ ماشک مشاهده شد (Dhima et al., 2007). در کشت مخلوط جو و بادام زمینی جو رقیب قوی‌تر و از نسبت رقابت بالاتری برخودار بود (Awal et al., 2007). هرچند ارزیابی نسبت رقابت، میزان اضافه محصول را نشان نمی‌دهد. امّا مقادیر CR>۱، بر عدم سودمندی مخلوط و شدید بودن رقابت تأکید می‌کند امّا مقادیر کم‌تر از یک، ترکیب‌های سودمند در کشت مخلوط را معرفی می‌کند و بیانگر برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. با توجه به تأثیرپذیری مخلوط از شرایط بوم‌شناختی و جغرافیایی، هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی تغییرات عملکرد و شاخص‌های ارزیابی سیر و نخود فرنگی در دو منطقه ساری و گنبد کاووس در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در دو مزرعه پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس و ساری اجرا شد. قبل از کشت برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دو منطقه مشخص گردید (جدول ۱). خصوصیات اقلیمی دو منطقه از شروع سال زراعی و تا پایان برداشت محصول نیز از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی اخذ شد (جدول ۲).

آزمایش در هر دو منطقه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی ترکیب‌های مختلف کاشت مخلوط در نه سطح شامل کشت خالص سیر، کشت خالص نخود فرنگی، مخلوط جایگزینی ۲۵ : ۷۵، ۵۰ :۵۰، ۷۵ : ۲۵ درصد، مخلوط افزایشی ۲۵ + ۱۰۰، ۵۰ +۱۰۰، ۷۵ + ۱۰۰، ۱۰۰ + ۱۰۰ نخودفرنگی و سیر در نظر گرفته شدند. کاشت در شهرستان ساری ۲۳ آبان ماه و در دانشگاه گنبد کاووس هفتم آذر ماه ۱۳۹۲ صورت گرفت. ابعاد هر کرت آزمایشی ۶×۱/۸ مترمربع با شش ردیف کشت بود.

جدول ۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) در دو منطقه گنبدکاووس و ساری
Table 1- Physical and chemical analysis of the soil (0-30 cm) at Gonbad Kavoos and Sari regions

منطقه Region	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن کل Total N (%)	ماده آلی Organic matter (%)	پتاسیم قابل جذب Absorable K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب Absorable P ($mg.kg^{-1}$)	بافت Texture
گنبد کاووس Gonbad Kavoos	0.72	8.02	0.09	1.52	363	11	سیلتی رسی لومی Si-C-L
ساری Sari	1.013	7.66	0.18	3.15	140	11.6	سیلتی لومی Si-l

تراکم بوته‌ها در تیمار شاهد برای هر دو گیاه سیر و نخود فرنگی یکسان (۳۳ بوته در متر مربع) و با آرایش کاشت مستطیل ۳۰ × ۱۰ سانتی‌متر مربع با شش خط به‌طول شش متر بود که در مخلوط‌های افزایشی ۲۵٪ نخود فرنگی + ۱۰۰٪ سیر، ۵۰٪ نخود فرنگی + ۱۰۰٪ سیر، ۷۵٪ نخود فرنگی + ۱۰۰٪ سیر و ۱۰۰٪ نخود فرنگی + ۱۰۰٪ سیر به تیمار شاهد سیر به‌ترتیب ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰ و ۳۶۰ بوته نخود فرنگی در ۱۰/۸ مترمربع افزوده شد. در تمامی تیمارهای افزایشی تعداد خطوط کشت ثابت و شامل ۱۲ ردیف کشت بود. امّا بسته به نوع تیمارها، تعداد بوته‌های نخود فرنگی روی هر ردیف متغیر بود (به‌ترتیب ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته نخود فرنگی در هر ردیف از تیمارهای افزایشی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نخود فرنگی به کشت ۱۰۰٪ درصد سیر افزوده شد).

جدول ۲- ویژگی‌های آب‌وهوایی شهرستان گنبدکاووس و ساری در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲
Table 2- Weather charactristics in Gonbad Kavoos and Sari regions during growing seasons of 2013-2014

ماه‌های فصل رشد Months	درجه حرارت Temperature (℃)		ساعات آفتابی Sunny hours		نزولات Rainfall (mm)		رطوبت نسبی Relative humidity mean(%)		تبخیر و تعرق Evaporation (mm)	
	گنبد کاووس Gonbad Kavoos	ساری Sari	گنبد کاووس Gonbad Kavoos	ساری Sari	گنبد کاووس Gonbad Kavoos	ساری Sari	گنبد کاووس Gonbad Kavoos	ساری Sari	گنبد کاووس Gonbad Kavoos	ساری Sari
مهر October	23.03	21.75	214.05	176.7	44.3	223.8	61	78	112.9	98.9
آبان November	15.8	15.25	164.4	137.5	15.5	99	68	81	50.5	52.5
آذر December	10.85	11.05	124.3	136.6	70.8	85.6	73	80.25	28.8	31
دی January	7.2	7.75	163.9	162	6.5	6.5	71	77.75	23.7	26.7
بهمن February	6.5	6.85	168.1	149	25.7	36.8	74	78.25	25.9	28.6
اسفند March	10.75	10.35	123.8	113.2	46.8	27.9	76.5	78.25	43.3	53.4
فروردین April	10.8	14.45	227.8	213.2	55.4	50.5	72.5	76.5	77.3	89.2
اردیبهشت May	22.85	21.75	255.5	222.2	28.4	5.3	61.5	72	147.1	147
کل Total	107.8	109.2	1441.6	1310.4	293.4	535.45	557.5	622	509.5	527.3
میانگین Mean	13.46	13.65	180.2	163.8	36.68	66.93	69.69	77.75	63.69	65.91

ارزیابی شاخص‌های نسبت برابری زمین (Mead & Willey, 1980)، ضریب ازدحام نسبی (Willey & Rao, 1980)، افزایش یا کاهش واقعی عملکرد (Banik et al., 2006)، عملکرد معادل گیاه (Banik et al., 2006)، سودمندی (Vandermeer, 1990)، غالبیت (Chetty & Reddy, 1987) و نسبت رقابت (Willey & Rao, 1980) با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۸ محاسبه شد (جدول ۳).

جهت ارزیابی عملکرد از محصول هر دو گیاه (در سیر سوخ و در نخود فرنگی غلاف) به مساحت یک متر مربع محصول برداشت، با ترازوی دیجیتال و با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. قبل از تجزیه آماری داده‌ها جهت یکنواختی واریانس‌ها آزمون F_{max} هارتلی انجام شد. بدین‌صورت‌که ms خطای دو محیط بر یکدیگر تقسیم (ms خطای بزرگ‌تر تقسیم بر ms خطای کوچک‌تر) و با F_t مقایسه و با توجه به معنی‌دار نبودن یکنواختی واریانس‌ها، داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه مرکب قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD حفاظت شده) و جهت رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده شد.

جدول ۳- معادله‌های مورد استفاده در ارزیابی کشت مخلوط

Table 3- Equations used to evaluate the intercropping

معادله [۱]: نسبت برابری زمین	$LER = (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb)$
معادله [۲]: ضریب ازدحام نسبی (ضریب ازدحام نسبی سیر × ضریب ازدحام نسبی نخود فرنگی)	$K = Ka \times Kb$
معادله [۳]: افزایش یا کاهش عملکرد محصول (کاهش یا افزایش عملکرد سیر+ کاهش یا افزایش عملکرد نخود فرنگی)	$Ka = (Yab \times Zba)/(Yaa - Yab)(Zab)$ $Kb = (Yba \times Zab)/(Ybb - Yba)(Zba)$ $AYL = AYLa + AYLb$ $AYLa = ((Yab/zab)/(Yaa/Zaa))-1$
	$AYLb = ((Yba/Zba)/(Ybb/Zbb))$
معادله [۴]: عملکرد معادل گیاه سیر	$EYb = Yab \times (Pa/Pb)$
معادله [۵]: سودمندی مخلوط (سودمندی سیر + سودمندی نخود فرنگی)	$IA = IAa + IAb$
معادله [۶]: شاخص غالبیت	$IAa = AYLa \times Pa$
معادله [۷]: نسبت رقابت (نسبت رقابت سیر)	$Aa = (Yab/Yaa \times Zab) - (Yba/Ybb \times Zba)$
معادله [۸]: نسبت رقابت نخود فرنگی	$CRa = (LERa/LERb) \times (Zba/Zab)$ $CRb = (LERb/LERa) \times (Zab/Zba)$

Zab: نسبت گیاه a در کشت مخلوط Zba: نسبت گیاهb در کشت مخلوط Zaa: نسبت گیاه a در کشت خالص

Zbb: نسبت گیاهb در کشت خالص Pa: قیمت محصول گیاه a Yab : عملکرد گیاه a در کشت مخلوط Yaa: عملکرد گیاه a در کشت خالص

Yba: عملکرد گیاه b در کشت مخلوط Ybb: عملکرد گیاه b در کشت خالص Pb: قیمت محصول گیاه b

نتایج و بحث

عملکرد سوخ تحت تأثیر عوامل مکان، آرایش کاشت و اثر متقابل آرایش کاشت × مکان قرار گرفت (جدول ۳). عملکرد سیر در تیمار شاهد و در منطقه ساری (۹۸۰۰ کیلوگرم در هکتار)در مقایسه با گنبد کاووس حدود ۱۴ درصد افزایش نشان داد. در تیمارهای افزایشی هر دو منطقه عملکرد سوخ در مقایسه با تیمارهای جایگزینی از مزیت بالاتری برخودار بود (شکل ۱). با توجه به جداول اقلیمی و آنالیز خاک (جدول‌های ۱ و ۲)، خصوصیات آب و هوایی همراه با ویژگی‌های خاک عملکرد کشت مخلوط را تحت تأثیر قرار داد. با مطالعه کشت چند ساله ذرت در مناطق مختلف نتیجه‌گیری شد که اعمال مدیریت-های مختلف زراعی از طریق اختلاط با متغیرهای اقلیمی می‌تواند اثر تشدیدکننده و یا کندکننده بر عملکرد و متغیرهای وابسته به آن داشته باشد (Saseendran et al., 2015). در کشت مخلوط ذرت و سویا [*Glycine max* (L.) Merr.] بیش‌ترین عملکرد و شاخص برداشت در تیمار افزایشی کاشت ۵۰٪ ذرت + ۱۰۰٪ سویا به‌دست آمد که به‌خاطر تثبت نیتروژن و سایه‌اندازی سویا جهت مهار علف‌های هرز،

نیچ‌های متفاوت و رقابت خفیف بین گونه‌ای ذکر شده است Piri et al., 2017). در ترکیب کشت مخلوط ۲۵٪ آفتابگردان + ۷۵٪ گوار عملکرد زیست‌توده آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با میانگین ۱۰۲۹۷/۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد (Momen Keykha et al., 2017).

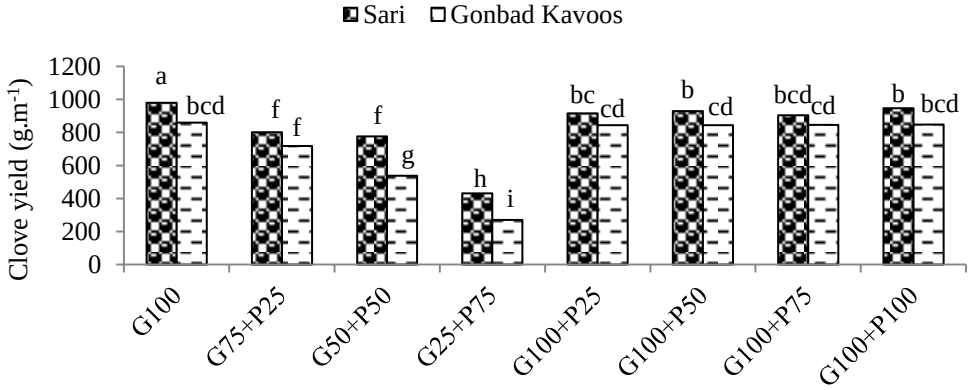
جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزاء عملکرد سیر و نخود فرنگی در کشت مخلوط

Table 4- Analysis of variance for yield and yield components of garlic and peas in intercropping

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد سوخ Garlic yield	وزن کل غلاف Total pod weight	عملکرد دانه Seed yield
مکان(A) place	1	2347794.96**	47230260**	24949*
خطا Error (a)	4	3677067	222411	254
آرایش کاشت (B) Intercropping	7	911664.82**	3871639**	3744828**
اثر متقابل آرایش کاشت در مکان (A×B)	7	21637.29**	1602039**	24213*
خطا Error	28	3510.93	152042	11604
ضریب تغییرات C.V		8.02	25.88	17.78

*، **و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و بدون تفاوت معنی‌دار.

*, ** and ns: significant at probability levels of 5 and 1 percent and non- significant, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل مکان و آرایش کاشت بر عملکرد سوخ سیر در کشت مخلوط با نخود فرنگی

G100: کاشت خالص سیر، G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۱۰۰درصد نخودفرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

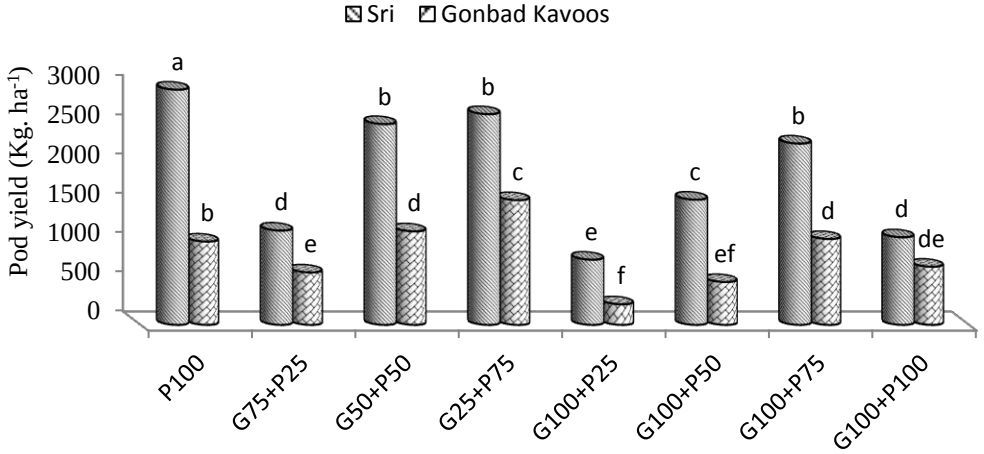
Fig. 1- The interaction between location and planting pattern on garlic yield intercropped with pea

G100: 100% garlic, G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.

عملکرد غلاف نخود فرنگی تحت تأثیر برهم‌کنش مکان و آرایش کاشت قرار گرفت. عملکرد نخود فرنگی با میانگین ۲۹۸۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد و در شهرستان ساری نسبت به تیمار شاهد در منطقه گنبد کاووس حدود ۲/۸ برابر افزایش نشان داد. درحالی‌که

عملکرد تیمارهای جایگزینی و تیمار افزایشی کاشت ۱۰۰ ٪ سیر+ ۱۰۰٪ نخود فرنگی در منطقه ساری به‌طور میانگین نسبت به منطقه گنبد کاووس به‌ترتیب ۸۷ و ۵۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲). نخود فرنگی در گروه گیاهان بهاره و پاییزه قرار داشته بنابراین تحمل زیادی در مقابل سرمای زیاد زمستان ندارد. با توجه به جدول آب‌وهوایی دو منطقه (جدول ۲) افت دما خصوصاً در فروردین ماه سبب تفاوت قابل توجه عملکرد محسوب می‌گردد. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) افزایش عملکرد مخلوط به پوشش مناسب کانوپی و افزایش بهینه از منابع محیطی ارتباط داشت (Eskandari & Alizadeh Amraie, 2016). چاپاگین و رایزمن (Chapagain & Riseman, 2014) در مطالعه کشت مخلوط نخود فرنگی با جو گزارش کردند عملکرد هر دو گیاه در کشت مخلوط در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت و جو در مخلوط سبب تعدیل سرما برای نخود فرنگی شد.



شکل ۲- اثر متقابل آرایش کاشت و مکان بر عملکرد غلاف نخود فرنگی در کشت مخلوط با سیر

G100: کاشت خالص سیر، G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۱۰۰درصد نخودفرنگی

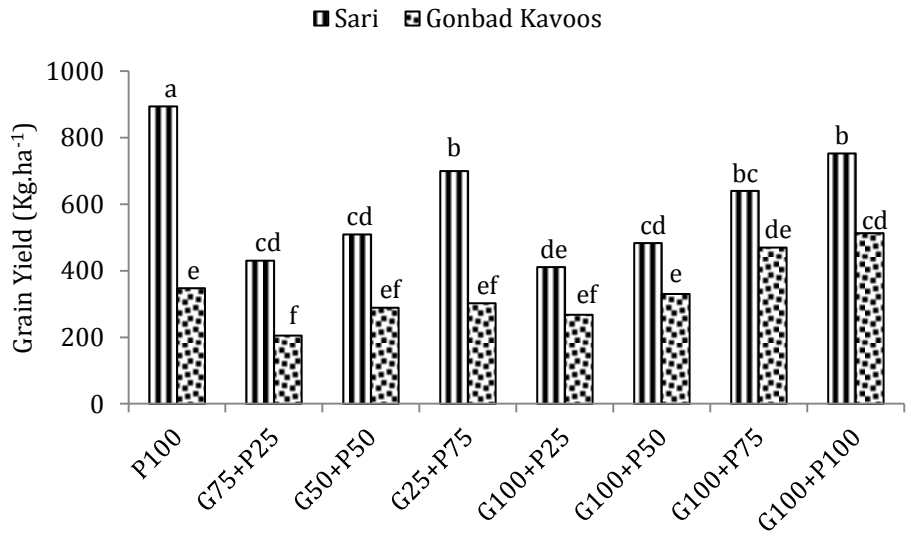
*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 2- The interaction between location and planting pattern on pod yield of peas intercropped with garlic

P100: 100% peas, G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.

در برهم‌کنش مکان و آرایش کاشت بیش‌ترین عملکرد دانه نخود فرنگی در شهرستان ساری و در کشت خالص نخود فرنگی با میانگین ۸۹۴/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. این میزان عملکرد در همین تیمار در شهرستان گنبد کاووس به ۳۴۸/۳ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. بیش‌ترین عملکرد دانه در شهرستان گنبد کاووس در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی خصوصاً در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ نخود فرنگی + ۱۰۰٪ سیر به‌دست آمد (شکل ۳). با توجه به میانگین دمای محیط شهرستان گنبد کاووس در فروردین ماه (جدول ۲) که زمان تشکیل غلاف و دانه‌بندی بود از دمای شهرستان ساری حدود چهار درجه سانتی‌گراد کم‌تر بود، به همین دلیل سرما عملکرد دانه را در تیمار شاهد کاهش داد، ولی در تیمارهای افزایشی ظاهراً گیاه سیر حافظ و پرستار نخود فرنگی در مقابل سرما بوده و مانع کاهش شدید عملکرد شد. نقش حفاظتی یک گیاه در مخلوط در گزارش‌های پیشین نیز آمده است (برای نمونه در کشت مخلوط جو و نخود (Poggio, 2005) گیاه جو موجب محافظت یونجه در مقابل سرما شد).



شکل ۳- اثر متقابل آرایش کاشت و مکان بر عملکرد دانه نخود فرنگی با سیر

G100: کاشت خالص سیر، G75 +P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۱۰۰درصد نخودفرنگی

میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 3- The interaction between location and planting patterns on seed yield of peas intercropped with garlic

P100: 100% peas, G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at $p<0.05$.

شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط تحت تأثیر سطوح مختلف تیمارها و اثرات متقابل آن قرار گرفت (جدول ۵). نسبت برابری زمین تحت تأثیر متقابل سطوح مختلف مکان و آرایش کاشت قرار گرفت. بیش‌ترین LER کل در منطقه گنبد کاووس با میانگین ۱/۱۸ به تیمار افزایشی کاشت ۱۰۰ درصد سیر+ ۱۰۰ درصد نخود فرنگی تعلق گرفت که نسبت به منطقه ساری ۱۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). در برخی از تحقیقات اشاره شده است که شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی مناسب و نورگیری بیش‌تر در کشت مخلوط به‌دلیل تراکم مطلوب‌تر عامل مهمی در افزایش نسبت برابری زمین است. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نیز گویای همین مطلب بوده و با یافته‌های محققان تطابق دارد (Dhima et al., 2007; Ullah et al., 2007). ضریب نسبی تراکم سیر و نخود فرنگی هر دو تحت تأثیر سطوح متقابل مکان و آرایش کاشت قرار گرفت. بیش ترین ضریب نسبی تراکم سیر در تیمار افزایشی ۵۰ درصد نخود فرنگی + ۱۰۰ درصد سیر (۲/۵۹) و نخود فرنگی در تیمار افزایشی ۱۰۰ درصد نخود فرنگی + ۱۰۰ درصد سیر (۲/۸) هر دو در منطقه گنبد کاووس به‌دست آمد (جدول ۶). با توجه به جدول ۶ چنین استنباط می‌شود که در مجموع تیمارهای افزایشی این دو گیاه در مقایسه با تیمارهای جایگزینی نقش مؤثرتری بر بهبود عملکرد دارند و این تأثیر مثبت در شهرستان گنبد کاووس به‌خاطر نقش حفاظتی سیر برای نخود فرنگی مشهودتر است.

نامداری و محمودی (Namdari & Mahmoudi, 2012) در کشت مخلوط نخود و کلزا گزارش کردند که بالاترین ضریب نسبی تراکم (۲/۲۵) در کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد نخود + ۵۰ درصد کلزا به‌دست آمد.

کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی کل تحت اثر متقابل آرایش کاشت با مکان قرار گرفت. در برهم‌کنش سطوح مختلف آرایش کاشت و مکان بیش‌ترین ضریب سودمندی عملکرد واقعی کل به

تیمار جایگزینی ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی و در منطقه ساری تعلق گرفت (+۰/۳۸). این ضریب در تمامی تیمارهای جایگزینی واقع در منطقه ساری دارای ضریب مثبت و در اغلب تیمارهای افزایشی دارای ضریف منفی بود، در حالی‌که در تمامی تیمارهای افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط واقع در شهرستان گنبد کاووس این شاخص دارای ضریب مثبت بود (شکل ۴). جوانمرد و همکاران (Javanmard Rostami et al., 2016) در مطالعه کشت مخلوط گندم و نخود گزارش کردند که کم ترین ضریب افت عملکرد (۱/۲۹-) در تیمار افزایشی ۱۰۰٪ نخود + ۱۰۰٪ گندم مشاهده شد.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های مورد ارزیابی در کشت مخلوط سیر و نخود فرنگی

Table 5- Analysis of variance for measuredindices of garlic and andintercropped peas

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری جزئی سیر LER_{Garlic}	نسبت برابری جزئی نخود فرنگی LER_{peas}	نسبت برابری کل LER	ضریب ازدحام نسبی سیر K_{Garlic}	ضریب ازدحام نسبی نخود فرنگی K_Peas	ضریب نسبی تراکم کل $K=K_G\times K_P$	کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی AYL_{total}
مکان (A) place (A)	1	0.01 ns	0.006 ns	0.03 ns	0.078 ns	0.03 ns	0.097 ns	28.03 ns
خطا Error (a)	4	0.002	0.011	0.01	0.081	0.02	0.16	1.81
آرایش کاشت (B) Intercropping (B)	6	0.54**	0.81**	0.63**	9.3**	0.041 ns	0.05 ns	62.3**
A×B	6	0.008**	0.027*	0.031**	1.06**	0.03 ns	0.06 ns	390**
خطا Error	24	2	0.01	0.014	0.084	0.023	0.07	12.15
ضریب تغییرات CV (%)		7.43	16.99	9.13	22.33	21.06	24.82	18.14

*، **و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و بدون تفاوت معنی‌دار.

*, ** and ns: significant at probability levels of 5 and 1 percent and non- significant, respectively.

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های مورد ارزیابی در کشت مخلوط سیر و نخود فرنگی

Continue the Table 5- Analysis of variance for measuredindices of garlic and peas in intercropping

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد معادل سیر EY_{Garlic}	غالبیت برای سیر A_{Garlic}	نسبت رقابت جزئی سیر CR_{Garlic}	نسبت رقابت جزئی نخود فرنگی CR_{Peas}	سودمندی سیر IA_{Grlic}	سودمندی نخودفرنگی IA_{Peas}	سودمندی مخلوط IA
مکان (A) place (A)	1	131800184**	0.008 ns	0.117 ns	0.007 ns	11941 ns	2435 ns	19476 ns
خطا Error (a)	4	91427	0.004	0.38	0.12	28445	672.6	24278
آرایش کاشت (B) Intercropping (B)	6	48394308**	0.86**	1.4*	0.62**	9506723**	230932**	1486089**
A×B	6	10588636*	0.01 ns	0.29 ns	0.09 ns	19117 ns	2251 ns	19393 ns
خطا Error	24	181603	0.004	0.4	0.054	13.89	11.67	8.73
ضریب تغییرات CV (%)		9.1	14.16	17.91	18.3	23.9	20.41	29

*، **و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و بدون تفاوت معنی‌دار.

*, ** and ns: significant at probability levels of 5 and 1 percent and non- significant, respectively.

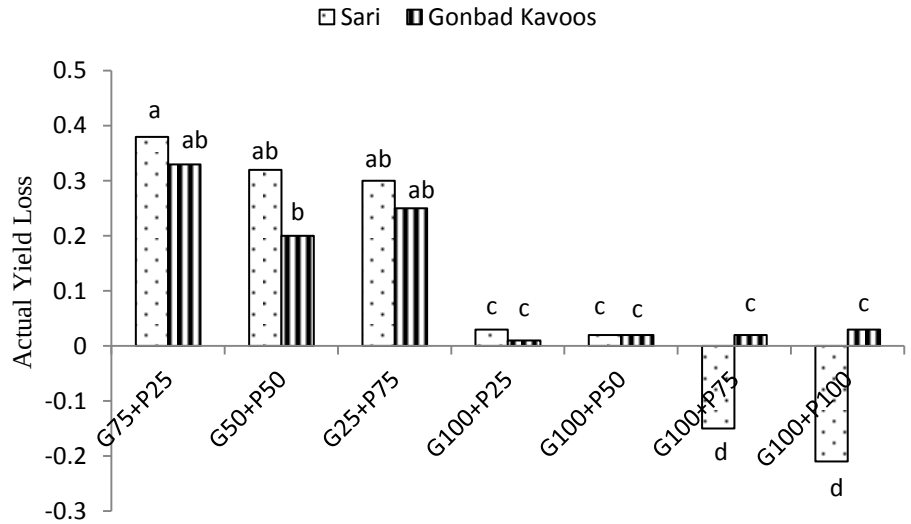
جدول ٦- اثر متقابل مکان با آرایش کاشت بر مقایسه نسبت برابری زمین (LER) و ضریب نسبی تراکم (RCC) درکشت مخلوط سیر با نخود فرنگی

Table 6- The interaction between location and planting patterns of the LER and RCC of density in garlic with intercropped peas

تیمار Teratments		نسبت برابری زمین LER			ضریب ازدحام نسبی تراکم RCC		
مکان Regian	آرایش کاشت Planting arrangements	سیر Garlic	نخود فرنگی Pea	کل Total	سیر Garlic	نخود فرنگی Pea	کل Total
ساری Sari	$G_{75}P_{25}$	0.69	0.47	1.16	0.86	0.06	0.05
	$G_{50}P_{50}$	0.45	0.75	1.24	0.29	1.1	0.32
	$G_{25}P_{75}$	0.41	0.89	1.35	0.07	0.61	0.043
	$G_{100}P_{25}$	0.87	0.32	1.19	2.5	0.11	0.028
	$G_{100}P_{50}$	0.89	0.62	1.31	2.1	0.61	1.28
	$G_{100}P_{75}$	0.76	0.5	1.26	2	1.16	2.32
	$G_{100}P1_{00}$	0.9	0.43	1.33	1.49	2.06	3.1
گنبد کاووس Gonbad Kvoos	$G_{75}P_{25}$	0.63	0.26	0.89	0.65	0.08	0.05
	$G_{50}P_{50}$	0.22	0.46	0.68	0.37	0.06	0.02
	$G_{25}P_{75}$	0.19	0.62	0.81	0.13	0.93	0.12
	$G_{100}P_{25}$	0.81	0.1	1.01	1.72	0.12	0.21
	$G_{100}P_{50}$	0.81	0.21	1.02	2.59	0.28	0.73
	$G_{100}P_{75}$	0.75	0.43	1.18	2.31	1.02	2.36
	$G_{100}P1_{00}$	0.81	0.29	1.1	2.04	2.8	5.71
	LSD	0.06	0.12	0.13	0.72	1.4	3.76

* در هرستون میانگین‌هایی که تفاوت کم‌تر از LSD دارند از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

* In each column, means that differ from LSD, are not significant different according at $P<0.05$.



شکل ٤- برهم‌کنش سطوح مختلف آرایش کاشت و مکان بر کاهش یا سودمندی واقعی کل مخلوط (AYL)

G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۱۰۰درصد نخود فرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 4- The interaction between location and planting pattern onactual yield loss

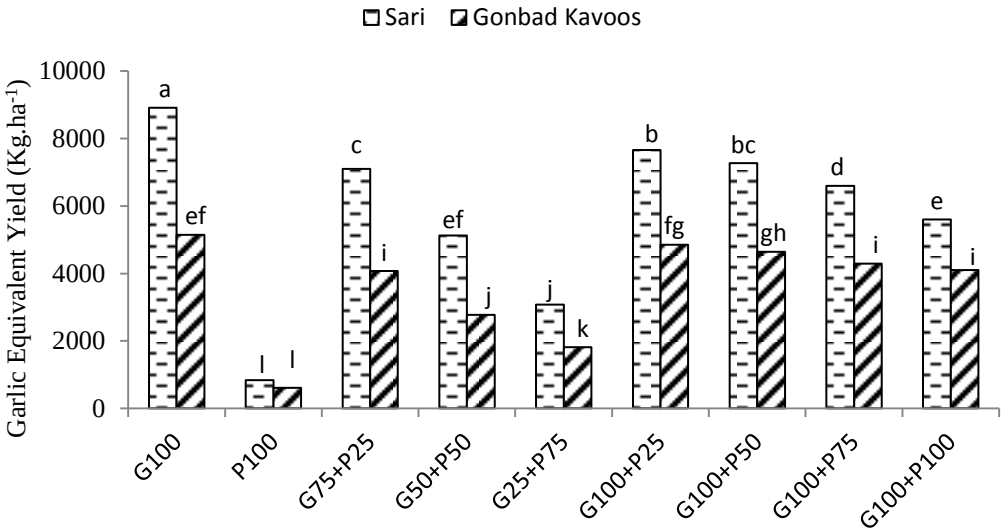
G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas)

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.

تراکم بالا و سایه‌اندازی نخود بر روی گندم و رقابت بین‌گونه‌ای از دلایل افت عملکرد است. در بررسی کشت مخلوط ماشک با غلات بیش‌ترین ضریب سودمندی عملکرد واقعی (+۰/۱۳۴) در کشت مخلوط ۶۵٪ ماشک + ۳۵٪ درصد و کم ترین آن (−۰/۲۶۴) در کشت مخلوط ۶۵٪ ماشک + ۳۵٪ گندم مشاهده شد (Dhima et al., 2007).

برهم کنش سطوح مختلف مکان و آرایش کاشت بر عملکرد کل سیر (عملکرد معادل گیاه) تأثیر گذاشت. بیش‌ترین عملکرد معادل سیر در تیمار کشت خالص سیر در منطقه ساری مشاهده شد که نسبت به منطقه گنبد کاووس در همین تیمار حدود ۷۶ درصد افزایش نشان داد (شکل ۵). عمده کاهش عملکرد معادل نخود فرنگی در تیمار کشت خالص در مقایسه با سیر به خاطر اختلاف قیمت واحد این محصول می باشد. در ارزیابی شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط ذرت و کلزا گزارش کردند عملکرد معادل ذرت در کشت مخلوط با کلزا کاهش معنی‌داری داشت (Namdari & Mahmoudi, 2012). آن‌ها دلیل اصلی کاهش عملکرد معادل ذرت رابه اختلاف قیمت این دو گیاه ربط دادند. در بررسی سنجابی و همکاران (Sanjabi et al., 2011) بیش‌ترین عملکرد کل سورگوم (عملکرد معادل) در تیمار افزایشی ۱۰۰٪ سورگوم + ۴۵٪ لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد.

شاخص غالبیت موفقیت نسبی دوگونه گیاهی در بهره برداری از منابع را تعیین می نماید و معیاری در ارزیابی تداخل بین چند گونه گیاهی به شمار می‌رود. مقدار این ضریب در هیچ نسبت تیماری برابر یک نیست. علت این امر از عدم برابری رقابت درون‌گونه‌ای و برون-گونه‌ای ناشی می‌شود (Radosevich et al., 2007). شاخص غالبیت تحت تأثیر سطوح مختلف آرایش کاشت قرار گرفت. بیش ترین شاخص غالبیت (۰/۸۱) برای سیر در تیمار افزایشی کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی به‌دست آمد (شکل ۶). برخی محققان نیز گزارش کردندکه گندم درکشت مخلوط با نخود از ضریب تهاجم بالاتری برخوردار بود (Banik et al., 200; Li et al., 2002).



شکل ۵- برهم‌کنش سطوح مختلف آرایش کاشت و مکان بر عملکرد معادل گیاه سیر (EY)

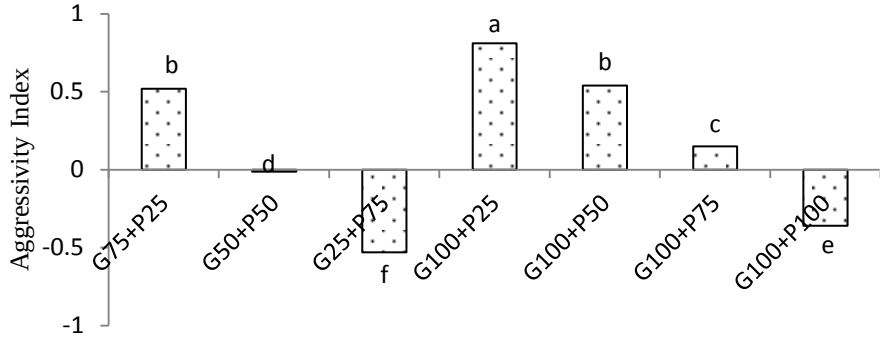
G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۱۰۰درصد نخود فرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 5- The interaction between location and planting pattern ongarlic- equivalent yield

G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas,G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.



شکل ٦- اثر سطوح مختلف آرایش کاشت بر شاخص غالبیت سیر (A) در کشت مخلوط با نخودفرنگی

G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵ درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۱۰۰درصد نخود فرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 6- The interaction between location and planting pattern on garlic aggressivity index intercropped with peas

G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

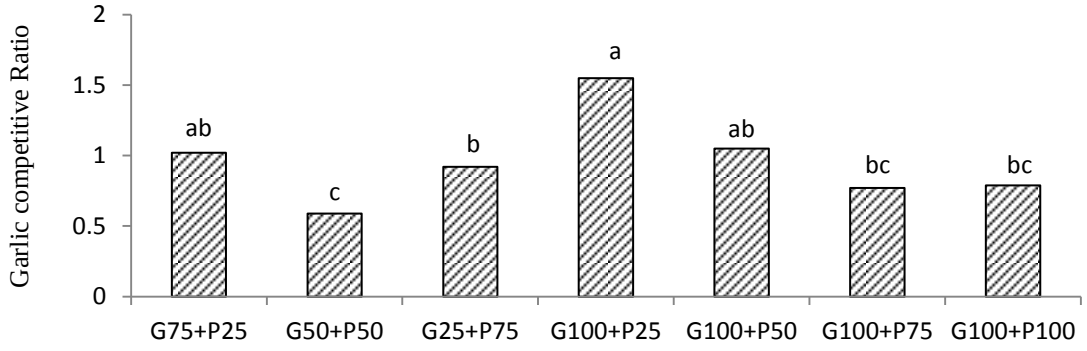
*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at $p<0.05$.

نسبت رقابتی جزئی سیر (CRa) تحت تأثر سطوح مختلف آرایش کاشت قرار گرفت. هر چند ارزیابی نسبت رقابت، میزان اضافه محصول را نشان نمی‌دهد امّا مقادیر CR> ۱، بر عدم سودمندی مخلوط و شدید بودن رقابت تأکید می‌کند، امّا مقادیر کم تر از یک، ترکیب‌های سودمند در کشت مخلوط را معرفی می‌کند و بیانگر برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (بلند نظر و همکاران، ۱۳۹۰). بیش‌ترین نسبت رقابت جزئی سیر (۱/۵۵) در تیمار افزایشی کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی به‌دست آمد (شکل ۷). در کشت مخلوط دو گیاه یکی از عوامل مؤثر در غالبیت تراکم گیاهان نسبت به یکدیگر می‌باشد. با توجه به توان رقابتی گیاه سیر در تراکم بالا این نتیجه‌گیری قابل تفسیر است. گزارش‌های فراوانی وجود دارد که نسبت رقابت گیاهان در کشت مخلوط تحت تأثیر تراکم قرار می‌گیرد. نتایج این تحقیق با نتایج بسیاری از پژوهشگران مطابقت دارد (Hu et al., 2016; liu et al., 2014).

حداکثر نسبت رقابت جزئی نخود فرنگی با میانگین ۱/۷۱ درصد در تیمار جایگزینی کاشت ۲۵ درصد سیر+ ۷۵ درصد نخود فرنگی مشاهده شد (شکل ۸). حضور نخود فرنگی در این تراکم باعث افزایش شاخص رقابت شده است. دلیل برتری نخود فرنگی در کشت مخلوط با سیر را می‌توان به دو عامل سیستم ریشه‌ای قوی و سطح برگ بیش‌تر نسبت داد (Sauck & Ackarmann, 2006). احمدی و همکاران (Ahmmadi et al., 2011) در بررسی کشت مخلوط جو و ماشک به نتایج مشابهی دست یافتند. هم چنین محققان دیگری به بررسی نسبت رقابت گیاهان درکشت مخلوط پرداخته و تأثیر آرایش کاشت بر نسبت رقابت گزارش کردند (Dhima et al., 2007; Fan et al., 2016).

تلفات نور درکشت مخلوط به‌علت پوشش مناسب سطح خاک، اختلاف ارتفاع گیاهان و مواج بودن سطح کانوپی در مقایسه با سیستم تک‌کشتی به حداقل می‌رسد (Ahmadi et al., 2010). بر این اساس کشت مخلوط گونه‌های مختلف گیاهی، باتوجه به نوع آرایش برگ‌ها سبب افزایش جذب نور و درنهایت افزایش عملکرد می‌گردد (Zhang et al., 2008).

شاخص سودمندی نشان دهنده دریافت نور توسط کانوپی گیاهی بوده و در هفت کشت مخلوط به دلیل اختلاف ارتفاع و مواج بودن سطح کانوپی، پوشش خاک مناسب و هدررفت نور کم‌تر است. شاخص سودمندی جزئی سیر تحت تأثیر سطوح مختلف آرایش کاشت قرار گرفت. بیش ترین سودمندی جزئی سیر به تیمار جایگزینی کاشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی تعلق گرفت. کلیه تیمارهای جایگزینی در برآورد این شاخص دارای ضریب مثبت و تمامی تیمارهای افزایشی دارای ضریب منفی بودند (شکل ۹).



شکل ۷- اثر سطوح مختلف آرایش کاشت بر شاخص نسبت رقابت سیر (CR) در کشت مخلوط با نخودفرنگی

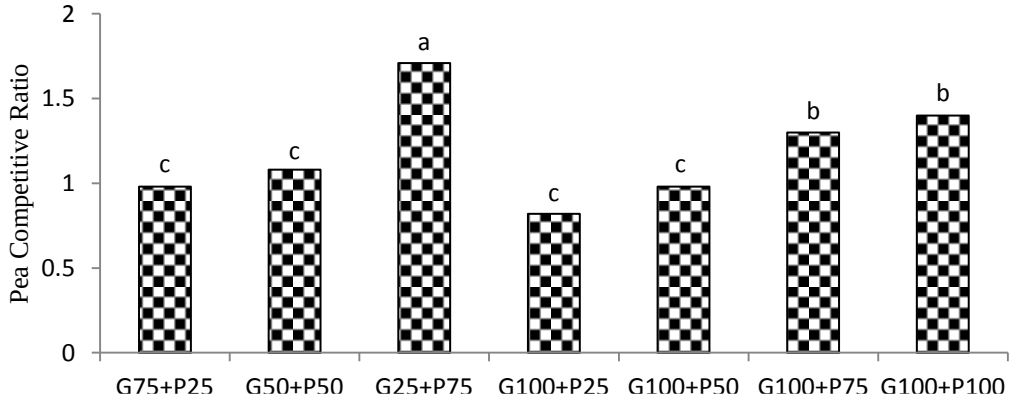
G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵ درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۱۰۰ درصد نخود فرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 7- The interaction between location and planting pattern on garlic competitive ratio intercropped with pea

G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.



شکل ۸- اثر سطوح مختلف آرایش کاشت بر شاخص نسبت رقابت نخود فرنگی (CR) در کشت مخلوط با سیر

G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵ درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۱۰۰درصد نخود فرنگی

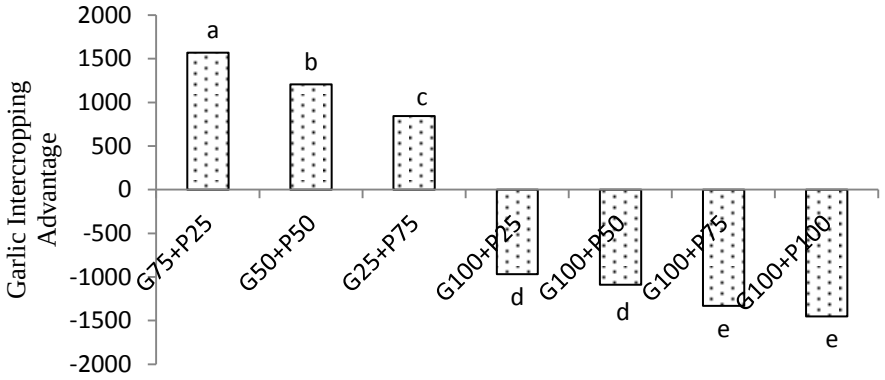
*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 8- The interaction between location and planting pattern on pea competitive ratio intercropped with garlic

G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.

عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2010) در مطالعه کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris*L.)، وانگ وهمکاران (Wang et al., 2017) در مطالعه کشت مخلوط گندم و ذرت، دهیما و همکاران (Dhima et al., 2007) در مطالعه کشت مخلوط ماشک با غلات به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۹- اثر سطوح مختلف آرایش کاشت بر سودمندی جزئی سیر (IAg) در کشت مخلوط با نخود فرنگی

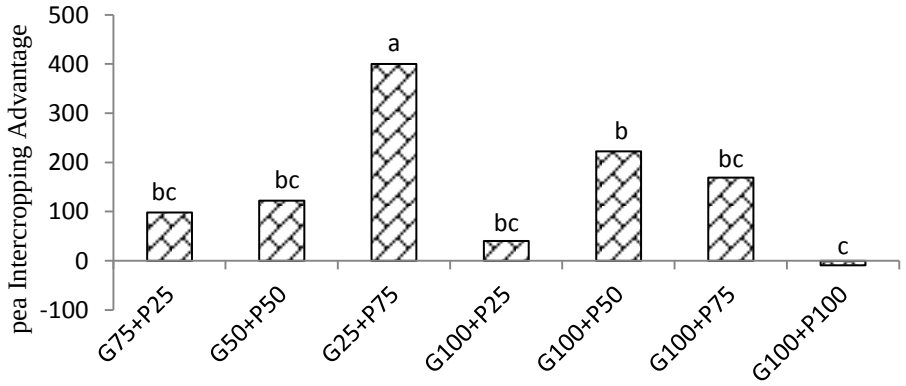
G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵ درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۱۰۰ درصد نخود فرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 9- The interaction between location and planting pattern on garlic intercropping advantage with peas

G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.



شکل ۱۰- اثر سطوح مختلف آرایش کاشت بر سودمندی جزئی نخود فرنگی (IAp) در کشت مخلوط با سیر

G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵ درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۱۰۰ درصد نخود فرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

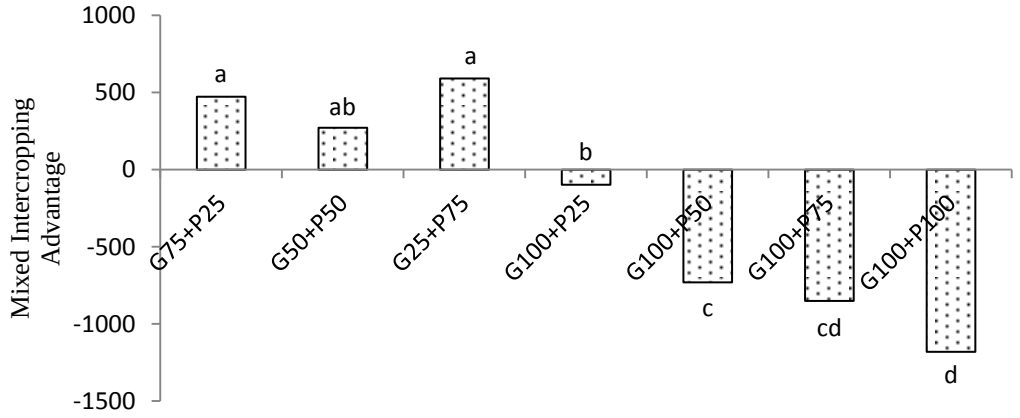
Fig. 10- The interaction between location and planting pattern on pea intercropping advantage intercropped with garlic

G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at p<0.05.

آن‌ها دلیل افزایش این شاخص به جذب بیش‌تر نور توسط کانوپی کشت مخلوط در مقایسه با سیستم تک کشتی نسبت دادند. بیش ترین شاخص سودمندی نخود فرنگی در سطوح مختلف آرایش کاشت با میانگین ۴۰۰ به تیمار جایگزینی ۷۵ درصد نخود فرنگی+ ۲۵ درصد سیر تعلق گرفت. شاخص سودمندی جزئی نخود فرنگی در کلیه تیمارهای جایگزینی و تمامی تیمارهای افزایشی به جز تیمار کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۱۰۰ درصد نخود فرنگی مثبت شد (شکل ۱۰). لیو و همکاران (Liu et al., 2014) در کشت مخلوط سیر و گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculantum* L.)، وان و همکاران (Wang et al., 2017) در کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با سویا (*Glycin max* L. Merril) به نتایج مشابهی دست یافتند.

بیش ترین سودمندی مخلوط در سطوح مختلف آرایش کاشت به تیمار جایگزینی کاشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی تعلق گرفت. ضریب سودمندی مخلوط در کلیه تیمارهای جایگزینی مثبت و در تمامی تیمارهای افزایشی منفی شد (شکل ۱۱). سودمندی از جمله پارامترهایی است که تحت تأثیر کشت مخلوط قرار می‌گیرد. احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2010) اشاره به افزایش سودمندی در تیمار های افزایشی کشت مخلوط جو و ماشک گل خوشه‌ای داشتند. بانیک و همکاران (Banic et al., 2006) در مطالعه کشت مخلوط نخود و گندم و خاتمی‌پور و همکاران (Khatamipour et al., 2014) در مطالعه کشت مخلوط ارزن و ماش به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۱۱- اثر سطوح مختلف آرایش کاشت بر سودمندی مخلوط سیر و نخود فرنگی

G75+ P25: کشت ۷۵ درصد سیر + ۲۵ درصد نخودفرنگی، G50+P50: کاشت ۵۰ درصد سیر +۵۰ درصد نخود فرنگی، G25+P75: کاشت ۲۵ درصد سیر + ۷۵ درصد نخود فرنگی، G100+P25: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۲۵ درصد نخود فرنگی، G100+P50: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۵۰ درصد نخودفرنگی، G100+P75: کاشت ۱۰۰درصد سیر + ۷۵ درصد نخودفرنگی، G100+P100: کاشت ۱۰۰ درصد سیر + ۱۰۰ درصد نخود فرنگی

*میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Fig. 9- The interaction between location and planting pattern on mixed intercropping advantage of garlic and peas

G75+P25:75% garlic + 25% peas, G50+P50:50% garlic + 50% peas, G25+P75:25% garlic + 75% peas, G100+ P25: 100% garlic + 25% peas, G100+P50: 100% garlic + 50% peas, G100+P75: 100% garlic + 75% peas, G100+P100: 100% garlic + 100% peas

*Means with the same letter are not significantly different according to LSD test at $p<0.05$.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کشت مخلوط سیر و نخود فرنگی در دو منطقه گنبد کاووس و ساری نسبت به نظام تک‌کشتی دارای مزیت بالاتری است.عملکرد و اغلب شاخص‌های مورد ارزیابی تیمارهای افزایشی کشت مخلوط در گنبد کاووس نسبت به سیستم تک کشتی و ترکیب‌های جایگزینی دارای مزیت بالاتری بود. در منطقه ساری تیمارهای جایگزینی و تیمارهای افزایشی با نسبت ۵۰٪ نخود فرنگی + ۱۰۰٪ سیر و ۲۵٪ نخود فرنگی + ۱۰۰٪ سیر در مقایسه با نظام تک‌کشتی از عملکرد و شاخص‌های ارزیابی بالاتری برخودار بود. در مجموع بین تیمارهای جایگزینی و افزایشی کشت مخلوط، ترکیب

افزایشی ۱۰۰٪ نخودفرنگی +۱۰۰٪سیر با ضریب ازدحام نسبی تراکم ۵/۱۷ بهترین نوع ترکیب کشت مخلوط از نظر بهبود عملکرد در هر دو منطقه بود. حضور سیر در مخلوط و در منطقه گنبد کاووس توانست تا حد زیادی اثر سرما بر عملکرد دانه نخود فرنگی را متعادل و مانع کاهش شدید عملکرد گردد. بنابراین توصیه می‌شود سیر به‌عنوان گیاه اصلی و نخود فرنگی با تراکم ۷۵ درصد و یا بیش‌تر به‌صورت افزایشی به خطوط کشت سیر افزوده گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشگاه گنبدکاووس بابت همکاری در اجرای طرح و پرداخت هزینه‌های این پژوهش و از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بابت همکاری و در اختیار قرار دادن آزمایشگاه و امکانات مورد نیاز قدردانی می‌گردد.

References

Abbasi, R. 2010. Interaction of reduced doses of herbicides and nitrogen fertilizer on the competition between dandelion and corn. PhdDissertation of Weed Science. Campus of Agriculture and Natural Resources of Tehran University, Iran. (In Persian)

Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zhtab Salmasi, S., Amini, R., Jan Mohammadi, H., and Nami, F. 2010. Investigation of light condition in pure culture and mixture of barley and cluster vetch and its relation with forage yield. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 20(2): 53-65. (In Persian with English Summary)

Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A. 2007. Interspecies competition growth and yield in barley peanut intercropping Asian Journal of Plant Science 6: 577-584.

Baharloei, S., and Fallah, S. 2015. Optimization of nitrogen use for growth and yield of rapeseed and flour cultivars in mixed cropping. Journal of Crop Production and Processing 6(5): 31-41. (In Persian with English Summary)

Banik P, Midya A, Sarkar B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive experiment. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Chapagain, T., and Riseman, A. 2014. Barley–pea intercropping: effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18-25.

Chetty, C.K., and Reddy, M.N. 1987. A general proposal for ranking intercrop treatments. Indian Journal of Agricultural Science 57: 64–65.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100(2): 249-256.

Eskandari, H., and Alizadeh- Amraie, A. 2016. Evalotion of growth and species composition of weed in maize cowpea intercropping based on additive serios under organic farming condition. Journal of Agroecology 8(2): 227-240. (In Persian with English Summary)

Fan, Z., An, T., Wu, K., Zhou, F., Zi, S., Yang, Y., and Wu, B. 2016. Effects of intercropping of maize and potato on sloping land on the water balance and surface runoff. Agricultural Water Management 166: 9-16.

Gou, F., van Ittersum, M. K., Simon, E., Leffelaar, P.A., van der Putten, P.E., Zhang, L., and van der Werf, W. 2017. Intercropping wheat and maize increases total radiation interception and wheat RUE but lowers maize RUE. European Journal of Agronomy 84: 125-139.

Hu, F., Gan, Y., Hongyan Cui, H., Zhao, C., Feng, F., Yin, W., and Qiang Chai, Q. 2016. Intercropping maize and wheat with conservation agriculture principles improves water harvesting and reduces carbon emissions in dry areas. European Journal of Agronomy 74:9-17.

Javanmard, Rostami, A., Nouraein, M., Gharekhany, G.H. 2016.Agronomical, ecological and economical evaluation of wheat- chickpea intercropping under rainfed condition of Maragheh. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 1(26): 19-37. (In Persian with English Summary)

Khatamipour, M., Asgharipour, M.R., and Sirousmehr, A. 2014. Intercropping benefits of foxtail millet (*Setaria italica*) with mungbean (*Vignaradiata*) as influenced by application of different manure levels. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24(3): 75-86. (In Persian with English Summary)

Koochecki, A., and Nasiri Mahallati, M. 2016. The effect of climate change on agriculture: crop production forecast and a solution compatible. Iranian Journal of Field Crops Resarch 14(1): 1-20. (In Persian with English Summary)

Lal, B., Rana, K.S., Rana, D.S., Shivay, Y.S., Sharma, D.K., Meena, B.P., and Gautam, P. 2017. Biomass, yield, quality and moisture use of *Brassica carinata* as influenced by intercropping with chickpea under semiarid tropics. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 18(1): 61-71.

Lamai Hervani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yeilds, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed comditions of Zanjan province in Iran. Journal of Planting Seeds and Seeds 2(29): 169-183. (In Persian with English Summary)

Li, L., Sun, J.H., Zhang, F.S., Li, X.L., Yang, S.C., and Rengel, Z. 2002. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crops Research 71: 123–137.

Liu, T., Cheng, Z., Meng, H., Ahmad, I. and Zhao, H. 2014. Growth, yield and quality of spring tomato and physicochemical properties of medium in a tomato/garlic intercropping system under plastic tunnel organic medium cultivation. Journal of Science Horticulture 170:159-168.

Mead, R., and Willey, R.W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. Experimental in Agriculture 16: 217–228.

Momen Keykha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M., and Forouzandeh, M. 2018. Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 9(4): 1050-1069. (In Persian with English Summary)

Namdari, M., and Mahmoudi, 2012. Evaluation of yield and productivity indices in planting ratios of intercropping of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Canola (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Crop Science 14(4): 346-357. (In Persian with English Summary)

Noghani, M., Mashayekhi, K., Shakouri, M.J., and Mousavizadeh, S.J. 2013. The study the usefulness production garlic, in intercropping with the pea in Gorgan Region. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 6(11): 1761-1763.

Piri, I., Zendehdel, B., and Tavassoli, A. 2017. Study of agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of corn (*Zea maize* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). Journal of Agroecology 9(3): 705-721. (In Persian with English Summary)

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture andintercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 48-58.

Radosevich, S., Holt, J., and Ghersa, C., 2007. Ecology of weeds and invasive plants (3rd Edition). John Wiley and Sons, Inc. New York, NY. Pp, 558.

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M., and Rezvan Bidokhodi, R. 2011. Evaluation of yield and yield components in mixed cultivation of increasing sorghum and bean hares in full irrigation and irrigation conditions. Journal of Agricultural Ecology 7(1): 85-95. In Persian with English Summary)

Saseendran, S.A., Ahuja, L.R., Ma, L., Trout, T.J., McMaster, G.S., Nielsen, D.C., Ham, J.M., Andales, A.A., Halvorson, A.D., Chávez, J.L., and Fang, Q.X., 2015. Developing and normalizing average corn crop water production functions across years and locations using a system model. Agricultural Water Management 157: (31):65-77.

Saucke, H., and Ackarmann, K. 2006. Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax. Weed Research 46:453-461.

Scott, J.K., Yeoh, P.B., and Michael, P.J. 2016. Methods to select areas to survey for biological control agents: An example based on growth in relation to temperature and distribution of the weed Conyza bonariensis. Biological Control 97: 21-30.

Singh Rajesh K., Kumar, H., and Singh Amitesh, K. 2010. Brassica based intercropping systems: A review. Agricultural Science Journal 31(4): 6- 11.

Ullah, A., Bhatti, M.A., Gurmani, Z.A., and Imran, M. 2007. Studies on planting patterns of maize (*Zea mays* L.) facilitating legumes intercropping. Journal of Agricultural Research 45: 113–118.

Vandermeer, J.H. 1990.Intercropping. Agroecology (Eds. C.R. Carrol, J.H. Vandermeer and P.M. Rosset), pp. 481–516. McGraw-Hill, New York, USA.

Wang, Z., Zhao, X., Wu, P., Gao, Y., Yang, Q., and Shen, Y. 2017. Border row effects on light interception in wheat/maize strip intercropping systems. Field Crops Research 214: 1-13.

Willey, R.W., and Rao, M.R. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Explanation of Agriculture 16: 105–117.

Zhang, L., Vanderwerf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., and Spiertz, J.H. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research 107: 29-42.

Zhou, X., Yu, G., and Wu, F. 2011. Effects of intercropping cucumber with onion or garlic on soil enzyme activities, microbial communities and cucumber yield. European Journal of Soil Biology 47: 279-287.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1049-1067

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۰۶۷-۱۰۴۹

Estimation the Yield and Intercropping Indices of Garlic (*Allium sativum* L.) and Peas (*Pisum sativum* L.) in two Regions of Sari and Gonbad Kavoos

A. Abbasian[1*], A. Nakhzari Moghaddam[2], H. Pirdashti[3] and E. Gholamalipour Alamdari[2]

Submitted: 10-03-2018
Accepted: 23-07-2018

Ramroudi, M., Bagheri, M., and Forouzandeh, M. 2019. Estimation the yield and intercropping indices of garlic (*Allium sativum* L.) and peas (*Pisum sativum* L.) in two regions of Sari and Gonbad Kavoos. Journal of Agroecology. 11(3):1049-1067.

Introduction

In intercropping systems, inputs in a unit area have been reduced but use of available resources is optimized, leading to increased production and promotion of evaluation indices. In a study on maize and peanut intercropping, the highest index of land equivalent ratio (LER=1.04) was obtained in 100% corn + 100% peanut. In addition, barley and peas as well as garlic and chickpea intercropping, improved the LER and the other intercropping indices. Therefore, the main objective of this research was the estimation of the yield and intercropping indices of garlic (*Allium sativum* L.) and peas (*Pisum sativum* L.) in two regions of Sari and Gonbad Kavoos.

Materials and Methods

The present research was conducted at research farms of Gonbad Kavoos University and Sari region during 2013-2014. The experiment was arranged based on randomized complete block design with three replications. Treatments were nine levels including sole cropping of garlic and pea, beside replacement series of 25:75, 50:50 and 75%:25% pea: garlic as well as additive series of 25, 50, 75 and 100% pea +100% garlic. Plot size was 1.8 × 6m with six rows of cultivation. Plant densities in the control treatment were the same for both garlic and peas, with a 30 × 10 cm square and rectangular plant arrangement with six lines of six meters long and 360 plants per plot. In the incremental mix of 25% pea + 100% garlic, 50% pea + 100% garlic, 75% pea + 100% and 100% pea + 100% garlic 90, 180, 270 and 360 plants of peas were added to each plot of garlic, respectively.

Results and Discussion

The results showed that the highest garlic yield (9800 kg ha^{-1}) was obtained in pure cropping in Sari region, which increased 14% as compared to the Gonbad Kavoos region. The yield of pods (1060 kg. ha^{-1}) and seed (348.3 $kg.ha^{-1}$) decreased (up to 64 and 61%, respectively) in pure cropping of peas in the Gonbad Kavoos region. In additive series, LER and relative crowding coefficient in100% of garlic + 100% peas was 1.33 and 1.49 as well as 1.1 and 2.54 in Sari and Gonbad Kavoos, respectively. Actual yield loss (AYL=-0.15 and -0.20) were observed only in Sari and in additive series of 75% peas + 100% garlic and 100% of peas + 100% garlic, respectively. In contrast, the intercropping advantage (0.38) was observed in Sari where the 25% of peas intercropped with 75% of garlic, increasing up to 15% as compared to the Gonbad Kavoos region. Furthermore, partial competitive ratio (CRa) for pea and garlic was affected by different planting arrangements. The highest CR value for garlic (1.55) was recorded when 25% pea was added to 100% garlic. The higher root system and leaf area of pea helps to its advantage in intercropping system. The partial advantage of intercropping for garlic was affected by planting arrangement. The maximum partial advantage was obtained in replacement series of 755 garlic +25% pea.

1 - former Ph.D. Student, Gonbad Kavoos University and Assistant Professor Department of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
2 and 3- Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*- Corresponding author Email: arastoo 744@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.71547

Conclusion

In general, results of the present research clearly showed that intercropping of garlic and peas improved yield performance and intercropping evaluation indices. In additive series, a mixture of 100% pea + 100% garlic with relative crowding coefficient of 5.17 was the best combination of intercropping in terms of yield improvement in both regions. The presence of garlic in the mixture, particularly in the Gonbad Kavoos region, dramatically reduced the adverse effect of cold temperature on seed yield of peas and prevented the severe reduction of yield. Therefore, in each region where it is possible to cultivate these two plants, it is recommended that garlic considered as the main plant and peas with a density of 75% or more could add to the mixture.

Acknowledgements

We are grateful to the University of Gonbad Kavoos for its contribution to the implementation of the project as well as Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University for cooperation and the availability of the laboratory and required facilities.

Keywords: Actual yield, Land equivalent ratio, Relative crowding coefficient

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1084-1069

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1069-1084

پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی در اراضی تحت کشت گندم با استفاده از شاخص بارش استانداردشده (مطالعه موردی غرب استان گلستان)

پریسا علی‌زاده[1]، بهنام کامکار[2*]، شعبان شتایی[3] و حسین کاظمی[4]

تاریخ دریافت: 1397/03/01
تاریخ پذیرش: 1397/05/07

علی‌زاده، پ.، کامکار، ب.، شتایی، ش. و کاظمی، ح. 1398. پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی در اراضی تحت کشت گندم با استفاده از شاخص بارش استانداردشده (مطالعه موردی غرب استان گلستان). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1084-1069.

چکیده

مدیریت منطقی برای مقابله با خشکسالی، ایجاد نظام مدیریتی و ارائه اطلاعات صحیح در مقیاس‌های زمانی مختلف امری لازم و ضروری است. شاخص‌های خشکسالی از طریق ارزیابی ساده و کمّی این پدیده، ابزار کارآمدی برای تحلیل خشکسالی هستند. این مطالعه با هدف پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی در اراضی گندم با استفاده از شاخص بارش استانداردشده (SPI) در غرب استان گلستان انجام شد. برای این منظور، در سال‌های 1379 تا 1395 شهرستان‌های آق‌قلا، علی‌آباد کتول، گرگان، بندر گز، بندر ترکمن و کردکوی از آمار بارندگی 15 ایستگاه با طول دوره آماری (30 ساله) مشترک از سال 1363 تا 1395 استفاده شد. پس از محاسبه شاخص بارش استانداردشده و همبستگی بهتر شاخص SPI سه ماهه منتهی به اردیبهشت‌ماه با میانگین عملکرد گندم، نقشه این شاخص با روش درون‌یابی کریجینگ معمولی تهیه و پهنه‌بندی شد و سپس به ارزیابی و بررسی خشکسالی پرداخته شد. برای تهیه نقشه ریسک خشکسالی ابتدا نقشه‌های شاخص SPI_3 منتهی به اردیبهشت‌ماه طی یک دوره 17 ساله (1379 تا 1395) به‌صورت دودویی (بولین) طبقه‌بندی شدند. سپس از ترکیب نقشه‌های بولینی به‌دست آمده نقشه فراوانی وقوع خشکسالی تهیه شد. با استفاده از نقشه‌های احتمال فراوانی خشکسالی شاخص SPI، نقشه ریسک خشکسالی کشاورزی نهایی تولید شد. با بررسی نقشه‌های شدت خشکسالی و ریسک خشکسالی در این مطالعه، شاخص SPI سه‌ماهه جهت بررسی الگوهای خشکسالی در ابعاد زمانی و مکانی مختلف و شدت آن در دوره‌های خشکسالی و مرطوب مؤثر شناخته شد. هم‌چنین، نتایج نشان داد که شش شهرستان مورد مطالعه در استان گلستان به دو منطقه خطرپذیر از نظر خشکسالی (شامل خطر شدید و خیلی شدید) طبقه‌بندی شده‌است. نقشه ریسک نشان می‌دهد که در دوره آماری 1379 تا 1395 بخش گسترده‌ای از منطقه مطالعاتی (حدود 98 درصد) در معرض خطر خشکسالی شدید قرار گرفته است. هم‌چنین بخش کوچکی از شمال شهرستان بندر ترکمن (حدود دو درصد از کل منطقه) خطر خشکسالی بسیار شدید را تجربه کرده‌است. در واقع دامنه نوسانات خشکسالی در این منطقه به‌دلیل هم‌جواری با صحرای ترکمنستان و وضعیت آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک بیش‌تر بوده و این مناطق دارای پتانسیل حساسیت به خشکسالی می‌باشند. نتایج نشان داد عملکرد گندم در شهرستان‌های آق‌قلا، علی‌آباد کتول، بندرگز، گرگان و کردکوی همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقادیر SPI_3 منتهی به اردیبهشت ماه داشت. این رابطه می‌تواند هشداری برای تأثیر خشکسالی هواشناسی (به‌خصوص در مناطق مستعد خشکسالی) بر تولید محصولات کشاورزی باشد و نشان می‌دهد که SPI_3 می‌تواند به پیش‌بینی کاهش تولید ناشی از خشکسالی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: شاخص SPI، شدت خشکسالی، ریسک خشکسالی، عملکرد

مقدمه

خشکسالی یکی از شایع‌ترین بلایای طبیعی است که به‌صورت یک پدیده تکرارشونده در اقلیم‌های مختلف رخ می‌دهد و اثرات آن صرفاً به نواحی خشک و نیمه‌خشک محدود نمی‌شود و می‌تواند در

1، 2 و 4- به‌ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استاد و استادیار گروه زراعت دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
3- استاد گروه جنگل‌داری دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*- نویسنده مسئول: Email: kamkar@gau.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72931

نواحی با بارش بالا و در هر فصل از سال رخ دهد و باعث کمبود منابع آب گردد (Subash et al., 2011; Mishra & Singh, 2011; Shahabfar et al., 2012; Mathbout et al., 2017).

امّا ویژگی‌های خشکسالی از قبیل فراوانی، شدت و تداوم از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. خشکسالی‌ها گرچه زیان‌های اقتصادی، خسارات محیطی و اجتماعی زیادی را باعث می‌شوند، امّا از دیگر خطرات طبیعی متفاوت است، زیرا همیشه یک شروع ملایم دارد، ولی به‌دلیل این‌که تاکنون یک تعریف صریح و روشن برای آن ارائه نشده است نسبت به سایر پدیده‌های طبیعی کم‌تر مورد توجه قرارگرفته و مانعی برای درک و پایش این پدیده است (Mirabbasi et al., 2013). به‌طور کلی خشکسالی می‌تواند به‌عنوان یک دوره خشکی غیرطبیعی آب‌وهوا تعریف شود که بر کشاورزی، منابع آب و اکوسیستم‌های طبیعی تأثیر می‌گذارد (Shahabfar et al., 2012). امّا این یک پدیده پیچیده است که انجمن هواشناسی آمریکا براساس ماهیت کمبود آب آن را به چهار دسته طبقه‌بندی کرده است: هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و خشکسالی اجتماعی و اقتصادی. انواع خشکسالی‌ها از نظر زمانی و مکانی با یکدیگر در ارتباط می‌باشند، به نحوی که خشکسالی هواشناسی پیش از انواع خشکسالی‌ها و بعد از آن خشکسالی هیدرولوژی و کشاورزی به وقوع می‌پیوندند (Barua, 2010; Mathbout, 2017). خشکسالی‌های هواشناسی بر اساس کمبود در بارش، خشکسالی‌های کشاورزی براساس کمبود در رطوبت خاک، خشکسالی‌های هیدرولوژیکی براساس کمبود در جریان رودخانه و خشکسالی اجتماعی و اقتصادی براساس کمبود برخی از کالاهای اقتصادی تحت تأثیر روند خشکسالی تعریف می‌شوند (Patel et al., 2007; Heim, 2002). یکی از روش‌های کارآمد برای تحلیل انواع خشکسالی‌ها، بررسی شاخص‌های خشکسالی می‌باشد (Zargar et al., 2011).

شاخص‌های زیادی مانند انحراف بارش از حالت نرمال، شاخص شدت خشکسالی پالمر[1] (PDSI) و شاخص بارش استاندارد[2] (SPI) برای اندازه‌گیری خشکسالی هواشناسی وجود دارند، که در میان این شاخص‌ها، SPI به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (Naresh Kumar et al., 2012). در حال حاضر شاخص SPI به‌طور گسترده‌ای در امور تحقیقاتی و اجرایی سراسر جهان جهت پایش خشکسالی استفاده می‌شود. این شاخص به‌علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل‌دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص، برای تحلیل خشکسالی به‌ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود. مهم‌ترین مزیت شاخص SPI، قابلیت محاسبه در مقیاس‌های زمانی مختلف است (Mishra & Singh, 2011; Tsakiris et al., 2007; Deihimfard et al., 2016; Naresh Kumar et al., 2012). مطالعات زیادی در زمینه‌ی استفاده از شاخص هواشناسی SPI در پایش و ارزیابی خشکسالی انجام شده است.

پتل و همکاران (Patel et al., 2007) با استفاده از اطلاعات بارش ماهانه از 160 ایستگاه هواشناسی در منطقه گجرات هند شاخص SPI را برای تجزیه و تحلیل خشکسالی در این منطقه محاسبه کردند. برای به‌تصویر کشیدن الگوهای مکانی از خشکسالی هواشناسی و شدت آن در طول سال‌های خشک و مرطوب، مقادیر این شاخص درون‌یابی شد. هم‌چنین به‌منظور ارزیابی سودمندی شاخص SPI سه‌ماهه برای کمّی‌کردن اثر خشکسالی روی تولید غلات، آنالیز رگرسیون انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که SPI ابزار مناسبی برای تجزیه و تحلیل الگوی زمانی و مکانی خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور هند می‌باشد. خصوصیات زمانی و مکانی خشکسالی در بخش غربی بنگلادش توسط شهید (Shahid, 2008) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. روش شاخص بارش استاندارد شده برای محاسبه شدت خشکسالی در 12 ایستگاه هواشناسی طی دوره آماری 1961 تا 1991 مورد استفاده قرار گرفت و از سامانه اطلاعات جغرافیایی[3] (GIS) به‌منظور نقشه‌سازی گستره مکانی خشکسالی‌هایی با شدت متفاوت و در مقیاس‌های زمانی مختلف استفاده شد. باتوجه به نتایج مشخص شد که قسمت‌های شمال و شمال شرقی بنگلادش، آسیب‌پذیرترین مناطق در رویارویی با خشکسالی می‌باشند. یک رابطه منفی معنی‌داری بین این شاخص و بارندگی در بعضی از ایستگاه‌ها مشاهده شد. پوتوپ و همکاران (Potop et al., 2010) ارزیابی اثرات بالقوه خشکسالی روی غلات بهاره و زمستانه در جمهوری چک را با استفاده از داده‌های مربوط به اقلیم و محصولات انجام‌دادند. خشکسالی از روش شاخص بارش استانداردشده و درصد بارندگی

1- Palmer drought severity index
2- Standardized precipitation index
3- Geographic information system

طولانی‌مدت تعیین شد. نتایج نشان‌دهنده درصد بالایی از تغییرپذیری در راندمان محصول به‌واسطه خشکسالی بود. ماناتسا و همکاران (Manatsa et al., 2010) با به‌کاربردن شاخص بارش استاندارد-شده، خشکسالی کشاورزی در زیمبابوه را بررسی کردند. در این مطالعه از اطلاعات بارش 60 ایستگاه در طول دوره آماری 1902 تا 2004 میلادی استفاده شد. مقیاس زمانی SPI شش‌ماهه در نظرگرفته شد. نتایج نشان داد که خشکسالی ویژگی ذاتی این منطقه است و از آن‌جاکه خشکسالی شدید وسعت مکانی و شدت بالایی دارد، اثرات شدیدی بر کشاورزی و اقتصاد ملی دارد.

مساعدی و همکاران (Mosaedi et al., 2008) با استفاده از شاخص SPI به ارزیابی مکانی خشکسالی در سطح استان گلستان پرداختند و بیان کردند که به‌طور کلی، نوسان‌های رطوبتی در استان بسیار زیاد می‌باشد. هرچند نمی‌توان به‌طور قطع از وجود یک سیکل مشخص در نوسان‌های رطوبتی و وقوع خشکسالی مطمئن بود، ولی به این واقعیت می‌توان اشاره کرد که در منطقه مطالعاتی طی سال-های مختلف به دفعات شرایط رطوبتی تغییر نموده و در مواردی ترسالی یا خشکسالی‌های مهم با فواصل زمانی حدود 11 سال به وقوع پیوسته‌اند. لشی زند و تلوری (Lashizand & Talouri, 2004) با استفاده از سری‌های زمانی شاخص (SPI) برای تمام ایستگاه‌ها در شش حوزه غرب و شمال غرب کشور به بررسی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی پرداخت. نتایج حاکی از آن بود که وقوع خشکسالی با تداوم‌های یک و سه‌ماهه حتی در ایستگاه‌های واقع در مناطق نیمه‌مرطوب نیز پدیده‌ای معمول و بازگشت‌کننده است. هم‌چنین، بذرافشان (Bazrafshan, 2006) با بررسی مدیریت و پهنه‌بندی خطر خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) در استان گلستان بیان کرد که وضعیت خشکسالی از سال 1364 به بعد روال منظمی داشته و هر سه سال یک‌بار خشکسالی در استان تکرار می-شود. سرحدی و همکاران (Sarhadi et al., 2010) در ارزیابی و تحلیل خشکسالی استان اصفهان، از شاخص‌های خشکسالی اقلیمی مختلفی استفاده کردند. نتایج نشان داد که شاخص SPI به‌عنوان مهم‌ترین شاخص، در دوره آماری 30 ساله به‌طور میانگین همواره نیمی از استان اصفهان را در معرض خشکسالی نشان می‌دهد. استفاده از شاخص‌های SPI و NDVI برای پایش خشکسالی در بخش شمال استان خوزستان نشان داد این شاخص‌ها دارای کارایی مناسب برای پایش خشکسالی هستند (Yazdanpanah et al., 2012). خسروانی و همکاران (Khosravi et al., 2010) از شاخص هواشناسی بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص گیاهی ماهواره‌ای NDVI استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای لندست دوره 1996 تا 2015 برای ارزیابی خشکسالی روی پوشش گیاهی در دشت اردکان استان یزد استفاده کردند. همبستگی میان این دو شاخص نشان داد که مراتع نسبت به تغییرات SPI بسیار حساس هستند؛ با این‌حال، زمین‌های کشاورزی به‌دلیل استفاده از چاه‌های عمیق در کوتاه‌مدت حساسیت کم‌تری نشان دادند.

طبق گزارش سازمان ملل در آینده‌ای نزدیک، 31 کشور جهان با کمبود آب روبرو خواهند شد و ایران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین کشورهای درگیر بحران آب در آینده معرفی شده است. بانک جهانی طی گزارشی در سال 2007 میلادی تأکید نموده که کاهش سالانه منابع داخلی آب شیرین در ایران، 3/6 برابر استانداردها و شاخص‌های جهانی است (Fattahi & Sedaqatkerdar, 2007). سازمان مدیریت بحران کشور تا پیش از سال زراعی 91-92 اعتقادی به خشکسالی در استان گلستان نداشت تا این‌که خسارت خشکسالی به‌شدت افزایش یافت و طبق گزارش مدیریت بحران، در این سال بیش از 800 میلیارد تومان خسارت به بخش‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی استان وارد شد (www.irna.ir). این استان در تقسیم‌بندی‌های کشوری جزء استان‌های شمالی در نظر گرفته می‌شود، امّا این در حالی است که متوسط بارندگی سالانه آن زیر 500 میلی‌متر است. یکی دیگر از چالش‌های مهم در کم‌آبی، وضعیت توپوگرافی استان است که به‌دلیل نداشتن ارتفاعات بسیار بلند، فاقد روان‌آب و ذخیره کافی برف بوده و به همین دلیل در فصول گرما دچار چالش زیادی می‌شود. هم‌چنین از سمتی به کویر لوت و از سمت شمال به صحرای قره قوم وصل است و ارتفاعات کوتاه این استان مانع از ورود گرمای استان‌های کویری همسایه نمی‌شود و هوای گرم دیگر استان‌ها سریع‌تر به استان گلستان نفوذ پیدا می‌کند و همین موضوع به چالش کم‌آبی و گرم شدن هوا بیش‌تر دامن می‌زند (www.mehrnews.com). از آن‌جاکه براساس آمارهای موجود در تقسیم‌بندی استان‌ها براساس خشکسالی، استان گلستان در رده هفتمین استان خطرخیز کشور قرار دارد و علی‌رغم قرارگیری این استان در شمال ایران و تأثیرپذیری از رطوبت دریای خزر، ریزش‌های جوّی در طی سال‌های اخیر نسبت به دوره شاخص 31 ساله حدود 37 تا 43 درصد کاهش نشان می‌دهد. با توجه به تأثیر خشکسالی بر تولید محصولات کشاورزی به‌خصوص گندم به-

عنوان یک محصول استراتژیک در استان گلستان و ایجاد هزینه‌های زیاد اجتماعی و اقتصادی توجه به اهمیت پایش خشکسالی در سال‌های اخیر افزایش یافته است. بنابراین پایش خشکسالی از اولویت اولیه‌ای برای برنامه‌ریزی و مدیریت آب به‌منظور کاهش اثرات احتمالی در تولید برخوردار است (Son et al., 2012). در نتیجه هدف از انجام این تحقیق بررسی و تحلیل مکانی خشکسالی کشاورزی و شناخت استعداد نواحی مختلف استان از نظر خشکسالی با استفاده از شاخص SPI می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با وسعتی بالغ بر 20460 کیلومتر مربع در مجاورت دریای خزر قرار دارد و 1/33 درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. منطقه مورد مطالعه در شش شهرستان آق‌قلا، گرگان، علی‌آباد کتول، کردکوی و بندر گز و بندر ترکمن در غرب استان گلستان قرار دارد که مساحت اراضی کشاورزی در این محدوده حدوداً 307 هزار هکتار می‌باشد و بافت خاک غالب این اراضی سیلتی-رسی-لومی و سیلتی-رسی می‌باشد. این محدوده بین 36 درجه و 24 دقیقه تا 37درجه و 27 دقیقه عرض شمالی و 53 درجه و 51 دقیقه تا 55 درجه و 7 دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل 1). موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی استان موجب شده که آب‌وهوای آن از یک سو تحت تأثیر نوسانات هوایی دریای خزر و از سوی دیگر تحت تأثیر بیابان ترکمنستان، ارتفاعات و امتداد رشته کوه‌های البرز و پوشش جنگلی این کوه‌ها می‌باشد و اقلیم‌های متفاوت در آن مشاهده شود، به‌طوری‌که در این استان از اقلیم نیمه‌خشک در نوار مرزی و حوزه آبخیز اترک تا معتدل و نیمه‌مرطوب در مناطق جنوبی و غربی تا اقلیم سرد کوهستان در مناطق مرتفع و کوهستانی برخوردار است. به همین علت الگوی پراکنش بارندگی در مناطق مختلف استان متفاوت است، به‌طوری‌که مقدار بارش در مناطق جنوب و جنوب غربی استان حدود 700 میلی‌متر و در نواحی شمالی استان و نوار مرزی حدود 200 میلی‌متر می‌باشد.

جمع‌آوری داده‌های زمانی و مکانی

در این پژوهش به‌منظور پایش خشکسالی شهرستان‌های آق‌قلا، علی‌آباد کتول،گرگان، بندر گز، بندر ترکمن و کردکوی، آمار بارندگی ایستگاه‌های موجود در منطقه به‌صورت ماهانه تهیه و با درنظرگرفتن معیارهایی از جمله داشتن آمار طولانی‌مدت و پراکنش مناسب در منطقه تعداد 15 ایستگاه با طول دوره آماری مشترک از سال 1363 تا 1395 انتخاب شدند (شکل 1). هم‌چنین صحت و همگنی داده‌ها به‌روش ران تست[1] مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای دوره 17 ساله انتهایی (1395-1379) به پهنه‌بندی و ارزیابی خشکسالی پرداخته شد. اطلاعات عملکرد و سطح زیرکشت گندم در فواصل سال‌های 1379 تا 1395 نیز از آمارنامه جهاد کشاورزی استان گلستان تهیه شد (آمارنامه جهاد کشاورزی استان گلستان، 1395).

برآورد شاخص بارش استاندارد SPI و پهنه بندی خشکسالی

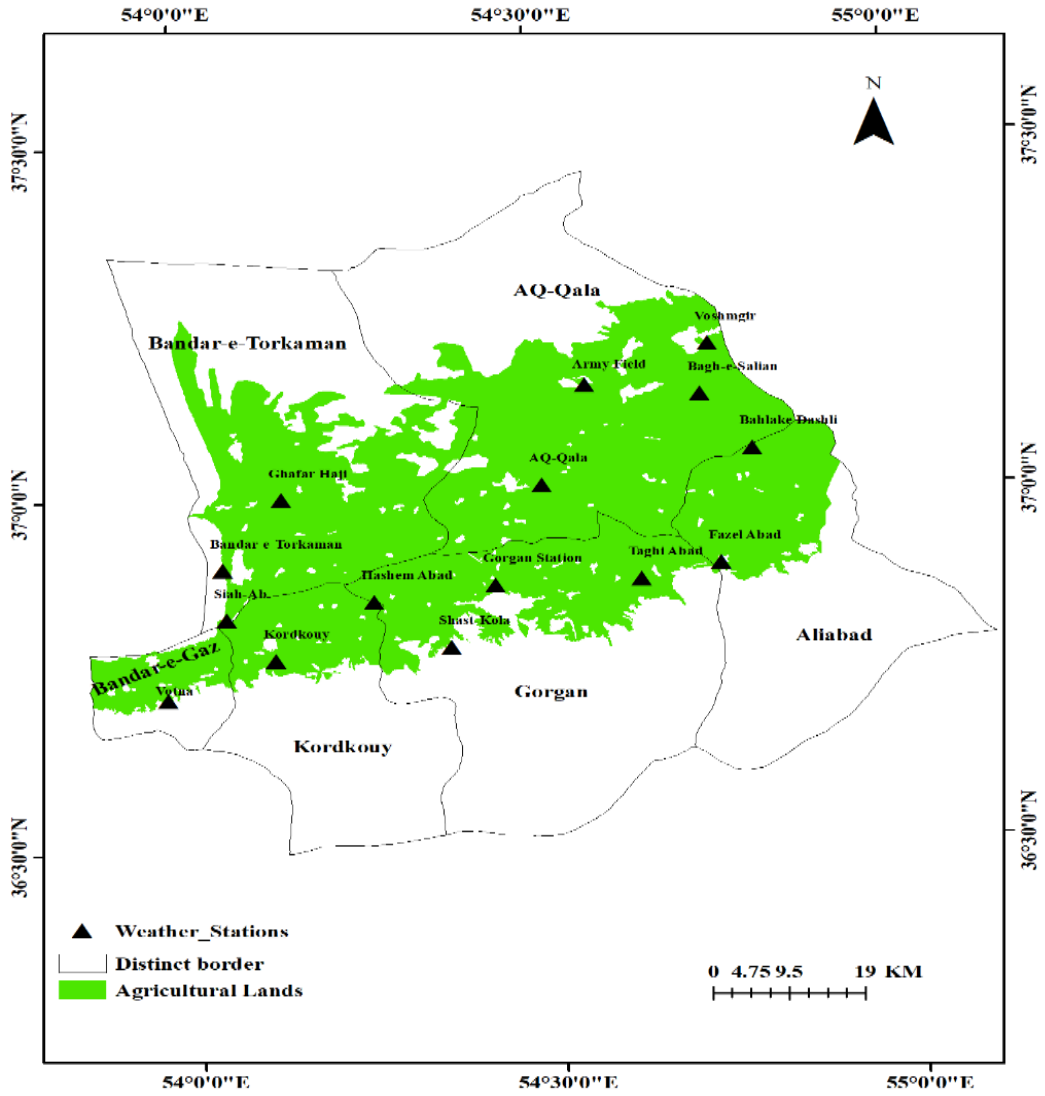
شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در سال 1993با هدف پایش خشکسالی اقلیمی ایالت کلرادوی آمریکا توسط مک کی و همکاران توسعه یافت. شاخص SPI با مقایسه کل بارندگی تجمعی برای ایستگاه یا منطقه‌ای خاص در یک فاصله زمانی مشخص با میانگین دراز مدت بارندگی برای همان فاصله زمانی، در طول دوره آماری به‌دست می‌آید.

یکی از جنبه‌های ارزشمند این شاخص، پایش خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مختلف است. مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت (یک، سه و شش ماهه) در بررسی خشکسالی‌های کشاورزی و مقیاس‌های زمانی بلندمدت (9، 12، 24 و 48 ماهه) در بررسی خشکسالی‌های هیدرولوژیکی کاربرد دارد (Mckee et al., 1993). SPI کوتاه‌مدت نسبت به شرایط رطوبتی بسیار حساس است و با کوچک‌ترین تغییر در بارندگی ماهانه، این شاخص به‌سرعت پاسخ می‌دهد. بدین جهت به‌عنوان یک ابزار کارآمد برای پایش و ارزیابی خشکسالی کشاورزی معرفی می‌گردد (Quiring & Ganesh, 2010).

با توجه به اینکه هدف از این تحقیق بررسی و پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی است، مقادیر شاخص SPI یک، سه و شش ماهه باتوجه به مقادیر بارندگی ماهانه هر یک از ایستگاه‌ها در طول دوره آماری مورد بررسی (1379-1395) با استفاده از کدنویسی در نرم‌افزار MatLab محاسبه شد. اگر X_w نشان‌دهنده کل بارش در خلال یک بازه زمانی w ماهه باشد، با برازش توزیع گامای دو پارامتری به سری زمانی X_w، تابع توزیع تراکمی یا CDF حاشیه‌ای

1- Run-test

$u_w = F_{Xw(Xw)}$ به‌دست آمد. سپس شاخص SPI نظیر هر مشاهده بـا تابع معکوس نرمال یا $Ø^{-1}(u_w)$ محاسبه شد. به عبارت دیگر، به‌جای نشان دادن احتمال تجمعی، SPI با یک متغیر نرمـال اسـتاندارد (بـا میانگین صفر و انحراف معیار 1) توصیف گردید (Mirabbasi et al., 2013; Tabouzadeh et al., 2014).



شکل 1- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

Fig. 1- Geographic location of the study area and selected meteorological stations

سپس همبستگی شاخص SPI یک، سه و شش‌ماهه با میـانگین عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرارگرفـت کـه بـا توجه به این که میانگین عملکرد گندم همبستگی بهتر و مناسب‌تری را با شاخص SPI سه‌ماهه نشان داد بنابراین از شاخص SPI سه‌ماهه برای پهنه‌بندی و ارزیابی خشکسالی استفاده شد. برای دوره 17 ساله انتهایی (95-1379) پس از محاسبه شـاخص بـارش اسـتاندارد شـده (SPI) و تهیه نقشه آن، پهنه‌بندی و ارزیابی خشکسالی با اسـتفاده از این شاخص انجام شد. تاکنون تحقیقات زیادی در مـورد مـدل‌هـای

تهیه نقشه و پهنه‌بندی خشکسالی صورت گرفته که در اکثر آن‌ها روش درون‌یابی کریجینگ به‌عنوان بهترین مدل درون‌یابی و تهیه نقشه خشکسالی و سپس پهنه‌بندی معرفی شده‌است (Sarabi et al., 2015; Moradi, 2014). در این پژوهش از سه روش درون‌یابی کریجینگ، کوکریجینگ (با متغیر کمکی ارتفاع) و معکوس فاصله در محیط نرم‌افزارArc Map نسخه 10/3 استفاده شد. برای انتخاب روش مناسب درون‌یابی جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی توزیع خشکسالی معیار ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE[1]) مورد استفاده قرار گرفت. سپس باتوجه به بررسی مطالعات انجام شده در استان در این زمینه و بررسی شاخص ارزیابی و دقت روش‌های درون‌یابی از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی به‌جهت انطباق بهتر با شرایط، خطای کم‌تر و پیش‌بینی دقیق‌تر و بهتر، نقشه‌های خشکسالی بر مبنای شاخص SPI در طول دوره آماری تهیه و سپس پهنه‌بندی آن و با استفاده از جدول 1 (Mckee et al., 1993) طبقه‌بندی شدند انجام گردید (Sarabi et al., 2015; Bazrafshan et al., 2011; Eivazi & Mosaedi, 2011).

به‌منظور پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی دامنه‌ای از SPI (یک، سه و شش‌ماهه) در نظرگرفته شد و SPI که بالاترین همبستگی را با عملکرد گندم نشان داد، جهت ارزیابی خشکسالی انتخاب شد. جهت تهیه نقشه شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPI داده‌های رستری حاصل از درون‌یابی با استفاده از جدول 2 به کلاسه‌های شدت خشکسالی برای هر سال برای SPI انتخاب‌شده (شامل پنج کلاس شدت) طبقه‌بندی شدند. هم‌چنین سال‌های 1386، 1379، 1387و 1395 جهت ارزیابی شدت خشکسالی در این دوره 17 ساله انتخاب شدند، به‌طوری‌که سال‌های 1379 و 1387 نماینده سال‌های خشک و سال‌های 1386 و 1395 به‌عنوان نماینده سال‌های تر برای ارائه کلاس‌های شدت خشکسالی در این دو شرایط مختلف (خشکسالی و ترسالی) انتخاب شدند.

تهیه نقشه ریسک خشکسالی

برای تهیه نقشه ریسک خشکسالی ابتدا داده‌های رستری شاخص SPI منتخب طی یک دوره 17 ساله (1379 تا 1395) به‌صورت دودویی (بولین) طبقه‌بندی شدند. به‌طوری‌که مقادیر SPI برابر یا بزرگ‌تر از صفر به‌عنوان صفر (به‌منزله وقوع ترسالی) و مقادیر کم‌تر از صفر دارای مقدار یک (به‌منزله وقوع خشکسالی) اختصاص داده‌شد. به عبارت دیگر، هر پیکسل در هر سال دارای ارزش صفر یا یک می‌باشد سپس رسترهای بولینی به‌دست‌آمده در هر سال با استفاده از تابع Cell Statistics در محیط نرم‌افزارArc Map ترکیب شدند که در این حالت در نقشه فراوانی وقوع خشکسالی تولیدی هر پیکسل ارزشی بین صفر تا 17 خواهد داشت. با توجه به تعریف گونفا (Gonfa, 1996)، احتمال وقوع خشکسالی در یک منطقه مشخص را می‌توان به احتمال وقوع کم، متوسط، شدید و خیلی شدید طبقه‌بندی کرد. بدین معنا که اگر خشکسالی در بیش از 70 درصد دوره آماری رخ داده باشد، احتمال وقوع خشکسالی خیلی شدید، اگر وقوع خشکسالی در 50 تا 70 درصد دوره باشد، احتمال وقوع خشکسالی شدید، اگر وقوع خشکسالی در 30 تا 50 درصد دوره باشد، احتمال وقوع خشکسالی متوسط، اگر وقوع خشکسالی در 20 تا 30 درصد دوره باشد، احتمال وقوع خشکسالی کم و اگر خشکسالی در کم‌تر از 20 درصد اتفاق افتاده باشد، به‌معنای عدم وقوع خشکسالی است. بر این اساس، نقشه ریسک یا احتمال وقوع خشکسالی کشاورزی نهایی (وجود 3-0 سال خشکسالی معادل عدم خشکسالی، وجود 5-3 سال خشکسالی معادل خشکسالی اندک، وجود 7-5 سال خشکسالی معادل خشکسالی متوسط، وجود 10-7 سال خشکسالی معادل خشکسالی شدید و وجود 17-10 سال خشکسالی معادل خشکسالی خیلی شدید) به‌دست آمد.

جدول 1- طبقه‌بندی شدت خشکسالی براساس شاخص SPI (Mckee et al., 1993)

Table 1- Drought Severity classification based on the SPI index (Mckee et al., 1993)

مقدار شاخص Index value	شدت خشکسالی Drought severity
≥ 0	بدون خشکسالی (نرمال یا تر سالی) No drought (Normal or Wet)
(0) – (-0.99)	خشکسالی اندک Mild drought
(-1) – (-1.49)	خشکسالی متوسط Moderate drought
(-1.5) – (-1.99)	خشکسالی شدید Severe drought
(≤ -2)	خشکسالی بسیار شدید Extreme drought

1- Root Mean Square Error

عملکرد استانداردشده (St.Y)[1]: با وجود اینکه عواملی مانند آفات و بیماری‌ها و کمبود عناصرغذایی بر تغییرات عملکرد گیاهان تأثیرگذار است، امّا خشکسالی کشاورزی به‌عنوان یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد به‌شمار می‌آید. بنابراین در این مطالعه رابطه بین شاخص خشکسالی اقلیمی و عملکرد گیاه به‌عنوان ابزاری معتبر برای بررسی این فاکتور مهم به کار رفته‌است. اطلاعات عملکرد گیاهان زراعی هر شهرستان به‌طور مستقیم نمی‌توانند با یکدیگر مورد مقایسه قرار گیرند، زیرا حاصلخیزی اراضی کشاورزی در هر یک از این شهرستان‌ها یکسان نیست. امّا در طول دوره 2000 تا 2016 میلادی تغییرات عملکرد محصول هر شهرستان مطابق با شهرستان‌های دیگر است، زیرا همه تحت تأثیر رویدادهای اقلیمی منطقه مانند خشکسالی قرار دارند.

بنابراین جهت روندزدایی از داده‌ها از معادله 1 استفاده شد که عملکرد استانداردشده (St.Y) از هر شهرستان با استفاده از معادله 1 محاسبه شد:

$$St.Y = \frac{Y_j - \bar{Y}}{\sigma}$$

معادله (1)

که در آن، Yj: عملکرد محصول در هر سال برای هر شهرستان، $\bar{Y}$: میانگین عملکرد محصول و **σ**: انحراف معیار عملکرد محصول در طول دوره مطالعه (2000 تا 2016 میلادی) می‌باشند (Lingtong et al., 2013).

تجزیه و تحلیل داده‌ها، ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.4، MS Excel Ver. 13 و تهیه نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcMap Ver. 10.3 انجام شد.

نتایج و بحث

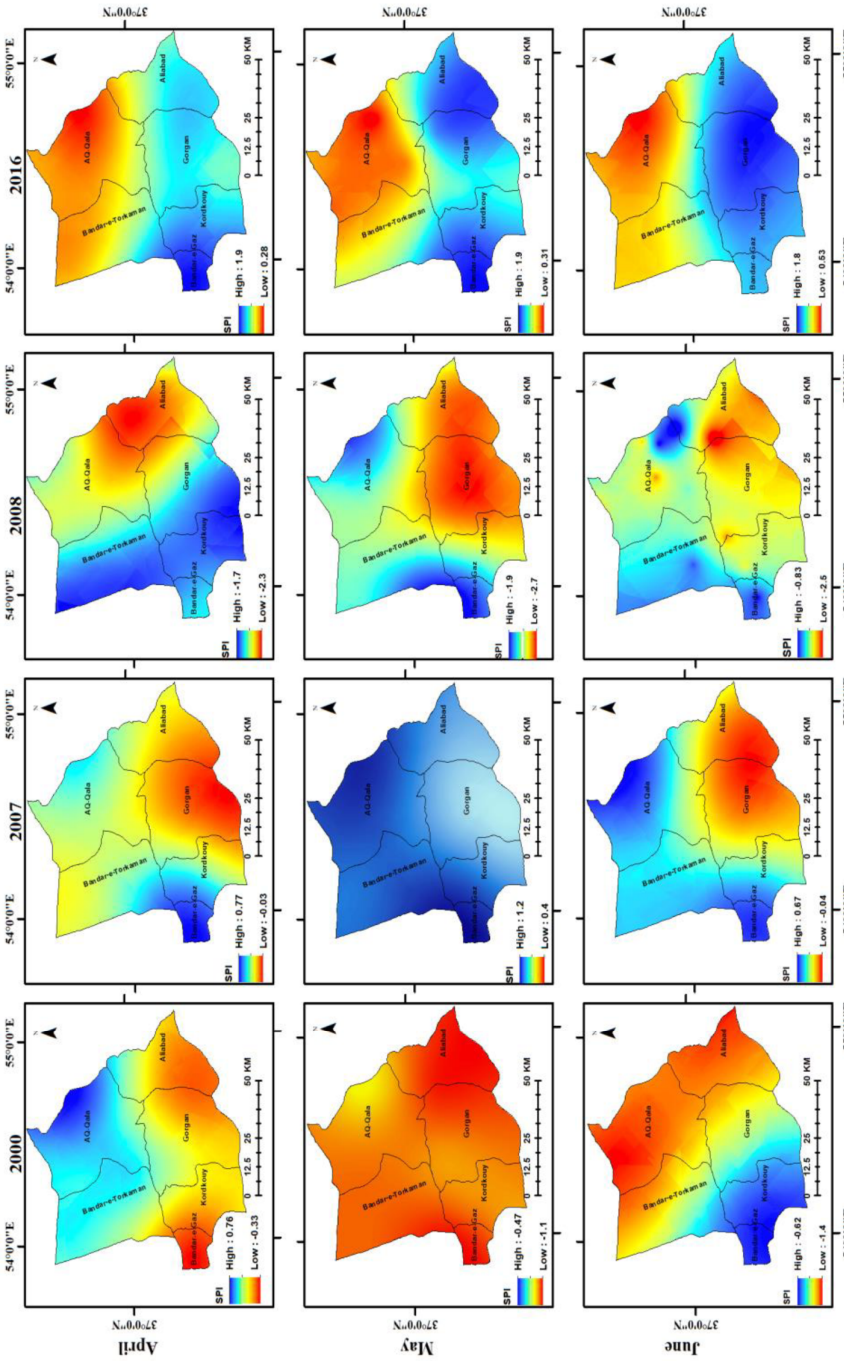
پایش خشکسالی با شاخص SPI

بررسی مقیاس‌های زمانی مختلف SPI برای ماه‌های فصل رشد گندم نشان‌داد که SPI سه‌ماهه منتهی به فروردین، اردیبهشت و خرداد ماه همبستگی معنی‌داری با عملکرد گندم داشتند. هم‌چنین در غرب استان گلستان زمان وقوع بیش‌ترین سطح برگ و دوره پرشدن دانه گندم در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد ماه بوده و خشکسالی در هر کدام از این ماه‌ها می‌توان تأثیر منفی زیادی روی عملکرد داشته باشد. بنابراین، به‌منظور نشان دادن توزیع مکانی شاخص خشکسالی SPI نقشه‌های ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد این شاخص برای سال‌های خشک (1379 و 1387) و سال‌های تر (1386 و 1395) بررسی شد (شکل 2). SPI سه‌ماهه برای ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد نشان‌دهنده پویایی زمانی توزیع بارش کم‌تر و بیش‌تر از حد نرمال در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

نتایج نشان داد در طول سال‌های خشک 1379 و 1387 مقادیر منفی SPI مشاهده می‌شود. در سال 1379 مقدار SPI در اکثر شهرستان‌ها منفی بود و بیش‌ترین شدت خشکسالی در اردیبهشت و خردادماه اتفاق افتاد (شکل 2). هم‌چنین در سال 1387 مقدار SPI همه شهرستان‌های مورد مطالعه در محدوده 0/83- تا 2/7- قرار داشتند، به‌طوری‌که بیش‌ترین شدت خشکسالی در اردیبهشت مشاهده شد. بررسی دو سال خشک 1379 و 1387 نشان داد که در سال 1387 شدت خشکسالی به‌مراتب بیش‌تر از سال 1379 بود، امّا در هر دو سال شهرستان‌های بندر گز، علی‌آباد کتول و گرگان بیش‌تر از سایر شهرستان‌ها خشکسالی را تجربه کرده‌اند. در واقع در این شهرستان‌ها مقدار بارش در ماه‌های مورد بررسی کم‌تر از مقدار میانگین بارندگی در این مناطق بوده است که این نتایج با یافته‌های مساعدی و همکاران (Mosaedi et al., 2008) مشابهت داشت. باتوجه به این‌که در سال‌های 1386 و 1395 مقادیر SPI مثبت بوده‌اند، این سال‌ها به نوعی نمایانگر سال‌های تر می‌باشند. مقایسه سال‌های تر نشان داد که مقادیر SPI در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد سال 1395 بیش‌تر از سال 1386 بود، امّا در هر دو سال بیش‌ترین مقادیر مثبت SPI در اردیبهشت‌ماه مشاهده شد. توزیع مکانی SPI در سال‌های تر نشان داد که بیش‌ترین مقادیر SPI در شهرستان‌های علی‌آباد کتول، گرگان و به‌ویژه بندر گز می‌باشد.

با توجه به اینکه SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت‌ماه کمبود یا مازاد بارش را برای شناسایی خشکسالی در شهرستان‌های استان گلستان به‌خوبی نشان داد و هم‌چنین به‌دلیل همبستگی قوی‌تر بین عملکرد گندم با SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت نسبت به فروردین و خرداد ماه در ادامه مطالعه از SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت‌ماه برای پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی استفاده شد.

1- The standardized variable of crop yield

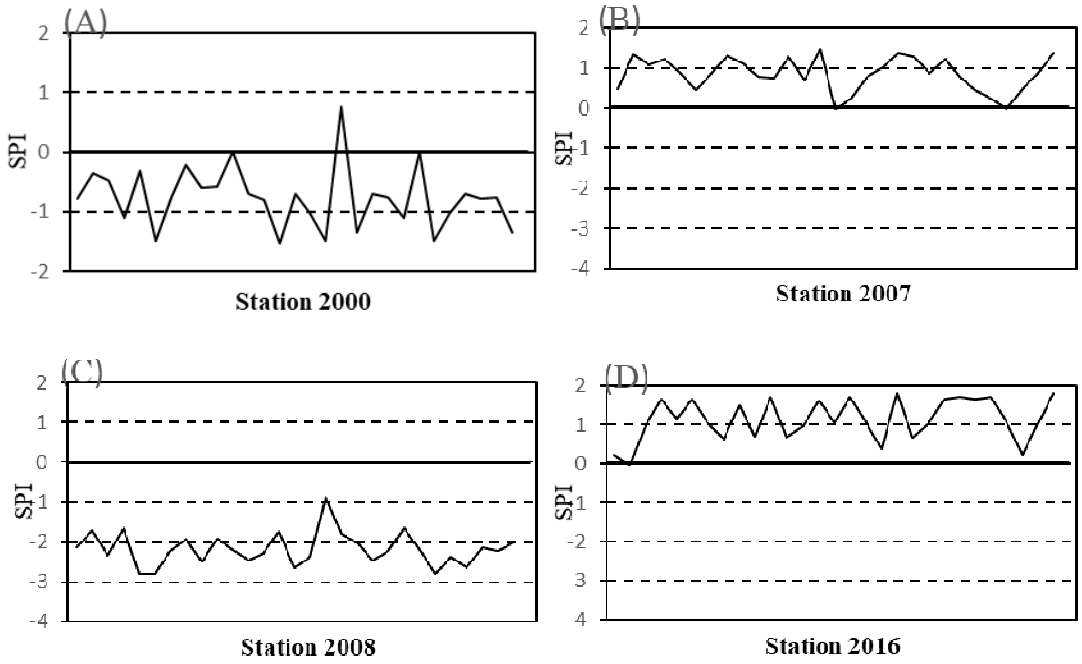


شکل ۲- نقشه‌های توزیع مکانی و زمانی SPI سه ماهه برای سه ماه (فروردین، اردیبهشت و خرداد) در طی سال‌های خشک (۱۳۷۹ و ۱۳۸۷) و تر (۱۳۸۶ و ۱۳۹۵) در محدوده مورد مطالعه

Fig. 2- Spatial patterns of 3-month SPI over 3 months(April, May and June) during drought years (2000 and 2008) and wet years (2007 and 2016) in the studied area

شکل 3 الگوی SPI سه‌ماهه برای اردیبهشت‌ماه را در ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. پس از محاسبه و ترسیم نمودار تغییرات ضریب شاخص SPI در ایستگاه‌های منتخب و مقایسه آن‌ها با یکدیگر می‌توان به این نتیجه رسید که در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، سال‌های خشک و سال‌های مرطوب مشاهده شده و ممکن است چند ترسالی متوالی و پس از آن چند

خشکسالی متوالی و یا بلافاصله پس از تر سالی، خشکسالی و پس از خشکسالی، تر سالی مشاهده شود، امّا به‌طور کلی نوسانات رطوبتی در محدوده مورد مطالعه قابل‌توجه می‌باشد، ضمن این‌که با توجه به کوتاه بودن نسبی دوره آماری (33 سال) نمی‌توان به‌طور قطعی از وجود یک سیکل در نوسانات رطوبتی و وقوع خشکسالی مطمئن بود، امّا می‌توان به این واقعیت اشاره کرد که ترسالی یا خشکسالی‌های مهمی با فواصل زمانی متفاوت به وقوع پیوسته است.



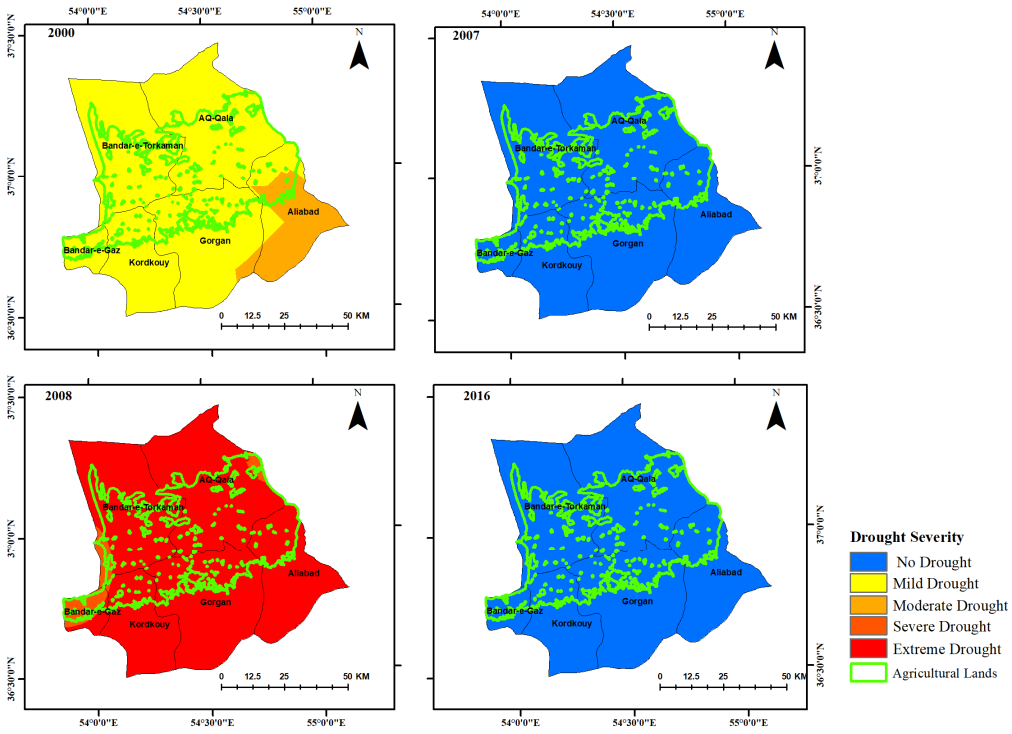
شکل 3- SPI سه ماهه منتهی به اردیبهشت در سال‌های خشک (1379 و 1387) و تر (1386 و 1395) در ایستگاه‌های مورد مطالعه
Fig. 3- April's three-month SPI for drought years (A) 2000 (b) 2008 and wet years (C) 2007 and (D) 2016 at the stations studied

در سال 1387 حداقل مقدار SPI معادل 2/8- بود و در اکثر ایستگاه‌ها مقدار SPI سه‌ماهه کم‌تر از 2- بود، امّا در سال 1379 مقدار SPI سه‌ماهه در اکثر ایستگاه‌ها کم‌تر از 0/7- بود که این نتیجه نشان می‌دهد در سال 1387 نسبت به سال 1379 خشکسالی شدیدتر است. با این حال نگاهی به توزیع SPI در طول سال‌های 1386 و 1395 به‌استثنای چند ایستگاه مقادیر SPI را عمدتاً بین 1 تا 2 نشان می‌دهد که نشانگر شرایط نسبتاً مرطوب است. وجود مقادیر منفی در چند ایستگاه در این سال‌های تر ممکن است به‌علت تنوع الگوی بارش و حداقل میانگین بارش فصلی ایجاد شده باشد. چنین مسائلی اغلب هنگام استفاده از SPI در مقیاس کوتاه‌مدت (یک، دو یا سه ماه) در نواحی با تنوع الگوی بارش به‌وجود می‌آید (Loukas et al., 2003).

شدت خشکسالی براساس شاخص SPI

شکل 4 نقشه‌های درون‌یابی شده SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت در سال‌های انتخابی 1379، 1386، 1387 و 1395 در طی دوره مطالعاتی را نشان می‌دهد که با توجه به جدول 2 به کلاسه‌های شدت خشکسالی طبقه‌بندی شده‌اند. نقشه‌های طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد که در سال 1387 این شش شهرستان خشک‌ترین سال را تجربه کرده‌اند. سایر محققان نیز در یافته‌های خود خشکسالی شدیدی را در سال 1387 در استان گلستان گزارش کردند (Sarabi et al., 2015; Moradi, 2014). باتوجه به شاخص SPI در سال‌های مورد مطالعه، 95 درصد از کل منطقه تحت تأثیر خشکسالی بسیار شدید و پنج درصد تحت خشکسالی شدید بوده است. در سال 1379، از کل منطقه 88 درصد تحت تأثیر خشکسالی متوسط و 12 درصد دیگر آن

(که سهم بیش‌تر آن در شهرستان علی‌آباد کتول بود) تحت تأثیر خشکسالی اندک بوده است. امّا در سال‌های 1386و 1395 هیچ‌گونه خشکسالی در شهرستان‌های مورد بررسی دیده نشد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که SPI کوتاه مدت (سه‌ماهه) بیان‌کننده انحراف فصلی در بارش است و بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک شاخص خشکسالی کشاورزی استفاده شود (Patel et al., 2007; Łabędzki & Bąk, 2014). از این‌رو، از SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت در این مطالعه برای تعیین شدت خشکسالی در سال‌های خشک و تر استفاده شد.



شکل 4- نقشه‌های شدت خشکسالی SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت طی سال‌های خشک (1379 و 1387) و تر (1386 و 1395) در محدوده مورد مطالعه

Fig. 4- Severity drought map April's three-month SPI for drought years (2000 and 2008) and wet years (2007 and 2016) in the studied area

تحلیل همبستگی بین شاخص SPI و عملکرد گندم

علاوه بر تفسیر خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص SPI اثر خشکسالی بر عملکرد گندم نیز با این شاخص مورد تحلیل قرار گرفت. رابطه‌ی بین میانگین SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت ماه و عملکرد روندزدایی شده گندم در هر شهرستان توسط همبستگی پیرسون ارزیابی شد. عملکرد گندم در شهرستان‌های آق‌قلا، علی‌آباد، بندر گز، گرگان و کردکوی همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقادیر SPI3 منتهی به اردیبهشت نشان دادند (جدول 2). این رابطه می‌تواند هشداری برای تأثیر خشکسالی هواشناسی (به‌خصوص در مناطق مستعد خشکسالی) بر تولید محصولات کشاورزی باشد و نشان می‌دهد که SPI3 می‌تواند به پیش‌بینی کاهش تولید ناشی از خشکسالی کمک کند. مطالعات مخابلا و همکاران (Mkhabela et al., 2010)، ارشد و همکاران (Arshad et al., 2010)، ویسنته سرانو و همکاران (Vicente-Serrano et al., 2010) و چادهری و دادهوا (Chaudhari & Dadhwal, 2004) نشان دادند که شاخص SPI می‌تواند تغییرات عملکرد گندم را توجیه کند که مشابه با نتیجه مطالعه حاضر در منطقه غرب استان گلستان می‌باشد.

جدول 2- همبستگی بین SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت‌ماه و عملکرد روندزدایی شده گندم
Table 2- Correlation between 3-month SPI for May and de-trended wheat yield

شهرستان مورد مطالعه City studied	ضریب همبستگی Correlation coefficient
آق قلا AQ-Qala	0.647 *
علی‌آباد کتول Aliabad_Katul	0.399 ns
بندر گز Bandar-e-Gaz	0.665 **
گرگان Gorgan	0.651 *
کردکوی Kordkouy	0.634 *
بندر ترکمن Bandar-e-Torkaman	0.626 *

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 1 و 5 درصد و ns: غیر معنی‌دار.
**, * and (ns) indicates significant at 1% and 5% probability levels and non- significant, respectively.

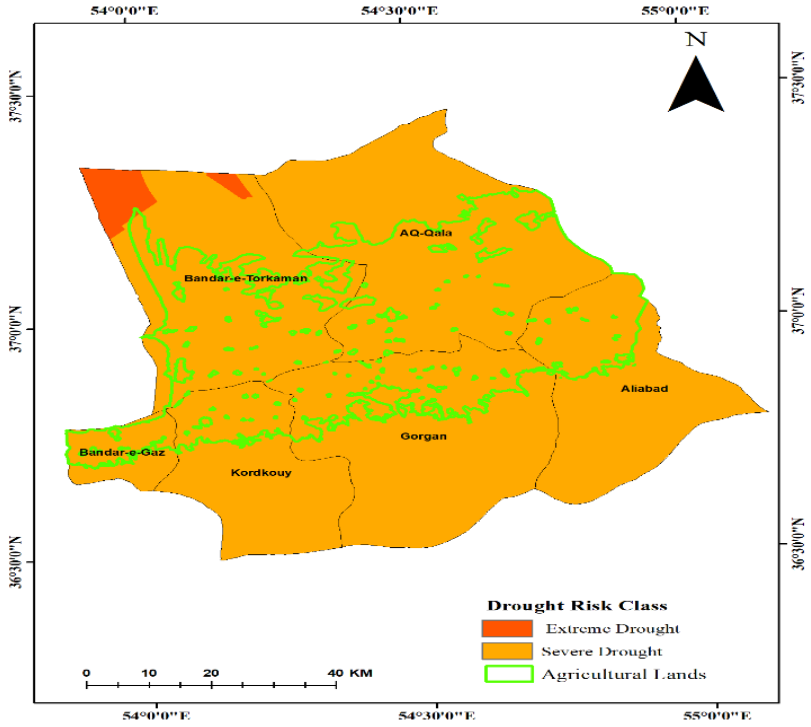
ریسک خشکسالی براساس شاخص SPI

نقشه‌های SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت ماه تنها اطلاعات شدت خشکسالی را در هر سال نشان می‌دهند. ریسک خشکسالی به آسیب‌پذیری یک منطقه نسبت به پدیده خشکسالی مرتبط است و عمدتاً با تحلیل فراوانی احتمال وقوع خشکسالی در یک دوره زمانی، مورد بررسی قرار می‌گیرد (Wilhite, 2000). بنابراین SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت‌ماه تمام 17 سال به تصاویر باینری با مقادیر 0 و 1 تبدیل شدند. ترکیب 17 لایه باینری به‌دست آمده با یکدیگر نشان داد که مقادیر پیکسل‌های نقشه فراوانی حاصل از آن در محدوده 7 تا 11 قرار داشت که نشان‌دهنده فراوانی وقوع خشکسالی در این دوره می‌باشد. باتوجه به تعریف گونفا (Gonfa, 1996) احتمال وقوع خشکسالی در یک منطقه مشخص را می‌توان به احتمال کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی کرد. از این رو اگر خشکسالی در بیش از 50 درصد دوره آماری رخ داده باشد، احتمال وقوع خشکسالی زیاد، اگر وقوع خشکسالی در 30 تا 50 درصد دوره باشد، احتمال وقوع خشکسالی متوسط و اگر در کم‌تر از 30 درصد دوره اتفاق بیافتد احتمال وقوع خشکسالی کم است. نتایج نشان داد که شش شهرستان مورد مطالعه در استان گلستان به دو منطقه خطرپذیر از نظر خشکسالی (شامل خطر شدید و خیلی شدید) طبقه‌بندی شده‌است (شکل 5). نقشه ریسک نشان می‌دهد که در دوره آماری 1379 تا 1395 بخش گسترده‌ای از منطقه مطالعاتی (حدود 98 درصد) در معرض خطر خشکسالی شدید قرار گرفته است. هم‌چنین بخش کوچکی از شمال شهرستان بندر ترکمن (حدود دو درصد از کل منطقه) خطر خشکسالی بسیار شدید را تجربه کرده‌است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شاخص SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت ماه برای نشان دادن توزیع مکانی و زمانی خشکسالی در غرب استان گلستان مؤثر بوده است. این توانایی با توجه به شناسایی خشکسالی سال 1387 توسط SPI مشخص گردید که در این سال یکی از شدیدترین خشکسالی‌های دهه اخیر رخ داده بود. باوجود وسعت نسبتاً کم استان گلستان تغییرات شرایط رطوبتی در منطقه مورد مطالعه بسیار زیاد است. در بعضی از سال‌ها درحالی‌که برخی مناطق از خشکسالی رنج می‌برده است، وضعیت رطوبتی مناطق دیگر در حد نرمال بوده‌است. با توجه به نقشه‌های گستره خشکسالی در غرب استان گلستان، دامنه نوسانات خشکسالی در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر که در وضعیت اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارند شدید می‌باشد. هم‌چنین مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از SPI سه‌ماهه منتهی به اردیبهشت ماه می‌تواند شاخص مناسبی برای شناسایی تغییرات عملکرد گندم به‌خصوص در مناطقی باشد که

بیش‌تر تحت تأثیر نوسانات خشکسالی قرار دارند. از این رو می‌توان در مدیریت ریسک خشکسالی، شاخص SPI سه‌ماهه را که شاخصی کارآمد است به‌کار گرفت و نتایج ارزشمند و قابل اعتمادی را به‌دست آورد.



شکل 5- نقشه‌های ریسک خشکسالی بر اساس SPI سه‌ماهه در طی سال‌های 1379 تا 1395 در محدوده مورد مطالعه
Fig. 5- Drought risk maps based on three-month SPI for the period of 2000-2016 in the studied area

این نتایج نشان می‌دهد که منطقه غرب استان گلستان جزء مناطقی است که در آینده فراوانی خشکسالی‌ها در آن افزایش خواهد یافت. بنابراین نظام‌های کشت وابسته به آب باران در آینده با مخاطره روبرو خواهند شد و برخی از دیم‌زارهایی که هم‌اکنون به کشت دیم محصولات مختلف اختصاص می یابند از عرصه تولید خارج خواهند شد. کاهش میزان بارش‌ها در سال‌های اخیر، پس‌روی دریا در حاشیه دریای خزر و منطقه بندر ترکمن و هم‌چنین خالی‌شدن بسیاری از اراضی زراعی از محصولات در سال‌های اخیر نشان از آن دارد که تبعات این خشکسالی‌ها دامن‌گیر شده است. بنابراین، سیاستگزاران بخش کشاورزی باید به فکر جایگزینی کشت گیاهان دارای کارایی مصرف آب بالا در سال‌های آتی باشند و هم‌چنین در خصوص افزایش زمین‌های دارای کیفیت کم و شورشدن اراضی مراقبت‌های لازم را بنمایند.

منابع

Arshad, S., Morid, S., Mobasheri, M.R., and Alikhani, M.A. 2007. Development of Agricultural Drought Risk Assessment Model for Kermanshah Province (Iran), using satellite data and intelligent methods. Proceeding of The First International Conference on Drought Management, Zaragoza, Spain, pp. 303-310.

Barua, S. 2010. Drought assessment and forecasting using a nonlinear aggregated drought index. PhD Dissertation, Victoria University, Australia.

Bazrafshan, A. 2006. Management and zoning of drought risk using standard rainfall index. 2nd International

Conference on Integrated Natural Disaster Management. (In Persian)

Bazrafshan, O., Mohseni, S.M., Malekian, A., and Moeini, A. 2011. A study on drought characteristics of Golestan province using standardized precipitation index (SPI). Iranian Journal of Range and Desert Reseach 18 (3): 395-407. (In Persian with English Summary)

Carrao, H., Naumann, G., and Barbosa, P. 2016. Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. Global Environmental Change 39: 108-124.

Chaudhari, K., and Dadhwal, V. 2004. Assessment of impact of drought-2002 on the production of major kharif and rabi crops using standardized precipitation index. Journal of Agrometeorology 6: 10-15.

Deihimfard, R., Eyni, N.H., and Haghighat, M. 2016. Zoning of drought incident in Fars province under climate change conditions using standardized precipitation index. Journal of Agroecology 7(4): 528-546. (In Persian with English Summary)

Du, L., Tian, Q., Yu, T., Meng, Q., Jancso, T., Udvardy, P., and Huang, Y. 2013. A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 23: 245-253.

Eivazi, M., and Mosaedi, A. 2011. Monitoring and spatial analysis of meteorological drought in Golestan province using geostatistical methods. Iranian Journal of Natural Resources 64(1): 65-78. (In Persian with English Summary)

Gonfa, L. 1996. Climate Classification of Ethiopia, In: Meteorological Research Report Series 3: 1-8.

Hao, C., Zhang, J., and Yao, F. 2015. Combination of multi-sensor remote sensing data for drought monitoring over Southwest China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 35: 270-283.

Heim Jr, R.R. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society 83: 1149-1165.

Iranian Space Agency. 2017. Available at Web site www.isa.ir (verified 5 September 2017). (In Persian)

Khosravi, H., Haydari, E., Shekoohizadegan, S., and Zareie, S. 2017. Assessment the effect of drought on vegetation in desert area using landsat data. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 20: S3-S12. (In Persian with English Summary)

Łabędzki, L., and Bąk, B. 2014. Meteorological and agricultural drought indices used in drought monitoring in Poland: a review. Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications II.

Loukas, A., Vasiliades, L., and Dalezios, N. 2003. Intercomparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece. Proceedings of the International Conference on Environmental Science and Technology pp. 484-491.

Manatsa, D., Mukwada, G., Siziba, E., and Chinyanganya, T. 2010. Analysis of multidimensional aspects of agricultural droughts in Zimbabwe using the Standardized Precipitation Index (SPI). Theoretical and Applied Climatology 102: 287-305.

Mathbout, S., Lopez-Bustins, J.A., Martin-Vide, J., Bech, J., and Rodrigo, F.S. 2018. Spatial and temporal analysis of drought variability at several time scales in Syria during 1961–2012. Atmospheric Research 200: 153-168.

McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society Boston, MA, pp. 179-183.

Mirabbasi, R., Anagnostou, E.N., Fakheri-Fard, A., Dinpashoh, Y., and Eslamian, S. 2013. Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the Joint Deficit Index. Journal of Hydrology 492: 35-48. (In Persian with English Summary)

Mishra, A.K., and Singh, V.P. 2011. Drought modeling–A review. Journal of Hydrology 403: 157-175.

Mkhabela, M., Bullock, P., Gervais, M., Finlay, G., and Sapirstein, H. 2010. Assessing indicators of agricultural drought impacts on spring wheat yield and quality on the Canadian prairies. Agricultural and Forest Meteorology 150: 399-410.

Moradi, P. 2014. Drought trend study using climatic indices and remote sensing data in Golestan province. Master's Thesis, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Mosaedi, A., KhaliliZadeh, M., and Mohammadi, O.A. 2008. Drought monitoring in Golestan province.Final report from Research Project, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. p. 17. (In Persian with English Summary)

Naresh Kumar, M., Murthy, C., Sesha Sai, M., and Roy, P. 2012. Spatiotemporal analysis of meteorological drought

variability in the Indian region using standardized precipitation index. Meteorological Applications 19: 256-264.

Patel, N., Chopra, P., and Dadhwal, V. 2007. Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index. Meteorological Applications 14: 329-336.

Potop, V., Türkott, L., Kožnarová, V., and Možný, M. 2010. Drought episodes in the Czech Republic and their potential effects in agriculture. Theoretical and Applied Climatology 99: 373-388.

Quiring, S.M., and Ganesh, S. 2010. Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas. Agricultural and Forest Meteorology 150: 330-339.

Sarabi, S., Heshmatpour, A., Komaki, B., and Tahmasebi, A. 2015. Relationship between MODIS vegetation indices and drought in northern rangelands of Golestan province. Iranian Journal of Range and Desert Research 22: 392-405. (In Persian with English Summary)

Sarhadi, A., Soltani, K.S., and Modares, R. 2008. The analysis of drought extension over Isfahan province based on four drought indices. Iranian Journal of Natural Resources Research 61(3): 555-570. (In Persian with English Summary)

Shahabfar, A., Ghulam, A., and Eitzinger, J. 2012. Drought monitoring in Iran using the perpendicular drought indices. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 18: 119-127.

Shahid, S. 2008. Spatial and temporal characteristics of droughts in the western part of Bangladesh. Hydrological Processes 22: 2235-2247.

Son, N., Chen, C., Chen, C., Chang, L., and Minh, V. 2012. Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 18: 417-427.

Subash, N., Mohan, H.R., and Banukumar, K. 2011. Comparing water-vegetative indices for rice (*Oryza sativa* L.)–wheat (*Triticum aestivum* L.) drought assessment. Computers and Electronics in Agriculture 77: 175-187.

Tabouzadeh, S., Zarei, H., and Bazrafshan, O. 2014. Analysis of severity, duration, frequency and zoning map of meteorological drought of Bakhtegan river basin. Journal of Irrigation Sciences and Engineering 38: 109-123. (In Persian with English Summary)

Tsakiris, G., Pangalou, D., and Vangelis, H. 2007. Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). Water Resources Management 21: 821-833.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., and López-Moreno, J.I. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate 23: 1696-1718.

Vicente-Serrano, S.M., Cuadrat-Prats, J.M., and Romo, A. 2006. Early prediction of crop production using drought indices at different time-scales and remote sensing data: application in the Ebro Valley (north-east Spain). International Journal of Remote Sensing 27: 511-518.

Wilhite, D.A. 2000. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. Routledge Publishers: London, U.K., pp. 3–18.

Wilhite, D.A., Svoboda, M.D., and Hayes, M.J. 2007. Understanding the complex impacts of drought: a key to enhancing drought mitigation and preparedness. Water Resources Management 21: 763-774.

Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., and Khan, F.I. 2011. A review of drought indices. Environmental Reviews 19: 333-349.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1069-1084

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1084-1069

Spatial and Temporal Monitoring of Agricultural Drought in the Wheat Cultivated Area using Standard Precipitation Index (Case Study: West of Golestan Province)

P. Alizadeh[1], B. Kamkar[2]*, S. Shataee[3] and H. Kazemi[4]

Submitted: 22-05-2018
Accepted: 29-07-2018

Alizadeh, P., Kamkar, B., Shataee, S., and Kazemi H. 2019. Spatial and temporal monitoring of agricultural drought in the wheat cultivated area using standard precipitation index (Case study: West of Golestan Province). Journal of Agroecology. 11(3): 1069-1084.

Introduction

Drought is not a characteristic of a region and may occur in any weather regime. Therefore, reasonable management is required to deal with this natural disaster which can be creating a management system and providing accurate information at different time scales. Meteorological, agricultural, hydrological and socioeconomic drought are defined based on lack of rainfall, lack of soil moisture, shortage of rivers stream and the shortage of some commodities affected by the drought trend. One of the effective methods for analyzing various kinds of drought is the evaluation of drought indices, which aims to provide a simple and quantitative assessment of drought characteristics. The purpose of this research is to investigate the Spatial and temporal monitoring of agricultural drought in the Wheat cultivated area using standard precipitation index in west of Golestan province.

Material and Methods

In this research, in order to monitor the spatial and temporal distribution of drought in the years of 2000 to 2016 in AQ-Qala, Ali Abad, Gorgan, Bandar-e- Gaz, Bandar-e- Torkaman and Kordkouy counties, 15 meteorological stations with common statistical database (1984 to 2016) were used to estimate the rainfall. After calculating the standard precipitation index (hereafter SPI) and more reliable correlation of May's three-month SPI index (hereafter SPI_3) with the mean wheat yield, this index was zoned with ordinary Kriging interpolation method and then drought was assessed. In order to prepare a drought risk map, SPI3 rasters were reclassified as binary (BOOLEAN) for a time span of 17 years (2000 to 2016). Then, a map of the drought frequency was provided by the overlaying of Boolean maps. Using drought frequency maps of the SPI index, a final agricultural drought risk map was generated.

Results and Discussion

In 2000, 88% of the total area were affected by moderate drought and another 12% (the majority of which was in Aliabad) was affected by moderate classes of drought. But in 2007 and 2016 there was no drought in the investigated counties. In this research, by studying the drought severity and drought risk maps, it was clarified that the SPI index was an effective index in evaluating the drought patterns in different temporal and spatial scales and during drought periods. Also, the results showed that six studied counties in Golestan Province were classified into two risky drought areas (including severe and extreme classes). Risk map showed that in the applied statistical time period (2000 to 2016), an extensive part of the study area (about 98%) is at extreme risk class. Also, a small northern part of the Bandar-e-Torkaman (about 2% of the total area) has experienced an

1, 2 and 4- Ph.D. student, Professor and Associate Professor of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.
3- Assisstant Professor of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: kamkar@gau.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72931

extreme drought. In fact, the magnitude of the drought range in this region is greater due to coexistence with the Turkmen desert and its dry and semiarid weather conditions, which leads to a potential for drought sensitivity.

Conclusion

The results revealed a positive correlation between wheat yield and SPI3 in AQ-Qala, Ali Abad, Gorgan, Bandar-e- Gaz, and Kordkouy counties. The effect of meteorological drought on the crop production can be a concern (especially in drought-prone areas) and suggests that SPI3 can be helpful for predicting drought-induced yield loss. These results indicate that the western region of Golestan province is one of the areas where droughts will increase in the future. Therefore, rain-fed cropping systems will be in danger in the future, and some of the agroecosystems currently dedicated to the cultivation of rain-fed products will be excluded from the production process. rainfall reduction in recent years, has been led to retreat the Caspian Sea in Bandar-e-Torkaman area, as well as the eliminating of many crops in recent years, which reveals that the consequences of these droughts have been emerged. Therefore, agricultural policy makers need to consider the replacement of crops with high efficient water usage instead of current ones in cropping patterns in the coming years, as well as be concerned more about land salinization.

Keywords: Drought risk, Drought severity, SPI Index, Yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1104-1085

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1085-1104

ارزیابی اثر نظام‌های خاک‌ورزی برجنبه‌های زراعی کشت مخلوط تأخیری چای ترش (*Hibiscus Subdariffa* L.) و سویا (*Glycine max* L.)

فریبا سابقی‌نژاد[1]، مهدی دهمرده[2*]، محمدرضا اصغری‌پور[2]، عیسی خمری[3] و زیباسوری نظامی[4]

تاریخ دریافت: 1396/08/11
تاریخ پذیرش: 1397/05/16

سابقی‌نژاد، ف.، دهمرده، م.، اصغری‌پور، م.ر.، خمری، ع.، و نظامی، ز. 1398. ارزیابی اثر نظام‌های خاک‌ورزی برجنبه‌های زراعی کشت مخلوط تأخیری چای ترش (*Hibiscus Subdariffa* L.) و سویا (*Glycine max* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11(3): 1104-1085.

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر نظام‌های خاک‌ورزی بر جنبه‌های زراعی کشت مخلوط تأخیری چای ترش (*Hibiscus Subdariffa* L.) و سویا (*Glycine max* L.) آزمایشی در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی مرکز تحقیقات جنوب استان کرمان واقع در شهرستان جیرفت در سال زراعی 1395، به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی در سه سطح شامل خاک‌ورزی بدون شخم، شخم حداقل (دیسک) و شخم رایج (گاوآهن و دیسک) و عامل فرعی نسبت‌های افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط چای ترش و سویا در هشت سطح شامل:کشت خالص چای ترش، کشت خالص سویا، 50 درصد چای ترش + 50 درصد سویا، 75 درصد چای ترش + 25 درصد سویا، 25 درصد چای ترش + 75 درصد سویا، 100 درصد چای ترش + 50 درصد سویا، 100 درصد سویا + 50 درصد چای ترش، 100 درصد چای ترش + 100 درصد سویا، در نظر گرفته شد (تراکم پایه دو گیاه در کشت خالص 20000 بوته در هکتار می‌باشد). نتایج نشان داد تأثیر نظام‌های شخم و نسبت‌های مختلف کاشت بر تعداد غوزه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد زیست‌توده، عملکرد کاسبرگ خشک، شاخص کلروفیل برگ، آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش و پروتئین سویا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که خاک‌ورزی بدون شخم در صفات تعداد غوزه (271/8 عدد در بوته)، عملکرد زیست‌توده (20/1 تن در هکتار)؛ عملکرد کاسبرگ خشک (1/16 تن در هکتار) و میزان آنتوسیانین در گیاه چای ترش (4/7 میکرومول بر گرم) نسبت به شخم رایج برتر بود. بیش‌ترین نسبت برابری زمین (3/78) از نسبت کشت 100درصد سویا +50 درصد چای ترش به‌دست آمد. هم‌چنین کشت مخلوط و خاک‌ورزی بدون شخم و شخم حداقل باعث افزایش عملکرد کاسبرگ چای ترش (1/51 تن در هکتار) و دانه سویا (2/98 تن در هکتار) شد، لذا با اجرای آن می‌توان باعث پایداری اکوسیستم زراعی گردید.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، درصد پروتئین، شخم حداقل، شخم رایج، عملکرد زیست‌توده

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت جهان، باعث بهره‌برداری بی‌رویه و در نتیجه تخریب منابع طبیعی شده از طرفی محدود بودن اراضی مناسب کاشت و به دنبال آن، نیاز مبرم به افزایش تولیدات غذایی، موجب ضرورت افزایش عملکرد گیاهان زراعی به‌منظور پاسخ به این تقاضای روز افزون منابع غذایی شده است (Javanshir et al., 2000). کشاورزی متداول بر پایه دو هدف در ارتباط با هم یعنی به بیشینه رساندن توأم تولید و درآمد بنا نهاده شده است (Nasiri Mahallati et al., 2011).

1، 2 و 3- دانشجوی دکتری، دانشیار، و استادیارگروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
4- استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.68442

با افزایش دانش کشاورزی، به استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار بیش‌تر توجه شده است (Goulding et al., 2008). لزوم به‌کارگیری نظام‌های کشاورزی پایدار به‌ویژه در زمین‌های زراعی قاره‌های آسیا، اروپا و آمریکای شمالی که چالش توسعه زمین‌های قابل کشت را دارند اهمیت بیش‌تری دارد، بنابراین، استفاده از کشت مخلوط در چنین کشتزارهایی می‌تواند به‌عنوان رهیافت کشاورزی بوم‌شناختی (اگرواکولوژی) مطرح باشد (Koocheki et al., 2007). از اجزای کشاورزی پایدار می‌توان نظام جنگل زراعی، مدیریت تلفیقی آفات، تناوب زراعی، شخم حفاظتی و کشت مخلوط را نام برد.

با وجود اینکه نظام‌های کشت مخلوط از گذشته‌های دور به‌عنوان کشت سنتی رواج داشته است، امروزه نیز مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است (Ghanbari, 2000). کاشت هم‌زمان دو یا چند محصول زراعی در یک مزرعه در طول یک فصل زراعی کشت مخلوط نامیده می‌شود. کشت مخلوط ردیفی یکی از روش‌های رایج نظام‌های چند کشتی است که به‌صورت گسترده برای متنوع ساختن کشت در ابعاد مکانی و زمانی استفاده می‌شود (Agegnnehu et al., 2007). از مهم‌ترین سودمندی‌های کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به‌دلیل استفاده بهتر از عامل‌های محیطی مانند، آب، نور و مواد غذایی موجود در خاک است کشت مخلوط زمانی سودمند خواهد بود که منابع محیطی مورد نیاز گونه‌ها به‌طور مناسبی در مکان و زمان متفاوت توزیع شده باشند. یکی از روش‌های افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، کشت مخلوط به‌صورت تأخیری است.کشت مخلوط تأخیری، کشت هم‌زمان دو یا چند گیاه است که گیاهان همراه، تنها در بخشی از دوره رشدونمو با یکدیگر تداخل داشته باشند، در این نوع سیستم، در مرحله زایشی گیاه اول، کاشت گیاه دوم انجام می‌گیرد (Banik et al., 2006). مزیت کشت تأخیری در زمینه کاهش رقابت بین گیاهان است، زیرا عمده تقاضای موجود برای منابع در زمان‌های مختلفی رخ می‌دهد (Zhang et al., 2007). بنابراین به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از این نظام مخلوط به‌دلیل رشد دو گونه در زمان‌های به نسبت متفاوت ممکن است موجب افزایش کارایی جذب و مصرف نهاده‌ها شده و از این رو، بهره-گیری بیش‌تر از منابع محیطی را موجب می‌شود (Nelson et al., 2010).

چای ترش با نام علمی (*Hibiscus sabdariffa* L.) متعلق به خانواده پنیرکیان[1] است و به‌طور عمده کاسبرگ آن به‌عنوان دارو قابلیت استفاده دارد. کاسبرگ‌ها اسیدهای آلی اگزالیک، مالیک، سیتریک و تاتاریک و هم‌چنین ویتامین C، پروتئین وآنتوسیانین دارند (Ahmad et al., 2011). کنجاله آن را به‌عنوان یک منبع خوب پروتئینی می‌توان در تغذیه طیور استفاده کرد.

سویا گیاهی است یکساله از خانواده بقولات[2] که جهت تولید روغن و پروتئین و سایر فرآورده‌های جنبی کشت می‌گردد، سویا سرشار از مواد مغذی و دارای پروتئین‌های گیاهی، الیگوساکاریدها، فیبرهای خوراکی، و مواد معدنی نظیر کلسیم، آهن و ویتامین E می‌باشد که یکی از آنتی‌اکسیدان‌هاست و میزان چربی اشباع شده آن نیز پایین است (Latifi, 1993).

پژوهشگران در بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivam* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) اعلام کردند که الگوهای مختلف کشت مخلوط عملکردهای بالاتری نسبت به کشت خالص این دو گیاه داشتند که این امر می‌تواند به‌دلیل بهبود کارایی منابع در کشت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی باشد (Ghanbari– Bonjar & Lee, 2002). نتایج برخی بررسی‌های انجام شده در زمینه کشت مخلوط در لوبیا چشم بلبلی (*Vigna mguiculata* L.) و سورگرم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) (Zand & Ghafari Khaligh, 2002)، ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) (Tsubo et al., 2004; Dahmardeh, 2010)، سویا (*Glycine max* L.) و کاساوا (*Manihot esculenta* L.) (Mbah et al., 2008)، جو (*Hordeum vulgar* L.)، عدس (*Lens culinaris* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) (Nilson et al., 2003; Intekab, 2008)، گندم و نخود (Banik et al., 2008) و گندم و (*Triticum aestivum* L.)، پنبه (*Gossypium* sp.) (Zhang et al., 2007) بیانگر بهبود کمّی و کیفی محصولات مورد بررسی و افزایش نسبت برابری سطح زمین است. در بررسی کشت مخلوط تأخیری گندم- ذرت و گندم- سویا مشاهده شد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در کشت مخلوط در مقایسه با خالص افزایش یافت و در تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیش‌تر از یک به دست آمد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود (Li et al., 2001). در بررسی کشت مخلوط تأخیری ذرت و سویا

1- Malvaceae

2- Fabaceae

مشاهده شده است که عملکرد دانه سویا در کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل استفاده بهینه از منابع محیطی نسبت به کشت خالص افزایش یافت (Xiang et al., 2012). خاک‌ورزی متداول به‌عنوان عاملی که فرسایش خاک را تسریع کرده، ذخیره کربن را کاهش داده و در تخریب ساختمان خاک نقش دارد، امروزه با چالش جدی روبه رو شده است. نگهداری میزان کافی از بقایای گیاهی، به‌عنوان راه‌حل مؤثری به‌منظور رویارویی با تهدیدهای کیفیت خاک، تأکید شده است(Zakeri & Kazemi, 2006). خاک‌ورزی حفاظتی با کاهش انرژی مصرفی و فرسایش خاک و هم‌چنین افزایش توان تولیدی و حاصلخیزی خاک به‌ویژه در دو دهه اخیر مورد توجه پژوهشگران بوده است .(Tobeh, 1999; Kazemi et al., 2016) وجود بقایای سطح سبب افزایش رطوبت (Mohammadi et al., 2009)، بهبود کارایی مصرف آب (Gharamanyan et al., 2010)، کاهش دمای خاک (Azad Shahraki et al., 2010)، کاهش تبخیر و رواناب (Ghanaryan -Alavijeh et al., 2014)، افزایش عملکرد (Safari et al., 2013)، افزایش فعالیت قارچ ریشه (میکوریزا) و فسفات قابل جذب گیاه (Mohammadi et al., 2009) و در بلندمدت باعث افزایش ماده آلی خاک به‌عنوان منبع نیتروژن مورد نیاز گیاه و کاهش هزینه کود نیتروژن می‌شود (Katsvario & Cox, 2000). مبنای انتخاب دو گیاه چای ترش و سویا به‌دلیل اعماق ریشه‌دهی متفاوت، سایه‌دوست و آفتاب‌دوست بودن، تثبیت نیتروژن در سویا و خواص درمانی چای ترش و نیازهای نوری متفاوت این دو گیاه با یکدیگر بود.

هدف از این تحقیق ارزیابی عملکرد کمّی و کیفی چای ترش و سویا در نظام‌های مختلف خاک‌ورزی و در شرایط کشت مخلوط سری‌های جایگزینی و افزایشی در شرایط آب‌وهوایی جیرفت بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات جنوب استان کرمان شهرستان جیرفت واقع در فاصله 245 کیلومتری مرکز استان کرمان و در جنوب شرقی کشور اجرا شد. آب و هوای منطقه بر پایه طبقه‌بندی کوپن جزء مناطق گرم‌وخشک می‌باشد. پیش از آغاز آزمایشات به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش چند نمونه به‌صورت تصادفی از عمق 30-0 سانتی‌متری تهیه و نمونه‌ها در آزمایشگاه تجزیه شدند (جدول 1).

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل خاک‌ورزی بدون شخم، شخم حداقل (دیسک) در یک نوبت و تا عمق 15 سانتی‌متر، شخم رایج (گاوآهن و دیسک) در یک نوبت و تا عمق 35 سانتی‌متر صورت گرفت و عامل فرعی شامل کشت خالص چای ترش، خالص سویا، 50 درصد چای ترش+ 50 درصد سویا، 75 درصد چای ترش+ 25 درصد سویا، 25 درصد چای ترش+ 75 درصد سویا، 100 درصد چای ترش+ 50 درصد سویا، 100درصد سویا+50 درصد چای ترش، 100 درصد چای ترش + 100 درصد سویا بود (تراکم پایه دو گیاه در کشت خالص 20000 بوته در هکتار می‌باشد).

کشت مخلوط به‌صورت ردیفی (یک ردیف سویا و یک ردیف چای ترش) و برای هر تیمار چهار خط به طول سه متر انتخاب گردید. فاصله بین دو ردیف در تمام تیمارها یکسان و یک متر در نظر گرفته شد. در کشت خالص سویا و چای ترش فاصله بین دو بوته روی ردیف برای هر یک از گیاهان 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بر اساس نسبت کاشت فقط فاصله بین دو بوته روی ردیف تغییر داده شد. به‌عنوان مثال، در کشت مخلوط 100 درصد چای ترش به‌علاوه 100 درصد سویا فاصله دو بوته روی ردیف برای سویا و برای چای ترش 25 سانتی‌متر بود. تعداد بوته سویا و چای ترش در کشت خالص 24 بوته بود (طول هر خط سه متر و با فاصله دو بوته روی ردیف 50 سانتی‌متر و تعداد چهار خط). بذر چای ترش از مدیریت جهاد کشاورزی دلگان و بذر سویا از مرکز تحقیقات اهواز تهیه شد. آماده‌سازی زمین در اردیبهشت ماه سال 1395 بر پایه سه نوع نظام عملیات خاک‌ورزی، خاک‌ورزی بدون شخم، شخم حداقل (دیسک)، شخم رایج (گاوآهن و دیسک) انجام شد.کاشت بذرهای چای ترش در20 اردیبهشت ماه به‌صورت کپه‌ای و در عمق 2-1 سانتی‌متر و بذرهای سویا در 20 مرداد ماه زمانی که رشد رویشی گیاه چای ترش به پایان رسید (سه ماه بعد از کاشت گیاه اول) به‌صورت کپه‌ای و در عمق سه سانتی‌متری خاک روی خط داغ‌آب پشته‌ها انجام و روی بذرها با خاک نرم پوشیده شد. روش آبیاری به‌صورت جوی و پشته (نشت آب از داخل جوی به‌سمت محل قرارگیری بذر روی پشته) و به‌طور میانگین هر سه روز یک‌بار انجام گرفت. برداشت گیاه سویا در 28 آبان ماه و گیاه چای ترش یک ماه بعد از آن، پس از رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت. در زمان برداشت گیاه چای ترش و سویا با رعایت حذف اثر حاشیه، پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی

انتخاب و غوزه‌ها و غلاف های موجود شمارش شد، سپس میـانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد غوزه در بوته برای هر تیمار چای تـرش و تعـداد غلاف برای گیاه سویا ثبت شد. به‌منظور عملکرد کاسبرگ چای ترش، پس از رسیدگی کامل و با رعایت حذف اثر حاشیه از کرت به اندازه دو متر مربع گیاهان از دو تا سه سانتی‌متری زمین بریده و کاسبرگ را از غوزه جدا، نمونه‌ها در سایه به‌مـدت دو هفتـه خشـک و سـپس وزن شدند. برای گیاه سویا پس از رسیدن کامل گیاه با در نظر گرفتن اثـر حاشیه‌ای، بذرهای دو متر مربع از هر کـرت تـوزین و عملکـرد دانـه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل در برگ گیـاه چـای ترش و سویا در دو مرحله رشدی (ساقه‌دهـی و قبـل از برداشـت) بـا استفاده از دستگاه Hansatech مدل SL-01 و پروتئین گیاه سویا بـا استفاده از روش برادفورد (Bradford, 1976) و آنتوسیانین موجود در کاسبرگ چای ترش بـا روش واگنـر (Wagner, 1979) تعیـین شـد (معادله 1). جهت محاسبه ضریب خاموشی (ε) 33000 سانتی‌متر بـر مول در نظر گرفته شد. در ایـن معادلـه، A: عـدد اسـپکتوفتومتر، b: عرض کووت و c: غلظت مورد نظر (میکرو مول برگرم وزن تر گیـاه) می‌باشد.

معادله (1)

$$A = (\varepsilon)\, bc$$

$$C = A/(3000/b)$$

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table1- Soil physical and chemical characteristics of the experimental site

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل جذب Available P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Available K ($mg.kg^{-1}$)
لوم– شنی Sandy- loam	8.3	2.21	0.017	9.4	229

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های کمی در گیاه چای ترش تحت تأثیر نظام های شخم و نسبت های مختلف کشت با سویا

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for quantitative characteristics of the Roselle by tillage systems and different planting ratios with soybean

		میانگین مربعات Means of squares				
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غوزه (دربوته) No. of bolls (per plant)	عملکرد کاسبرگ خشک Dry sepal yield	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll	آنتوسیانین Anthocyanin
تکرار Replication	2	35.4740^{**}	0.002^{ns}	5.39^{ns}	22.34^{ns}	0.42^{ns}
سیستم شخم Tillage system (A)	2	2.2763^{**}	0.79^{**}	188.34^{**}	579.94^{**}	5.81^{**}
خطای اصلی Error (a)	4	44.1076	0.02	11.51	4.29	0.29
کشت مخلوط (B) Intercropping system (B)	6	06.30116^{**}	1.5^{**}	484.8^{**}	40.2^{**}	3.42^{**}
A×B	12	03.13307^{**}	0.33^{**}	60.71^{**}	35.21^{**}	17.42^{**}
خطای فرعی Error (b)	36	82.457	0.04	9.15	8.56	0.68
ضریب تغییرات C.V (%)		8.07	23.73	18.17	10.76	19.7

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد.

^{ns}, * and **: are no significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جهت ارزیابی کشت مخلوط شاخص نسبت برابری زمین[1] (LER)

بر اساس عملکرد اقتصادی طبق معادله 2 محاسبه شد (Gliessman, 1997).

معادله (2) $$LER=\frac{Ypi}{Ymi}$$

که در این معادله، Y_{pi}: عملکرد هر گیاه در کشت مخلوط و Y_{mi}: عملکرد هر گیاه در کشت خالص بود.

تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه 9/1 انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد غوزه در بوته گیاه چای ترش وغلاف سویا

تعداد غوزه در بوته چای ترش و غلاف سویا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم‌های مختلف شخم و نسبت‌های مختلف کاشت و بر هم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول‌های 2 و 3). بیش‌ترین تعداد غوزه در بوته چای ترش در سیستم بدون شخم وغلاف سویا مربوط به سیستم شخم حداقل و رایج بود (جدول‌های 6 و 7). عدم به هم زدن خاک و وجود بقایا در سطح خاک می‌تواند مانع اتلاف شدید رطوبت خاک شده و فرصت کافی برای استفاده ریشه‌ها از نیتروژن خاک را فراهم سازد (Cook & Haugulanld, 1991) این موضوع در نهایت، به افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد غوزه و یا تعداد دانه بیش‌تری می‌انجامد این یافته با نتایج دیگر پژوهشگران هم‌خوانی داشت (Emam et al., 2000).

مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت نشان داد، بیش‌ترین تعداد غوزه از کشت مخلوط 50 درصد چای ترش+ 100 درصد سویا (349/63 عدد در بوته) و کم‌ترین غوزه از کشت خالص چای ترش (196/6 عدد در بوته) به‌دست آمد (جدول 6) و بیش‌ترین غلاف در بوته سویا از نسبت کشت مخلوط 75 درصد سویا + 25 درصد چای ترش (14/44 عدد در بوته) که با کشت خالص سویا (13/12 عدد در بوته) در یک گروه آماری قرار داشتند و کم‌ترین غلاف در بوته سویا از نسبت کشت مخلوط 25 درصد سویا + 75 درصد چای ترش (9/9 عدد در بوته) به‌دست آمد (جدول 7). نظری و همکاران (Nazari et al., 2011) در کشت مخلوط ماش و ذرت گزارش کردند که کشت خالص ماش نسبت به کشت مخلوط تعداد غلاف در بوته بیش‌تری داشت، محققان دلیل افزایش تعداد غلاف در این تیمار را کاهش رقابت درون‌گونه‌ای عنوان کردند.

معنی‌دار بودن اثر متقابل عامل اصلی در عامل فرعی و اینکه اختلاف بین سیستم‌های شخم به اینکه نسبت کشت مخلوط کدام باشد بستگی دارد. با توجه به اینکه آزمایش مورد استفاده از نوع اسپلیت پلات می‌باشد، بنابراین فقط مقایسه میانگین سطوح عامل فرعی در هر سطح عامل اصلی قابل انجام می‌باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل نشان‌دهنده واکنش متفاوت نسبت‌های کشت مخلوط به سیستم‌های مختلف شخم می‌باشد (جدول 4). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که در بین سیستم‌های شخم، شخم رایج اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین دانه در بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نشان نداد. به‌عبارتی سیستم شخم رایج نسبت به کاربرد انواع کشت مخلوط بر میزان پروتئین بذر اثری نداشت. سیستم‌های شخم حداقل و بدون شخم در نسبت‌های کشت مخلوط در مورد تمام صفات معنی‌دار بود (جدول 4). در جدول برش‌دهی اثرات عامل فرعی در هر سطح عامل اصلی مشاهده گردید که استفاده از شخم حداقل در نسبت کاشت مخلوط100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش دارای بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد غلاف در گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا داشت (جدول 5).

مقایسه میانگین برهم‌کنش (سیستم‌های شخم x سیستم کاشت) نشان داد که تیمار حداقل شخم با کشت مخلوط 50 درصد چای ترش + 100 درصد سویا، بیش‌ترین تعداد غوزه چای ترش (442/57 عدد در بوته) و در تیمار حداقل شخم با کشت مخلوط 75 درصد سویا x 25 درصد چای ترش (23/06 عدد در بوته) بیش‌ترین تعداد غلاف سویا به‌دست آمد (جدول‌های 6 و7).

وزن هزاردانه گیاه سویا

وزن هزار دانه گیاه سویا تحت تأثیر سیستم‌های شخم و نسبت‌های مختلف کشت و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین وزن هزار دانه از سیستم شخم رایج (89/85 گرم) و کم‌ترین از سیستم حداقل شخم (88/05 گرم) به‌دست آمد (جدول 7). سیستم‌های شخم مرسوم در مقایسه با سیستم‌های حداقل و بدون شخم از دمای خاک بیش‌تری برخوردار بوده و لذا می‌تواند به‌طور غیرمستقیم در تولید زیست‌توده بیش‌تر در

1- Land Equivalent Ratio

گیاه و تأمین بهتر اسیمیلات مورد نیاز دانه در مراحل بعدی رشد (پـر شدن دانه) تأثیر مثبت داشته باشد که با نتایج تحقیقـات گورسـوی و همکاران (Gursoy et al., 2000) مبنی بر تـأثیر معنـی‌دار شـخم و سال گزارش شده توسط گیل و اولاخ (Gill & Aulakh, 1990) بـر وزن هزار دانه گندم مطابقت دارد.

جدول3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های کمی در گیاه سویا تحت تأثیر نظام های شخم و نسبت های مختلف کشت

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for quantitative characteristics of the soybean by tillage systems and different planting ratio

		میانگین مربعات Means of squares					
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته No. pods per plant	وزن هزاردانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll	میزان پروتئین Protein content
تکرار Replication	2	6.22^{*}	0.56^{*}	0.01^{ns}	0.35^{ns}	2.76^{ns}	12.48^{ns}
سیستم شخم Tillage system (A)	2	84.23^{**}	17.06^{**}	0.003^{ns}	6.88^{**}	0.62^{ns}	33.15^{*}
خطای اصلی Error (a)	4	4.92	0.09	0.01	1	1.65	7.39
کشت مخلوط (B) Intercropping system (B)	6	23.13^{**}	1.64^{**}	6.46^{**}	84.15^{**}	19.69^{**}	44.15^{**}
A×B	12	29.91^{**}	11.88^{**}	0.02^{ns}	6.6^{**}	4.2^{**}	54.66^{**}
خطای فرعی Error (b)	36	1.99	0.14	0.02	0.45	1.18	10.65
ضریب تغییرات C.V (%)		12.13	0.42	8.78	10.83	10.31	8.9

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد.

^{ns}, * and **: are no significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول 4- میانگین مربعات برش‌دهی اثر عامل فرعی (سیستم‌های کشت مخلوط) در هر عامل فرعی (سیستم های شخم)

Table 4- Means of squares for slice of effect of sub plot (intercropping systems) with main plot (tillage system)

سیستم شخم Tillage systems	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	شاخص کلروفیل Leaf chlorophyll	میزان پروتئین Protein content	تعداد غلاف در گیاه Pods no. per plant
شخم رایج Conventional tillage	6	6.38^{**}	1.92^{**}	31.30^{**}	10.59^{**}	11.64^{ns}	17.77^{**}
شخم حداقل Minimum tillage	6	7.54^{**}	2.34**	46.07^{**}	11.84^{**}	86.03^{**}	52.52^{**}
بدون شخم No tillage	6	11.48^{**}	2.24^{**}	19.98^{**}	5.75^{**}	55.81^{**}	12.66^{**}

^{ns} و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد.

^{ns} and ** are no significant, significant at 1% probability level, respectively.

جدول 5- مقایسه میانگین برش‌دهی اثر متقابل سطوح نسبت‌های مختلف کشت مخلوط (B) برای هر سطح سیستم شخم (A)

Table 5- Mean comparisons for means slice of interaction different planting ratios of intercropping (B) for level of tillage systems (A)

سیستم شخم Tillage system	نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio	تعداد غلاف در بوته No. of pods per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)	عملکرد اقتصادی (دانه) Seed yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد زیست‌توده Biomass yield ($t.ha^{-1}$)	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll	میزان پروتئین Protein content ($mg.100g^{-1}$)
شخم رایج Conventional tillage	خالص سویا Sole soybean	13.66[a]	90.05[a]	1.53[c]	3.94[d]	10.43[b]	38.98[a]
	50 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 50% soybean + 50% roselle	11.60[a]	87.03[b]	1.45[c]	3.33[d]	9.34[b]	38.85[a]
	25 درصد سویا+ 75 درصد چای ترش 25% soybean + 75% roselle	8.26[b]	89.85[a]	0.71[d]	2.45[e]	14.35[a]	37.57[a]
	75 درصد سویا+ 25 درصد چای ترش 75% soybean + 25% roselle	7.66[b]	87.39[b]	2.19[b]	6.74[c]	9.32[b]	33.30[b]
	100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 100% soybean +50% roselle	8.50[b]	90.87[a]	3.02[a]	11.47[a]	8.64[b]	38.34[a]
	50 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش 50% soybean +100% roselle	11.50[a]	88.69[b]	1.52[c]	4.76[d]	10.47[b]	36.34[a]
	100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 100% soybean +50% roselle	7.40[b]	87.97[b]	2.68[b]	8.58[b]	9.94[b]	37.29[a]
شخم حداقل Minimum tillage	خالص سویا Sole Soybean	12.50[a]	85.67[b]	1.41[c]	5.76[d]	14.35[a]	35.32[b]
	50 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 50% soybean + 50% roselle	12.50[a]	87.06[a]	1.44[c]	5.64[d]	9.00[c]	48.76[a]
	25 درصد سویا+ 75 درصد چای ترش 25% soybean + 75% roselle	10.40[b]	88.40[a]	0.71[d]	1.67[f]	11.72[b]	33.92[b]
	75 درصد سویا+ 25 درصد چای ترش 75% soybean + 25% roselle	12.06[b]	86.84[a]	2.39[b]	7.35[c]	9.82[c]	37.07[b]
	100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 100% soybean +50% roselle	12.90[a]	88.83[a]	2.98[a]	9.25[b]	10.56[b]	32.66[b]

	50 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش 50% soybean +100% roselle	12.20[a]	89.73[a]	1.33[c]	4.36[e]	8.32[c]	35.98[b]
	100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 100% soybean +50% roselle	12.86[a]	89.88[a]	2.94[a]	13.95[a]	10.67[b]	38.84[b]
	خالص سویا Sole Soybean	13.20[a]	92.10[a]	1.45[c]	4.29[c]	11.44[b]	25.81[b]
	50 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 50% soybean + 50% roselle	8.80[b]	90.65[b]	1.38[c]	5.51[b]	9.56[c]	34.74[a]
	25 درصد سویا+ 75 درصد چای ترش 25% soybean + 75% roselle	11.03[a]	87.49[b]	0.67[d]	2.49[d]	13.31[a]	36.27[a]
	75 درصد سویا+ 25 درصد چای ترش 75% soybean + 25% roselle	12.60[a]	91.82[a]	2.30[b]	6.36[b]	10.20[b]	37.62[a]
بدون شخم No tillage	50 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش 50% soybean +100% roselle	9.66[b]	87.11[b]	2.93[a]	6.99[b]	10.54[b]	38.12[a]
	100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 100% soybean +50% roselle	9.80[b]	89.56[b]	1.38[c]	4.56[c]	9.10[c]	37.84[a]
	50 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش 50% soybean +100% roselle	14.26[a]	90.18[b]	2.91[a]	10.64[a]	10.52[b]	36.06[a]
	100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 100% soybean +50% roselle						

*در هر ستون میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means in each column follow by similar Letter(s) are not significantly different at 5% Probability Level, using Duncan's Multiple Range Test.

جدول 6- مقایسه میانگین ویژگی‌های کمّی چای ترش تحت تأثیر نظام‌های شخم و نسبت‌های مختلف کشت و اثر متقابل آن‌ها

Table 6- Mean comparisons of quantitative characteristics of the Roselle by tillage systems and different planting ratio and its interaction effects

تیمار Treatments	تعدادغوزه (در بوته) No. of bolls per plant	عملکردکاسبرگ خشک Dry sepal yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد زیست‌توده Biomass yield ($t.ha^{-1}$)	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll	آنتوسیانین Anthocyanin ($m.mol.g^{-1}$)
	سیستم شخم Tillage systems (A)				
بدون شخم No tillage	271.8[a*]	1.16[a]	20.1[a]	23.78[b]	4.7[a]
شخم حداقل Minimum tillage	271.37[a]	0.82[b]	14.89[b]	33.24[a]	4.21[b]

شخم رایج Conventional tillage	251.72[a]	0.82[b]	14.94[b]	24.53[b]	3.65[c]
	کشت مخلوط **(B) Planting system**				
خالص چای ترش Sole Roselle	196.6[e]	0.66[c]	11.97[d]	25.9[bc]	4.81[a]
50 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 50% Soybean + 50% Roselle	197.85[e]	0.75[bc]	12.5[d]	28.09[ab]	3.42[c]
25 درصد سویا+ 75 درصد چای ترش 25% Soybean + 75% Roselle	293.22[c]	0.89[b]	20.01[b]	29.08[a]	3.59[c]
75 درصد سویا+ 25 درصد چای ترش 75% Soybean + 25% Roselle	314.35[b]	0.37[d]	6.27[e]	23.23[c]	3.97[bc]
100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش 100% Soybean + 50% Roselle	349.63[a]	0.94[b]	15.65[c]	28.13[ab]	4.96[a]
50 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش 50% Soybean + 100% Roselle	259.75[d]	1.51[a]	28.42[a]	29.17[a]	3.92[bc]
100 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش 100% Soybean + 100% Roselle	243.34[d]	1.42[a]	21.69[b]	26.69[ab]	4.66[ab]
	اثر متقابل (A×B) **Interaction (A×B)**				
بدون شخم × خالص چای ترش No tillage × Sole Roselle	218.89[Fg]	0.73[gI]	16.21[Fg]	18.1[e]	5.63[c]
بدون شخم × 50 درصد چای ترش+50 درصد سویا No tillage × 50% Soybean + 50% Roselle	156.92[h]	0.56[gI]	9.94[g-j]	24.27[cd]	4.41[ce]
بدون شخم × 75 درصد چای ترش+25 درصد سویا No tillage × 25% Soybean + 75% Roselle	228.12[Fg]	0.97[cg]	25.46[bc]	25.88[cd]	3.86[dF]
بدون شخم × 25 درصد چای ترش+75 درصد سویا No tillage × 75% Soybean + 25% Roselle	387.36[b]	0.42[hI]	7.77[IK]	22.54[de]	1.78[gh]
بدون شخم × 50 درصد چای ترش+100 درصد سویا No tillage × 100% Soybean + 50% Roselle	321.84[c]	1.23[ce]	14.56[Fh]	24.42[cd]	7.5[ab]
بدون شخم × 50 درصد چای ترش+50 درصد سویا No tillage × 50% Soybean + 50% Roselle	343.93[c]	2.52[a]	38.13[a]	26.83[cd]	5.48[c]
بدون شخم × 100 درصد چای ترش+100 درصد سویا No tillage × 100% Soybean + 100% Roselle	245.51[Fg]	1.69[b]	28.67[b]	24.46[cd]	4.28[ce]
شخم حداقل× خالص چای ترش Minimum tillage × Sole Roselle	160.71[h]	0.58[gI]	7.7[IK]	32.9[ab]	3.48[eF]
شخم حداقل× 50 درصد چای ترش+50 درصد سویا Minimum tillage × 50% Soybean + 50% Roselle	209.73[g]	0.83[e-h]	12.87[g-I]	34.8[a]	1.52[h]
شخم حداقل× 75 درصد چای ترش+25 درصد سویا Minimum tillage × 25% Soybean + 75% Roselle	391.91[b]	0.82[eh]	21.93[c-e]	36.89[a]	3.78[dF]
شخم حداقل× 25 درصد چای ترش+75 درصد سویا Minimum tillage × 75% Soybean + 25% Roselle	239.97[Fg]	0.35[I]	4.19[K]	25[cd]	8.77[a]

شخم حداقل x 50 درصد چای ترش+100 درصد سویا Minimum tillage × 100% Soybean + 50% Roselle	442.57^{a}	0.75^{FI}	15.77^{Fg}	33.22^{ab}	3.12^{e-g}
شخم حداقل x 100 درصد چای ترش+50 درصد سویا Minimum tillage × 50% Soybean + 100% Roselle	221.2^{Fg}	1.17^{cF}	25.15^{bd}	32.4^{ab}	1.58^{h}
شخم حداقل x 100 درصد چای ترش+100 درصد سویا Minimum tillage × 100% Soybean + 100% Roselle	233.51^{Fg}	1.27^{cd}	16.64^{eg}	37.45^{a}	7.24^{b}
شخم رایج x خالص چای ترش Conventional tillage ×Sole Roselle	210.21^{g}	0.67^{gI}	12^{gj}	26.7^{cd}	5.32^{cd}
شخم رایج x 50 درصد چای ترش+50 درصد سویا Conventional tillage × 50% Soybean + 50% Roselle	226.89^{Fg}	0.85^{dg}	14.7^{Fh}	25.2^{cd}	4.33^{ce}
شخم رایج x 75 درصد چای ترش+25 درصد سویا Conventional tillage × 25% Soybean + 75% Roselle	259.64^{eF}	0.9^{cg}	12.65^{gI}	24.48^{cd}	3.14^{eg}
شخم رایج x 25 درصد چای ترش+75 درصد سویا Conventional tillage × 75% Soybean + 25% Roselle	315.71^{cd}	0.34^{I}	6.86^{jk}	22.16^{de}	1.36^{h}
شخم رایج x 50 درصد چای ترش+100 درصد سویا Conventional tillage × 100% Soybean + 50% Roselle	284.47^{de}	0.83^{eh}	16.63^{eg}	26.75^{cd}	4.28^{ce}
شخم رایج x 100 درصد چای ترش+50 درصد سویا Conventional tillage × 50% Soybean + 100% Roselle	214.13^{g}	0.86^{dg}	22^{ce}	28.29^{bc}	4.7^{ce}
شخم رایج x 100 درصد چای ترش+100 درصد سویا Conventional tillage × 100% Soybean + 100% Roselle	250.99^{eg}	1.3^{c}	19.76^{dF}	18.16^{e}	2.44^{Fh}

*در هر ستون میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means in each column follow by similar Letter(s) are not significantly different at 5% Probability Level, using Duncan's Multiple Range Test.

جدول 7- مقایسه میانگین ویژگی‌های کمی سویا تحت تأثیر نظام‌های شخم و نسبت‌های مختلف کشت و اثر متقابل آن‌ها

Table 7- Mean comparisons for quantitative characteristics of the Soybean by tillage systems and different planting ratio and its interaction effects

تیمار Treatments	تعداد غلاف در گیاه No Pod Per Plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد زیست‌توده Biomass yield ($t.ha^{-1}$)	کلروفیل برگ Leaf chlorophyll	میزان پروتئین Protein content ($mg.100g^{-1}$)
	سیستم شخم **Tillage systems (A)**					
بدون شخم No tillage	9.8^{b*}	88.83^{b}	1.87^{a}	5.89^{b}	10.35^{a}	37.24^{a}
شخم حداقل Minimum tillage	13.77^{a}	88.05^{c}	1.88^{a}	6.85^{a}	10.63^{a}	37.51^{a}
شخم رایج Conventional tillage	11.33^{b}	89.85^{a}	1.86^{a}	5.83^{b}	10.67^{a}	35.21^{a}
	کشت مخلوط **Planting systems (B)**					

خالص سویا Sole Soybean	13.12^{a}	89.27^{ab}	1.46^{c}	4.66^{d}	12.07^{b}	33.37^{c}
50 درصد سویا+50 درصد چای ترش 50% Soybean + 50% Roselle	10.96^{bc}	88.25^{d}	1.42^{c}	4.83^{d}	9.3^{c}	40.78^{a}
25 درصد سویا+75 درصد چای ترش 25% Soybean + 75% Roselle	9.9^{c}	88.58^{cd}	0.69^{d}	2.2^{e}	13.13^{a}	35.92^{bc}
75 درصد سویا+25 درصد چای ترش 75% Soybean + 25% Roselle	14.44^{a}	88.68^{c}	2.29^{b}	6.82^{c}	9.78^{c}	36^{bc}
100 درصد سویا+50 درصد چای ترش 100% Soybean + 50% Roselle	10.35^{bc}	88.93^{bc}	2.98^{a}	9.24^{b}	9.92^{c}	36.37^{bc}
50 درصد سویا+100 درصد چای ترش 50% Soybean + 100% Roselle	11.17^{bc}	89.33^{a}	1.41^{c}	4.56^{d}	9.29^{c}	36.72^{bc}
100 درصد سویا+100 درصد چای ترش 100% Soybean + 100% Roselle	11.51^{b}	89.34^{a}	2.84^{a}	11.05^{a}	10.38^{c}	37.4^{b}
	اثر متقابل (A×B) Intraction (A×B)					
بدون شخم x خالص سویا No tillage × Sole Soybean	13.66^{bc}	90.05^{cd}	1.53^{d}	3.94^{hI}	10.43^{cF}	38.98^{b}
بدون شخم x 50 درصد سویا+50 درصد چای ترش No tillage × 50% Soybean + 50% Roselle	11.6^{be}	87.03^{h}	1.45^{d}	3.33^{Ij}	9.34^{dF}	38.85^{b}
بدون شخم x 25 درصد سویا+75 درصد چای ترش No tillage × 25% Soybean + 75% Roselle	8.26^{gh}	89.85^{d}	0.71^{e}	2.45^{jk}	14.35^{a}	37.57^{b}
بدون شخم x 75 درصد سویا+25درصد چای ترش No tillage × 75% Soybean + 25% Roselle	7.66^{h}	87.39^{gh}	2.19^{c}	6.74^{de}	9.32^{dF}	33.3^{b}
بدون شخم x 100 درصد سویا+50درصد چای ترش No tillage × 100% Soybean + 50% Roselle	8.5^{Fh}	90.87^{b}	3.02^{a}	11.47^{b}	8.64^{eF}	38.34^{b}
بدون شخم x 50 درصد سویا+ 100درصد چای ترش No tillage × 50% Soybean + 100% Roselle	11.53^{be}	88.69^{e}	1.52^{d}	4.76^{Fh}	10.47^{ce}	36.34^{b}
بدون شخم x 100 درصد سویا+100درصد چای ترش No tillage × 100% Soybean + 100% Roselle	7.4^{h}	87.97^{Fg}	2.68^{b}	8.58^{c}	9.94^{cF}	37.29^{b}
شخم حداقل x خالص سویا Minimum tillage × Sole Soybean	12.5^{bd}	85.65^{I}	1.41^{d}	5.76^{eF}	14.35^{a}	35.32^{b}
شخم حداقل x50 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش Minimum tillage × 50% Soybean + 50% Roselle	12.5^{bd}	87.06^{h}	1.44^{d}	5.64^{eF}	9^{eF}	48.76^{a}
شخم حداقل x25 درصد سویا+ 75 درصد چای ترش Minimum tillage × 25% Soybean + 75% Roselle	10.4^{dg}	88.4^{eF}	0.71^{e}	1.67^{k}	11.72^{bc}	33.92^{b}

شخم حداقل×75 درصد سویا+ 25 درصد چای ترش Minimum tillage × 75% Soybean + 25% Roselle	23.06^{a}	86.84^{h}	2.39^{c}	7.35^{d}	9.82^{cF}	37.07^{b}
شخم حداقل×100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش Minimum tillage × 100% Soybean + 50% Roselle	12.9^{bd}	88.83^{e}	2.98^{ab}	9.25^{c}	10.56^{ce}	32.66^{b}
شخم حداقل×50 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش Minimum tillage × 50% Soybean + 100% Roselle	12.2^{be}	87.73^{d}	1.33^{d}	4.36^{gi}	8.32^{F}	35.98^{b}
شخم حداقل×100 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش Minimum tillage × 100% Soybean + 100% Roselle	12.86^{b-d}	89.88^{d}	2.94^{ab}	13.95^{a}	10.67^{ce}	38.84^{b}
شخم رایج×خالص سویا Conventional tillage × Sole Soybean	13.2^{bc}	92.13^{a}	1.45^{d}	4.29^{gI}	11.44^{bd}	25.81^{c}
شخم رایج×50 درصد سویا+50 درصد چای ترش Conventional tillage × 50% Soybean + 50% Roselle	8.8^{Fh}	90.65^{bc}	1.38^{d}	5.51^{eg}	9.56^{dF}	34.74^{b}
شخم رایج×25 درصد سویا+75 درصد چای ترش Conventional tillage × 25% Soybean + 75% Roselle	11.03^{cF}	87.49^{gh}	0.67^{e}	2.49^{jk}	13.31^{ab}	36.27^{b}
شخم رایج×75 درصد سویا+25 درصد چای ترش Conventional tillage × 75% Soybean + 25% Roselle	12.6^{bd}	91.82^{a}	2.3^{c}	6.36^{de}	10.2^{cF}	37.62^{b}
شخم رایج×100 درصد سویا+50 درصد چای ترش Conventional tillage × 100% Soybean + 50% Roselle	9.66^{eh}	87.11^{h}	2.93^{ab}	6.99^{d}	10.54^{ce}	38.12^{b}
شخم رایج×50 درصد سویا+100 درصد چای ترش Conventional tillage × 50% Soybean + 100% Roselle	9.8^{eh}	89.56^{d}	1.38^{d}	4.56^{FI}	9.1^{eF}	37.84^{b}
شخم رایج×100 درصد سویا+100 درصد چای ترش Conventional tillage × 100% Soybean + 100% Roselle	14.26^{b}	90.18^{cd}	2.91^{ab}	10.64^{b}	10.52^{ce}	36.07^{b}

*در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means in each column and for each component, follow by similar Letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت نشان داد که بیش‌ترین وزن هزار دانه مربوط به کشت مخلوط 100 درصد سویا + 100 درصد چای ترش (89/34 گرم) و کم‌ترین از کشت مخلوط 50 درصد سویا + 50 درصد چای ترش (88/25 گرم) به‌دست آمد (جدول 5). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) در بررسی کشت مخلوط لوبیا و ذرت نشان دادند که وزن هزار دانه لوبیا در کشت خالص کم‌تر از کشت مخلوط بود. وزان و همکاران (Wazan et al.,1997) نشان دادند که وزن هزار دانه لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط ذرت، به‌خصوص وقتی که سهم ذرت در مخلوط افزوده شد، کاهش یافت. مقایسه اثر متقابل (سیستم شخم × سیستم کاشت)

نشان داد بیش‌ترین وزن هزار دانه از تیمار شخم مرسوم x کشت خالص سویا (92/13 گرم) که با تیمار شخم مرسوم x کشت مخلوط 75 درصد سویا + 25 درصد چای ترش (91/82 گرم) در یک گروه آماری قرار داشتند و کم‌ترین وزن هزار دانه از تیمار حداقل شخم xکشت خالص سویا (85/65 گرم) به‌دست آمد (جدول 7).

عملکرد کاسبرگ خشک گیاه چای ترش و عملکرد دانه سویا

عملکرد کاسبرگ خشک گیاه چای ترش تحت تأثیر نظام‌های شخم قرار گرفت (جدول 2)، امّا نظام‌های مختلف شخم نتوانست عملکرد دانه سویا را تحت تأثیر قرار دهد (جدول 3). بیش‌ترین عملکرد کاسبرگ در سیستم بدون شخم (1/16 تن در هکتار) و کم‌ترین در سیستم شخم رایج و شخم حداقل (0/82 تن در هکتار) به‌دست آمد (جدول 6). سیستم بدون خاک‌ورزی با تأثیر برpH، توزیع بهتر و در دسترس بودن مواد غذایی، تماس کافی بذرها با خاک، سبب بهبود وضعیت سبز و استقرار گیاهچه می‌شود (Doran, 1980)، از سوی دیگر، پوسیدگی بقایای گیاهی در شرایط حفظ بقایا، سبب افزایش عناصر غذایی خاک در نیمه دوم فصل رشد می‌گردد (LaI & Bruce, 1999). اصغری و همکاران (Asghari et al., 2013) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت بر رطوبت خاک و عملکرد گلرنگ در تناوب با گندم دیم، نشان دادند که عملکرد گلرنگ در خاک‌ورزی حفاظتی بیش‌تر از خاک‌ورزی رایج است. اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد کاسبرگ خشک چای ترش و عملکرد دانه سویا معنی‌دار بود (جدول‌های 2 و 3). بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد کاسبرگ خشک چای ترش به‌ترتیب از نسبت کشت مخلوط 100 درصد چای ترش+ 50 درصد سویا (1/51 تن در هکتار) و نسبت کشت مخلوط 25 درصد چای ترش+ 75 درصد سویا (0/37 تن در هکتار) حاصل شد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه سویا به‌ترتیب از نسبت کشت مخلوط 100 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش (2/98 تن در هکتار) و کشت مخلوط 25 درصد سویا+ 75 درصد چای ترش (0/69 تن در هکتار) به‌دست آمد (جدول 7). اثر متقابل (سیستم شخم x سیستم کاشت) بر عملکرد دانه سویا تأثیر معنی‌داری نشان نداد، امّا بر عملکرد کاسبرگ خشک چای ترش معنی‌دار بود (جدول 3). بیش‌ترین عملکرد کاسبرگ چای ترش در سیستم بدون شخم x کشت مخلوط 50 درصدی چای ترش+ 50 درصد سویا (2/52 تن در هکتار) و کم‌ترین عملکرد از سیستم شخم رایج x کشت مخلوط 25 درصد چای ترش + 75 درصد سویا (0/37 تن در هکتار) به‌دست آمد (جدول 6).

عملکرد زیست‌توده گیاه چای ترش وسویا

عملکرد زیست‌توده دو گیاه چای ترش و سویا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نظام‌های شخم و نسبت‌های مختلف کاشت و برهم‌کنش آن‌ها قرار گرفت (جدول‌های 2 و 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین (14/89 و تن در هکتار) عملکرد زیست‌توده چای ترش به‌ترتیب در سیستم بدون شخم و شخم حداقل حاصل شد (جدول 6). بیش‌ترین (6/85 تن در هکتار) و کم‌ترین (5/83 تن در هکتار) عملکرد زیست‌توده سویا به‌ترتیب از سیستم شخم حداقل و شخم رایج به‌دست آمد (جدول 7). از دلایل افزایش عملکرد زیست‌توده در سیستم‌های حداقل و بدون شخم انتشار ریشه‌ها در عمق خاک و دسترسی بیش‌تر به جذب عناصر غذایی و هم‌چنین با افزایش نفوذپذیری موجب نفوذ بیش‌تر آب در خاک شده و با کاهش تبخیر موجب افزایش کارایی بیش‌تر آب می‌شود، رطوبت ذخیره شده در لایه‌های سطحی خاک که می‌تواند بوسیله بقایای گیاهی تأمین گردد در دوره اولیه رشد گیاه اهمیت زیادی دارد (Larson et al., 1983).

نریماتسو و همکاران (Narimatsu et al., 2014) در پژوهشی، تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و اجرای عملکرد ذرت گزارش کردند عملکرد ذرت در نظام‌های بدون خاک‌ورزی و حداقل بیش‌تر از خاک‌ورزی رایج است، که با نتایج این آزمایش همسان می‌باشد. مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت نشان داد بالاترین عملکرد زیست‌توده در چای ترش و سویا به‌ترتیب مربوط به کشت مخلوط 100 درصد چای ترش+ 50 درصد سویا (28/42 تن در هکتار) و کشت مخلوط 100 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش (11/05 تن در هکتار) و کم‌ترین عملکرد زیست‌توده چای ترش و سویا از کشت مخلوط 25 درصد چای ترش+ 75 درصد سویا (6/27 تن در هکتار) و کشت مخلوط 25 درصد سویا+ 75 درصد چای ترش (2/2 تن در هکتار) می‌باشد (جدول‌های 6 و 7). مقایسه اثر متقابل (سیستم شخم x سیستم کاشت) چای ترش و سویا نشان داد که بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده چای ترش از سیستم بدون شخم x کشت مخلوط 100 درصد چای ترش + 50 درصد سویا (38/13 تن در هکتار) برای چای ترش و سیستم حداقل شخم x کشت مخلوط برای 100 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش (13/95 تن در هکتار) به‌دست آمد

(جدول‌های 6 و 7).

میزان کلروفیل برگ گیاه چای ترش و سویا

سیستم‌های مختلف شخم نتوانست میزان کلروفیل برگ سویا را تحت تأثیر قرار دهد امّا میزان کلروفیل برگ چای ترش در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر سیستم‌های شخم قرار گرفت (جدول-های 2 و 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل چای ترش به‌ترتیب از سیستم شخم حداقل (33/24) و سیستم بدون شخم (23/78) به‌دست آمد (جدول 6). میزان کلروفیل در گیاه به قابلیت و دسترسی نیتروژن خاک و توانایی جذب نیتروژن توسط گیاه وابسته است مطالعات اخیر حاکی از آن است که یک رابطه نزدیک بین میزان کلروفیل و محتوای نیتروژن برگ وجود دارد، زیرا حداکثر نیتروژن برگ در مولکول کلروفیل قرار دارد. تأثیر سیستم‌های مختلف کاشت بر شاخص کلروفیل چای و سویا معنی‌دار بود (جدول‌های 2 و 3). بیش‌ترین شاخص کلروفیل چای ترش از نسبت کشت مخلوط 100 درصد چای ترش + 50 درصد سویا (29/17) و کشت مخلوط 25 درصد سویا + 75 درصد چای ترش (13/13) در گیاه سویا حاصل شد (جدول‌های 6 و 7). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تراکم چای ترش در کشت مخلوط، کلروفیل برگ سویا کاهش می‌یابد ممکن است به‌علت کاهش سطح برگ، رقابت و سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر در دسترسی به منابع به‌ویژه نور باشد. قوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) در کشت مخلوط سویا و سورگوم گزارش کردند که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بالاتر بوده است، آنان علت این امر را سایه‌اندازی این دو گیاه روی یکدیگر و نیتروژن تثبیت‌شده توسط سویا نسبت داده‌اند.

برهم‌کنش سیستم شخم x سیستم کاشت چای ترش و سویا معنی‌دار بود. بیش‌ترین شاخص کلروفیل از سیستم شخم حداقل x کشت مخلوط 100 درصد چای ترش + 100 درصد سویا (37/45) برای چای ترش و سیستم شخم حداقلx کشت خالص سویا (14/35) برای سویا و کم‌ترین میزان از سیستم بدون شخمx کشت خالص چای ترش (18/1) برای چای ترش و سیستم شخم حداقلx کشت مخلوط 50 درصد سویا+ 100 درصد چای ترش (8/32) به‌دست آمد (جدول‌های 6 و 7).

میزان آنتوسیانین گیاه چای ترش

آنتوسیانین چای ترش تحت تأثیر سیستم‌های شخم، نسبت‌های مختلف کشت و برهم‌کنش سیستم شخم x سیستم کاشت قرار گرفت (جدول 2). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آنتوسیانین به‌ترتیب از سیستم بدون شخم (4/7 میکرومول بر گرم) و سیستم شخم رایج (3/65 میکرومول بر گرم) به‌دست آمد (جدول 6). مقایسه میانگین‌های سیستم کاشت نشان داد که بالاترین میزان آنتوسیانین از نسبت کشت مخلوط 50 درصد چای ترش+ 100 درصد سویا (4/96 میکرومول بر گرم) و کم‌ترین میزان از نسبت کشت مخلوط 50 درصد چای ترش + 50 درصد سویا (3/42 میکرومول بر گرم) به‌دست آمد (جدول 6). افزایش آنتوسیانین در کشت مخلوط احتمالاً به‌دلیل استفاده بیش‌تر از منابع محیطی می‌باشد. هم‌چنین گیاه چای ترش در کشت مخلوط از نیتروژن تثبیت‌شده توسط سویا استفاده می‌کند. عبدل کادر (Abdel Kader, 2017) در کشت مخلوط چای ترش (*Hibiscus Subdariffa* L.) و گوار (*Cyamopsis tetrogonolobus* L.) گزارش کرد که میزان آنتوسیانین در کشت مخلوط بیش‌تر از تک کشتی می‌باشد. مقایسه میانگین برهم‌کنش سیستم شخم x سیستم کاشت نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آنتوسیانین به‌ترتیب از سیستم شخم حداقلx کشت مخلوط 25 درصد چای ترش + 75 درصد سویا (8/77 میکرومول بر گرم) و سیستم شخم رایج x کشت مخلوط 25 درصد چای ترش + 75 درصد سویا (1/36 میکرومول بر گرم) به‌دست آمد (جدول 6).

پروتئین دانه گیاه سویا

سیستم‌های مختلف شخم بر میزان پروتئین دانه سویا و نسبت‌های مختلف کاشت و برهم‌کنش سیستم شخمx سیستم کاشت تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه از سیستم شخم حداقل (37/51 میلی‌گرم) و کم‌ترین از سیستم شخم رایج (35/21 میلی‌گرم) به‌دست آمد (جدول 7). مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت نشان داد بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه از کشت مخلوط 50 درصد سویا + 50 درصد چای ترش (40/78 میلی‌گرم) و کم‌ترین از کشت خالص سویا (33/37 میلی‌گرم) به‌دست آمد (جدول 7). جدول برش‌دهی اثرات عامل فرعی در هر عامل اصلی نشان داد که بیش‌ترین میزان پروتئین دانه در شخم حداقل و کشت مخلوط 50 درصد سویا+ 50 درصد چای

ترش حاصل گردید (جدول 5).

افزایش میزان پروتئین در کشت مخلوط با گیاهان لگوم در مقایسه با کشت خالص توسط محققین زیادی گزارش شده است (Strydhorst et al., 2008; Danaefar et al., 2001; Karadag & Buyukburc, 2004). مقایسه میانگین برهم‌کنش سیستم شخم × سیستم کاشت نشان داد که بالاترین میزان پروتئین از سیستم شخم حداقل× کشت مخلوط 50 درصد سویا+ 50 درصد چای ترش (48/76 میلی‌گرم) و کم‌ترین از سیستم شخم رایج× کشت خالص سویا (25/81 میلی‌گرم) به‌دست آمد (جدول 7).

جدول 8- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین چای ترش و سویا تحت تأثیر نظام‌های شخم و نسبت‌های مختلف کشت

Table 8- Analysis of variance (mean squares) for land equivalent ratio of the Roselle and Soybean (LER) by tillage systems and different planting ratios

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares
		LER
تکرار Replication	2	0.07^{ns}
سیستم شخم Tillage system (A)	2	0.03^{ns}
خطای اصلی Error (a)	4	0.09
کشت مخلوط (B) Intercropping system	5	7.43^{**}
اثر متقابل (A×B) Tillage system× Intercropping system (A×B)	10	0.62^{ns}
خطای فرعی Error (b)	30	6.62
ضریب تغییرات C.V (%)		27.95

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد.

^{ns}, * and ** No significant and significant at 5% and 1% Probability levels, respectively.

جدول 9- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین چای ترش و سویا تحت تأثیر نظام‌های شخم، نسبت‌های مختلف کشت و اثر متقابل آن‌ها

Table 9- Means Comparison of land equivalent ratio of the Roselle and Soybean (LER) by tillage system, different planting ratio and its interaction effects

تیمار Treatments	نسبت برابری زمین LER
نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio	
50 درصد سویا + 50 درصد چای ترش 50% Soybean + 50% Roselle	2.18^{b}
25 درصد سویا + 75 درصد چای ترش 25% Soybean + 75% Roselle	1.69^{b}
75 درصد سویا + 25 درصد چای ترش 75% Soybean + 25% Roselle	3.73^{a}

100 درصد سویا + 50 درصد چای ترش 100% Soybean + 50% Roselle	3.78[a]
50 درصد سویا + 100 درصد چای ترش 50% Soybean + 100% Roselle	2.18[b]
100 درصد سویا + 100 درصد چای ترش 100% Soybean + 100% Roselle	3.34[a]

* در هر ستون میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column follow by similar Letter(s) are not significantly different at 5% Probability Level, using Duncan's Multiple Range Test.

نسبت برابری زمین

سیستم‌های شخم تأثیر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین نداشت امّا تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت بر نسبت برابری زمین معنی‌دار بود (جدول 8). بیش‌ترین وکم‌ترین نسبت برابری زمین به‌ترتیب از نسبت کشت مخلوط 100درصد سویا + 50 درصد چای ترش (3/78) و کشت مخلوط 25 درصد سویا + 75 درصد چای ترش (1/69) به‌دست آمد (جدول 9). دلایل این افزایش به‌طور کلی رقابت برون‌گونه‌ای کم‌تر نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای گیاهان در کشت خالص است که این اختلاف در نیازهای غذایی نظام ریشه، نظام نور ساختی (فتوسنتزی)، طول دوره رشد و ارتفاع دو گیاه ناشی می‌شود. گزارش محققان بسیاری نتایج تحقیق بالا را تأیید می‌کند. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی گزارش شد که نسبت برابری زمین در همه تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (Dahmardeh, 2010). سایر محققین نیز در تحقیقات خود افزایش نسبت برابری زمین در کشت‌های مخلوط را تأیید نمودند (Eskandari & Alizadeh-Amraie, 2016; Hamzei & Babaei, 2016).

نتیجه‌گیری

با توجه به جدول برش‌دهی اثرات عامل فرعی در هر سطح عامل اصلی مشاهده گردید که استفاده از شخم حداقل در نسبت کاشت مخلوط100 درصد سویا + 50 درصد چای ترش دارای بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد غلاف در گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا نشان داد. بالاترین نسبت برابری زمین از تیمار کشت مخلوط 100 درصد سویا + 50 درصد چای ترش به‌دست آمد که گویای برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود. هم‌چنین در بیش‌تر صفات مورد بررسی سیستم بدون شخم و شخم حداقل نسبت به شخم رایج نتایج مطلوب‌تری در پی داشت به‌طور کلی، با توجه به آن‌چه در مورد عملکرد گیاهان مورد بررسی مشاهده شد، نظام بدون شخم و تیمار 100 درصد چای ترش + 50 درصد سویا توصیه می‌شود.

منابع

Abdel- Kader, M.A.I. 2012. Effect of intercropping and fertilization some medicinal Plants. A thesis Submitted Partial Fulfillment of the requires for Philosophy in Agriculture Sciences (Horticulture- Floriclture), Department of Horticulture Faculty of Agriculture Zagazig University.

Agegnehu, G., Ghizan, A., and Sinebo, W. 2007. Yield Performance and land-use efficiency of barley and Faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.

Asghari, G., Karimi, A., and Pourmohammad, A.R. 2013. The effect of different effects of tillage planting on soil moisture and safflower efficiency in alternate with dry wheat. Knowledge of Water and Damage 23(1): 237-245.

Azad Shahraki, F., Naghavi, H., and Najafi Nejad, H. 2010. Effects of tillage systems and wheat residue management on Soil characteristics and yield of maize in Kerman. Journal of Modern Agriculture 8(19): 2-9. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping Systems in an additive series experiment: Advantages and Weed Smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Bradford, M.M.A. 1976. Rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry Quantities 72: 248-254

Cook, R.J., and Hauguland, W.A. 1991. Wheat yield depressing associated with conservation tillage Caused by root Pathogens in the Soil, hot Phytotoxins from the Straw. Biology and Biochemistry 23: 1125-1133.

Dahmardeh, M. 2010. The effect of ecophysiological aspects of intercropping of maize and cowpea on quantity and quality of forage maize K.S.C 704. Ph.D. Thesis of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Danaefar, A., Kashani, A., Normohamadi, G.H., Nabati Ahmai, D., and Syadat, A. 2001. Effect of density and planting pattern on quantity and quality of forage in Ahvaz condition. Pajohesh and Sazandegi 15: 50-53. (In Persian with English Summary)

Doran, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. Soil Science Society of America Journal 44: 765-777.

Emam, Y., Kheradnam, M., Bahrani, M.J., Asas, M.T., and Ghadiri, H. 2000. The effect of residus management on the grain yield and its components of winter wheat in continuous irrigated wheat cropping. Iranian Journal of Agricultural Science 31: 839-850. (In Persian with English Summary)

Eskandari, H., and Alizadeh-Amraie, A. 2016. Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. Journal of Agroecology 8(2):227-240. (In Persian with English Summary)

Ghahramanyan, G.R., Ayvazi, A.R., and Noorjo, A. 2010. Effects of tillage systems and wheat residue management on the impact on water, Soil Physical characteristics, quality and quantity of sugar beet. Journal of Engineering Research Agriculture 11(1): 35-48. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low– input forage. PhD thesis. Why Collage University of London.

Ghanbaryan Alavijeh, H. Z., Chenarbon, H.A., Zand, B., and Hamidi, M. 2014. Effects of different tillage methods on Soil Physical Properties, grain and forage yield of two cultivars maize. Academia Journal of Agricultural Research 2(1):008-015.

Ghosh, P. K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.K., Ajay, A.K., Tripathi, R.H., Wanjari, K.M., Hati, A.K., Misra Charya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Inter specific interaction and nutrient use in soybean- sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98(4): 1097-1108.

Gill, K., and Aulakh, B. 1990. Wheat yield and soil bulk density response to some tillage systems on onoxi soil. Soil and Tillage Research 18: 37–45.

Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press 357 pp.

Goulding, E., Ekanem, E., and Muhammad, S. 2008. Sustainability assessment for a group of farmers in the Brazilian amazon. The Ecology of in Sustainable Food Systems 10.1007/S10479-008-0390-6.

Gursoy, S., Sessiz, A., and Malhi, S.S. 2010. Short- term effects of tillage and residue management following cotton on grain yield and quality of wheat. Field Crops Research 119: 260-268.

Hamzai, J., and Babaei, M. 2016. Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. Journal of Agroecology 8(4): 490-504. (In Persian with English Summary)

Javanshir, A. Dabagh Mohamadi nasab, A., Hamidi, A. and Gholipoor, M. 2000. Ecology intercropping (*Translation*). First Edition. Jihad University of Mashhad Press, Iran 222 p. (In Persian)

Julian McClements, D. 2007. Analysis of proteins. University of Massachusetts Amherst. Retrieved. Food Science. 581P.

Karadag, Y., and Buyukburc, U. 2004. Forage qualities, forage yields and seed yields of some legume- triticale mixtures under rain fed conditions. Acta Agriculture. Soil and Plant Science 54: 140-148.

Katsvario, T.W., and cox, W.J. 2000. Tillage × rotation × management interactions in corn. Agronomy Journal 90: 493-500.

Kazemi, H., Alizadeh, P., and Nehbandani, A. 2016. Assessing energy flow in rainfed and irrigated wheat fields of Shahrekord township under two tillage systems. Journal of Agroecology 8(2): 281-295. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Najebnia, R., and Lellgani, B. 2009. Evaluation of saffron performance in mixed cultivars of cultivars and medicinal plants. Iranian Journal of Crop Research 7(1):163-172. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Hosseni, M., and Hashemi Dezfooli, A. 2007. Sustainable agriculture (translation and editing). Jihad Daneshgahi of Mashhad Press, Iran 340 p. (In Persian)

LaI, R., and Bruce, J.P. 1999. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. Environmental Science and Policy 2: 177-185.

Larson, W.E., Pierce, F.J., and Dowdy, R.H. 1983. The threat of soil erosion to long-term, Crop production Science 219: 458- 465.

Latifi, N. 1993. Soybean cultivation. Jihad Daneshgahi of of Mashhad Press 243 p. (In Persian).

Li, L., Sun, j., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001.Wheat/maize or Wheat/soybean strip intercropping: 1. Yield advantage and interspecific interactions on nutrient. Field Crops Research 71(2):123-137.

Mbah, E.V., Muoneke, C.O., and Okpara, D.A. 2008. Evaluation of Cassava (*Manihot esculenta*) Planting methods and Soybean (*Glycine max*) Sowing dates on the yield performance of the Component Species in cassava/soybean intercrop under the humid tropical lowlands of south eastern Nigeria. African Journal of Biotechnology 8(1): 42-47.

Mohammdi, K., Nabiolahi, K., Alikhani, M., and Kharmali, F. 2009. Effects of tillage systems on soil physical properties and yield and yield components of wheat. Journal of Plant Production 16 (4): 77-91. (In Persian with English Summary)

Narimatsu, K.C.P., De- Mello, L.M., Domingues, L.S., chioderoli, C., and Lima, R. 2014. Corn productiuity in function of surface application of lime in different management systems and cultural preparation. Engenharia and Agricultural Jaboticabal 34(2): 254-262.

Nasiri Mohallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A.R. 2011. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Nazari, S., Zand, A., Asadi, S., and Golzardi, F. 2012. Effect of replacing and additive methods of corn intercropping of green gram on yield, yield components and weed biomass. Journal of Weed 4(2): 97-109. (In Persian with English Summary)

Nielson, H.H., Ambus. P., and Jensen, E.S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped. Versus intercropped pea and barley. Nutritive Cycle Agroecosystem 65: 289-300.

Nelson, A.K., Meinhardt, C.G., and Smoot, R.S. 2010. Wheat (*Triticum aestivum*) cultivar selection affects double-crop and relay-intercrop soybean (*Glycine max*). Agronomy Journal 10:1-8.

Safari, A., Asoder, M., Ghaseminejad, M., and Ebdali Mashhadi, A. 2013. The effect of redidus, various methods of tillage System and pon soil characteristics and yield of wheat. Journal of Agricultural Knowledge Sustainable Production 23(2):50-59. (In Persian with English Summary)

Strydhorst, S.M., king, J.R., Lopetinsky, K.J., and Harker, K.N. 2008. Forage potential of inter cropping barley with faba bean, Iupine, or field pea. Agronomy Journal 100: 182-190.

Tobeh, A. 1999. The effect of winter covers crops on agricultural preserve and enhances soil, yield and some aspects of maize. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, University of tarbiat Modares, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2004. A Simulation model of cereal-legume intercropping Systems for semi – arid regions I. Model development. Field Crops Research 90: 48-61.

Wagner, G.J. 1979.Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars. Free amino acids and anthocyanin in protoplast. Plant Physiology 68: 88-93

Wazan, S. 1997. The reaction of mixed maize and bean seedlings to plant density and planting. M.Sc. Department of Agriculture. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian with English Summary)

Xiang, D.B., Yong, T.W., Wen, Y.Y., Yan, W., and Gong, W.Z. 2012. Effect of phosphorus and potassium nutrition on growth and yield of soybean in relay strip intercropping system. Scientific Research and Essays 7:342-351.

Zakeri, H., and Kazemi, N. 2006. Tillage Systems in Sustainable agriculture (*Translation)*. University of Ilam Press, Ilam, Iran 243 p. (In Persian)

Zand, B., and Ghafari Khaligh, H. 2002. The Possibility of inter cropping cowpea grain Sorghum under different cropping Patterns. Absteract 7th Congress of crop Sciences, September Karaj, Karaj, Iran. (In Persian)

Zhang, L., Vanderwerf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2007. Growth yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. Field Crops Research 103: 178-188.

Zhang, B., Huang, G., and Li, F. 2007. Effect of limited single irrigation on yield of winter wheat and spring maize relay intercropping. Pedosphere 17: 529-537.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1085-1104

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1104-1085

Evaluation of Tillage Systems on Agronomic Aspect of Soybean (*Glycine max* L.) and Roselle (*Hibiscus subdariffa* L.) Relay Intercropping

F. Sabeghynejad[1], M. Dehmardeh[2]*, M.R. Asghari Pour[2], E. Khamari[3] and Z.S. Nezami[4]
Submitted: 02-11-2017
Accepted: 07-08-2018

Sabeghynejad, F., Dehmardeh, M., Asghari Pour, M.R., Khamari, E., and Nezami, Z.S. 2019. Evaluation of tillage systems on agronomic aspect of soybean (*Glycine max* L.) and roselle (*Hibiscus subdariffa* L.) relay intercropping. Journal of Agroecology. 11(3): 1085-1104.

Introduction

With the ever-increasing world population, over-exploitation of natural resources and the limited availability of arable land, followed by the urgent need to increase food production, which is one of the world's challenges, it is essential to increase crop yield to meet demand and find a solution to more sustainable agricultural ecosystems. Sustainable agriculture is a kind of agriculture that increases the efficiency of resource use that is in balance with the environment. The components of sustainable agriculture are conservation tillage and intercropping. Intercropping is one of the common methods of multi-systems that it is widely used to diversify cultivation in spatial and temporal. One of the most important benefits of crop cultivation is the increase in production per unit of area relative to sole crop due to better use of environmental factors such as water, light, and nutrients in the soil. Soil conservation tillage has been researchers' interest by reducing energy consumption and soil fertility, as well as increasing soil and water production potential. The aim of this research was to study the soil tillage systems on the ecological aspects of crop mixing of soybean and Roselle.

Materials and Methods

This research was conducted in the research farm of Agriculture and Natural resources of Jiroft, in southern Kerman, Iran during 2016. The experiment was conducted as a split-plot in a randomized complete block design with three replications. The main factor included three levels: no-tillage, reduced tillage, conventional tillage and the sub-factor of different ratios and replacement of mixed soybean and Roselle in eight levels of: sole Roselle, sole soybean culture, 50% Roselle+ 50% Soybean, 75% Roselle+25% soybean, 25% Roselle+ 75% soybean, 100% Roselle+ 50% soybean, 100% soybean+50% Roselle, 100% Roselle+ 100% soybean. Each experimental unit has a length of 4 meters and a width of 3 meters and spaced two rows of one meter. Each plot consisted of 4 rows of planting (all treatments were a row of Roselle and a row of soybeans). The measured traits were the number of boll per plant, 1000-seed weight, biological yield, sepal yield, chlorophyll index of Roselle and soybean, and the amount of anthocyanin of Roselle and protein content in 100% Roselle+ 50% soybean, the soil ratio of land parity (LER). Data analysis was performed with SAS software version 1.9 and comparison of means was made using Duncan test at a 5% probability level.

Results and Discussion

The effect of tillage systems and different ratios of planting on the number of boll per plant, thousand seed weight, biological yield, sepal yield, leaf chlorophyll content anthocyanin level in roselle and protein content in soybeans was statistically significant. The comparison of the means showed that conservation tillage provides better results than conventional tillage in terms of number of bolls per plant of Roselle (271.77) and soybean (13.77), biological yield in Roselle (20.1 $t.ha^{-1}$) and soybean (6.85 $t.ha^{-1}$), sepal yield (16.1 $t.ha^{-1}$), leaf

1, 2 and 3- Ph.D student of Agronomy, Associate Professor and Assisstant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
4- Assisstant Professor, Department of Chemical, Faculty of Science, University of Zabol, Zabol, Iran
(*-Corresponding Author Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.68442

chlorophyll content (33.24), anthocyanin (4.7 μmol.g^{-1}) in Roselle and protein content in soybean (37.51 mg). Moreover, the maximum utilization of LER was due to no-tillage (2.86). The highest ratio of land parity was obtained from 100% soybean 50% Roselle (3.78).

Conclusion

The highest proportion of LER was obtained from 100% soybean 50% Roselle, which indicated superior cropping compared to sole crop. Also, in most of the studied traits, the conservation tillage system compared with conventional tillage resulted in higher value. In general, based on the results of this study, systems with no-tillage and also 100% Roselle+50% soybean be recommended.

Keywords: Anthocyanin, Biomass yield, Conventional tillage, Minimum tillage, Protein percent

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۱۲۱-۱۱۰۵

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1105-1121

مطالعه پاسخ اکوفیزیولوژیک بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* L.) در شرایط دیم به کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های اسمزی

دیبا شیخی سنندجی[۱] و علیرضا پیرزاد[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۱

پیرزاد، ع.، و شیخی سنندجی، د. ۱۳۹۸. مطالعه خصوصیات اکوفیزیولوژیک بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* L.) در شرایط دیم به کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های اسمزی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۳): ۱۱۲۱-۱۱۰۵.

چکیده:

با توجه به این که گیاهان در شرایط تنش ترکیبات اسمزی متفاوتی را سنتز می‌کنند، ممکن است که به کاربرد خارجی آن‌ها در برابر تنش پاسخ دهند. این آزمایش به منظور ارزیابی خصوصیات اکوفیزیولوژیک بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* L.) در شرایط دیم به کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های اسمزی، در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عدم آبیاری (دیم) و یک نوبت آبیاری تکمیلی به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی اسمولیت‌ها شامل پرولین (۰/۲ گرم در لیتر)، گلایسین‌بتائین (۰/۲ گرم در لیتر)، ساکارز (۱۰۰ گرم در لیتر) و آب‌مقطر (شاهد) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. صفات مورد اندازه‌گیری بالنگوی شهری، شامل شاخص سبزینگی، کارتنوئید، پرولین، گلایسین‌بتائین، کل کربوهیدرات‌های محلول، آب نسبی برگ، ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، موسیلاژ، فسفر، پتاسیم، نیتروژن، درصد روغن و عملکرد روغن بودند. نتایج نشان داد که شاخص سبزینگی بالاتری در هر دو سطح دیم و آبیاری تکمیلی با کاربرد پرولین به‌دست آمد. کاربرد گلایسین‌بتائین میزان گلایسین‌بتائین و کربوهیدرات برگ را در هر دو سیستم کاشت کاهش داد. بیش‌ترین مقادیر عملکرد دانه (۷۹/۵۶ گرم در مترمربع در کشت دیم و ۸۵/۹۴ گرم در مترمربع در آبیاری تکمیلی) و عملکرد بیولوژیکی (۲۵۰/۲۵ گرم در مترمربع در کشت دیم و ۴۹۲/۶۵ گرم در مترمربع در آبیاری تکمیلی) مربوط به تیمار محلول‌پاشی ساکارز بود. هرچند محلول‌پاشی با پرولین و گلایسین‌بتائین هم عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. پتاسیم برگی در تیمارهای محلول‌پاشی گیاهان آبیاری شده نسبت به شاهد کاهش نشان داد، ولی در کشت دیم این کاهش معنی‌دار نبود. با وجود تغییرات بسیار کم کارتنوئید برگی گیاهان دیم در پاسخ به تیمارهای محلول‌پاشی میزان آن در آبیاری تکمیلی با کاربرد پرولین و گلایسین‌بتائین کاهش زیادی نشان دادند. به‌طور کلی کاربرد خارجی اسمولیت‌ها (پرولین، گلایسین‌بتائین و ساکارز) و یا انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی از کاهش عملکرد بالنگوی شهری در شرایط دیم به‌طور چشمگیری جلوگیری خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، پرولین، روغن، گلایسین‌بتائین، موسیلاژ

مقدمه

گیاه دارویی بالنگوی شهری از جنس *Lallemantia* و گونه *iberica* از تیره Lamiaceae بوده که در مناطق آذربایجان و بیش‌تر مناطق ایران در بین کشاورزان به‌نام قره زرک شناخته می‌شود (Ghorbani, 2004). بذرهای بالنگوی شهری حاوی ترکیبات موسیلاژی می‌باشد. موسیلاژها به‌دلیل ویژگی‌های با ارزش از جمله پایدارکنندگی، سوسپانسیون‌کنندگی و امولسیون‌کنندگی، کاربردهای فراوانی در صنایع نساجی و داروسازی دارند (Nori-Shargh et al.,

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد (فیزیولوژی گیاهان زراعی) گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: (Email: a.pirzad@urmia.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72715

2009) و در درمان بیماری‌های کبد، کلیه و اختلالات عصبی کاربرد دارند (Amanzadeh et al., 2011). بذر بالنگوی شهری حاوی بیش از ۳۰ درصد روغن خشک (Strasil & Kas, 2005) حاوی اسیدهای چرب شامل ۶/۵ درصد پالمتیک، ۱/۸درصداستئاریک، ۱۰/۳ درصد اولئیک، ۱۰/۸ درصد لینولئیک و ۶۸ درصد اسید لینولیک می‌باشد. روغن این گیاه با درصد بالای اسید لینولنیک در کاربردهای صنعتی و غذایی در رقابت با گیاهانی مانند کتان موفق‌تر عمل می‌کند (Sane & Pirzad, 2018; Zlatanov et al., 2012).

گیاه بالنگو در اکثر مناطق کشت دیم و آبی آذربایجان از گیاهان مهم تناوبی بهاره است که زمان گل‌دهی آن در خرداد و تیرماه می‌باشد. دلیل سازگاری این گیاه به خشکی ناشی از وجود ژن‌های تحمل به خشکی می‌باشد (Ghorbani, 2004). خشکی رشد گیاهان، توسعه و عملکرد آن‌ها را در سرتاسر جهان محدود می‌سازد. به‌طوری‌که در اثر خشکی میانگین تولید گیاهی بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Pei et al., 2013).

از نظر زراعت، خشکی شرایطی است که مقدار و پراکنش آب به اندازه‌ای نیست که گیاه بتواند عملکرد بالقوه خود را تولید کند که این موضوع باعث آسیب به گیاه و محدودیت در بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد می‌شود (Blum, 2011). آبیاری تکمیلی مصرف مقدار محدودی آب در گیاه زراعی در زمان نبود بارندگی می‌باشد تا آب کافی برای رشد گیاه به‌منظور افزایش و ثبات عملکرد تأمین شود. این مقدار آب داده‌شده به‌تنهایی برای تولید گیاه زراعی کافی نیست. بنابراین، از ویژگی‌های ضروری سیستم آبیاری تکمیلی، استفاده از آب باران به‌همراه کاربرد آبیاری می‌باشد (Oweis & Hachum, 2004). در یک مطالعه، اعمال یک تا سه نوبت آبیاری افزایش تدریجی و معنی‌داری را در عملکرد بیولوژیکی (بیوماس بخش هوایی ماشک دیم) نشان داد. این افزایش در کلیه گیاهان آبیاری شده (یک تا سه نوبت) در مقایسه با کشت دیم قابل توجه بود (Jalilian & Heydarzadeh, 2016). در تحقیقی که بر روی بالنگوی شهری در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی انجام شد افزایش عملکرد بیولوژیکی تحت آبیاری تکمیلی گزارش گردید (Farzi et al., 2016). عملکرد و رشد گیاهان تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله تنش کمبود آب می‌باشد که به‌علت روند غیرعادی فرآیندهای فیزیولوژیک در اثر تنش می‌باشد. واکنش گیاهان در مواجهه با تنش‌های محیطی متفاوت است.

یکی از رایج‌ترین این واکنش‌ها سنتز و تجمع ترکیب‌هایی با وزن مولکولی کم به‌نام حفاظت‌کننده‌های اسمزی می‌باشد. این ترکیبات، پتانسیل اسمزی درون سلول‌ها را کاهش می‌دهد و به حفظ تورژسانس سلولی کمک می‌کند. یون‌های غیرآلی، یون‌های آلی، کربوهیدرات‌های محلول شامل قندها، اسیدهای آمینه (پرولین) و ترکیب‌های آمونیوم چهارگانه نظیر گلایسین‌بتائین حفاظت‌کننده‌های اسمزی هستند که در شرایط تنش رطوبتی در سلول‌های گیاهی تجمع می‌یابند (Soltani-Gard et al., 2010). قندهای محلول به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند که تعیین میزان قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به خشکی باشد. پرولین باعث تنظیم اسمزی شده و هم‌چنین به‌عنوان محافظ در برابر تنش عمل می‌کند. پرولین به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با ماکرو مولکول‌ها اثر متقابل دارند و این عامل باعث حفظ شکل و ساختار طبیعی آن‌ها در شرایط تنش می‌شود (Koc et al., 2010; Soltani-Gard et al., 2010).

گلایسین بتائین ساختار آنزیم و فعالیت آنزیم‌ها را پایدار ساخته و سبب نگهداری خاصیت غشاء سلولی در برابر اثرات تنش می‌گردد (Arazmjo et al., 2010). کورکماز و همکاران (Korkmaz et al., 2012) گزارش کردند مصرف گلایسین‌بتائین غلظت کلروفیل را در گیاه فلفل تحت شرایط تنش در مقایسه با شاهد افزایش داد. مارتیگنون و ناکامایا (Martignone & Nakamaya, 1983) گزارش کردند محلول‌پاشی ساکارز بر روی سویا باعث ذخیره انرژی سلولی شده و کربوهیدرات لازم برای تشکیل میوه را فراهم می‌کند. محلول‌پاشی پرولین در شرایط خشکی به‌طور قابل توجهی درصد و عملکرد اسانس را در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) افزایش داد (Gamal EL-Din & Abd El-Wahed, 2005). در مطالعه‌ای بر روی رشد، عملکرد و برخی از فعالیت‌های متابولیک در گیاه ازمک (*Lepidium sativum* L.) تحت فواصل مختلف آبیاری و محلول‌پاشی با پرولین در افزایش تحمل به خشکی گزارش گردید که محلول‌پاشی پرولین باعث بهبود مقاومت گیاهان تحت سطوح کم‌آبی می‌شود (Khalil & El-Noemani, 2012). ارزیابی کاربرد تنظیم‌کننده‌های اسمزی مانند ساکارز، پرولین و گلایسین‌بتائین به‌منظور جبران کاهش عملکرد، تحمل به خشکی گیاه بالنگوی شهری و معرفی این گیاه به‌عنوان یک گیاه مناسب و پربازده و

جایگزینی محصولات رایج در این مناطق تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، از اهداف اصلی تحقیق حاضر بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۳۸ متر از سطح دریا اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت عدم آبیاری و یک نوبت آبیاری تکمیلی به‌عنوان عامل اصلی و چهار سطح محلول‌پاشی (آب‌مقطر به‌عنوان شاهد، ساکارز ۱۰۰ گرم در لیتر، پرولین ۰/۲ گرم در لیتر و گلایسین‌بتائین ۰/۲ گرم در لیتر تهیه شده از Merck) به‌عنوان عامل فرعی بودند. زمان یک نوبت آبیاری تکمیلی، حدود ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و مقدار آب آبیاری، رساندن رطوبت خاک به ظرفیت زراعی بود (Ghasemian et al., 2017). غلظت محلول‌پاشی ساکارز (Mashayekhi & Atashi, 2012)، پرولین و گلایسین‌بتائین (Norouzi Baroogh, 2009) بر اساس نتایج تحقیقات قبلی انتخاب شدند. قبل از کاشت و تهیه بستر از پنج نقطه محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک محل آزمایش

Table 1-The soil characteristics of experiment site

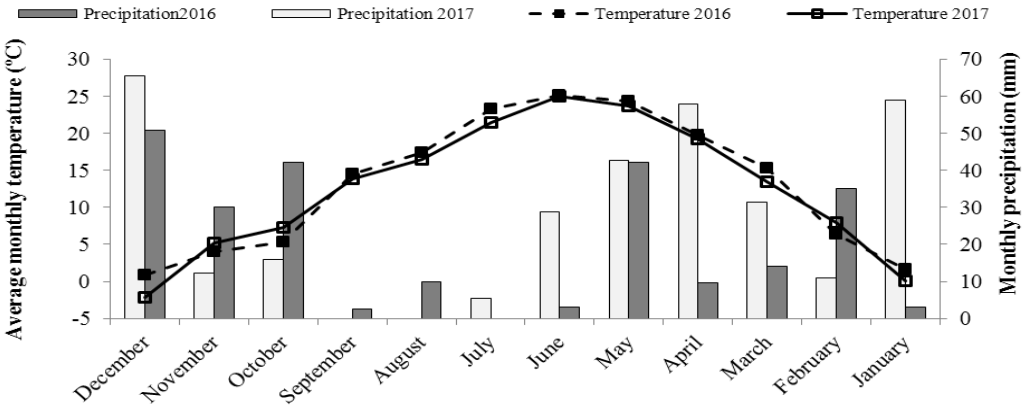
مشخصات Specifications	نتیجه Result
عمق Depth (cm)	0-30
اسیدیته pH	7.3
هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	1.42
بافت Texture	رسی-لومی Clay-loam
شن Sand (%)	21
سیلیت Silt (%)	37
رس Clay (%)	42
نیتروژن Nitrogen (%)	0.012
فسفر Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	9.2
پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$)	435

به‌استناد آمار ۴۰ ساله میانگین بارندگی سالیانه این منطقه ۳۳۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۱ درجه بوده است. منطقه نازلو واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غرب ارومیه با داشتن زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک جزو رژیم رطوبتی نیمه‌خشک محسوب (روش تعیین اقلیم دومارتن) می‌شود. دما و بارندگی ماهیانه دو سال منتهی به اجرای آزمایش (شکل ۱) ارایه شده است.

پس از یک شخم پاییزه در آذرماه سال ۱۳۹۵، تسطیح زمین و کشت به‌صورت ردیفی انجام گرفت که فاصله بین ردیف‌ها ۱۵ سانتی‌متر بود. بذرها از توده‌ها بومی کشت شده در سال‌های گذشته انتخاب شد. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به‌طول ۲۰۰ سانتی-متر بود. پس از سبز شدن و استقرار بوته‌ها، در مرحله پنج‌برگی گیاهان تا ایجاد تراکم ۶۰ بوته (Koocheki et al., 2014; Sane & Pirzad, 2018) در هر متر طولی تنک شدند. در طول دوره رشد عملیات وجین به‌صورت دستی به‌منظور جلوگیری از رقابت علف‌های هرز با بالنگوی شهری انجام شد. اولین محلول‌پاشی در ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۶ و مرحله دوم به فاصله دو هفته پس از آن انجام شد که هر دو مرحله محلول‌پاشی توسط سم‌پاش پشتی کتابی با نازل نوع سیلابی در زمان غروب آفتاب و به‌طور یکنواخت برای هر کرت بود. در ۲۱ خرداد ماه تیمار آبیاری تکمیلی به‌صورت غرقاب انجام شد. نمونه-برداری برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی (پرولین، گلایسین بتائین، کربوهیدرات‌های محلول در آب و عناصر غذایی برگ) در زمان ۸۰ درصد گل‌دهی در تاریخ ۲۹ خرداد صورت گرفت. نمونه‌ها بعد از توزین با دقت یک‌هزارم گرم داخل فویل پیچیده شده و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۸۰- درجه نگه‌داری شد. برداشت نهایی، در زمان رسیدگی بذر، برای به‌دست آوردن عملکرد دانه در دو تاریخ هفتم تیر ماه برای کشت عدم آبیاری و اول مرداد سال ۱۳۹۶ برای آبیاری تکمیلی انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی شامل محتوی نسبی آب برگ (RWC)[1]، شاخص سبزینگی (SPAD)، پرولین، کربوهیدرات-های محلول، گلایسین‌بتائین و عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، نمونه‌های برگی در ۱۷۰ روز پس از کاشت تهیه شدند.

1- RWC: Relative water content



شکل ۱- دما و بارش سالیانه در سال زراعی ۹۵-۹۶ در شهرستان ارومیه

Fig. 1- Monthly temperature and precipitation during growing season of 2016-2017 at Urmia city

تعیین عملکرد دانه، استخراج موسیلاژ، استخراج روغن و اندازه-گیری اجزای عملکرد دانه در انتهای فصل رشد (۲۱۰ روز پس از کاشت دیم و ۲۲۸ روز پس از کاشت برای تیمار آبیاری تکمیلی) پس از کاشت انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ، دیسک‌هایی به اندازه یکسان تهیه شدند و وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری (Fw)، وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر (Sw) و وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد (Dw) اندازه‌گیری شدند. آب نسبی برگ با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Ritchie & Nguyen, 1990).

معادله (۱) $RWC\ (\%)= [(Fw-Dw)/(Sw-Dw)]\times 100$

برای اندازه‌گیری میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی، ۰/۵ گرم از بافت تازه برگی به‌همراه پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ در داخل هاون چینی کوبیده شد. قسمت بالایی محلول حاصله جدا گشته و رسوبات آن دو بار با پنج میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ شستشو شده و فاز بالایی آن به قسمت رویی قبل اضافه شد. محلول به‌دست آمده به‌مدت ده دقیقه با ۳۵۰۰۰ دور سانتریفوژ گردید و تا زمان اندازه‌گیری پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در یخچال نگه داری شد (Ririgoyen et al., 1992).

برای اندازه‌گیری غلظت پرولین، یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی تهیه شده را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق نموده و پنج میلی‌لیتر معرف نین هیدرین به آن اضافه شد. پس از افزودن معرف نین هیدرین، پنج میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال به آن افزوده شد و مخلوط حاصله پس از به هم خوردن به‌مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به هر کدام از نمونه‌ها افزوده شد. استانداردهایی از پرولین تهیه و در نهایت میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر مدل PD-303 (ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شدند (Paquin & Lechasseur, 1997).

برای اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی نگه‌داری شده داخل لوله آزمایش ریخته شده و سه میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده به آن افزوده شد. لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب‌جوش قرار داده پس از خنک شدن نمونه‌ها جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Ririgoyen et al., 1992).

برای اندازه‌گیری گلایسین بتائین، ۰/۵ گرم از برگ‌های خشک و آسیاب شده گیاه با ۲۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر مخلوط شد. محلول به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. در مرحله بعد نمونه‌ها را از کاغذ صافی عبور داده شدند. نیم میلی‌لیتر از محلول رقیق شده با اسید سولفوریک دو نرمال در لوله‌های آزمایش به‌مدت یک ساعت در آب یخ قرار داده شدند و ۰/۲ میلی‌لیتر معرف یدید- یدین پتاسیم خنک اضافه شد. محلول‌ها به‌مدت ۱۶ ساعت در چهار درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند و در ۱۰۰۰۰ دور برای ۱۵ دقیقه و در دمای صفر درجه سانتی‌گراد

سانتریفوژ شدند. سپس فاز بالایی محلول را با میکرو پیپت جدا شده و مقدار نه میلی‌لیتر ۱-۲-دی کلرواتان به آن اضافه گردید و بعد از دو ساعت در طول موج ۳۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Grieve & Grattan, 1983).

برای اندازه‌گیری موسیلاژ، یک گرم بذر خشک را در ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال جوشانده محلول موسیلاژ اولیه به‌دست می‌آید. سپس بذرهای باقی مانده در ظرف اول دو بار و هر بار با پنج میلی لیتر آب جوش شسته و به محلول موسیلاژ اولیه اضافه شد. شصت میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۹۶٪ به محلول موسیلاژ به‌دست آمده اضافه و به‌مدت پنج ساعت در یخچال نگهداری شد. رسوب حاصل پس از صاف کردن در آون ۵۰ درجه به‌مدت ۱۲ ساعت قرارگرفته و توزین ماده جدا شده (موسیلاژ) با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد (Kalyanasundaram et al., 1982). برای تعیین درصد روغن بذور از روش سوکسوله استفاده گردید. نمونه‌ها به‌مدت شش ساعت و با حلال ان-هگزان در داخل سوکسله قرار گرفتند. عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد روغن دانه به‌دست آمد.

درصد پروتئین برگ، توسط دستگاه کجدال مدل Vapodest 20 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عناصر پتاسیم و فسفر، ابتدا عصاره به‌روش هضم با اسید کلریدریک تهیه شد. غلظت فسفر با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پتاسیم موجود در عصاره تهیه شده، به‌روش نشر شعله‌ای و با کمک دستگاه فلیم فتومتر انجام گرفت (Chapman & Pratt, 1961).

در پایان دوره رشد، با حذف اثر حاشیه‌ای، یک مترمربع از هر کرت، اندام هوایی به‌منظور به‌دست آوردن عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در تاریخ‌های هفتم تیر (عدم آبیاری) و یکم مرداد (آبیاری تکمیلی) برداشت شدند. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد از بوته‌های برداشت شده از هر کرت به‌صورت تصادفی ده بوته انتخاب شد و صفات ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه داخل کپسول اندازه‌گیری شدند.

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول۲- تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی بر صفات فیزیولوژیک بالنگوی شهری تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 2- Analysis of variance for effect of foliar spray on physiological charachteristics of *Lallemantia* in rainfed and supplemental irrigation conditions

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی df	شاخص سبزینگی SPAD	کارتنوئید Carotenoids	پرولین Proline	گلایسین بتائین Glycine betaine	کل کربوهیدرات‌های محلول Total soluble carbohydrate	آب نسبی برگ RWC
			میانگین مربعات Mean of squers				
بلوک Block	2	1.9^{ns}	0.00014^{ns}	0.0000002^{ns}	0.056^{ns}	1.3^{ns}	71.6^{ns}
آبیاری Irrigation	1	162.7**	0.0006^{ns}	0.0021**	4.85**	274.6**	723.9**
تکرار (آبیاری) Block(rrigation)	2	5.1	0.00003	0.00003	0.062	2.7	142.8
محلول‌پاشی Foliar	3	111.3**	0.007**	0.0032**	2.6**	226.3**	99.1^{ns}
آبیاری×محلول‌پاشی Foliar×Irrigation	3	63.5**	0.014**	0.000096**	**0.75	85.2**	102.9^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	12	7.5	0.00013	0.000008	0.4	3.2	53.7
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		8.6	13.3	3.5	7.6	7.9	13.7

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns: non-significant, *: significant at $P\leq0.05$, **: significant at $P\leq0.01$, respectively.

ادامه جدول۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر محلول‌پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و موسیلاژ بالنگوی شهری تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Continued Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for effect of foliar spray on the seed yiled and yield components, and mucilage of *Lallemantia* in rainfed and supplemental irrigation conditions

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد کپسول در بوته Capsule number per plant	تعداد دانه در کپسول Seed number per capsule	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	موسیلاژ Mucilage
بلوک Block	2	0.66^{ns}	0.07^{ns}	94.8*	0.0006^{ns}	13.832^{ns}	25.240^{ns}	0.18^{ns}
آبیاری Irrigation	1	10.1**	481.5**	1135.7**	0.00003^{ns}	**814.136	5489.573**	0.27^{ns}
تکرار (آبیاری) (Irrigation) lockذ	2	0.72	0.2004	83.0	0.002	4.439	20.387	0.98
محلول‌پاشی Foliar	3	70.9**	135.7**	1485**	0.003^{ns}	9777.633**	5660.005**	1.1^{ns}
آبیاری× محلول‌پاشی Foliar×Irrigation	3	1.4^{ns}	38.3**	**8.7	0.002^{ns}	26.032*	304.593*	1.91^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	12	0.03	0.14	23.4	0.001	6.501	71.660	3.01
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		1.4	0.94	4.1	0.03	3.7	3.8	30.3

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns: non-significant, *: significant at $P\leq0.05$, **: significant at $P\leq0.01$, respectively.

ادامه جدول۲- تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی بر عناصر برگی و روغن دانه (درصد و عملکرد) بالنگوی شهری تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Continued Table 2- Analysis of variance for effect of foliar spray on leaf nutrients and seed oil (percentage and yield) of *Lallemantia* in rainfed and supplemental irrigation conditions

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی df	فسفر برگ Leaf phosphorus	پتاسیم برگ Leafe potassium	نیتروژن برگ Leafe nitrogen	درصد روغن Oil	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Block	2	0.016^{ns}	0.24^{ns}	0.35^{ns}	0.33^{ns}	0.0081^{ns}
آبیاری Irrigation	1	32.9**	21.3**	13.6^{ns}	21.4**	0.0061^{ns}
تکرار (آبیاری) Block (irrigation)	2	0.0052	0.81	0.049	21.4	0.0061
محلول‌پاشی Foliar	3	8.2**	0.23*	11.2^{ns}	9.1^{ns}	0.023**
آبیاری × محلول‌پاشی Foliar×Irrigation	3	6.9**	7.9*	8.1^{ns}	8.9^{ns}	0.0041^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	12	0.21	0.60	0.71	1.6	0.0018
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		6.9	11.4	5.8	5.4	5.7

ns: غیرمعنی‌دار، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns: non-significant, *: significant at $P\leq0.05$, **: significant at $P\leq0.01$, respectively.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات متقابل بین آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی بر شاخص سبزینگی، کارتنوئید، پرولین، گلایسین‌بتائین، کل کربوهیدرات‌های محلول، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال ۱٪ و بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، فسفر و پتاسیم برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول۳- مقایسه میانگین‌های صفات بالنگوی شهری تحت تأثیر اثرات اصلی محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های اسمزی و آبیاری

Table 3- Means comparison of mean *Lallemantia* traits under the influence of independent effects of foliar spray of osmotic adjustments, and irrigation

تیمار Treatment	آب نسبی برگ RWC (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	درصد روغن Oil (%)	عملکرد روغن Oil yield ($g.m^{-2}$)
آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation	48.0 a	35.3 a	22.9 b	-
دیم Rainfed	58.9 b	34.1 b	24.7 a	-
محلول‌پاشی Foliar				
آب مقطر Distilled water		33.1 b	-	0. 66 b
ساکارز Sucrose		36.3 a	-	0. 79 a
پرولین Proline		32.9 b	-	0. 74 a
گلایسین بتائین Glycine betaine		36.5 a	-	0. 78 a

*حروف مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

*The same letters in each column show non-significant differences based on Duncan's Multiple Range test ($P \leq 0.05$).

شاخص سبزینگی

در رابطه با شاخص سبزینگی بیش‌ترین مقدار آن مربوط به محلول‌پاشی پرولین تحت تیمار آبیاری تکمیلی (۴۱/۲) بود و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار ساکارز تحت تیمار دیم (۲۳/۱) بود. با اینکه شاخص سبزینگی در کشت دیم کم‌تر از آبیاری تکمیلی بود، امّا کاربرد محلول‌پاشی با پرولین در هر دو سیستم کاشت دارای بیش‌ترین تأثیر بر شاخص سبزینگی بود. کاهش محتوی کلروفیل در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش عامل‌های لازم برای ساخت کلروفیل و تخریب ساختمان آن است که دلیل آن می‌تواند پیری زودرس برگ‌ها در اثر اختلال هورمونی ناشی از تنش خشکی باشد (Kadkhodaee & Ehsanzadeh, 2011). محلول‌پاشی با ساکارز و گلایسین‌بتائین شاخص سبزینگی را در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی نسبت به شاهد (آب‌پاشی) افزایش ندادند (جدول ۴). افزایش تولید پرولین تحت شرایط تنش موجب می‌شود تا گلوتامات که پیش-ماده ساخت پرولین و کلروفیل است کم‌تر در مسیر بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته باشد و بیش‌تر به ساخت پرولین اختصاص یابد (Tewari & Singh, 1991). در این آزمایش به‌دلیل افزایش پرولین خارجی به بافت برگ گلوتامات کم‌تری صرف ساخت پرولین شده و کلروفیل بیش‌تر تولید می‌شود به همین دلیل افزایش میزان کلرفیل در تیمار پرولین قابل توجیه است. هم‌چنین در شاهد گیاهان آبیاری شده بیش‌ترین میزان کارتنوئید برگی (۰/۱۳ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد که با تیمار محلول‌پاشی با ساکارز تفاوتی نداشت. البته محلول‌پاشی پرولین کارتنوئید برگی را در بالنگو به‌شدت کاهش داد. این مقدار حتی در محلول‌پاشی گلایسین‌بتائین به حداقل (۰/۰۴ میلی‌گرم بر گرم) رسید. در کشت دیم بالنگو کارتنوئید برگی کم‌تر از گیاهان آبیاری شده بود و هیچ‌یک از تیمارهای محلول‌پاشی باعث افزایش چشمگیری در میزان آن نشدند (جدول ۴). در یک بررسی بر روی بابونه مشاهده گردید که با افزایش میزان کمبود آب از میزان کلروفیل کاسته شده و بر میزان کارتنوئید افزوده می‌گردد (Arazmjo et al., 2010). کلروفیل نسبت به اکسیداسیون و بازدارندگی نوری حساس بوده و درحالی‌که نقش کارتنوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدانت و حفاظت‌کننده از کلروفیل است به همین دلیل انتظار می‌رود کاهش میزان کارتنوئید در محلول‌پاشی پرولین به‌علت افزایش میزان کلروفیل در همان تیمار باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های صفات بالنگوی شهری تحت تأثیر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های اسمزی در دو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی

Table 4- Means comparison of *Lallemantia* traits affected by foliar spray of osmotic adjustments in two rainfed and supplemental irrigation systems

آبیاری Irrigation	محلول‌پاشی Foliar spray	شاخص سبزینگی SPAD	کارتنوئید Carotenoids	پرولین Proline	گلایسین بتائین Glycine betaine	کربوهیدرات‌های محلول Soluble carbohydrates	تعداد کپسول در بوته Capsule No/plant	تعداد دانه در کپسول Seed No/ capsule	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک biological yield	فسفر برگ Phosphorus	پتاسیم برگ Potassium
			(mg.g $^{-1}$)						(g.m^{-2})		(mg.g $^{-1}$)	
آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation	آب مقطر Distilled water	36.1 b*	0.13 a	0.10 b	2.1 c	18.5 ef	41.1 e	125.0 b	60.58 e	207.27 de	8.4 b	7.4 ab
	ساکارز Sucrose	32.1 bc	0.12 a	0.07 d	1.9 c	15.7 f	48.1 a	136.8 a	85.94 a	264.95 a	8.2 b	4.9 d
	پرولین Proline	41.2 a	0.06 d	0.04 f	2.1 c	22.0 cd	45.3 c	118.5 bc	74.73 c	232.75 c	9.4 a	5.2 d
	گلایسین بتایین Glycine betaine	27.2 cd	0.04 e	0.07 d	1.0 d	20.5 cde	46.0 b	117.5 bc	79.33 b	239.15 bc	5.0 de	5.6 cd
دیم Rainfed	آب مقطر Distilled water	27.07 cd	0.074 cd	0.13 a	4.0 a	35.0 a	26.2 g	75.0 d	44.05 f	159.46 f	6.9 c	7.6 ab
	ساکارز Sucrose	23.1 d	0.075 cd	0.09 c	3.0 b	23.5 bc	38.2 f	139.7 a	79.56 b	250.52 ab	5.6 d	6.9 bc
	پرولین Proline	34.3 b	0.08 bc	0.06 e	2.1 c	26.6 b	42.7 d	113.5 c	62.41 e	198.43 e	4.3 e	8.6 a
	گلایسین بتایین Glycine betaine	32.1 bc	0.09 b	0.09 c	2.0 c	18.8 def	37.6 f	114.5 c	67.95 d	214.71 d	4.9 de	7.5 ab

*حروف مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

*The same letters in each column show non-significant differences based on Duncan's Multiple Range test ($P \leq 0.05$).

پرولین برگی

در رابطه با صفت پرولین برگی میزان پرولین برگی بالنگو در شاهد (بدون کاربرد تنظیم‌کننده‌های اسمزی) در شرایط آبیاری تکمیلی کم‌تر از کشت دیم بود. با این حال، در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی، کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های اسمزی باعث کاهش معنی‌دار پرولین برگ شد که این کاهش در گیاهان آبیاری شده بیش‌تر بود. محلول‌پاشی ساکارز و گلایسین‌بتائین هر دو به یک اندازه تولید پرولین برگی بالنگو را کاهش دادند. ولی محلول‌پاشی پرولین باعث بیش‌ترین کاهش پرولین برگ در بالنگو شد. به طوری که میزان آن در کشت دیم (۰/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) و آبیاری تکمیلی (۰/۰۴ میلی‌گرم بر گرم) به حداقل رسید (جدول ۴). حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2010) اظهار داشتند که افزایش پرولین در طی تنش خشکی ممکن است به‌خاطر تجزیه پروتئین‌ها باشد. فاروق و همکاران (Farooq et al., 2009) گزارش کردند که در شرایط تنش کم‌آبی و در نتیجه تجمع مواد محلول پتانسیل اسمزی سلول کاهش می‌یابد که در این حالت آب به درون سلول جذب و به حفظ حالت تورگر کمک می‌کند. با تدبیر تعدیل اسمزی فعالیت‌های سیتوپلاسمی و اندامک‌ها به گیاه کمک می‌کند تا به‌صورت کارآمدتری بتواند دوره رشد و فتوسنتز را تا پر شدن دانه به انجام برساند. افزایش غلظت و محتوی پرولین تحت شرایط تنش کم‌آبی ممکن است نشان‌دهنده نقش احتمالی این اسید آمینه در تنظیم اسمزی باشد. تاواری و سینگ (Tewari & Singh, 1991) بیان کردند که افزایش پرولین و کربوهیدرات‌های محلول تحت تنش ممکن است به‌علت شکستن پروتئین‌های غنی از پرولین یا به‌واسطه سنتز مجدد پرولین باشد. در پژوهش حاضر در اثر کاربرد خارجی پرولین و گلایسین‌بتائین تولید ترکیبات اسمزی داخل بافت گیاه را کاهش داده است. با توجه به این‌که پرولین در بافت‌های گیاه در معرض تنش تجمع پیدا می‌کند، محلول‌پاشی این ترکیب، باعث تعدیل میزان پرولین در برگ شده و مقدار تولید این ماده در برگ به نفع سنتز کلروفیل (جدول ۴) کاهش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر گلوتامات بیش‌تر در مسیر سنتز کلروفیل حرکت می‌کند و به تولید پرولین اختصاص نمی‌یابد.

گلایسین‌بتائین

بیش‌ترین مقدار گلایسین‌بتائین در بافت برگی (۴/۰ میلی‌گرم بر گرم) متعلق به گیاهان شاهد در کشت دیم بود که این میزان با یک نوبت آبیاری به نصف کاهش یافت. کاهش زیاد این تنظیم‌کننده اسمزی در آبیاری تکمیلی نشان می‌دهد که بالنگوی شهری از گیاهانی است که گلایسین بتائین در تنظیم اسمزی آن در شرایط خشکی نقش مؤثری دارد. هم‌چنین محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های اسمزی نیز تولید گلایسین‌بتائین برگ را کاهش داد و بیش‌ترین کاهش مربوط به کاربرد گلایسین‌بتائین خارجی بود (جدول ۴). گلایسین‌بتائین در بسیاری از گونه‌های گیاهی به میزان بالا در پاسخ به انواع تنش‌های محیطی سنتز می‌شود. به‌طور خاص بیش‌تر هالوفیت‌ها زمانی‌که در معرض تنش قرار می‌گیرند، گلایسین‌بتائین را به‌عنوان یک تعدیل‌کننده اسمزی در سلول‌های خود افزایش می‌دهند (Makela et al., 1996). با توجه به این که همه گیاهان گلایسین‌بتائین را به میزان کافی برای دفع اثرات سوء تنش‌های غیرزنده تولید نمی‌کنند، رهیافتی که برای افزایش غلظت این ترکیب در گیاهان برای افزایش تحمل به تنش در نظر گرفته شده است کاربرد خارجی این تعدیل‌کننده‌ها نظیر گلایسین‌بتائین در گیاهان تحت تنش به‌منظور افزایش تحمل آن‌ها می‌باشد (Ashraf & Foolad, 2007).

با اعمال تنش خشکی در کشت دیم میزان کل کربوهیدرات‌های محلول به‌شدت افزایش یافت. به عبارت دیگر، میزان کل کربوهیدرات‌های محلول در کشت دیم ۹۰ درصد بیش‌تر از گیاهان آبیاری شده بود. البته کاربرد تنظیم‌کننده‌های اسمزی در کشت دیم باعث کاهش معنی‌دار کربوهیدرات‌های محلول شد ولی این کاهش در آبیاری تکمیلی فقط در تیمار ساکارز مشاهده شد. درحالی‌که کاربرد گلایسین‌بتائین بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در گیاهان آبیاری شده تأثیر معنی‌داری نداشت، محلول‌پاشی پرولین میزان آن را افزایش داد. محلول‌پاشی ساکارز میزان کربوهیدرات را در آبیاری تکمیلی به حداقل میزان خود رساند (جدول ۴). در مجموع افزایش قندهای محلول در زمان تنش را می‌توان به‌علت توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و هم‌چنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول می‌شود، بیان کرد (Ghorbani, 2004). به‌دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام هوایی شاید بتوان این‌گونه بیان کرد که با مصرف خارجی پرولین گیاه نیازی به مصرف قند برای سنتز این

ترکیبات نداشته و میزان کربوهیدرات در این تیمار افزایش یافته است.

محتوی نسبی آب برگ

در رابطه با صفت محتوی نسبی آب برگ بالنگوی شهری در کاشت دیم بالاتر از آبیاری تکمیلی بود. با این حال، محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های اسمزی نیز میزان آب نسبی برگ را تغییر نداد. به نظر می‌رسد حفظ آب نسبی بافت‌های فتوسنتزی (برگ) در شرایط وسیعی از تأمین آب، بالنگوی شهری را به‌عنوان یک گیاه مقاوم به خشکی مطرح می‌کند (جدول ۳). بالا بودن محتوی نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌تواند بخاطر وجود سازوکارهای کاهش‌دهنده تلفات آب از راه روزنه‌ها و یا به‌واسطه جذب بیش‌تر آب از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای باشد (Rigoberto et al., 2004).

تعداد کپسول در بوته

در رابطه با صفت تعداد کپسول در بوته آبیاری تکمیلی در کلیه محلول‌پاشی‌ها باعث افزایش تعداد کپسول در بوته شد که بیش‌ترین مقدار مربوط به ساکارز و کم‌ترین تعداد کپسول در بوته مربوط به شاهد دیم بود. تعداد کپسول در بوته در تیمار ساکارز آبیاری تکمیلی در بیش‌ترین مقدار یعنی ۴۵/۱ کپسول در هر بوته قرار داشت. پس از آن تیمار گلایسین‌بتائین آبیاری تکمیلی با ۴۶ کپسول در بوته در ردیف بعدی قرار داشت. محلول‌پاشی ساکارز و گلایسین‌بتائین در شرایط دیم سطوح یکسانی از تعداد کپسول در هر بوته را نشان دادند. کم‌ترین تعداد کپسول در بوته مربوط به شاهد (آب‌مقطر) کشت دیم بود (جدول ۴).

عملکرد دانه

در رابطه با صفت عملکرد دانه نتایج نشان داد در همه تیمارهای آبیاری تکمیلی بیش‌تر از دیم بود و در محلول‌پاشی ساکارز به حداکثر میزان خود (۸۵/۴۴ گرم بر مترمربع) رسیده است و کم‌ترین مقدار عملکرد دانه مربوط به شاهد دیم (۴۴ گرم بر مترمربع) بود. محلول-پاشی ساکارز، گلایسین‌بتائین و پرولین به‌ترتیب بیش‌ترین افزایش عملکرد دانه را در هر دو سیستم کشت دیم و آبیاری تکمیلی نشان دادند. به طوری که کاربرد تنظیم‌کننده‌های اسمزی در کشت دیم عملکرد دانه را به مقدار بیش از عملکرد دانه گیاهان شاهد (بدون تیمار) در آبیاری تکمیلی افزایش داده است (جدول ۴). این نتایج در خصوص کاهش عملکرد دانه در شرایط کم آبی مطابق با گزارش ریچارد و همکاران (Richards et al., 2002) است که گزارش کردند گیاه برای مقابله با کم‌آبی بخشی‌از مواد پرورده را به ریشه برای توسعه سیستم ریشه منتقل نموده و در نتیجه سهم اختصاص‌یافته به تولید دانه کاسته می‌شود. هنگامی که خشکی در هر مرحله از رشد و نمو گیاه حادث شود، عملکرد کاهش قابل ملاحظه‌ای می-یابد و بیش‌ترین‌کاهش زمانی است که خشکی در زمان شروع گل‌دهی اتفاق می‌افتد. هم‌چنین می‌توان افزایش عملکرد در آبیاری تکمیلی را ناشی از تقویت توانایی گیاه در تحمل به خشکی آخر فصل و افزایش سرعت پر شدن دانه و در نهایت سبب افزایش، بهبود و تثبیت عملکرد دانه در واحد سطح دانست. از طرف دیگر، تولید تنظیم‌کننده‌های اسمزی برای گیاه پر هزینه بوده و بخشی از ماده خشک تولیدی به‌جای صرف در رشد مقصدهای فیزیولوژیک اصلی گیاه در مسیر ساخت این اسمولیت‌ها قرار می‌گیرد. علاوه بر آن در مراحل مختلف رشد اندام‌های گیاهی برای دریافت آسیمیلات‌ها با هم رقابت کرده و تخصیص مواد فتوسنتزی در بین اندام‌ها تحت تأثیر این رقابت قرار می‌گیرد. با توجه به این‌که در این تحقیق تنظیم‌کننده‌های اسمزی به‌صورت خارجی در اختیار گیاه قرار گرفته است، احتمال می‌رود ماده خشک تولیدی به‌طور کامل صرف پر شدن دانه شده باشد.

عملکرد بیولوژیکی

در رابطه با صفت عملکرد بیولوژیکی می‌توان گفت این صفت نشان‌دهنده ماده خشک کل تجمع‌یافته در اندام هوایی در زمان برداشت است. محلول‌پاشی ساکارز در هر دو سیستم دیم (۲۵۰/۵۲ گرم بر مترمربع) و آبیاری تکمیلی (۲۶۴/۹۵ گرم بر مترمربع) عملکرد بیولوژیکی را به‌طور چشم‌گیری افزایش داد. به‌طوری‌که اختلاف بین شرایط دیم و آبیاری تکمیلی ناچیز بود، امّا نقش محلول‌پاشی پرولین و گلایسن‌بتائین در افزایش عملکرد در آبیاری تکمیلی بیش‌تر از دیم بود (جدول ۴). شاهد (آب مقطر) در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی عملکرد کمی داشت، امّا کم‌ترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به شاهد دیم (۴۴ گرم بر مترمربع) بود (جدول ۴). مشایخی و آتشی (Mashayekhi & Atashi, 2012) بیان داشتند که استفاده از تیمار ساکارز به‌صورت محلول‌پاشی سبب افزایش قند و به دنبال آن افزایش انرژی در دسترس برای گیاه می‌شود که احتمالاً دلیل افزایش عملکرد

تیمار ساکارز به همین علت بوده است. گورهام و همکاران (Gorham et al., 2000) بیان کردند که کاربرد گلایسین‌بتائین باعث افزایش وزن خشک کل بوته‌های پنبه شد.

فسفر

در رابطه با میزان فسفر برگ بیش‌ترین و کم‌ترین میزان فسفر برگ به‌ترتیب در کاربرد خارجی پرولین همراه با یک نوبت آبیاری تکمیلی (۹/۴ میلی‌گرم بر گرم) و کشت دیم (۴/۳ میلی‌گرم بر گرم) گزارش شد. میزان فسفر گزارش شده در تیمار دیم کم‌تر از آبیاری تکمیلی بود. کلیه تیمارهای محلول‌پاشی گیاهان دیم دارای فسفر برگ کم‌تری نسبت به گیاهان بدون محلول‌پاشی بودند (جدول ۴). عدم تحرک فسفر در اسیدیته بالا و تثبیت آن، به‌ویژه در تنش‌های کمبود آب دلیل اصلی کاهش تجمع آن در بافت برگی در شرایط دیم می‌باشد (Devau et al., 2009). نتیجه فوق در خصوص کاهش میزان فسفر در تنش با نتیجه پیرزاد و همکاران (Pirzad et al., 2010) بر روی بابونه آلمانی همسویی داشت. با توجه به اینکه فسفر از جمله پیش‌نیازهای ساخت پرولین می‌باشد (Marschner, 2002). در محلول‌پاشی پرولین با توجه به قرارگیری پرولین خارجی در اختیار گیاه و عدم ساخت پرولین درون‌زاد بخصوص تحت شرایط آبیاری تکمیلی افزایش میزان فسفر منطقی به نظر می‌رسد.

پتاسیم

در رابطه با میزان پتاسیم برگ مشاهده شد که کاربرد خارجی پرولین در گیاهان دیم بیش‌ترین مقدار پتاسیم (۸ میلی‌گرم بر گرم) را داشته و کم‌ترین مقدار پتاسیم برگ در تیمار گلایسین‌بتائین آبیاری - تکمیلی (۵/۶ میلی‌گرم بر گرم) داشته است. میزان پتاسیم در تیمار دیم بیش‌تر از تیمار آبیاری تکمیلی در کلیه محلول‌های اعمال شده بود. در زمانی که رطوبت مساعد باشد ممکن است درصد پتاسیم در بافت‌های گیاه کاهش یابد و این موضوع می تواند به علت رقیق شدن آن باشد. به‌طور کلی نظر بر این است که در اثر تنش خشکی میزان جذب پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد و آن به‌دلیل تنظیم فشار اسمزی و نقش یون پتاسیم در کنترل روزنه است. در مواردی هم مشاهده شده که درصد پتاسیم در گیاهان تحت تنش کم تر بوده و دلیل آن می‌تواند کاهش قابلیت دسترسی این عناصر در شرایط کمبود رطوبت باشد. به این صورت که در اثر وجود آب زیادتر، یون‌های یک‌ظرفیتی مانند پتاسیم در محلول خاک به طور نسبی بیش تر از یون‌های دوظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم افزایش می‌یابد. امّا به تدریج که خاک خشک می‌شود، کلوئیدهای رس با قدرت بیش تری پتاسیم (یون‌های یک ظرفیتی) را به سطح خود جذب کرده و مانع از جدا شدن این یون‌ها می‌شوند (Kafi et al., 2008).

نیتروژن

میزان نیتروژن موجود در بافت گیاهی تحت تأثیر شرایط آبیاری تکمیلی و دیم معنی‌دار نشد. هم‌چنین هیچ‌کدام از تیمارهای محلول-پاشی نیز بر میزان نیتروژن برگ تأثیر نداشتند (جدول ۳). به نظر می-رسد به‌علت تحرک بالای نیتروژن در خاک و عدم تثبیت آن در خاک کمبود نیتروژن در هیچ یک از تیمارها مشاهده نشده است. پیرزاد و همکاران (Pirzad et al., 2010) در بابونه گزارش کردند که رژیم مختلف آبیاری تأثیری بر میزان جذب نیتروژن ندارد.

ارتفاع بوته

در رابطه با صفت ارتفاع بوته بالنگوی شهری مشاهده شد که این صفت تحت تأثیر معنی‌دار آبیاری تکمیلی نسبت به گیاهان دیم افزایش داشت. محلول‌پاشی گلایسین‌بتائین و ساکارز (۳۶ سانتی‌متر) بیش‌ترین افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد (۳۳ سانتی‌متر) را نشان دادند (جدول ۳). از اولین نشانه‌های کمبود آب کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌هاست. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع کم‌تر گیاهان تشخیص داد. ارتفاع بوته مانند هر اندام رویشی و یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر آب قرار می‌گیرد (Erkossa et al., 2002). قلی زاده و همکاران (Gholizadeh et al., 2010) نیز کاهش طول ساقه بادرشبو را تحت تنش خشکی گزارش کردند. گلایسین‌بتائین و ساکارز به‌دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش فتوسنتز، تورژسانس سلولی و به دنبال آن افزایش طویل شدن سلول باعث افزایش ارتفاع می‌شود که افزایش غلظت این ماده اثرات مثبت آن را با افزایش غلظت داخلی این مواد تشدید نموده است.

وزن هزار دانه

در خصوص صفت وزن هزار دانه تنش آبی و محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه بالنگو نداشت (جدول ۲). وزن هزار دانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه است و از آنجا که با آغاز گل‌دهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند، می‌بایستی بین وزن هزار دانه هنگامی که گیاه در حال تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، با حالت‌های غیرتنش تفاوت وجود داشته باشد، امّا وزن هزار دانه از جمله فاکتورهایی است که بیشتر تحت تأثیر کنترل ژنتیکی است و از توارث‌پذیری بالایی برخوردار است و کم‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2008) گزارش کردند که وزن هزار دانه در گشنیز کم‌تر تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و در شرایط متفاوت تأمین آب دارای وزن هزار دانه یکسانی بودند.

درصد موسیلاژ

صفت درصد موسیلاژ که در واقع میزان موسیلاژ در یک گرم بذر است، تحت تأثیر سطوح محلول‌پاشی قرار نگرفت و حتی تفاوت معنی‌داری بین گیاهان دیم و آبیاری‌شده از نظر درصد موسیلاژ دانه مشاهده نشد (جدول ۲). بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که ساخت مواد مؤثره گیاهان دارویی تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیط است (Al-Ramamneh, 2009). بنابراین می‌توان عدم تفاوت در درصد موسیلاژ را به این دلیل توجیه کرد که شاید سطوح تنش شدیدتر برای تغییر درصد موسیلاژ لازم است. میانگین‌های درصد موسیلاژ دانه در دو شرایط دیم و آبیاری نشان می‌دهد که موسیلاژ دانه در بالنگو به‌طور ژنتیکی زیاد است. فراهانی و همکاران (Farahani et al., 2009) گزارش کردند که تنش خشکی می‌تواند سطوح متابولیسم گونه‌ها و ژنوتیپ‌های افزایش یا کاهش دهد یا تأثیری روی آن‌ها نداشته باشد.

درصد و عملکرد روغن

درصد روغن در گیاهان دیم بالاتر از آبیاری تکمیلی است (جدول ۳). محلول‌پاشی تأثیری بر درصد روغن نداشت (جدول ۲). در مورد اثر تنش خشکی بر درصد روغن گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. درصد روغن در گیاهان مختلف تحت تأثیر سطوح مختلف شدت تنش می‌تواند افزایش یابد. از نظر عملکرد روغن، تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری بین آبیاری تکمیلی و دیم مشاهده نشد. کاهش عملکرد دانه (جدول ۴) هم‌زمان با افزایش درصد روغن (جدول ۳) باعث می‌شود که عملکرد روغن در کشت دیم و آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌داری نشان ندهند (جدول ۳). درصد روغن یک صفت کمّی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود، بنابراین آسیب دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل‌کننده در اثر تنش خشکی، بعید به نظر می‌رسد. از این رو کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی است (Yadollahi Dehcheshmeh et al., 2014). در شرایط تنش با این که محتوی روغن افزایش می‌یابد، ممکن است به‌علت کاهش شدید عملکرد دانه ناشی از تنش کم‌آبی، عملکرد روغن با افت مواجه شود (Shubhra et al., 2004).

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که باتوجه به این‌که در شرایط کمبود آب اسمولیت‌هایی نظیر پرولین، گلایسین-بتائین و ساکارز در گیاه ساخته می‌شوند تا بتوانند اثرات زیان‌بار تنش را کاهش دهند. لذا استعمال خارجی این مواد باعث تعدیل اسمولیت-های ساخته شده در گیاه می‌گردد و بخش بیش‌تر مواد فتوسنتزی صرف پر شدن دانه در گیاه می‌شود که افزایش عملکرد نیز ناشی از این می‌باشد. علاوه بر آن باتوجه به قرارگیری ایران در مناطق خشک و نیمه خشک و ضرورت توجه به کمبود آب، آبیاری تکمیلی به‌عنوان راهکاری برای جلوگیری از افت عملکرد و کاهش هدررفت آب در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به‌دست آمده نشان داد که یک نوبت آبیاری تکمیلی عملکرد را در همه تیمارها افزایش داد. این امر می‌تواند ناشی از تخلیه کامل رطوبت خاک در آخر فصل رشد باشد و آبیاری تکمیلی با کارآیی بالاتری بخشی از عملکرد را که در شرایط دیم کاهش یافته است، جبران می‌کند. محلول‌پاشی ساکارز، گلایسین بتائین و پرولین به‌ترتیب بیش‌ترین افزایش را در تولید عملکرد (دانه و بیولوژیکی) نشان دادند، درحالی‌که کاربرد این تنظیم-کننده‌های اسمزی عملکرد روغن را به یک اندازه نسبت به شاهد افزایش دادند. بنابراین محلول‌پاشی اسمولیت‌ها و انجام آبیاری تکمیلی راهکاری برای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بالنگوی شهری توصیه می‌شود.

منابع:

Al-Ramamneh, E.A.D.M. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30: 389-394.

Amanzadeh, Y., Khosravi Dehaghi, N., Gohari, A.R., Monsef-Esfehani, H.R., and Sadat Ebrahimi, G.R. 2011. Antioxidant activity of essential oil of *Lallemantia iberica* in flowering stage and post-flowering stage. Journal of Research in Biological Sciences 6(3): 114-117. (In Persian with English Summary)

Arazmjo, A., Heidari, M., and Ghorbani, A. 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 4: 482-494. (In Persian with English Summary)

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycinebetaine and proline. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Blum, A. 2011. Plant breeding for water-limited environments. Springer, New York, USA 255p.

Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. Methods of analysis for soils plants and waters. University of California, Division of Agricultural Science 309 p.

Devau, N., Cadre, Le, E., Hinsinger, P., Jaillard, B., and Gérard, F. 2009. Soil pH controls the environmental availability of phosphorus: Experimental and mechanistic modeling approaches. Applied Geochemistry 24(11): 2163-2174.

Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers.effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre Ethiopia 82: 247-256.

Farahani, H.A., Valadabadi, S.A., Daneshian, J., and Khalvati, M.A. 2009. Evaluation changing of essential oil of balm *Mellisa officinalis* L. under water deficit stress condition. Journal of Medicinal Plants Research 3: 329-333.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress effevts mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

Farzi, M., Alizadeh, K., and Arshad, M. 2016. Study on dragons head (*Lallemantia iberica* L.) landraces under supplementary irrigation and rainfed conditions. Journal of Crop Ecophysiology 10: 401-412. (In Persian with English Summary)

Gamal EL-Din, K.M., and Abd El-Wahed, M.S.A. 2005. Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. International Journal of Agriculture and Biology 7(3): 376-380.

Ghasemian, V., Shafagh Kalvanagh, J., and Pirzad, A. 2017. Effect of fertilizer treatments and irrigation regimes on *Lallemantia iberica* seed mucilage yield and compounds. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 27(3): 17-31. (In Persian with English Summary)

Gholizadeh, A., Amin, M.S.M., Aunar, A.R., Esfahani, M., and Saberioon, M.M. 2010. The study on the effect of different levels of zeolite and water stress on growth, development and essential oil content of Moldavian balm *Dracocephlum moldavica*. American Journal of Applied Sciences 7(1): 33-37.

Ghorbani, A. 2004. Turkmen desert medicinal herbs. Publication of the Center for Traditional Medicine and Medical Regulation of Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 100p. (In Persian)

Gorham, J., Jokinen, K., Malik, M.N.A., and Khan, I.A. 2000. Glycine betaine treatment improves cotton yields in field trials in Pakistan. Proceedings of the World Cotton Research Conference II, Athens, Greece p. 624-627.

Grieve, C.M., and Grattan, S.R. 1983. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. Plant and Soil 70: 303-307.

Habibi, D., Ardakani, M.R., Mahmoudi, A., and Asgharzadeh, A. 2010. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and oxidative damage of maize under drought stress. International Conference on Chemistry and Chemical Engineering 253-257 P.

Iririgoyen, J.J., Emerich, D.W., and Sanches, D.M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugares in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum 84: 55-60.

Jalilian, J., and Heydarzadeh, S. 2016. Effect of cover crops, organic and chemical fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of Safflower *Carthamus tinctorius*. Journal of Agricultural Science 25(4): 71-85. (In Persian with English Summary)

Kadkhodaee, A., and Ehsanzadeh, P. 2011. Grain yield, leaf chlorophyll, proline and soluble carbohydrates content of linseed (*Linum usitatisimum* L.) under different irrigation regimes. Iranian Journal of Field Crop Science 42: 125-131. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Borzoi, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masumi, E., and Nabati, J.V. 2008. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Publishing of Mashhad Press, Iran 502p. (In Persian)

Kalyanasundaram, N.K., Patel, P.B., and Dalal, K.C. 1982. Nitrogen need of *Plantago ovata* Forsk. In relation to the available nitrogen in soil. Indian Journal Agricultture Science 52(4): 240-242

Khalil, S.E., and El-Noemani, A.A. 2012. Effect of irrigation intervals and exogenous proline application in improving tolerance of garden cress plant *Lepidium sativum* L. to water stress. Journal of Applied Sciences Research 8(1): 157-167.

Koc, E., İslek, C., and Üstun, A.S. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Gazi University Journal of Science 23: 1-6.

Koocheki, A., Bakhshaei, S., Tabarraei, A. and Jafari, L. 2014. Effect of plantdensity and planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of Balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.). Journal of Agroecology 6(2): 229-237. (In Persian with English Summary)

Korkmaz, A., Sirikci, R., Kocacınar, F., Deger, O., and Demirkırıan, A.R. 2012. Alleviation of salt- induced adverse effects in pepper seedlings by seed application of glycinebetaine. Scientia Horticulturae 148: 197-205.

Makela, P., Peltonen-Sainio, P., Jokinen, K., Pehu, E., Setala, H., Hinkkanen, H., and Somersalo, S. 1996. Uptake and translocation of foliar applied glycinebetaine in crop plants. Plant Science 121: 221-230.

Marschner, H. 2002. Mineral Nutrition of Higher Plant. Elsevier Sci Ltd. Academic Press 899p.

Mashayekhi, K., and Atashi, S. 2012. Effect of spray and saccharose on some biochemical characteristics of strawberry plants of camarosa. Journal of Plant Production Research 19(4): 171-175. (In Persian with English Summary)

Martignone, R.A., and Nakamaya, Y.F. 1983. Foliar fertilization urea and sucrose on soybean. Phyton 43: 167-178.

Nori-Shargh, D., Kiaei, S.M., Deyhimi, F., Mozaffarian, V., and Yahyaei, H. 2009. The volatile constituents analysis of *Lallemantia iberica* (M.B). Fischer & Meyer from Iran. Natural Product Research 23: 546-548.

Norouzi Baroogh, A. 2009. Effects of proline and glycine betaine spraying on sunflower reaction to drought stress. MSc Thesis. Isfahan University of Technology. 120 pp.

Oweis, T., and Hachum, A. 2004. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity for dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management 80(1-3): 57-73.

Paquin, R., and Lechasseur, P. 1997. Observationssur une method de dosage de la proline libra dans lrs extrain de plants. Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854.

Pei, F., Li, X., Liu, X., and Lao, C. 2013. Assessing the impacts of droughts on net primary productivity in China. Journal of Environmental Management 114: 362-371.

Pirzad, A., Shakiba. M.R., Zehtab salamsi, S., and Mohamadi, A. 2010. Effects of water stress on some nutrients uptake in *Matricaria chamomilla* L. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 104: 1-7. (In Persian with English Summary)

Rahimi, A., Mashayekhi, K., Hemati, K., and Dardipor, A. 2008. Effect of salicylic acid and food elements on seed yield and yield components of coriander. Journal of Plant Production Research 16(4): 149-156. (In Persian with English Summary)

Richards, R., Rebetzke, G.J., Condon, A.G., and van Herwaarden, A.F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Science 42: 111-121.

Rigoberto, R.S., Josue, K.S., Jorge Alberto, A.G., Carlos, T.L., Joaquýn, O.C., and Kelly, J.D. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield. Field Crops Research 85(2-3): 203-211.

Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

Sane, F., and Pirzad, A. 2018. Optimal plant spacing of Lallemantia iberica under rainfed and supplementary irrigation. Iranian Journal of Field Crop Science In Press. (In Persian with English Summary)

Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C.L., and Munjal, R. 2004. Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. Biologia Plantarum 48(3): 445-448.

Soltani-Gard, F., Omidi, M.K., Habibi, H., Lebaschi, H., Hosseini, M., and Zarezade, H. 2010. The effect of different glycin betaine on morphological traits and yield of *Matricaria chamomila* L. under drought stress in Yazd area.

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(2): 279-289. (In Persian with English Summary)

Strasil, Z., and Kas, M. 2005. The effect of nitrogen fertilization, sowing rates and weather conditions on yield components of *Lallemantia iberica* Fisch. et Mey. Scientia Agriculturae Bohemica 36(1): 15-20.

Tewari, T.N., and Singh, B.B. 1991. Stress studies in lentil (*Lens esculenta* Moench). II. Sodicity-induced changes in chlorophyll, nitrate, nitrite reductase, nucleic acids, proline, yield, and yield components in lentil. Plant and Soil 135: 225-250.

Yadollahi Dehcheshmeh, P., Bagheri, A.A., Amiri, A., and Esmailzadeh, S. 2014. Effects of drought and foliar application on yield and photosynthetic pigments sunflower. Journal of Crop Physiology 6(21): 73-83. (In Persian with English Summary)

Zlatanov, M., Antova, G., Angelova-Romova, M., Momchilova, S., Taneva, S., and Nikolova-Damyanova, B. 2012. Lipid structure of *Lallemantia* seed oil: A potential source of omega-3 and omega-6 fatty acids for nutritional supplements. Journal of the American Oil Chemists Society 89(8): 1393-1401.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1105-1121

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۱۲۱-۱۱۰۵

Ecophysiological Response of *Lallemantia iberica* L. to Exogenous Application of Osmotic Adjustments in Rainfed Production

D. Sheykhi Sanandaji[1] and A. Pirzad[2*]
Submitted: 14-05-2018
Accepted: 12-08-2018

Sheykhi Sanandaji, D., and Pirzad, A. 2019. Ecophysiological response of *Lallemantia iberica* L. to exogenous application of osmotic adjustments in rainfed production. Journal of Agroecology. 11(3): 1105-1121.

Introduction

Lallemantia as an annual plant, with scientific name Lallemantia iberica L. belonged to the Lamiaceae family. The seeds contain oil and mucilage, which are used in the textile and pharmaceutical industries. Lallemantia grows well in arid regions; therefore it can be used as an alternative of the common crops in these areas. The reason for the adaptation to drought is due to the existence of drought-tolerant genes. Crop yield and growth are affected by environmental factors such as water deficit stress due to abnormal processes of physiological processes under stress. Due to the fact that plants synthesize different osmotic compounds under stress conditions, they may respond to their exogenous application against stress conditions. The aim of this study was to evaluate the response of the yield and physiological characteristics of *Lallemantia* to the application of osmolytes under rainfed and one supplemental irrigation procedure.

Materials and Methods

This split-plot experiment was conducted at Research Farm of Urmia University (Latitude 45° 10' East, latitude 37° 44' North and altitude 1338 m above sea level) based on a randomized complete block design with three replications during the growing season of 2016-2017. Non-irrigation (rainfed) and one-time irrigation as the main plot, and the foliar application of Osmolytes (proline, glycine betaine, sucrose and distilled water as control) were considered as a sub-plot. The foliar application was performed twice at sunset time. Sampling was done for physiological traits at 80% flowering, and yield was measured at the end of the growing season. The measured traits included leaf Relative Water Content (RWC), chlorophyll index (SPAD), proline, total soluble carbohydrate, glycine betaine, nutrients, plant height, number of capsules per plant, seed number per capsule, 1000-seed weight, biological yield, oil percentage and yield, and mucilage percentage.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that the irrigation effect on leaf relative water content, plant height, and oil percentage, and the effect of foliar application of osmolytes on the oil yield were significant at 1% probability level, but 1000-seed weight, seed mucilage percentage, and leaf nitrogen percentage was not affected by irrigation and osmolytes. The interaction between irrigation and osmolytes was significant on the chlorophyll, carotenoid, proline, glycine betaine, total soluble carbohydrates, number of capsules per plant, number of seeds per capsule at 1% probability level, and significant effect on the grain yield, biological yield, phosphorus and potassium at 5% probability level. In both rainfed and supplemental irrigation, the use of proline showed higher chlorophyll index. Proline in both rainfed and supplemental irrigation systems reduced the leaf proline to a minimum concentration. The use of glycine betaine reduced the amount of glycine betaine and total soluble carbohydrates in rainfed and irrigated plants. The highest grain yield (79.56 $g.m^{-2}$ for rainfed and 85.94 $g.m^{-2}$ for supplemental irrigation) and biological yield (250.25 $g.m^{-2}$ for rainfed and 492.65 $g.m^{-2}$ for supplemental irrigation) belonged to sucrose spraying. Maximum plant height (36 cm) was related to glycine betaine foliar spraying as well as the sucrose application of irrigated plants, while the shortest plant (33 cm) belonged to rainfed plants. Seed weight, as one of the important yield-related factors that currently represents the length and condition of the reproductive period. Though, foliar spray of proline and glycine betaine increased biological yield and grain yield in comparison with control treatment. Leaf potassium decreased in irrigated plants by foliar application of osmolytes, but this is was non-significant in rainfed cultivation. In spite of a little variation of leaf

1 and 2- MSc Student and Professor (Crop Physiology), Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
(*-Corresponding Author Email: a.pirzad@urmia.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72715

carotenoid in rainfed plants in response to osmolytes, it decreased significantly in supplemental irrigation by proline and glycyline betaine.

Conclusion

According to the results, exogenous application of osmolytes including proline, glycine betaine and sucrose, and or one-time supplemental irrigation, compensated the drought-induced yield loss due to prevent complete discharge of soil moisture. Therefore, the application of foliar spraying and supplemental irrigation is recommended as a viable and cost-effective broad-based solution to increase the yield and yield components of *Lallemantia iberica*.

Keywords: Glycine betaine, Mucilage, Oil, Proline, Supplemental irrigation

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1138-1123

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1123-1138

تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی و وزن مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

فریده اکبری[1]، مهدی دهمرده[2*]، علی مرشدی[3]، احمد قنبری[4] و سرور خرم دل[5]

تاریخ دریافت: 1397/02/01
تاریخ پذیرش: 1397/05/28

اکبری، ف.، دهمرده، م.، مرشدی، ع. قنبری، ا.، و خرم‌دل، س. 1398. تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی و وزن مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط ذرت و لوبیا. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1138-1123.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی و وزن مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان شهرکرد در سال زراعی 96-1395 اجرا شد. خاک‌ورزی در سه سطح (رایج، کم‌خاکورزی و بی‌خاک‌ورزی) به‌عنوان عامل اصلی، مدیریت بقایای گیاهی در چهار سطح (صفر، 30، 60 و 90 درصد وزن بقایای گندم) به‌عنوان عامل فرعی و پنج سطح کشت مخلوط (کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، نسبت 2:2 ذرت و لوبیا، نسبت 3:1 ذرت و لوبیا و نسبت 1:3 ذرت و لوبیا) به‌عنوان عامل فرعی فرعی مدنظر قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل درصد تغییرات محتوی عناصر پرمصرف (شامل نیتروژن کل، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس)، وزن مخصوص ظاهری و ترسیب کربن خاک بود. نتایج نشان داد که عملیات خاک‌ورزی، محتوی نیتروژن کل، کربن آلی، پتاسیم قابل دسترس و وزن مخصوص ظاهری خاک را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که افزایش شدت خاک‌ورزی موجب کاهش میانگین این صفات گردید. بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین ترسیب کربن خاکبه‌ترتیب در تیمار 90 درصد بقایا، سیستم بدون خاک‌ورزی و نسبت کشت 2:2 برابر با 4154/33 کیلوگرم در هکتار و تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و کشت خالص لوبیا برابر با 836/33 کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. از کارکردهای مهم اکوسیستمی مرتبط با کشت مخلوط، افزایش تولید و به‌تبع آن توان ترسیب کربن گیاه می‌باشد که با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان عنوان کرد که اجرای تیمار بدون خاک‌ورزی همراه با بقایای گیاهی وکشت مخلوط با بهبود ذخیره کربن آلی خاک، می‌توانند در راستای تعدیل اثرات منفی تغییر اقلیم مفید واقع گردند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم قابل دسترس، تخلخل خاک، ترسیب کربن، خاک‌ورزی حفاظتی

مقدمه

نوع و شدت نظام خاک‌ورزی از طریق ایجاد تخریب و برهم خوردن خاک خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Lithourgidis et al., 2006). خاک‌ورزی را بر اساس شدت اعمال آن به سه دسته رایج، حفاظتی و حداقل تقسیم‌بندی می‌نمایند (El Titi, 2010) و در این بین، نظام خاک‌ورزی متوسط و حفاظتی مورد تأکید بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Busari et al., 2015; Soane et al., 2012).

به‌کارگیری خاک‌ورزی‌های کاهش یافته و حفاظتی در درازمدت از طریق کاهش آب‌شویی و کاهش تلفات عناصر غذایی سبب بهبود

1، 2 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشیار و استاد گروه زراعت دانشگاه زابل
3-دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
5- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72178

حاصلخیزی و باروری خاک می‌شود (Bhatt & Khera, 2006). رولدان و همکاران (Roldan et al., 2003) با بررسی شاخص‌های پایداری خاک در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی در نواحی گرمسیری و محصولات ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نتیجه گرفتند که روش بدون خاک‌ورزی تجمع بقایای گیاهی را در سطح خاک افزایش داد و در بهبود خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک در مقایسه با خاک‌ورزی رایج بسیار مؤثر بود. دام و همکاران (Dam et al., 2004) با بررسی اثر سه روش خاک‌ورزی و تیمار بقایای گیاهی (بدون کاربرد و با کاربرد بقایای ذرت) بر خصوصیات خاک، گزارش کردند که وزن مخصوص ظاهری خاک به‌ویژه در عمق 10-0 سانتی‌متری در روش بی‌خاک‌ورزی 10 درصد بیش‌تر از خاک‌ورزی مرسوم بود.

بسکانسا و همکاران (Bescansa et al., 2006) گزارش کردند که پس از پنج سال کشت متوالی جو (*Hordeum vulgare* L.)، وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق صفر تا 15 سانتی‌متری در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی همراه با سوزاندن بقایای گیاهی نسبت به کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بیش‌تر بود. هم‌چنین در سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی، وزن مخصوص ظاهری در لایه 30-15 سانتی‌متری خاک که دقیقاً زیر لایه شخم‌خورده بود، هشت درصد افزایش یافت، درحالی‌که در دیگر سیستم‌های خاک-ورزی تغییر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد.

بقایای گیاهی به‌عنوان یک نهاده درون مزرعه‌ای برای حفظ ماده آلی خاک و بازگرداندن عناصر غذایی به خاک مطرح شده‌اند (Berg, 2000). اثرات مثبت حفظ بقایای گیاهی بر بهبود کیفیت خاک بیش‌تر به بازچرخش عناصر غذایی نسبت داده شده است (Lal, 2005). به‌طور متوسط 4×10^{15} گرم در سال بقایای گیاهی حاوی 0/8 درصد نیتروژن، 0/1 درصد فسفر و 1/3 درصد پتاسیم می‌باشند، از این‌رو مقدار NPK موجود در بقایای گیاهی را حدود Mg 11×10^{6} گزارش کرده‌اند (Sudin et al., 2016; Lal, 2005). وارما و بهگات (Verma & Bhagat, 1992) گزارش کردند که اختلاط کاه برنج (*Oryza sativa* L.) با خاک در کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) منجر به افزایش قابل توجه محتوی فسفر قابل دسترس، منیزیم، روی و پتاسیم قابل دسترس خاک شد. برگرداندن بقایای گیاهی به خاک به‌مرور زمان موجب افزایش ماده آلی خاک و تشکیل بیش‌تر خاکدانه‌ها می‌شود که این موضوع منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Kahlon et al., 2013; Blanco-Canqui, 2006). شارما و آچاری (Sharma & Achary, 2000) رابطه منفی و معنی‌داری بین حفظ بقایای گیاهی و وزن مخصوص ظاهری گزارش کردند. تفاوت در وزن مخصوص ظاهری احتمالاً می‌تواند به محتوای کربن آلی خاک بیش‌تر در حضور بقایا، نسبت به شرایط بدون بقایا باشد. گنگوار و همکاران (Gangwar et al., 2006) گزارش کردند که ترکیب کردن بقایای محصول به‌دلیل بهبود تخلخل باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری (1/58 مگاگرم بر متر مکعب) و حذف بقایای محصول باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری بیش‌تر (1/62 مگاگرم بر متر مکعب) شد.

باتوجه به اینکه قابلیت خودتنظیمی بوم‌نظام‌های کشاورزی در نتیجه فشرده‌سازی این بوم‌نظام‌ها از بین رفته است، ارتقاء تنوع زیستی در این بوم‌نظام‌ها در جهت احیای آن‌ها تأثیرگذار است. تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی منجر به تنظیم جمعیت آفات از طریق کنترل طبیعی حشرات آفت و بیماری‌ها می‌شود و هم‌چنین چرخه‌های عناصر غذایی و سلامت خاک از طریق فعالیت‌های میکروبی احیا می‌گردد و ممکن است سایر خدمات بوم‌نظام مانند پایداری خاک،کنترل فرسایش خاک و ترسیب کربن را افزایش دهند (Schroder et al., 2007). در نهایت، مجموعه این عوامل منجر به تولید پایدار و وابستگی کم‌تر به نهاده‌های خارجی می‌گردد (Anderson & Lockeretz, 2003). بسیاری از محققان مهم‌ترین عامل افزایش تنوع در اکوسیستم‌های زراعی را حضور کشت‌های مخلوط در این سیستم‌ها می‌دانند (Nassiri Mahallati et al., 2001; Vandermeer, 1992). افزایش تنوع محصولات از طریق کشت مخلوط می‌تواند در بهبود کارکردها و خدمات اکوسیستمی مؤثر باشد.

نظر به اهمیت حفظ منابع تولید به‌ویژه خاک در طول مراحل تولید پایدار محصول، مدیریت بقایای گیاهی، به‌کارگیری کشت مخلوط و کاهش شدت خاک‌ورزی به‌ضرورت احساس می‌شود. بنابراین، با توجه به تأثیر بسزای خاک‌ورزی و کاربرد بقایای گیاهی و افزایش تنوع از طریق کشت مخلوط بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سه نوع سطح خاک‌ورزی و چهار سطح بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شرایط آب‌وهوایی شهرکرد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 96-1395 در مزرعه ایستگاه چهارتخته مرکز تحقیقات شهرستان شهرکرد با موقعیت 49 درجه و 22 دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی 32 درجه و 20 دقیقه شمالی و در ارتفاع 2060 متر از سطح دریا انجام شد. اقلیم منطقه شهرکرد به‌روش دومارتن- گوسن و کوپن به‌ترتیب نیمه‌خشک- استپی سرد و معتدل سرد با تابستان‌های گرم‌وخشک است. میزان بارش متوسط سالانه در این منطقه حدود 330 میلی‌متر و متوسط دما 11/8 درجه سانتی‌گراد است. آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. خاک‌ورزی در سه سطح شامل خاک‌ورزی رایج با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، کم خاک‌ورزی با استفاده از دیسک و فاروئر و بی‌خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی و مدیریت بقایای گیاهی در چهار سطح (صفر، 30، 60 و 90 درصد وزن بقایای گندم) به‌عنوان عامل فرعی و کشت مخلوط ذرت (رقم K.S.C 704) و لوبیا چیتی (رقم صدری) در پنج سطح (کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، نسبت 2:2 ذرت و لوبیا، نسبت 3:1 ذرت و لوبیا و نسبت 1:3 ذرت و لوبیا) به‌عنوان عامل فرعی- فرعی در نظر گرفته شد.

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت، نمونه‌برداری از عمق 30-0 سانتی‌متری انجام شد که نتایج آن در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil before start of the experiment

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی OC (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)
لومی-رسی Clay-loam	7.86	0.735	0.624	0.087	8.6	217	1.4

در اوایل بهار قطعه زمینی به مساحت 2400 متر مربع انتخاب شد. به‌منظوراعمال تیمارهای بقایای گیاهی، بقایای گندم از خارج از مزرعه تأمین شد و مقدار بقایای لازم برای هر تیمار بر اساس مقدار کاه و کلش تولید شده (8200 کیلوگرم در هکتار) محاسبه و اعمال گردید و سپس عملیات خاک‌ورزی صورت گرفت. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به‌طول دو متر و فاصله 60 سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی دو و نیم، کرت‌های فرعی دو و کرت‌های فرعی فرعی یک متر در نظر گرفته شد. فاصله دو بوته روی ردیف برای لوبیا و ذرت به‌ترتیب پنج و 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه تیمارهای خاک‌ورزی نیاز به کرت‌های بزرگ دارند به‌عنوان عامل اصلی در نظرگرفته شد. بدین ترتیب، در هر پلات اصلی تعداد 20 تیمار وجود داشت، بنابراین، در طول هر پلات اصلی 48 متر باعرض دو متر، خاک‌ورزی اعمال گردید.

به‌منظور جلوگیری از تأثیر زیست‌توده علف‌های هرز بر خصوصیات خاک، مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی و توسط کارگر در طول فصل رشد انجام شد. آبیاری به‌صورت بارانی در ابتدای فصل رشد با فاصله زمانی چهار روز و بعد از آن با فاصله زمانی یک هفته صورت گرفت. در طی مرحله گرده افشانی ذرت که حدوداً 10 روز به طول انجامید، آبیاری در شب انجام شد تا بساک‌ها در اوایل صبح باز و هوای سرد و مرطوب باعث تأخیر و هوای گرم و خشک باعث تسریع در باز شدن بساک‌ها و گرده‌افشانی نگردد.

به‌منظور ارزیابی خصوصیات خاک، پس از اجرای عملیات خاک‌ورزی و اعمال تیمار بقایا و در پایان فصل و پس از برداشت گیاهان نمونه‌برداری از خاک به‌صورت تصادفی از عمق 30-0 سانتی‌متری انجام شد. محتوی نیتروژن کل بر اساس روش هضم تر با استفاده از کجلدال (Bremner, 1970)، فسفر به‌روش اولسن (Olsen, 1954)، پتاسیم محلول در استات آمونیوم به‌روش شعله‌سنجی با دستگاه فلیم فتومتر (Varley, 1966) و وزن مخصوص ظاهری به‌روش پارافین مذاب (Black, 1965) اندازه‌گیری و تعیین شد. سپس درصد تغییرات میزان این صفات نسبت به شاهد (قبل از شروع آزمایش) تعیین گردید. میزان کربن آلی با روش والکی و بلک (Walkley & Black, 1934) اندازه‌گیری و در نهایت، مقدار ترسیب

کربن بر حسب کیلوگرم در هکتار بر اساس معادله 1 محاسبه شد:

$$Cs= 10000 \times OC (\%) \times Bd \times E \quad \text{معادله (1)}$$

در این معادله، Cs: مقدار کل کربن آلی خاک ($Kg.ha^{-1}$)، OC%: درصد کربن آلی خاک، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$) و E: عمق نمونه‌برداری بر حسب سانتی‌متر (Mahmoudi Taleghani et al., 2007) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوی نیتروژن کل،کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس

اثر متقابل خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و کشت مخلوط بر میزان نیتروژن و کربن آلی خاک معنی‌دار بود ($p\leq0/05$) (جدول 2). بیش‌ترین میزان نیتروژن در تیمار بی‌خاک‌ورزی، 60 درصد بقایا و نسبت کشت 2:2 به‌دست آمد اگر چه با نسبت کشت 1:3 تفاوت معنی‌داری نداشت و بیش‌ترین میزان کربن آلی خاک در تیمار بی-خاک‌ورزی، 90 درصد بقایا و کشت مخلوط با نسبت 1:3 به‌دست آمد (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر وزن مخصوص ظاهری و خصوصیات شیمیایی خاک

Table 2- Analysis of variance (mean squares) of the effects of tillagelevels, crop residues and corn - bean intercropping patterns on bulk density and chemical characteristics of soil

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	محتوی نیتروژن کل Total N	کربن آلی Organic C	محتوی فسفر قابل دسترس Available P	محتوی پتاسیم قابل دسترس Available K	وزن مخصوص ظاهری Bulk density
تکرار Replication	2	0.00000347*	0.0000316*	0.0072*	0.996ns	0.000233ns
سطوح خاک‌ورزی (T) Tillage levels (T)	2	0.00167*	0.197*	25.26*	3772.58*	0.0489*
خطای اصلی Main error	4	0.00000409	0.00046	0.0128	1.027	0.000994
بقایای گیاهی (R) Plant residues (R)	3	0.00168*	0.451*	52*	31018.60*	0.00681*
T × R	6	0.000253*	0.0420*	1.66*	536.79*	0.000487ns
خطای فرعی Sub plot error	18	0.00000298	0.000605	0.0086	0.622	0.000158
الگوهای کشت Planting patterns (P)	4	0.000045*	0.00849*	0.404*	581.13*	0.000323ns
P × T	8	0.0000660*	0.000929ns	1.830*	244.06*	0.000367ns
R × P	12	0.0000603*	0.00675*	0.748*	266.94*	0.000741*
T × R × P	24	0.0000641*	0.00738*	0.5004*	274.65*	0.000436*
خطای فرعی فرعی Sub-sub error	96	0.00000382	0.000682	0.0051	0.988	0.000179
ضریب تغییرات (%) CV%		2.53	3.78	1.87	1.58	1.09

اجرای نظام خاک‌ورزی حداقل با افزایش محتوی نیتروژن کل و کربن آلی خاک جلوگیری از فشردگی به‌واسطه کاهش تردد ماشین آلات خصوصیات کیفی خاک را بهبود می‌بخشد (Ozpinar, 2006; Bessam, 2003). مجموع کربن آلی و نیتروژن آلی خاک در شرایط استفاده از بقایا در مقایسه با عدم مصرف بقایا، به‌طور قابل توجهی بیش‌تر بود (جدول 3). بقایای گیاهی منبع اصلی از کربن به شمار می‌آیند که 40٪ از کل بیوماس گیاهی (بر اساس وزن خشک) را کربن تشکیل می‌دهد (Pal et al., 2016). بسیاری از محققان وجود

یک رابطه خطی بین مقدار کربن ترسیب‌شده در خاک و کربن ورودی از بقایای گیاهی را گزارش کرده‌اند (Sainju et al., 2007; Wang et al., 2010). از این‌رو، انتظار می‌رود میزان کربن آلی خاک در تیمار 90 درصد بقایا بیش‌تر باشد. افزایش کربن آلی خاک در اثر اضافه کردن بقایای گندم به‌دلیل بالا بودن میزان کربن موجود و دارا بودن نسبتC:N بالا (60/37 درصد) منجر به تجزیه کندتر بقایا و در نتیجه افزایش کربن آلی خاک می‌شود. اکبری و همکاران (Akbari et al., 2011) و هم‌چنین ریکاس و همکاران (Recous et al., 1995) نیز سرعت کند تجزیه را بالا بودن نسبت C:N گزارش نمودند. امبا و اننجی (Mbah & Nneji, 2011) و ملحی و همکاران (Malhi et al., 2006) نیز افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک در اثر تیمار مخلوط کردن بقایا را گزارش کرده‌اند. سطح کم‌تر کربن آلی در تیمار خاک‌ورزی مرسوم احتمالاً در اثر بر هم خوردن خاک و اکسیداسیون و تجزیه مواد آلی است که معمولاً با اختلال در خاکدانه‌های خاک و زیر و رو شدن بیش‌تر خاک این نظام خاک‌ورزی، به‌دلیل هوادهی و اکسیداسیون بیش‌تر تشدید می‌شود (Malhi & Lemke, 2007). برتری نسبت کشت مخلوط 1:3 و 2:2 در افزایش کربن آلی خاک می‌تواند به‌دلیل برتری (غالبیت) لوبیا بر ذرت باشد. در مطالعات مختلف (Nath et al., 2003; Aulakh et al., 2004; Swain & Patro, 2007) به افزایش کربن آلی خاک در سیستم‌های کشت مخلوط مانگو+ گواوا + لوبیا چشم بلبلی اشاره کرده‌اند. گیاهان لگومینوزه از طریق هم‌زیستی قادر به تثبیت بیولوژیکی N اتمسفری بوده و آن را برای محصولات همراه قابل استفاده می‌کند از این‌رو منجر به افزایش کیفیت خاک و کربن آلی خاک می‌گردد (Van Kessel & Hartly, 2000; Kong et al., 2005; Abberton, 2010). در مطالعات صورت گرفته توسط فوراما و تیلمن (Fornara & Tilman, 2008) در چمن‌زارهایی که لوبیا حضور دارد با افزایش انباشت بیوماس در اندام‌های هوایی و زیرزمینی منجر به افزایش کربن ورودی به خاک می‌گردد.

گیاهان لگومینوزه قادر به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بوده و نیتروژن کم‌تری از خاک برداشت می‌کنند، در نتیجه نیتروژن بیش‌تری در خاک برای گیاهان زراعی در دسترس خواهد بود (Abiven et al., 2005). علاوه بر این، توزیع بیش‌تر نیتروژن در خاک از طریق تثبیت نیتروژن و ریزش برگ‌های پایینی لگوم‌ها باعث بهبود حاصلخیزی خاک و بهبود رشد گراس‌ها در مخلوط می‌شود (Njoka-Njiru et al., 2006). در مطالعه‌ای میزان نیتروژن خاک پس از برداشت در کشت خالص ذرت برابر 0/19 درصد گزارش شده درحالی‌که در کشت مخلوط ذرت با سویا (*Glycine max* L.)، ذرت با لوبیا معمولی و بادام زمینی (*Arachis hypogea* L.) مقدار نیتروژن خاک به‌ترتیب 0/23 و 0/22 درصد گزارش شد (Nzabi et al., 1999). نتایج مطالعه گیل و فیک (Gil & Fick, 2001) روی قابلیت دسترسی نیتروژن خاک در کشت خالص و مخلوط لگوم– گراس نشان دادند که در انتهای فصل رشد نیتروژن معدنی خاک در کشت مخلوط دو تا سه برابر کشت خالص گراس بود. تجزیه بقایای گیاهی یکی از مهم‌ترین منابع نیتروژن مورد مصرف گیاهان می‌باشد که نتیجه فرآیندهای پیچیده میکروبی بوده تحت عوامل زیادی مهار می‌شود که می‌توان به کیفیت بقایا و نسبت C:N، میزان لیگنین (Duong, 2009, Abera et al., 2012; Vahdat et al., 2011)، مدیریت، خصوصیات خاک و شرایط محیطی نظیر دما و تعامل بین آن‌ها اشاره کرد (Trinsoutrot et al., 2000, Abiven et al., 2005). در تیمار بی‌خاک‌ورزی کم‌تر بودن میزان نیتروژن خاک در کشت خالص ذرت می‌تواند به‌دلیل غیرمتحرک شدن نیتروژنی به‌واسطه بالا بودن نسبت C:N بقایای گندم باشد؛ درحالی‌که در دیگر نسبت‌های کشت مخلوط به‌دلیل حضور گیاه لگوم، نیتروژن مورد نیاز فعالیت‌های میکروبی تا حدی تأمین می‌گردد.

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پتاسیم قابل دسترس به‌ترتیب مربوط به تیمارهای بی‌خاک‌ورزی، 90 درصد بقایای گندم و نسبت کشت 2:2 و خاک‌ورزی رایج، تیمار بدون بقایا و کشت خالص ذرت بود (جدول 3). در مطالعات متعددی به مقادیر زیادتر پتاسیم قابل تبادل در غیاب خاک‌ورزی (Thomas et al., 2007; Martin-Rueda et al., 2007; Limousin & Tessier, 2007) یا کاهش شدت خاک‌ورزی (Asghar et al., 1996; Lal et al., 1999; Guzmán et al., 2006) اشاره شده است. اسیدیته پایین خاک‌های خاک‌ورزی نشده می‌تواند هوادیدگی مواد معدنی و در نتیجه پتاسیم تبادلی را افزایش دهد (Markewitz & Richter, 2000).

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی خاک تحت سطوح خاک‌ورزی و بقایای گیاهی در الگوهای کشت ذرت و لوبیا

Table 3- Mean comparisons for soil chemical characteristics affected as tillagelevels, crop residues and intercropping of corn and bean

سیستم خاک‌ورزی Tillage systems	الگوی کشت intercropping patterns	نیتروژن کل Total N (%)				کربن آلی Organic C (%)				پتاسیم قابل دسترس Available K ($mg.kg^{-1}$)			
		درصد بقایای گیاهی Crop residues (%)											
		0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
خاک‌ورزی رایج Conventional tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	0.074^{l-m}	0.072^{l-m}	0.083^{gf}	0.069^{s-p}	0.41^{q}	0.613^{ml}	0.740^{fhg}	0.740^{fhg}	114^{f}	149.5^{xw}	155.83^{v}	164^{rs}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	0.061^{w}	0.071^{o-m}	0.073^{l-m}	0.062^{wv}	0.476^{op}	0.516^{on}	0.70^{jih}	0.740^{fhg}	122.5^{e}	157.66^{u}	165.16^{rq}	175.16^{n}
	2:2	0.062^{wv}	0.067^{s-t}	0.084^{g-f}	0.065^{w-t}	0.470^{p}	0.536^{n}	0.67^{jik}	0.720^{f-g}	132.5^{c}	168.16^{po}	166^{pq}	169^{o}
	3:1	0.076^{k-j}	0.072^{l-m}	0.074^{l-m}	0.071^{o-p}	0.363^{r}	0.620^{mkl}	0.720^{f-g}	0.72^{f-g}	122^{e}	156^{v}	164^{rs}	158^{n}
	1:3	0.066^{s-t}	0.064^{w-v}	0.078^{h}	0.072^{o-m}	0.446^{qr}	0.606^{m}	0.740^{fhg}	0.730^{thg}	129.16^{d}	166^{q}	165.81^{q}	175.16^{n}
کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	0.075^{l-m}	0.073^{l-m}	0.088^{dc}	0.084^{g-f}	0.623^{mkl}	0.640^{mkl}	0.763^{feg}	0.760^{feg}	137^{b}	158^{u}	169.16^{o}	190.66^{j}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	0.076^{k-j}	0.082^{g}	0.087^{de}	0.084^{g-f}	0.656^{j-l}	0.663^{jkl}	0.840^{bcd}	0.760^{feg}	$147.66z^{y}$	162.5^{ts}	177^{m}	200.3^{f}
	2:2	0.075^{l-m}	0.077^{ih}	0.085^{d-f}	0.083^{g}	0.630^{mkl}	0.67^{jik}	0.746^{fhg}	0.746^{fhg}	150.16^{w}	168^{pc}	195^{h}	210^{d}
	3:1	0.081^{h}	0.072^{l-m}	0.085^{d-f}	0.076^{i-j}	0.70^{jih}	0.633^{mk}l	0.746^{fhg}	0.760^{feg}	144.61^{a}	162^{t}	173.66^{n}	195.16^{h}
	1:3	0.07^{o-p}	0.083^{gf}	0.091^{bc}	0.076^{i-j}	0.633^{mkl}	0.720^{f-g}	0.760^{feg}	0.803^{ed}	138.66^{a}	174.33^{n}	177.83^{m}	208^{e}
	ذرت خالص Corn sole cropping	0.065^{u-t}	0.064^{w-v}	0.085^{d-f}	0.081^{g}	0.606^{m}	0.616^{fhg}	0.766^{feg}	0.750^{fgh}	138.66^{b}	164.8^{rq}	164^{rs}	184^{l}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	0.075^{l-m}	0.076^{l-j}	0.088^{dc}	0.087^{d-f}	0.716^{ihg}	0.640^{mkl}	$0.843b^{cd}$	0.826^{cd}	147^{zya}	165.16^{rq}	$199g^{f}$	218^{c}
	2:2	0.073^{l-m}	0.072^{l-m}	0.094^{a}	0.092^{ba}	0.610^{m}	0.726^{ml}	0.820^{cd}	0.863^{bc}	150.16^{w}	186^{kj}	206.66^{e}	233.33^{a}
	3:1	0.068^{s-t}	0.076^{i-j}	0.087^{d-f}	0.092^{ba}	0.616^{ml}	0.640^{mkl}	0.860^{bc}	0.88^{ba}	146^{az}	173.83^{n}	191^{t}	197.83^{g}
	1:3	0.071^{o-p}	0.073^{l-m}	0.094^{a}	0.083^{g}	0.703^{jih}	0.701^{jih}	0.770^{fe}	0.916^{a}	148^{xy}	174^{n}	200^{t}	225^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

*Mean fallowed by the same letters in each column, are not significantly different at the 5% probability level.

جدول 4- مقایسه میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در سطوح خاک‌ورزی و الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا

Table 4- Mean comparisons for soil bulk densityaffected as tillage levels, crop residues and intercropping of corn and bean

سیستم خاک‌ورزی Tillage systems	الگوی کشت Planting patterns	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$) — درصد بقایای گیاهی Crop residues (%)			
		0	30	60	90
خاک‌ورزی رایج Conventional tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1.210^{n-o*}	1.170^{r}	1.173^{r}	1.180^{rq}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1.203^{n-q}	1.210^{n-o}	1.180^{rq}	1.180^{rq}
	2:2	1.190^{qp}	1.226^{n-i}	1.190^{pq}	1.203^{n-q}
	3:1	1.180^{rq}	1.213^{n-k}	1.190^{pq}	1.116^{r}
	1:3	1.210^{n-o}	1.206^{n-o}	1.203^{n-q}	1.166^{r}
کم خاک‌ورزی Reduced tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1.230^{m-f}	1.230^{n-f}	1.233^{e-f}	1.230^{n-f}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1.230^{m-f}	1.256^{e-f}	1.230^{n-f}	1.213^{n-k}
	2:2	1.213^{m-k}	1.236^{h-f}	1.220^{n-i}	1.216^{n-k}
	3:1	1.240^{e-f}	1.230^{n-f}	1.220^{n-i}	1.216^{n-k}
	1:3	1.230^{n-f}	1.23^{n-f}	1.233^{e-f}	1.210^{n-o}
بی‌خاک‌ورزی No tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1.250^{e-f}	1.240^{e-f}	1.240^{e-f}	1.23^{n-f}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1.276^{ba}	1.250^{e-f}	1.240^{e-f}	1.233^{e-f}
	2:2	1.280^{a}	1.246^{e-f}	1.223^{n-i}	1.220^{n-i}
	3:1	1.256^{e-f}	1.260^{e-c}	1.243^{e-f}	1.246^{e-f}
	1:3	1.273^{bac}	1.256^{e-f}	1.230^{n-f}	1.243^{e-f}

*میانگین‌های با حروف مشترک برای هر پارامتر بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه‌بندی متعدد تیمار به جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول وآخر گروه‌بندی ذکر گردید.

*Means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range testRegarding the many number of treatments and grouping of several treatments, instead of all the letters of the group, only the first letter and grouping were mentioned on the numbers.

دیماریا و همکاران (DeMaria et al., 1999) با ارزیابی تأثیر روش‌های بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل با گاوآهن قلمی بر میزان پتاسیم خاک نشان دادند که محتوی پتاسیم در تیمار بدون خاک‌ورزی بالاتر بود. به نظر می‌رسد با افزایش شدت خاک‌ورزی، رشد ریشه و جذب پتاسیم توسط گیاه افزایش یافته و در نتیجه مقدار پتاسیم موجود در خاک کاهش می‌یابد (Hosseini et al., 2015). اکبری و همکاران (Akbari et al., 2011) با کاربرد بقایای گیاهی مختلف در مزارع گندم نشان دادند که پتاسیم قابل استفاده خاک پس از 165 روز از کاربرد بقایا، افزایش چشمگیری داشت. ویتبرد و همکاران (Whitbread et al., 2000) نیز اظهار داشتند که برگرداندن بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش پتاسیم قابل استفاده خاک به مقدار هشت کیلوگرم در هکتار شد، درحالی‌که خارج کردن آن از خاک مقدار پتاسیم را بیش از 100 کیلوگرم در هکتار کاهش داد.

نتایج نشان داد افزایش نسبت ذرت در کشت مخلوط باعث کاهش میزان پتاسیم خاک و افزایش نسبت لگوم در کشت مخلوط باعث افزایش پتاسیم آن گردید. به نظر می‌رسد ذرت در جذب کاتیون‌های تک‌ظرفیتی مانند پتاسیم موفق‌تر بوده و افزایش نسبت لوبیا در مخلوط میزان پتاسیم در خاک را افزایش می دهد. در مطالعه هودیانی مهر و همکاران (Hodiani mehr et al., 2017) بیش‌ترین میزان پتاسیم خاک از کشت مخلوط 25 درصد چای ترش + 75 درصد ماش و کم‌ترین مقدار آن از کشت خالص چای ترش به‌دست آمد.

در مطالعه دهمرده (Dahmardeh, 2010) کم‌ترین میزان پتاسیم

خاک در کشت خالص ذرت و بالاترین میزان پتاسیم خاک در کشت مخلوط 100 درصد ذرت+ 100درصد لوبیا چشم بلبلی گزارش شد. مطالعه تغییرات عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط ذرت و سویا نشان داد که مقدار پتاسیم خاک در کشت خالص ذرت و کشت مخلوط به‌ترتیب 0/72 و 0/78 میلی اکی والان در لیتر بود (Nzabi et al., 1999).

وزن مخصوص ظاهری خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و الگوهای مختلف کشت بر وزن مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار بود (جدول 2) و کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمار خاک‌ورزی رایج، 90 درصد بقایا و نسبت کشت 3:1 به‌دست آمد (جدول 4). از آن‌جا که وزن مخصوص ظاهری خاک با مقدار خلل و فرج خاک رابطه عکس دارد، به نظر می‌رسد اجرای خاک‌ورزی رایج با زیر و رو کردن خاک موجب افزایش تخلخل و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک در مقایسه با سیستم‌های کم خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی شده است. نتایج مطالعه بلندمدت وین (Vyn, 1993) نیز مؤید این مطلب است که اعمال خاک‌ورزی رایج کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک را در مقایسه با نظام‌های بدون خاک‌ورزی به‌دنبال داشت. تریپاسی و همکاران (Tripathi et al., 2007) نیز کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک را در روش خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار مشاهده کردند. یکی از دلایل افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی این است که در این سیستم فقط در هنگام کاشت لایه سطحی خاک به هم می‌خورد و در اعماق پایین‌تر نه تنها به‌هم‌خوردگی ایجاد نمی‌شود، بلکه در اثر تردد ماشین‌آلات به‌میزان زیادی فشردگی نیز ایجاد شده و وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر در راستای گزارش‌های سایر پژوهشگران بود (Agostini et al., 2012) که نشان دادند وزن مخصوص ظاهری در شرایط بدون خاک‌ورزی افزایش می‌یابد.

برگرداندن بقایای گیاهی به خاک به‌مرور زمان موجب افزایش ماده آلی خاک می‌شود که این موضوع منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Singh-Kahlon et al., 2013; Blanco-Canqui, 2006). شارما و آچاری (Sharma & Achary, 2000) رابطه منفی و معنی‌داری بین حفظ بقایای گیاهی و وزن مخصوص ظاهری خاک گزارش کردند. در مطالعات متعددی به اثرات مثبت کشت مخلوط در کاهش وزن مخصوص ظاهری اشاره شده است (Swain & Patro, 2007 Hamzei & Seyedi, 2014; Akpan et al., 2016). اسوانوهمکاران (Swain et al., 2012) درمطالعه خود مشاهده کردند که کشت مخلوط مانگو + گواوا + لوبیاچشم‌بلبلی منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری در عمق 15-30 سانتی‌متر ($1/29\ g.cm^{-3}$) در مقایسه با کشت خالص این محصولات گردید ($1/36g.cm^{-3}$) گردید. افزایش محتوی مواد آلی خاک منجر به بهبود وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Maheswarappa et al., 1998). در واقع، کشت مخلوط با ایجاد مقادیر زیادی زیست‌توده منجر به بهبود خصوصیات خاک می‌گردد.

ترسیب کربن: بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین ترسیب کربن خاک به‌ترتیب در تیمار بدون خاک‌ورزی، 90 درصد بقایای گیاهی و نسبت کشت 2:2 و تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و کشت خالص لوبیا محاسبه شد (جدول 5). مقدار مواد آلی در خاک شدیداً تحت تأثیر شیوه‌های خاک‌ورزی قرار می‌گیرد. در بررسی‌های صورت گرفته توسط تان و همکاران (Tan et al., 2005)، جین و همکاران (Jin et al., 2009) و شان و همکاران (Shan et al., 2010) نیز بیش‌ترین کربن آلی در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی حاصل گردید.آن‌ها دلیل این افزایش را به کاهش اکسیداسیون ماده آلی به‌واسطه عدم برهم خوردن خاک نسبت دادند. می‌توان گفت، اضافه کردن باقی‌مانده بقایای گیاهی و یا اختلاط به‌صورت سطحی می‌تواند تشکیل خاکدانه‌های خاک را افزایش و در نهایت با کاهش معدنی شدن کربن و ترسیب کربن را افزایش دهد. چون این تراکم بقایای گیاهی در سطح می‌تواند سطح خاک را از هر گونه عامل فرساینده تا حدی حفاظت کند. در نهایت، ساختمان خاک بهبود پیدا کرده و از طرفی با جلوگیری از اثر مستقیم نور خورشید و کاهش حرارت خاک، معدنی شدن کربن خاک را کاهش داده (Thelen et al., 2010) و هم‌چنین باعث حفاظت فیزیکی کربن خاک شده (Blanco-Conqui et al., 2007) و میزان کربن آلی خاک افزایش پیدا می‌کند (Kukal et al., 2009).

خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2016) میانگین ترسیب کربن خاک مزارع کلزا را 3/46 تن در هکتار گزارش کردند. دلیل پایین بودن ترسیب کربن خاک به محتوی پایین ماده آلی خاک در مزارع استان خراسان نسبت داده شد. هم‌چنین با توجه به پایین بودن میزان ماده آلی خاک (Mc Conkey et al., 2003;

Hajabbasi & Hemmat, 2000) و تأثیر مثبت بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به‌ویژه محتوی کربن آلی، توصیه می‌شود مصرف بقایا جهت بهبود ماده آلی خاک به‌ویژه در بوم‌نظام‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مد نظر قرار گیرد تا از این طریق بتوان توان ترسیب کربن خاک را بهبود بخشید. بهبود پتانسیل ترسیب کربن، معادل افزایش زیست‌توده گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و جلوگیری از فرسایش است (Jafarian & Tayefeh Seyyed Alikhani, 2013). بنابراین، هر گونه اقدامی که باعث افزایش پوشش گیاهی گردد، به‌طور غیرمستقیم در بهبود ترسیب کربن تأثیرگذار خواهد بود.

جدول 5- مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک در سطوح خاک‌ورزی و الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا

Table 5- Mean comparisons for soil carbon sequestration under different tillagelevels and intercropping patterns of corn and bean

ترسیب کربن Carbon sequestration (Kg C.ha^{-1})					
سیستم خاک‌ورزی Tillage systems	الگوی کشت Planting patterns	درصد بقایای گیاهی Plant residues (%)			
		0	30	60	90
رایج Conventional tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1001.71^{q*}	1483.02^{j}	1757.51^{b}	1825.55^{z}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	836.33^{r}	1230.9^{n}	1734.76^{c}	1834.57^{zy}
	2:2	1145.12^{o}	1301.7^{m}	1648.17^{e}	1916.12^{zy}
	3:1	1155.5^{o}	1485.66^{j}	1774.26^{a}	1834.57^{zy}
	1:3	1039.54^{p}	1427.88^{l}	1872.39^{x}	1872.39^{x}
کم خاک‌ورزی Reduced tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1530.03^{hg}	1734.76^{c}	1915.9^{w}	2944.34^{h}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1573.16^{f}	1841.62^{y}	2272.78^{p}	2835.4^{k}
	2:2	1515.73^{hi}	2115.75^{s}	2174.56^{q}	2849.22^{kj}
	3:1	1696.38^{d}	2074.59^{t}	1992.97^{u}	2855.92^{j}
	1:3	1503.9^{i}	2144.36^{r}	1987.18^{u}	2874.9^{i}
بی‌خاک‌ورزی No tillage	ذرت خالص Cornsole cropping	1454.9^{k}	2323.6^{o}	2875.51^{i}	3834.90^{d}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	169.26^{d}	2454.1^{n}	2952.46^{h}	3896.92^{c}
	2:2	1538.2^{g}	2456.7^{n}	3192.92^{e}	4154.33^{a}
	3:1	1456.9^{k}	2624.4^{m}	2996.5g	4025.58^{b}
	1:3	1657.2^{e}	2644.3^{l}	3162.7^{f}	3905.28^{c}

*میانگین‌های با حروف مشترک برای هر پارامتر بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه بندی متعدد تیمار یه‌جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول وآخر گروه‌بندی ذکر گردید.

*Meanswiththe same letters are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range test. Regarding the many number of treatments and grouping of several treatments, instead of all the letters of the group, only the first letter and grouping were mentioned on the numbers.

در تیمار بی‌خاک‌ورزی ترسیب کربن در سیستم‌های مختلف کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص ذرت و لوبیا بود؛ به‌طوری‌که در الگوهای مختلف کشت بالاترین میزان ترسیب کربن در نسبت کشت مخلوط 2:2 و کم‌ترین میزان در کشت خالص دو گیاه به‌دست آمد. نسبت‌های کشت مخلوط 2:2، 3:1 و 1:3 توان ترسیب کربن خاک را به‌ترتیب 3/77، 3/05 و 1/34 درصد نسبت به کشت خالص ذرت و 4، 3/28 و 1/58 درصد نسبت به کشت خالص لوبیا افزایش دادند (جدول 5). مطالعات پیچل و همکاران (Peichl et al., 2006) نیز حاکی از این بود که کشت مخلوط در مقایسه با سیستم‌های تک‌کشتی پتانسیل بالایی در ترسیب کربن خاک و کاهش غلظت

دی‌اکسیدکربن اتمسفری دارند. تواتاسا و گوردون (Thevathasan & Gordon, 2004) نیز بـه افـزایش چهـار برابـری ترسـیب کـربن در سیستم‌های کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی اشاره کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار بـدون خـاک‌ورزی، حضـور بقایای گیاهی و کشت مخلوط موجب بهبود عناصر غذایی خاک شده است. طوری‌که بیش‌ترین میزان نیتروژن در تیمار بی‌خاک‌ورزی، 60 درصد بقایا و نسبت کشت 2:2 اگرچه بـا نسـبت کشـت 1:3 تفـاوت معنی‌داری نداشت و بیش‌ترین میزان کربن آلی خاک در تیمـار بـی-خاک‌ورزی، 90 درصد بقایا و کشت مخلوط با نسبت 1:3 به‌دست آمد. برتری نسـبت کشـت مخلـوط 1:3 و 2:2 در افـزایش کـربن آلـی و نیتروژن خاک می‌تواند به‌دلیل برتری (غالبیت) لوبیـا بـر ذرت باشـد. گیاهان لگومینوزه از طریق هم‌زیستی قادر بـه تثبیـت بیولـوژیکی N اتمسفری بوده و آن را برای محصولات همراه قابل استفاده می‌کند از این رو منجر به افزایش کیفیت خاک و کربن آلی خاک می‌گردد.

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پتاسیم قابل دسترس به‌ترتیب مربوط به تیمارهای بی‌خاک‌ورزی، 90 درصد بقایای گندم و نسـبت کشـت 2:2 و خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایای گندم و کشت خالص ذرت بود. اسیدیته پایین خاک‌های شخم‌نخورده می‌تواند هوادیـدگی مـواد معدنی و پتاسیم تبادلی را افزایش دهد و پتاسـیم ناشـی از هـوازدگی مواد معدنی می‌تواند در خاک‌های شخم‌نخورده بیش‌تر باشـد. نتـایج نشان داد افزایش نسبت ذرت در کشت مخلوط باعث کاهش میـزان پتاسیم خاک و افزایش نسبت لگوم در کشت مخلوط باعـث افـزایش پتاسیم آن گردید.

کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک مربوط به تیمار خاک‌ورزی رایج، 90 درصد بقایـا و نسـبت کشـت 3:1 بـود. از آن‌جـا کـه وزن مخصوص ظاهری خاک با مقدار خلل و فرج خاک، رابطه عکس دارد، به نظر می‌رسد اجرای خاک‌ورزی فشرده بـا زیـر و رو کـردن خـاک موجب افزایش تخلخل و بهبـود وزن مخصـوص ظـاهری خـاک در مقایسه با خاک‌ورزی متوسط و حداقل شده است. برگرداندن بقایـای گیاهی به خاک به‌مرور زمان موجب افزایش ماده آلی خاک مـی‌شـود که این موضوع منجـر بـه کـاهش وزن مخصـوص ظـاهری خـاک می‌گردد. هم‌چنین یافته‌های این تحقیق حاکی از این بود که در بین الگوهای مختلف کشت، کشت مخلوط با نسبت کشت 2:2 بیش‌ترین پتانسیل کـربن در خـاک را بـه خـود اختصـاص داد. یکـی دیگـر از کارکردهای مهم اکوسیستمی مرتبط با کشت مخلوط، بهبود پتانسیل ترسیب کربن می‌باشد. بهبود ذخیره کـربن آلـی خـاک در الگوهـای کشت مخلوط و تیمار بی‌خاک‌ورزی می‌تواند گام مهمـی در راسـتای تعدیل اثرات منفی تغییر اقلیم باشد.

منابع

Abera, G., Wolde-meskel, E., and Bakken, L.R. 2012. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. Biology and Fertility of Soils 48: 51–66.

Abberton, M. 2010. Enhancing the role of legumes: Potential and obstacles. Integrated Crop Management11:177-187.

Abiven, S., Recous, S., Reyes, V., and Oliver, V. 2005. Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. Biology and Fertility of Soils 42: 119-128.

Agostini, M.A., Studdert, G.A., San Martino, S., Costa, J.L., Balbuena, R.H., Ressia, J.M., Mendivil, G.O., and Lázaro, L. 2012. Crop residue grazing and tillage system effects on soil physical properties and corn (*Zea mays* L.) performance. Journal Soil Science Plant Nutrition 12: 271–282.

Akbari, F., Poori, K., Kamkar, B., and Alimagham, S.M. 2011.Effect of wheat, soybean and cotton residues on soil potassium content and its uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 3(2): 163-171. (In Persian with English Summary)

Akpan, I., Eteng, E.U., and Willi, E.S. 2016. Assessment ofgroundnut/maize intercropping system on soil bulk density and volumetric moisture content grown in a typic paleudult soil of Southeastern Nigeria. Direct Research Journals 4(8): 228-232.

Anderson, M.D., and Lockeretz, W. 2003. Sustainable agriculture research in the ideal and in the field. Journal of Soil and Water Conservation 47: 100-104.

Asghar, M., Lack, D.W., Cowie, B.A., and Parker, J.C. 1996. Effects of surface soil mixing after long-term zero tillage on soil nutrient concentration and wheat production. p. 88–91. In: Asghar, M. (Ed.), Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, the Australian Society of Agronomy Inc. Toowoomba, Queensland.

Aulakh, P.S., Vij, V.K., and Baidwan, R.P.S. 2004. Studies on the effects of intercrop biomass onsoil and tree health of Kinnow Mandarin. New Delhi: Indian Society of Horticulture.

Berg, B. 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. Forest Ecology and Management 133: 13–22.

Bessam, F., and Mrabet, R. 2003. Long-term effect of tillage and cropping systems on particulate organic matter of a Calcixeroll soil of semi-arid Morocco. In: Proceedings 16th Triennial Conference of International Soil Tillage Research Organisation, Brisbane, Australia, 13-18 July, p. 144-149.

Bescansa, P., Imaz, M.J., Virto, I., Enrique, A., and Hoogmoed, W.B. 2006. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil and Tillage Research 87: 19-27.

Bhatt, R., and Khera, K.L. 2006. Effect of tillage and modeofstrawmulch application on soil erosion in the Submountain oustract of Punjab, India. Soil andTillage Research 88:107–115.

Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. (V.I). American Society of Agronomy, 1572 pp.

Blanco-Canqui, H., and Lal, R. 2007. Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. Soil and Tillage Research 95: 240-254.

Blanco-Canqui, H., Lal, R., and Post, W.M. 2006. Corn stover impacts on near surface soil properties of no-till corn in Ohio. Soil Science Society of America Journal 70: 266-278.

Bremner, J.M. 1970. Nitrogen total, regular Kjeldahl method. In: Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. 2nd Ed. Agronomy. A.S.A. Inc., S.S.S.A. Inc., Madison publisher, Wisconsin., USA. 9: 610-616.

Busari, M.A., Kukal, S., Kaur, A., Bhatt, R., and Dulazi, A. 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. International Soil and Water Conservation Research 3: 119-129.

Duong, T.T.T. 2009. Dynamics of plant residue decomposition and nutrient release, school of earth and environmental science. The University of Adelaide, Australia.

Dahmardeh, M. 2010. Study of ecophysiological aspects of corn (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on forage quality and quantity of S.C 704 hybrid. PhD Thesis, University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

DeMaria, I.C., Nnabude, P.C., and DeCastro, O.M. 1999. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. Soil and Tillage Research 51: 71-79.

Dam, R.F., Mehdi, B.B., Burgress, M.S.E., Madramootoo, C.A., Mehuys, G.R., and Callum, I.R. 2004. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. Soil and Tillage Research 84: 41-53.

El Titi, A. 2010. Soil Tillage in Agroecosystems.Taylor and Francis, Nature 384 pp.

Gangwar, K.S., Singh, K.K., Sharma, S.K., and Tomar, O.K. 2006.Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. Soil and Tillage Research 88: 242-252.

Fornara, D.A., and Tilman, D. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. Journal of Ecology 96:314-322.

Gil, J.L., and Fick, W.H. 2001. Soil nitrogen mineralization in mixtures of eastern Gama grass with Alfalfa andred clover. Agronomy of Journal 93: 902-910.

Guzmán, J.G., Godsey, C.B., Pierzynski, G.M., Whitney, D.A., and Lamond, R.E. 2006. Effects of tillage and nitrogen management on soil chemical and physical properties after 23 years of continuous sorghum. Soil and Tillage Research 91: 199–206.

Hajabbasi, M.A., and Hemmat, A. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil and Tillage Research 59: 205-212.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2014. Soil physicochemical characteristics and land use efficiency in cereal-legume intercropping systems. Water and Soil Science 4: 261-271. (In Persian with English Summary)

Hodiani mehr, A., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Asgharipoor, M.R. 2017. Effects of tillage systems on changes of soil nutrients, yield and land equivalent ratio in roselle- green gram intercropping. Journal of Field Crops Research 15: 311-322. (In Persian with English Summary)

Hosseini, M., Movahedi Naeini, S.A.R., and Bameri, A. 2015. The effects of different tillage methods on available soil potassium measuredby various extractors in a soil with high specific surface area. Journal of Water and Soil 29:966-979.(In Persian with English Summary)

Jafarian, Z., and Tayefeh Seyyed Alikhani, L. 2013. Carbon sequestration potential in dry farmed wheat in Kiasar region. Journal of Agricultural Science 23(1): 31-41. (In Persian with English Summary)

Jin, K., Sleutel, S., and Buchan, D. 2009. Changes of enzyme activities under different tillage practices in the Chinese Loess Plateau. Soil and Tillage Research 104: 115-120.

Kahlon, M.S., Lal, R., and Varughese, M.A. 2013. Twenty years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. Soil and Tillage Research 126: 151–158.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Jafari, L. 2016. Evaluating the potential of carbon sequestration for canola fields under Khorasan Razavi Province. Electronic Journal of Crop Production 9(3): 22-43. (In Persian with English Summary)

Kong, A.Y.Y., Six, J., Bryant, D.C., Denison, R.F., and van Kessel, C. 2005. The relationship between carbon input, aggregation, and soil organic carbon stabilization in sustainable cropping systems. Soil Science Society of America 69: 1078-1085.

Kukal, S.S., and Benbi, D.K. 2009. Soil organic carbon sequestration in relation to organic and inorganic fertilization in rice–wheat and maize–wheat systems. Soil and Tillage Research 102: 87-92.

Lal, R. 2005. World crop residues production and implication of its use as a biofuel. Environment International 31: 575–586.

Limousin, G., and Tessier, D. 2007. Effects of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification. Soil and tillage Research 92: 167-174.

Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Damalas, C.A., Vasilakoglou, I.B., and Eleftherohorinos, I.G. 2006. Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates and on labor and fuel consumption. Crop Science 46: 1187-1192.

Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, G.H., Adeli, E., and Sagheb-Talebi, K.H. 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 15(3): 241-252. (In Persian with English Summary)

Maheswarappa, H.P., Hegda, M.B., Dhanapal, R., and Biddappa, C. 1998. Mixed forming in coconut garden: Its impact on soil physical, chemical properties, coconut nutrition, and yield. Journal of Plantation Crops 26(2): 39–143.

Malhi, S.S., and Lemke, R. 2007. Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second 4-yr rotation cycle. Soil and Tillage Research 96: 269–283.

Malhi, S.S., Lemke, R.L., Wang, Z., Farrell, R., and Chhabra, B.S. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. Soil and Tillage Research 90: 171–183.

Markewitz, D., and Richter, D.D. 2000. Long-term soil potassium availability from a Kanhapludult to an aggrading loblolly pine ecosystem. Forest Ecology and Management 130: 109–129.

Martin-Rueda, I., Munoz-Guerra, L.M., Yunta, F., Esteban, E., Tenorio, J.L., and Lucena, J.J. 2007. Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calciortidic Haploxeralf. Soil and Tillage Research 92: 1–9.

Mbah, C.N., and Nneji, R.K. 2011. Effect of different crop residue management techniques on selected soil properties and production of maize. African Journal of Agricultural Research 6(17): 4149-4152.

Mc Conkey, B.G., Liang, B.C., Campbell, C.A., Curtin, D., Moulin, A., Brandt, S.A., and Lafond, G.P. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. Plant and Soil 74(1): 81-90.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi university of Mashhad Press, Iran 459 p. (In Persian)

Nath, V., Das, B., Rai, M., Dey, P., Kumar, S., and Kumar, M. 2003. Mango-based cropping system foruplands of subhumid plateau region of eastern India. Progressive Horticulture 35(2): 142–145.

Njoka-Njiru, E.N., Njariu, M.G., Abdolrezak, S.A., and Mureithi, J.G. 2006. Effect of intercropping herbaceous legumes with Napier grass on dry matter yield and nutritive value of the feedstuffs in semi-arid region of Eastern Kenya. Agriculture Tropical ET Subtropical 39(4): 225-262.

Nzabi, A.W., Makini, F., Onyango, M., Kidula, N., Muyonga, C.K., Miruka, M., Mutal, E., and Gesare, M. 1999. Effect of intercropping legume with maize on soil fertility and maize yield.Kenya Agricultural Research Institute, Kisii Regional Research Center. P.O. Box 523, Kisii.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watenabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Department of Agriculture Cris, 939. USA. Organic Residues: Research Opportunities. Journal of Environmental Quality 34: 75-79.

Ozpinar, S., and Cay, A. 2006. Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay–loam soil in semi-arid North-Western Turkey. Soil and Tillage Research 88: 95–106.

Pal, S., Chattopadhyay, B., and Mukhopadhyay, S.K. 2016. Importance of agriculture and crop residues in carbon sequestration and nutrient enrichment at agricultural farms of East Kolkata Wetland area, a Ramsar site. Current Science 110: 1330-1337.

Peichl, M., Thevathasan, N.V., Gordon, A.M., Huss, J., and Abohassan, R.A. 2006.Carbon sequestration potentials in temperate tree-based intercropping systems, southern Ontario, Canada. Agroforestry systems 66: 243-257.

Recous, S.D., Darwis, S., and Mary, B. 1995. Soil inorganic N availability: effect on maize decomposition. Soil Biology and Biochemistry 37: 359-374.

Roldan, A., Caravaca, F., Hernandez, M.T., Garcia, C., Sanchez-Brito, C., Velasquez, M., and Tiscareno, M. 2003. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maizein Patzcuaro watershed (Mexico). Soil and Tillage Research 72: 65–73.

Roldan, A., Salinas, G.J.R., Alguacil, M.M., Diaz, E., and Caravaca, F. 2005. Changes in soil enzyme activity, fertility, aggregation and C sequestration mediated by conservation tillage practices and water regime in a maize field. Soil Ecology 30: 11–20

Sainju, U.M., Schomberg, H.H., Singh, B.P., Whitehead, W.F., Tillman, P.G., and Lachnicht-Weyers, S.L. 2007. Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. Soil and Tillage Research 96: 205-218.

Schroder, S., Begemann, F., and Harrer, S. 2007. Agrobiodiversity monitoring documentation at European level. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 1: 29-32.

Shan, H., Yan-Ni, S., Wen-Yi, R., Wu-Ren, L., and Wei-Jian, Z. 2010. Long-term effect of no-tillage on soil organic carbon fractions in a continuous maize cropping system of northeast China. Pedosphere 20(3): 285-292.

Sharma, P.K., and Acharya, C.L. 2000. Carry-over of residual soil moisture with mulching and conservation tillage practices for sowing of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) in north-west India. Soil and Tillage Research 57: 43–52.

Singh, G., Jalota, S.K., and Singh, Y. 2007. Manuring and residue management effects on physical properties of a soil under the rice-wheat system in Punjab, India. Soil Tillage and Research 94: 229-238.

Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., and Roger-Estrade, J. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. Soil and Tillage Research 118: 66-87.

Sudin, P., Buddhadeb, C., and Mukhopadhyay, S.K. 2016. Importance of agriculture and crop residues in carbon sequestration and nutrient enrichment at agricultural farms of East Kolkata Wetland area, a Ramsar site. Current Science 110: 1330-1337.

Swain, S.C., and Patro, L. 2007. Horticulture-based cropping system: A strategy for sustainable development in rainfed upland. In Environmental hazards, ed. L. Patro and S. N. Tripathy, p. 44–69. New Delhi: Sonali.

Swain, S.C., Dora, D.K., Sahoo, S.C., Padhi, S.K., and Sanyal, D. 2012. Influence of mango-based intercropping systems on improvement of soil health under rainfed situation. Communications in Soil Science and Plant Analysis 43:2018–2026.

Tan, Z., and Lal, R. 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. Agriculture, Ecosystems and Environment126: 113-121.

Thelen, K.D., Fronning, B.E., Kravchenko, A., Min, D.H., and Robertson, G.P. 2010. Integrating livestock manure with a corn–soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. Biomass and Bioenergy 34(7): 960-966.

Thevathasan, N.V., and Gordon, A.M. 2004. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. In: New Vistas in Agroforestry (pp. 257-268). Springer Netherlands.

Thomas, G.A., Dalal, R.C., and Standley, J. 2007. No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research 94: 295–304.

Trinsoutrot, I., Recous, S., Bentz, B., Lineres, M., Cheneby, D., and Nicolardot, B. 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. Soil Science Society of America Journal 64: 918-926.

Tripathi, R.P., Sharma, P., and Singh, S. 2007. Influence of tillage and crop residue on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. Soil and Tillage Research 92: 221-227.

Vandermeer, J.H. 1992. The Ecology of Intercropping.Cambridge University Press.

Van Kessel, C., and Harley, C. 2000. Agricultural management of grain legumes: Has it lead to anincrease in nitrogen

fixation? Elsevier Science 65:165-181.

Varley, J.A. 1966. Automatic methods for the determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material. Analyst 91: 119-126.

Verma, T.S., and Bhagat, R.M. 1992. Impact of rice straw management practices on yield, nitrogen uptake and soil properties in a wheat-rice rotation in northern India. Fertilizer Research 33: 97-106.

Vyn, T.J., and Raimbult, B.A. 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. Agronomy Journal 85(5): 1074-1079.

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Wang, Q., Li, Y., and Alva, A. 2010. Growing cover crops to improve biomass accumulation and carbon sequestration: A phytotron study. Journal of Environmental Protection 1(2): 73-84.

Whitbread, A.M., Blair, G.J., and Lefroy, R.D.B. 2000.Managing legume leys, residues and fertilizers to enhance the sustainability of wheat cropping systems in Australia. Soil and Tillage Research 54: 63–75.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1123-1138

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1138-1123

Effect of Tillage Systems and Crop Residues on Soil Bulk Density and Chemical Properties under Corn (*Zea mays* L.) -Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Intercropping

F. Akbari[1], M. Dahmardeh[2*], A. Morshedi[3], A. Ghanbari[4] and S. Khorramdel[5]

Submitted: 21-04-2018
Accepted: 19-08-2018

Akbari, F., Dahmardeh, M., Morshedi, A., Ghanbari, A., and Khorramdel, S. 2019. Effect of tillage systems and crop residues on soil bulk density and chemical properties under corn (*Zea mays* L.)-bean (*Phaseolusvulgaris* L.) intercropping. Journal of Agroecology. 11(3): 1123-1139.

Introduction

Management practices such as soil tillage can be used as a suitable alternative to reduce the crisis and increase the amount of organic carbon in the soil, along with the improvement of soil physicochemical properties. Long use of the conventional tillage system leads to reduced organic carbon content, soil destruction, reduced water penetration into the soil, and ultimately increased water erosion and wind. It has been established that disturbing the soil through tillage operations is not actually required to obtain good crop yields, and also a major portion of energy (25–30%) in agriculture is utilized for either field preparation or crop establishment, where conventional tillage is mostly followed. The rising cost of fuel and availability of effective package of practices for conservation tillage are now redefining tillage in Iran in recent years. However, the impact of conservation tillage on soil physical environment is not always positive and varies from one soil to the other and also between the cropping systems. Plant residues, by replacing or providing nutrients in the soil, maintain soil fertility, increase organic matter, water capacity, improve physical, chemical and biological properties creating diversity in management methods and different forms of exploiting resources. In other words, increasing agricultural diversity is one of the best and most effective ways to achieve sustainable production.The present investigation was therefore undertaken to determine the effects of tillage and crop residue management on soil bulk density and chemical properties in intercropping of corn and bean under Shahrekord's climatic conditions.

Materials and Methods

This study was conducted to evaluate the effects of different tillage levels and crop residue management on total nitrogen, organic carbon, available P and K, bulk density and carbon sequestration of soil compared to the beginning of the experiment. Hence, an experiment was performed using split- split plot based on a randomized complete block design with three replications in Agricultural Research Field of Shahrekord during 2016–2017. Tillage with three levels (conventional, minimum, and no-tillage) and four levels of crop residues (0, 30, 60, and 90% of straw yield of wheat) and five intercropping patterns including corn and bean sole cropping, corn and bean ratio with 2:2, 3:1 and 1:3 were considered as main, sub and sub-sub plots, respectively. Total Nitrogen content (TN), available P, available K, and bulk density were measured by the Kejldahl (Bremner, 1970) and Olsen methods (Olsen et al., 1954), flame photometry and Black (1965) procedures, respectively. Data analysis included the analysis of variance and mean comparisons using LSD which carried out using SAS software.

Results and Discussion

1, 2 and 4- Ph.D Student in Agroecology, Associate Professor and 4Professor of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
3- Associate Professor, University of Shahrkord, Sahrekord, Iran
5-Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding author Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72178

Increasing compaction of tillage with soil degradation mineral decomposition and plant residues reduced total nitrogen, organic carbon, available potassium and soil bulk density. The highest and the lowest available K were related to no-tillage treatment, 90% of crop residue and 2:2 ratio and conventional tillage treatment, sole cropping, and without crop residue respectively. The lowest soil bulk density related to conventional tillage, 90% residue, and 3:1 ratio. Conservation of plant residues through protective tillage over time will increase soil organic matter, which will reduce the bulk density of the soil. The highest and the lowest soil carbon sequestration were computed in no-tillage treatment, 90% of crop residue and 2:2 with 4154.33 $kg.ha^{-1}$ and conventional tillage,without crop residue and bean sole cropping with 836.33 $kg.ha^{-1}$, respectively.

Conclusion

Investigation showed that the no-tillage treatments and intercropping increased the efficiency of environmental resources and improved the soil nutrient, significantly. The highest organic carbon and total nitrogen were achieved 1:3 and 2:2 ratio, which is indicative of the excellence of intercropping compared to sole cropping. The amount of organic carbon has shown an increase in soil fertility using no-tillage with the conservation of residues and increase percent of bean in intercropping.

Keywords: Available K, Carbon sequestration, Conservation tillage, Soil porosity

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1150-1139

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1139-1150

اثر تراکم بوته و مصرف منفرد و تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد بذر و موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.)

میثم خاوری[1]، محمدعلی بهدانی[2*] و حمیدرضا فلاحی[3]

تاریخ دریافت: 1397/02/30
تاریخ پذیرش: 1397/05/30

خاوری، م.، بهدانی، م.ع. و فلاحی، ح.ر. 1398. اثر تراکم بوته و مصرف منفرد و تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد بذر و موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1150-1139.

چکیده

اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) یکی از گیاهان دارویی مهم به‌شمار می‌رود که به‌دلیل طول دوره رشد نسبتاً کوتاه و نیاز آبی کم، با مناطق خشک و کم‌باران سازگاری مناسبی دارد. این آزمایش به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته و مصرف منفرد و تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی اسفرزه، در سال زراعی 96-1395 به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی سرایان (دانشگاه بیرجند) اجرا شد. تیمارهای کودی شامل مصرف منفرد (40 تن در هکتار کود دامی و 40 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی از منبع کود کامل NPK) و تلفیقی (40 تن کود دامی + 20 کیلوگرم کود شیمیایی و 20 تن کود دامی +40 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی) منابع کودی بودند که در سه سطح تراکمی (20، 40 و 60 بوته در مترمربع) مورد ارزیابی قرار گرفتند. انتخاب تیمارهای کودی با توجه به نتایج آزمایشات قبلی بر روی اسفرزه و نیز محتوای عناصر غذایی موجود در خاک محل اجرای آزمایش صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد سنبله، وزن سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بذر، درصد موسیلاژ، فاکتور تورم بذر و میزان تورم بودند. نتایج نشان داد که در بین صفات مورد ارزیابی تنها اثر ساده مصرف منابع کودی بر عملکرد بذر و عملکرد موسیلاژ و اثر ساده تراکم بوته بر عملکرد بذر معنی‌دار بود. با افزایش تراکم کاشت، عملکرد بذر افزایش یافت، به‌طوری که مقدار این شاخص برای تراکم‌های 20، 40 و 60 بوته در مترمربع به‌ترتیب 459، 504 و 673 کیلوگرم در هکتار بود. مصرف تمامی منابع کودی میزان عملکرد بذر را کاهش داد. با این وجود به‌دلیل افزایش نسبیِ درصد موسیلاژ، میزان عملکرد موسیلاژ در تیمار مصرف هم‌زمان 40 کیلوگرم کود شیمیایی + 20 تن در هکتار کود گاوی حدود 15 درصد بیش‌تر از تیمار عدم مصرف کود بود. با توجه به اینکه صفات مربوط به عملکرد و اجزاء عملکرد اسفرزه از مصرف منابع کودی اثر نپذیرفتند، می‌توان بیان داشت که نیاز غذایی اسفرزه پایین است. بنابراین، به نظر می‌رسد مصرف منابع کودی در زراعتِ قبلی در طی تناوب و فراهمیِ باقی مانده کودهای آلی برای اسفرزه می‌تواند به‌عنوان راهکار پایدار برای تأمین نیاز غذایی این گیاه مدنظرقرار داده شود. اگرچه خاک محل انجام آزمایش از نظر عناصر غذایی غنی نبود، با توجه به زیست‌توده کم این گیاه احتمالاً سطوح کودی مورد استفاده در این آزمایش، بیش از نیاز غذایی اسفرزه بوده است.

واژه‌های کلیدی: تعداد سنبله، فاکتور تورم، کشاورزی پایدار، وزن هزار دانه

مقدمه

گیاهان دارویی از جمله منابع گیاهی با ارزش در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که شناخت و تولید علمی آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی، افزایش صادرات غیرنفتی و جلوگیری از فرسایش ژنتیکی گونه‌های دارویی ارزشمند به‌علت برداشت غیراصولی آن‌ها از رویشگاه‌های طبیعی داشته باشد

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استاد و استایار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72846

(Mosavi et al., 2012). اسفرزه گیاهی متعلق به تیره بارهنگ است که در تهیه داروهای ضدسرفه و ضدالتهاب مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌دلیل فصل رشد کوتاه، نیاز رطوبتی کم و مقاومت نسبی به خشکی، برای کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک مناسب است (Davazdah Emami et al., 2008; Fallahi et al., 2018). با توجه به خصوصیات مطلوب اسفرزه برای کاشت در مناطق تحت تنش خشکی و به‌دلیل وجود بحران آب در بسیاری از مناطق ایران معرفی این گیاه به سیستم‌های زراعی برخی از مناطق کشور مفید ارزیابی می‌شود (Koocheki et al., 2004). یکی از اولین مطالعات پایه‌ای جهت معرفی گیاهان جدید به بوم‌نظام‌های زراعی بررسی پاسخ گیاه به تراکم کاشت و مصرف منابع تغذیه‌ای می‌باشد.

در تراکم مطلوب، عوامل محیطی مثل آب، نور و امکانات موجود در خاک به‌نحو مناسب‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و رقابت‌های بین‌بوته‌ای و درون‌بوته‌ای به حداقل می‌رسد (Mosavi et al., 2012). تاکنون مطالعاتی در خصوص اثر تراکم کشت و میزان بذر مصرفی بر رشد و عملکرد اسفرزه به انجام رسیده و مصرف حدود 4 تا 12 کیلوگرم بذر در هکتار و استفاده از تراکم 70 تا 100 بوته در مترمربع توصیه شده است (Asghari Pourchman, 2001; Sabbagh Nekonam & Razmjoo, 2007; Rahimi et al., 2014). در کنار تراکم بهینهٔ کاشت، استفاده از منابع کودی و ارزیابی واکنش گیاه به مصرف کودهای دامی و شیمیایی در سطوح مختلف تراکم بوته دارای اهمیت است. هر چند در سیستم‌های زراعی رایج، مهم‌ترین منبع تأمین کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان کودهای شیمیایی هستند، امّا در سال‌های اخیر به‌دلیل افزایش هزینه تولید کودهای شیمیایی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف آن‌ها، کودهای آلی از جمله کودهای دامی و بیولوژیک برای رفع نیاز تغذیه‌ای گیاهان و اصلاح خاک مورد توجه قرار گرفته است (Neisani et al., 2012).

کودهای دامی یک منبع زیستی با ارزش هستند که علاوه بر مزایای مثبت بوم‌شناختی و محیطی در ایجاد پایداری در کشاورزی، اصلاح خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و نیز افزایش توان حفظ رطوبت در خاک نقش مؤثری دارند (Fallahi & Mahmoodi, 2018). در آزمایشی بالاترین عملکرد دانه در گیاهان اسفرزه و پسیلیوم به‌ترتیب با مصرف 5 و 15 تن در هکتار کود دامی حاصل شد (Koocheki et al., 2004). پوریوسف (Pouryousef, 2011) در تحقیقی گزارش کرد که بیش‌ترین درصد موسیلاژ و بالاترین عملکرد ماده خشک و بذر اسفرزه از تیمار مصرف 20 تن کود گاوی در هکتار به‌دست آمد. نتایج پژوهش دیگری نیز حاکی از آن است که رشد گیاه اسفرزه در شرایط مصرف کودهای شیمیایی، ورمی‌کمپوست (شش تن در هکتار) و کود دامی (15 تن در هکتار) در مقایسه با عدم مصرف کود افزایش می‌یابد (Asadi et a;., 2015). هاندوی (Hendawy, 2008) نیز بیان داشت که ترکیبی از مواد آلی و عناصر پر نیاز نیتروژن، فسفر و پتاسیم همراه با استفاده از ریزمغذی‌های روی، کلسیم و منیزیم باعث افزایش معنی‌دار رشد گیاه اسفرزه می‌شود. در پژوهشی دیگری مصرف منابع کودهای آلی و شیمیایی منجر به افزایش تولید بذر در اسفرزه شد (Ghasemi et al., 2011). در گیاه دارویی زیره سیاه (*Bunium persicum* L.) نیز اثرگذاری مصرف کودها بر رشد و عملکرد گیاه به اثبات رسیده است (Ghanbari et al., 2009).

کوتاه بودن دوره رشد و نمو، نیاز آبی پایین و تحمل بالا به خشکی از ویژگی‌های مناسب اسفرزه برای کاشت در مناطق نیمه‌خشک هم‌چون خراسان جنوبی می‌باشد و با توجه به اهمیت مدیریت تغذیه‌ای و تراکم مناسب برای کاشت گیاهان دارویی در هر منطقه، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نوع و میزان کود مصرفی و تراکم بوته در واحد سطح بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه در شرایط آب‌وهوایی سرایان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال 1396 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی سرایان با طول جغرافیایی 58 درجه و 31 دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی 33 درجه و 51 دقیقهٔ شمالی و ارتفاع 1484 متر از سطح دریا به‌منظور بررسی اثر تراکم و مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه اجرا شد. شهرستان سرایان دارای آب‌وهوای گرم‌وخشک می‌باشد و میانگین درازمدت دما و بارندگی سالیانه آن به‌ترتیب 24 درجه سانتی‌گراد و 152/8 میلی‌متر می‌باشد. مهم‌ترین اطلاعات اقلیمی این منطقه در طی دوره اجرای آزمایش در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- برخی اطلاعات اقلیمی سرایان در طی دوره اجرای آزمایش

Table 1- Some climatic parameters of Sarayan during the experiment period

ماه Month	دمای حداقل Minimum temperature (ºC)	دمای حداکثر Maximum temperature (ºC)	میانگین دما Average temperature (ºC)	بارندگی Rainfall (mm)	تبخیر Evaporation (mm)	ساعات آفتابی Sunny hours	رطوبت نسبی Relative humidity (%)
فروردین March-April	12.9	24.9	18.9	0.3	6.42	8.07	36.9
اردیبهشت April-May	16.7	31.1	23.9	0.3	9.11	9.45	22.36
خرداد May-June	21.7	37.5	29.6	0	13.07	12.35	11.66
تیر June-July	21.9	36.7	29.3	0	13.31	12.5	14.16

عامل‌های مورد مطالعه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. تیمارهای کودی شامل مصرف منفرد (40 تن در هکتار کود دامی و 40 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی از منبع کود کامل NPK) و تلفیقی (40 تن کود دامی +20 کیلوگرم کود شیمیایی و 20 تن کود دامی +40 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی) منابع کودی بودند. انتخاب تیمارهای کودی با توجه به یافته‌های آزمایشی مشابه (Nasirzade et al., 2015)، نتایج آنالیز خاک (جدول 3) و شناخت اولیه مجریانِ طرح از نیازهای زراعی اسفرزه صورت گرفت. فاکتور تراکم کاشت نیز در سه سطح 20، 40 و 60 بوته در متر مربع ارزیابی شد. تمامی کود دامی از نوع گاوی پوسیده دو هفته قبل از کاشت گیاه مصرف شد. در تیمار کود شیمیایی نیز از کود کامل NPK (با نسبت 20: 20: 20 از نیتروژن، P_2O_5 و K_2O) استفاده شد. کود شیمیایی در دو مرحله در تاریخ‌های 19 و 27 اردیبهشت مصرف شد. درصد برخی از عناصر موجود در کود گاوی مورد استفاده در جدول 2 آورده شده است.

جدول 2- ترکیب مواد معدنی موجود در کود گاوی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Mineral composition of cow manure used in the experiment

عنصر Nutrient	نیتروژن N	فسفر P	پتاس K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	گوگرد S
درصد (%)	2.26	0.64	2.04	1.42	0.44	0.15	0.40

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین، کرت‌های آزمایشی با ابعاد 2/5×2 متر ایجاد شد و در درون هر کرت تعداد پنج جوی- پشته احداث گردید. قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک مرکب از محل اجرای آزمایش تهیه شد و در آزمایشگاه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول 3). کاشت بذر در 21 فروردین ماه سال 1396 با تراکم بیش از سطوح تعریف شده به‌صورت کاشت در طرفین پشته انجام شد و پس از رسیدن گیاه به مرحله سه‌برگی عمل تنک کردن بوته‌ها جهت حصول تراکم مورد نظر در هر کرت انجام شد. کاشت بذر به‌صورت سطحی (عمق حدود یک سانتی‌متر) صورت گرفت و روی بذور با استفاده از ماسه‌بادی پوشانیده شد. در طی فصل رشد گیاه پنج مرحله آبیاری در مراحل جوانه‌زنی، سبز شدن، پنجه‌دهی، ظهور سنبله و دانه بستن صورت گرفت. آبیاری به‌صورت سیفونی انجام و در هر مرتبه حدود 600 مترمکعب آب در هکتار مصرف شد. برای ممانعت از اختلاط اثر تیمارهای کودی در اثر آبیاری، ضمن ایجاد مرزهای خاکی در اطراف کرت‌ها، بین کرت‌های آزمایشی نیز فاصله کافی و به‌موازات هر بلوک آزمایشی نیز یک جوی برای دفع هرزآب احتمالی خارج شده از کرت-ها در نظر گرفته شد.

جدول 3- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 3- Physical and chemical properties of the soil in the experimental site

بافت Texture	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	سدیم کل Total sodium	پتاسیم کل Total potassium	فسفر کل Total phosphorus	کربن آلی Organic carbon (%)	درصد نیتروژن کل Total nitrogen (%)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)
	(%)			($mg.kg^{-1}$)						
لومی Loamy	28	25	47	35.7	105	9	0.37	0.09	7.9	0.93

به‌منظور ارزیابی اثر فاکتورهای آزمایشی بر رشد زایشی اسفرزه، در مرحله رسیدگی کامل گیاه (مصادف با 12 تیر ماه)، تعداد پنج بوته از هر کرت، به‌طور تصادفی برداشت شد. سپس صفات تعداد سنبله در هر بوته، طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. در مرحله بعد، با حذف اثرات حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت) سایر بوته‌های هر کرت برداشت شدند. بوته‌های برداشت شده در دمای 60 درجه سانتی‌گراد در آون به‌مدت 48 ساعت خشک و پس از توزین، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری تورم بذر مقدار یک گرم از دانه‌های مربوط به هر کرت را به‌طور جداگانه داخل یک استوانه مدرج 150 میلی‌لیتری ریخته و تا حجم 120 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. بعد از گذشت 24 ساعت مقدار تورم دانه‌ها از روی استوانه مدرج اندازه‌گیری و یادداشت شد. در طی این مدت، چندین‌بار استوانه را تکان داده و در پایان کار، حجم دانه‌های متورم‌شده بر حسب سانتی‌متر مکعب بیان شد (Sharma & Koul, 1986). درصد موسیلاژ دانه با استفاده از روش ارایه شده توسط کالیاناسانداراام و همکاران (Kalyanasundaram et al., 1982) اندازه‌گیری شد. در این روش یک گرم بذر خشک را در 10 میلی‌لیتر اسید کلریدریک 0/1 نرمال تا زمانی که در پوسته بذر تغییر رنگ به وجود آید، جوشانده و پس از این وضعیت، محلول موسیلاژ اولیه به‌دست می‌آید که آن را به ظرف دیگری انتقال می‌دهیم. سپس بذرهای باقی‌مانده در ظرف اول دو بار و هر بار با پنج میلی‌لیتر آب جوش شسته شده و به محلول موسیلاژ اولیه اضافه می‌شود. آن‌گاه 60 میلی‌لیتر الکل اتیلیک 96 درصد به محلول موسیلاژ به‌دست آمده اضافه و به‌مدت پنج ساعت در یخچال نگه‌داری می‌شود. رسوب حاصله پس از صاف کردن در آون 50 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 12 ساعت قرار داده می‌شود و وزن رسوب خشک به‌عنوان مقدار موسیلاژ کل در نظر گرفته می‌شود. پس از اندازه‌گیری درصد موسیلاژ، با در نظر گرفتن عملکرد بذر هر کرت، عملکرد موسیلاژ بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید (معادله 1). برای محاسبه شاخص تورم بذر نیز از معادله 2 استفاده گردید (Kalyanasundaram et al., 1982).

معادله (1) درصد موسیلاژ×عملکرد بذر=عملکرد موسیلاژ

معادله (2) 100/ درصد موسیلاژ در هر گرم بذر×میزان تورم =شاخص تورم

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Macro در محیط Excel انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون LSD در سطح احتمال 0/05 استفاده شد.

نتایج و بحث

رشد زایشی و عملکرد بذر

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر کاربرد منابع کودی و تراکم‌های مختلف کاشت و نیز اثر متقابل این دو عامل، بر صفات مرتبط با رشد زایشی اسفرزه شامل تعداد سنبله در هر بوته، طول سنبله، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول 4). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که مصرف منابع کودی و تغییر تراکم کاشت اثر قابل توجهی بر صفات مذکور نداشت (جدول 5). بر این اساس، در زراعت اسفرزه مصرف مستقیم مقادیر کودیِ مطالعه شده در آزمایش کنونی از نظر آماری دارای توجیه اقتصادی نمی‌باشد. قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2011) نیز در مورد تأثیرپذیری تعداد سنبله در هر بوته اسفرزه از منابع کودهای شیمیایی و آلی نتایج مشابهی گزارش کردند. عدم تأثیر معنی‌دار منابع کودی بر

رشد زایشی اسفرزه می‌تواند ناشی از نیاز کودی پایین این گیاه باشد (Fallahi et al., 2018). بر اساس یافته‌های پژوهش فعلی، به نظر می‌رسد گیاه اسفرزه حداقل تا سطح تراکمی 60 بوته در مترمربع، بدون مصرف منابع کودی و تنها با اتکاء به مقدار عناصر غذایی موجود در خاک مزرعه (جدول 3) که مقدار آن‌ها نیز در مقایسه با بسیاری از خاک‌های زراعی کم‌تر می‌باشد، رشد زایشی مناسبی را داشته است که حاکی از نیاز غذایی پایین این گیاه می‌باشد. برای درک واکنش کودی این گیاه در سطوح تراکمی بالاتر نیاز به انجام مطالعات تکمیلی می‌باشد.

جدول 5- مقایسه میانگین اثر ساده مصرف انواع کودهای دامی و شیمیایی و تراکم گیاهی بر صفات زایشی در گیاه دارویی اسفرزه

Table 5- Mean comparisons for the simple effects of different types of organic and chemical fertilizers and plant density on reproductive traits in the isabgol as a medicinal plant

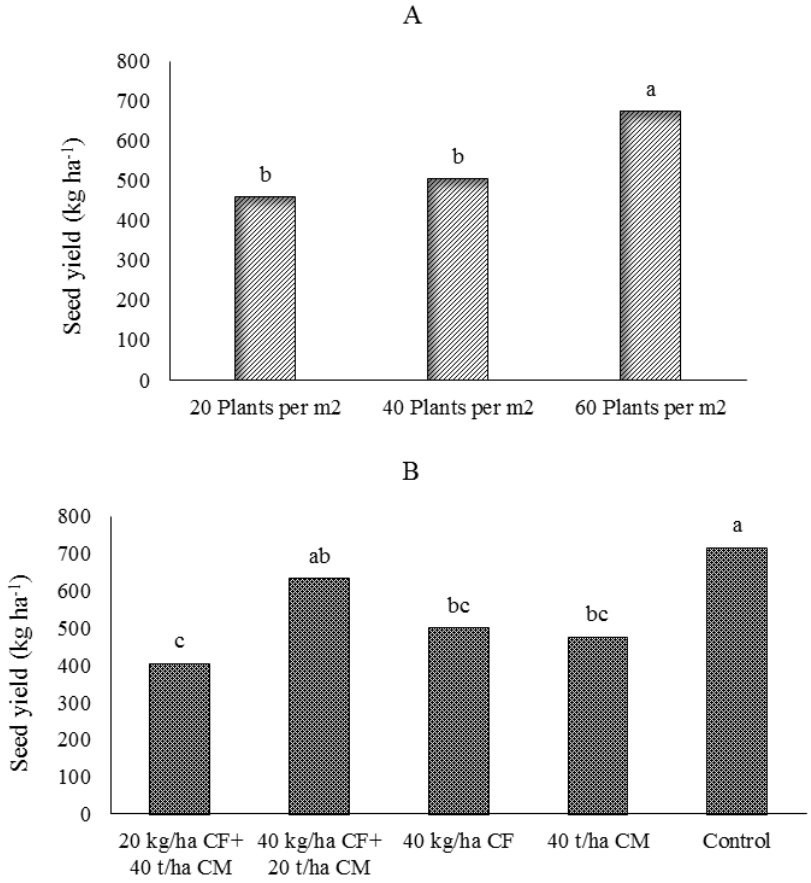
تیمارها Treatments	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	وزن سنبله Spike weight (g)	طول سنبله Spike length (cm)	تعداد سنبله در گیاه Number of spikes plant	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike
نوع کود مصرفی Type of fertilizer					
شاهد Control	1.66[a*]	0.21[a]	3.45[a]	46.8[ab]	93.7[ab]
40 تن در هکتار کود دامی 40 $t.ha^{-1}$ CM	1.65[a]	0.22[a]	3.81[a]	40.8[b]	81.7[b]
40 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی 40 $kg.ha^{-1}$ CF	1.66[a]	0.20[a]	3.56[a]	44.5[ab]	89.1[ab]
20 تن کود دامی + 40 کیلوگرم کود شیمیایی 20 $t.ha^{-1}$ CM+ 40 $kg.ha^{-1}$ CF	1.75[a]	0.22[a]	3.58[a]	44.2[ab]	88.4[ab]
20کیلوگرم کود شیمیایی و 40 تن کود دامی 40 $t.ha^{-1}$ CM+ 20 $kg.ha^{-1}$ CF	1.60[a]	0.24[a]	3.75[a]	53.7[a]	107.5[a]
تراکم بوته Plant density ($plants.m^{-2}$)					
20	1.68[a]	0.21[a]	3.46[a]	8.97[a]	74.2[a]
40	1.60[a]	0.22[a]	3.73[a]	9.49[a]	80.9[a]
60	1.72[a]	0.23[a]	3.69[a]	9.17[a]	80.9[a]

*در هر ستون و برای هر فاکتور میانگین‌های دارای حرف یکسان ، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند. CM= کود دامی و CF= کود شیمیایی.

*Means with of the same letter in each column, have no significant difference based on the LSD test at the probability level of 5%- CM= cow manure, CF= chemical fertilizer.

اثرات سادهٔ مصرف منابع کودی و تراکم کاشت بر عملکرد بذر در گیاه دارویی اسفرزه معنی‌دار بود، امّا تأثیر متقابل این دو، بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول 4). مصرف منفرد و تلفیقی منابع کودی بر عملکرد بذر اثر منفی بر جا گذاشت، به‌طوری‌که به‌عنوان مثال مقدار این شاخص در تیمار مصرف هم‌زمان 40 تن کود دامی و 20 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی حدود 43 درصد کم‌تر از تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود (شکل 1). تأثیر منفی استفاده از منابع کودی بر عملکرد اسفرزه می‌تواند ناشی از بالا بودن مقدار کود مورد استفاده در مطالعه کنونی باشد که احتمالاً موجب بروز سمیت عناصر غذایی برای گیاه شده است. فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2018) در پژوهشی عدم تأثیر مصرف منابع کودی بر عملکرد اسفرزه را به کودپذیری کم و نیز نیاز غذایی پایین این گیاه نسبت داده و بیان داشتند که مصرف مستقیم عناصر غذایی در زراعت اسفرزه سودمند نیست و بهتر است آن‌ها را در زراعت قبل از اسفرزه در طی تناوب مصرف نمود. با این وجود در مطالعات دیگری نقش مفید مصرف مستقیم منابع کودی در افزایش رشد و عملکرد اسفرزه مورد تأیید قرار گرفته است (Pouryousef et al., 2014; Ghasemi et al., 2014). این تفاوت‌ها که احتمالاً ناشی از تفاوت در خصوصیات خاکی

و ژنوتیپ مورد استفاده در این آزمایشات می‌باشد، انجام مطالعات تکمیلی جهت تعیین حدِ بحرانی عناصر غذایی موجود در خاک برای گیاه اسفرزه و نیز تعیین میزان واکنش گیاه به افزایش محتوای عناصر خاک را ضروری می‌نماید. تراکم گیاهی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد بذر گیاه اسفرزه داشت؛ به‌طوری‌که مقدار این صفت در سطوح 40 و 60 بوته در مترمربع به‌ترتیب 10 و 39 درصد بیش‌تر از تراکم 20 بوته در مترمربع بود (شکل 1). صباغ نکونام و رزمجو (Sabbagh Nekonam & Razmjoo, 2007) نیز در بررسی تأثیر تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم گیاهی تا سطح 70 بوته در مترمربع، عملکرد بذر بالا می‌رود. اصغری پورچمن (Asghari Pourchman, 2001) گزارش کرد که با افزایش مقدار بذر مصرفی اسفرزه از چهار به 12 کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه افزایش می‌یابد. در تحقیق دیگری در شرایط اقلیمی اصفهان تراکم 120 تا 160 بوته در مترمربع برای حصول بیش‌ترین عملکرد کاه و کلش و عملکرد دانه در گیاه اسفرزه توصیه شد (Sabbagh Nekonam & Razmjoo, 2007). نتایج تحقیق دیگری بیانگر حصول حداکثر عملکرد دانه برای گیاهان اسفرزه و پسیلیوم از تراکم های 100 و 70 بوته در مترمربع می باشد (Rahimi et al., 2014). با توجه به نتایج آزمایشات ذکر شده و یافته‌های پژوهش کنونی به نظر می‌رسد تراکم کاشت مناسب برای اسفرزه بیش از 60 بوته در مترمربع می‌باشد.



شکل 1- اثرات ساده تراکم کشت (A) و مصرف کودهای آلی و شیمیایی (B) بر عملکرد دانه در گیاه دارویی اسفرزه

CM= کود دامی و CF= کود شیمیایی

Fig. 1- Simple effects of plant density (A) and application of organic and chemical fertilizers (B) on seed yield in the isabgol

CM=cow manure, CF=chemical fertilizer

کیفیت بذر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر مصرف کودهای شیمیایی و آلی و نیز تراکم‌های مختلف کاشت و اثر متقابل این دو فاکتور بر درصد موسیلاژ، میزان تورم بذر و شاخص تورم بذر اسفرزه معنی‌دار نبود (جدول 6). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز مؤید همین مطلب بود و مصرف منابع کودی تأثیر نسبتاً مثبت، امّا غیرمعنی‌داری بر این شاخص‌ها داشت (جدول 7). در آزمایش مشابهی میزان موسیلاژ گیاه *Plantago areteria* L. نیز در شرایط دریافت کود نسبت به عدم مصرف کود افزایش نسبی نشان داد (Hendawy, 2008). محققین دیگری نیز در پژوهشی دریافتند که اثر کود دامی بر درصد موسیلاژ دانه اسفرزه معنی‌دار نبود، با این‌حال بیش‌ترین مقدار موسیلاژ در شرایط مصرف پنج تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد (Shah & Ahmad, 2006). برتری نسبی درصد موسیلاژ دانه اسفرزه در شرایط به‌کارگیری منابع کودی خصوصاً کودهای آلی می‌تواند به‌دلیل اثرات مفید کودها در افزایش رشد ریشه، عرضهٔ مناسب عناصر غذایی، افزایش سطح برگ و بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در دانه‌ها باشد (Pouryousef et al., 2011; Koocheki et al., 2004). در آزمایش کنونی از نظر درصد موسیلاژ بین تیمارهای تراکمی تفاوتی مشاهده نشد (جدول 7). نتایج تحقیق مشابهی نیز نشان داد بین درصد موسیلاژ دانه در مقادیر مختلف بذر مصرفی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، امّا بیش‌ترین مقدار آن در کم‌ترین میزان بذر کاشته شده مشاهده گردید (Dorry, 2006). در گزارش دیگری نیز بیان شد که درصد موسیلاژ دانه گیاه اسفرزه تحت تأثیر تراکم بذر قرار نمی‌گیرد (Rahimi, 2011). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004) نیز در پژوهشی تأثیر تراکم بوته را بر فاکتور تورم اسفرزه غیرمعنی‌دار گزارش نمودند.

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهندهٔ اثر معنی‌دار مصرف کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد موسیلاژ اسفرزه بود، امّا تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول 6). در بین تیمارهای کودی، بیش‌ترین عملکرد موسیلاژ مربوط به تیمار مصرف هم‌زمان 40 کیلوگرم کود شیمیایی + 20 تن در هکتار کود گاوی و کم‌ترین مقدار آن مربوط به گیاهانی بود که هیچ نوع کودی را دریافت نکرده بودند. این دو تیمار با یکدیگر حدود 15 درصد اختلاف نشان دادند (شکل 2). بالا بودن میزان عملکرد موسیلاژ در تیمار مذکور ناشی از وضعیت نسبتاً مناسب این تیمار از حیث درصد موسیلاژ می‌باشد (جدول 7). یاداو و همکاران (Yadav et al., 2003) در تحقیق مشابهی مشاهده کردند که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به همراه کود دامی به‌صورت تلفیقی موجب افزایش عملکرد موسیلاژ در گیاه اسفرزه گردید.

جدول 6- میانگین مربعات مربوط به صفات کیفی اسفرزه تحت تأثیر مصرف کودهای دامی و شیمیایی در سطوح مختلف تراکم کاشت

Table 6- Mean squares of the qualitative traits of isabgol under the influence of cow manure and chemical fertilizers at different levels of plant density

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد موسیلاژ Mucilage percentage	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	تورم بذر Seed swelling	شاخص تورم Swelling factor
بلوک Replication	2	12.75 ns	104.31 ns	1.07 ns	0.012 ns
تراکم کاشت Plant density	2	5.70 ns	713.49 ns	1.10 ns	0.126 ns
مدیریت کودی Fertilizer	4	2.92 ns	1708.27**	1.02 ns	0.054 ns
کود × تراکم Density× Fertilizer	8	6.15 ns	635.53 ns	4.07 ns	0.116 ns
خطا Error	28	6.56	419.25	3.01	0.103
ضریب تغییرات % (C.V)	-	25.27	37.60	18.48	33.758

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار؛ * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns: no-significant, * and **, significant at a probability level of 5 and 1%, respectively.

جدول 7 - مقایسه میانگین مربوط به تأثیر انواع کود و تراکم گیاهی بر صفات کیفی اسفرزه

Table 7 - Means comparison for the effect of different types of fertilizers and plant density on the qualitative characteristics of isabgol

تیمارها Treatments	درصد موسیلاژ Mucilage percentage	تورم بذر Seed swelling (ml)	شاخص تورم Swelling factor
نوع کود مصرفی Fertilizer type			
شاهد Control	9.57[a*]	8.94[a]	0.89[a]
40 تن در هکتار کود دامی 40 t.ha^{-1} CM	10.03[a]	9.11[a]	0.95[a]
40 کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی 40 kg.ha^{-1} CF	9.96[a]	9.96[a]	0.96[a]
20 تن کود دامی + 40 کیلوگرم کود شیمیایی 20 t.ha^{-1} CM+ 40 kg ha^{-1} CF	11.10[a]	9.66[a]	0.88[a]
20کیلوگرم کود شیمیایی و 40 تن کود دامی 40 t.ha^{-1} CM+ 20 kg.ha^{-1} CF	10.00[a]	9.55[a]	1.07[a]
تراکم بوته Plant density (plants.m^{-2})			
20	10.74[a]	9.26[a]	1.05[a]
40	10.14[a]	9.70[a]	0.93[a]
60	9.51[a]	9.20[a]	0.87[a]

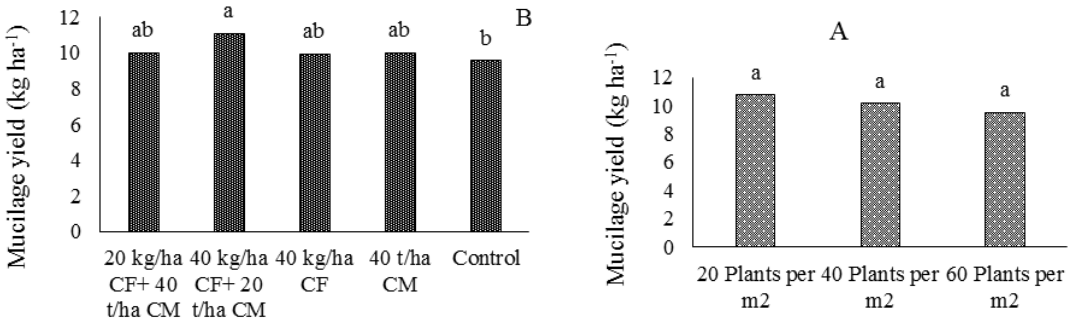
*میانگین‌های دارای حرف یکسان در هر ستون و برای هر فاکتور، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند.

CM= کود دامی و CF= کود شیمیایی.

*Means of the same letter in each column, have no significant difference based on the LSD test at the probability level of 5%.

CM=cow manure, CF=chemical fertilizer.

آن‌ها این امر را به اثر مفید کود دامی در عرضه تدریجی و متعادل عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن مرتبط دانستند. در مجموع نتایج آزمایش کنونی نشان داد که اگرچه برخی تیمارهای کودی درصد موسیلاژ دانه را مقداری افزایش دادند (جدول 7)، امّا به‌دلیل کاهش عملکرد دانه (شکل 1) نتوانستند موجب بهبود قابل توجه عملکرد موسیلاژ شوند (شکل 2).



شکل 2- مقایسه میانگین اثر ساده تراکم کاشت (A) و مصرف منابع کودی (B) بر عملکرد موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه

CM= کود دامی و CF= کود شیمیایی

Fig. 2- Simple effect of plant density (A) and fertilizer application (B) on mucilage yield of isabgol

CM=cow manure, CF=chemical fertilizer

نتیجه‌گیری

در پژوهش کنونی اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه و اثر مصرف منابع کودی بر عملکرد دانه و عملکرد موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه معنی‌دار بود، ولی سایر صفات مورد مطالعه از عوامل آزمایشی اثری

نپذیرفتند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در گیاه اسفرزه به‌دلیل کوچک بودن اندام‌های هوایی می‌توان با افزایش تعداد بوته از 20 به 60 بوته در متر مربع، عملکرد بالاتری را کسب نمود. هم‌چنین، مشاهده شد که گیاه اسفرزه نیاز غذایی بالایی ندارد و از این‌رو مصرف منابع کودی نتوانست باعث بهبود اکثر صفات مورد مطالعه شود. بنابراین، مصرف مستقیم کود در زراعت این گیاه در خاک‌های دارای مقدار متوسطی از عناصر غذایی، از لحاظ اقتصادی دارای توجیه نمی‌باشد. نتایج آزمایش کنونی با برخی مطالعات پیشین بر روی اسفرزه هم‌خوانی نداشت. بنابراین، به نظر می‌رسد برای درک واکنش کودی این گیاه در سطوح مختلف تراکم کاشت به انجام آزمایشات تکمیلی نیاز باشد. یک احتمال نیز وجود دارد که سطوح کودیِ مورد استفاده در این آزمایش بیش از حد نیاز گیاه بوده باشد و از این رو مصرف مقادیر کم‌تر کود دامی و شیمیایی ممکن است سودمندی بیش‌تری را ایجاد نماید.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بیرجند جهت تأمین هزینه‌های مالی اجرای طرح و از آموزشکده کشاورزی سرایان جهت فراهم نمودن امکان اجرای طرح سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Asadi, G., Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M., and Khorramdel, S. 2015. Effects of different fertilizer treatments on quantitative and qualitative characteristics of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Horticultural Science 29(1): 47-54. (In Persian with English Summary)

Asghari Pourchman, M. 2001. Effects of planting date and seed amount per unit area on morphological characteristics and medicinal plant quality isabgol (*Plantago ovata* L). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Davazdah Emami, S., and Majnoon Hosseini, N. 2008. Cultivation and Production of Medicinal Plants and Species. Tehran University Press, Iran. pp. 39-49. (In Persian)

Dorry, M.A. 2006. Effects of seed rate and planting dates on seed yield and yield components of *Plantago ovata* in dry farming. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(3): 262-269. (In Persian with English Summary)

Fallahi, H.R., Taherpour Kalantari, R., Asadian, A.H., Aghhavani-Shajari, M., and Ramazani, H.R. 2018. Effect of different soil fertilizing agents on growth and yield of isabgol and black seed as two medicinal plants. Iranian Journal of Field Crop Science, In Press. (In Persian with English Summary)

Fallahi, H.R., and Mahmoodi, S. 2018. Influence of organic and chemical fertilization on growth and flowering of saffron under two irrigation regimes. Saffron Agronomy & Technology 6(2): 147-166. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ahmadian, A., and Gelavi, M. 2009. Effect of irrigation frequency on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Agricultural Research 3(2): 262-255. (In Persian with English Summary)

Ghasemi Siani, E., Fallah, S., and Tadayyon, A. 2011. Study on yield and seed quality of *Plantago ovata* Forssk under different nitrogen treatments and deficit irrigation. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(3): 517-528. (In Persian with English Summary)

Ghasemi, K., Fallah, S., Raeisi, F., and Heidari, M. 2014. The effect urea and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) medicinal plant. Journal of Plant Production 20(4): 101-116. (In Persian with English Summary)

Hendawy, S.F. 2008. Comparative study of organic and mineral fertilization on *Plantago arenarria* plant. Journal of Applied Sciences Research 4(5): 500-506.

Kalyanasundaram, N.K., Patel, P.B., and Dalal, K.C. 1982. Nitrogen need of *Plantago ovata* Forsk. in relation to the available nitrogen in soil. Indian Journal of Agricultural Sciences 52(4): 240-242.

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Organic cultivation of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium* in response to water stress. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 67-79. (In Persian with English Summary)

Mosavi, S.G.R., Segatoleslami, M.J., and Pooyan, M. 2012. Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of *Plantago ovata* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4): 681-699. (In

Persian with English Summary)

Nasirzade, S., Fallah, S., Kiani, S., and Mohammadkhani, A. 2005. Effect of different levels of cow manure and urea on quantitative and qualitative characteristics of isabgol (*Plantago ovata* Forssk.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31(1): 41-51. (In Persian with English Summary)

Neisani, S., Fallah, S., and Raiesi, F. 2012. The effect of poultry manure and urea on agronomic characters of forage maize under drought stress conditions. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 21(4): 63-76. (In Persian with English Summary)

Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M.R., Rahimi, A., and Tavakoli, A. 2011. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro-morphological traits and mucilage of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Electronic Journal of Crop Production 3(2): 193-213. (In Persian with English Summary)

Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M.R., Rahimi, A., and Jafari, A.A. 2014. Effects of different soil fertilizing treatments (chemical, organic and integrated) on yield, yield components and seed mineral nutrients content of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 102: 82-91. (In Persian with English Summary)

Rahimi, A., Jahansozb, M.R., Madah Hoseini, S., Sajjadinia, A.R., Roosta, H.R., and Fateh, E. 2011.Water use and water-use efficiency of Isabgol (*Plantago ovata*) and French psyllium (*Plantago psyllium*) in different irrigation regimes. Australian Journal of Crop Science 5(1): 71-77.

Rahimi, M., Jahansoz, M.R., and Rahimian Mashhadi, H.R. 2014. Effect of drought stress and plant density on quantity and quality charactristics of isabgol (*Plantago ovata*) and french psyllium. Journal of Crop Production and Processing 12:143-156. (In Persian with English Summary)

Sabbagh Nekonam, M., and Razmjoo, K.H. 2007. Effect of plant density on yield, yield components and effective medicine ingredients of blond psyllium (*Plantago ovata* Forsk.) accession. International Journal of Agriculture and Biology 9(4): 606-609.

Shah, Z., and Ahmad, M.I. 2006. Effect of integrated use of farm yard manure and urea on yield and nitrogen uptake of wheat. Journal of Agricultural and Biological Science 1(1): 60-65.

Sharma, P.K., and Koul, A.K. 1986. Mucilage in seeds of *Plantago ovata* and its wild allies. Journal of Ethnopharmacology 17(3): 289-295.

Yadav, R.L., Keshwa, G.L., and Yadav, S.S. 2003. Effect of integrated use of FYM and sulfur on growth and yield of isabgol. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 668-671.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1139-1150

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1150-1139

Influence of Plant Density, Single and Combined Application of Cow Manure and Chemical Fertilizer on Seed and Mucilage Yields in Isabgol (*Plantago ovata* Forssk.)

M. Khavari[1], M.A. Behdani[2*] and H.R. Fallahi[3]
Submitted: 20-05-2018
Accepted: 21-08-2018

Khavari, M., Behdani, M.A., and Fallahi, H.R. 2019. Influence of plant density, single and combined application of cow manure and chemical fertilizer on seed and mucilage yields in isabgol (*Plantago ovata* Forssk.). Journal of Agroecology. 11(3): 1139-1150.

Introduction

Medicinal plants are valuable resources that they can play an important role in the health of the community, employment, increasing non-oil exports and preventing the genetic erosion of valuable species. The increasing tendency towards herbal medicine in the treatment of diseases, whether globally or internally, makes it unavoidable the necessity of medicinal plants cultivation in agroecosystems. Isabgol (*Plantago ovata* Forssk.) is an annual herbal medicinal plant from Plantaginaceae family, which about 25% of its seed weight is mucilage. It has originated from arid and semi-arid areas and is used widely in traditional and industrial pharmacology. The seeds of isabgol contain fatty oil, carbohydrates, proteins, mineral element and particularly mucilage which has many medical applications. Low water requirement and short growth period, makes this plant suitable for planting in semi-arid areas such as Khorasan. However, to the best of our knowledge, so far, the adaptability, growth, and yield of this plant have not been fully investigated in this area. Accordingly, the aim of this study was to investigate the effect of plant density and single or combined application of cow manure (CM) and chemical fertilizers (CF) on yield and yield components of the isabgol.

Materials and Methods

This experiment was arranged as a factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at Sarayan Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran during 2017. Fertilization treatments consisted of single (40 $t.ha^{-1}$ CM and 40 $kg.ha^{-1}$ CF from the source of NPK) and combined (40 $t.ha^{-1}$ CM + 20 $kg.ha^{-1}$ CF and 20 $t.ha^{-1}$ CM + 40 $kg.ha^{-1}$ CF) application of organic and chemical fertilizers along with a control (no-fertilizer) which were evaluated at three levels of density (20, 40 and 60 plants. m^{-2}). The measured traits included number of spikes per plant, spike weight, spike length, number of seeds per spike, 1000-seed weight, biological yield, seed yield, harvest index, mucilage percentage, mucilage yield, and seed swelling factor. Data analysis was done using SAS 9.2 and means were compared using FLSD test at a 5% level of probability.

Results and Discussion

Among all studied traits, the only simple effect of fertilizer application on seed and mucilage yields and the simple effect of plant density on seed yield was significant. Seed yield increased when plant density was enhanced, so that, this index was 459, 504 and 673 $kg.ha^{-1}$ for planting densities of 20, 40 and 60 $plants.m^{-2}$, respectively. Fertilizers' application in all levels of density decreased the seed yield. The highest seed yield belonged to non-fertilizer application and 60 $plants.m^{-2}$ with 806.6 $kg.ha^{-1}$, and the lowest amount of this index was obtained in 40 t CM + 20 kg CF at density of 40 plant m^2 with 272.2 $kg.ha^{-1}$. In terms of mucilage yield, except the treatment of 20 t CM + 40 kg CF which increased this index by 14%, other fertilizer treatments had no-significant different with control. Considering that the most traits related to yield and yield components of isabgol did not affect significantly fertilizer resources, it can be stated that these plants are suitable for low-input production systems. Therefore, it seems that the application of fertilizer resources in crops that are located prior to isabgol in rotation and availability of remaining nutrients can provide the nutritional requirements of this

1, 2 and 3- M.Sc student in Agroecology, Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72846

plant.

Conclusion

However, our findings of the response of isabgol to fertilizer application were different from the results of many previous studies on it, which reported that the use of cow manure in isabgol production, not only does not reduce seed and mucilage yield but also improved them. Probably, the amounts of fertilizers used in the current study have been higher in the plant requirements. Therefore, doing complementary studies with lower levels of fertilizers can be recommended.

Keywords: Swelling factor, Spike, Sustainable agriculture, 1000-seed weight

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۱۶۸-۱۱۵۱

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1151-1168

ارزیابی ویژگی‌های کمّی و کیفی برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی در سامانه‌های زراعی متداول، کم‌نهاده و ارگانیک در استان مازندران

رحمان عرفانی[1*]، همت‌اله پیردشتی[2]، رحمت عباسی[3] و محمدزمان نوری[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۰

عرفانی، ر.، پیردشتی، ه.ا.، عباسی، ر.، و نوری، م.ز. ۱۳۹۸. ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی برنج رقم طارم هاشمی در سامانه‌های زراعی متداول، کم‌نهاده و ارگانیک در استان مازندران. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۳): ۱۱۶۸-۱۱۵۱.

چکیده

با توجه به نوپا بودن کشت ارگانیک برنج در استان مازندران و وجود پتانسیل‌های فراوان جهت‌گذار از کشاورزی متداول به کشاورزی ارگانیک، پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های کمّی و کیفی برنج (*Oryza sativa* L.) در سامانه‌های مختلف زراعی متداول، کم‌نهاده و ارگانیک طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در سه منطقه مختلف استان مازندران (شهرستان بابل، فریدونکنار و آمل) اجرا شد. برای سامانه‌های زراعی ارگانیک، کم‌نهاده و متداول به‌ترتیب، سه، چهار و شش مزرعه در این شهرها انتخاب شدند. مزارع انتخابی حداقل طی سه سال گذشته از همان سامانه زراعی مشابه استفاده کرده بودند. در سامانه زراعی ارگانیک، از کود مرغی و کودهای زیستی شامل: ازتوباکتر و بارور۲ و جهت مبارزه با آفات و بیماری از زنبور تریکوگراما، فرمون‌های جنسی، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌های زیستی استفاده شد. در سامانه زراعی کم‌نهاده، نهاده‌های خارجی تولید، مانند کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در مقایسه با کشت متداول به حداقل رسانده شد. نتایج نشان داد که در دو منطقه بابل و آمل، سامانه زراعی متداول و کم‌نهاده عملکرد دانه بیش‌تری در مقایسه با ارگانیک داشتند. در بین سه منطقه نیز بالاترین عملکرد دانه (۴۹۷۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیستی (۸۵۳۲/۳۳ کیلوگرم در هکتار) گیاه در منطقه فریدونکنار و در سامانه کم‌نهاده به‌دست آمد. این مقدار عملکرد به‌ترتیب ۴/۷۳ و ۲/۸۰ درصد و ۲۹/۹۰ و ۲۹/۱۲ درصد از دو سامانه متداول و ارگانیک بیش‌تر بود. از نظر صفات کیفی نیز علی‌رغم درصد بالاتر پروتئین دانه در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب (۶/۲۷ و ۴/۰۱ درصد) در کشت متداول، بیش‌ترین راندمان تبدیل (۶۸/۰۵ و ۶۹/۰۵ درصد) و برنج کامل (۶۴/۷۰ درصد)، طول دانه پس از پخت (۱۳/۴۶ میلی‌متر)، کم‌ترین درصد پوسته نیز در سال‌های ۱۳۹۴ و ۹۵ به‌ترتیب (۲۲/۴۷ و ۲۱/۸۶ درصد)، سبوس (۹/۴۷ و ۹/۰۸ درصد) و برنج خرده (۴/۰۰ و ۲/۱۴ درصد) در کشت ارگانیک حاصل شد. بنابراین کشت کم‌نهاده از نظر کمیت تولید و مصرف کم‌تر نهاده‌های شیمیایی، سامانه زراعی مناسب‌تری شناخته شد، ولی از نظر کیفی و به‌ویژه راندمان تبدیل، کشت ارگانیک بهتر از دو سامانه زراعی دیگر بود. با این‌حال در شرایط فعلی و با در نظر گرفتن عملکرد دانه و نیز کیفیت محصول به‌دست آمده می‌توان سامانه زراعی کم‌نهاده را به‌کشاورزان توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آمیلوز، راندمان تبدیل، کود زیستی، کود شیمیایی

مقدمه

در طول ۱۵ سال گذشته، کشت ارگانیک برنج (*Oryza sativa* L.) در بعضی از قسمت‌های جهان انجام شده است، امّا علی‌رغم

۱- به‌ترتیب دانشجوی دکتری سابق دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، آمل، ایران
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و استادیار دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، آمل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: r_erfani2002@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.71872

تحقیقات زیاد، سیاست‌گذاری و توجه عمومی، تنها قسمت کوچکی از کل زمین‌های کشاورزی به کشت ارگانیک اختصاص یافته است (De Ponti et al., 2012). با توجه به اثر مخرب زیست‌محیطی کشاورزی متداول که ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی است، روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی جایگزین افزوده می‌شود. یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار استفاده از کودهای آلی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف کاربرد کودهای شیمیایی است (Sangeetha et al., 2013). هر چند استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریع‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، امّا هزینه زیاد مصرف این‌گونه کودها، همراه با آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از آن، نگران‌کننده است (Moslehi et al., 2016).

به‌منظور اصلاح ساختار نظام‌های بهره‌برداری موجود و رهایی از وضعیت ناپایداری، راهبرد توسعه پایدار کشاورزی می‌تواند پاسخی مناسب برای حل مشکلات فعلی کشاورزان در این ارتباط باشد. مرور جامع روی بیش از ۱۰۰ تحقیق برای مقایسه کشاورزی ارگانیک و متداول نشان داد که عملکرد ارگانیک بیش‌تر از مقداری است که قبلاً تصور می‌شده است (Gharieb et al., 2016; Surekha et al., 2013). تحقیقات انجام شده در دانشگاه کالیفرنیا نشان داد که اجرای عملیات خاص در مزرعه ارگانیک باعث کم شدن فاصله بین تولید در دو روش می‌گردد (Tzilivakis et al., 2005). از نظر مقایسه عملکرد سامانه‌های زراعی ارگانیک و متداول، محققین بر این باورند که با توجه به پیش‌بینی افزایش نیاز غذایی در ۵۰ سال آینده ضرورت دارد توجه بیش‌تری به کشاورزی ارگانیک گردد. چرا که درکنار تأثیر محیطی کشاورزی صنعتی قابلیت کودهای شیمیایی برای افزایش محصول در حال کاهش است (Srivastava et al., 2009). تحقیقات نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری در تحقیقات اگرواکولوژیکی برای بهبود مدیریت ارگانیک و اصلاح ارقام برای سامانه ارگانیک موجب کاهش فاصله عملکردی و حتی حذف این فاصله عملکردی برای برخی محصولات یا مناطق می‌گردد (Lauren et al., 2014).

برنج یکی از مهم‌ترین غلات است که در نقاط مختلف دنیا کشت می‌شود به همین منظور توجه به خصوصیات کیفی آن با تکیه بر افزایش عملکرد امروزه در رأس سیاست‌گذاری‌های تولید برنج قرار می‌گیرد (Gharieb et al., 2016)، امّا خصوصیات کیفی دانه برنج از لحاظ کیفیت پخت و تغذیه‌ای تحت تأثیر متغیرهای زیادی است (Li et al., 2003). درصد آمیلوز، مقدار و نوع پروتئین موجود در برنج از مهم‌ترین عواملی هستند که بر کیفیت پخت و هم‌چنین کیفیت تغذیه‌ای مؤثر است. میزان آمیلوز در دانه برنج درجه نرمی یا سفتی دانه را بعد از پخت مشخص می‌کند. ارقام برنج دارای آمیلوز بالا بعد از پخت، خشک و جدا از هم باقی مانده و پس از سرد شدن سخت می‌گردند، امّا دانه‌های دارای آمیلوز پایین بعد از پخت نرم، لعاب‌دار و چسبناک می‌شوند (Jing & Kaffman, 1979). ارقامی که دارای آمیلوز بین ۲۵-۲۰ درصد باشند، برنج آن‌ها بعد از پخت و سرد شدن نرم مانده که بیانگر کیفیت عالی پخت است (Rahim Soroush, 1995). هم‌چنین دمای آبی که در آن گرانول‌های نشاسته شروع به انبساط غیرقابل برگشت می‌کنند، تحت عنوان درجه ژلاتینی شدن نیز بر کیفیت پخت مؤثر است (Damardjati et al., 1988; Juliano et al., 1972). برنج‌هایی که در دمای بالاتری ژلاتینه می‌شوند به آب و زمان بیش‌تری برای پخت نیاز دارند، بنابراین ژلاتینه شدن نسبت عکس با زمان لازم برای پخت دارد، البته ارقام برنج با آمیلوز یکسان می‌توانند درجه ژلاتینه شدن متفاوتی داشته باشند (Juliano et al., 1972). از دیگر عواملی که بر خصوصیات کیفی برنج مؤثر است، مقدار پروتئین دانه است که علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، بر کیفیت پخت هم تأثیرگذار است (Damardjati et al., 1988). میزان و کیفیت آن هم تحت تأثیر متغیرهای زیادی از جمله مقدار مصرف کود، نوع کود مصرفی، طول دوره رشد، مقدار اسیدیته خاک و زمان افزودن کود به زمین متغیر است (Juliano et al., 1972). اسریواستاوا و همکاران (Srivastava et al., 2009) دریافتند که استفاده از کود آلی، موجب افزایش خصوصیات کیفی دانه برنج و هم‌چنین عملکرد دانه شد. نیتروژن برای برنج ضروری بوده و محدودکننده‌ترین عنصر تغذیه‌ای در مناطق غرقابی تولید برنج در سراسر جهان می‌باشد (Samonte et al., 2006).

با توجه به نوپا بودن کشت ارگانیک برنج در استان مازندران و وجود پتانسیل‌های فراوان جهت‌گذار از کشاورزی متداول به کشاورزی ارگانیک پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی برنج در سامانه‌های مختلف زراعی متداول، کم‌نهاده و ارگانیک طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر سه سامانه زراعی شامل متداول، کم‌نهاده و ارگانیک برای کشت رقم طارم هاشمی طی سال‌های ۱۳۹۴و ۱۳۹۵

در سه منطقه آمل، بابل و فریدونکنار که از مناطق عمده شالیزاری استان مازندران هستند مورد مقایسه قرار گرفتند. برای سامانه‌های زراعی ارگانیک، کم‌نهاده و متداول به‌ترتیب، سه، چهار و شش مزرعه در این شهرها انتخاب شدند. مزارع انتخابی حداقل طی سه سال گذشته از همان سامانه زراعی مشابه استفاده کرده بودند. در سامانه زراعی ارگانیک، از کود مرغی و کودهای زیستی شامل: *ازتوباکتر* و بارور ۲ و جهت مبارزه با آفات و بیماری‌ها از زنبور تریکوگراما، فرمون‌های جنسی، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌های زیستی استفاده شد. هم‌چنین وجین علف‌های هرز در سامانه زراعی ارگانیک به‌صورت دستی انجام شد. هم‌چنین در سامانه زراعی کم‌نهاده، نهاده‌های خارجی تولید، مانند کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در مقایسه با کشت متداول به حداقل رسانده شد. در ابتدای فصل زراعی توجیهات لازم با کشاورزان صورت پذیرفت و کلیه عملیات از زمان آماده‌سازی زمین اصلی و خزانه، بذرپاشی و نشاءکاری و عملیات داشت تا برداشت، کودپاشی و مبارزه با آفات و بیماری‌ها بر اساس دستورالعمل و با نظارت انجام شد. ضمناً کلیه فعالیت‌های انجام شده در مزرعه کشاورزان به‌طور مرتب یادداشت برداری و مورد ارزیابی قرارگرفت. داده‌های هواشناسی در مناطق مذکور براساس آمار هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی مربوطه به آن منطقه، یعنی ایستگاه‌های آمل، قائم‌شهر (قراخیل) و بابلسر طی دو سال جمع آوری گردید (جدول ۱). در هر سامانه زراعی و هر منطقه، صفات زراعی تعداد پنجه، درصد دانه پر، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و میزان کاه و کلش در سه تکرار اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- شرایط آب‌وهوایی مناطق مورد نمونه‌برداری

Table 1- Weather conditions of sampled areas

	دما Temperature (°C)											
	فروردین March		اردیبهشت April		خرداد May		تیر June		مرداد July		شهریور August	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
منطقه Region												
آمل Amol	13.9	14.7	19.4	20.6	25.2	23.8	27.1	26.5	27.9	27.8	25.0	26.3
بابل Babol	13.5	14.5	18.8	20.3	25.5	23.8	27.2	26.5	28.2	27.6	24.7	26.4
فریدونکنار FereydunKenar	13.7	14.9	18.6	20.1	25.3	23.8	27.5	26.7	28.0	28.0	25.2	26.7
	بارندگی Rainfall (mm)											
منطقه Region												
آمل Amol	14.3	99.3	9.8	41.4	0.1	24.6	57.2	39.6	33.1	11.4	78.9	88.5
بابل Babol	18.3	90.8	10.6	35.1	8.7	61.6	70.3	37.8	8.4	29.0	84.9	60.2
فریدونکنار FereydunKenar	11.5	71.4	0.1	20.6	0.1	49.6	111.5	111.2	33.0	48.1	209.4	60.3

جهت اندازه‌گیری خصوصیات کیفی، نمونه‌های ۵۰۰ گرمی از هر سامانه زراعی به آزمایشگاه تعیین کیفیت بذر مؤسسه تحقیقات برنج کشور (معاونت مازندران- آمل) ارسال و صفات کیفی فیزیکی نظیر راندمان تبدیل، درصد پوسته، درصد سبوس، درجه سفیدی جرمی، درصد برنج کامل، درصد برنج خرده، طول دانه قبل از پخت، طول دانه بعد از پخت و آزمون‌های کیفی شیمیایی شامل درصد آمیلوز و

درجه حرارت ژلاتینه شدن و مقدار پروتئین تعیین شدند. برای اندازه-گیری راندمان تبدیل، ابتدا کاه و کلش و ضایعات و مواد خارجی نمونه را پاک کرده و ۲۵۰ گرم از نمونه را وزن کرده و توسط دستگاه پوست‌کن شلتوک (Satake THU 35B, Japan) به برنج قهوه‌ای تبدیل و وزن برنج قهوه‌ای محاسبه شد. سپس برنج قهوه‌ای توسط دستگاه سفیدکن (Satake, Japan) به برنج سفید تبدیل شد. برای جلوگیری از شکستگی بیش‌تر، برنج سفید بتدریج سرد و بعد از آن توزین و توسط الک، برنج کامل و شکسته جدا وزن شدند. برنج شکسته یا خرده برنجی که نسبت شکستگی در آن یک چهارم و یا کم‌تر بود به‌عنوان برنج کامل محاسبه گردید (Juliano & Bechtel., 1985). سپس، درصد پوسته (معادله ۱)، راندمان تبدیل (معادله ۲)، درصد سبوس (معادله ۳)، درجه سفیدی (معادله ۴) و درصد برنج کامل (معادله ۵) محاسبه شدند.

معادله (۱) $$\text{درصد پوسته} = \frac{\text{وزن پوسته}}{\text{وزن شلتوک}} \times ۱۰۰$$

معادله (۲) $$\text{راندمان تبدیل} = \frac{\text{وزن کل برنج سفید}}{\text{وزن شلتوک}} \times ۱۰۰$$

معادله (۳) $$\text{درصد سبوس} = \frac{\text{وزن سبوس}}{\text{وزن شلتوک}} \times ۱۰۰$$

معادله (۴) $$\text{درجه سفیدی} = \frac{\text{وزن برنج سفید}}{\text{وزن‌برنج قهوه ای}} \times ۱۰۰$$

معادله (۵) $$\text{درصد برنج کامل} = \frac{\text{وزن برنج کامل}}{\text{وزن شلتوک}} \times ۱۰۰$$

برای محاسبه طول دانه از دستگاه تصویربردار (Photographic enlarger) استفاده شد و طول ۱۰ دانه برنج توسط آن اندازه‌گیری گردید و میانگین طول آن‌ها با استفاده از استانداردهای بین‌المللی مورد مقایسه قرار گرفت (Juliano & Bechtel., 1985). برای تعیین میزان آمیلوز از اسپکتروفتومتر (Spectronic 20 4001, USA Genesys) و برای تعیین درجه حرارت ژلاتینه شدن از روش لیتل و دیسون استفاده شد. هم‌چنین میزان پروتئین با کمک روش کجلدال محاسبه شد (AOAC, 1990). داده‌ها توسط نرم‌افزار Excel پردازش گردید. یکنواختی واریانس با آزمون بارتلت، تجزیه مرکب با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS صورت پذیرفت. هم‌چنین مقایسه میانگین داده-های آزمایش با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

براساس تجزیه و تحلیل میانگین مربعات صفات مورد مطالعه (جدول ۲)، اثر اصلی سال در صفات عملکرد دانه ($P<۰/۰۱$) و اثر منطقه در تمام صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد به‌جز عملکرد دانه و هم‌چنین برهم‌کنش سال و منطقه نیز در تعداد پنجه و درصد دانه پر ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. در بین سامانه‌های زراعی نیز از نظر تمام صفات مورد بررسی به‌جز درصد دانه پر تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) مشاهده شد، ولی برهمکنش آن با سال در هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. بین سامانه‌های زراعی و منطقه در تمامی صفات برهم‌کنش معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل سامانه زراعی، سال و منطقه بر هیچ‌کدام از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهم‌کنش منطقه و سامانه‌های زراعی (جدول ۳) نشان داد که تعداد پنجه در هر سه منطقه مورد مطالعه (آمل، بابل و فریدونکنار)، در سامانه زراعی کم‌نهاده نسبت به سامانه‌های زراعی متداول بیش‌تر بود، هر چند در آمل و بابل با سامانه زراعی متداول در یک سطح آماری قرار داشت، ولی در فریدونکنار این تفاوت به حدود ۲۸ درصد رسید. تعداد پنجه در سامانه زراعی ارگانیک در هر سه منطقه مورد مطالعه نسبت به کشت متداول کاهش داشت، ولی با این‌حال کاهش آن تنها در منطقه آمل معنی‌دار بوده و کاهش ۱۱ درصدی داشت. بیش‌ترین تعداد پنجه در منطقه فریدونکنار و در سامانه کم‌نهاده و با تعداد ۱۷/۷۰ پنجه مشاهده شد. درصد دانه پر در مناطق مختلف عکس‌العمل متفاوتی نسبت به سامانه زراعی نشان داد، به‌طوری‌که در منطقه آمل سامانه زراعی ارگانیک، در بابل متداول و در فریدونکنار کم‌نهاده به‌ترتیب با ۹۲/۳۹، ۹۰/۹۵ و ۸۸/۸۱ درصد، بیش‌ترین درصد دانه پر را داشتند. هر چند که نسبت به سایر سامانه-های زراعی نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. درصد دانه پر در منطقه فریدونکنار نسبت به دو منطقه دیگر کم‌تر بود (جدول ۳). این نتیجه را می‌توان با دمای هوای منطقه در دوره پر شدن دانه مرتبط دانست. چرا که، در منطقه فریدونکنار نسبت به مناطق آمل و بابل، به‌ویژه در سال دوم آزمایش، دوره پر شدن دانه با دمای بالاتری مواجه بوده است (جدول ۱). در دو منطقه آمل و بابل عملکرد دانه در سامانه زراعی کم‌نهاده تفاوت معنی‌داری نسبت به کشت متداول نداشت. در منطقه آمل کشت ارگانیک نسبت به کشت متداول و کم‌نهاده به‌ترتیب حدود ۱۵ و ۱۱ درصد و در منطقه بابل حدود ۲۳ و ۲۱ درصد عملکرد کم‌تری داشت.

جدول ۲- میانگین مربعات اثر سال، منطقه و سامانه زراعی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم (طارم هاشمی)

Table 2- Mean squares of the effect of year, region and agricultural system on yield and yield components of rice variety (Tarom Hashemi)

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	درصد دانه پر Percentage of filled grain	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield
سال Year	1	0.26	26.32	257646.30**	357704.17	8189.35
منطقه Region	2	11.62**	136.52**	20438.17	3078312.67**	2598945.57**
Y× R	2	10.38**	53.04**	39716.69	561048.00	697297.35
خطای a Error a	24	1.60	8.83	36750.50	37245.17	56769.35
سامانه زراعی Agricultural system	2	63.17**	5.49	6211038.50**	20030195.72**	48129492.80**
Y × S	2	4.16	3.62	37512.91	210450.50	414997.24
R × S	4	11.27**	29.95*	386635.92**	1153327.97**	2821850.21**
Y× R × S	4	5.36	10.68	15494.21	225436.58	315070.82
خطای b Error b	48	2.07	10.29	21767.58	223389.19	300906.4
ضریب تغییرات CV (%)		10.05	3.60	3.33	6.42	4.65

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و اعداد بدون علامت معنی‌دار نمی‌باشند.

*and**: are Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and unsigned numbers are not significant.

در فریدونکنار نیز تفاوت معنی‌داری بین کشت متداول و کم‌نهاده مشاهده نشد، هر چند در کشت کم‌نهاده عملکرد بالاتری (حدود پنج درصد) حاصل گردید. هم‌چنین سامانه زراعی ارگانیک به‌صورت معنی‌داری عملکرد کم‌تری نسبت به دو سامانه زراعی دیگر (به‌ترتیب حدود ۲۶ و ۳۰ درصد نسبت به کشت متداول و کم‌نهاده) داشت. در مجموع تفاوت محسوسی از نظر عملکرد دانه بین سه منطقه مورد مطالعه مشاهده نشد، ولی بیش‌ترین عملکرد دانه (۴۹۷۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در سامانه زراعی کم‌نهاده و در منطقه فریدونکنار به‌دست آمد (جدول ۳). خلاء عملکرد بین سامانه‌های زراعی متداول و ارگانیک براساس نوع محصول و منطقه و نیز باتوجه به چالش‌های موجود در نگهداری مواد مغذی موجود در سیستم‌های آلی در بخش کشاورزی، مزرعه و سطح منطقه متفاوت است، ولی متوسط آن در سامانه‌های زراعی سطح بالا می‌تواند بیش از ۲۰ درصد باشد (De Ponti et al., 2012). اختلاف عملکرد بین سامانه زراعی ارگانیک و متداول در شرایطی که سامانه زراعی متداول دارای عملکرد بالایی باشد، افزایش می‌یابد (De Ponti et al., 2012). در آزمایش حاضر، اختلاف عملکرد بین سامانه زراعی ارگانیک و متداول در سه منطقه آمل، بابل و فریدونکنار به‌ترتیب ۱۵، ۲۳ و ۲۶ درصد بود (جدول ۳).

از سوی دیگر، در سامانه‌های زراعی که نهاده‌های زیستی و شیمیایی به‌صورت تلفیقی استفاده می‌شوند، کود دامی با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کودهای زیستی از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و فراهم‌سازی سایر عناصر غذایی، همراه با مصرف کود شیمیایی سبب افزایش عملکرد دانه برنج می‌گردند. چرا که کودهای دامی و زیستی، عناصر غذایی را به‌تدریج آزاد کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهند و از طرفی، کودهای شیمیایی به‌ویژه کود نیتروژنه نیز در مراحل مختلف رشد گیاه استفاده می‌گردد، بنابراین، می‌تواند در تمام طول دوره رشد از این عناصر استفاده نماید که در نهایت، سبب بهبود عملکرد دانه می‌گردد (Moslehi et al., 2016).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل منطقه و سامانه‌های زراعی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم (طارم هاشمی)

Table 3- Mean comparisons of the interaction effect of region and agricultural systems on yield and yield components of rice variety (Tarom Hashemi)

منطقه/سامانه زراعی Agricultural system/Region	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	درصد دانه پر Percentage of filled grain	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield
			(Kg.ha^{-1})		
آمل Amol					
متداول Conventional	13.77^{bc}	89.57^{ab}	4734.00^{ab}	8442.83^{ab}	13176.83^{ab}
کم‌نهاده Low- input	14.95^{b}	90.90^{a}	4505.83^{b}	7441.83^{c}	11947.67^{c}
ارگانیک Organic	12.20^{d}	92.39^{a}	4015.00^{c}	6712.50^{de}	10727.50^{d}
بابل Babol					
متداول Conventional	14.80^{b}	90.95^{a}	4880.67^{a}	7746.00^{bc}	12626.33^{bc}
کم‌نهاده Low- input	14.90^{b}	89.11^{ab}	4740.00^{ab}	7205.00^{cd}	11975.00^{c}
ارگانیک Organic	13.60^{bcd}	88.77^{ab}	3751.67^{cd}	5733.17^{f}	9484.83^{e}
فریدونکنار FereydunKenar					
متداول Conventional	13.80^{bc}	85.99^{b}	4742.50^{ab}	8389.50^{ab}	13132.00^{ab}
کم‌نهاده Low- input	17.70^{a}	88.81^{ab}	4978.33^{a}	8532.33^{a}	13510.67^{a}
ارگانیک Organic	13.10^{cd}	85.51^{b}	3488.00^{d}	6087.33^{ef}	9575.33^{e}

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*In the each column letters indicate not significant at 0.05 probability levels.

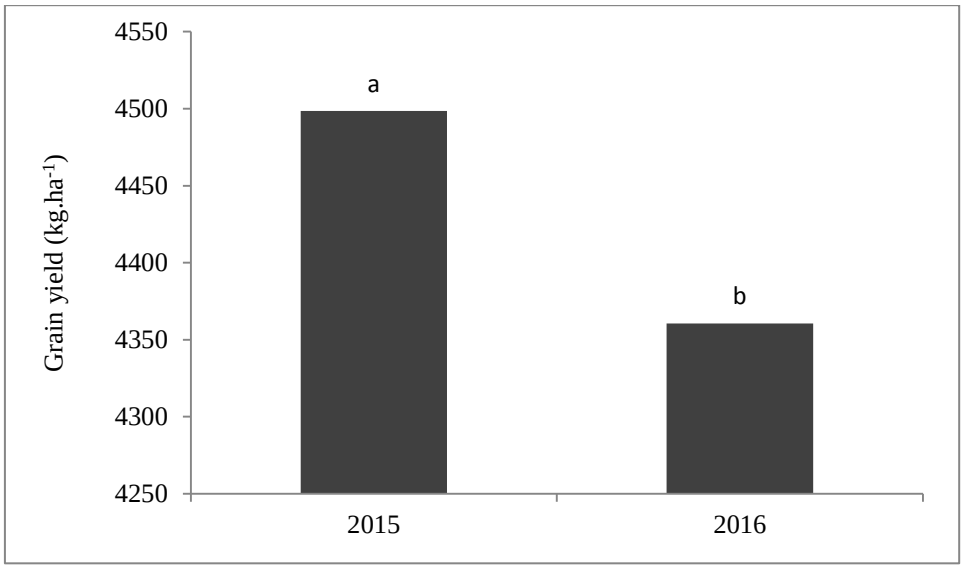
با این حال در کشت ارگانیک با توجه به اینکه از هیچ نوع کود شیمیایی استفاده نمی‌شود بنابراین رسیدن به عملکرد مناسب نیاز به مدت زمان بیش‌تری دارد. کاهش ۲۰-۳۰ درصدی عملکرد گیاهان زراعی در کشت ارگانیک نسبت به کشت متداول توسط راجندراپراساد (Rajendraprasad, 2006) نیز گزارش شده است. شارما و سینگ (Sharma & Singh, 2004) بیان داشتند که عملکرد گیاهان زراعی طی دوره اولیه انتقال از کشاورزی متداول به کشاورزی ارگانیک کاهش و در ادامه و پس از دو تا سه سال بهبود می‌یابد.

براساس نتایج آزمایش، در سامانه زراعی کم‌نهاده نیز میزان عملکرد نسبت به کشت متداول کاهش داشت، ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). کاهش عملکرد برنج در شرایط جایگزینی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی آن با کودهای ارگانیک (سامانه زراعی کم‌نهاده) توسط یاداو و همکاران (Yadav et al., 2000) گزارش شده است که نتایج این آزمایش با نتایج ایشان مطابقت دارد.

عملکرد بیولوژیک و کاه و کلش نیز شرایطی مشابه عملکرد دانه داشت. به‌طوری‌که در منطقه آمل و بابل کشت متداول و در منطقه فریدونکنار کشت کم‌نهاده بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و کاه و کلش را به خود اختصاص داد. کم‌ترین میزان کاه و کلش و عملکرد بیولوژیک نیز در هر سه منطقه در کشت ارگانیک حاصل شد که همواره نسبت به دو سامانه زراعی دیگر اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد در شرایطی که نیتروژن در اختیار گیاه باشد، فعالیت‌های فتوسنتزی افزایش یافته و عملکرد بیولوژیک به‌واسطه رشد رویشی (همچون ارتفاع بوته بالاتر، سطح برگ و

پنجه‌زنی بیش‌تر) و زایشی (عملکرد دانه بالا) افزایش می‌یابد. مصلحی و همکاران (Moslehi et al., 2016) در بررسی اثر کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی برنج گزارش کردند که غلظت بالاتر نیتروژن کاه در تیمارهایی که کود شیمیایی نیتروژن دریافت کردند، به‌دلیل افزایش فتوسنتز و رشد اندام هوایی گیاه، نهایتاً منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک گردیده است. در پژوهش حاضر نیز در سامانه زراعی متداول که کودهای شیمیایی و به‌ویژه کود نیتروژن به‌صورت شمیایی و در مقادیر بالا در اختیار گیاه قرار گرفت.

براساس نتایج ارائه شده در شکل ۱، در سال اول آزمایش (سال ۱۳۹۴) میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آزمایش به‌میزان ۴۴۹۸/۶۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به سال دوم (سال ۱۳۹۵) حدود سه درصد بالاتر بود.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سال بر عملکرد دانه برنج (رقم طارم هاشمی)

Fig. 1- Mean comparisons of the effect of year on grain yield of rice (Tarom Hashemi variety)

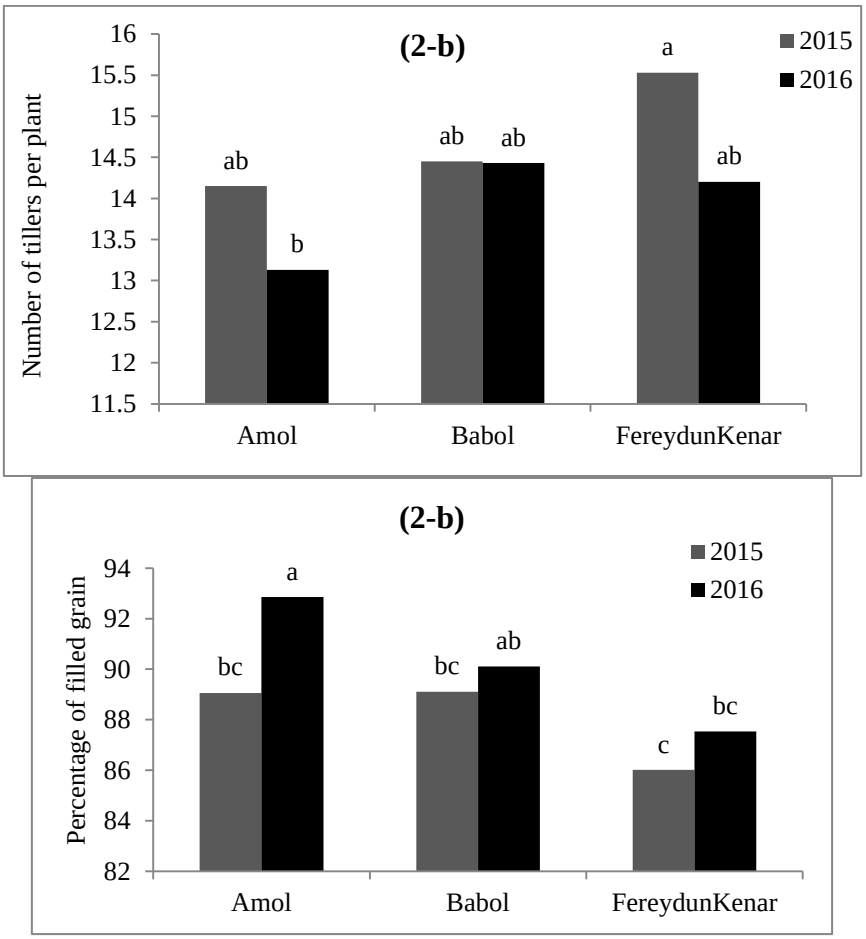
حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters indicate not significant at 0.05 probability levels.

در سال اول بیش‌ترین تعداد پنجه در منطقه فریدونکنار به‌دست آمد که نسبت به دو منطقه دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. هم‌چنین در سال دوم آزمایش نیز در بابل و فریدونکنار بوته‌های برنج طارم تعداد پنجه بیش‌تری نسبت به منطقه آمل داشتند (شکل 2-a). درصد دانه‌های پر تحت تأثیر شرایط اقلیمی منطقه قرار گرفت، به‌طوری‌که در سال اول آزمایش درصد دانه‌های پر در آمل و بابل بیش‌تر از فریدونکنار بود، ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. در سال دوم آزمایش نیز چنین شرایطی وجود داشته و برنج کشت شده در مناطق آمل و بابل درصد دانه‌های پر بیش‌تری (به‌ترتیب حدود شش و سه درصد) نسبت به فریدونکنار داشت که این اختلاف در مورد آمل از نظر آماری معنی‌دار بود (شکل 2-b). درصد دانه پر با تعداد پنجه در بوته رابطه عکس نشان داد. در سال اول آزمایش تعداد پنجه در بوته در فریدون‌کنار بیش‌تر از آمل و بابل بود، ولی درصد دانه پر کم‌ترین مقدار را در فریدونکنار داشت. این نتیجه می‌تواند به‌دلیل افزایش تعداد مخزن در گیاه (تعداد خوشه) و در نتیجه کاهش توانایی گیاه در پر کردن دانه‌ها باشد. این نتایج با نتایج آذرپور و همکاران (Azarpour et al., 2011) مطابقت دارد.

تجزیه و تحلیل میانگین مربعات خصوصیات کیفی شیمیایی برنج (جدول ۴) نشان داد که اثر اصلی سال در درصد پروتئین و دمای ژلاتینه شدن و اثر اصلی منطقه و هم‌چنین برهمکنش سال و منطقه در درصد پروتئین ($P<0/01$) معنی‌دار بود. در بین سامانه‌های زراعی مختلف نیز از نظر هر سه خصوصیت کیفی شیمیایی اندازه‌گیری شده شامل درصد آمیلوز ($P<0/05$)، درصد پروتئین و دمای ژلاتینه شدن ($P<0/01$) تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. برهم‌کنش سامانه زراعی با

سال نیز بر درصد آمیلوز و درصد پروتئین (P<۰/۰۱) اثر معنی‌داری داشت. برهم‌کنش سامانه زراعی در منطقه و هم‌چنین برهمکنش سه‌گانه نظام کشت، سال و منطقه در هیچ یک از صفات مذکور معنی‌دار نبود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و سامانه‌های مختلف زراعی (جدول ۵) نشان داد که در سال اول آزمایش از نظر درصد آمیلوز تفاوت معنی‌داری بین نظام‌های کشت مختلف وجود نداشت، ولی در سال دوم آزمایش دانه‌های برنج به‌دست آمده از سامانه زراعی کم‌نهاده و ارگانیک به‌ترتیب با درصد آمیلوز ۲۰/۴۰ و ۲۰/۸۰ درصد نسبت به سامانه زراعی متداول (با درصد آمیلوز ۲۱/۱۸ درصد) دارای درصد آمیلوز کم‌تری بودند که از نظر آماری سامانه زراعی ارگانیک اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی سامانه زراعی کم‌نهاده کاهش معنی‌داری نسبت به سامانه زراعی متداول نشان داد. محتوی آمیلوز به‌عنوان مهم‌ترین عامل در کیفیت خوراکی برنج، یک شاخص برای انبساط حجم و جذب آب طی پخت است و همبستگی بالایی با سختی، سفیدی و ماندگاری برنج پخته دارد (Rosniyana et al., 2010). میزان آمیلوز در دانه برنج درجه نرمی یا سفتی دانه را بعد از پخت مشخص می‌کند. در آزمایش حاضر، دامنه تغییرات در سه سامانه زراعی از ۲۰/۴۰ تا ۲۱/۱۸ درصد بود. در پژوهش پنج ساله‌ای که توسط سورخا و همکاران (Surekha et al., 2013) انجام شد نیز تفاوت معنی‌داری از نظر درصد آمیلوز و پروتئین بین سامانه‌های زراعی ارگانیک و متداول مشاهده نشد. با این وجود، در آزمایش قریب و همکاران (Gharib et al., 2016) مشخص شد که افزایش استفاده از کمپوست به‌صورت معنی‌داری میزان آمیلوز دانه را افزایش داد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات سال و منطقه بر تعداد پنجه در بوته و درصد دانه پر برنج (رقم طارم هاشمی)

Fig. 2- Mean comparisons of the effects of year and region on tiller number per plant and percentage of filled grain of rice (Tarom Hashemi variety)

حروف مشابه در هر شکل نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters in each figure indicate not significant at 0.05 probability levels.

جدول ٤– میانگین مربعات اثر سال، منطقه و سیستم زراعی بر خصوصیات کیفی شیمیایی برنج (رقم طارم هاشمی)

Table 4- Mean of squares for the effects of year, region and agricultural system on qualitative chemical characteristics of rice (Tarom Hashemi variety)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد آمیلوز Amylose percentage	درصد پروتئین Protein percentage	دمای ژلاتینه شدن Gelatinization temperature
سال Year	1	0.21	46.20**	0.78**
منطقه Region	2	0.07	0.35**	0.001
Y× R	2	0.01	0.38**	0.09
خطای a Error a	24	0.10	0.05	0.03
سامانه زراعی Agricultural system	2	0.59*	7.25**	0.27**
Y × S	2	0.80**	0.68**	0.01
R × S	4	0.02	0.06	0.08
Y× R × S	4	0.04	0.08	0.05
خطای b Error b	48	0.13	0.03	0.03
ضریب تغییرات CV (%)		1.72	3.95	4.68

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و اعداد بدون علامت معنی‌دار نمی‌باشند.

*and**: are Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and unsigned numbers are not significant.

از آن‌جا که زنجیرهای طویل آمیلوز عمده‌ترین کربوهیدرات موجود در برنج هستند ارتباط منفی آشکاری بین درصد نیتروژن و درصد کربوهیدرات یافت می‌شود و در نتیجه استفاده از کود نیتروژن محتوای آمیلوز کمی کاهش می‌یابد (Rosniyana et al., 2010) این مسئله بیش‌ترین تأثیر خود را بر کیفیت پخت می‌گذارد، زیرا میزان آمیلوز که در داخلی‌ترین لایه‌های آندوسپرم است، در نهایت، مهم‌ترین عامل اندازه‌گیری حساسیت دانه‌های برنج به ضربه و پخت مجدد است (DongMing et al., 2007). با این‌حال، نتایج آزمایش حاضر چنین موضعی را تأیید نمی‌کند چرا که بیش‌ترین درصد آمیلوز و بیش‌ترین درصد پروتئین در سال اول آزمایش به‌دست آمد و در سال دوم هر دو صفت مذکور نسبتاً کاهش یافتند (جدول ۵).

درصد پروتئین دانه در هر دو سال آزمایش در بین سه سامانه زراعی مورد بررسی متفاوت بود، به‌طوری‌که در هر دو سال، سامانه زراعی متداول به‌ترتیب با ۶/۲۷ و ۴/۰۱ درصد دارای بیش‌ترین پروتئین دانه بود که سامانه زراعی کم‌نهاده به‌ترتیب با ۵/۴۰ و ۳/۵۹ درصد و سامانه زراعی ارگانیک به‌ترتیب با ۴/۶۱ و ۳/۱۳ درصد میزان پروتئین کم‌تری داشتند که از نظر آماری نیز معنی‌دار بود (جدول ۵). میزان پروتئین در هر سه سامانه زراعی، در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول آن کاهش محسوسی نشان داد، به‌طوری‌که این کاهش در سامانه‌های زراعی ارگانیک، کم‌نهاده و متداول به‌ترتیب حدود ۳۲، ۳۴ و ۳۶ درصد بود (جدول ۵). کاهش میزان پروتئین در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول می‌تواند به‌دلیل تغییرات دمایی در دو سال آزمایش باشد، چرا که در سال دوم آزمایش و در طی ماه‌های خرداد، تیر و مرداد که مصادف با دوره پر شدن دانه نیز می‌باشد، دمای هوا نسبت به سال اول کاهش یافته است. فتحی و همکاران (Fathi et al., 2017) دریافتند که میزان پروتئین دانه برنج با میانگین دمای هوا در دوره پر شدن دانه رابطه مثبت دارد. بنابراین، کاهش دمای هوا در دوره پر شدن دانه کاهش پروتئین را در پی خواهد داشت. ارتباط مستقیم بین مقدار کودهای نیتروژن‌دار و پروتئین نهایی برنج می‌تواند متأثر از افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن بیش‌تر برای متابولیسم پروتئین بیش‌تر باشد و دلیل این همبستگی مثبت را می‌توان بین فعالیت آنزیم‌های سازنده پروتئین و میزان نیتروژن دریافتی دانست (Salem, 2006). در آزمایش سورخا و همکاران (Surekha et al., 2013) مشخص شد که میزان نیتروژن و پروتئین دانه در سامانه زراعی ارگانیک نسبت به کشت متداول بالاتر بود، در حالی‌که نتایج آزمایش حاضر با نتایج ایشان متفاوت بود، چرا که در هر دو سال مورد

بررسی درصد پروتئین دانه در سامانه زراعی متداول بالاتر از دو سامانه زراعی دیگر بود (جدول ۵) که دلیل این مسئله را می‌توان بـا اسـتفاده مستقیم و مقادیر بالای کود نیتروژنه شیمیایی مرتبط دانست.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سال و سامانه‌های زراعی بر درصد آمیلوز و پروتئین دانه برنج (رقم طارم هاشمی)

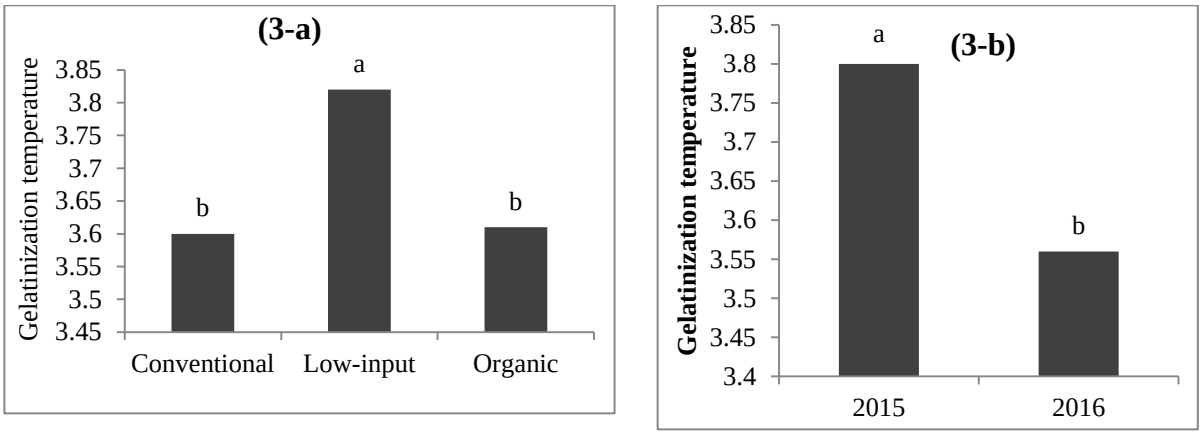
Table 5- Mean comparisons of the interaction effect of year and agricultural systems on amylose and protein percentage of rice (Tarom Hashemi variety)

سال/سامانه زراعی Agricultural system/year	درصد آمیلوز Amylose percentage			درصد پروتئین Protein percentage		
	2015	2016	درصد تغییر Change percentage	2015	2016	درصد تغییر Change percentage
متداول Conventional	20.86^{ab*}	21.18^{a}	-1.53	6.27^{a}	4.01^{d}	-36.04
کم‌نهاده Low- input	20.92^{ab}	20.40^{b}	-2.48	5.40^{b}	3.59^{e}	-33.51
ارگانیک Organic	20.97^{ab}	20.80^{ab}	-0.81	4.61^{c}	3.13^{f}	-32.10

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*In the each column letters indicate not significant at 0.05 probability levels.

میزان دمای ژلاتینه شدن در نظام‌های کشت ارگانیک، کم‌نهاده و متداول به‌ترتیب ۳/۶۱، ۳/۸۲ و ۳/۶۰ به‌دست آمد کـه بیـانگر دمـای ژلاتینه شدن بالاتر دانه در کشت کم‌نهاده نسبت به دو سامانه زراعی دیگر بود، به‌طوری‌که نسبت به کشت ارگانیـک و متـداول بـه‌ترتیـب ۵/۸۲ و ۶/۱۱ درصد افزایش نشان داد، ولـی تفـاوت معنـی‌داری بـین کشت ارگانیک و متداول مشاهده نشد (شـکل a-3). بـین سـال‌هـای آزمایش نیز از نظر دمای ژلاتینه شدن تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری‌که در سال دوم آزمایش دمای لازم برای ژلاتینه شدن نسبت به سال اول کم‌تر بود (شکل b-3). شرایط دمایی ازجمله درجه حرارت در طول تشکیل دانه بر دمای ژلاتینـه شـدن اثـر مـی‌گـذارد. دمـای محیطی بالا در طول رسیدن دانه‌هـا باعـث تولیـد نشاسـته بـا دمـای ژلاتینه شدن بالا می‌شود (Champagne, 1990).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات سامانه‌های زراعی و سال بر دمای ژلاتینه شدن برنج (رقم طارم هاشمی)

Fig. 3- Mean comparisons of the effects of agricultural systems and year on gelatinization temperature of rice (Tarom Hashemi variety)

حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters indicate not significant at 0.05 probability levels.

جدول ٦- میانگین مربعات اثر سال، منطقه و سامانه زراعی بر خصوصیات کیفی فیزیکی برنج (رقم طارم هاشمی)

Table 7- Mean square of the effects of year, region and agricultural systems on qualitative physical characteristics of rice (Tarom Hashemi variety)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	راندمان تبدیل Conversion efficiency	درصد پوسته Hull percentage	درصد سبوس Bran percentage	درصد سفیدی جرمی White mass percentage	درصد برنج کامل Head rice percentage	درصد برنج خرده Broken rice percentage	نسبت طول دانه پخته به خام The length of cooked to raw seed ratio
سال Year	1	28.34**	8.55**	10.81**	28.12**	15.69**	15.45**	0.695**
منطقه Region	2	0.22	0.26**	0.09	0.20	0.42	0.14	0.009
Y× R	2	0.03	0.05	0.13	0.33	1.35	0.01	0.005
خطای a Error a	24	0.39	0.10	0.13	4.17	1.11	0.07	0.003
سامانه زراعی Agricultural system	2	30.84**	19.53**	0.78**	1.97	5.56**	14.39**	0.032**
Y × S	2	10.69**	7.39**	0.99**	2.39**	0.33	3.23**	0.0002
R × S	4	0.05	0.02	0.07	0.07	1.13	0.09	0.003
Y× R × S	4	0.15	0.08**	0.17	0.19	0.48	0.11	0.003
خطای b Error b	48	0.12	0.02	0.07	0.65	1.09	0.05	0.003
ضریب تغییرات CV (%)		4.50	6.89	2.82	7.97	1.63	5.47	3.11

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و اعداد بدون علامت معنی‌دار نمی‌باشد.

*and**: are Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and unsigned numbers are not significant.

میانگین مربعات اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات کیفی فیزیکی برنج شامل راندمان تبدیل، درصد پوسته، سبوس و سفیدی جرمی، درصد برنج کامل و برنج خرده و نسبت طویل شدن دانه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶). نتایج نشان داد که اثر سال در تمام صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار (P<۰/۰۱) شد. هم‌چنین اثر منطقه بر درصد پوسته (P<۰/۰۱) اثر معنی‌داری داشت. تمام صفات مورد بررسی به‌جز درصد سفیدی جرمی و طول دانه قبل از پخت به‌صورت معنی‌داری (P<۰/۰۵) تحت تأثیر سامانه‌های مختلف زراعی قرار گرفتند. برهم‌کنش سامانه زراعی در سال در صفات راندمان تبدیل، درصد پوسته، درصد سبوس، درصد سفیدی جرمی و درصد برنج خرده معنی‌دار بود. هم‌چنین برهم‌کنش سه‌گانه سامانه‌های زراعی، سال و منطقه تنها در صفت درصد پوسته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

براساس مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و نوع سامانه زراعی (جدول ۷)، راندمان تبدیل در هر دو سال آزمایش (سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) در شرایط کشت ارگانیک به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از کشت کم‌نهاده و متداول بود؛ به‌طوری‌که در سال اول آزمایش به‌ترتیب ۱/۴۵ و ۵/۴۵ درصد و در سال دوم آزمایش به‌ترتیب ۱/۳۲ و ۱/۹۹ درصد بیش‌تر از سامانه‌های زراعی کم‌نهاده و متداول بود. هم‌چنین در سال اول آزمایش راندمان تبدیل در کشت کم‌نهاده بالاتر از کشت متداول بود. حال آن‌که عکس این حالت در صفت درصد پوسته مشاهده شد، به‌طوری‌که در هر دو سال آزمایش درصد پوسته در محصول به‌دست آمده از کشت متداول بیش‌تر از کشت ارگانیک و کم‌نهاده بود (جدول ۷). درصد سبوس در سال اول آزمایش در سامانه زراعی ارگانیک نسبت به دو سامانه زراعی دیگر کاهش معنی‌داری (به‌ترتیب با ۶/۵۲ و ۸/۰۶ درصد نسبت به کشت کم‌نهاده و متداول) نشان داد، ولی در سال دوم آزمایش تفاوت محسوسی بین سه سامانه زراعی مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۷). درصد سفیدی جرمی در سال اول آزمایش در کشت ارگانیک بالاتر از کشت کم‌نهاده و کشت متداول بود هرچند تفاوت آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. در مجموع در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول افزایش معنی‌داری در درصد سفیدی جرمی مشاهده شد (جدول ۷). در نظام‌های مختلف کشت برنج، نوع مدیریت نیتروژن مورد نیاز گیاه یکی از موارد مؤثر بر صفات کیفی و به‌ویژه راندمان تبدیل می‌باشد. فرجی و همکاران (Faraji et al., 2012) در آزمایشی اثر معنی‌دار مدیریت نیتروژن بر راندمان تبدیل دانه را گزارش نمودند و بیان داشتند که کم‌ترین راندمان تبدیل در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن حاصل گردید و افزایش هفت درصدی راندمان تبدیل را در اثر تقسیط کود نیتروژن مطابق با نیاز گیاه گزارش نمودند. وقتی نیتروژن به‌صورت تقسیط شده و به‌خصوص در مرحله آبستنی در در دسترس گیاه قرار می‌گیرد تأثیر بهتری بر کیفیت دانه برنج دارد. چرا که در این حالت با افزایش فعالیت فیزیولوژیکی دانه و به تأخیر افتادن پیری برگ‌ها و هم‌چنین افزایش فتوسنتز و سرعت بخشیدن به انتقال مواد فتوسنتزی به‌سمت دانه‌ها شده و در نهایت کیفیت تبدیل دانه را بهبود می‌بخشد (Mo et al., 2004). بنابراین، با توجه به اینکه در سامانه زراعی ارگانیک نیتروژن به‌صورت کود آلی در اختیار گیاه قرار گرفته و به‌تدریج آزاد می‌گردد باعث می‌شود که در مراحل آبستنی و پر شدن دانه نیز نیتروژن به میزان مناسبی در دسترس گیاه بوده و کیفیت دانه افزایش یابد.

در هر دو سال آزمایش کم‌ترین درصد برنج خرده (به‌ترتیب با ۴/۰ و ۲/۱۴ درصد) از کشت ارگانیک به‌دست آمد که کاهش معنی‌داری نسبت به دو سامانه زراعی دیگر نشان داد. به‌طوری‌که در سال اول آزمایش نسبت به سامانه زراعی کم‌نهاده و متداول به‌ترتیب ۱۳/۹۸ و ۲۳/۹۵ درصد و در سال دوم آزمایش به‌ترتیب با ۵۲/۱۳ و ۴۷/۸۰ درصد برنج خرده کم‌تری تولید شد. بیش‌ترین درصد برنج خرده نیز در سال اول آزمایش و در سامانه زراعی متداول به‌میزان ۵/۲۶ درصد به‌دست آمد که با کشت کم‌نهاده نیز اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۷). این نتایج با نتایج آذرپور و همکاران (Azarpour et al., 2011) مطابقت داشت. ایشان در مقایسه منابع ارگانیک و غیرارگانیک تغذیه‌ای برای برنج دریافتند که درصد برنج شکسته در شرایط استفاده از منابع تغذیه‌ای ارگانیک نسبت به شرایط استفاده از کودهای معدنی (به‌صورت متداول) یا حتی نسبت به شرایط استفاده از کودهای معدنی در حد توصیه شده، کاهش محسوسی نشان داد. نتایج این آزمایش در این مورد با نتایج روزنیانا و همکاران (Rosniyana et al., 2010) متفاوت بود چرا که در مطالعه ایشان درصد برنج شکسته دانه‌های آسیب‌دیده در سامانه زراعی ارگانیک به‌مراتب بیش‌تر از سامانه زراعی غیرارگانیک بود. درصد برنج شکسته می‌تواند تحت تأثیر میزان نیتروژن قرار گیرد، به‌طوری‌که در آزمایش قریب و همکاران (Gharib et al., 2016) افزایش کود نیتروژن از صفر تا

۱۶۵ کیلوگرم در هکتار درصد برنج‌های شکسته را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد و بیش‌ترین درصد برنج شکسته در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد. هم‌چنین میزان کمپوست نیز به‌صورت معنی‌داری میزان برنج شکسته را تحت تأثیر قرار داد و کم‌ترین درصد برنج شکسته در شرایط مصرف کمپوست هفت تن در هکتار به‌دست آمد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سال و سامانه‌های زراعی بر برخی خصوصیات کیفی فیزیکی برنج (رقم طارم هاشمی)

Table 7- Mean comparisons of the interaction effect of year and agricultural systems on some of the qualitative physical characteristics of rice (Tarom Hashemi variety)

سال/ سامانه زراعی Agricultural system/year	راندمان تبدیل Conversion efficiency	درصد پوسته Hull percentage	درصد سبوس Bran percentage	درصد سفیدی جرمی White mass percentage	درصد برنج خرده Broken rice percentage
2015					
متداول Conventional	68.05[b*]	22.47[d]	9.47[b]	87.78[ab]	4.00[d]
کم‌نهاده Low- input	67.08[c]	22.61[cd]	10.13[a]	86.72[b]	4.65[b]
ارگانیک Organic	64.53[d]	25.00[a]	10.30[a]	86.72[b]	5.26[a]
2016					
متداول Conventional	69.05[a]	21.86[e]	9.08[bc]	88.40[a]	2.14[e]
کم‌نهاده Low- input	68.15[b]	22.73[c]	9.12[bc]	88.42[a]	4.47[bc]
ارگانیک Organic	67.70[b]	23.13[b]	9.00[c]	88.48[a]	4.10[cd]

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*In the each column letters indicate not significant at 0.05 probability levels.

درصد برنج کامل، طول دانه قبل و پس از پخت و هم‌چنین نسبت طویل شدن دانه در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول آن افزایش محسوسی نشان داده و به‌ترتیب حدود ۱/۷۰، ۳/۲۳، ۹/۲۹ و ۱۳/۷۱ درصد افزایش یافت (جدول ۸). درصد برنج کامل در محصول به‌دست آمده از کشت ارگانیک به‌ترتیب ۱/۰۰ و ۱/۷۵ درصد بالاتر از کشت کم‌نهاده و متداول بود. کشت ارگانیک از نظر درصد برنج کامل با کشت کم‌نهاده در یک سطح آماری قرار گرفت ولی با کشت متداول اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۸). همان‌طور که بیان شد نتایج این آزمایش در مورد درصد برنج شکسته و کامل با نتایج روزنیانا و همکاران (Rosniyana et al., 2010) مطابقت نداشت، چرا که نتایج آزمایش ایشان حاکی بالاتر بودن درصد برنج کامل در شرایط کشت متداول بود ولی نتایج به‌دست آمده در این آزمایش در مطابقت با نتایج آذرپور و همکاران (Azarpour et al., 2011) بود، به‌طوری‌که ایشان نیز مقادیر بالاتر برنج کامل و مقادیر پایین‌تر برنج شکسته را در شرایط استفاده از منابع ارگانیک نیتروژن نسبت به کشت متداول گزارش نمودند. از سوی دیگر نسبت طول دانه پخته به خام در برنج تولید شده در کشت ارگانیک به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از کشت کم‌نهاده و متداول بوده و به‌ترتیب اختلاف ۴/۶۴ و ۴/۱۲ درصدی نسبت به آن‌ها نشان داد (جدول ۸). در آزمایش سانگیتا و همکاران (Sangeetha et al., 2013) طول و عرض دانه قبل از پخت در شرایط کشت ارگانیک در مقایسه با کشت متداول بیش‌تر بود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که به‌جز فریدونکنار در دو منطقه دیگر آزمایش، سامانه زراعی متداول نسبت به کشت کم‌نهاده و ارگانیک عملکرد دانه بیش‌تری به دنبال داشت هر چند بیش‌ترین عملکرد دانه و بیولوژیکی گیاه در منطقه فریدونکنار و در کشت کم‌نهاده به‌دست آمد، از طرفی

در دو منطقه دیگر نیز تفاوت معنی‌داری بین کشت متداول و کشت کم‌نهاده مشاهده نشد، بنابراین از نظر کمیت تولید دانه می‌توان سامانه زراعی کم‌نهاده را به‌عنوان سامانه زراعی مناسب توصیه نمود.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات سال و سامانه‌های زراعی بر برخی خصوصیات کیفی فیزیکی برنج (رقم طارم هاشمی)

Table 8- Mean comparisons of the effects of year and agricultural systems on some of the qualitative physical characteristics of rice (Tarom Hashemi variety)

تیمار Treatment	درصد برنج کامل Head rice percentage	نسبت طول دانه پخته به خام The length of cooked seed ratio to raw
سال **Year**		
2015	63.58[b*]	2.00[a]
2016	64.66[a]	1.78[b]
سامانه زراعی **Agricultural system**		
متداول Conventional	64.70[a]	1.86[b]
کم‌نهاده Low- input	64.06[ab]	1.85[b]
ارگانیک Organic	63.59[b]	1.94[a]

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*In the each column letters indicate not significant at 0.05 probability levels.

از نظر صفات کیفی نیز علی‌رغم درصد بالاتر پروتئین دانه در کشت متداول، بیش‌ترین راندمان تبدیل، درصد برنج کامل و طول دانه پس از پخت و کم‌ترین درصد پوسته، سبوس و برنج خرده در سامانه زراعی ارگانیک و عکس این حالت در کشت متداول حاصل شد. بنابراین از نظر کیفی و به‌ویژه راندمان تبدیل، کشت ارگانیک مناسب‌تر از دو سامانه زراعی دیگر بود، ولی با این‌حال در شرایط فعلی و با در نظر گرفتن کیفیت محصول به‌دست آمده می‌توان سامانه زراعی کم‌نهاده را به‌کشاورزان توصیه نمود ولی در بلندمدت با توجه به مسائل مربوط به سلامت غذایی و زیست‌محیطی سامانه زراعی ارگانیک قابل توصیه خواهد بود. بنابراین، باتوجه به کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و صرفه‌جویی اقتصادی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و در کنار آن عدم کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، می‌توان سامانه زراعی کم‌نهاده را به‌عنوان مناسب‌ترین سامانه زراعی برای نیل به عملکرد اقتصادی مناسب در کوتاه‌مدت توصیه نمود. با این‌حال تصمیم‌گیری در این باره نیازمند مطالعات بیش‌تر و به‌ویژه آزمایش‌های چند ساله می‌باشد.

سپاسگزاری

این مطالعه با همکاری نزدیک مدیریت‌های جهاد کشاورزی شهرستان‌های بابل، آمل و فریدونکنار و هم‌چنین همراهی کشاورزان این مناطق انجام گردید که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th Ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists (1993). Methods of analysis for nutrition labeling, (Sullivan, D.M. and Carpenter D.E., Eds.), (Methods no. 985.29). Washington, DC: AOAC International.

Ashouri, K., Isfahani, M., Abdollahi, S., and Rabiee, B. 2014. The Effect of spraying organic fertilizer supplement on grain yield, yield components and quality characteristics of two rice cultivars. Journal of Cereals Research 3(4): 291-305. (In Persian with English Summary)

Azarpour, A., Amiri, A., Kashani, A., Khodabandeh, N., and Moradi, M. 2011. The effect of different levels of nitrogen

fertilizer on yield and yield components of common rice cultivars in two locations: Rasht and Rudsar. Journal of Crop Production 4(3): 218-209. (In Persian with English Summary)

Champagne, W.E., Marshall, W.E., and Goynes, W.R. 1990. Effects of degree of milling and lipid removal on starch gelatinization in the brown rice kernel. Cereal Chemistry 67(6): 570–574.

De Ponti, T., Rijk, B., and Van Ittersum, M.K. 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. Agricultural Systems 108: 1-12.

Faraji, F., Isfahani, M., Kavoshi, M., Nahavi, M., and Rabiei, B. 2012. The effect of nitrogen fertilizer on grain yield and rice yield conversion in Khazar. Journal of Agricultural Sciences 13(1): 61-77. (In Persian with English Summary)

Fathi, N., Pirdashti, H., Nasiri, M., and Beneficent, A. 2017. Effect of temperature on grain filling stage on some quality characteristics of rice in Mazandaran conditions. Crop Production Journal 10(2): 141-154. (In Persian with English Summary)

Gharieb A.S., Metwally T.F., Abou-Khadrah S.H., Glela A.A., and El Sabagh, A. 2016. Quality of Rice grain is influenced by organic and inorganic sources of nutrients and antioxidant application. Cercetări Agronomice în Moldova 49(4): 57-68.

Haefele, S.M., Naklang, D., Harnpichitvitaya, S., Jearakongman, E., Skulkhu, P., Romyen, S., Phasopa, S., Tabtim, D., Suriya-arunroj, S., Khunthasuvon, D., Kraisorakul, P., Youngsuk, S.T., and Amarante, L. 2006. Factors affecting rice yield and fertilizer response in rain fed lowlands of northeast Thailand. Field Crops Research 98: 39–51.

Jing, D., and Kaffman, W., 1979. Varietals differences in amylose content of rice starch. Food Chemistry p. 47-48.

Juliano, B.O., and Bechtel, D.B. 1985. The grain and its gross composition. In: Rice Chemistry and Technology. p. 17–57. Los Banos, Laguna, IRRI.

Juliano, B.O. 1985. Criteria & tests for rice grain qualities, Rice Chemistry and Technology, The American Association of Cereal Chemistry, USA .p. 443-524.

Juliano, B.O., Oñate, L.U., and Del Mundo, A.M. 1972. Amylose and protein contents of milled rice as eating quality factors. Philippine Agriculturist 56: 44-47.

Lauren, C., Leithen, P., M'Gonigle, K., Mace, C., Palomino, J., de Valpine, P., and Kremen, C. 2014. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. Proceedings Royal Society 282: 1-7.

Li, Z., Wan, J., Xiao, J., and Yano, M. 2003. Mapping of quantitative trait loci controlling physico-chemical properties of rice grain (*Oryza sativa* L.). Breeding Science 53: 209-215.

Little, R.R.G.B., and Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chemistry 35: 111-126.

Maleki, A., Bazar, A., Lotfi, J., and Tahmasebi, A. 2010. Effect of azotobacter fertilizer and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components in three bread wheat cultivars. Journal of Ecophysiology of Crops and Weeds 4(16): 121-132. (In Persian with English Summary)

Mo, Y.W., Wang, Z., Liang, G.B., Qian, S. Q., Chen, G., and Gu, Y.J. 2004. Effects of various nitrogen applications on the quality of the progeny seedlings in rice. Acta Agronomy Science 30(3): 227-231.

Moslehi, N., Nikzad, J., Fallah Amoli, H., and Khairi, N. 2016. The effect of combined application of chemical, organic and biological fertilizers on some morphophysiological characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) variety of Tarom Hashemi. Journal of Crop Physiology 8(30): 87-103. (In Persian with English Summary)

Niknejad, Y., and Prophetishti, E. 2011. Comparison of quantitative and qualitative parameters of Ratoun product of three different varieties of rice. Journal of Processing and Producing Food 1 (3): 17-24. (In Persian with English Summary)

Rajendraprasad, A. 2006. Organic farming. Indian Farming 55: 4-6.

Rosniyana, A. 2004. Effect of heat treatment on the physicochemical and cooking properties of rice at different moisture contents. Journal of Tropical Agriculture and Food Science 32(2): 155–162.

Rosniyana, A., Hazila, K.K., Hashifah, M.A., and Shariffah Norin, S.A. 2010. Quality characteristics of organic and inorganic Maswangi rice variety. Journal of Tropical Agriculture and Food Science 38(1):71-79.

SAS Institute, 1996. SAS/STAT User's Guide, Version 6.12. SAS Institute, Cary, NC.

Salem, A.K.M. 2006. Effect of nitrogen levels, plan spacing and time of farmyard manure application on the productivity of rice. Journal of Applied Sciences Research 2(11): 980-987.

Samonte, S.O.P.B., Wilson, L.T., Medley, J.C., Pinson, S.R.M.C., Clungand, A.M.M., and Lales, J.S. 2006. Nitrogen

utilization efficiency: relationships with grain yield, grain protein, and yield-related traits in rice. Agronomy Journal 98: 168-176.

Sangeetha, S.P., Balakrishnan, A., and Devasenapathy, P. 2013. Influence of organic manures on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) and black gram (*Vigna mungo* L.) in rice-black gram cropping sequence. American Journal of Plant Science 4: 1151-1157.

Saydi, Z., Fateh, E., and Aynehband, A. 2017. Effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on yield and yield components of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 9(1): 115-128. (In Persian with English Summary)

Sharma, P.D., and Singh, M. 2004. Problems and prospects of organic farming. Bulletin of the Indian Society of Soil Science 22: 14-41.

Srivastava, P., Srivastava, P.C., Singh, U.S., and Shrivastava, M. 2009. Effect of integrated and balanced nutrient application on soil fertility, yield and quality of Basmati rice. Shrivastava archives agronomy. Soil Science 55(3): 265-284.

Surekha K., Jhansilakshmi, V., Somasekhar, N., Latha, P.C., Kumar, R.M., Shobha Rani, N., Rao K.V., and Viraktamath, B.C. 2010. Status of organic farming and research experiences in rice. Journal of Rice Research 3(1): 23-35.

Surekha, K., Rao, K.V., Shobha Rani, N., Latha, P.C., and Kumar, R.M. 2013. Evaluation of organic and conventional rice production systems for their productivity, profitability, grain quality and soil health. Agrotechnology 11: 2-6.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural System 85: 101-119.

Yadav, R.L., Dwivedi, B.S., Kamta Prasad., Tomar, O.K., Shurpali, N.J., and Pandey, P.S. 2000. Yield trends and changes in soil organic-C and available NPK in a long-term rice-wheat system under integrated use of manures and fertilizers. Field Crops Research 68: 219-46.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1151-1168

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۱۶۸-۱۱۵۱

Evaluation of Quantitative and Qualitative Characteristics of Rice (*Oryza sativa* L.) (cv. Tarom Hashemi) in Conventional, Low- Input and Organic Farming Systems in Mazandaran Province

R. Erfani[1*], H. Pirdashti[2], R. Abbasi[3] and M.Z. Noori[4]

Submitted: 04-04-2018
Accepted: 01-09-2018

Erfani, R., Pirdashti, H., Abbasi, R., and Noori, M.Z. 2019. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) (cv. Tarom Hashemi) in conventional, low- input and organic farming systems in Mazandaran province. Journal of Agroecology. 11(3): 1151-1168.

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is the second most important cereal in the world after wheat. Chemical inputs including fertilizers and pesticides are applied to paddy lands to enhance yield and control pests and diseases. Although, this crop has been cultivated organically in some parts of the world. Despite a lot of research, policy and public attention, only a small portion of the total agricultural land has been dedicated to organic farming. Due to the destructive effects of conventional agriculture on the environment through the excessive use of chemical inputs, switching to sustainable agriculture is increasing day by day. One of the pillars of sustainable agriculture is the use of organic fertilizers in agro-ecosystems with the aim of eliminating the use of chemical fertilizers. Organic rice cultivation is emerging as a sustainable alternative in Mazandaran province which has numerous capabilities to transit from conventional to organic agriculture. The present study, therefore, was designed to evaluate the quantitative and quality characteristics of rice in three conventional, low-input and organic agricultural systems in Mazandaran Province.

Materials and Methods

The present study was conducted during 2015 and 2016 cropping seasons in three different regions of Mazandaran province (Babol, Fereydounkenar and Amol cities). For organic, low-input and conventional agricultural systems, three, four and six fields were selected in these cities, respectively. Selected fields had been under the same agricultural system for at least the last three years. In organic agricultural systems, standard poultry manure and biofertilizers including *Azotobacter* and Barvar2 were used. Also, *Trichogramma* bee, sex pheromones, fungicides, and biological insecticides were applied to control the common pests and diseases. Furthermore, the weeds were controlled manually. In the low-input system, minimum amounts of external inputs such as chemical fertilizers and pesticides were applied as compared to the conventional system. At the beginning of the growing season, the farmers were justified to apply all agronomic operations from the seedbed preparation to harvest in accordance with recommendations of the Rice Research Institute of Iran. Agronomic characteristics and physical quality properties including grain yield, conversion efficiency, hull percentage, head rice percentage and chemical properties including protein content, amylose percentage, and gelatinization temperature were determined. Data were subjected to analysis of variance and mean comparison by SAS 9.4 statistical software.

1- Former Ph.D. Student, Faculty of Agricultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, and Assistant Professor of Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rice Research Institute of Iran, Deputy of Mazandaran, Amol, Iran
2 and 3- Professor and Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran, respectively.
4- Assistant Professor of Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rice Research Institute of Iran, Deputy of Mazandaran, Amol, Iran
(*- Corresponding author Email: r_erfani2002@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.71872

Results and Discussion

The results showed that in two regions of Babol and Amol, the conventional and low-input systems had more grain yield than an organic system. Among three regions, the highest grain (4978.33 $kg.ha^{-1}$) and biological (8532.33 $kg.ha^{-1}$) yields were obtained in the Fereydounkenar region in the low-input system. Those yields were 4.73 and 2.80 percent, and 29.99 and 29.12 percent more than the conventional and organic systems, respectively. In terms of grain quality characteristics, despite higher percentage of protein content in 2015 and 2016 (6.27 and 1.04) in conventional culture, the maximum conversion efficiency (68.05 and 69.05) and complete rice percentage (64.70), seed length after baking (13.46), the least husk percentage (22.47 and 21.86), bran (9.47 and 9.08) and broken rice (4.00 and 2.14) were recorded in organic farming system.

Conclusion

In conclusion, low-input sustainable farming would be more appropriate because of its greater yield and less consumption of chemical inputs, which reduces expenses while increasing sales income. In terms of the quality, particularly conversion efficiency, however, organic farming was better than the other two systems. In general, in the present conditions, it is important to consider not only the grain yield but also the yield quality. Accordingly, low-input agricultural system could be recommended to the farmers, but in the long run, the organic agricultural system will be advisable to meet both food safety and environmental health. However, the decision, in this case, requires further studies and perennial experiments.

Keywords: Amylose, Biological fertilizer, Chemical fertilizer, Conversion efficiency

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۱۸۲-۱۱۶۹

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1169-1182

بررسی شاخص‌های رقابتی و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل

نگین محاویه اسعدی[۱]، احسان بیژن‌زاده[۲*] و علی بهپوری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۳۰

محاویه اسعدی، ن.، بیژن‌زاده، ا.، و بهپوری، ع. ۱۳۹۸. بررسی شاخص‌های رقابتی و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری جو *Hordeum vulgare* (L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۳): ۱۱۸۲-۱۱۶۹.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل بر عملکرد و برخی شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط تأخیری جو با نخود آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی در دو سطح (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری با هشت سطح شامل: کشت خالص جو در آذر و دی‌ماه، کشت خالص نخود در آذرماه و دی‌ماه، کشت مخلوط جو + نخود در آذرماه ، کشت مخلوط جو + نخود در دی‌ماه، کشت مخلوط جو در آذرماه + نخود در دی‌ماه و کشت مخلوط جو در دی‌ماه + نخود در آذرماه به‌روش سری جایگزینی با نسبت ۱ به ۱ به‌صورت ردیفی به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی انتهای فصل بر شاخص‌های نسبت برابری زمین کل، نسبت رقابتی و عملکرد نخود اثر معنی‌داری گذاشت. بیش‌ترین و کم‌ترین درصد کاهش عملکرد دانه نخود با ۸۰ و ۱۶/۱ درصد در تک‌کشتی‌های نخود دی و نخود آذرماه به‌دست آمد. تنش کم‌آبی باعث افزایش ۵۸ و ۲۵ درصدی نسبت برابری زمین نخود و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب گردید. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی گیاه جو جزء غالب و نخود جزء مغلوب بودند. هم‌چنین در شرایط تنش کم‌آبی کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه با نسبت رقابتی ۰/۶۸ کم‌ترین میزان نسبت رقابتی را نسبت به سایر تیمارهای نخود داشت به‌گونه‌ای که نخود دی‌ماه می‌تواند برای کشت به‌عنوان گیاه دوم همراه جو آذرماه مناسب باشد. در این آزمایش غالبیت گیاه جو در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از غالبیت نخود بود. شاخص بهره‌وری سیستم در تمامی تیمارهای کشت مخلوط مثبت بود. به‌طور کلی، کشت مخلوط جو درآذر + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌دلیل داشتن بالاترین نسبت برابری زمین نخود و کل و هم‌چنین داشتن پایین‌ترین نسبت رقابتی نسبت به سایر تیمارها می‌تواند برای کشت در منطقه داراب توصیه گردد.

واژه‌های کلیدی: شاخص بهره‌وری، عملکرد دانه، نسبت برابری زمین، نسبت رقابتی

مقدمه

امروزه باتوجه به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثراستفاده بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های مدیریت رایج تولید مواد غذایی در جهان، باعث شده است که پژوهشگران توجه بیش‌تری به تولید پایدار محصولات کشاورزی نمایند. اهداف

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۲- دانشیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۳- استادیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

(*- نویسنده مسئول: Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.79532

مهم کشاورزی پایدار شامل: حاصلخیزی خاک، کنترل فرسایش خاک، کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز، تثبیت عملکرد در شرایط نامطلوب و افزایش عملکرد در شرایط مطلوب محیطی، افزایش کارایی استفاده از منابع آب، مواد غذایی و نور خورشید در نهایت، ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم زراعی می‌باشد (Yang et al., 2014).

کشت مخلوط از جمله مهم‌ترین سیستم‌های کشاورزی قابل اجرا در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌باشد که می‌تواند به‌جهت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (Ibrahim et al., 2014). امروزه سیستم‌های کشت متفاوتی ازجمله تناوب زراعی، کشت‌های تأخیری و کشت مخلوط غلات یک‌ساله با بقولات را برای افزایش تولید در کشاورزی معرفی می‌کنند و کشت مخلوط غلات با بقولات امروزه به‌طور گسترده‌ای در مناطق مختلف جهان توسعه یافته است (Caruthers et al., 2000). در بین سیستم‌های مختلف کشت مخلوط، ترکیب غلات با بقولات از جمله پرکاربردترین این سیستم‌ها در نقاط مختلف دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (Amani Machiani et al., 2018). از دیگر جنبه‌های کشت مخلوط به‌ویژه در سیستم‌های مخلوط ردیفی می‌توان به ویژگی‌های اکولوژیک و رقابت بین گیاهان کشت شده در کشت مخلوط اشاره کرد (Vandermer, 1989). عوامل مؤثر در رقابت باید به گونه‌ای کنترل و مدیریت شوند که سبب تداخل بیش از حد در آشیان اکولوژیک گونه‌های مجاور نشده و مانع از ورود دو گیاه در رقابت شدید برای جذب عوامل رشدی هم‌چون نور، آب و مواد غذایی شوند (Lithourgidis et al., 2011). از طرف دیگر رقابت فاکتوری است که می‌تواند روی میزان رشد و عملکرد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص تأثیر معنی‌داری داشته باشد (Dhima et al., 2007).

در بوم‌نظام کشت مخلوط، هر دو جمعیت گیاهی برای بهره‌برداری از منابع یکسان یا مشابه رقابت دارند. در این خصوص مفاهیم ریاضی می‌توانند به محققان در خلاصه‌بندی، تفسیر و تشریح نتایج رقابت‌های گیاهی کمک کنند این مفاهیم می‌توانند جوانب مختلف رقابت در جوامع گیاهی، از قبیل شدت رقابتی، تأثیرات رقابتی و بازده رقابت را تفسیر کنند، هم‌چنین می‌توانند برای تفسیر اطلاعات پیچیده به محقق کمک کنند و امکان مقایسه نتایج تحقیقات مختلف را فراهم سازند (Lithourgidis et al., 2011). چندین شاخص معتبر از جمله نسبت برابری زمین (LER)[1]، نسبت رقابتی (CR)[2]، بهره‌وری سیستم (SPI)[3] و عملکرد از دست رفته واقعی (AYL)[4] جهت برآورد میزان رقابت، مزیت نسبی در کشت مخلوط به‌کار برده شده است (Lithourgidis et al., 2011; Dabbagh et al., 2011). در مطالعه چاپاگین و رایزمن (Chapagin & Riseman, 2014) مشخص شد که کارایی استفاده از زمین در مقایسه با کشت خالص ۳۲-۱۲ درصد افزایش یافت و بالاترین راندمان کل زمین (۵/۹ تن در هکتار) و نسبت برابری زمین (۱/۳۲) در ترکیب ۲:۱ جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) حاصل شد. با توجه به گزارش علی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) کشت مخلوط ردیفی ریحان و لوبیا بر کشت خالص این دو گیاه برتری داشت و بیش‌ترین نسبت برابری زمین (LER= ۱/۲) در مخلوط ردیفی دو گیاه حاصل شد. لامعی هروانی (Lamei Harvani, 2013) بیان کرد که کشت مخلوط ۷۵ درصد نخود + ۲۵ درصد جو دارای بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۱۱)، شاخص بهره‌وری سیستم (۲/۹۲) و ضریب تراکم نسبی (۱/۵۵) بود. هم‌چنین توستی و همکاران (Tosti et al., 2010) با بررسی کشت مخلوط افزایشی ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.) و جو در شرایط آب‌وهوایی مدیترانه‌ای، اظهار داشتند که نسبت‌های مخلوط موجب بهبود نسبت برابری زمین و افزایش کارایی استفاده از منابع در مقایسه با کشت خالص شدند. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea may* L.) و کدو (*Cucurbita pepo* L.) اظهار داشتند که در کلیه تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک بوده و به کشت خالص برتری داشتند. با توجه به آب‌وهوای گرم‌وخشک منطقه داراب در دوره پر شدن دانه و قطع بارندگی در این زمان و رو به رو شدن با گرمای آخر فصل هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل بر عملکرد و شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط تأخیری جو با نخود بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز با موقعیت

1- Land equivalent ratio
2- Competitive ratio
3- System productivity index
4- Actual yield loss

طول جغرافیایی ۲۸ درجه ۵۰ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجراء شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تنش کم‌آبی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح یکی آبیاری مطلوب (N) که بوته‌ها تا آخر فصل رشد آبیاری شدند و دیگری قطع آبیاری (S) که از ابتدای شیری شدن دانه جو (ZGS۷۱) (Zadoks et al., 1974) شروع و تا آخر فصل رشد ادامه داشت. هم‌چنین تیمارهای مختلف کشت شامل کشت‌های خالص رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) (b)، کشت‌های خالص نخود (*Cicer arietinum* L.) (c) بود که در تاریخ کاشت‌های آذرماه و دی‌ماه به‌صورت تأخیری شامل جو آذر ماه (b_1)، جو دی‌ماه (b_2)، نخود آذرماه (c_1)، نخود دی‌ماه (c_2) و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ردیفی شامل: جو آذر + نخود آذر (b_1c_1)، جو آذر + نخود دی (b_1c_2)، جودی + نخود آذر (b_2c_1) و جو دی + نخود دی (b_2c_2) با نسبت ۱ به ۱ به‌عنوان عامل فرعی بودند. رقم مورد استفاده جو زهک و رقم مورد استفاده برای نخود رقم داراب بود. جو رقم زهک جزء ارقام شش‌ردیفه جو می‌باشد که نیمه‌زودرس بوده، دارای ارتفاع بوته ۹۰ سانتی‌متر و با میانگین وزن هزاردانه ۳۵ گرم، مقاوم به ریزش دانه است. هم‌چنین نخود رقم داراب متوسطرس، با ارتفاع بوته ۲۸ سانتی‌متر حالت نیمه‌ایستاده داشته که وزن هزاردانه آن ۳۵۰ گرم می‌باشد که مساعد برای نواحی گرم‌وخشک است. داده‌های هواشناسی منطقه داراب در جدول ۱ آورده شده است.

اندازه کرت‌های اصلی ۱۴۴ مترمربع و کرت‌های فرعی شش مترمربع بودند. در هر یک از کرت‌های فرعی شش ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر ایجاد شد. کلیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است.

مزرعه در سال قبل از آزمایش به‌صورت آیش بوده و تاریخ کاشت در ۱۵ آذرماه و ۱۵ دی‌ماه صورت گرفت. تراکم کاشت برای گیاه جو ۴۰۰ بوته در مترمربع و برای نخود ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد.

میزان آب مورد نیاز برای هرکرت بر اساس ظرفیت زراعی مزرعه (۲۴/۵٪ وزنی) محاسبه شد (Grimes et al., 1978). در این روش ابتدا قطعه زمینی به مساحت دو مترمربع مشخص شد و به شکل حوضچه درآمد. سپس این حوضچه به‌طور سنگین آبیاری شد. پس از قطع آبیاری و فروکش کردن آب، در فواصل زمانی هر ۱۲ ساعت یک بار از عمق ۰ تا ۱ متری توسعه ریشه نمونه‌برداری کرده و مقدار رطوبت آن به‌روش وزنی اندازه‌گیری شد. مقدار رطوبت براساس معادله (۱) برابر با رطوبت ظرفیت زراعی می‌باشد (Daneshmand et al., 2006).

نیاز آبی گیاه به‌صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده‌های پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی حسن‌آباد داراب و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Daneshmand et al., 2006). مراحل محاسبه نیاز آبی گیاه بر اساس گیاه جو به‌طور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد.

تبخیر – تعرق گیاه (ET_C) در مراحل مختلف رشد گیاه قبل از هر آبیاری با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

معادله (۲) $ET_c= K_c \times ET_o$

ET_c: تبخیر- تعرق گیاه (میلی‌متر در روز)، ET_o: تبخیر– تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) و K_C: ضریب گیاهی است. تبخیر– تعرق گیاه مرجع ET_o با استفاده از داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب به‌دست آمد.

میزان آب آبیاری در هر دور آبیاری با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد.

معادله (۳) $IR= ET_C (Ea \times LR)$

در این معادله، IR: میزان آب آبیاری، Ea: راندمان مصرف آب، LR: میزان آبشویی است.

پس از اندازه‌گیری میزان آب، آبیاری برای تمام کرت‌ها تا مرحله گل‌دهی به‌صورت یکسان و به‌صورت نشتی انجام شد و در ابتدای شیری شدن دانه جو تیمار قطع آبیاری در کرت‌های تعیین شده متوقف شد. در مجموع، میزان آب مصرفی برای تیمار آبیاری و کشت‌های آذر و دی‌ماه به‌ترتیب با ۱۰ دور آبیاری ۵۷۳۳ و ۹ دور ۴۵۹۱ و برای تنش خشکی از اوایل شیری شدن دانه جو برای کشت‌های آذر و دی‌ماه به‌ترتیب با هشت دور آبیاری ۴۴۶۵ و ۷ دور آبیاری ۴۲۷۰ مترمکعب در هکتار بود. تنها کود مورد استفاده ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره بود که به‌صورت سرک در سه مرحله کاشت، پنجه‌دهی و ابتدای ساقه رفتن گیاه جو به کرت‌ها اضافه شد. هم‌چنین نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی گیاهان زراعی از یک مترمربع در تاریخ ۲۳ اردیبهشت ماه برای تعیین عملکرد انجام گردید. شاخص‌های رقابتی شامل نسبت برابری زمین (LER) (Mead & Willey, 1980)، شاخص نسبت رقابتی (CR) (Dhima et al., 2007) و شاخص بهره‌وری سیستم محاسبه شدند (SPI)

(Agegnehu et al., 2006) (جدول ۳). سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹.۴ استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در

جدول ۱- داده‌های هواشناسی شهرستان داراب در سال زراعی ۱۳۹۷- ۱۳۹۶

Table 2- Climatic data of Darab during 2017-2018 growing season

ماه‌ها Months	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر December	آبان November	مهر October
حداقل دما Minimum temperature (°C)	16.9	12.1	8.6	4.5	3.3	4.7	9.5	15.9
حداکثر دما Maximum temperature (°C)	34.2	28.6	22.5	21.4	20.1	19.5	27.4	33
متوسط دما Average temperature (°C)	24.5	20.4	15.6	12.9	11.7	12.1	18.5	24.5
بارندگی Rainfall (mm)	1.7	6.4	62	0.4	1.3	26.2	1.9	0.0

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of the experimental soil

عمق Depth (cm)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	کربن الی O.C (%)	اشباع بازی BS (%)	قابلیت هدایت الکتریکی ECe ($dS.m^{-1}$)	واکنش (pH)
0-15	38.12	17.18	44	0.977	8.88	1.092	7.42
15-30	38.16	17.26	44	0.970	8.93	1.090	7.54
عمق Depth (cm)	**نیتروژن N (%)**	**فسفر P ($mg.kg^{-1}$)**	**پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)**	**آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)**	**مس Cu ($mg.kg^{-1}$)**	**روی Zn ($mg.kg^{-1}$)**	**منگنز Mn ($mg.kg^{-1}$)**
0-15	0.084	10	320	5.104	1.612	o.564	14.8
15-30	0.084	15	300	7.30	1.63	0.540	14.8

جدول ۳- شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط

Table 3- Competition indices in intercropping

شاخص Index	معادله Equation
نسبت برابری زمین	Land equivalent ratio (LER) = $(Y_{ab} / Y_{aa})+(Y_{ba} / Y_{bb})$
نسبت رقابتی جو (CR_a) Competitive Ratio$_a$ (CR_a)	Competitive Ratio$_a$ (CR_a) = $(LER_a / LER_b)\times(Z_{ba} / Z_{ab})$
نسبت رقابتی نخود (CR_b) Competitive Ratio$_b$ (CR_b)	Competitive Ratio$_b$ (CR_b) = $(LER_b / LER_a)\times(Z_{ab} / Z_{ba})$
غالبیت جو (A_a) Aggressivity$_a$ (A_a)	Aggressivity$_a$ (A_a) = $(Y_{ab} / Y_{aa} \times Z_{ab}) – (Y_{ba} /Y_{bb} \times Z_{ba})$
غالبیت نخود (A_b) Aggressivity$_b$ (A_b)	Aggressivity$_b$ (A_b) = $(Y_{ba} / Y_{bb} \times Zb_a) – (Y_b / Y_{aa} \times Z_{ab})$
شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) System productivity index (SPI)	System productivity index (SPI)= $(Y_{bb}/Y_{aa})\ Y_{ba} + Y_{ab}$
Y_{ab}: عملکرد گیاه (a) در کشت مخلوط Y_{ab}: Yield of plant (a) in intercropping	Z_{ab}: نسبت گیاه (a) در کشت مخلوط Z_{ab}: Rate of plant (a) in intercropping
Y_{ba}: عملکرد گیاه (b) در کشت مخلوط Y_{ba}: Yield of plant (a) in intercropping	Z_{ba}: نسبت گیاه (b) در کشت مخلوط Z_{ba}: Rate of plant (b) in intercropping
Y_{bb}: عملکرد گیاه (b) در کشت خالص Y_{bb}: Yield of plant (b) in sole cropping	Z_{aa}: نسبت گیاه (a) در کشت خالص Z_{aa}: Rate of plant (a) in sole cropping
Y_{aa}: عملکرد گیاه (a) در کشت خالص Y_{aa}: Yield of plant (a) in sole cropping	Z_{bb}: نسبت گیاه (b) در کشت خالص Z_{aa}: Rate of plant (a) in sole cropping

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه گیاه جو و نخود نشان داد که عملکرد دانه جو تحت تأثیر الگوهای کشت و عملکرد دانه گیاه نخود به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت قرار گرفت (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد دانه جو در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه با عملکرد ۴۲۱۵/۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). در این آزمایش به نظر می‌رسد که جو در آذرماه به‌دلیل خصوصیات ظاهری و ارتفاع بیش‌تری که نسبت به نخود در دی‌ماه دارد گیاه غالب بوده و نخود دی‌ماه رقابت کم‌تری با جو ایجاد می‌کند و باعث دسترسی بیش‌تر جو به منابع شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد در کشت مخلوط جو آذر + نخود دی‌ماه شد. پیروزی و همکاران (Piroozi et al., 2012) اظهار کردند که کشت مخلوط تأخیری لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با ذرت (*Zea mays* L.) باعث افزایش عملکرد ذرت نسبت به کشت هم‌زمان و یا کشت تأخیری ذرت در مخلوط ذرت با لوبیا شد. بیش‌ترین عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری مطلوب با ۳۰۱۵/۵ کیلوگرم در هکتار در تک‌کشتی نخود دی‌ماه و بیش‌ترین عملکرد دانه نخود در شرایط تنش کم‌آبی با افزایش ۳۷ درصدی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه به‌دست آمد (شکل ۲). می‌توان گفت که یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه نخود در تک‌کشتی نخود دی‌ماه بالاتر بودن تراکم کشت در تک‌کشتی این گیاه باشد که با نتایج نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) مطابقت داشت. هم‌چنین از دلایل افزایش عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه می‌تواند به‌دلیل دارا بودن کم‌ترین رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای و هم‌چنین به‌دلیل استفاده بهینه از عوامل محیطی بالاترین عملکرد نخود را به‌دست آورد. رضایی چیانه و همکاران (Rezaei Chiyaneh et al., 2014) در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) در کشت دوم دریافتند که بیش‌ترین عملکرد دو گونه از کشت خالص و کم‌ترین میزان آن‌ها از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره سبز به‌دست آمد. در بررسی عملکرد گیاه داروئی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در کشت مخلوط با نخود و لوبیا مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود (Koocheki et al., 2014). در گیاه نخود تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد دانه در همه تیمارها به‌جز کشت‌های مخلوط جو آذر نخود آذرماه و جو آذر+ نخود دی‌ماه گردید. در بین الگوهای کاشت گیاه نخود تیمار تک‌کشتی نخود در دی‌ماه و آذرماه به‌ترتیب با ۸۰ و ۱۶/۱ درصد بیش‌ترین و کم‌ترین درصد کاهش عملکرد را داشتند (شکل ۲).

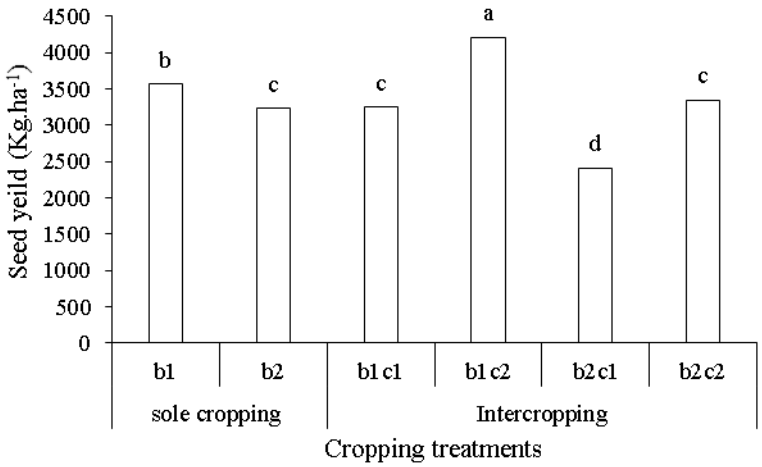
جدول ٤- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کاشت بر عملکرد دانه جو و نخود

Table 4- Analysis of variance for effect of low irrigation regimes and cropping patterns on barley and chickpea seed yield

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	
		عملکرد جو Barley yield	عملکرد نخود Chickpea yield
تکرار Replication	2	317711^{ns}	7934^{ns}
رژیم کم‌آبیاری Low irrigation regime (A)	1	573967^{ns}	203347600*
خطای اصلی Main Error	2	47017	56608
الگوی کاشت مخلوط Intercropping patterns (B)	5	47017**	2386388**
A×B	5	2048095^{ns}	1457546**
خطای B Sub error B	20	327421	9231
ضریب تغییرات CV (%)		17.14	31.9

ns، *و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه جو در تیمارهای کشت مخلوط با نخود

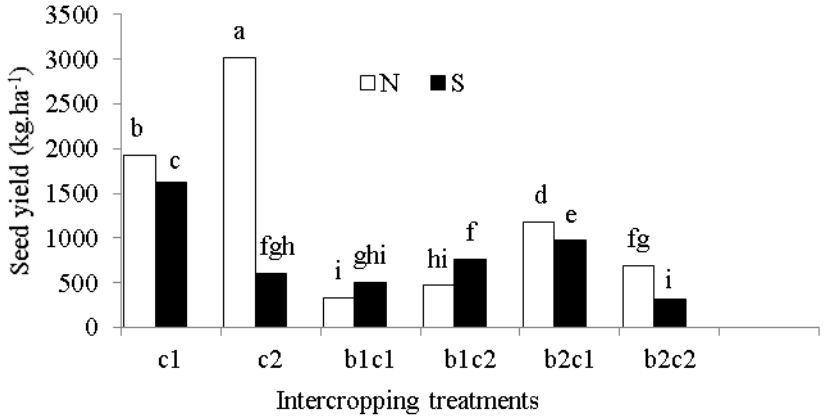
b_1، b_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1 و b_2c_2: به‌ترتیب تک‌کشتی جو آذرماه، جو دی‌ماه، کشت مخلوط جو آذر + نخود آذر، جو آذر + نخود دی، جو دی + نخود آذر، جو دی + نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 1- The mean comparison of seed yield in barely affected as intercropping with chickpea

b_1, b_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2: were barley in mono cropping on December and January, barley on December + chickpea on December, barley on December + chickpea on January, barley on January + chickpea on December and barley on January + chickpea on January, respectively.

Means with similar letters had no significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.



شکل ۲- برهم‌کنش تنش کم‌آبی و تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد دانه نخود. N: آبیاری نرمال، S: تنش کم‌آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2: به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جو آذر + نخود آذر، جو آذر + نخود دی، جو دی + نخود آذر، جو دی + نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 2- Interaction effect of low water stress and intercropping treatments on chickpea grain yield. N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley grain

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2: were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December + chickpea on December, barley on December + chickpea on January, barley on January + chickpea on December and barley on January + chickpea on January respectively.

Means with similar letters had no significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

نسبت برابری زمین (LER)

نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر LER نخود و کل داشت (جدول ۵). تنش کم‌آبی به‌ترتیب باعث افزایش ۵۸ و ۲۵ درصدی LER نخود و کل نسبت به شرایط کم‌آبیاری مطلوب شد (جدول ۶). بیش‌ترین میزان LER نخود و کل در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌ترتیب ۱/۴۶ و ۲/۴۵ بود (جدول ۶). کشت زود هنگام گیاه جو در آذرماه و تأخیر در کاشت گیاه نخود در دی‌ماه باعث شده است که گیاه نخود در زمانی کشت شود که جو آذرماه در اوایل فصل رشد سریع‌تر استقرار یافته و به مرحله رشد رویشی رسیده و کاشت نخود در دی‌ماه باعث کم‌تر شدن رقابت برون‌گونه‌ای بین این دو گیاه و در نهایت افزایش LER گردیده است. بنابراین در این تیمار گیاه نخود با توجه به نسبت برابری زمین در نخود و کل از فواید کشت مخلوط با جوسودمندی بیش‌تری برده است. افزایش جذب عناصر غذایی و آب به‌وسیله سیستم ریشه‌ای متفاوت در کشت مخلوط (Stolz & Nadeau, 2014) و از طرفی، افزایش LER نخود در شرایط تنش آبی باعث شد که LER کل افزایش یابد که با نتایج نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) در بررسی کشت مخلوط جو با حبوبات مطابقت داشت. هم‌چنین نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط جو با حبوبات در شرایط تنش آبی گزارش کردند که بیش‌ترین میزان LER ارقام جو در کشت‌های مخلوط جو نیمروز + باقلا و جو + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط تنش کم‌آبی برابر با ۰/۵۷ و بیش‌ترین میزان LER حبوبات و کل در کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط تنش کم‌آبی به‌ترتیب ۰/۸۳ و ۱/۴ به‌دست آمد. در آزمایشی دیگر که روی کشت مخلوط ریحان و ذرت انجام گردید نسبت LER در همه الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از یک به‌دست آمد (Mabudi & Salmasi, 2017). زانگ و همکاران (Zhang et al., 2007) در مطالعه‌ای روی کشت مخلوط تأخیری گندم و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) گزارش کردند که همه تیمارهای کشت مخلوط باعث افزایش نسبت برابری زمین

شدند که در میان آن‌ها آرایش‌های کاشت ۳:۱، ۳:۳، ۴:۳ بالاترین نسبت برابری زمین (LER =۱/۳۹) را نشان دادند که در مقایسه با آرایش ۶:۲ با LER =۱/۲۸ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. هم‌چنین در این آزمایش می‌توان بیان کرد که یکی از دلایل افزایش LER در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه افزایش عملکرد در این تیمار نسبت به سایر تیمارها در شرایط تنش کم‌آبی باشد (شکل ۲). از طرفی افزایش LER در این تیمار نسبت به سایر تیمارها می‌تواند به این علت باشد که کشت زود هنگام گیاه جو در آذرماه و تأخیر در کاشت گیاه نخود در دی‌ماه باعث شده است که گیاه نخود در زمانی کشت شود که جو در آذرماه در اوایل فصل رشد سریع‌تر استقرار یافته و به مرحله رشد رویشی رسیده و کاشت نخود در دی‌ماه باعث کم‌تر شدن رقابت برون‌گونه‌ای بین این دو گیاه و در نهایت افزایش LER گردیده است.

شاخص غالبیت (A)

نتایج تجزیه واریانس شاخص غالبیت نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر شاخص غالبیت گیاه جو و نخود داشت (جدول ۵). در این آزمایش غالبیت گیاه جو در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از غالبیت گیاه نخود بود. با توجه به اینکه ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر غالبیت آن گونه در الگوهای مختلف کشت مخلوط است (Eslami Khalili et al., 2011). در این آزمایش گیاه جو به‌دلیل داشتن ضریب غالبیت مثبت از توانایی رقابتی بالاتری نسبت به گیاه نخود برخوردار بوده است (جدول ۵) که با نتایج مجتبایی زمانی و نوروزی (Mojtabaie Zamani & Norouzi, 2017) در آزمایشی که بر روی الگوهای مختلف کشت مخلوط جو با باقلا انجام دادند مطابقت داشت. حداکثر غالبیت جو با ۰/۸۴، ۰/۸۲ و ۰/۷۵ به‌ترتیب در کشت‌های مخلوط جو + نخود در آذر، جو در آذر + نخود در دی و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب و حداکثر غالبیت نخود با ۰/۱۳- و ۰/۱۹- به‌ترتیب در کشت‌های مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی و جو در دی + نخود در آذرماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب به‌دست آمدند (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کاشت بر نسبت برابری زمین، نسبت رقابتی، غالبیت و شاخص بهره‌وری سیستم کشت مخلوط جو با نخود

Table 5- Analysis of variance for effect of low irrigation regimes and cropping patterns on land equivalent ratio, competitive Ratio, Aggressivity and system productivity index of barley and chickpea intercropping

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			نسبت رقابتی Competitive ratio		غالبیت Aggressivity		شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index
		جو Barley	نخود Chickpea	کل Total	جو Barley	نخود Chickpea	جو Barley	نخود Chickpea	SPI
تکرار Replication	2	0.0047^{ns}	0.0017^{ns}	0.057^{ns}	0.5^{ns}	0.8643^{ns}	0.117^{ns}	0.117^{ns}	385457*
رژیم کم‌آبیاری Low irrigation regime (A)	1	0.023^{ns}	1.052**	0.764**	0.02*	50.243*	0.582^{ns}	0.582^{ns}	189113476^{ns}
خطای A Error A	2	0.0832	0.0031	0.067	0.023	1.923	0.043	0.043	589232
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	3	0.012^{ns}	0.37**	0.518**	0.3382**	7.419**	0.068**	0.068**	56904*
A×B	3	0.019^{ns}	0.564**	0.547**	0.6067**	10.920**	0.191**	0.191**	2567996^{ns}
خطای B Error B	12	0.0066	0.0067	0.012	0.013	0.359	0.007	0.007	78103
CV (%)		8.47	16.33	7.57	22.14	18.72	15.69	15.69	13

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns,* and **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ٦- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین، غالبیت، نسبت رقابتی و شاخص بهره‌وری سیستم تحت رژیم‌های متفاوت کم‌آبیاری و الگوهای کاشت

Table 6- The mean comparison of land equivalent ratio, aggressivity, competitive ratio and system productivity indices under different low irrigation regimes and cropping patterns

رژیم کم‌آبیاری Deficit irrigation regimes	الگوی کاشت Cropping patterns	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			غالبیت Aggressivity		نسبت رقابتی Competitive ratio		شاخص بهره‌وری Productivity index
		جو Barley	نخود Chickpea	کل Total	جو Barley	نخود Chickpea	جو Barley	نخود Chickpea	کل Total
N	b_1c_1	1.01	0.17	1.18	0.84	-0.84	0.17	5.85	2138.3
	b_1c_2	1.05	1.15	1.20	0.82	-0.82	0.15	6.9	3540.7
	b_2c_1	0.94	0.60	1.55	0.35	-0.19	0.65	1.54	2451.4
	b_2c_2	0.97	0.22	1.20	0.75	-0.75	0.23	4.2	3525.3
S	b_1c_1	0.30	0.30	1.13	0.51	-0.51	0.38	2.69	1048.8
	b_1c_2	1.46	1.46	2.45	0.13	-0.13	1.5	0.68	738.1
	b_2c_1	0.54	0.54	1.57	0.52	-0.52	0.52	1.9	2179.4
	b_2c_2	0.52	0.52	1.41	0.34	-0.34	0.58	1.72	587.9
LSD (5%)		ns	0.13	0.24	0.19	0.28	0.22	1.33	680.77

N: آبیاری نرمال، S: تنش کم‌آبی در مرحله شیری دانه جو

b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2: به‌ترتیب کشت مخلوط جو آذر + نخود آذر، جو آذر + نخود دی، جو دی + نخود آذر، جو دی + نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

N: Normal irrigation and S: low water stress at milk development of barley grain

b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2: were barley on December + chickpea on December, barley on December + chickpea on January, barley on January + chickpea on December and barley on January + chickpea on January, intercropping, respectively.

Means with similar letters had no significant differences based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

متقیان و همکاران (Motaghian et al., 2013) در بررسی که روی عملکرد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و کنجد (*Seasamum indicum* L.) در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی و شاخص‌های رقابتی انجام دادند گزارش کردند که حداکثر غالبیت کنجد در کشت مخلوط ۷۵ درصد ریحان + ۲۵ درصد کنجد با غالبیت ۰/۸۵ و حداکثر ضریب غالبیت ریحان در کشت مخلوط ۰/۵۰ ریحان + ۰/۵۰ درصد کنجد با غالبیت ۰/۱۹ به‌دست آمد. مطابق با نتایج پژوهش حاضر در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود و گندم تحت مقادیر مختلف نیتروژن انجام شد در تمامی تیمارها گندم جزء غالب و نخود جزء مغلوب بود (Mashhadi et al., 2015).

شاخص نسبت رقابتی (CR)

نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت رقابتی نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری بر شاخص نسبت رقابتی گیاه جو و نخود داشت (جدول ۵). در شرایط تنش کم‌آبی گیاه جو همه تیمارها به‌جز کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه که دارای نسبت رقابتی به‌میزان ۱/۵ بوده است سایر تیمارها نسبت رقابتی کم‌تر از یک داشتند که نشان می‌دهد که گیاه جو در این تیمارها جزء غالب بوده است (جدول ۶). بالاتر بودن نسبت رقابتی جو در تیمار جو در آذر + نخود در دی‌ماه در مقایسه با گیاه نخود می‌توان به‌دلیل بالا بودن ضریب غالبیت در این تیمار باشد به گونه‌ای که جو در آذرماه در رقابت توانمندتر از نخود عمل کرده است و با توجه به تراکم بالای این گیاه در واحد سطح، ارتفاع بیش‌تر جو در آذرماه و سایه‌اندازی این گیاه بر روی گیاه نخود در طول فصل رشد باعث برتری این گیاه در جذب نور و آب شده است و در نتیجه باعث بالاتر شدن میزان نسبت رقابتی در جو نسبت نخود گردیده است که با نتایج مجتبایی زمانی و همکاران (Mojtabaie Zamani & Norouzi, 2017) در کشت مخلوط جو با باقلا مطابقت داشت. حمزه‌ئی و سیدی (Hamzei & Seyedi, 2012) در کشت مخلوط جو با نخود گزارش کردند که گیاه جو در طول فصل رشد بر روی گیاه نخود سایه‌اندازی داشته و یک برتری در جذب نور نسبت به گیاه نخود داشته است. هم‌چنین در شرایط تنش

کم‌آبی همه تیمارهای کشت مخلوط نخود به جز کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه با میزان ۰/۶۸ از نسبت رقابتی بالاتر از یک برخوردار بودند (جدول ۶). در این آزمایش به‌دلیل کم‌تر بودن میزان نسبت رقابتی نخود در دی‌ماه در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه می‌توان گفت که نخود در دی‌ماه در این تیمار جزء مغلوب بوده و از میزان رقابت برون گونه‌ای کم‌تری برخوردار بوده است و می‌تواند به‌صورت مخلوط برای کشت با گیاه جو در آذرماه مناسب باشد.

شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)

نتایج تجزیه واریانس شاخص SPI نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر این صفت داشتند (جدول ۵). بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به‌ترتیب با ۳۵۴۰/۷ و ۳۵۲۵/۳ در تیمارهای کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب و کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به‌ترتیب با ۷۳۸/۱، ۱۰۴۸/۸ و ۵۸۷/۹ در تیمارهای جو در آذر + نخود در دی، جو + نخود در آذر و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌دست آمد (جدول ۶). موسی‌پور و همکاران (Mosapour et al., 2015) در بررسی اثر زمان کاشت بر شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط زنیان و اسفرزه گزارش کردند که تیمار ۲۵ درصد اسفرزه + ۱۰۰ زنیان و ۵۰ درصد اسفرزه + ۱۰۰ زنیان (به‌ترتیب با ۱۰۲۳۷ و ۱۰۴۲۹ بیش‌ترین شاخص بهره‌وری سیستم و تیمار ۱۰۰ درصد اسفرزه + ۱۰۰ درصد زنیان با ۸۷۴۲ کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم را داشتند هم‌چنین آن‌ها گزارش کردند که تاریخ کاشت ۲۰ بهمن نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ دی‌ماه از لحاظ میزان این شاخص برتری داشت. لیتهور جیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2011) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود با گندم، چاودار و تریتیکاله انجام دادند گزارش کردند که بیش‌ترین شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای کشت مخلوط ۸۰ درصد نخود + ۲۰ درصد تریتیکاله و ۸۰ درصد نخود + ۲۰ درصد گندم به‌دست آمد. در پژوهش حاضر بیش‌ترین شاخص بهره‌وری سیستم در کشت‌های مخلوط نخود دی‌ماه حاصل شد که این نشان‌دهنده سودمندی تیمارهای کشت مخلوط نخود دی‌ماه نسبت به سایر تیمارها می‌باشد. مطابق با نتایج این آزمایش نخزری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghaddam et al., 2017) افزایش شاخص بهره‌وری سیستم را در تیمارهای کشت مخلوط گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بیش‌ترین میزان شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط جو آذر + نخود دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌دست آمد. تنش کم‌آبی باعث افزایش ۵۸ و ۲۵ درصدی LER نخود و کل نسبت به شرایط کم‌آبیاری مطلوب گردید. هم‌چنین می‌توان گفت که در این آزمایش تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای تک‌کشتی برتری داشتند. در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل تیمار جو در آذر + نخود در دی‌ماه با نسبت رقابتی ۰/۶۸ کم‌ترین رقابت بین‌گونه‌ای را نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط را داشت. در شرایط تنش کم‌آبی بیش‌ترین میزان رقابت در کشت مخلوط جو + نخود در آذرماه به‌دست آمد. در شرایط تنش کم‌آبی بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم با ۲۱۷۹/۴ در کشت مخلوط جو در دی + نخود در آذرماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب به‌دست آمد. در این آزمایش ضریب غالبیت مثبت از توانایی رقابتی بالاتری نسبت به گیاه نخود برخوردار بوده است. از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش کم‌آبی استفاده از کشت مخلوط تأخیری جو در آذر همراه با نخود در دی‌ماه به‌دلیل دارا بودن کم‌ترین رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای و بیش‌ترین نسبت برابری زمین و هم‌چنین به‌دلیل استفاده بهینه از عوامل محیطی بالاترین عملکرد نخود را به‌دست آورد که می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

استفاده از کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد هر دو گونه زراعی می‌شود. با توجه به اینکه در این آزمایش نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط به‌ویژه تیمارهای دی‌ماه بالاتر بوده است به نظر می‌رسد که انجام کشت مخلوط تأخیری در منطقه داراب در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار و ایجاد پایداری و ثبات تولید و افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی راهگشا باشد. هم‌چنین با توجه به افزایش شدت خشکسالی در ایران و به‌خصوص شهرستان داراب پیشنهاد می گردد که این آزمایش با

سطوح تنش آبی بیش‌تر به‌صورت اعمال تیمار قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه و نسبت‌های مختلف تراکم دو گیاه در کشت مخلوط در مدت دو سال انجام گردد.

منابع

Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. Agronomy Journal 25: 202-207.

Alizadeh, Y., Koocheki A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of radiation use efficiency of intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and herb sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 94-104. (In Persian with English Summary)

Amani Machiani M., Javanmard A., Morshedloo, M.R., and Maggi, F. 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Cleaner Production 171: 529-537.

Caruthers, K., Pithviraj, B., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component response. European Journal of Agronomy 12: 103-115.

Chapagain, T., and Riseman, A. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18-25.

Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Amon, T., and Kaul, H.P. 2011. Competition and yield in intercrops maize and sunflower for biogas. Industrial Crops and Products 34: 1203-1211.

Daneshmand, AR., Shirani Rad, A.H., and Ardakani, M.R. 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. Journal of Agronomy Research 1: 48-60.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.

Eslami Khalili, F., Pirdashti, H., and Motaghian, A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. Journal of Agroecology 3(1):94-105. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghaffari Moghadam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of intercropping maize (*Zea mays* L.) and squash (*Cucurbita pepo* L.) and effect on weeds control. Iranian Journal of Crop Science 41(1): 43-55. (In Persian with English Summary)

Grimes, D.W., Yamada, H., and Hughes, S.W. 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation cheduling. Agriculture and Water Management 12: 293-304.

Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. Journal of Crop Production and Processing 2(3): 43-56 (In Persian with English Summary)

Ibrahim, M., Ayub, M., Maqbool, M.M., Nadeem, S.M., Haq, T., Hussain, S., Ali, A., and Lauriault, L.M. 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. Field Crops Research 169:140-144.

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Lamei Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan province. Iranian Journal of Seed and Plant Production 29(2): 169-183. (In Persian with English Summary)

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294.

Mabudi Bilesuar, H., and Zehtab Salmasi, S. 2017. Evaluation of yield and advantages of corn (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) intercropping. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 27(1): 1-11.

Mashhadi, T., Nakhzari, A., and Sabouri, H. 2015. Investigation of competition indices in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen consumption. Journal of Agroecology 7: 344-355. (In Persian with English Summary)

Mead, R., and Willey, R.W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping.

Experimental Agriculture 16: 217-228.

Mojtabaie Zamani, M., and Norouzi, S.H. 2017. Evaluation of different intercropping patterns of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) through competitive and Economic indices. Journal of Crop Production and Processing 7(3): 145-158. (In Persian with English summary)

Mosapour, H., Ghanbari, A., Sirousmehr, A.R., and Asgharipour, M.R. 2015. Effect of sowing time on seed yield, advantage and competitive indices in ajwain (*Carum copticum* L.) and isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 17(2): 139-152. (In Persian with English Summary)

Motaghian, A., Pirdashti, H., Akbarpour, V., Sarajpour, G., Yahgoubi Khanghahi, M., and Shariatnejad, S. 2013. Evaluation of basil (*Ocimum basilicum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) yield in different intercropping mixturesvia competition indices. Journal of Agroecology 5(3): 243-254. (In Persian with English Summary)

Nakhzari Moghaddam, A., Dehghanpour Inchehbron, O., and Rahemi Karizaki, A. 2017. The effects of nitrogen levels and intercropping pattern on forage yield and competition indices of barley and pea. Journal of Plant Production Research 9(1): 199-214. (In Persian with English Summary)

Niksirat, H., Biganzadeh, E., and Naderi, R. 2018. Effect of cutting off irrigation on yield and competition and economic indices of intercropping barley (*Hordeum* spp.) with legumes. Journal of Agroecology 10(2): 444-458. (In Persian with English Summary)

Piroozi, B., Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., and Heidari, H. 2012. Evalution of sowing time and intercropping on vegetative and reproductive traits of bean (*Phaseolus vulgaris*) and biological yield of forage maize (*Zea mays*). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 104: 62-68. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chianeh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O., and Banaei-Aai, F. 2014. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinars* L.) in double crop. Journal of Agroecology 5(4): 462-472. (In Persian with English Summary)

Stolz, E., and Nadeau, E. 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N inorganically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 169: 21-29

Tosti, G., Benincasa, P., and Giuiducci, M. 2010. Competition and Facilitation in Hairy vetch- Barley intercrops. Italian Journal of Agronomy Rivista di Agronomia 3: 239-247.

Vandermeer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, UK pp 67.

Yang F, Huang S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., and Yang, W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. Field Crops Research 155: 245-253.

Zadokes, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Zhang, L., Van der werf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2007. Growth, yield and quality of wheat & cotton in relay strip intercropping system. Field Crops Research 103: 178-188.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1169-1182

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۱۱۸۲-۱۱۶۹

Evaluation of Seed Yield and Competitive Indices in Relay Intercropping of Barley (*Hordeum vulgare* L.) with Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Late Season Low Water Stress

N. Mohavieh Asadi[1], E. Bijanzadeh[2*] and A. Behpouri[3]
Submitted: 03-03-2019
Accepted: 21-07-2019

N., Mohavieh Asadi, Bijanzadeh, E., and Behpouri, A. 2019. Evaluation of seed yield and competitive indices in relay intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late season low water stress. Journal of Agroecology. 11(3): 1169-1182.

Introduction

Intercropping is an old cropping practice, possibly as old as the settled agriculture, and is widespread especially in low-input cropping systems. One of the most popular intercropping practices is the cultivation of certain annual legumes with cereals. Intercropping is the production of greater yield on a given piece of land by making more efficient use of the available growth resources using a mixture of crops of different rooting ability, canopy structure, height, and nutrient requirements based on the complementary utilization of growth resources by the component crops. Several indices such as Land Equivalent Ratio (LER), Competitive Ratio (CR) and Aggressivity (A) have been developed to describe the competition and the economic advantage in intercropping. The objective of this study was the evaluation of seed yield and competitive indices in relay intercropping barley (*Hordeum vulgare* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late-season water stress.

Material and Methods

An experiment was carried out as a split-plot based on a randomized complete block design with three replicates at the College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2017-2018 growing season. The cropping systems included two factors. The main factor was two irrigation regimes including cutting off irrigation at the beginning of the milk development stage and normal irrigation. The subfactor was 8 different combinations of relay intercropping consisted of monoculture of Zehak six-rowed barley cultivar (b), monoculture of Darab chickpea cultivar (c) sole cropping of barley on December and January (b_1, b_2), sole cropping of chickpea on December and January (c_1, c_2), and different combinations of relay intercropping consisted of intercropping of barley+ chickpea on December (b_1c_1), intercropping of barley + chickpea on January (b_2c_2), intercropping of barley on December +chickpea on January (b_1c_2), intercropping of barley on January+chickpea on December (b_2c_1) and cultivation of barley on January+ chickpea on January (b_2c_2) with a ratio of 1:1. Eventually, seed yield and competitive indices were measured. Competitive indices were including land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity (A) and system productivity index (SPI). Analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS v. 9.4 software and the means compared by LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the late-season low water stress had a significant effect on all studied traits and the highest and lowest percentage reduction of grain yield was obtained in chickpea mono-cropping in December

1-MSc student of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
2-Associate Professor of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz Universit, Iran
3-Assistant Professor of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
(*- Corresponding author Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.79532

(80%) and January (16.1%), respectively. Low water stress increased by 58% and 25% LER of chickpea and total compared to the normal irrigation conditions, respectively. Under low water stress and normal irrigation conditions, barley was dominant species and at low water stress condition competitive power of legumes increased. Also, under low water stress conditions, barley on December+chickpea in January treatment showed the highest CR (0.68) compared to other treatments. In this experiment aggressivity of barley plant was higher in all cropping patterns than chickpea. Finally, SPI was positive in all intercropping treatments.

Conclusion

The result of the present study showed that the highest LER and SPI were obtained in intercropping of barley in December + chickpea in January under low water stress conditions. It can be concluded that intercropping treatments were superior to mono-cropping treatments especially in intercropping of barley in December+ chickpea in January when plants exposed to water stress. Overall, relay intercropping of chickpea in January with barley in December is the best and useful option in grain yield improvement and can be applied by farmers in semi-arid areas such as south regions of Iran.

Keywords: Competitive ratio, Grain yield, Land equivalent ratio, Productivity index

Contents

Comparative Study of Cropping Pattern and Land Suitability of Major Horticultural and Field Crops in the Urmia Lake Basin 804
J. Vafabakhsh, A. Mohammadzadeh, K. Bazargan and M.N. Navidi

Environmental Impacts of Progressive and Conventional Management in Winter Wheat Cropping System of Mayamey Plain in Shahrood, Using the Lifecycle Assessment Methodology 824
M. Hojati, H.R. Asghari and A. Akhyani

Evaluation of Effect of Physiological Growth Indices of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars in Farmian and Jolgeh- Rokh Regions 843
S. Foroghian, M. Ramrodi, M.R. Asgharipour, A. Ghanbari and B.A. Fakheri

The Effect of Sulfur and Manure on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sesame Varieties (*Sesamum indicum* L.) 856
M. Saeidinezhad, M.A. Behdani, M.H. Sayyari and S. Mahmoudi

Energy Efficiency Comparison of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production in Different Irrigation Methods in Jolgeh Rokh Torbat Heidarieh Region 875
V. Karimi, R. Sadrabadi Haghighi, A.B. Bazregar and M. Dargahi

Evaluation of Different Ecotypes of Fennel Based on Morpho-phenological and Quantitative Characteristics under Water Stress Conditions 891
A. Izanloo, M. Zabet, S.H.R. Ramazani and A. Jami

Investigating the Interaction of *Azotobacter* and Nitrogen Application on the Remobilization, Yield and Yield Components of Grain Barley (*Hordeum vulgar* L.) 907
A. Taherinezhad, M.E. Ghobadi, S. Jalali-Honarmand and H. Heidari

Evaluation of Environmental Impacts of Major Agricultural Products of Belherat Rural District of Neyshabour using Life Cycle Assessment 923
F. Masoumkhani, L. Abolhassani, S. Khorramdel and S.A. Mohaddes Hosseini

Study of Life Cycle Assessment (LCA) for Corn Production System under Mashhad Climatic Conditions 938
S. Khorramdel, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and A. Mollafilabi

Assessment of Agroecosystem Health in Eastern Provinces of Iran 952
H. Mohammadi, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and M. Jahan

Effects of Emergence Time in Nursery and Density of Watergrass (*Echinochloa oryzoides*) on Competitive Ability with Rice (I. During Season Studies: Growth and Development) 973
E. Mohammadvand, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and B. Yaghoubi

Evaluation of Nitrogen Efficiency for Cereal Cultivars in Iran Based on the Course of Their Release: 2- Corn (*Zea mays* L.) 993
L. Jafari, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati

Study of Phenological, Morphological and Phytochemical Characteristics of Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) Genotypes 1007
M. Faravani, N. Azizi, A.K. Negari, M. Ranjbar and A. A. Jafari

Evaluation the Effect of Fertilizer Management Based on Compost Levels on Yield and N Uptake on Organic Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Production 1019
G.A. Asadi and E. Ebrahimi

Amount of Production and Nutritional Value of Cultivated Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with Integrated Application of Bio and Chemical Fertilizers under Different Irrigation Regimes 1034
Z. Sayyadi Azar, A. Javanmard, F. Shekari, A. Abbasi and M. Amani Machiani

Effect of Application of Biofertilizers and Water Treatments on Yield, Yield Components and Swelling Index of Isabgol (*Plantago ovata* Forssk.) 1047
M. Ramroudi, M. Bagheri and M. Forouzandeh

Estimation the Yield and Intercropping Indices of Garlic (*Allium sativum* L.) and Peas (*Pisum sativum* L.) in two Regions of Sari and Gonbad Kavoos 1066
A. Abbasian, A. Nakhzari Moghaddam, H. Pirdashti and E. Gholamalipour Alamdari

Spatial and Temporal Monitoring of Agricultural Drought in the Wheat Cultivated Area using Standard Precipitation Index (Case Study: West of Golestan Province) 1083
P. Alizadeh, B. Kamkar, S. Shataee and H. Kazemi
Evaluation of Tillage Systems on Agronomic Aspect of Soybean (*Glycine max* L.) and Roselle (*Hibiscus subdariffa* L.) Relay Intercropping 1103
F. Sabeghynejad, M. Dehmardeh, M.R. Asghari Pour, E. Khamari and Z.S. Nezami
Ecophysiological Response of *Lallemantia iberica* L. to Exogenous Application of Osmotic Adjustments in Rainfed Production 1120
D. Sheykhi Sanandaji and A. Pirzad
Effect of Tillage Systems and Crop Residues on Soil Bulk Density and Chemical Properties under Corn (*Zea mays* L.) -Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Intercropping 1137
F. Akbari, M. Dahmardeh, A. Morshedi, A. Ghanbari and S. Khorramdel
Influence of Plant Density, Single and Combined Application of Cow Manure and Chemical Fertilizer on Seed and Mucilage Yields in Isabgol (*Plantago ovata* Forssk.) 1149
M. Khavari, M.A. Behdani and H.R. Fallahi
Evaluation of Quantitative and Qualitative Characteristics of Rice (*Oryza sativa* L.) (cv. Tarom Hashemi) in Conventional, Low- Input and Organic Farming Systems in Mazandaran Province 1167
R. Erfani, H. Pirdashti, R. Abbasi and M.Z. Noori
Evaluation of Seed Yield and Competitive Indices in Relay Intercropping of Barley (*Hordeum vulgare* L.) with Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Late Season Low Water Stress 1181
N. Mohavieh Asadi, E. Bijanzadeh and A. Behpouri

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 11 No. 3 Fall 2019

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Mehdi Rastgoo, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Prof. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Dr. Mohammad Pessarakli, Research Professor, School of Plant Sciences, the University of Arizona

Dr. Hamid Shahandeh, Research Soil Scientist, Soil and Crop Sciences Department, Texas A & M University

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad Press
Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,
P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran
Tel: +98-51– 38804654
Fax: +98–51–38787430
Email: agroecology@um.ac.ir
Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology