نشریه علمی - پژوهشی
بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

جلد ۱۰ شماره ۱
بهار ۱۳۹۷

Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 10 No. 1
Spring 2018

Journal of Agroecology (Quarterly)

(شماره پیاپی ۳۵)

شاپا: ۲۰۰۸-۷۷۱۳

ISSN: 2008-7713

عنوان مقالات

تأثیر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص‌های رشد گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) در استان بوشهر ۱
اسماعیل فرخی، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و رحیم خادمی

شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم‌نظام‌های زراعی: ابعاد تاریخی تکامل کشاورزی ۲۲
علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم، فرزین عبدالهی و لیلا جعفری

تأثیر وزن بنه و تغذیه خاک بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گیاه دارویی گل حسرت (*Colchicum kotschyi* Boiss.) ۳۵
هما عزیزی، پرویز رضوانی مقدم، مهدی پارسا، محمود شور و رضا خراسانی

ارزیابی چرخه حیات در بوم‌نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران: ۲- مقایسه مکانی در سطح کشور ۴۸
مهدی نصیری محلاتی و علیرضا کوچکی

تأثیر مقادیر مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر روی خصوصیات رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad.) ۶۹
ابوذر علیزاده، فرزاد نجفی، جواد هادیان و پیمان صالحی

بررسی امکان تقلیل اثرات تنش آبی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با استفاده از ورمی‌کمپوست و زئولیت ۸۱
هنگامه طاهرآموز و امیر قلاوند

اثر تراکم بوته و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) ۹۴
ابوالفضل توسلی، طاهره موسوی، عیسی پیری و مهدی بابائیان

اثر کم آبیاری و تراکم بر رشد و عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیک در گلرنگ پاییزه (*Carthamus tinctorius* L.) ۱۰۷
بی بی الهه موسوی‌فر و محمد علی بهدانی

تأثیر کشت مخلوط افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. Saccharata) و ماش (*Vigna radiata* L.) و وزن علف‌های هرز ۱۲۰
آمنه فلی نژاد، علیرضا یدوی، محسن موحدی دهنوی و هوشنگ فرجی

بررسی پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی ۱۳۵
فریبا گودرزی و عنایت ا... توحیدی نژاد

تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) ۱۴۶
مریم رحیم پور و سیف اله فلاح

مطالعه اثرات زیست‌محیطی تولید گیاهان دانه روغنی در اردبیل با استفاده از ارزیابی چرخه حیات ۱۶۰
مجید دکامین، مرتضی برمکی، امین کانونی و سید رضا موسوی مشکینی

مقایسه کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر تنش رطوبتی انتهایی و محلول‌پاشی با هیومیک اسید ۱۷۵
رضا شهریاری

بررسی مدیریت تغذیه گیاهی (کودهای ارگانیک، غیرارگانیک و تلفیقی): بر میزان تجمع و تعادل عناصر ماکرو و میکرو در دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) ۱۸۶
الهام امجدیان، احمد قنبری و عیسی خمری

ادامه فهرست داخل جلد

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه) جلد ۱۰ شماره ۱ بهار ۱۳۹۷ Vol. 10 No. 1 Spring 2018 Journal of Agroecology (Quarterly)

Contents

The Effect of Manure, Chemical and Biological Fertilizers on *Aloe vera* Growth in Boushehr Province 20
E. Farrokhi, A. Koocheki , M. Nassiri Mahallati and R. Khademi

Agronomic and Ecological Identification and Evaluation of Neglected Crops in Iranian Agroecosystems: Historical Dimensions of Agricultural Development 33
A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam, F. Abdollahi and L. Jafari

The Effect of Corm Weight and Soil Nutrition on Agromorphological Characteristics of *Colchicum kotschyi* Boiss. as a Medicinal Plant 46
H. Azizi, P. Rezvani Moghaddam, M. Parsa, M. Shoor and R. Khorasani

Life Cycle Assessment (LCA) for Wheat Production Systems of Iran: 2- Spatial Comparison over the Country 67
M. Nassiri Mahallati and A. Koocheki

Effect of Different Levels of Humic-Acid and Vermicompost extract on Growth, Yield, Morphological and Phytochemical Properties of *Satureja khuzistanica* JAMZAD 79
A. Alizadeh, F. Najafi, J. Hadian and P. Salehi

Reducing the Effects of Water Stress using Vermicompost and Mineral Zeolite in Sunflower (*Helianthus annus* L.) 92
H. Tahramooz and A. Ghalavand

Effect of Plant Density and Weed Controlling on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) 105
A. Tavassoli, T. Moussavi, I. Piri and M. Babaeian

Effect of Deficit Irrigation and Plant Density on Growth and Seed Yield and Some Morphological Traits of Autumn Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) 118
B.E. Mousavifar and M.A. Behdani

The Effect of Additive Intercropping on Yield and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays* L. var. Saccharata) and Mungbean (*Vigna radiata* L.) and Weed Biomass 133
A. Gholi Nejad, A. Yadavi, M. Movahhedi Dehnavi and H. Farajee

Evaluation of Yield Potential of Common Millet (*Panicum miliaceum* L.) Ecotypes under Normal and Water Deficit Conditions 144
S. Goodarzi and E.A. Tohidinejad

Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Growth and Yield of Green Basil (*Ocimum basilicum* L.) 158
M. Rahimpour and S. Fallah

Study of the Environmental Impacts of Oil Seed Crops Production in by using the Life Cycle Assessment in Ardabil Province 173
M. Dekamin, M. Barmaki, A. Kanooni and S.R. Mousavi Meshkini

Quantitative and Qualitative Comparison of Wheat Genotypes (*Triticum aestivum* L.) under Terminal Water Stress Conditions and Foliar Application of Humic Acid 184
R. Shahryari

Investigating Management Plant Nutrition (Organic and Inorganic and Blended Fertilizers): on the Accumulation and Balance Elements Macro and Micro in Wheat Seed (*Triticum aestivum* L.) 201
E. Amjadian, A. Ghanbari and I. Khamari

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

جلد ۱۰ شماره ۱ بهار ۱۳۹۷

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

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: ۱۰ نسخه

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳
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

تأثیر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص‌های رشد گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) در استان بوشهر ۱
اسماعیل فرخی، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و رحیم خادمی

شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم‌نظام‌های زراعی: ابعاد تاریخی تکامل کشاورزی ۲۲
علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم، فرزین عبدالهی و لیلا جعفری

تأثیر وزن بنه و تغذیه خاک بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گیاه دارویی گل حسرت (*Colchicum kotschyi* Boiss.) ۳۵
هما عزیزی، پرویز رضوانی مقدم، مهدی پارسا، محمود شور و رضا خراسانی

ارزیابی چرخه حیات در بوم‌نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران: ۲- مقایسه مکانی در سطح کشور ۴۸
مهدی نصیری محلاتی و علیرضا کوچکی

تأثیر مقادیر مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر روی خصوصیات رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad.) ۶۹
ابوذر علیزاده، فرزاد نجفی، جواد هادیان و پیمان صالحی

بررسی امکان تقلیل اثرات تنش آبی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با استفاده از ورمی‌کمپوست و زئولیت ۸۱
هنگامه طاهرآموز و امیر قلاوند

اثر تراکم بوته و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) ۹۴
ابوالفضل توسلی، طاهره موسوی، عیسی پیری و مهدی بابائیان

اثر کم آبیاری و تراکم بر رشد و عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیک در گلرنگ پاییزه (*Carthamus tinctorius* L.) ۱۰۷
بی بی الهه موسوی‌فر و محمد علی بهدانی

تأثیر کشت مخلوط افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. Saccharata) و ماش (*Vigna radiata* L.) و وزن علف‌های هرز ۱۲۰
آمنه قلی نژاد، علیرضا یدوی، محسن موحدی دهنوی و هوشنگ فرجی

بررسی پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی ۱۳۵
فریبا گودرزی و عنایت ا... توحیدی نژاد

تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) ۱۴۶
مریم رحیم پور و سیف اله فلاح

مطالعه اثرات زیست‌محیطی تولید گیاهان دانه روغنی در اردبیل با استفاده از ارزیابی چرخه حیات ۱۶۰
مجید دکامین، مرتضی برمکی، امین کانونی و سید رضا موسوی مشکینی

مقایسه کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر تنش رطوبتی انتهایی و محلول‌پاشی با هیومیک اسید ۱۷۵
رضا شهریاری

بررسی مدیریت تغذیه گیاهی (کودهای ارگانیک، غیرارگانیک و تلفیقی): بر میزان تجمع و تعادل عناصر ماکرو و میکرو در دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) ۱۸۶
الهام امجدیان، احمد قنبری و عیسی خمری

بررسی تأثیر عوامل اقلیمی- مدیریتی بر عملکرد و خصوصیات رشدی گیاه دارویی- صنعتی حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان ۲۰۳
امین پسندی پور، حسن فرح بخش و روح الله مرادی

مقایسه تولید ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) از لحاظ مصرف انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در شرایط آب و هوایی گرگان ۲۱۸
محمد تقی فیض بخش و پریسا علی زاده

ارزیابی کارایی نیتروژن در ارقام ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه ۲۳۴
منصور احمدی، فرزاد مندنی، محمود خرمی وفا، غلامرضا محمدی و علی شیرخانی

ارزیابی مدل CliPest در شبیه‌سازی رقابت گندم (*Aestivum triticum* L.) و یولاف وحشی (*Avena ldoviciana* L.) در کرمانشاه ۲۴۸
اشکان جلیلیان، فرزاد مندنی، محمود خرمی وفا و علیرضا باقری

بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و شاخص‌های کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) ۲۶۷
مهدی شریفی نژاد، احمد قنبری و علیرضا سیروس مهر

ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در خراسان جنوبی ۲۸۱
سید محمد جعفر اصفهانی، کریم نادری مهدیی، حشمت اله سعدی و آرش دوراندیش

اسامی ارزیابان جلد ۱۰ شماره ۱ (بهار ۱۳۹۷) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر محمد آرمین	دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار
دکتر قربانعلی اسدی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر یحیی امام	دانشگاه شیراز
دکتر محمدبهزاد امیری	مجتمع آموزش عالی گناباد
دکتر افسانه امین غفوری	دانشگاه پیام نور خراسان رضوی
دکتر سارا بخشائی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر امیربهزاد بذرگر	دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور
دکتر محمد بنایان اول	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سید علیرضا بهشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر حمیدرضا توکلی کاخکی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر مژگان ثابت تیموری	جهاد دانشگاهی مشهد
دکتر محمدجواد ثقه الاسلامی	دانشگاه آزاد بیرجند
دکتر محسن جهان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر فاطمه حسن زاده اول	پژوهشکده بوعلی
دکتر سعید خاوری خراسانی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر اسماعیل رضائی چیانه	دانشگاه ارومیه
دکتر محمود رمرودی	دانشگاه زابل
دکتر سیما سهرابی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سید محمد سیدی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر علیرضا سیروس مهر	دانشگاه زابل
مهندس حامد ظریف کتابی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر یاسر علیزاده	دانشگاه ایلام
دکتر حمیدرضا فلاحی	دانشگاه بیرجند
دکتر حسن فیضی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر اسماعیل قلی نژاد	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر بهنام کامکار	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر مرتضی گلدانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمدحسین لباسچی	مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
دکتر المیرا محمدوند	دانشگاه گیلان
دکتر هدا محمدی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر روح اله مرادی	دانشگاه کرمان واحد بردسیر
دکتر سیدشهاب الدین معین الدینی	دانش آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سمانه نجیب نیا	آموزش و پرورش واحد خراسان رضوی
دکتر مهدی نصیری محلاتی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر شهرام نوروززاده	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر جواد وفابخش	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

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 بهروه‌وری 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 1/5 بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه 12 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 زر (B Zar) و اندازه 10 با فاصله خط 1 نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر20 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 20 کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه 14 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 700-600 واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

1. Title
2. Author
3. Affiliation
4. Introduction
5. Materials and Methods
6. Results and Discussion
9. Conclusion
10. Acknowledgements
11. Keywords
12. References

- تعداد منابع که باید در بخش مقدمه به آنها ارجاع داده شود حداکثر سه منبع مهم که در متن مقاله نیز از آنها استفاده شده بایستی در نظر گرفته شود. همچنین بایستی بین قسمتهای چکیده مبسوط تناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که 30% مربوط به مقدمه، 20% مواد و روش‌ها و 50% 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 12 در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه 0/5 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:

1- 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.

2- کتاب تالیف شده:

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

3- 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.

4- 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).

5- 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).

6- 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).

7- 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)

8- 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.

9- 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).

10- 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: 1163-91775

تلفن: 051-38804654 نمابر: 051 -38787430 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 ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۱-۱

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 1-21

تأثیر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص‌های رشد گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) در استان بوشهر

اسماعیل فرخی[۱]، علیرضا کوچکی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۲] و رحیم خادمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۱۸

فرخی، ا.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و خادمی، ر. ۱۳۹۷. تأثیر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص‌های رشد گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) در استان بوشهر. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۱-۱.

چکیده

آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller.) جزء گیاهان با فتوسنتز متابولیسم اسید کراسولاسه می‌باشد. با توجه به اهمیت آلوئه‌ورا به عنوان یک گیاه دارویی سازگار با اقلیم ایران و به‌خصوص استان بوشهر و عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص واکنش‌های رشدی و عملکردی این گیاه به کودهای غیرشیمیایی، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر کودهای دامی، بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات رشدی آلوئه‌ورا انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان بوشهر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به اجرا درآمد. عامل اصلی شامل کاربرد و عدم کاربرد کود گوسفندی (۲۰ تن در هکتار) و عامل فرعی شامل کودهای بیولوژیک و شیمیایی در پنج سطح (۱- کود شیمیایی (۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره)، ۲- کود بیولوژیک میکوریزا (خاک حاوی قارچ‌هایی از گونه موسه‌آ)، ۳- کود بیولوژیک نیتراژین شامل باکتری‌های ازتوباکتر، سدوموناس و آزسپیریلیوم.، ۴- ترکیب دو کود بیولوژیک میکوریزا و نیتراژین و ۵- شاهد (بدون مصرف کود)) بودند. شاخص سطح برگ، حداکثر ماده خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، سرعت آسیمیلاسیون خالص و نسبت سطح برگ اندازه‌گیری و محاسبه شدند. نتایج نشان داد برهمکنش بین کود دامی و کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص سطح برگ و حداکثر ماده خشک آلوئه‌ورا معنی‌دار بود. کاربرد کود دامی در مقایسه با عدم کاربرد آن باعث بهبود شاخص‌های رشد گردید. تلفیق کود دامی با کود شیمیایی بیشترین تأثیر را بر رشد آلوئه‌ورا داشت. به‌طوری که تیمار تلفیقی کود دامی با کود شیمیایی دارای بیشترین شاخص سطح برگ (۶/۱)، سرعت رشد محصول (۰/۷۹ گرم در مترمربع در روز) و حداکثر ماده خشک (۱۱۱/۵۷ گرم در مترمربع) بود. در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد که برای تولید عملکرد بالا و با کیفیت آلوئه‌ورا می‌توان از تلفیق کودهای دامی و بیولوژیک به جای کودهای شیمیایی سود برد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، میکوریزا، نیتراژین

مقدمه

در نیم‌قرن آینده تولید مواد غذایی برای تغذیه جمعیت روزافزون جهان بسیار دشوارتر از نیم‌قرن گذشته خواهد بود (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008) و افزایش جمعیت جهان سبب افزایش فشار بیشتر بر اراضی کشاورزی به‌منظور تولید بیشتر محصولات کشاورزی می‌شود (Khavazi et al., 2005)، لذا ایده افزایش تولید در واحد سطح با کاربرد کودهای شیمیایی بیشتر قوت می‌گیرد که این امر نیز به‌نوبه خود مشکلات جدیدی را در عرصه محیط‌زیست ایجاد می‌نماید. تا همین اواخر، موضوع پایداری در مباحث کشاورزی به ندرت به چشم می‌خورد. هم‌اکنون پایداری یکی از متداول‌ترین واژه‌هایی است که به‌صورت گسترده به‌کار می‌رود. کشاورزی پایدار فراتر از یک متدولوژی بوده و رهیافت فلسفی متفاوتی را می‌طلبد

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و معاون پژوهشی و عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v10i1.26900

(Jahan & Nassiri Mahallati, 2013). چندی است که کودهای بیولوژیک به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصل‌خیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005). کاربرد کودهای حیوانی به عنوان یک عنصر مهم در مدیریت مواد مغذی خاک به شمار می‌رود. علاوه بر مواد مغذی و کربن آلی، طیف وسیعی از میکروب‌ها و میکروارگانیسم‌ها در کودهای دامی موجود می‌باشد (Deng et al., 2006). استفاده از کودهای آلی (دامی) همراه با کودهای بیولوژیک می‌تواند به عنوان بستر اولیه برای فعالیت کودهای بیولوژیک مناسب باشد. محققان همچنین نشان داده‌اند که کاربرد کودهای بیولوژیک در تلفیق با کود دامی، اثرات کود بیولوژیک را افزایش می‌دهد (Sabahi et al., 2010).

آلوئه‌ورا یا صبر زرد (*Aloe vera* L. Syn: *A.barbadensis* Miller) متعلق به تیره لاله[1] (یا آلوئه[2]) و جزء گیاهان گوشتی، چند-ساله و همیشه سبز می‌باشد (Mirza et al., Omidbaigi, 2010; Morton, 1961; 2008). این گیاه بومی آفریقای جنوبی و شرقی و ماداگاسکار است که به تدریج به آفریقای شمالی، شبه جزیره عربستان، چین، جبل‌الطارق، کشورهای مدیترانه‌ای، و غرب هندوستان وارد شده است (Ziaee et al., 2005; Adams et al., 2000). صبر زرد دارای متابولیسم اسید کراسولاسه (CAM)[3] می‌باشد (Hernández-Cruz et al., Rodriguez-Garcia et al., 2007; 2002). گیاه دارویی آلوئه ورا با نام صبر زرد، صبر تلخ یا شاخ بزی که در استان بوشهر با نام‌های گل سگله، گل قبر یا چادروا شناخته می‌شود یکی از گونه‌های مهم دارویی است که در نواحی گرم وخشک از جمله سواحل جنوبی کشور می‌روید (Yazdani et al., 2006). نزدیک به ۲۰ هکتار رویشگاه طبیعی گیاه دارویی صبر زرد در سواحل استان بوشهر یافت می‌شود (Srtavi & Gholamian, 2004). این گیاه در استان بوشهر عمدتاً در مساحت‌های کوچک کشت می‌شود و از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ توسعه زیادی پیدا کرد، به‌نحوی که ۹۰ درصد از آلوئه‌وراکاران کشت خود را در این پنج سال انجام دادند (Farrokhi & Nassiri Mahallati, 2013). شناخته‌شده‌ترین کاربردهای ژل آلوئه‌ورا در زمینه‌های آرایشی و دارویی است که اخیراً برای درمان نیش حشرات، زخم، سوختگی، سرطان و ایدز استفاده می‌شود (Ramachandra & Srinivasa, 2008; Hamman, 2008). اطلاعات در مورد مدیریت زراعی این محصول بسیار اندک است. مدیریت حاصلخیزی در مزرعه می‌تواند یکی از استراتژی‌هایی باشد که عملکرد آلوئه‌ورا را به سطحی بالاتر ارتقاء می‌دهد (Mirza et al., 2008). کشاورزان در کشت آلوئه‌ورا از هیچ روش زراعی پیشنهادی بهره نمی‌برند و پیامد این موضوع کاهش عملکرد این گیاه می‌باشد.

در اغلب آزمایشات انجام گرفته بر روی آلوئه‌ورا، فقط خصوصیات مورفولوژیکی مد نظر بوده و به خصوصیات فیزیولوژیکی و شاخص-های رشدی توجهی نشده است. به روش‌هایی که رشد را از دیدگاه کمی ارزیابی می‌کند، تجزیه و تحلیل رشد گفته می‌شود. این روش‌ها جهت تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی به کار می‌روند و شناخت بهتری را از انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه نشان می‌دهد (Sarmadnyia & Koocheki, 1989). در اغلب مواقع آنالیزهای رشد تکمیل‌کننده آنالیز عملکرد است که در انتهای فصل رشد محاسبه می‌شوند. آنالیز عملکرد به‌تنهایی توانایی مشخص کردن تمامی حقایق مربوط به طول دوره رشد را ندارد مگر آن‌که توسط آنالیز رشد یک‌سری از واقعیت‌های طول دوره رشد مشخص شود (Koocheki et al., 1988). جهت آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ و وزن خشک الزامی است و سایر شاخص‌های رشد از طریق محاسبه به‌دست می‌آیند. آنالیز رشد را می‌توان بر اساس تک بوته و در سطح معینی از زمین انجام داد (Russel et al., 1984).

منابع علمی موجود در مورد تأثیر کودهای دامی و بیولوژیک بر آلوئه‌ورا بسیار محدود است. میرزا و همکاران (Mirza et al., 2008) طی مطالعه‌ای بر روی شاخص‌های رشدی و عملکرد برگ آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای آلی زیستی، مشاهده کردند بیشترین تعداد برگ و حداکثر وزن برگ، حداکثر کل سطح برگ و همچنین بزرگترین طول و عرض برگ در تیمار ۵۰ درصد خاک + ۵۰ درصد کودگاوی به‌دست آمد. نتایج مطالعات کریشنا مورسی و مالیگا (Krishna Moorthy & Malliga, 2012) ، آئینی و همکاران (Aeini et al., 2012) و موتا فرناندز و همکاران (Mota-Fernández et al., 2011) حاکی از اثر مثبت کودهای زیستی بر رشد آلوئه‌ورا بود. پوریوسف و همکاران (Pouryousef et al., 2006) در گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) با کاربرد کودهای شیمیایی، دامی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (بارور) و تلفیق آن‌ها شاهد افزایش شاخص‌های کل ماده

1- Liliaceae
2- Aloeaceae
3- Crassulacean acid metabolism

خشک، عملکرد بذر، درصد موسیلاژ، عملکرد موسیلاژ و فاکتور آماس بذر بودند. نتایج مانجیوناتا و همکاران (Manjunatha et al., 2007) در فلفل (*Capsicum annuum* L.) نشان داد که با ترکیب کود شیمیایی و کود دامی، بیشترین ارتفاع، تعداد شاخه، گسترش گیاه، سطح برگ و دوام سطح برگ حاصل شد. هرشاوردان و همکاران (Harshavardhan et al., 2007) در بادرنجبویه (*Melissa* L.) نتیجه گرفتند که کاربرد ۴۵ کیلوگرم نیتروژن، ۲۲/۵ کیلوگرم فسفر و پتاس به همراه نه تن کود آلی در هکتار، باعث حداکثر تولید اسانس به میزان ۴۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار شد. ال‌ماریوکاسیمر و مورالس (Al-Mario Casimir & Morales, 2003) در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) با کاربرد کودهای گاوی، گوسفندی و شیمیایی مشاهده کردند از نظر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد، ولی ارتفاع گیاه در این تیمارها در مقایسه با شاهد بیشتر بود. در تیمار کود شیمیایی و همچنین ترکیب کود شیمیایی و کود گوسفندی حداکثر عملکرد تر و خشک به‌دست آمد. این مطالعه با هدف بررسی روش‌های مدیریت تغذیه‌ای بر تولید گیاه دارویی آلوئه‌ورا در شرایط آب و هوایی استان بوشهر انجام گرفت تا با امکان جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای دامی و بیولوژیک بتوان در جهت تولید پایدار این گیاه دارویی ارزشمند گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تحقیقات کشاورزی بنداروز استان بوشهر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، واقع در پنج کیلومتری جنوب شهر برازجان با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی و طول جرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه‌ی شرقی و ارتفاع ۱۱۰ متری از سطح دریا اجرا شد. حداکثر درجه حرارت، ۵۱ درجه سانتی‌گراد در ماه مرداد و حداقل درجه حرارت ۱- درجه سانتی‌گراد در ماه بهمن، میانگین بارندگی سالانه ایستگاه ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۵/۲۶ درجه سانتی‌گراد و تبخیر سالانه حدود ۳۰۰۰ میلی‌متر است.

قبل از شروع آزمایش مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، نمونه‌ای تا عمق ۳۰ سانتی‌متری از خاک گرفته شد و به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. نمونه‌ای از کود دامی نیز جهت تعیین درصد نیتروژن و سایر خصوصیات آن به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از کاشت

Table 1- Chemical properties of experimental soil before planting

بافت Texture	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg^{-1})	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل (٪) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
لومی شنی Silty loam	145	5.88	0.04	5.71	7.7

جدول ۲- مشخصات کود دامی مورد استفاده در این آزمایش

Table 2- Characteristics of manure used in the experiment

نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	فسفر (درصد) P (%)	نسبت کربن به نیتروژن C/N	ماده آلی (درصد) OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})
1.94	3.48	0.89	23.1	28.2	7.4	3.52

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت ۵۰۰ مترمربع اجرا شد. در داخل هر بلوک دو کرت اصلی: ۱- کود گوسفندی (۲۰ تن در هکتار) ۲- عدم استفاده از کود گوسفندی و در داخل هر کرت اصلی پنج کرت فرعی : ۱- میکوریزا، ۲- نیتراژین، ۳- مخلوط میکوریزا و نیتراژین، ۴- کود شیمیایی توصیه شده (۸۰

کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و ۵- شاهد (بدون کود) قرار گرفت. مقدار مصرف کودهای بیولوژیک نیز بر اساس مقدار توصیه شده توسط شرکت‌های سازنده این کودها بود.

در تاریخ ۱۳۹۱/۲/۱۰ مزرعه آزمایشی دو دیسک عمود بر هم زده شد و پس از آن به‌منظور تسطیح خاک از لولر استفاده گردید، و پس از آن نقشه طرح پیاده و کرت‌هایی با اندازه ۳ در ۳/۵ متر ایجاد شد. از آن‌جایی که آبیاری به صورت قطره‌ای انجام می‌گرفت لوله‌کشی‌های لازم در فاصله‌های مشخص بر مبنای فاصله ردیف‌های کاشت، انجام شد.

۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی کاملاً پوسیده قبل از کاشت برای کرت‌هایی که باید با کود دامی تیمار می‌شدند در نظر گرفته شد و به طور مساوی در محل قرار گرفتن ریشه گیاه ریخته شد. مقدار ۴۵ گرم کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت در هر کرت که باید با کود شیمیایی تیمار می‌شدند، مصرف شد. به این صورت که در فاصله دو سانتی‌متری زیر ریشه‌های پاجوش‌ها به‌صورت مساوی ریخته شد. کود میکوریزا نیز به صورت خاک حاوی قارچ‌هایی از گونه موسه‌آ[1] بود که از شرکت زیست‌فناور توران تهیه گردیده بود. این کود نیز قبل از کاشت به مقدار ۱۰ گرم در محل قرار گرفتن ریشه‌های پاجوش‌ها به خاک مزرعه اضافه شد. برای تلقیح گیاهچه‌ها با کود بیولوژیک نیتراژین که به‌صورت مایع است ابتدا کود در ظرفی با دهانه گشاد ریخته شد و پاجوش‌ها در ظرف قرار داده شد به گونه‌ای که ریشه پاجوش‌ها کاملاً با کود آغشته شوند، آن‌گاه بلافاصله پاجوش‌ها در کرت‌های مورد نظر کاشته شد.

در تاریخ ۱۳۹۱/۲/۱۵ پاجوش‌های آلوئه‌ورا با اندازه‌های یکسان (۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) از مزرعه شرکت افضل تهیه و به مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی بنداروز منتقل شد. پس از اعمال تیمارهایی که توضیح داده شد، پاجوش‌های آلوئه‌ورا در ردیف‌هایی منظم به فاصله یک متر و بافاصله روی ردیف ۷۰ سانتی‌متر (تراکم ۱/۴۳ بوته در مترمربع) کاشته شد. پس از کاشت بلافاصله آبیاری به صورت قطره‌ای انجام شد. کود نیتروژن با منبع اوره به‌صورت تقسیط در سه مرحله و با فاصله زمانی سه ماهه به گیاه داده شد. تیمارهای کود نیتروژن به صورت نواری به فاصله پنج سانتی‌متری از ردیف‌های کاشت مصرف شد. کنترل علف‌های هرز در چند نوبت به صورت دستی انجام شد. در طول دوره رشد گیاه هیچ نوع آفت یا بیماری در مزرعه مشاهده نگردید و بنابراین، هیچ سم یا آفت‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت.

از آن‌جا که آلوئه‌ورا به کندی رشد می‌کند و مدت زمان زیادی برای استقرار کامل پاجوش‌ها در خاک لازم است، نمونه‌برداری‌ها ۱۵۰ روز پس از کاشت و در تاریخ ۳۰ مهرماه ۱۳۹۱ شروع شد. نمونه-برداری شش بار با فواصل ۳۰ روز انجام گرفت.

پس از انتخاب دو بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت، نمونه‌ها به آزمایشگاه واقع در مرکز تحقیقات منتقل و وزن تر بوته، طول برگ، عرض برگ، ضخامت برگ، تعداد برگ در بوته و وزن خشک بوته اندازه‌گیری شد. توزین وزن خشک و تر با استفاده از ترازوی دیجیتال انجام گرفت. طول و عرض برگ به‌وسیله خط‌کش و ضخامت برگ به‌وسیله دستگاه کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. بوته‌ها برای خشک شدن به قطعات کوچک‌تر تقسیم شده و سپس در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن، قرار گرفت.

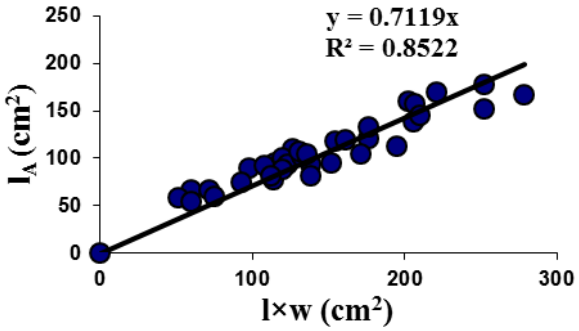
شاخص‌های رشدی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارتند از؛ ماده خشک کل (TDM[2])، شاخص سطح برگ (LAI[3])، سرعت رشد محصول (CGR[4])، سرعت رشد نسبی (RGR[5])، سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR[6]) و نسبت سطح برگ (LAR[7]) .

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ به‌دلیل ضخیم بودن برگ‌های آلوئه‌ورا امکان استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ وجود نداشت به‌همین منظور با استفاده از کاغذ شطرنجی و ترسیم برگ‌های آلوئه‌ورا بر روی کاغذ و به‌دست آوردن مساحت واقعی برگ‌های آلوئه‌ورا شاخص سطح برگ تخمین زده شد. روش کار به این صورت بود که در طول فصل رشد ۳۵ نمونه به‌صورت تصادفی گرفته شد و ابتدا وزن کل بوته اندازه‌گیری شد و سپس بزرگترین برگ بوته انتخاب و طول و عرض آن اندازه گرفته شد و بر روی کاغذ شطرنجی ترسیم شد و در نهایت با برازش مدل رگرسیون خطی بین مساحت واقعی برگ و حاصل‌ضرب طول در عرض (شکل ۱)، شیب خط رگرسیون معادل ۰/۷۱۱ به عنوان ضریب تصحیح برای محاسبه

1- *Glomus mosseae*

2- Total dry matter
3- Leaf area index
4- Crop growth rate
5- Relative gowth rate
6- Net assimilation rate
7- Leaf area ratio

مساحت برگ مورد استفاده قرار گرفت (معادله ۱).



شکل ۱- رابطه خطی بین سطح برگ آلوئه‌ورا (l_A) و بیشترین طول و عرض برگ (l×w)

Fig. 1- The linear relationship between leaf area (l_A) and maximum length and width of leaf (l×w) in aloe vera

$$l_A = a \times (L_l \times L_w)$$

معادله (۱)

با توجه به شکل ۱، a =۰/۷۱۱، در این معادله، l_A: سطح برگ، L_l: بیشترین طول برگ و L_w: بیشترین عرض برگ، می‌باشد. سپس شاخص سطح برگ با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد.

$$\text{density}\left(\frac{Plant}{m^2}\right) = \frac{1m}{0.7m} = 1.43$$

معادله (۲)

وزن $= \text{DM}\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2\,\text{erth}}\right)$ = کل ماده خشک بوته در متر مربع

تراکم بوته در مترمربع × خشک کل هربوته

معادله (۳)

$l_A(m^2)$ = سطح برگ = طول برگ (m) × عرض برگ (m) × 0.7119 × تعداد برگ در بوته

معادله (۴)

$$\text{SLA}\left(\frac{\text{m}^2\text{leaf}}{\text{g leaf}}\right) = \frac{l_A \text{m}^2}{\text{a dried leaf (g)}}$$

معادله (۵)

$$LAI = \frac{\text{m}^2\text{leaf}}{\text{m}^2\,\text{erth}} = \text{DM}\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2\,\text{erth}}\right) \times \text{SLA}\left(\frac{\text{m}^2\text{leaf}}{\text{g leaf}}\right)$$

معادله (۶)

برای تعیین مدل ریاضی مناسب و برازش تغییرات وزن خشک و شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت، از بین معادلات غیر خطی آزمون شده، مدل لجیستیک (معادله ۷) زیر به‌دلیل برخورداری از بهترین ضریب تبیین (R^2)، برای پیش‌بینی تغییرات وزن خشک کل گیاه (TDM) و شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به روزهای بعد از کاشت، مورد استفاده قرار گرفت:

$$\text{LAI} = \text{TDM} = \frac{a}{(1+b\times\exp(-c\times t))}$$

معادله (۷)

که در این معادله، a: حداکثر ماده خشک یا شاخص سطح برگ، b: ضریب ثابت معادله و c: میانگین سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد می‌باشد.

سپس سرعت رشد محصول (CGR) که از مشتق اول معادله برازش شده به داده‌های ماده خشک (معادله ۸) و سرعت رشد نسبی(RGR) که از مشتق دوم معادله برازش شده به ماده خشک (معادله ۹) به‌دست آمد.

معادله (۸)

$$\text{CGR} = \frac{dy}{dt} = \frac{a \times b \times c \times exp(-c \times t)}{((1 + b \times \exp(-c \times t))^2}$$

معادله (۹)

$$\text{RGR} = \frac{d_2 y}{dt} = \frac{b \times c \times exp(-c \times t)}{(1 + b \times \exp(-c \times t))} = \frac{\text{CGR}}{\text{TDW}}$$

که در این معادلات، a، b و c: ضرایب تعریف شده در معادله (۷) می‌باشد و نهایتاً سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR) و نسبت سطح برگ (LAR) از طریق معالات ۱۰ و ۱۱ محاسبه شد:

$$\text{NAR} = \frac{\text{CGR}}{\text{LAI}}$$

معادله (۱۰)

$$\text{LAR} = \frac{\text{RGR}}{\text{NAR}}$$

معادله (۱۱)

به منظور تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش و رسم نمودارها و شکل‌ها از نرم‌افزارهای Minitab 16 و

Microsoft Excel 2007 استفاده شد. برای برازش معادلات غیرخطی رشد و به‌دست آوردن ضرایب آن‌ها از نرم‌افزار Slidewrite v7.01 استفاده شد. در نهایت، مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

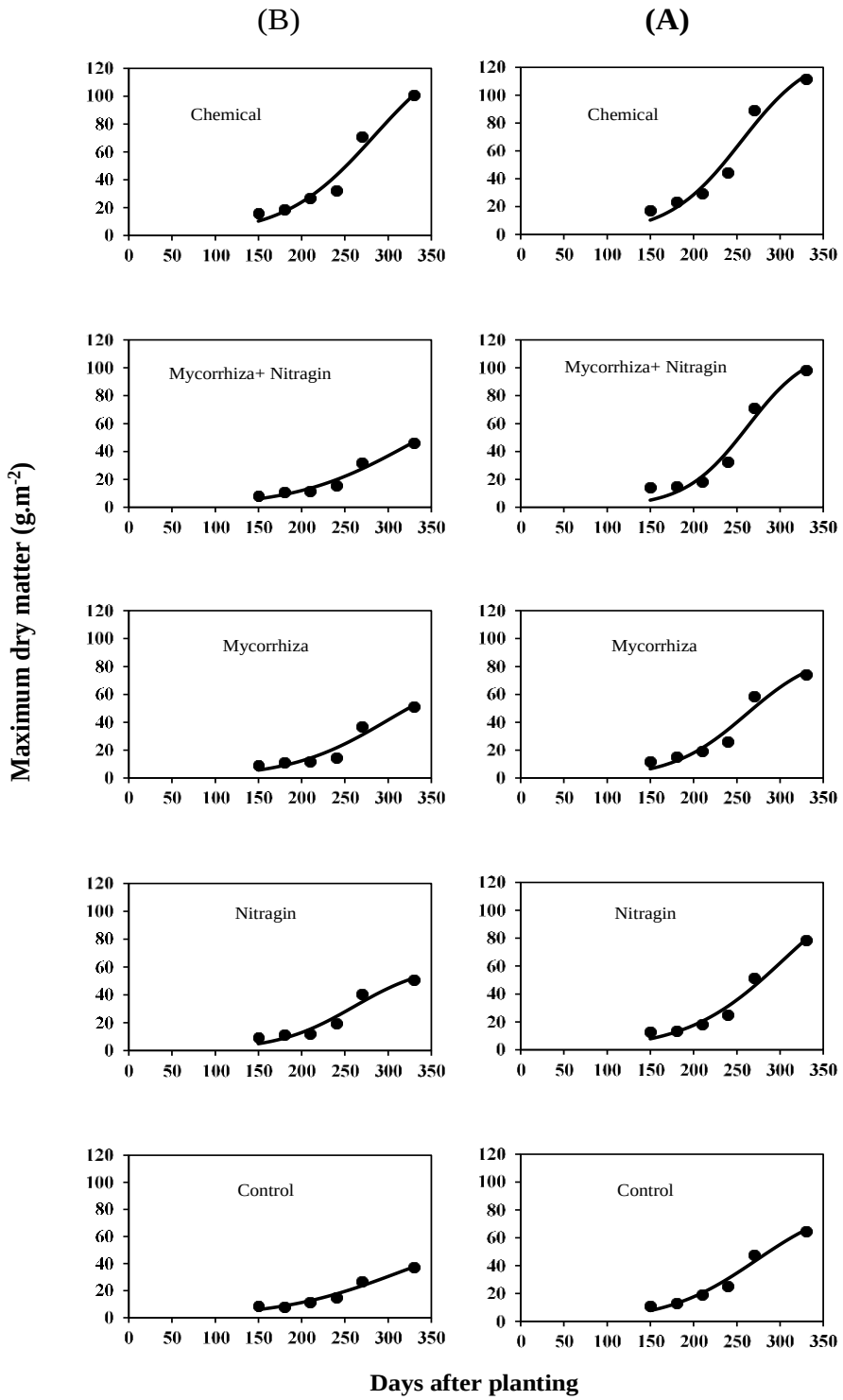
نتایج و بحث

تجمع ماده خشک: روند تغییرات ماده خشک (شکل ۲) نشان می‌دهد که در کلیه تیمارهای آزمایش در ۱۵۰ روز اول بعد از کاشت رشد بسیار کند بود و از آن به بعد تا حدود ۲۸۰ روز بعد از کاشت روند تجمع ماده خشک تقریباً به صورت خطی افزایش یافت و در هنگام برداشت نیز این روند به‌طور کامل ثابت نشد. افزایش ماده خشک در همه تیمارها در اوایل دوره رشد به دلیل اینکه گیاه هنوز به خوبی در خاک مستقر نشده و ریشه‌ها گسترش چندانی نیافته‌اند، سرعت کمتری داشت، ولی با مساعدتر شدن شرایط، سرعت آن افزایش یافت و با نزدیک‌تر شدن به آخر دوره رشد از سرعت آن کاسته شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تیمارهای کودی بر تجمع ماده خشک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار کود شیمیایی همراه با کود گوسفندی بیشترین مقدار تجمع ماده خشک معادل ۱۱۱/۵۷ گرم در مترمربع در ۳۳۰ روز پس از کاشت را به خود اختصاص داد که البته با تیمار مخلوط کودهای بیولوژیک همراه با کود گوسفندی (۹۸/۴۳ گرم در مترمربع) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). کم‌ترین میزان ماده خشک نیز از تیمار شاهد (بدون هیچ‌گونه کودی) به میزان ۳۴/۴۴ گرم در مترمربع حاصل شد که با تیمار مخلوط کودهای بیولوژیک بدون کاربرد کود گوسفندی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). به‌طورکلی، کاربرد کود بیولوژیک همراه با کود دامی نسبت به کاربرد کود بیولوژیک بدون کود دامی باعث افزایش تجمع ماده خشک در آلوئه‌ورا شد. در این زمینه منابع چندانی در مورد گیاه آلوئه‌ورا وجود ندارد با این حال، کوتالی و همکاران (Kathuli et al., 2010) در آزمایشی در کنیا بر روی آلوئه‌ورا نتیجه گرفتند که کاربرد کود دامی و کود شیمیایی به هر دو صورت جداگانه و تلفیقی اثر معنی‌داری بر رشد آلوئه‌وا نسبت به شاهد نداشت اما بیشترین تأثیر بر رشد آلوئه‌ورا مربوط به تیمار ترکیب کود دامی و بیشترین مقدار کود شیمیایی بود.

نتایج بدست آمده برای تیمار تلفیق کودهای بیولوژیک نسبت به کاربرد جداگانه در شکل ۳ نشان داده شده است، تیمار تلفیق کودهای بیولوژیک با ۹۸/۴۳ گرم بر مترمربع نسبت به کاربرد جداگانه این کودها میزان ماده خشک را افزایش داد و در مقابل هنگام عدم کاربرد کود گوسفندی، کاربرد جداگانه‌ی کودهای بیولوژیک نسبت به تلفیق آن‌ها، میزان ماده خشک را افزایش داد، به نظر می‌رسد با کاربرد کود دامی مواد غذایی ریزموجودات فراهم شده و می‌توانند فعالیت خود را انجام دهند در حالی‌که در عدم کاربرد کود دامی به دلیل فراهم نبودن مواد غذایی برای میکروارگانیسم‌ها، ایجاد رقابت بین قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های موجود در کود نیتراژین بر سر منابع غذایی امکان فعالیت آن‌ها را محدود می‌کند. شواهد بسیاری مبنی بر نقش مثبت کودهای آلی در بهبود خواص فیزیکی و نیز نقش تغذیه‌ای خاک، گسترش و ترکیب جوامع میکروبی، فون و فلور خاک و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی در داخل خاک، ریشه و شاخ و برگ گیاهان وجود دارد (Brussard & 1997; Wallace, 2001; Gliessman, 1998; Ferrera-Cenato, Mali & Patidar, 2004). مالی و پتیدر (Mali & Patidar, 2004) در بررسی اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر خصوصیات گیاه سورگوم (*Sorghum abyssinicum* Kuntze.) بیان داشتند که کاربرد باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌دلیل تأثیر مثبت بر رشد گیاه باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی شدند. حضرتی و طهماسبی (Hazrati & Tahmasebi, 2012) در آزمایشی بر روی آلوئه‌ورا نتیجه گرفتند که کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف اختلاف معنی‌داری باهم داشتند و با افزایش میزان نیتروژن بیوماس کل در هر بوته نیز افزایش یافت. در گیاه دارویی گل‌راعی (*Hypericum perforatum* L.) مشاهده شد که بالاترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به کودهای مخلوط (آلی و شیمیایی) در مقایسه با کود آلی و شیمیایی خالص بود، هرچند که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی وجود نداشت و در اواخر فصل رشد، کاهش میزان تجمع ماده خشک برای کود آلی و شاهد (بدون کود) بیشتر بود و با تیمار کودی مخلوط و شیمیایی تفاوت معنی‌داری نشان داد (Lebaschy & Sharifi, 2004).

شاخص سطح برگ: شکل ۴ تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) را در طی دوره رشد گیاه، در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. به‌دلیل گرمی هوا و استقرار نیافتن کامل بوته‌ها در ۱۵۰ روز پس از کاشت همه تیمارها از سطح برگ پایینی برخوردار بودند و تا حدود ۱۸۰ روز پس از کاشت روند افزایش شاخص سطح برگ کند بود، اما از این تاریخ به بعد با پیشرفت زمان و استقرار کامل بوته‌ها در خاک و بهبود شرایط آب‌وهوایی، در هر دو حالت کاربرد و عدم‌کاربرد



شکل ۲- تغییرات میزان تجمع ماده خشک آلوئه‌ورا (گرم در متر مربع) تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی در روزهای پس از کاشت (الف) به همراه کاربرد کود گوسفندی، (ب) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 2- Changes in *Aloe vera* dry mater under the effect of biological and chemical fertilizer in days of after planting: A. with manure and B. without manure

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی شاخص‌های رشدی آلوئه‌ورا در اثر استفاده از کودهای مختلف

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for some growth parameters of *Aloe Vera* due to the use of different fertilizers

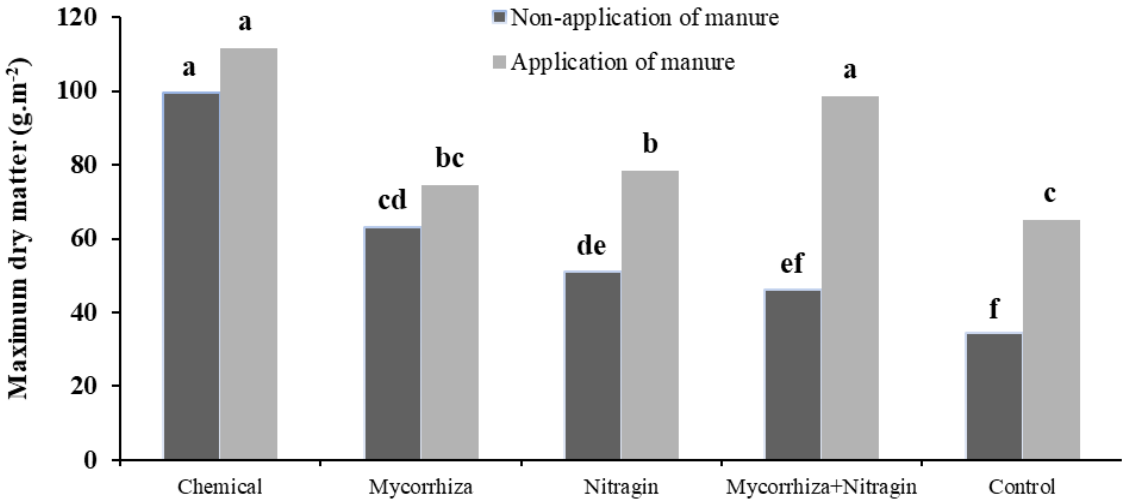
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	حداکثر ماده خشک Maximum dry matter	حداکثرشاخص سطح برگ Maximum leaf area index
تکرار R	2	18 ns	0.1408 ns
کود دامی Manure(A)	1	5332.5 *	29.1313 **
خطای a Error a	2	109.5	0.0294
کود بیولوژیک و شیمیایی Biological and chemical fertilizer (B)	4	2533.5 **	10.2636 **
A×B	4	419.3 **	1.1730 **
خطای b Error b	16	58.4	0.1357
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	-	10.57	14.42

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.

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

کود گوسفندی، شاخص سطح برگ روند افزایشی خود را شروع کرد و تا آخرین نمونه‌برداری، این روند ادامه داشت. البته در نمونه‌برداری‌های پایانی سرعت افزایش سطح برگ کاهش یافت. نتایج تجزیه واریانس حداکثر شاخص سطح برگ تیمارها نشان داد که اثر تیمارهای کود گوسفندی، کودهای شیمیایی و بیولوژیک و برهمکنش بین آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین برهمکنش بین تیمارهای کاربرد کود گوسفندی و کودهای شیمیایی و بیولوژیک (شکل ۵) نشان داد که در تیمار کاربرد کود گوسفندی بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۶/۱۴ مربوط به تیمار کود شیمیایی و کمترین آن به میزان ۲ مربوط به تیمار شاهد بود.

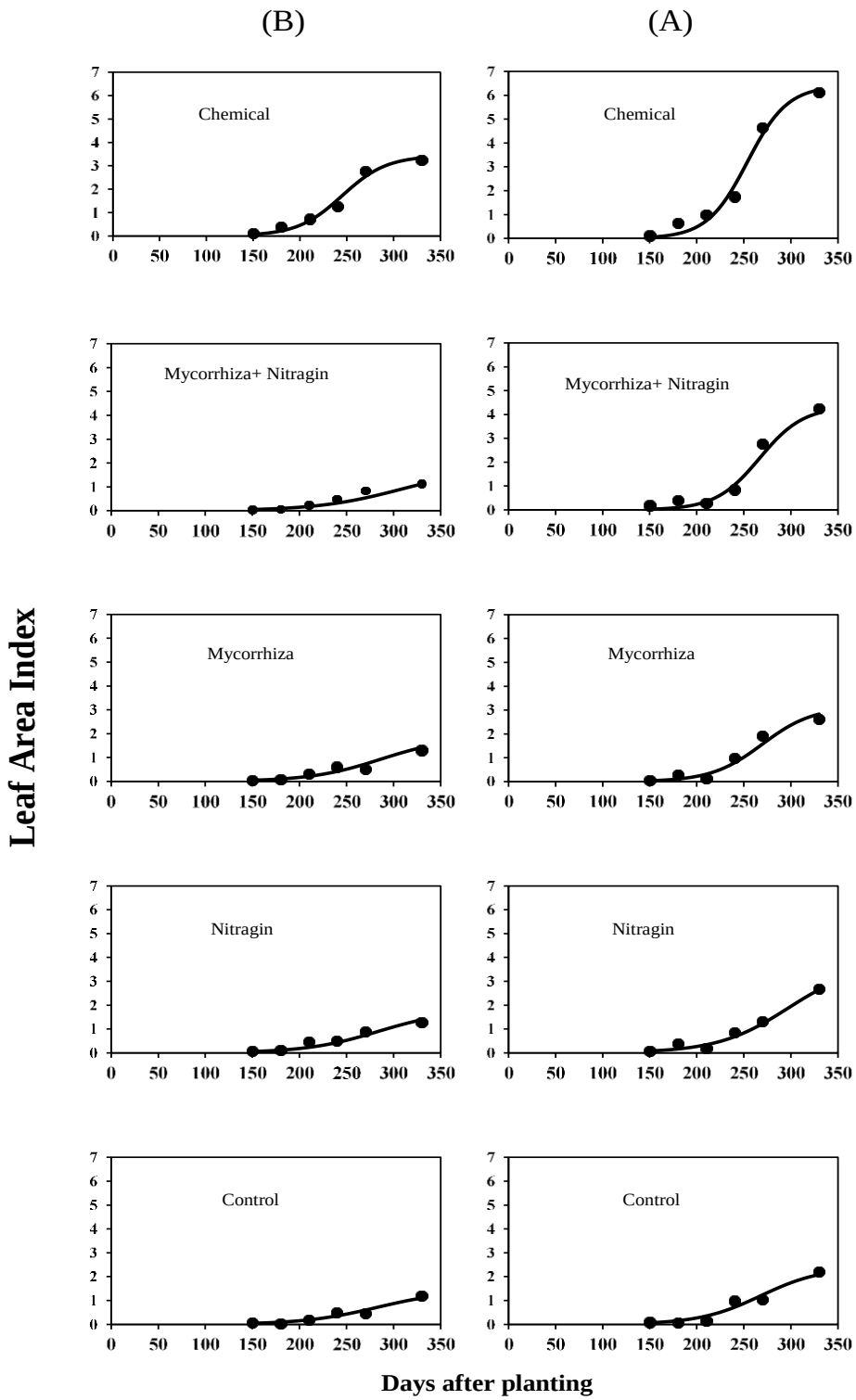


شکل ۳- اثر متقابل کودهای دامی، شیمیایی و بیولوژیک بر حداکثر ماده خشک گیاه آلوئه‌ورا

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Fig. 3- The interaction effect of biological, chemical fertilizer and manure on the maximum dry mater in *Aloe vera*

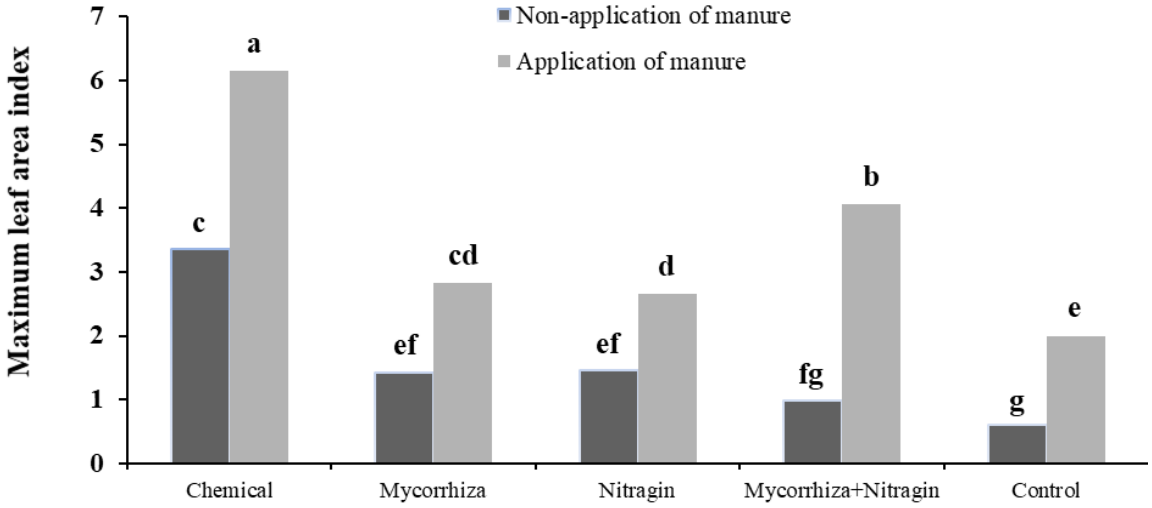
Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ٤- تغییرات شاخص سطح برگ آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (الف) در ترکیب با کود گوسفندی (ب) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig 4. Trend changes of the leaf area index of *Aloe vera* under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with the use of manure B. the non-use of manure

همچنین در تیمار استفاده از کود گوسفندی مشاهده شد که تیمار مخلوط میکوریزا و نیتراژین نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها اثر مثبت معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشت (شکل ۵). نتایج کاتولی و همکاران (Kathuli et al., 2010) نشان داد که کاربرد کود دامی و کود شیمیایی نسبت به شاهد اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ آلوئه‌ورا نداشت با این حال بیشترین شاخص سطح برگ در هر دو سال در تیمار مخلوط بیشترین کود دامی و بیشترین کود شیمیایی به‌دست آمد. در تیمار عدم کاربرد کود گوسفندی نیز بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۳/۴ مربوط به تیمار کود شیمیایی بود. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کود بیولوژیک مشاهده نشد ولی تیمار مخلوط این کودها نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها، شاخص سطح برگ کم‌تری داشت (شکل ۵). شاخص سطح برگ نشانگر ظرفیت فتوسنتزی گیاه بوده و به تعداد و اندازه برگ‌ها در هر مرحله از رشد بستگی دارد. به‌طور کلی سطح برگ به‌عنوان معیار اندازه‌گیری سیستم فتوسنتزی پذیرفته شده است و از آن‌جایی که برگ‌ها قسمت اعظم گیاه آلوئه‌ورا را تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین جز این گیاه به شمار می‌روند لذا برآورد شاخص سطح برگ در گیاه آلوئه‌ورا می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد.



شکل ۵- اثر متقابل کود دامی و کود شیمیایی و بیولوژیک بر حداکثر شاخص سطح برگ آلوئه‌ورا

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Fig. 5- The interaction effect of biological, chemical fertilizer and manure on the maximum leaf area index in *Aloe vera*

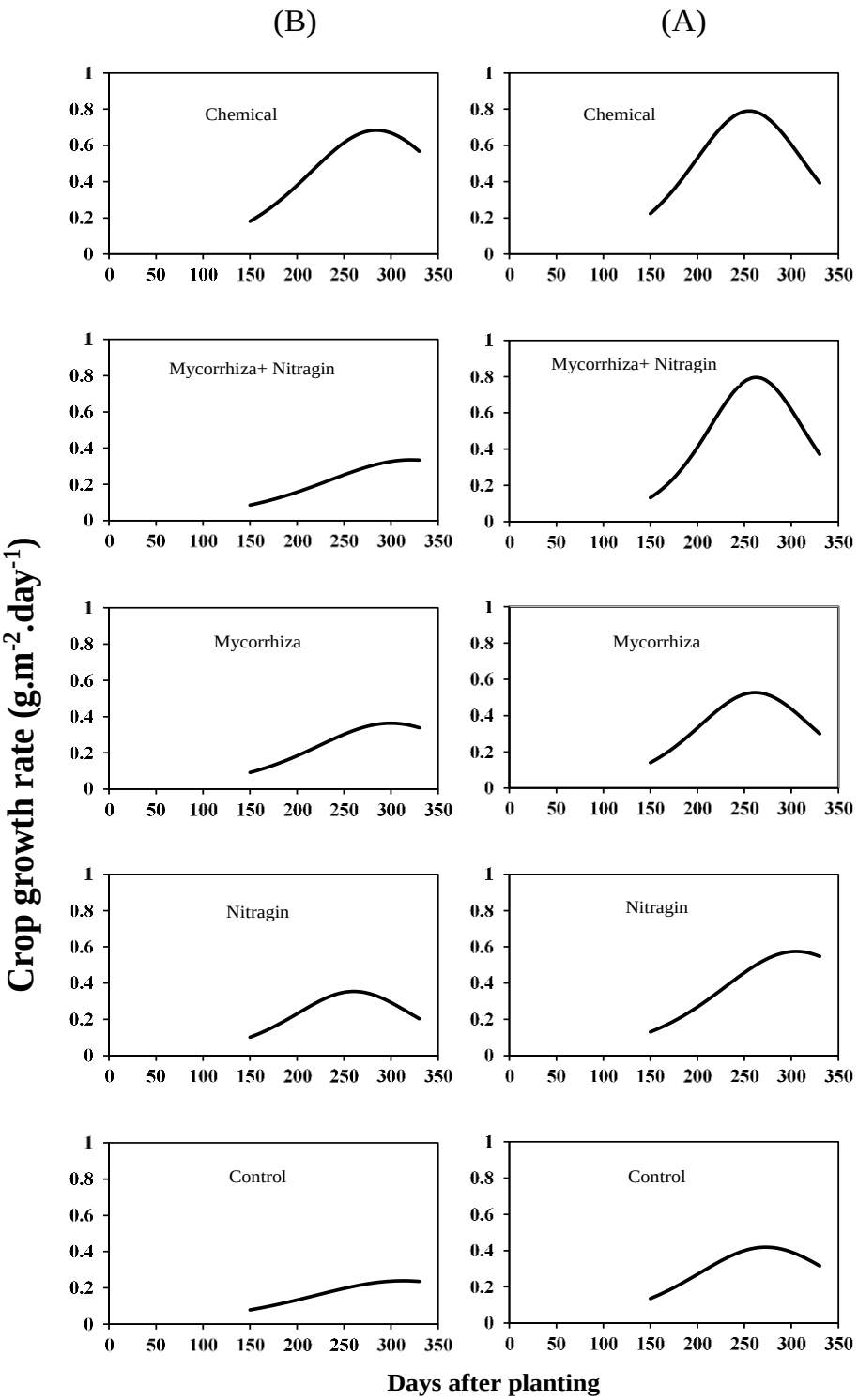
Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

بدیهی است که تأثیر کود شیمیایی به‌ویژه در اوایل دوره رشد موجب توسعه و گسترش سطح برگ می‌شود و کود دامی باعث تأمین اکثر نیازهای غذایی ماکرو و میکرو گیاه (Araji et al., 2001) و بهبود خصوصیاتی از خاک مانند، افزایش ظرفیت نگهداری آب (در بخش سطحی خاک) و حاصلخیزی خاک (Thierfelder et al., 2004) می‌شود. مصدق و اسمیت (Mossedaq & Smith, 1994) گزارش کردند توسعه سطح برگ در طی دوره رشد گیاه به عواملی مثل دما، میزان نیتروژن، تراکم و آب بستگی دارد.

شاخص سطح برگ نمایانگر میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط پوشش گیاهی می‌باشد و سطح زیر منحنی LAI نشان‌دهنده دوام سطح برگ (LAD) و نهایتاً نشان‌دهنده مدت زمان فتوسنتز می‌باشد (Sarmadnyia & Koocheki, 1989). بنابراین چنین انتظار می‌رود که گیاهان تحت کود شیمیایی همراه با کود گوسفندی مدت زمان بیشتری فتوسنتز انجام داده و نهایتاً ماده خشک بیشتری تولید کنند که دلیل آن می‌تواند افزایش و فراهمی و جذب بهتر عناصر باشد.

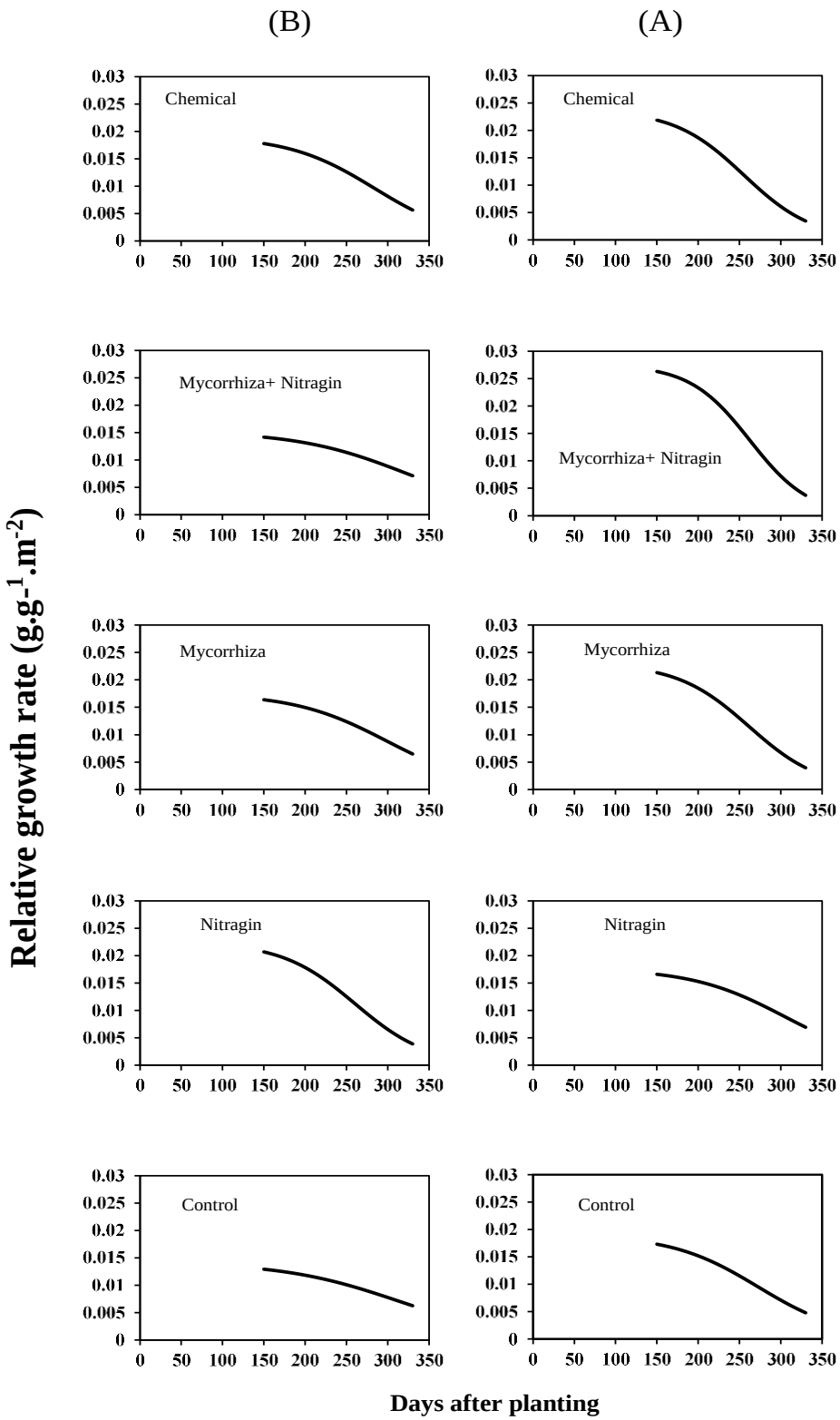
سرعت رشد محصول: چگونگی تغییرات CGR در طول فصل رشد نسبت به روزهای پس از کاشت تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در ترکیب و عدم ترکیب با کود گوسفندی در شکل ۶ نشان داده شده است. در مراحل اولیه رشد به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب تشعشع، میزان CGR پوشش گیاهی پایین بود. با گذشت زمان به علت توسعه برگ‌ها، افزایش در رشد محصول دیده شد. تحت این شرایط تولید مواد فتوسنتزی در پوشش گیاهی افزایش یافته و به‌دنبال آن CGR گیاه هم بهبود یافت. حداکثر مقدار CGR به میزان ۰/۷۹گرم در مترمربع در روز از تیمار تلفیقی کود شیمیایی با کود گوسفندی و تیمار مخلوط میکوریزا با نیتراژین همراه با کود گوسفندی هر دو در یک زمان به‌دست آمد، که می‌توان نتیجه گرفت استفاده از کودهای بیولوژیک در شرایط مناسب می‌تواند معادل مصرف کودهای شیمیایی باشد. در این آزمایش روند صعودی و نزولی CGR تحت تأثیر تمام تیمارهای کودی یکسان نبود و حداکثر و حداقل CGR در همه تیمارها در مقطع زمانی یکسانی رخ نداد. در واقع کودهای مختلف، علاوه بر تحت تأثیر قرار دادن میزان CGR، زمان به حداکثر و حداقل رسیدن آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دادند این اختلاف زمانی رسیدن به حداکثر و حداقل، در تیمارهای تلفیق با کود دامی نسبت به تیمارهای بدون کود دامی بسیار کم‌تر بود به گونه‌ای که در مصرف کود دامی فقط در تیمار نیتراژین همراه با کود دامی زمان رسیدن به حداکثر متفاوت بود و در بقیه تیمارها زمان رسیدن یکسان و در زمانی حدود ۲۷۵ روز پس ازکاشت می‌باشد در حالی که در تیمارهای بدون کود گوسفندی محدوده زمانی طولانی‌تری بین ۲۵۰ تا ۳۳۰ روز پس از کاشت بود. مقدار CGR بین کودهای بیولوژیک و شاهد در حالت کاربرد و عدم کاربرد کود گوسفندی با یکدیگر متفاوت بود، به این صورت که در کاربرد کود گوسفندی تیمار مخلوط میکوریزا و نیتراژین (۰/۷۸ گرم در مترمربع در روز) و در عدم کاربرد کود گوسفندی تیمار میکوریزا (۰/۳۳ گرم در مترمربع در روز) بیشترین مقدار CGR را داشتند. به نظر می‌رسد کود دامی با تغییر شرایط فیزیکی خاک و تأمین بخشی از عناصر غذایی پرنیاز و کم نیاز باعث بهبود شرایط رشد گیاه و فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌های موجود در خاک شده و توانایی گیاه در استفاده از نور خورشید را افزایش داده، که در نهایت، باعث افزایش سرعت رشد گیاه و تجمع ماده خشک در گیاه می‌گردد.

سرعت رشد نسبی: شکل ۷ روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) را طی دوره رشد گیاه، برای تیمارهای مختلف کودی نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که روند RGR برای تمامی تیمارها تا پایان دوره رشد حالتی نزولی دارد. اختلاف بین تیمارها از نظر مقدار RGR در ابتدای فصل رشد نسبت به انتهای فصل رشد بیشتر بوده است. در تیمارهای تلفیق با کود گوسفندی در ابتدای فصل رشد تیمار مخلوط میکوریزا و نیتراژین به میزان ۰/۰۲۶ گرم بر گرم در روز بیشترین و تیمار نیتراژین به میزان ۰/۰۱ گرم بر گرم در روز کم‌ترین RGR را داشتند و تیمار کود شیمیایی به میزان ۰/۰۲۱ گرم بر گرم در روز در رتبه دوم قرار داشت. اما با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل رشد تیمارهای مخلوط «نیتراژین + میکوریزا» و کود شیمیایی و میکوریزا با شیب بیشتری نسبت به نیتراژین و شاهد کاهش یافتند. در تیمارهای کودی بدون استفاده از کود گوسفندی نیز این روند نزولی مشاهده شد با این تفاوت که در ابتدای فصل رشد بیشترین RGR متعلق به تیمار نیتراژین و کم‌ترین متعلق به تیمار شاهد (بدون هیچ گونه کودی) بود. سرعت رشد نسبی بیانگر تغییرات وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه در واحد زمان است، کاهش سرعت رشد نسبی گیاه در طول فصل رشد به دلیل افزایش بافت‌های ساختمانی مختلف نسبت به بافت‌های متابولیکی است؛ به عبارت دیگر در ابتدای رشد تمام وزن گیاه و تمام سلول‌ها در تولید نقش دارند ولی با گذشت زمان و با پیر شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی در طول این دوره، بافت‌های مرده و سلول‌هایی که در تولید نقش ندارند، افزایش می‌یابند و سبب کاهش مقدار سرعت رشد نسبی گیاه می‌شود (Akbari et al., 2012). در آزمایشی مشاهده شد که علت روند نزولی در میزان رشد نسبی، پیری اندام‌ها افزایش کربوهیدرات‌های ساختمانی و کاهش فعالیت‌های متابولیکی در محصول بوده و میزان رشد نسبی با سن گیاه رابطه خطی معکوس دارد (Fisher & Wilson., 1975). کاهش سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد با افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه، در سایه قرار گرفتن آن‌ها و نیز افزایش رشد بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند، در ارتباط است. از طرف دیگر، با زیاد شدن سن گیاه قسمت مهمی از ساختمان گیاه غیرفعال می‌شود و قسمت‌های زیادی از گیاه شامل ساقه و سایر بافت‌ها فعالیت متابولیکی خود را از دست داده و سهم زیادی در رشد گیاه ایفا نمی‌کنند (Koocheki et al., 1988).



شکل ٦- روند تغییرات CGR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (A) در ترکیب با کود گوسفندی (B) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 6- Changes in *Aloe vera* CGR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure



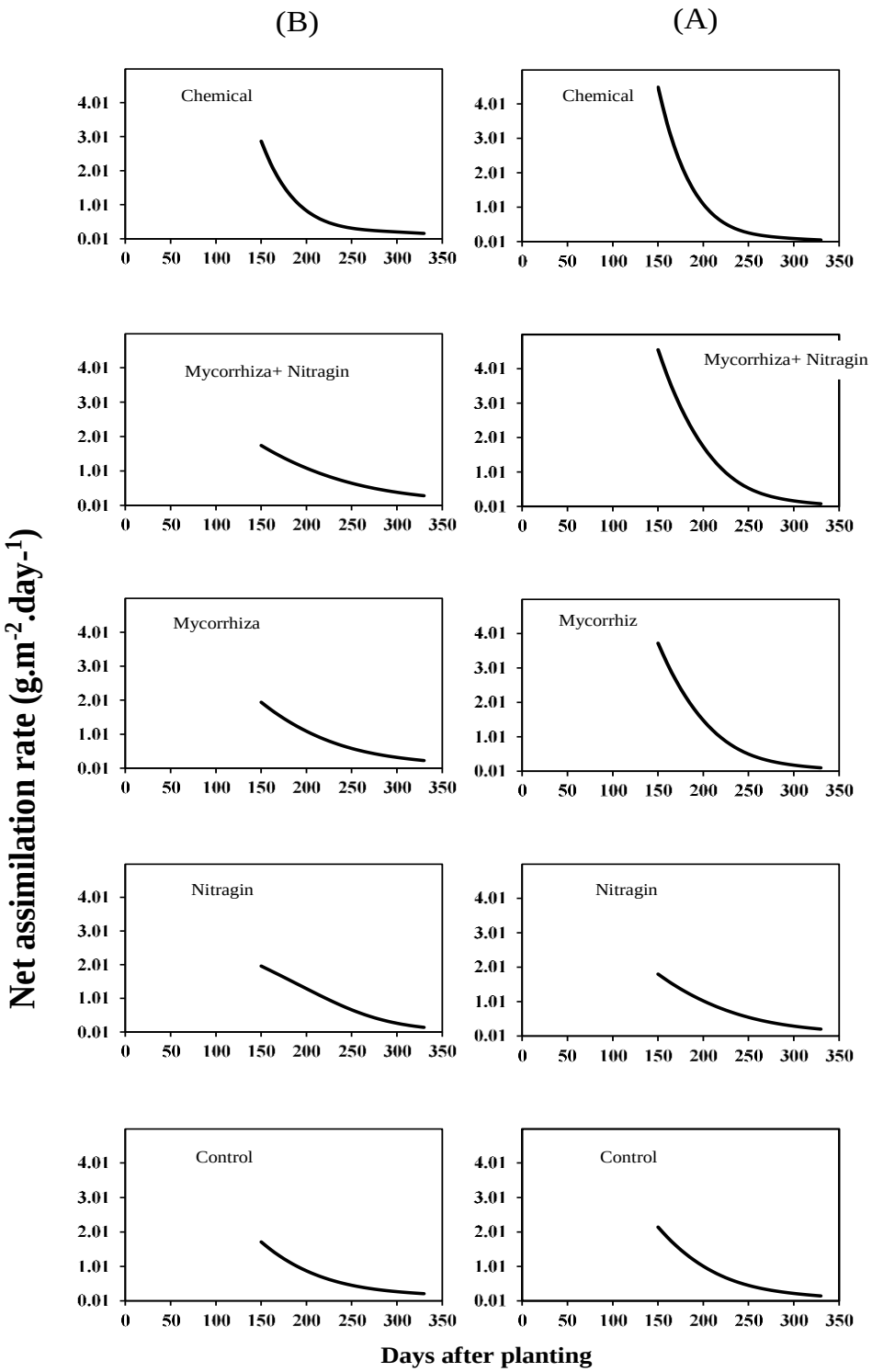
شکل ۷- روند تغییرات RGR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (الف) در ترکیب با کود گوسفندی (ب) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 7- Changes in *Aloe vera* RGR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure

سرعت آسیمیلاسیون خالص: نتایج این آزمایش نشان داد که الگوی تغییرات روزانه میزان آسیمیلاسیون خالص در کلیه تیمارهای کودی دارای روند نزولی بود و با مسن شدن بوته‌ها میزان آسیمیلاسیون خالص کاهش یافت (شکل ۸). اگرچه میزان آسیمیلاسیون خالص در تمام تیمارهای کودی کاهش یافت، اما الگوی تغییرات آن تفاوت‌های با هم داشت، به‌طوری که در تیمارهای تلفیقی با کود گوسفندی این تفاوت‌ها بیشتر بود. در تیمارهایی که کود گوسفندی به‌کار نرفته بود، تیمار کود شیمیایی در اوایل رشد میزان NAR بیشتری داشت که با شیب بیشتری نسبت به بقیه تیمارها با گذشت زمان روند نزولی را طی کرد، اما در تیمارهای تلفیقی با کود گوسفندی مشاهده شد که در ابتدای فصل رشد علاوه بر تیمار کود شیمیایی، تیمار میکوریزا نیز مقدار بیشتری نسبت به بقیه داشت، با این تفاوت که تیمار کود شیمیایی نسبت به بقیه با شیب بیشتری روند نزولی را طی کرد. هر چقدر کود تأثیر بیشتری بر رشد داشته باشد سرعت جذب خالص افت بیشتری پیدا می‌کند، چون سبب سایه‌اندازی برگ‌ها می‌شود (Nazeri et al., 2012). سرعت آسیمیلاسیون خالص عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص (غالباً فتوسنتزی) در واحد زمان.

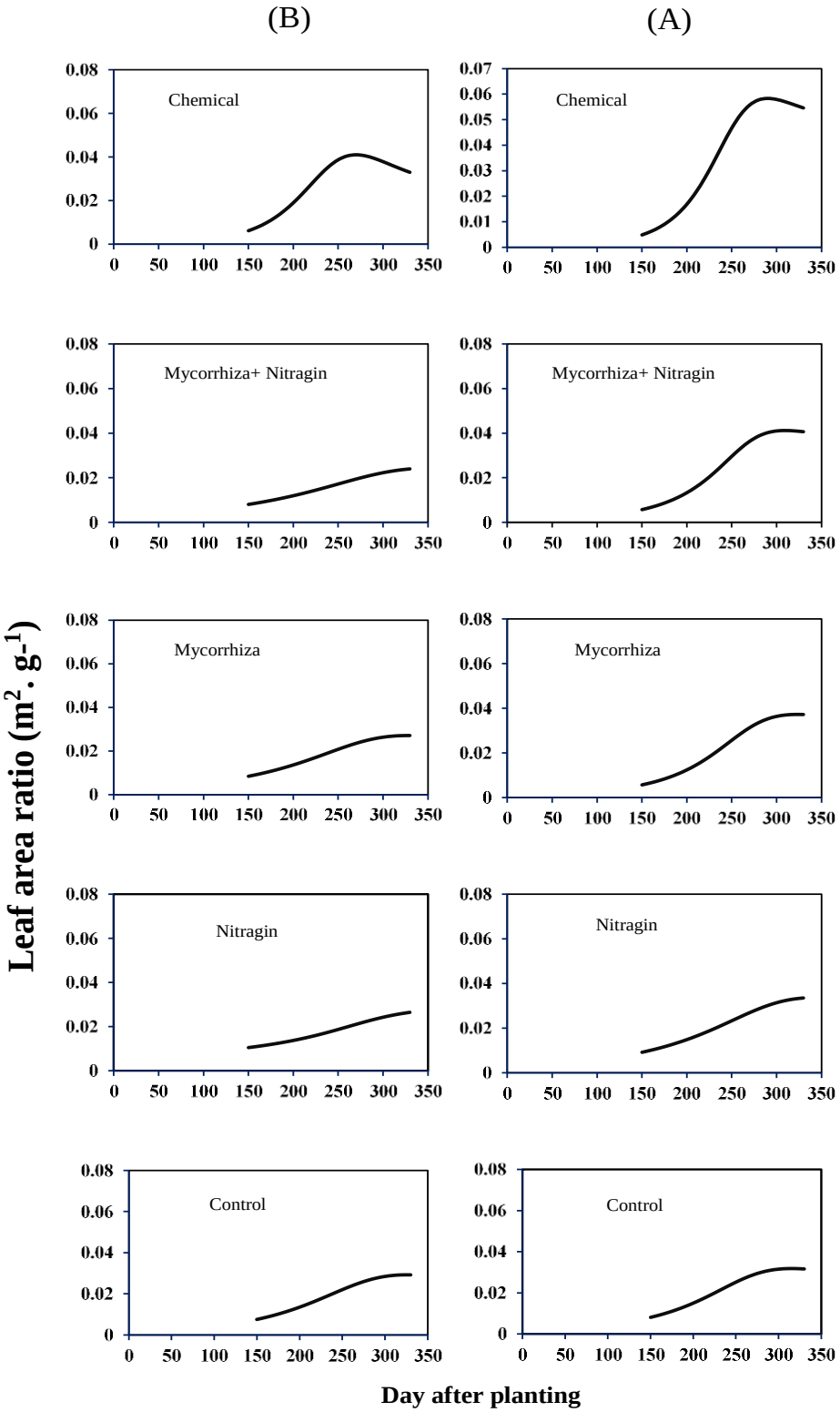
سرعت جذب خالص زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل خورشید قرار گرفته باشند. با افزایش رشد، برگ‌های گیاه افزوده شده و برگ‌های بالایی جامعه‌ی گیاهی موجب سایه‌اندازی بر روی برگ‌های پایین‌تر شده و هر قدر سایه‌اندازی بیشتر شود مقدار سرعت جذب خالص کاهش بیشتری نشان می‌دهد. با افزایش سن برگ از فتوسنتز نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبه خود موجب افزایش شیب نزولی سرعت جذب خالص خواهد شد (Sarmadnyia & Koocheki, 1992; Eddowes, 1962). با افزایش دوره رشد و سن گیاه سرعت جذب خالص در تمامی تیمارها کاهش یافت که افزایش شاخص سطح برگ، سایه‌اندازی بیشتر برگ‌ها بر روی یکدیگر و افزایش سن برگ‌ها دلیلی بر این مدعا است. بالاک (Balak, 1993) و ویلیامز (Williams, 1965) عنوان کردند که با افزایش شاخص سطح برگ میزان جذب خالص کاهش می‌یابد و میزان جذب خالص از ابتدا تا انتهای فصل رشد روند نزولی دارد.

نسبت سطح برگ: شکل ۸ روند تغییرات نسبت سطح برگ در تیمارهای مختلف کودی بر روی آلوئه‌ورا را نشان می‌دهد. همان‌طوری که در شکل دیده می‌شود بر خلاف نتایج گزارش شده از گیاهان دیگر نسبت سطح‌برگ در آلوئه‌ورا روندی صعودی داشته و در دو حالت کاربرد کود گوسفندی و عدم کاربرد کود گوسفندی، تیمار کود شیمیایی بیشترین نسبت سطح برگ را داشت. در واقع چون آلوئه‌ورا گیاهی است که تماماً از برگ تشکیل شده است و اندام غیر برگی ندارد که بخواهد مواد فتوسنتزی را به آن‌ها اختصاص دهد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به اینکه نسبت سطح برگ بیانگر سطح کل برگ به میزان کل ماده خشک گیاه می‌باشد با افزایش سطح برگ، LAR نیز افزایش یافت و زمانی که سطح برگ با رسیدن به حداکثر رشد خود ثابت شد و در مقابل تجمع ماده خشک در حال افزایش بود، این عامل باعث شد که نسبت سطح برگ، ثابت و حتی روند نزولی نیز داشته باشد. بنابراین در شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر وجود سطح برگ بیشتر باعث افزایش نسبت سطح برگ شد. نسبت سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح پهنک برگ (بافت‌های فتوسنتز کننده) به وزن خشک کل گیاه (بافت‌های تنفس کننده) می‌باشد، و واحد آن بر حسب مترمربع بر گرم بیان می‌شود. نسبت سطح برگ نشان‌دهنده میزان پر برگی یک گیاه است (Sarmadnyia & Koocheki, 1992; Yazdi Samadi & Postini, 1994). ادوایس (Eddowes, 1962) چنین روندی را بیانگر این واقعیت دانست که در مراحل اولیه رشد اکثر مواد فتوسنتزی ساخته شده صرف رشد و گسترش برگ شده و سپس با آغاز رشد سریع سایر اندام‌های گیاهی مواد فتوسنتزی بیشتری به اندام‌های غیربرگی اختصاص می‌یابد.



شکل ۸- روند تغییرات NAR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (A) در ترکیب با کود گوسفندی (B) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 8- Change in *Aloe vera* NAR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure



شکل ۹- روند تغییرات LAR آلوئه‌ورا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک در روزهای پس از کاشت (A) در ترکیب با کود گوسفندی (B) بدون کاربرد کود گوسفندی

Fig. 9- Changes in *Aloe vera* LAR under the effect of biological and chemical fertilizers in days of after planting: A. with manure and B. without manure

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش حاکی از پاسخ مثبت گیاه دارویی آلوئه‌ورا به مصرف تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بود. در بین تیمارهای به‌کار رفته، کاربرد کود شیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی بیشترین تأثیر بر شاخص‌های رشدی آلوئه‌ورا داشت و این در حالی بود که ترکیب کود شیمیایی با کود گوسفندی نسبت به کاربرد جداگانه آن تأثیر بیشتری روی خصوصیات آلوئه‌ورا داشت. کودهای بیولوژیک به‌کار برده شده در این آزمایش اگرچه نسبت به کود شیمیایی تأثیر کم‌تری داشتند، ولی با این وجود تمام آن‌ها نسبت به شاهد باعث بهبود خصوصیات آلوئه‌ورا شد که این بهبود در تیمار تلفیقی کودهای بیولوژیک به همراه کاربرد یا عدم کاربرد کود دامی متفاوت بود، به این صورت که هنگامی که تیمار تلفیقی کود بیولوژیک همراه با کود دامی استفاده شد نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها برتری داشت اما زمانی که بدون کود گوسفندی استفاده شد کاربرد جداگانه نسبت به تلفیق آن‌ها تأثیر مثبت بیشتری داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مهندس ابراهیم فرخی و مهندس کهزاد سرطاوی که در اجرای این تحقیق یاریگر ما بودند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

Adams, S.P., Leitch, I.J., Bennett, M.D., Chase, M.W., and Leitch, A.R. 2000. Ribosomal DNA evolution and phylogeny in Aloe (*Asphodelaceae*). American Journal of Botany 87(11): 1578-1583.

Aeini, M., Yousefi Rad, M., and Ehteshami, S.M. 2012. The effects of growth stimulant bacteria on qualitative and quantitative yield of *Aloe vera*. Annals of Biological Research 3(12): 5669-5673.

Akbari, G., Ghorchiani, M., Alikhani, H.A., Allahdadi, I., and Zarei, M. 2012. Effect of biological and chemical phosphate fertilizers on growth indices and grain yield of maize under deficit irrigation conditions in Karaj region. Journal Science of Soil and Water 22(4): 51-67. (In Persian with English Summary)

Al-Mario Casimir, J., and Morales-Payan, P. 2003. Growth and yield of cilantro fertilized with cow and sheep manures. 1th International Hourticultural Congress: The Future for Medicinal and Aromatic Plants. Metro Toronto Convention Center pp. 91.

Araji, A.A., Abdol, Z.O., and Joyce, P. 2001. Efficient use of animal manure on cropland-economic analysis. Bioresource Technology 79: 179-191.

Balak, D.G.R. 1993. A growth analysis comparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. Crop Science 24: 1184-1191.

Brussard, L., and Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agriculture Systems. NewYork: Lewis Publishers, U.S.A. 168 pages.

Deng, S.P., Parham, J.A., Hattey, J.A. and Babu, D. 2006. Animal manure and anhydrous ammonia amendment alter microbial carbon use efficiency, microbial biomass and activities of dehydrogenase and amidohydrolases in semi arid agro ecosystems. Applied Soil Ecology 33: 258-268.

Eddowes, M. 1962. Physiological studies of competition in *Zea mays* L. I. Vegetative growth and ear development in maize. Journal of Agricultural Science 72: 85-193.

Farrokhi, E., and Nassiri Mahallati, M. 2013. Situation of *Aloe vera* production in Bushehr province. 8th Congress of Iranian Horticultural Science 2982-1987. (In Persian)

Fisher, K.S., and Wilson, G.L. 1975. Effect of fertilizer on growth and yield in *sorghum bicolor*. Australian Journal of Agricultural Reserarch 26: 31-41.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press. ISBN: 1-57504-043-3, U.S.A 357 pp.

Hamman, J. 2008. Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel. Molecules 13(8): 1599-1616.

Harshavardhan, P.G., Vasundhara, M., Raviraja Shetty, G., Nataraja, A., Sreeramu, B.S., Chandre Gowda, M., and Sreenivasappa, K.N. 2007. Influence of spacing and integrated nutrient management on yield and quality of essential oil in lemon balm (*Melissa officinalis* L). Biomed 2(3): 288.

Hazrati Yadekori, S., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2012. Effects of different nitrogen fertilizer levels and hormone benzyl adenine (BA) on growth and ramet production of *Aloe vera* L. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants 28(2): 210-223. (In Persian with English Summary)

Hernández-Cruz, L.R., Rodriguez-García, R., Rodríguez, D.J. and Angulo-Sánchez, J.L. 2002. *Aloe vera* Response to Plastic Mulch and Nitrogen: 570-574. In: Janick, J. and Whipkey, A., (Eds.). Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press 599 p.

Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Soil Fertility and Biofertilizers (An Agroecological Approach). Ferdowsi University of Mashhad Press. Publication No. 603, Mashhad, Iran 250 pp. (In Persian)

Kathuli, P., Nguluu, S.N., Musyoki, R., Omari, F., Matimbii S.M., and Mutunga, R. 2010. Effects of fertilizer and manure application on growth and adaptability of three common aloe species in semi-arid eastern Kenya. Proceedings of 12th KARI Biennial Conference held at KARI Hqts, 8-12 Nov. 1043-1048, Nairobi, Kenya.

Khavazi, K., Asadi Rahmani, H., and Malakouti, M.J. 2005. Production of bio-fertilizers in Iran. Ministry of Agriculture. (In Persian)

Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Jahad Mashhad University Press, Iran 740 pp. (In Persian)

Koocheki, A., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati, M., and Sadr Abadi, R. 1988. Physiological basis of crop growth and development. Razavi Cultural Foundation. (In Persian)

Krishna Moorthy, S., and Malliga, P. 2012. Plant characteristics, growth and leaf gel yield of *Aloe barbadensis* miller as affected by cyanopith biofertilizer in pot culture. International Journal of Civil and Structural Engineering. 2(3): 884-892.

Mali, A.L., and Patidar, M. 2004. Effect of farmyard manure, fertility levels and bio-fertilizers on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghom bicolor*). Indian Journal of Agronomy 4(2): 117-120.

Manjunatha, H.M., Sreeramu, B.S., Raviraja Shetty, G., Vasundhara, M., and Chandre Gowda, M. 2007. Influence of irrigation regimes and fertility levels on growth of long pepper (*Piper longum* L.). Biomed 2(3): 272.

Mirza, H., Kamal Uddin, A., Khalequzzaman, K.M., Shamsuzzaman, A.M.M., and Kamrun, N. 2008. Plant characteristics, growth and leaf yield of *Aloe vera* as affected by organic manure in pot culture. Australian Journal of Crop Science 2(3): 158-163.

Morton, J.F. 1961. Folk uses and commercial exploitation of Aloe leaf pulp. Economic Botony 15: 311- 319.

Mossedaq, F., and Smith, D.H. 1994. Timing nitrogen application to enhance spring-wheat yields in a mediteranian climate. Agronomy Journal 86: 221-226.

Mota-Fernández, S., Álvarez-Solis J.D., Abud-Archila, M., Dendooven, L., and Gutiérrez-Miceli, F.A. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus concentration on plant growth and phenols in micropropagated *Aloe vera* L. plantlets. Journal of Medicinal Plants Research 5(27): 6260-6266.

Omidbaigi, R. 2010. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi Publications (Behnaashr Co.), Volume four, Mashahd, Iran 423 pp. (In Persian)

Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M.R., Rahimi, A. and Tavakoli, A. 2010. 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)

Ramachandra, C.T., and Srinivasa, P. 2008. Processing of *Aloe Vera* gel: a review. American Journal Agricultural and Biological Science 3(2): 502-510.

Rodriguez-Garcia, R., Jasso de Rodriguez, D., Gil-Marin, J.A., Angulo-Sanchez, J.L., and Lira-Saldivar, R.H. 2007. Growth, stomatal resistance, and transpiration of *Aloe vera* under different soil water potential. Industrial Crops and Products 25: 123-128.

Russel, M.P., Wilhelm, W.W., Olson, R.A., and Power, J.F. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science 24: 28-32.

Sabahi, H., Takafooyan, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Liyaghati, H. 2010. Effects of integrated application of farmyard manure, plant growth promoting rhizobacteria and chemical fertilizers on production of canola (*Brassica napus* L.) in saline soil of Qum. Journal of Agroecology 2(2): 287-291. (In Persian with English Summary)

Sarmadnyia, G., and Koocheki, A. 1989. Crop Physiology. Jahad Mashhad University Press, Mashhad, Iran 400 pp.

Sarmadnyia, G., and Koocheki, A. 1992. Physiological Aspects of Dryland Farming. Jahad Mashhad University Press, Mashhad, Iran 424 pp. (In Persian)

Srtavi, K. And Gholamian, F. 2004. Medicinal plants of Bushehr Province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 20(2): 213-227. (In Persian with English Summary)

Thierfelder, C., Amézquita, E., and Stahar, K. 2004. Effects of intensifying organic manuring and tillage practices on penetration resistance and infiltration rate. Soil and Tillage Research 68: 101-108.

Wallace, J. 2001. Organic field Crop Handbook. Canadian Organic Growers. Ottana, Ontario 292 pp.

Williams, W.A. 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density on yield and component yield of growth, net assimilation rate and leaf area index. Crop Science 5: 215-219.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trail. Geoderma 125: 155-166.

Yazdani, D., Rezaei, M.B, Kyanbakht, S., and Khosravani, S. 2006. Overview of various aspects of medicinal *Aloe vera* (L.) Burm.f. Journal of Medicinal Plants 5(19): 1-8.

Ziaee, A.A., Mesgarpur, B., and Shabestary, A. 2005. Medicinal Plants: Evidence-based: Contraindications and Drug Interactions. Publications Tymurzadh, Iran 456 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 1-21

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۱-۱

The Effect of Manure, Chemical and Biological Fertilizers on *Aloe vera* Growth in Boushehr Province

E. Farrokhi[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and R. Khademi[3]

Submitted: 27-10-2013
Accepted: 08-06-2014

Farrokhi, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Khademi, R. 2018. The effect of manure, chemical and biological fertilizers on *Aloe vera* growth in Boushehr province. Journal of Agroecology. 10(1): 1-21.

Introduction

Food production to meet the demand for the world's growing population will be more difficult in the second half of the century than the first half. The increase in world population will result to greater pressure on agricultural lands in order to produce more crops. Therefore, the idea of increasing production per unit of area is inevitable by the applying chemical fertilizers which consecutively leads to serious environmental consequences. The same is true for production of cosmetics and pharmaceutical species including *Aloe vera* gel which is attracting excessive interest during the recent years. Scientific investigations of *A. vera* show that when it is prepared as a gel, it is more effective in treating stomach ailments, gastrointestinal problems, skin diseases, constipation and radiation injury. In most of the experiments conducted on *Aloe vera*, only the morphological characteristics were considered and the physiological aspects as well as the growth indices have been overlooked. On the other hands there is a limited number of published scientific resources regarding the application of manure and biological fertilizers on *Aloe vera*. The aim of this study was to evaluate different nutritional management methods in production of *Aloe vera* as a medicinal plant under the climatic conditions of Bushehr province so as to replace the chemical fertilizers by the manure and biological ones. Introducing such ecological methods could take a step forward towards the sustainable production of this valuable medicinal species.

Materials and Methods

The experiment was arranged as split plots based on randomized complete block design with three replications on a land area of 500 m^2. The main plot factor included the application of manure (0 and 20 tons per ha) and the sub plot factor was the application of biological and chemical fertilizers in five levels: 1- Chemical fertilizer (80 kg triple superphosphate per ha and 200 kg urea per ha), 2- biological fertilizer Mycorrhiza, 3- bio-fertilizer Nitragin which contained three genus of *Azotobacter* spp., *Pseudomonas* spp. and *Azospirillum* spp. 4- the combination of two biological fertilizers (Mycorrhiza+Nitragin), and 5- the unfertilized control. Leaf area index (LAI) and total dry matter (TDM) were measured 150 days after planting in monthly intervals. The measured values of LAI and TDM were subjected to functional growth analysis and growth indices including crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) and leaf area ratio (LAR) were calculated.

Result and Discussion

The results showed that the interaction between manure and either of chemical or biological fertilizers on leaf area index and maximum dry matter production of *Aloe vera* was significant. Application of manure improved nearly all growth indices in comparison with plants did not receive manure. Manure combined with chemical fertilizer had the greatest impact on the growth of *Aloe vera*. So that integration of manure with chemical fertilizer was led to the highest values of LAI (6.1), CGR (0.79 g m^{-2} d^{-1}) and TDM (111.57 g m^{-2}). Finally, the results showed that chemical fertilizers can be replaced with combination of manure and biological fertilizers for higher and more quality of *Aloe vera* yield.

1, 2 and 3- MSc. Graduated, Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Deputy of research, Agriculture and Natural Resources Research Center of Bushehr province, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.26900

Conclusion

The results achieved in this study showed that *Aloe vera* had responded positively to different methods of nutrient management. Chemical fertilizer had a greater impact on the growth indices of *Aloe vera* than other fertilizers, furthermore when it used in combination with manure, growth was more pronounced in comparison with individual application. Although biological fertilizers used in this experiment were less effective than chemical fertilizer, all of them were improved *Aloe vera* properties compared to the control. Likewise, this improving properties was different in combination of biological treatments with or without manure. When manure was used, combination of biological treatments wiht manure was better than their separate application. When manure was not used, separate application was better than their integrated.

Acknowledgment

We are grateful to Ebrahim Farrokhi and Kohzad Sartavi for their help with the field experiments, collecting field data and providing necessary advices to carry out this work.

Keywords: Crop Growth Rate, Leaf Area Index, Mycorrhizal, Nitragin, Relative Growth Rate

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۳۴-۲۲

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 22-34

شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم‌نظام‌های زراعی: ابعاد تاریخی تکامل کشاورزی

علیرضا کوچکی[1*]، پرویز رضوانی مقدم[1]، فرزین عبدالهی[2] و لیلا جعفری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۵

کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ.، عبدالهی، ف.، و جعفری، ل. ۱۳۹۷. شناسایی و ارزیابی زراعی و اکولوژیک گیاهان فراموش شده در بوم نظام‌های زراعی: ابعاد تاریخی تکامل کشاورزی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۳۴-۲۲.

چکیده

اغلب مورخین و باستان‌شناسان، ایران را به‌عنوان یکی از خاستگاه‌های اصلی پیدایش تمدن بشری و کشاورزی یاد می‌کنند. از آثار تمدن بشری به جای‌مانده از هزاران سال پیش در نقاط مختلف فلات ایران به خوبی می‌توان دریافت که ایرانیان باستان نقش مهمی را در ایجاد و توسعه کشاورزی ایفا کرده‌اند. بر اساس مدارک باستان‌شناسی پیش از آن‌که کشاورزی در سایر نقاط جهان آغاز گردد، در فلات ایران کشاورزی شروع شده است. کاوش‌های باستان شناسی در استان ایلام بیانگر آن است که ایرانیان باستان جزء اولین اقوامی بودند که در حدود ۱۰۰۰۰ سال قبل اقدام به اهلی‌سازی گیاهان و حیوانات کردند. البته در طول زمان پیشرفت کشاورزی روند ثابتی را نداشته و با توجه به حوادث سیاسی، اجتماعی و اقتصادی دستخوش حوادث زیادی شده است. در زمان هخامنشیان و ساسانیان به دلیل توجه زمامداران به امر کشاورزی، نه تنها در زراعت و دامپروری پیشرفت‌های شگرفی حاصل شده بود بلکه در عملیات زیرساختهایی نظیر سدسازی و روش‌های آبیاری از جمله احداث قنات نیز ابداعات فراوانی صورت گرفته بود. احداث و توسعه راه‌های ارتباطی بین ایران و سایر ملل منجر به افزایش مبادلات تجاری از جمله صادرات و واردات محصولات کشاورزی شد و این امر موجب معرفی و کشت گیاهان جدید در ایران گردید. در برخی دوران‌ها وقوع جنگ‌های متعدد از عوامل اصلی در عقب‌ماندگی کشاورزی ایران بود. به‌عنوان مثال، از پیامدهای حمله مغول به ایران، نابود شدن تأسیسات آبیاری، زمین‌های کشاورزی، کاهش سطح زیر کشت گیاهان زراعی، نابودشدن دام‌ها و از بین رفتن نیروی کار انسانی بود. با ظهور شخصیت‌های تاثیرگذاری در طول تاریخ چون غازان خان، قائم مقام فراهانی و امیرکبیر، بسیاری از عقب ماندگی‌های حاصله جبران شد. در طی تاریخ ۱۰ هزار ساله کشاورزی ایران هنوز بخش عمده‌ای از تلاش‌های نیاکان ما در زیر خروارها خاک پنهان بوده که آثار تلاش‌های بی‌وقفه آن‌ها در تمام نوشتارهای علمی و تاریخی جهان موجود است و جای آن دارد که این دستاوردهای عظیم پیشینیان خود را که غبار تاریخ آن‌را از دید جهانیان مخفی نگه داشته است غبار روبی نموده و با شبیه‌سازی آن‌چه گذشتگان ما در درازای تاریخ به جهانیان عرضه کرده‌اند، شکوه و عظمت گذشته کشاورزی باستانی را بازیابیم.

واژه‌های کلیدی: ایران باستان، دوره‌های تاریخ ایران، فلات ایران

مقدمه

فلات ایران از سمت شرق به دره‌های سند، از مغرب به کوه‌های زاگرس، از شمال به دریای مازندران، کوه‌های قفقاز و آمودریا (رود جیحون) و سرانجام از جنوب به خلیج فارس و دریای عمان محدود می‌شود. وسعت این فلات حدود ۲/۶۰۰/۰۰۰ کیلومترمربع است که تقریبا نیمی از آن یعنی ۱/۶۴۸/۰۰۰ کیلومتر مربع آن شامل ایران کنونی است. در اواخر دوران سوم زمین شناسی، فلات ایران به‌تدریج از زیر آب (دریای تتیس) خارج شد. برخی از دریاچه‌هایی که امروز در این فلات مشاهده می‌شوند بازمانده همان دریای بزرگ کهن هستند

۱و ۲- به‌ترتیب استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.37180

(Diakonoff, 1956).

دریای تتیس که فلات ایران را پوشانیده بود، همان‌گونه کـه بـه-تدریج در حال خشک شدن بود، جای خود را به دشت‌های حاصلخیز و مرغزارهای انبوه و گیاهان داد و بدین ترتیب حیوانـات بـه‌سـوی ایـن سرزمین‌ها رو آوردند. حدود پنج‌هزار سال پیش از میلاد، آثـار سـاکنان فلات ایران در این دشت‌ها مشاهده شده اسـت کـه نمونـه آن‌هـا در سیلک کاشان به‌دست آمده است. در ایـن دوران، انسـان از گیاهـان و میوه درختان برای مصرف خود استفاده می‌کردند و در واقـع نخسـتین آزمایش‌های خود را در زمین برای کشاورزی تجربه می‌کردنـد. آن‌هـا به‌تدریج به رام کردن حیوانات و پـرورش آن‌هـا پرداختنـد و از آن‌هـا برای رفع مشکلات زنـدگی خـود بهـره گرفتنـد. از ایـن پـس دوران گلـه‌داری و کشـاورزی آغـاز شـد (Bagheri Zonoz, 2003; Diakonoff, 1956).

در حدود اوایل هزاره دوم پیش از میلاد، رویدادهایی چـون سرد شدن ناگهانی هوا، زیاد شدن جمعیت قبیله‌ها، کمبود مواد غذایی به‌علت خشک شدن چراگاه‌ها و رستنی‌ها در آسیای مرکـزی رخ داد و موجب نقل و انتقال قبیله‌ها و قوم‌های ایرانـی شـد (Sykes, 1915). در میان قبیله‌های زیادی که در حدود ۱۷۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در شمال و بین دریای سیاه و دریای مازندران بـه حالـت چادرنشـینی می‌زیستند، دو قبیله ماد و پارس به‌سوی سرزمین‌های جنوبی‌تـر کـوچ کردند. این دو قبیله به تـدریج از قفقـاز گذشـته، در پیرامـون دریاچـه ارومیه که از دشت‌های سرسبز و خرم پوشیده شده بود، ساکن شدند و به کار دامداری، کشاورزی و تربیـت اسـب پرداختنـد و بـدین ترتیـب پایه‌گذار کشاورزی ایران شدند (Diakonoff, 1956). از آن‌جا که در نزد اغلب مورخین و باستان شناسان سرزمین ایران به عنوان یکـی از خاستگاه‌های اصلی پیدایش تمدن بشری و بالتبع آن کشاورزی مطرح می‌باشد، در این مقاله سعی شده است با بررسی منـابع مختلـف رونـد ایجاد و گسترش کشاورزی در ایران باستان مورد بحث و بررسی قـرار گیرد. بدین منظور دوره‌های مختلف تاریخ از زمان حضور انسـان‌هـای اولیه در فلات ایران تا پایان دوره قاجار مد نظر قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

روش این تحقیق به شیوه ترکیبـی (توصـیفی- تحلیلـی) بـوده و برای جمع‌آوری اطلاعـات مـورد نیـاز از منـابع اطلاعـاتی و اسـنادی موجود در کتب تاریخی و پایگاه‌های اطلاعاتی و همچنـین مطالعـات کتابخانه‌ای، بررسی گزارش‌ها و مستندات موجود و اینترنتـی اسـتفاده شد. برای بررسی ابعاد تکامل تاریخ کشاورزی ایران با توجه به اسـناد تاریخی موجود، دوره‌های مورد مطالعه شامل شکل‌گیری کشاورزی در فلات ایران به عنوان سرآغاز کشاورزی جهان، دوره‌های هخامنشـیان تا حمله اسکندر، استیلای اسکندر، اشکانیان، ساسانیان، حضور عرب‌ها در ایران، سده‌های ۱۰ الی ۱۳ مـیلادی، مغـول، صـفویان، افشـاریه و قاجاریه در نظر گرفته شد و در نهایت، در هر دوره وضعیت کشـاورزی ایران و گیاهان زراعی رایج، بررسی گردید.

نتایج و بحث

۱-فلات ایران سرآغاز کشاورزی جهان؛ شـواهد تـاریخی و باستان‌شناسی

انسان ابتدایی در ایران، مانند دیگـر کشـورهای کهـن، در دامـان طبیعت زندگی می‌کرد و برای ادامـه زنـدگی ناچـار بـود بـا حیوانـات وحشی و عوامل نامساعد طبیعت مبارزه کند و حیوانـات ضـعیف‌تـر از خود را شکار و گوشت خام آن‌ها را مصرف نماید و یا از میوه درختـان و برگ و ریشه گیاهـان اسـتفاده نمایـد (Ravandi, 1985). در ایـن راستا قیرشمن (Ghirshman, 1978) ضمن توصیف زندگی «انسـان غار» مـی‌گویـد: انسـان پـیش از تـاریخ کـه بیشـتر در فـلات ایـران می‌زیست، در سوراخ‌هایی که در جوانب پر درخت کوه‌ها حفر می‌شد و به‌وسیله شاخه‌های درختان مسقف می‌گردید، زندگی می‌کرد. در بهـار سال ۱۹۴۹ میلادی، ما نخستین بار در ایـران، آثـار و بقایـای انسـان عهد مزبور را در حفاری غاری در «تنک پَبده» در کوه‌هـای بختیـاری واقع در شمال شرقی شوشتر، تشخیص دادیم (Ghirshman, 1978).

بر اساس مدارک باستان شناسی، قبل از آن‌که کشاورزی در سایر سرزمین‌های پست آغاز شود، در فلات ایران کشت و زرع شروع شـده بود (Farshad, 1987). تمدن شوش، نخستین تمـدنی اسـت کـه در این محل کشف گردیده و تاریخ آن را می‌توان مربوط به اوایل عصـر مس دانست، زیرا ابزار و آلات مسی در این محل به‌دست آمده اسـت. انسان این دوره از گیاهان زراعی بذرگیری می‌کرده و علاوه بر کشـت غلات از الیاف گیاهی با مهارت تمام در پارچه‌بـافی بهـره مـی‌گرفتـه است (Wilson, 1938).

از کاوش‌های انجام شـده در غارهـای خـار، کمربنـد و هوتـو در نزدیکی بهشهر و دیگر مناطق ایران، ابزار و آلات ویژه‌ای بـه اشـکال هندسی مختلف کشف شده است که به تشـخیص باسـتان شناسـان،

فرهنگ ساکنان این غارها، مربوط به پایان هزاره دهم تا یازدهم پیش از میلاد بوده و در آن زمان، در این مناطق نخستین گام در راه کشاورزی و دامداری برداشته شده است. در آن دوره، ساکنان زاگرس، بذرهای غلات خودرو را به عنوان غذا مصرف می‌کرده‌اند و در عین حال به اهلی کردن حیوانات و پرورش دام‌ها می‌پرداختند (Wilson, 1938; Farshad, 1987; Bagheri Zonoz, 2003). کاوش‌های باستان‌شناسی که در منطقه چوگا گلان[1] ایلام انجام شده است بیانگر این حقیقت است که ایرانیان باستان جزء اولین اقوامی بودند که در حدود ۱۰۰۰۰ سال قبل اقدام به اهلی‌سازی گیاهان وحشی و حیوانات کردند و این موضوع منجر به فراهم آوردن بستری برای توسعه جوامع بشری در عصر حجر جدید شد (Riehl et al., 2013).

آثار به‌دست آمده از حفاری‌های سیلک کاشان، شوش، لرستان، تخت جمشید و دامغان نشان می‌دهد که کشاورزی ایران حداقل از شش هزار سال پیش از میلاد آغاز شده است (Farshad 1987; Bagheri Zonoz, 2003). در کاوش‌های باستان‌شناسی که در این مناطق انجام شده است بذوری از گندم (*Triticum aeastivum* L.) و جو (*Hordeum vulgar*e L.) به‌دست آوردند که نشان از پنج تا شش‌هزار سال سابقه دارد (Ghirshman, 1978). بر اساس مدارکی که در پایان هزاره ششم قبل از میلاد از دهلران به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که در آن زمان در خوزستان علم گیاه‌شناسی به محدود فعالیت کشاورزی وارد شده و رواج یافته است. اما تأسیسات آبیاری پیشرفته از هزاره چهارم قبل از میلاد شکل گرفته است. در هزاره پنجم–ششم قبل از میلاد کشت دیم (در خوزستان و کرمان) معمول شد (Ghirshman, 1978; Bagheri Zonoz, 2003). در هزاره ششم قبل از میلاد، در بسیاری از مناطق، پرورش دام‌های شاخ‌دار بزرگ بز و گوسفند گسترش یافته است. آبیاری با شیوه‌های ابتدایی در این مناطق رفته‌رفته معمول گردید (Grantovskii et al.,1982).

در حدود هزاره‌های چهارم و پنجم قبل از میلاد به سبب مرطوب بودن هوای این سرزمین، کشاورزی در ایران در حال گسترش بوده است، اما رفته‌رفته آب و هوای منطقه تغییر کرده و رطوبت و بارندگی کاهش پیدا کرده و در نتیجه آب و هوای کشور رو به خشکی گذاشت (Ghirshman, 1978; Bagheri Zonoz, 2003). با این همه، شواهد غیر مستقیمی وجود دارد که در اوایل هزاره چهارم و پنجم قبل از میلاد، اهالی خزر کشاورز بوده‌اند و در نتیجه مردم فلات ایران را می‌توان اولین کشاورزان جهان نامیده و بیان کرد که دانش کشاورزی و زراعت، از فلات ایران، به سه ناحیه سند، ماوراءالنهر و بین‌النهرین منتقل گردیده است (Ghirshman, 1978).

بررسی تاریخ ایران در پایان هزاره چهارم و سوم قبل از میلاد نشان می‌دهد که پیشرفت قابل توجه جوامع روستایی باعث رشد اقتصاد کشاورزی گردید، از جمله روش‌های آبیاری معمولی در مناطق کشاورزی به میزان زیادی گسترش یافت. در منطقه میان‌رودان (بین‌النهرین) کشاورزی رونق شایانی گرفت و این موضوع به اتحاد سیاسی آن ناحیه کمک فراوانی کرد (Grantovskii et al., 1982). کاوش‌هایی که در شوش صورت گرفته است نشان می‌دهد که در سه هزار سال قبل از میلاد مسیح، گندم را در کندو و مخزن‌هایی به نام تاپو نگه می‌داشته‌اند. این‌گونه مخزن‌ها هنوز هم در برخی از نقاط ایران دیده می‌شود. در کاوش‌های تپه مارلیک یا چراغعلی تپه (رودبار) مجسمه کوچک یک جفت گاو مجهز به ابزارهایی که شبیه گاوآهن‌های سنتی امروز است به‌دست آمده است. این مجسمه شاهد گویایی است که در این قسمت از کوه‌های البرز مردم به کشاورزی مشغول بوده و خاک‌ورزی انجام می‌داده‌اند (Bagheri Zonoz, 2003).

ابزار کشاورزی متعلق به ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد که از تپه حسنلو در جنوب غربی دریاچه ارومیه به‌دست آمده است نشان می‌دهد که در این مناطق خاک‌ورزی با گاوآهن انجام می‌گرفته است و پرورش دام و کشت انگور (*Vitis vinifera* L.)، جو، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و گندم در این منطقه رایج بوده است (Grantovskii et al., 1983). در زمان هخامنشیان زراعت عمده و اصلی ایرانیان گندم بوده است. در هیرکانیه (گرگان فعلی) کنجد (*Sesamun indicum* L.) کشت می‌شده و در قرن اول پیش از میلاد، کاشت گندم، جو، یونجه (*Medicago sativa* L.)، انجیر (*Ficus* sp.)، انگور و دیگر درختان میوه در نقاط مختلف ایران معمول بوده است. در این دوره ایرانیان همه درختان میوه‌ای را که در یونان وجود داشته به‌جز زیتون (*Olea europaea* L.) پرورش می‌داده‌اند. در آن زمان نه تنها غلات و درختان میوه و غیر مثمر تزئینی تولید می‌شده است بلکه به کشت و تولید گیاهان دارویی، صنعتی، روغنی و رنگی اهتمام داشته‌اند (Petrushevsky, 1968).

1- Chogha Golan

۲-دوره هخامنشیان تا حمله اسکندر (۵۵۰-۳۳۰ پیش از میلاد)

دوره هخامنشی یکی از دوران‌های پیشرفت و شکوفایی تمدن ایرانی به‌شمار می‌آید و در آن دوره کشاورزی رونق قابل توجهی پیدا کرد و زمامداران به این امر اهمیت فراوانی می‌داده‌اند (Iranshahr 1963).

در زمان داریوش اول، یک رشته تغییرات اساسی در نظام مالکیت به‌وجود آمد و تحولات و اصلاحات تازه‌ای در زندگی کشاورزان پدید آمد (Bagheri Zonoz, 2003). توجه دولت هخامنشی به کشتکاری و بازرگانی و نیز تشویق مردم به کشاورزی، باعث شد مشکل بیکاری در ایران آن زمان وجود نداشته و هرکس پیشه و هنری نداشت با تشویق هایی که به عمل می‌آمد به کشاورزی می‌پرداخت (Sykes, 1915; Iranshahr, 1964).

پادشاهان هخامنشی در بهره‌برداری از منابع طبیعی و آب و خاک و توسعه بازرگانی و کشاورزی دلبستگی فراوان داشتند و همواره کشاورز و کشاورزان را می‌ستودند. آن‌ها به پرورش درختان مختلف بسیار اهمیت می‌دادند و در پیرامون کاخ‌های خود باغ‌های بزرگ پردرخت زیبایی به‌وجود می‌آوردند که به آن‌ها پردیس می‌گفتند و بر مبنای همین باغ‌های پر درخت و زیبای هخامنشی است که واژه پرادیس[1] به معنی بهشت در یونان کهن و سپس در کشورهای اروپایی به وجود آمده است (Iranshahr, 1963).

در زمان هخامنشیان ایجاد شبکه ارتباطی گسترده، شرایط را برای پیشرفت کشاورزی و روابط بازرگانی منطقه فراهم ساخت و بابلی‌ها به‌طور گسترده‌ای با مصری‌ها، سوری‌ها، ایلام و آسیای صغیر سرگرم بازرگانی و مبادله کالا و تولیدات کشاورزی شدند، در این میان مصر به شهرهای یونانی غله و کتان (*Linum usitatissimum* L.) می‌فروخت و از آنان روغن زیتون می‌خرید. بابل نیز یکی از تولیدکنندگان عمده گندم بود که با استفاده از راه‌های ارتباطی، این محصول را به مناطق دیگر منتقل می‌کرد (Bagheri Zonoz, 2003).

در آن زمان ایرانیان نه تنها در زراعت برخی گیاهان از جمله کشت گیاهان علوفه‌ای و دامپروری سرآمد بودند، بلکه در مهندسی زراعی، سدسازی و حفر کانال‌های آبیاری نیز مهارت‌های زیادی داشتند. کانال‌های آب زیرزمینی پرپیچ و خمی در تخت جمشید کشف شده است که چندین کیلومتر طول دارند (Rousseau, 1956; Khonji, 2009). تاریخ‌نویسان به‌طور مکرر در رابطه با سدها، مخزن‌های آب، کاریزها، ترعه‌ها، جاده‌ها و پل‌های ساخته شده توسط ایرانیان هخامنشی و اقدامات صورت گرفته توسط آن‌ها برای گسترش و اصلاح کشاورزی و انتقال بذرها و قلمه‌های گیاهان مختلف از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر نوشته‌اند. ایرانیان با احداث چنین سدهایی، زمین‌های پهناور کشاورزی را آباد و قابل کشت می‌کردند. آسیاب‌های آبی در شوشتر گواه بر این ادعاست. آسیاب‌های آبی شوشتر اولین صنعت آب در جهان است (Sykes, 1915; Khonji, 2009).

دوره حکومت‌های هخامنشی پس از ۲۳۰ سال زمامداری در ایران، در سال ۳۳۱ قبل از میلاد در برابر هجوم لشکریان اسکندر مقدونی از پای درآمد. پس از فروپاشی هخامنشیان سرزمین آباد ایران که روزی از برکت وجود سدها و شبکه‌های آبیاری از یک سو و داشتن خاک حاصلخیز از سوی دیگر، از جنگل‌ها و دشت‌های سرسبز خرم پوشیده شده بود رو به نابودی نهاد (Grantovskii et al., 1982).

۳- دوره استیلای اسکندر (۳۳۴ - ۳۲۶ پیش از میلاد)

در این دوره روم عامل مهمی در تجارت جهانی بود. غیر از چوب و فلزات که بسیار مورد تقاضا بود، اشیاء دیگری مانند جواهرات، داروهای گیاهی، محصولات کشاورزی، مرهم‌ها، روغن‌ها، انواع عطرها، ارغوان، گلاب، ظروف سفالین، پارچه، اشیاء هنری و پاپیروس وارد ایران شد و در مقابل از ایران پوشاک، زینت آلات، دارو، فرش، گندم و سرب صادر می‌شد. در این دوره کاشت گیاهان زراعی توسعه یافت و تعدادی از گیاهان و حیوانات تازه وارداتی پرورش یافت و همزمان گیاهان مختلفی به اروپا و ایتالیا راه یافت. پنبه (*Gossypium* sp.)، لیمو (*Citrus limon* L.)، خربزه (*Cucumis melo var.inodorus* L.)، کنجد، جوز هندی (*Myristica fragrans* Houtt.)، زیتون، خرما (*Phoenix dactylifera* L.)، انجیر، اردک و گاو آسیایی، موجب ایجاد انقلاب در کشاورزی و دامداری ایتالیا گردید (Ravandi, 1985). سلوکیان، با آماده‌سازی زمین‌های کشاورزی و زهکشی نواحی جدید، اراضی بایر را قابل کشت کرده و دانش کشاورزی توسعه یافت. به‌طوری‌که در این دوره گاوآهن‌های جدید ابداع و استفاده شد (Ravandi, 1985).

1- Paradis

۴-دوره اشکانیان (پارتیان) (۲۴۷-۲۲۴ پس از میلاد)

در سال ۲۵۰ قبل از میلاد پارت‌ها که از قبایل آریایی بودند از شرق ایران قیام کردند و یوغ استیلای یونانی را در هم شکستند و شهر مداین[1] را در کنار اروندرود پایتخت خود کردند (Sykes, 1915). در این دوره به تدریج اراضی کوچک زراعی از بین رفتند و تبدیل به املاک مالکان بزرگ (فئودال‌ها) شدند. مدارک تاریخی به‌دست آمده نشان می‌دهد که در زمان اشکانیان دامداری و بهره‌برداری از چراگاه‌ها در شرق پارت رایج بوده و در غرب ایران، کشت غلات (به‌ویژه گندم و جو) و درختان مثمر و زینتی نیز معمول بوده است (Petrushevsky, 1968).

اسناد باستانی نشان می‌دهد که در زمان پارت‌ها تعداد و وسعت روستاها و همچنین وسعت اراضی که با سیستم آبیاری کشت می‌شدند نسبت به زمان‌های پیشین پیشرفت کرد. وجود کشت‌زارهای پهناور غلات، تاکستان‌ها و باغ‌های گسترده نمایانگر پیشرفت سریع کشاورزی در زمان پارت‌ها بود. کشت گیاهان صنعتی مانند پنبه و کنجد در کشاورزی آن زمان به‌شدت معمول بود. قبایل بزرگ کوچ‌نشین که دارای اقتصاد دامداری بودند، پیرامون مزارع کشاورزی جای می‌گزیدند و به پرورش دام مشغول می‌شدند. اسنادی که در جنوب ترکمنستان به‌دست آمده نشان می‌دهد که میان دامداران کوچ‌نشین و ساکنان واحه‌ها، داد و ستدهای گسترده‌ای انجام می‌گرفته و مبادلات کالا در زندگی آن‌ها رایج بوده است (Grantovskii et al., 1982). طبق اسناد به‌دست آمده، در این دوره در شرق پارت اقتصاد دامداری وجود داشته و بهره‌برداری از مراتع مرسوم بوده است. در غرب ایران، روستاییان به کشت غلات، به‌ویژه گندم و جو می‌پرداختند. صیفی‌کاری، کشت درختان میوه و پرورش انگور رونق داشته است (Bagheri Zonoz, 2003).

۵-دوره ساسانیان (۶۵۱-۲۲۴ میلادی)

اسناد و شواهد تاریخی، کم و بیش ساختار اجتماعی ایران را در زمان ساسانیان روشن کرده‌اند. در این دوره برخی از طبقات اجتماعی از پرداخت مالیات معاف بودند و بار سنگین پرداخت مالیات به دوش طبقات معدودی از مردم از جمله دهقانان گذاشته شده بود. این وضع تا زمان خسرو اول انوشیروان (۵۷۹-۵۳۱ بعد از میلاد) ادامه داشت (Sykes, 1915). در سده ششم و همزمان با پادشاهی انوشیروان، کشاورزی در ایران پیشرفت قابل توجهی کرد. در این زمان، کشاورزی و اقتصاد ایران به اوج شکوفایی خود رسید، بسیاری از کشاورزان صاحب زمین شدند و از زیر بار سنگین مالیات رها شدند. از همه مهم‌تر سیستم‌های آبیاری و ایجاد کانال‌های آبرسانی برای مزارع به گونه چشمگیری پیشرفت کرد. بنابر مدارکی که از منابع تاریخی به‌دست آمده در سده ششم کشت غلات، پرورش درختان میوه مانند انگور و خرما، فرآورده‌های رنگی مانند زعفران (*Crocus sativus* L.) و روناس (*Rubia tinctorum* L.) و همچنین کشت گیاهان صنعتی مانند کتان، کنف (*Hibiscus cannabinus* L.) و پنبه رایج بوده است. در این زمان برای نخستین بار محصولات زراعی تازه‌ای از هندوستان وارد گردید. از میان آن‌ها می‌توان برنج (*Oryza sativa* L.)، نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) و نیل هندی (وسمه) (*Indigofera tinctoria* L.) را نام برد که نیشکر در خوزستان و نیل هندی در کرمان کشت می‌شده است (Grantovskii et al., 1982; Bagheri Zonoz, 2003).

از آن‌جایی که راه‌های کاروان‌رو که بندرهای مدیترانه شرقی را به آسیای مرکزی، چین و هندوستان متصل می‌کردند عموماً از ایران می‌گذشتند، به این حمل ونقل محصولات در ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود. مهم‌ترین کالاهای صادراتی ایران در این زمان عبارت بودند از انواع پارچه‌های ابریشمی، پشمی، کتانی، پنبه‌ای و همچنین قالی، جواهرات، مصنوعات فلزی و پشم که از دامداران مناطق کوهستانی به‌دست می‌آمد. در این دوره غلات، روغن زیتون، نیشکر از خوزستان، خرما، انگور و خشکبار نیز به کشورهای دیگر صادر می‌گردید (Bagheri Zonoz, 2003).

۶- دوران حضور عرب‌ها در ایران

در سال ۶۳۷ میلادی، در زمان حکومت یزدگرد سوم، ایرانیان در مقابل لشکریان عرب‌ها شکست سنگینی را متحمل شدند و به دنبال آن شهر تیسفون، پایتخت ساسانیان، تخلیه و به‌وسیله اعراب اشغال شد. در زمان استیلای عرب‌ها بسیاری از سدها که در زمان هخامنشیان و ساسانیان ساخته شده بودند به‌دست اعراب ویران شد. اما برخی از کشاورزان به اطاعت سرداران عرب درآمدند و توانستند جان و مال خود را مصون نگهدارند و به فعالیت خود ادامه دهند. این کشاورزان مجبور بودند هر سال باج و خراج سنگینی به صورت نقدی و یا تولیدات کشاورزی بپردازند (Bahrami, 1951).

1- Ctesiphon

در زمان خلافت بنی‌امیه در ایران فشار زیادی به کشاورزان وارد شد. وصول مالیات‌های سنگین، رشد و گسترش کشاورزی را محدود ساخت. زمین‌های آن‌ها به‌دست مالکان و امیران عرب که از سرزمین‌های دیگر کوچ کرده بودند افتاد. این‌گونه اقدامات، کشاورزی ایران را به بن‌بست کشانید و تولید محصول را به شدت پایین آورده بود و در نتیجه روستاییان زمین‌های کشاورزی را رها کرده و به کارهای دیگر پرداختند (Bagheri Zonoz, 2003).

در زمان خلافت عباسیان (۷۵۰ تا ۱۲۵۸ میلادی) کشت و کار و تولیدات کشاورزی مورد توجه قرار گرفت، در نتیجه کشاورزان از نو به فعالیت‌های کشاورزی و آبادانی کشور بازگشتند. زمین‌هایی که در زمان بنی‌امیه بایر مانده بودند به کوشش زمامداران عباسی اصلاح شدند و مورد استفاده قرار گرفتند و به موازات آن‌ها به حفر نهرها، احداث سدها و فراهم آوردن وسایل کشاورزی همت گماشتند (Bagheri Zonoz, 2003).

۷- پایان سده نهم الی سده ۱۳ میلادی

ایران در انتهای سده نهم میان دو دولت شرقی و غربی سامانیان و آل بویه تقسیم شد. آل بویه که از فرزندان ابوشجاع بویه از ماهیگیران مشهور ناحیه دیلمان گیلان بودند به سنت‌های ایرانی گرایش داشتند. عضدالدوله که یکی از پرتوان‌ترین افراد خاندان بویه به‌شمار می‌رفت شروع به توسعه کشاورزی ایران نمود. دهقانان را که مالیات‌دهندگان اصلی به شمار می‌آمدند مورد حمایت قرار داد و مأموران را از دریافت باج‌های غیرقانونی باز داشت و جلوی ستم و بیدادگری‌ها را گرفت و به نام فرمانروای دادگر شهرت یافت. نامبرده سد بزرگی بر روی رودخانه "کر" نزدیک شیراز از تخته‌سنگ و سرب بنا نهاد که هنوز آثار آن به نام "بند امیر" باقی است. وی آسیاب‌های آبی و قنات‌های بی‌شماری را احداث کرد. در اواخر سده نهم تا دهم میلادی، روش‌های مختلف آبیاری مانند آبیاری دستی، آبیاری با استفاده از کانال‌های رودخانه، حفر قنات‌ها، چاه‌ها و احداث سدهای آب توسعه یافت. در این زمان، زراعت بسیاری از گیاهان مانند برنج، پنبه، انگور، خرما و گیاهان تولید کننده مواد رنگی رونق یافت. همچنین تولید و پرورش مرکبات در جنوب و کناره‌های دریای خزر معمول گردید. جغرافی‌دانان سده دهم، درباره گسترش فراوان تولیدات کشاورزی، کشت گیاهان صنعتی و پیشرفت صنایع مطالب فراوانی نوشته‌اند. بافندگی در ایران نسبت به دیگر صنایع از اهمیت بیشتری برخوردار بود. پارچه‌های کتان کازرون در این زمان پرآوازه بود. پارچه‌های پنبه‌ای گوناگون در بیشتر شهرهای ایران، مانند اصفهان، ری، همدان، قزوین، قم و نیشابور تولید می‌شد (Bagheri Zonoz, 2003). تولید پنبه در این زمان به‌قدری افزایش یافت که صنعتگران نساج، به جای کتان از پنبه استفاده می‌کردند، به‌طوری که پارچه‌های پنبه‌ای رفته‌رفته جانشین پارچه‌های دیگر الیاف شد. در این زمان در شیراز و دیگر شهرهای فارس، عطر گل، اسانس‌های مختلف و مواد دارویی تولید و صادر می‌شدند. عطر گل فارس به دلیل مرغوبیت بالا حتی به کشور چین صادر می‌شد (Bahrami, 1951; Bagheri Zonoz, 2003). در این دوره راه‌های کاروان رو بسیاری احداث و خطوط آبی و کشتیرانی دایر گردید، از این راه‌ها محصولات کشاورزی ایران به خارج صادر می‌گردید. در این عصر، ایران دارای اقتصاد کشاورزی نیرومندی بود و بسیاری از تولیدات کشاورزی مانند غلات، پنبه، کتان، روغن کنجد، نیشکر، شکر، خشکبار، ابریشم خام، گیاهان رنگی مانند زعفران، روناس، نیل هندی و غیره که بیش از مصرف داخلی بوده به خارج صادر می‌شدند (Bagheri Zonoz, 2003).

در سده یازده و دوازده میلادی همزمان با حکومت سلجوقیان، ابوعلی الحسن الطوسی ملقب به نظام‌الملک وزیر دربار سلطان آلب ارسلان و ملک‌شاه به پیشرفت و گسترش کشاورزی و بهبود وضع زندگی روستاییان علاقه فراوانی داشت. در زمان وی بسیاری از گیاهان زراعی، دارویی صنعتی، سبزی و صیفی کشت می‌شدند. افزون بر این‌ها پرورش کرم ابریشم و زنبور عسل نیز از فعالیت‌های مهم کشاورزان بوده است (Bahrami, 1951). در مورد تحولات کشاورزی ایران در سده سیزده میلادی کمتر مطلبی به چشم می‌خورد. خاورشناسان خارجی نیز بیشتر به چگونگی زندگی دهقانی و یا وضع مالکیت زمین اشاره کرده اند.

۸- دوره مغول (۱۵۰۱-۱۳۷۰ میلادی)

یکی از پیامدهای حمله مغول، نابود شدن تأسیسات آبیاری، زمین‌های کشاورزی، کاهش کشت گیاهان زراعی، نابودشدن دام‌ها و از بین رفتن نیروی کار انسانی بود. یکی از دلایل سقوط اقتصادی و ورشکستگی کشاورزی ایران، سیاست مالیاتی استیلاگران مغول بود. از کشاورزان مالیات‌های سنگین دریافت می‌شد که خود به خود موجب ورشکستگی آن‌ها می‌گردید (Bagheri Zonoz, 2003). بعد از چنگیز، جانشینان او تلاش کردند تا جایی که ممکن است خرابی‌ها را

مرمت کنند، به‌ویژه هلاکوخان، غازان و وزیران ایرانی نژاد آنان مانند خاندان‌های جوینی و همدانی در گسترش و ترویج کشاورزی نقش بزرگی بازی کردند.

در سال ۱۲۹۶ میلادی، غازان خان به سلطنت رسید. کشاورزی ایران در این زمان نابود شده و وضع اقتصادی ایران به‌شدت به وخامت گراییده بود. غازان خان برای رهایی از این بن‌بست به چاره‌اندیشی پرداخت و خواجه رشیدالدین فضل‌الله همدانی راکه مرد لایق و با تدبیری بود به وزارت خود برگزید. در اثر کوشش‌های این وزیر، سیستم مالیاتی کشور در جهت حمایت از کشاورزان و طبقه فقیر جامعه اصلاح گردید. زمین‌های کشاورزی متروک به مالکان واگذار گردید و به دنبال یک سلسله اقدامات اصلاحی، کشاورزی بازسازی گردید. اصلاحات غازان خان باعث نوسازی شبکه‌های آبیاری و اصلاح زمین‌های کشاورزی گردید. تولیدات کشاورزی افزایش یافت و اقتصاد روستایی و زندگی شهری بهبود یافت. در زمان این پادشاه از نواحی مختلف ایران و کشورهای دیگر، انواع گیاهان زراعی، زینتی و نهال‌های میوه را به تبریز آورده و شروع به ازدیاد آنها کردند(Bagheri Zonoz, 2003).

پس از اصلاحات غازان خان، کشاورزی ایران به یکباره شکوفا گردید منابع مختلفی از پژوهشگران حکایت از پیشرفت کشاورزی در قرن چهاردهم میلادی دارد (Bagheri Zonoz, 2003). در این دوره گندم و جو در سطح گسترده‌ای کشت شده است. برنج را در مناطق نزدیک دریای خزر و آذربایجان، زنجان، کربال و فیروزآباد فارس و نیز خوزستان کشت می‌کرده‌اند. سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) فراوانی در مناطق کاشان و اصفهان به عمل می‌آمده ولی چاودار (*Secale cereal* L.) و جو دوسر (*Avena sativa* L.)، در ایران ناشناخته بوده است (Petrushevsky, 1968). در میان گیاهان علوفه‌ای یونجه و شبدر (*Trifolium* spp.) شناخته شده بوده و پنبه در نواحی عراق عجم (ری، قم، نهاوند، یزد و غیره)؛ فارس (شیراز، ابرقو، کازرون و لار)؛ کرمان، قهستان و خراسان (خبوشان و زاوه)؛ در سرتاسر خوزستان و گرگان؛ و نیز در مازندران، گیلان، قومس (سمنان فعلی) و آذربایجان کشت می‌شده است (Petrushevsky, 1968). کتان اغلب در جنوب و غرب ایران از جمله کازرون، ریشهر، سینیز (در استان بوشهر) برای نساجی و تهیه روغن چراغ کشت می‌شده است. کشت شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) نه برای منسوجات، بلکه برای تهیه حشیش یا بنگ صورت می‌گرفته است. کرچک (*Ricinus communis* L.)، کنجد و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نیز کشت شده که کنجد در میان گیاهان روغنی اهمیت زیادی داشت و روغن کنجد عملاً جای روغن زیتون را گرفته بود. زعفران در بروجرد، رودآور، قم، همدان، قهستان، به‌عمل می‌آمد. در این زمان گیاهان رنگرزی مانند روناس، حنا (*Lawsonia inermis* L.) و نیل در نقاط مختلف ایران کشت می‌شده است. نیل اگرچه از قرن ششم هجری قمری در ایران کشت می‌شد، ولی در این دوره فقط در کرمان به‌عمل می‌آمد (Petrushevsky, 1968).

خربزه در همه مناطق ایران از جمله اصفهان، تبریز و مرو کشت و به خارج صادر می‌شده است. کدوها (*Cucurbita* spp.) و خیار (*Cucumis sativus* L.) را نیز در سرتاسر ایران (به‌ویژه در گیلان، مازندران، شیراز، اصفهان) می‌کاشته‌اند. هندوانه (*Citrullus lanatus* (Thunb.) به‌ندرت و تنها در اطراف قزوین کشت می‌شده است (Petrushevsky, 1968). در این دوره کشت سبزیجات نسبت به کشت میوه‌جات تا حدی کم بوده و قسمت اعظم صیفی‌جات در جوار شهرهای بزرگ بازرگانی نظیر اصفهان تولید می‌شده است. از میان آن‌ها می‌توان کلم (*Brassica oleracea* L.)، هویج (*Daucus carota* L.)، پیاز (*Allium cepa* L.)، سیر (*Allium sativum* L.)، چغندر و نیز حبوبات را نام برد (Petrushevsky, 1968).

کشت میوه‌جات در زمان مغول جایگاه برجسته‌ای در اقتصاد ایران داشت، به‌طوری‌که در بیش از هشتاد ناحیه در ایران کشت و تولید میوه‌جات معمول بوده است. به‌عنوان مثال، انجیر در گرگان و مازندران و همچنین در خوزستان، فارس، کرمان و سیستان تولید می‌شد. مرکبات از جمله لیمو، پرتقال (*Citrus sinensis* L.)، نارنج (*Citrus aurantium* L.) در مناطق جنوبی و خزر به عمل می‌آمد. نارگیل (*Cocos nucifera* L.) فقط در هرمز روییده و زیتون را هم در خوزستان، اطراف دریای خزر و در مناطق محدود کشت می‌کردند. نیشکر در خوزستان، کرمان و بلخ کشت می‌شد. هلو (*Prunus Persica* L.)، زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)، گلابی (*Pyrus* spp.)، سیب (*Malus domestica* Miller.)، انار (*Punica granatum* L.)، توت‌ها (*Morus* spp.)، گردو (*Juglans regia* L.)، بادام (*Prunus dulcis* Miller.) و پسته (*Pistacia* spp.) (به‌صورت وحشی در نواحی شرقی ایران) از جمله میوه‌جات سردسیری محسوب می‌شدند. اصولاً در باغ‌ها کشت گیلاس (*Prunus* spp.) سیاه و قرمز، فندق (*Corylus* spp.)، شاه‌بلوط (*Castanea sativa*

(.Miller معمول نبود، ولی فندق و سایر میوه‌ها و نیز بلوط در سطحی وسیع به‌صورت وحشی دیده می‌شدند. کشت انگور تقریباً در همه جای ایران متداول بوده است. خشکبار و انگور از مناطقی هم‌چون اصفهان و از طریق بصره به سرزمین‌های دوردستی چون آسیای صغیر (روم)، هند و چین صادر می‌شد. کشت گل‌ها و گیاهان معطر در آن زمان و به‌خصوص در فارس و مازندران رایج بود و از آن‌ها در تولید عطر، روغن مو و پوست، دارو، عصاره‌های خوشبو همچون گلاب و روغن گل، خصوصا روغن گل سرخ و غیره استفاده می‌کردند (Petrushevsky, 1968).

به‌طور کلی، در این دوره تمهیداتی اتخاذ شده بود که ایجاد کاریزها، نهرها، سدها و شبکه‌های آبیاری و امور کشاورزی بعد از استیلای مغول در ایران گسترش یابد (Petrushevsky, 1968). در اواخر قرن سیزدهم میلادی، خواجه شمس الدین صاحب دیوان، وزیر سلطان احمد و پسر هلاکو سد معروف ساوه را بنا نمود که در نوع خود بسیار جالب توجه بود و نکات فنی بسیاری در آن با دقت کامل رعایت شده بود. در دوره مغول در نزدیکی قم در کبار[1] سدی ساخته شد که یکی از کهن‌ترین سدهای قوسی تاریخ به شمار می‌رود. این سد دارای ۵۵ متر طول از بالا، ۲۶ متر ارتفاع، ۵ متر ضخامت و شعاع قوس آن نیز ۳۸ متر است (Goblot, 1965).

۹- دوره صفویان (۱۷۳۶-۱۵۰۱ میلادی)

سلسله صفویان از سال ۹۰۷ تا ۱۱۴۸ هجری قمری (۱۵۰۲-۱۷۳۶ میلادی) در ایران حکومت کردند. در دوران صفوی به دلیل گسترش کشاورزی، ایران به صورت کشور صادرکننده تولیدات و محصولات کشاورزی تبدیل گردید. میوه‌های گوناگون با کیفیت خوب، مانند خرما در فارس، خوزستان و کرمان، انار در یزد و شیراز و مرکبات در مازندران تولید می‌شد. پیاز یکی از محصولات صادراتی استان خراسان بوده است (Bagheri Zonoz, 2003).

در بین پادشاهان این سلسله، شاه عباس تلاش‌های فراوانی را در راستای اعتلای کشاورزی انجام داد به‌طوری‌که همزمان با پیشرفت هنر و صنایع، کشاورزی نیز از پیشرفت قابل توجهی برخوردار شد و کشت گیاهان زراعی مختلف رونق یافت. در زمان شاه عباس سدسازی، کانال‌کشی، حفظ حقوق و امنیت کشاورزان مورد توجه قرار گرفتند. در سال ۱۰۲۷ هجری قمری شاه عباس دستور اجرای طرح کانال آب کوهرنگ را صادر کرد و در سال ۱۰۳۰ هجری قمری این پادشاه عملیات کندن کوه و حفاری کانال انحرافی را زیرنظر گرفت، اما به سبب درگذشت او برنامه کانال نیمه‌کاره ماند (Bagheri Zonoz, 2003). در زمان شاه عباس، بازرگانی، صنعت و صادرات تولیدات کشاورزی رونق خاصی پیدا کرد، امنیت راه‌های کاروان‌رو تأمین گردید و کاروانسراهای بی‌شماری را در کنار راه‌ها ساخته شد و برای آبیاری زمین‌های کشاورزی، سیستم آبیاری دقیق به وجود آورد (Bagheri Zonoz, 2003).

در زمان شاه عباس دوم که مردی صلح‌جو و آرام بود اقتصاد ایران رشد کرد و به پیشرفت‌های چشمگیری نایل آمد. روابط بازرگانی ایران و روس گسترش یافت و ایران محصولات کشاورزی و صنعتی، مانند قلع، مس، چرم، پوست سمور، پارچه‌های گوناگون ابریشمی، پارچه‌های پنبه‌ای، مروارید، فیروزه و خشکبار به روسیه صادر می‌کرد و در این زمان اسب، خرما، کشمش، انواع میوه‌ها عطر گل، ظروف بدل چینی و غیره به هند صادر می‌شد. با توجه به روند پیشرفت صنایع تبدیلی مختلف مانند قالی‌بافی و هنرنمایی‌های شگفت‌انگیز در این صنعت، می‌توان گفت چنین پیشرفت‌هایی بدون داشتن پشتوانه نیرومند تولیدات کشاورزی امکان‌پذیر نبود. استفاده از رنگ‌های طبیعی گیاهان و تولید الیاف پشمی و نخی مرغوب می‌تواند شاهدی بر این مدعا باشد. روند پیشرفت کشاورزی ایران زمان صفویه، در پایان سده هفدهم رو به کاهش رفت، سقوط اقتصاد کشاورزی ایران در این زمان آشکارا به چشم می‌خورد. در نیمه دوم سده هفدهم میلادی میزان مالیات‌ها افزایش یافت و گاهی تا دو تا سه برابر رسید. دهقانان و کوچ‌نشینان دچار تنگدستی و نابسامانی گردیدند و کشاورزی پس از یک دوره شکوفایی باز با بحران روبه‌رو گردید (Bagheri Zonoz, 2003).

۱۰- دوره افشاریه (۱۷۴۷-۱۷۳۶ میلادی)

پس از دوره صفویه، نادرشاه، از دودمان افشاریه، زمام امور کشور را در دست گرفت. در این زمان یک‌بار دیگر فعالیت‌های کشاورزی و تولیدات دامی با بحران شدیدی روبه‌رو گردید. تحمیل مالیات‌های سنگین از سوی فرمانروایان دولتی به روستاییان، آن‌ها را ناگزیر ساخت تا دست از کار کشاورزی و تولید بردارند. نادرشاه برای تکمیل پیوستگی و یکپارچگی ایران مجبور به انجام جنگ‌های طولانی شد، اما جنگ‌های طولانی رفته‌رفته باعث نارضایتی مردم به‌ویژه

1- Kabar

روستاییان شد. بسیاری از دهقانان در اثر جنگ‌های پی در پی یا کشته شدند و یا به بردگی گرفته شدند. قنات‌ها، سدها و تأسیسات آبیاری به‌کلی ویران شدند. در زمان نادرشاه کوشش شد تا بر مقدار زمین‌های کشاورزی دولتی افزوده شود. به این سبب بخش مهمی از زمین‌ها را مصادره کردند. در این دوره در استان‌های شرقی ایران تأسیسات آبیاری ایجاد شد و برخی از زمین‌های کشاورزی متروک دایر و برخی از روستاهای خالی از سکنه از نو برای سکونت آماده شدند. همچنین کانال آبی از رودخانه ارس برای آبیاری زمین‌های دشت مغان حفاری گردید (Bagheri Zonoz, 2003).

۱۱- دوره قاجاریه (۱۹۲۵-۱۷۹۶ میلادی)

در پایان سال ۱۷۹۴میلادی آقا محمدخان قاجار، به‌عنوان نخستین پادشاه سلسله قاجار، زمام کشور را به دست گرفت. در زمان قاجار، مالیات‌های سنگینی که به‌منظور تأمین هزینه‌های جنگی به روستاییان و کشاورزان تحمیل شده بود کشاورزی ایران را دچار رکود کرد. به‌گونه‌ای که در پایان سده ۱۸ و آغاز سده ۱۹ میلادی ایران دارای کشاورزی عقب مانده‌ای بود که به وسیله فئودال‌ها اداره می‌شد (Sykes,1915). بررسی نوشته‌های تاریخ‌نگاران آن زمان نشان می‌دهد که در دوران قاجاریه کشاورزی به روش کاملاً ابتدایی و قرون وسطایی صورت می‌گرفته است. شخم زدن زمین به شیوه قدیمی و به وسیله خیش و گاو بوده و هیچ‌گونه تجربه و دانشی برای اصلاح و تقویت خاک و یا برداشت محصول بیشتر از واحد سطح در کار نبوده است. برای مبارزه و دفع آفات و بیماری‌های گیاهی هیچ‌گونه امکانی وجود نداشته است. در حقیقت، محصولی که به‌دست کشاورز می‌رسید پس‌مانده مختصری از تاراج آفات و بیماری‌ها و دیگر عوامل نامساعد طبیعی بود. هرگاه که برخی از آفات طغیان می‌کردند و محصولات کشاورزی را به‌شدت به خطر می‌انداختند نه کشاورز و نه سازمان‌های دولتی قادر به حل مشکل نبودند و به این سبب به دنبال آن قحطی و بروز بیماری‌های واگیردار شیوع پیدا می‌کرد. محصولات عمده در این دوره عبارت از گندم، جو، ارزن‌ها (*Panicum* spp.)، دانه‌های روغنی، خشخاش (*Papaver somniferum* L.)، یونجه، پنبه و شلغم (*Brassica rapa* L.) بود (Bagheri Zonoz, 2003).

محمدشاه قاجار، به کمک صدراعظم خود میرزا ابوالقاسم قائم مقام فراهانی، شروع به انجام اصلاحات در کشور نمود از جمله این‌که به عباسقلی خان، والی کرمان فرمان داد قلعه بم را که در اثر لشکرکشی‌ها خراب و بی‌آب افتاده بود تعمیر کردند تا علوفه و آذوقه چندین ساله را در آن ذخیره نمایند. همچنین چاه آب آن را که در اثر مرور زمان پر و غرقابل استفاده شده بود حفاری و لایروبی کردند و برای استفاده آماده نمودند و همچنین به منظور راه‌اندازی صنعت نوغان و پرورش کرم ابریشم دستور داد در حومه کرمان ۱۲ هزار اصله درخت توت کاشتند تا تولید ابریشم امکان‌پذیر شود. اما صدراعظم در اثر سخن چینی‌های درباریان در سال ۱۲۵۱ هجری قمری به امر شاه به قتل رسید و به جای آن حاجی میرزا آقاسی گماشته شد. حاجی‌میرزا آقاسی، در طول دوازده سال صدارت خود به احداث قنات و آبادانی روستاها همت گماشت. از دیگر کارهای کشاورزی حاجی میرزا آقاسی، احداث کانال آب از رودخانه کرج به یافت آباد و سفنارد است. این کانال آب موجب رونق کشاورزی روستاهای منطقه گردید (Bagheri Zonoz, 2003).

میرزاتقی‌خان امیرنظام در مدت سه سال و سه ماه صدارت، به کشاورزی ایران خدمات پرارزشی کرد. نامبرده در آبادی کشور و سرو سامان دادن به زندگی کشاورزان، تهیه آب، ایجاد سد و احداث قنات خدمات بزرگی انجام داد (Adamiyat, 1969). در زمان صدارت امیرکبیر، گام‌های بلندی در گسترش امور کشاورزی برداشته شد و در اصلاح اقتصاد کشاورزی ایران اقدامات مهمی به عمل آمد. یکی از کارهای برجسته امیر، احداث سد معروف "ناصری" در سال ۱۲۶۸ هجری قمری بر روی رودخانه کرخه بود. امیرکبیر در سال ۱۲۶۷ هجری قمری سد دیگری بر رودخانه گرگان زد و به وسیله حفر کانال‌های انحرافی آب را به مناطق بی‌آب جاری ساخت. آب این سد موجب رونق کشاورزی زمین‌های حاصلخیز گرگان شد (Bagheri Zonoz, 2003).

در زمان امیرکبیر کشت گیاهان زراعی و صنعتی جدید در ایران آغاز شد. از جمله نیشکر را از مازندران به خوزستان بردند و در شوشتر کشت شد. در انتقال قلمه‌های نیشکر از مازندران به شوشتر، خانلرخان احتشام‌الدوله کوشش‌های فراوانی کرد و در گسترش کشت آن در این منطقه نیز زحمات زیادی کشید. به موازات کشت نیشکر زراعت نیل هم در خوزستان رونق گرفت (Bagheri Zonoz, 2003). در این زمان کشت خشخاش در ایران گسترش یافت، به‌طوری‌که برای نخستین بار، خشخاش به‌صورت یکی از محصولات صادراتی ایران درآمد. یکی از اقدامات مهم میرزا تقی‌خان امیرکبیر، کشت و توسعه پنبه آمریکایی در ایران است (Adamiyat, 1969). در زمان

ناصرالدین شاه، بذر، پیاز و قلمه گل‌های زینتی مختلف از اروپا وارد ایران شد و برای نخستین بار در پارک کاخ‌های سلطنتی کشت شدند. برای کشت گل‌های زینتی کامران میرزا نایب‌السلطنه که خود علاقه فراوانی به گل و گیاه داشت گلکار فرنگی به ایران آورد و کشت و تزئین فضای سبز را با گل‌های فرنگی رواج داد (Bagheri Zonoz, 2003).

تا زمان حکومت مظفرالدین شاه در ایران هیچ‌گونه مؤسسه آموزشی یا پژوهشی کشاورزی وجود نداشته است، حتی سازمان دولتی که مسئولیت اداره و یا اصلاح کشاورزی کشور را عهده‌دار باشد نیز به وجود نیامده بود و کشاورزان از دانش بومی استفاده کرده که عمدتاً به صورت تجربی بود. از سال ۱۳۱۹ هجری قمری با تأسیس مدرسه "فلاحت مظفری" آموزش‌های علمی و فنی در ایران آغاز شد. مدرسه مظفری در مدت شش سال فعالیت خود با وجود کمبودهای مختلف و مشکلات آموزشی توانست در ایجاد کشاورزی نوین و رواج آن در کشور موفقیت‌هایی به دست آورد. اما در زمان محمدعلی شاه در اثر بی‌توجهی زمامداران کشور تعطیل گردید و به مدت ۱۱ سال از فعالیت بازماند. در سال ۱۳۳۶ هجری قمری میرزا حسن خان به وزارت "فلاحت و تجارت و فواید عامه" برگزیده شد و چون به اهمیت کشاورزی در کشور آگاه بود در وزارتخانه خود "شورای فلاحتی" تشکیل داد و در این شورا تأسیس مدرسه عملی فلاحت در کرج با نام "دبستان برزگران" کرج به عنوان نخستین مدرسه فلاحت عملی را تصویب کرد، اما پس از چندی این دبستان منحل گردید. در سال ۱۳۰۱ هجری شمسی مدرسه ابتدایی فلاحتی در پارک امین‌الملک واقع در جنوب تهران تأسیس گردید. ولی اندکی بعد به کمک مستشاران آمریکایی که در ایران فعالیت می‌کردند این مدرسه ابتدایی فلاحتی به مدرسه "متوسط فلاحتی" تبدیل گردید و دانش‌آموزانی که دارای گواهینامه دوره اول متوسط یا بالاتر بودند در این مدرسه پذیرفته می‌شدند. دوره تحصیل در این مدرسه یک سال بود. مدرسه متوسط فلاحتی سه دوره فعالیت کرد که حاصل آن ۳۵ نفر فارغ‌التحصیل دیپلمه بود و پس از آن منحل شد و به جای آن در سال ۱۳۰۶ مدرسه عالی فلاحت در کرج تأسیس شد. این مدرسه در سال ۱۳۰۹ به‌وسیله رضاشاه و وزیر دربار وقت تیمورتاش و و هیأت دولت به‌طور رسمی بازگشایی شد. این مدرسه تا سال ۱۳۱۹ شمسی با عنوان "مدرسه عالی فلاحت" فعالیت کرد و از این سال به بعد به نام دانشکده کشاورزی تغییر یافت که زیر نظر وزارت کشاورزی اداره می‌شد. در اسفند سال ۱۳۲۴ دانشکده کشاورزی به‌طور رسمی از وزارت کشاورزی جدا شد و به دانشگاه تهران پیوست (Bagheri Zonoz, 2003).

نتیجه‌گیری

بدون تردید دانش کشاورزی ریشه در تکامل فرهنگ و تمدن هر کشور دارد و بدین‌سان، کنکاش در تاریخ تکامل کشاورزی می‌تواند مبنای شناخت تمدن‌ها می‌باشد. مردمان کشور ما در طی تاریخ دیرینه خود با اهلی‌سازی گیاهان و حیوانات نقش مؤثری در تمدن و امنیت غذایی داشته‌اند. فراز و نشیب‌های تاریخ کهنسال این مرز و بوم بسیاری از دانش بومی و تجربیات کسب شده در طی تاریخ را به خاک سپرده است وگرچه امروزه بخش عمده‌ای از دست مایه تلاش‌های نیاکان ما در زمینه اهلی‌سازی گیاهان و حیوانات در زیر خروارها خاک پنهان است، ولی آثار تلاش‌های آن‌ها که قدمتی ده هزار ساله دارد در جای جای نوشته‌های علمی و تاریخی جهان فروزان است. برای احیای دستاوردهای عظیم پیشینیان خود را که هم‌اکنون غبار تاریخ آن‌را از دید جهانیان مخفی نگه داشته است نیاز به جمع‌آوری و مستندسازی اطلاعات پراکنده در لابه‌لای کتاب‌ها و منابع علمی دیگر و تجزیه و تحلیل آن‌ها بوده تا بدین سان بتوان با غبار روبی و شبیه‌سازی آنچه گذشتگان ما در درازای تاریخ به جهانیان عرضه کرده‌اند شکوه و عظمت گذشته کشاورزی باستانی را بازیابیم.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهه شماره ۱/۲۳۶۶۵ مورخ ۱۳۹۱/۹/۲۲ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Adamiyat, F. 1969. Amir Kabir and Iran. Kharazmi Publishing. Tehran, Iran 791 pp. (In Persian)

Bagheri Zonoz, A. 2003. The History of Agricultural Development in Iran (From ancient period to the modern era. University of Tehran Press. Tehran, Iran 449 pp. (In Persian)

Bahrami, T. 1951. History of Iranian Agriculture. University of Tehran Press. Tehran, Iran. 229 pp. (In Persian)

Diakonoff, I.M. 1956. History of Media From the Earliest Times to the Late 4th Century B.C. Translated into Persian by K. Keshavarz 2001. Elmi Farhangi Publishing Co. Tehran, Iran 664 pp. (In Persian)

Farshad, M. 1987. Tarikhe Elm dar Iran. Volume 2. Amir Kabir Publishing. Tehran, Iran 426 pp. (In Persian)

Goblot, H. 1965. Kebar en Iran, sans doute le plus ancien des barrages-voûtes (1300 environ), Arts et Manufactures 154, 43-49.

Ghirshman, R. 1978. Iran: from the Earliest Times to the Islamic Conquest. Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex, England 368 pp.

Grantovskii, E.A., Dandamayev, M.A., Koshlenkov, G.A., Petrushevsky, I.P., Evanove, M.S., and Blovi, L.K. 1982. Iran History from ancient to Present Time. Pouyesh Publishing. Tehran, Iran 634 pp. (In Persian)

Iranshahr, Iranian National Commission for UNESCO. 1963. University of Tehran Press. Tehran, Iran 253pp. 933 pp. (In Persian)

Iranshahr, Iranian National Commission for UNESCO. 1964. University of Tehran Press. Tehran. Tehran, Iran. (In Persian)

Khonji, A.H. 2009. History of Median, Achaemenid, Parthian, Sassanid and Seleucid. Published by www.ketabnak.com. Tehran, Iran 1090 pp. (In Persian)

Petrushevsky, I.P. 1968. The Socio-Economic Condition of Iran under the Il-Khāns. In: The Cambridge History of Iran, Vol. 5, The Saljuq and Mongol Periods, ed. J.A. Boyle, pp. 483-537, Cambridge: Cambridge University Press, London, UK 709 pp.

Ravandi, M. 1985. Social History of Iran. Volume 5. Katibeh Publishing. Tehran, Iran 880 pp. (In Persian)

Riehl, S., Zeidi, M., and Conard, N.J. 2013. Emergence of Agriculture in the Foothills of the Zagros Mountains of Iran. Science 341: 65-67.

Rousseau, P. 1956. Histoire des techniques et des inventions. Prix Maujean (Académie française). Translated into Persian by H. Saffari. Amir Kabir Publishing. Tehran, Iran 680 pp. (In Persian)

Sykes, P.M. 1915. A History of Persia. Volume I. Mc Millan Publishers. London. Translated into Persian by S.M.T. Fakhr Daee Gillani. 1944. Vezarat Farhang Publishing Tehran, Iran 690 pp. (In Persian)

Wilson, J.C. 1938. History of Iranian Art. Translated into Persian by A. Fryar. Brokhim Publishing. Tehran, Iran 240 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 22-34

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۳۴-۲۲

Agronomic and Ecological Identification and Evaluation of Neglected Crops in Iranian Agroecosystems: Historical Dimensions of Agricultural Development

A. Koocheki[1*], P. Rezvani Moghaddam[1], F. Abdollahi[2] and L. Jafari[2]

Submitted: 12-07-2014
Accepted: 27-09-2014

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Abdollahi, F., and Jafari, L. 2018. Agronomic and ecological identification and evaluation of neglected crops in Iranian agroecosystems: Historical dimensions of agricultural development. Journal of Agroecology 10(1): 22-34.

Introduction

Most historians and archaeologist have known Iran as one of the main origins of human settlement and agriculture. Persians were the first human groups attempted to domesticate wild plants and animals. In this article we have tried to investigate the development of agriculture from ancient to nowadays with discussed and examined different historical sources.

Materials and Methods

To investigate the evolutionary history of Iran agriculture, according to historical documents, the era was divided to separate periods: development of settlements and beginning of agriculture in Iranian plateau, from Achaemenes to the time of Alexander conquest, Alexander's conquest, Parthian, Sassanid, the presence of Arabs in Iran, late 9 to 13 AD, Mongols invasion, Safavids, Afsharian and Qajar and agriculture development was evaluated in each period.

Results and Discussion

Development of agriculture in the Iranian plateau

Susa was the first civilization in the Iranian plateau and at that time collection of seeds was started by human. Cereals were grown and clothing was made from fiber crops that cultivated. Domestication of wild animals and plants has been recorded to start 10 thousand years ago in this area.

From Achaemenes to the time of Alexander conquest

Achaemenid kings had great interest in the exploitation of natural resources, water and soil, development of commerce and agriculture commodities and growing trees and plants (Paradises) around their palaces. At this time, the Iranians not only excelled in agriculture and animal husbandry, but also in engineering dams and digging irrigation canals, and Qanat.

Parthian

At the time of the Parthians the number and size of villages increased and the extent of cultivated land with irrigation systems were improved. Cultivation of industrial plants such as cotton and sesame was practiced, and trade between the nomads and villagers was common.

Sassanid

At this period construction of roads between Iran and other nations was developed leading to increased trade, including exports and imports of agricultural products. This exchange led to the introduction and cultivation of new plants in Iran. New crops such as rice, sugar cane and indigo were imported from India. Irrigation systems were significantly improved.

Presence of Arabs in Iran

With the Arab conquest, many dams built by Achaemenid and Sassanid were destroyed. During the Abbasid Caliphate (750 to 1258 AD) cultivation and agricultural production was reconsidered, so farmers began new agricultural activities.

Late 9 to 13 AD

Irrigation methods such as using river channels, digging Qanat, wells and dams were developed. Production of citrus was common. During this period by wisdom of some politicians such as Nezamalmolk agriculture was

1 and 2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, and Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

developed significantly.

Mongols invasion

The negative impact of the Mongol invasion of Iran was destruction of irrigation facilities and agricultural lands, reduction of area under crop cultivation, loss of livestock and farm labors. With emergence of influential personage such as Ghazan Khan, agriculture was developed. In this course, wheat and barley and fruits trees were cultivated widely. Irrigation systems were developed. In this era Kabar dam, one of the oldest arc dams was built near Qom.

Safavids

Among the kings of this dynasty, Shah Abbas made many efforts in order to develop agriculture. In his time, dams and canals were constructed and farmers' rights and safety were considered..

Afsharian

In this period many farmers were killed due to occurrence of frequent wars and Qanats, dams and irrigation systems were destroyed and therefore caused recession in agriculture. To transfer the water from Aras River to Mugan plain channels were constructed.

Qajar era

In this period agriculture was in a primitive state and there was not much knowledge on soil fertility improvement and crop production. At the time of Amirkabir industrial crops such as sugar cane were reintroduced. The first attempt in agricultural education was made in Muzaffar al-Din Shah's period and Falahat Muzaffari School was established. In the last century with the help of technology available, a significant achievement has been made in Iranian Agriculture.

Conclusion

The main part of our primogenitor efforts that are available in scientific and historical documents, is buried under huge weight of soil. It is necessary to discover these historical tremendous achievements of our primogenitor to the world. With simulation of these achievements we can revival the greatness of our ancient agriculture.

Keywords: Ancient Iran, Historical Periods of Iran, Iranian Plateau

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۴۷-۳۵

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 35-47

تأثیر وزن بنه و تغذیه خاک بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گیاه دارویی گل حسرت (*Colchicum kotschyi* Boiss.)

هما عزیزی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، مهدی پارسا[۳]، محمود شور[۴] و رضا خراسانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۰

عزیزی، ه.، رضوانی مقدم، پ.، پارسا، م.، شور، م.، و خراسانی، ر. ۱۳۹۷. تأثیر وزن بنه و تغذیه خاک بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گیاه دارویی گل حسرت (*Colchicum kotschyi* Boiss.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۴۷-۳۵.

چکیده

سورنجان (گل حسرت) (*Colchicum kotschyi* Boiss.) گیاهی دارویی است که ماده مؤثره آن (کلشی‌سین) در درمان بیماری‌های التهابی نظیر رماتیسم و نقرس کاربرد گسترده‌ای دارد. به منظور بررسی تأثیر وزن بنه مادری در زمان کاشت و تغذیه خاک بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گیاه دارویی گل حسرت آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲ انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل وزن بنه مادری (کمتر از ۴۰ گرم و بیشتر از ۴۰ گرم)، کود گاوی (شاهد و ۵۰ تن در هکتار)، کود نیتروژن از منبع اوره (شاهد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (شاهد و ۲۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج تجزیه واریانس در سال اول و دوم آزمایش نشان داد که بنه‌های مادری بزرگ‌تر، از وزن خشک بیشتری در پایان فصل رشد برخوردار بودند. قطر بنه، قطر و وزن خشک ساقه، وزن خشک و سطح برگ، وزن خشک کل بوته، تعداد برگ و تعداد بنه‌های دختری نیز در بنه‌های بزرگ‌تر، بیشتر بود ($p\leq$۰/۰۵). با کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود گاوی در هر دو سال، کلیه صفات مورفولوژیک در مقایسه با شاهد بهبود یافت. در سال دوم آزمایش با کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات، قطر بنه، سطح برگ و وزن خشک کل بوته نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت ($p\leq$۰/۰۵). در دو سال آزمایش، اثر متقابل اندازه بنه × کود گاوی بر روی سطح برگ و قطر ساقه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که گل حسرت می‌تواند در شرایط مزرعه واکنش مناسبی نسبت به مصرف بهینه کود داشته باشد. کاربرد کود گاوی همراه با کود سوپرفسفات موجب ارتقاء صفات مورفولوژیک گیاه در شرایط مزرعه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اوره، بنه دختری، تریپل، سوپرفسفات، کود گاوی

مقدمه

سورنجان (گل حسرت) (*Colchicum kotschyi* Boiss.) گیاهی است که از هزاران سال پیش برای معالجه و درمان بیماری نقرس توصیه می‌شود (Alali et al., 2006). به دلیل شباهت زیاد گل‌های این گیاه به گل زعفران (*Crocus sativus* L.)، در منابع لاتین به زعفران علف‌زار[۶] شهرت دارد. کشور ایران منبعی غنی از گونه‌های مختلف جنس گل حسرت (*Colchicum*) است که رشد چندین گونه از آن در ایران گزارش شده است (Persson, 1992). ماده مؤثره این جنس از نوع آلکالوئید می‌باشد و آلکالوئید اصلی آن کلشی‌سین[۷] است که در تمام قسمت‌های گیاه همچون بنه، بذر، برگ و گل وجود دارد و به علت خواص دارویی (ضد گرفتگی عضلات) و نیز کاربردهایی که

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به‌ترتیب دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی، استاد، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشیار، گروه باغبانی و دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.43075

6- Meadow saffron
7- Colchicine

در مطالعات بیولوژیکی و اصلاحی دارد (القاء پلی‌پلوئیدی)، بسیار مورد توجه است (Mammadov et al., 2009).

گل حسرت از نوع گیاهان ژئوفیت هیستراتنوس[1] است (Frankova et al., 2004) و دارای ساقه ذخیره‌ای زیرزمینی از نوع بنه[2] می‌باشد. این گیاه دارای بیولوژی و چرخه زندگی غیرمعمولی است که کشت و کار آن را مشکل می‌سازد. به این‌صورت که در انتهای شهریورماه (سپتامبر) و پیش از ظهور برگ‌ها گل داده، پس از آن و با زوال گل‌ها گیاه وارد فاز رکود پاییزه می‌شود، اما در واقع گیاه از نظر فیزیولوژیکی فعال بوده و گواه این امر تولید ریشه‌هایی کوتاه و نسبتاً ضخیم در اواخر آبان‌ماه می‌باشد. اواخر فروردین میوه‌دهی و تشکیل کپسول و به دنبال آن شکل‌گیری بذر آغاز می شود. بنه‌های این گیاه پس از میوه‌دهی، در تابستان وارد مرحله رکود (خواب) می‌شوند. هر ساله بنه‌های مادری، یک و به ندرت دو بنه دختری تولید می‌کنند (Poutaraud & Girardin, 2002, 2005). بررسی‌ها نشان می‌دهند که این گیاه به علت برداشت بی‌رویه از طبیعت جزء گیاهانی است که در کشور ما در معرض انقراض قرار داشته بدین لحاظ در مناطق حفاظت شده منابع طبیعی قرار دارد (Gharaei, 1985 به نقل از Alirezaei et al., 2011).

گیاهان وحشی گل حسرت قادر به تولید تنها دو بنه دختری هستند، ولی گیاهان کشت شده زراعی قادر هستند بازای هر گیاه سه تا چهار بنه تولید نمایند (Al-Fayyad et al., 2003). مطالعه‌ای بر روی گل حسرت نشان داد که کشت این گیاه در شرایط مزرعه موجب افزایش تعداد کپسول در گیاه و افزایش مقدار بذر در کپسول می‌گردد (Poutaraud & Girardin., 2003).

به‌طور کلی، گیاهان پیازدار به دلیل داشتن ریشه کم‌عمق و فقدان ریشه‌های فرعی زیاد، نسبت به سایر گیاهان به کمبود عناصر غذایی به‌خصوص عناصر غذایی غیرمتحرک، حساسیت بیشتری دارند و به افزایش کود پاسخ بهتری می‌دهند (Brewster, 1994). میزان جذب نیتروژن توسط گیاهان پیازدار از ۵۰ کیلوگرم در هکتار تا بیش از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بسته به رقم، شرایط آب و هوایی، تراکم و میزان عملکرد متغیر است (Salo et al., 2002). در صورت عدم تأمین مناسب نیتروژن، رشد گیاهان پیازدار و بنه‌دار به خصوص اندازه پیاز به شدت کاهش می‌یابد (Arefi et al., 2012). پس از نیتروژن، فسفر مهم‌ترین عنصری است که گیاه دچار کمبود آن می‌شود (Arefi et al., 2012). در گیاهان ژئوفیت مانند زعفران، ضمن تولید مواد فتوسنتزی در برگ‌ها، عناصر غذایی در انتهای فصل از بخش هوایی به اندام‌های زیرزمینی منتقل می‌شود (Chaji et al., 2013). بررسی‌ها در گیاه ژئوفیت گلایول (*Gladiolus grandiflorus* cvs.) نشان داد که کمبود نیتروژن و فسفر بر تولید بنه اثر منفی داشته طوری که گیاه قادر به استفاده صحیح از مواد غذایی ذخیره شده در بنه‌ها نمی‌باشد (Mukhopadhayay, 1995).

کاربرد زیاده از حد کودهای شیمیایی موجب تخریب عناصر پایه موجود در خاک و فعالیت‌های بیولوژیکی و کاهش حاصلخیزی طبیعی خاک می‌گردد (Vetayasuporn, 2006). در حالی‌که مصرف مداوم و کافی کودهای آلی با مدیریت صحیح باعث افزایش کربن آلی خاک، نگهداری آب خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی آن می‌گردد (Kabir et al., 2011). کود حیوانی منبع بزرگی از اصلاح کننده‌های آلی خاک می‌باشد که اگر به‌طور صحیح مدیریت شود، می‌تواند نقش به‌سزایی در تولید گیاهان پیازی مانند گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) داشته باشد (Bahadoran et al., 2011).

از آن‌جا که گل حسرت به‌صورت اهلی شده از نظر زراعی در ایران کشت نمی‌شود و تنها در عرصه‌های طبیعی یافت می‌شود و از طرف دیگر تحقیقات انجام شده روی این گیاه در جهان و خصوصاً ایران بسیار کم می‌باشد، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر وزن بنه مادری در زمان کاشت و تغذیه خاک بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گل حسرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ و ۱۳۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. بنه‌های گل حسرت مربوط به گونه *Colchicum kotschyi* Boiss. که یکی از گونه‌های بومی کشور ایران می‌باشد (Persson, 1992)، در فصل تابستان که گیاه وارد فاز استراحت می‌گردد (تابستان ۱۳۹۱)، از عرصه طبیعی آن واقع در رشته کوه‌های بینالود منطقه فریزی از خاک برداشت شدند. این گونه در رویشگاه خود در دره‌های شمالی بینالود- فریزی با مختصات جغرافیایی N36° 28′ 05″, E58° 56′ 58″ از

1- Hysteranthous
2- Corm

ارتفاع ۱۹۰۰ تا ۲۵۰۰ متری از سطح دریا در شیب دامنه‌ها و لابلای سنگ‌ها یافت می‌شود. این منطقه دارای بارندگی نسبتاً مناسبی است (۴۰۰–۳۰۰ میلی‌متر در سال). نتایج آزمایش خاک عرصه نشان داد که این گونه در خاک‌های سنگلاخی با بافت متوسط (شن سیلت رسی)، pH خنثی و ماده آلی متوسط رشد می‌کند. به‌دلیل تفاوت بسیار زیادی که بین بنه‌های جمع‌آوری شده از نظر وزنی وجود داشت و جهت یکسان‌سازی اثر وزن بنه در بین تیمارها، اندازه بنه مادری به عنوان یکی از فاکتورهای آزمایش در نظر گرفته شد. به این منظور پس از توزین کلیه بنه‌ها و به دست آوردن متوسط وزنی آن‌ها، ۴۰ گرم به عنوان وزن مبنا در نظر گرفته شد و بر این اساس بنه‌ها به دو دسته کمتر از ۴۰ گرم (ریز) و بیش از ۴۰ گرم (درشت) دسته‌بندی شدند. با توجه به این‌که این گیاه اهلی نشده است، جهت آزمودن واکنش کودپذیری آن پس از آنالیز خاک مزرعه و عرصه طبیعی (جدول ۱)، از حداقل سطح کودی مناسب استفاده شد. بر این اساس، فاکتورهای آزمایش شامل اندازه (وزن) بنه مادری در دو سطح (کمتر از ۴۰ گرم و بیشتر از ۴۰ گرم)، کود گاوی در دو سطح شاهد (عدم کاربرد) و ۵۰ تن در هکتار، کود شیمیایی نیتروژن در دو سطح شامل شاهد و کاربرد یک سطح کود اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود شیمیایی فسفر در دو سطح شاهد و کاربرد یک سطح از کود سوپرفسفات تریپل (۲۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. به‌منظور اجرای آزمایش، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک انجام و پس از تسطیح زمین به‌وسیله لولر، کرت‌هایی به ابعاد ۱×۱ متر ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. در سال اول آزمایش، کود گاوی و سوپرفسفات پیش از کاشت و در سال دوم پیش از گلدهی (همزمان با خواب بنه‌ها در مرداد ۱۳۹۲) به‌صورت دستی بر اساس نقشه طرح به خاک افزوده و به‌طور کامل با خاک مخلوط شدند و کود اوره در هر دو سال آزمایش، اوایل دی‌ماه (زمان ظهور برگ‌ها) به خاک افزوده شد. کاشت در تاریخ هفتم شهریور ۱۳۹۱ به‌صورت دستی انجام و بنه‌های جمع‌آوری شده از عرصه، پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاپتان با فاصله ۲۵ سانتی‌متر در عمق ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متری خاک (بسته به اندازه بنه) کشت شدند. تراکم کاشت، ۱۵ بنه در مترمربع بود. عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز بر حسب نیاز در زمان‌های لازم انجام شد. به این صورت که در هر دو سال آزمایش در دو نوبت مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام گرفت. اولین آبیاری در سال اول بعد از کشت و در سال دوم قبل از گلدهی در شهریور و پس از آن در هر دو سال با ظهور برگ‌ها و در زمان اوج رشد گیاه تا رسیدگی میوه، آبیاری در بازه‌های زمانی ۱۰ روزه انجام شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و عرصه طبیعی

Table 1- Soil chemical and physical properties of farm and natural site

نمونه Sample	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	درصد نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable potassium ($mg.kg^{-1}$)
مزرعه Farm	48.46	31.95	19.59	7.73	2.77	0.092	13.00	230
عرصه Natural site	24.00	26.50	50.50	7.62	0.94	0.086	15.40	230

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورد استفاده

Table 2- Chemical characteristics of cow manure

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	فسفر (٪) P (%)	پتاسیم (٪) K (%)	نیتروژن کل (٪) Total N (%)
7.59	10.50	1.419	2.964	2.074

با شروع گلدهی در انتهای شهریور، تعداد گل در واحد سطح در فواصل زمانی مشخص ثبت شد. با زرد شدن تدریجی برگ‌ها و زمانی‌که رنگ کپسول‌ها از سبز به قهوه‌ای تغییر یافت (اواخر خرداد)، گیاهان از سطحی معادل نیم مترمربع برداشت شده و صفات وزن خشک بنه (گرم)، قطر بنه (سانتی‌متر)، وزن خشک ساقه در بوته (گرم)، قطر ساقه در بوته (میلی‌متر)، وزن خشک برگ در بوته (گرم)، سطح برگ در بوته (سانتی‌متر مربع)، سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم)، وزن خشک کل بوته (گرم در مترمربع)، تعداد برگ در بوته و تعداد بنه‌های دختری[1] در واحد سطح اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک بنه، بنه‌ها قطعه قطعه شده و در هوای آزاد بدون نور مستقیم، خشک شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1، MS Excel Ver.11 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر وزن بنه مادری

نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش، وزن بنه مادری اثر متفاوتی بر شاخص‌های مورفولوژیک گل حسرت دارد (جدول‌های ۳ و ۴). اثر وزن بنه مادری بر وزن خشک و قطر بنه در پایان فصل رشد معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۵$). بنه‌هایی که در زمان کاشت، وزن بیشتری داشتند، در پایان فصل رشد نیز بنه‌های دختری بزرگ‌تری (دارای وزن خشک و قطر بیشتر) تولید نمودند (جدول ۳ و ۴) که به‌دلیل دارا بودن ذخایر بیشتر جهت رشد می‌باشد. همچنین وزن خشک ساقه، قطر ساقه، وزن خشک برگ و سطح برگ در بنه‌های مادری درشت‌تر، بیشتر بود ($p\leq۰/۰۵$). در مجموع بنه‌های مادری بزرگ‌تر از وزن خشک کل بوته بیشتری (۳۵۶/۲ گرم در متر مربع) در پایان فصل رشد برخوردار بودند (جدول‌های ۳ و ۴). تحقیقات نشان می‌دهند که رشد اولیه گیاه و توان حیاتی آن بوسیله مقدار مواد غذایی فراهم شده برای گیاه در حال رشد، توسط بنه تعیین می‌شود (Pant, 2005). در هر دو سال آزمایش اثر وزن بنه مادری بر تعداد بنه‌های کوچک دختری تولید شده در پایان فصل رشد و تعداد برگ در گیاه معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۵$). بنه‌های بزرگ‌تر از تعداد برگ و بنه‌های دختری بیشتری در پایان فصل رشد برخوردار بودند. در هر دو سال آزمایش سطح ویژه برگ تحت تأثیر وزن بنه مادری قرار گرفت ($p\leq۰/۰۵$). بنه‌های مادری بزرگ‌تر از سطح ویژه برگ کمتری نسبت به بنه‌های کوچک‌تر برخوردار بودند (جدول‌های ۳ و ۴). به‌عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که با بزرگ شدن بنه‌ها وزن برگ نسبت به سطح برگ از افزایش بیشتری برخوردار است و برگ‌ها ضخیم‌تر می‌شوند.

در رابطه با اندازه بنه، به‌نظر می‌رسد که در بنه‌های سنگین‌تر، فراهمی کربن طی رشد اولیه افزایش یافته و به گیاه این امکان را می‌دهد که برگ‌های بزرگ‌تر و بیشتری تولید نموده و در نتیجه سرعت فتوسنتز بالاتری داشته باشد. به طور کلی، وزن بنه به‌وسیله مقدار کل مواد غذایی ذخیره شده در بنه توسط گیاه از طریق فرآیند فتوسنتز تعیین می‌شود (Pant, 2005). از آن‌جا که بنه‌های بزرگ‌تر از مواد ذخیره‌ای بیشتری برخوردارند، لذا بوته‌های حاصله از رشد بیشتری برخوردار بوده و دارای ساقه قطورتر و برگ‌های بزرگ‌تر (اندام‌های هوایی بزرگ‌تر) و به‌طور کلی، وزن خشک کل بوته بالاتری بودند. مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) به نقل از حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh aval et al., 2013) گزارش کردند که در بنه‌های بزرگ‌تر تقسیم سلولی و به دنبال آن رشد برگ‌ها نسبت به بنه‌های کوچک‌تر زودتر اتفاق می‌افتد. رشد زودتر برگ‌ها امکان استفاده بیشتر از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده را به دنبال دارد و در نهایت، موجب ایجاد بنه‌های بزرگ‌تر در پایان فصل رشد می‌شود. در گلایول که بنه و بنه‌های دختری واحدهای اصلی تکثیر آن هستند، تعداد بنه‌های دختری تولید شده به‌ازای هر گیاه و اندازه بنه تولید شده در بنه‌های درشت‌تر بیشتر از بنه‌های متوسط و کوچک بود (Karim et al., 2013). در تحقیقات انجام گرفته بر روی زعفران مشخص شد که با افزایش وزن بنه سطح برگ، وزن و تعداد بنه‌های دختری و وزن خشک کل بوته افزایش می‌یابد (Nassiri Mahallati et al., 2008). بر اساس نتایج به دست آمده توسط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014)، بیشترین تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در زعفران به‌طور معنی‌دار در نتیجه کاشت بنه‌های مادری درشت به دست آمد. در آزمایشی بر روی زعفران با کاشت بنه‌های بزرگ‌تر، وزن خشک و ضخامت برگ

1- Cormlet

افزایش یافت (Sabete Teimoori et al., 2010). در همین رابطه ثابت تیموری و همکاران (Sabete Teimoori et al., 2010) افزایش معنی‌دار وزن خشک بنه‌های زعفران را در نتیجه کاشت بنه-های بزرگ‌تر مشاهده نموده و اظهار داشتند که با افزایش اندازه بنه میزان ذخیره رطوبتی و نیز میزان عناصر غذایی بنه بیشتر شده که در نتیجه زمینه لازم برای انتقال بیشتر مواد به سلول‌های برگ را فراهم می‌کند.

اثر کود دامی

اثر کود دامی بر اکثر شاخص‌های مطالعه شده در هر دو سال آزمایش، معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). با کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود گاوی، وزن خشک و قطر بنه، وزن خشک و قطر ساقه، وزن خشک برگ و سطح برگ و نیز وزن خشک کل بوته در پایان فصل رشد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). از آن‌جا که کودهای آلی باعث بهبود ساختمان خاک، توسعه بهتر ریشه، تنظیم دمای خاک و جمعیت میکروارگانیزم‌های مفید، فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه و نیز کمک به بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شوند (Kuepper, 2000)، بنابراین، اعمال کود دامی با فراهم نمودن کلیه مزایای ذکر شده، موجب بهبود رشد رویشی و وزن خشک بنه گردید. آزادسازی آهسته عناصر غذایی از کود گاوی در طول فصل رشد و بنابراین میزان اندک آبشویی مواد غذایی جنبه مثبت دیگر کود گاوی است (Zebarth et al., 1999). در هر دو سال آزمایش، سطح ویژه برگ و تعداد برگ در گیاه تحت تأثیر کود دامی قرار نگرفتند (جدول-های ۳ و ۴).

استفاده از کودهای آلی در گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.) موجب افزایش وزن تر و خشک و درصد ماده خشک بنه می‌گردد (Behdani et al., 2005). همچنین در آزمایشی بیشترین طول و عرض برگ در گیاه زعفران در تیمار کود گاوی به دست آمد (Teimori et al., 2013). نتایج آزمایش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) حاکی از نقش مؤثر کاربرد کود دامی در بهبود عملکرد گل و بنه زعفران بود. در آزمایشی دیگر بر روی زعفران مشخص شد که با مصرف کود دامی و زیستی، شاخص‌های مربوط به عملکرد بنه زعفران افزایش پیدا می‌کند (Rezvani Moghaddam et al., 2013).

اثر کودهای شیمیایی (فسفر و نیتروژن)

کود شیمیایی سوپرفسفات در سال اول آزمایش اثر معنی‌داری بر روی اکثر شاخص‌های مطالعه شده نداشت (جدول ۳) که احتمالاً به دلیل عدم استقرار مناسب گیاه در سال اول و نیاز گیاه به یک دوره زمانی جهت استقرار و توسعه کامل ریشه می‌باشد، ولی اثر آن بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک در سال دوم معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵).

جدول ۳- اثر ساده وزن بنه مادری و کود گاوی بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گل حسرت در سال اول آزمایش

Table 3- The simple effect of maternal corm weight and cow manure on agromorphological characteristics of *Colchicum kotschyi* at the first year of experiment

وزن بنه مادری (گرم) Maternal corm weight (g)	کود گاوی (تن در هکتار) Cow manure ($t.ha^{-1}$)	وزن خشک بنه (گرم) Corm dry weight per plant (g)	قطر بنه (سانتی‌متر) Corm diameter per plant (cm)	وزن خشک ساقه در بوته (گرم) Stem dry weight per plant (g)	قطر ساقه در بوته (میلی-متر) Stem dry weight per plant (mm)	وزن خشک برگ در بوته (گرم) Leaf dry weight (g)	سطح برگ در بوته (سانتی-متر مربع) Leaf area (cm^2)	سطح ویژه برگ (سانتی-مترمربع بر گرم) Specific Leaf Area ($cm^2.g^{-1}$)	وزن خشک کل بوته (گرم در متر مربع) Whole plant weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه-های دختری در متر مربع Cormlet number per m^2	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant
40>	-	8.231	3.360	0.469	8.715	0.902	145.0	129.1	147.5	0.250	4.083
40<	-	17.06	5.050	1.123	13.430	2.509	317.4	164.9	324.0	4.833	5.00
LSD (0.05)	-	1.781	0.222	0.104	0.325	0.211	14.83	13.51	15.00	0.489	0.085
-	0	11.34	4.013	0.654	10.05	1.500	198.4	147.80	210.6	2.208	4.5
-	50	13.96	4.398	0.938	12.09	1.910	264.1	146.22	260.9	2.875	4.6
LSD (0.05)	-	1.781	0.222	0.104	0.325	0.211	14.83	-	15.00	0.489	-

جدول ٤- اثر ساده وزن بنه مادری و کود گاوی بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گل حسرت در سال دوم آزمایش

Table 4- The simple effect of maternal corm weight and cow manure on agromorphological characteristics of *Colchicum kotschyi* at the second year of experiment

وزن بنه مادری (گرم) Maternal corm weight (g)	کود گاوی (تن در هکتار) Cow manure ($t.ha^{-1}$)	وزن خشک بنه (گرم) Corm dry weight per plant (g)	قطر بنه (سانتی‌متر) Corm diameter per plant (cm)	وزن خشک ساقه در بوته (گرم) Stem dry weight per plant (g)	قطر ساقه در بوته (میلی-متر) Stem dry weight per plant (mm)	وزن خشک برگ در بوته (گرم) Leaf dry weight (g)	سطح برگ در بوته (سانتی-متر مربع) Leaf area (cm^2)	سطح ویژه برگ (سانتی-مترمربع بر گرم) Specific Leaf Area ($cm^2.g^{-1}$)	وزن خشک کل بوته (گرم در متر مربع) Whole plant weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه-های دختری در متر مربع Cormlet number per m^2	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant
40>	-	9.94	3.438	0.464	8.806	0.920	144.8	160.4	182.9	1.625	4.920
40<	-	16.87	5.108	1.117	13.44	2.623	309.3	118.7	356.2	3.125	5.554
LSD (0.05)	-	1.781	0.222	0.102	0.295	0.153	12.98	11.44	8.698	0.686	0.325
–	**0**	12.29	4.021	0.651	10.13	1.610	195.8	137.04	246.0	2.5	5.37
–	**50**	14.53	4.525	0.930	12.12	1.934	258.3	142.02	293.1	2.2	5.11
LSD (0.05)		1.781	0.222	0.102	0.295	0.153	12.98	-	8.698	-	-

با کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات در سال دوم، قطر بنه (۴/۴۳۳ میلی‌متر)، سطح برگ (۲۳۴/۱ سانتی‌مترمربع) و وزن خشک کل بوته (۲۸۴/۳ گرم در مترمربع) نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت ($p\leq$۰/۰۵). وزن خشک بنه، برگ و ساقه، قطر ساقه و تعداد برگ در گیاه نیز با کاربرد منفرد کود فسفر افزایش یافتند ولی این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۴).

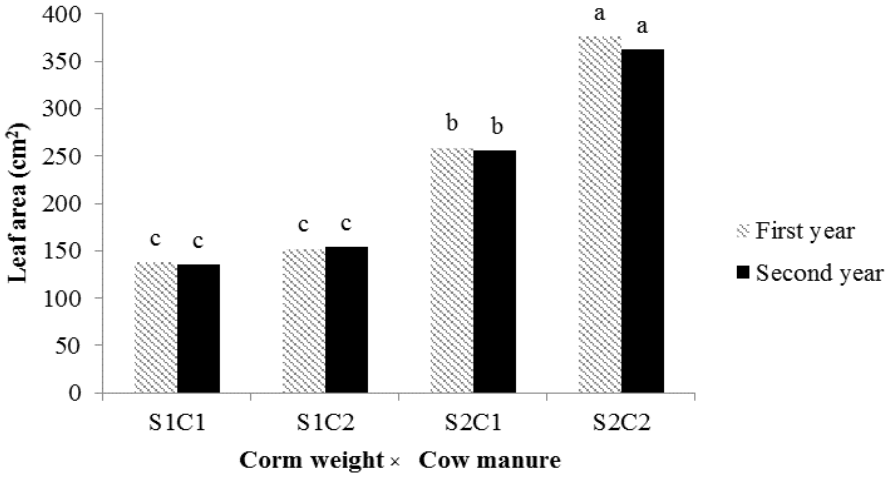
بسیاری از محققین گزارش نموده‌اند که کمبود فسفر اثر معنی-داری بر روی فتوسنتز برگ و متابولیسم کربن در گیاهان دارد (Rao, 1996). در آزمایشی که شاوکت و همکاران (Shaukat et al., 2012) بر روی گلایول انجام دادند، مشاهده شد که بیشترین اندازه (قطر) بنه در تیمار حداکثر کود فسفر به‌دست آمد. این محققین به این نتیجه رسیدند که افزایش اندازه بنه با افزایش سطوح فسفر به این دلیل است که فسفر رشد و نمو زایشی گیاه را ارتقا می‌بخشد. لذا انرژی بیشتری در بنه، ذخیره شده و بنه‌های قوی‌تری تولید می‌شود. در واقع، کاربرد فسفر باعث تقویت رشد و تسریع فتوسنتز در اندام‌های ذخیره‌ای پیازدار و در نتیجه منجر به افزایش قطر و وزن پیاز می‌شود (Sharma, 1992). در آزمایشی که بر روی دو گونه گل حسرت *C. hierosolymitanum* و *C. tunicatum* انجام گرفت، مشخص شد که تیمار کود شیمیایی N: P: K به نسبت ۵۰:۷۵:۵۰ از بالاترین تعداد برگ و گل و بیشترین عملکرد بنه در مقایسه با سایر نسبت‌های کودی برخوردار است (Al-Fayyad et al., 2003).

کود اوره تنها باعث افزایش معنی‌دار قطر بنه (۴/۳۸۷ میلی‌متر) نسبت به شاهد (۴/۱۵۸ میلی‌متر) گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد که تأثیر ناچیز کود اوره احتمالاً به دلیل کم بودن مقدار نیتروژن بکار رفته در تیمار کود اوره که دارای ۴۶ درصد نیتروژن است (معادل ۲/۳ گرم نیتروژن در مترمربع)، می‌باشد. آبشویی احتمالی کود اوره نیز می-تواند از جمله دلایل عدم اثرگذاری این کود باشد. بنابراین، به‌نظر می-رسد که استفاده از سطوح بیشتر کود اوره بتواند موجب اثرگذاری احتمالی نیتروژن بر روی رشد گیاه شود. در همین رابطه علیرضایی و همکاران (Alirezaei et al., 2012) در آزمایشی با بررسی سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن در گل حسرت به این نتیجه رسیدند که بیشترین وزن تر بنه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن به‌دست می‌آید. هایدر و همکاران (Haider et al., 1981) به نقل از پنت (Pant, 2005) در بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد بنه گلایول بیان نمودند که ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد بنه و بنه‌های دختری را در مقایسه با شاهد تولید می‌نماید. خلج و ادریسی (Khalaj & Edrisi, 2012) در بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر کمیت و کیفیت گل مریم مشاهده نمودند که با افزایش سطوح نیتروژن، قطر ساقه و وزن پیاز افزایش می‌یابد.

جدول ۵- اثر کاربرد منفرد کود اوره و سوپرفسفات بر شاخص‌های اگرومورفولوژیک گل حسرت در سال دوم آزمایش

Table 5- The effect of nitrogen and phosphorus fertilizer on agromorphological characteristics of *Colchicum kotschyi* at the second year of experiment

کود اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea ($kg.ha^{-1}$)	کود سوپر فسفات (کیلوگرم در هکتار) Superphosphate ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک بنه (گرم) Corm dry weight per plant (g)	قطر بنه (سانتی-متر) Corm diameter per plant (cm)	وزن خشک ساقه در بوته (گرم) Stem dry weight per plant (g)	قطر ساقه در بوته (میلی-متر) Stem dry weight per plant (mm)	وزن خشک برگ در بوته (گرم) Leaf dry weight (g)	سطح برگ در بوته (سانتی-متر مربع) Leaf area (cm^2)	سطح ویژه برگ (سانتی-مترمربع بر گرم) Specific Leaf Area ($cm^2.g^{-1}$)	وزن خشک کل بوته (گرم در متر مربع) Whole plant weight ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه-های دختری در متر مربع Cormlet number per m^2	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant
0	-	13.39	4.158	0.758	11.09	1.77	221.3	138.38	267.686	2.6	5.29
50	-	13.43	4.387	0.823	11.15	1.77	232.8	140.67	271.388	2.1	5.18
LSD (0.05)	-	-	0.222	-	-	-	-	-	-	-	-
-	0	12.62	4.113	0.784	11.04	1.71	220.0	142.59	254.8	2.3	5.13
-	25	14.19	4.433	0.797	11.20	1.83	234.1	136.46	284.3	2.4	5.34
LSD (0.05)	-	-	0.222	-	-	-	12.98	-	8.698	-	-



شکل ۱- اثر متقابل کود گاوی × وزن بنه مادری بر سطح برگ گل حسرت در سال‌های اول و دوم آزمایش

Fig. 1- The interaction effect of cow manure and maternal corm weight on leaf area of *Colchicum kotschyi* at the first and second years

*C_1: شاهد، C_2: ۵۰ تن در هکتار کود گاوی؛ S_1: بنه‌های کوچکتر از ۴۰ گرم و S_2: بنه‌های بزرگتر از ۴۰ گرم

*C_1: Control, C_2: 50 $t.ha^{-1}$ Cow manure; S_1: Corm weight less than 40 g and S_2: Corm weight more than 40 g

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

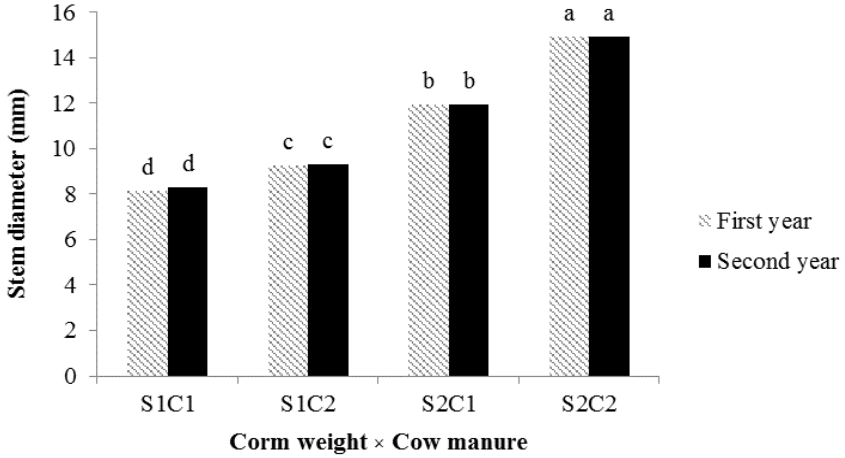
*Means with the similar letters are not significantly different at $p\leq0.05$.

اثرات متقابل تیمارها

در هر دو سال آزمایش، اثر متقابل وزن بنه × کود گاوی بر روی سطح برگ و قطر ساقه معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۵$)، بنه‌های درشت در شرایط کاربرد کود گاوی دارای بیشترین سطح برگ و قطر ساقه بودند و بنه‌های کوچک‌تر در شرایط عدم کاربرد کود گاوی، کمترین سطح برگ و قطر ساقه را داشتند (شکل‌های ۱ و ۲). حسن‌زاده اول و همکاران (Hassanzadeh aval et al., 2013) نیز گزارش نمودند که اثر متقابل وزن بنه مادری و سطوح مختلف مصرف کود گاوی بر اکثر شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه زعفران معنی‌دار بود.

در سال دوم آزمایش، اثر متقابل کود گاوی × سوپرفسفات بر

روی وزن خشک بنه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵)، به این صورت که بیشترین وزن خشک بنه در تیمار تلفیق کود گاوی و کود فسفر (۱۵/۶۲ گرم) و کمترین وزن خشک بنه در تیمار شاهد (۱۱/۸۰ گرم) به دست آمد (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد که کاربرد تلفیقی کود گاوی و کود شیمیایی فسفر، می‌تواند اثر مثبت تشدید کننده[1] بر روی وزن خشک بنه داشته باشد.



شکل ۲- اثر متقابل کود گاوی × وزن بنه مادری بر قطر ساقه گل حسرت در سال اول و دوم آزمایش

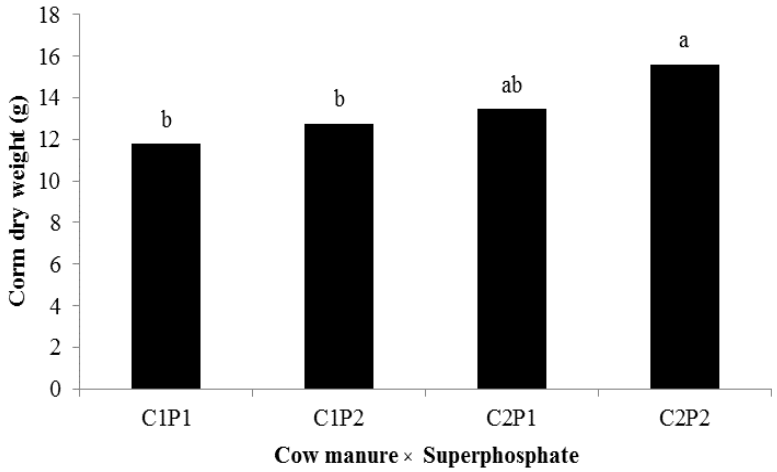
Fig. 2- The interaction effect of cow manure and maternal corm weight on stem diameter of *Colchicum kotschyi* at the first and second years

*C_1: شاهد، C_2: ۵۰ تن در هکتار کود گاوی؛ S_1: بنه‌های کوچکتر از ۴۰ گرم و S_2: بنه‌های بزرگتر از ۴۰ گرم

*C_1: Control, C_2: 50 $t.ha^{-1}$ Cow manure; S_1: Corm weight less than 40 g and S_2: Corm weight more than 40 g

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters are not significantly different at $p\leq0.05$.



شکل ۳- اثر متقابل کود گاوی × کود سوپرفسفات بر وزن خشک بنه در پایان فصل رشد گل حسرت در سال دوم آزمایش

Fig. 3- The interaction effect of cow manure and superphosphate on corm dry weight of *Colchicum kotschyi* at the second years

*C_1: شاهد، C_2: ۵۰ تن در هکتار کود گاوی؛ P_1: شاهد و P_2: ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات

*C_1: Control, C_2: 50 $t.ha^{-1}$ Cow manure; P_1: Control and P_2: 25 $kg.ha^{-1}$ superphosphate

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means with the similar letters are not significantly different at $p\leq0.05$.

1- Synergistic

گانگاداران و گوپیناس (Gangadharan & Gopinath, 2000) در بررسی اثر کودهای مختلف بر روی رشد و گلدهی گیاه گلایول به این نتیجه رسیدند که ترکیب کودهای آلی و شیمیایی سبب بهبود صفات رشدی و کیفیت گل و بنه گلایول می‌گردد. همچنین در آزمایشی، تلفیق کود حیوانی با کود فسفر و نیتروژن، بیشترین عملکرد بنه زعفران را تولید نمود (Amiri, 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که گل حسرت می‌تواند در شرایط مزرعه واکنش مناسبی نسبت به مصرف بهینه کود داشته باشد. کاربرد کود دامی در شرایط کشت این گیاه در مزرعه ضمن فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز، شرایط فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشد، از طرفی از آن‌جا که گیاهان دارویی به دلیل ساختار ژنتیکی خود به‌طور کلی واکنش کمتری به مصرف نهاده‌ها به‌خصوص نهاده‌های شیمیایی نشان می‌دهند، کودهای حیوانی به عنوان نهاده زیستی کم‌خطر به دلیل اثری که بر بهبود ساختمان خاک، توسعه بهتر ریشه در خاک، فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه، تنظیم دمای خاک و جمعیت میکروارگانیزم‌ها و کمک به بهبود جذب عناصر غذایی توسط این قبیل گیاهان دارند، می‌توانند در نظام‌های دارویی کم‌نهاده همراه با سطوح بهینه کودهای شیمیایی در جهت حاصلخیزی بیشتر خاک و تولید فرآورده‌های دارویی سالم مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از سطوح کودی بیشتر جهت تعیین بهترین سطح کودی و آزمودن واکنش گیاه از نظر کیفی به سطوح بالاتر کودهای شیمیایی خصوصاً کود نیتروژن می‌تواند در افزایش عملکرد کمی و کیفی مناسب نقش مؤثری داشته باشد.

منابع

Alali, F., El-Alali, A., Tawaha, K.H., and Al Elimat, T. 2006. Seasonal variation of colchicine content in *Colchicum brachyphyllum* and *Colchicum tunicatum* (Colchicaceae). Natural Product Research 20: 1121-1128.

Al-Fayyad, M., Alali, F., and Al-Tell, A. 2003. Effect of NPK fertilizer levels on morphological characteristics and productivity of *Colchicum hierosolymitanum* and *Colchicum tunicatum*. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants (10) 4: 11-17.

Alirezaei Noghondar, M., Aruei, H., Rezazadeh, S., and Shoor, M. 2011. Effect of different levels of nitrogen on corm yield and colchicine content in plantation of *C. Kotschyi* Bioss without soil. In: Proceedings of National Conference of Medicinal Plants, 2-3 Mar., University of Mazandaran, Sari, Iran. (In Persian)

Alirezaei Noghondar, M., Aruei, H., Rezazadeh, S., and Shoor, M. 2012. Effect of different levels of biological and chemical nitrogen fertilizers on corm yield and colchicine content of *C. Kotschyi* Bioss under natural conditions. Journal of Medicinal Plants 9: 91-103. (In Persian with English Summary)

Amiri, M. 2009. Comparison of animal manure and chemical fertilizers on saffron (*Crocus sativus*) cultivation. In: Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI. University of California, California, USA.

Arefi, I., Kafi, M., Khazaei, H.R., and Bannayan, M. 2012. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield, photosynthesis, photosynthetic pigments, chlorophyll and nitrogen concentration of Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.). Journal of Agroecology 4(3): 207-214. (In Persian with English Summary)

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 1-14. (In Persian with English Summary)

Bahadoran, M., Salehi, H., and Eshghi, S. 2011. Growth and flowering of tuberose as affected by adding poultry litter to the culture medium. Spanish Journal of Agricultural Research 9(2): 531-356.

Brewster, J.L. 1994. Onion and Other Vegetable Alliums. CAB International, UK, 334 pp.

Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A., and Lakzian, A. 2013. Effect of phosphorus and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. Journal of Saffron Research 1: 1-12. (In Persian with English Summary)

Chandra, S., Ravat, T.S., Lakhavat, S.S., and Yadav, K.K. 2012. Effect of organic manures and biofertilizers on the yield parameters of gladiolus (*Gladiolus* sp.) CV. White prosperity. Ecology, Environment and Conservation Paper

18: 91-94.

Frankova, L., Cibirova, K., Boka, K., Gasparikova, O., and Psenak, M. 2004. The role of the roots in the life strategy of *Colchicum autumnale*. Biologia, Bratislava 13: 87-93.

Gangadharan, G.D., and Gopinath, G. 2000. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, flowering and quality of Gladiolus cv. White prosperity. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 13(2): 401-405.

Haider, M.M., Rao, M.V., and Murty, A.S. 1981. Effects of nitrogen on growth and development of gladiolus. Indian Journal of Horticulture 38(3-4): 241-245.

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., and Khorasani, R. 2013. Effect of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 1(1): 22-39.

Kabir, A.K.M.R., Iman, M.H., Mondal, M.M.A., and Chowdhury, S. 2011. Response of tuberose to integrated nutrient management. Journal of Environmental Sciences and Natural Resources 4(2): 55-59.

Karim, A., Aslam Khan, M., Rehman, S.U., and Afzal, I. 2013. Different corm sizes affect performance of *Gladiolus grandifloruscvs.* Red majesty and early yellow. Advances in Zoology and Botany 1(4): 86-91.

Khalaj, M.A., and Edrisi, B. 2012. Effect of plant spacing and nitrogen levels on quantity and quality characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) under field experiment. International Journal of Agriscience 2(3): 244-255.

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2014. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corm behavior of saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. Journal of Saffron Research 1(2): 144-155. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., Azizi, H., and Shahriyri, R. 2014. The Effects of mother corm size, organic fertilizers and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake on saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 1(2): 3-16. (In Persian with English Summary)

Kuepper, G. 2000. Manures for Organic Crop Production. ATTRA, Fayetteville AR72702, from http://www. Attar.org/attar-pub/manures.html.

Mammadov, R., Düsen, O., Uysal (DEMIR), D., and Köse, E. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of extracts from tubers and leaves of *Colchicum balansae* Planchon. Journal of Medicinal Plant Research 3(10): 767-770.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia- Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulture 103: 361-379.

Mukhopadhayay, A. 1995. *Gladiolus*. Publication and information division. Indian Council of Agricaltural. Research. Krishi Anusandhan bhavan, New Delhi p. 1-83.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2008. Effect of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 155-166. (In Persian with English Summary)

Pant, S.S. 2005. Effect of different doses of nitrogen and phosphorus on the corm and cormel development of Gladiolus CV. American beauty. Journal of Institute of Agriculture and Animal Sciences 26: 153-157.

Persson, K. 1992. Liliaceae III. Subfam. I. Wurmbaeoideae. In: Rechinger K.H. (Ed.), Flora Iranica. Akademische Druck- u.Verlagsanstalt, Graz, Austria.

Poutaraud, A., and Girardin, P. 2002. Alkaloids in meadow saffron, *Colchicum autumnale* L. Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants 9: 63-80.

Poutaraud, A., and Girardin, P. 2003. Seed yield and components of alkaloid of meadow saffron (*Colchicum autumnale*) in natural grassland and under cultivation. Canadian Journal of Plant Science 83: 23-29.

Poutaraud, A., and Girardin, P. 2005. Influence of chemical characteristics of soil on mineral and alkaloid seed content of *Colchicum autumnale*. Environmental and Experimental Botany 54: 101-108.

Rao I.M. 1996. The Role of Phosphorus in Photosynthesis. In Pessarakli, M. (Ed.) Handbook of Photosynthesis. Marcel Dekker p. 173-194. NewYork, United State of America.

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Mollafilabi, A., and Seyyedi, M. 2013. Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 15(3): 234-246. (In Persian with English Summary)

Sabete Teimoori, M., Kafi, M., Avarsaji, Z., and Orooji, K. 2010. Effect of drought stress, corm size and corm tunic on morphoecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse conditions. Journal of Agroecology 2(2): 323-334. (In Persian with English Summary)

Salo, T., Suojala, T., and Kallela, M. 2002. The effect of fertigation on yield and nutrient uptake of cabbage, carrot and onion. Acta Horticulture 571: 235-241.

Sharma, R.P. 1992. Effect of planting material, nitrogen and potash on bulb yield of rainy season onion (*Allium cepa* L.). Indian Journal of Agronomy 37: 868-869.

Shaukat, S.A., Ali Shah, S.Z., Ishaq, Y., Ahmed, M., Shaukat, S.K., and Shaukat, S.W. 2012. Influence of phosphorus fertilization on *Gladiolus* corm and flower production. Scientific Journal of Agriculture 1(5): 105-111.

Teimori, S., Behdani, M.A., Ghaderi, M.G., and Sadeghi, B. 2013. Investigation on the effect of organic and chemical fertilizers on morphological and agronomic characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) corm criteria. Journal of Saffron Research 1(1): 36-47. (In Persian with English Summary)

Vetayasuporn, S. 2006. Effects of biological and chemical fertilizers on growth and yield of shallot (*Allium cepa* var. ascolonicum) production. Journal of Biological Sciences 6(1): 82-86.

Zebarth, B.J., Neilsen, G.H., Hogue, E., and Neilsen, D. 1999. Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. Canadian Journal of Soil Science 79: 501-504.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 35-47

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۴۷-۳۵

The Effect of Corm Weight and Soil Nutrition on Agromorphological Characteristics of *Colchicum kotschyi* Boiss. as a Medicinal Plant

H. Azizi[11], P. Rezvani Moghaddam[2*], M. Parsa[3], M. Shoor[4] and R. Khorasani[5]

Submitted: 19-01-2015
Accepted: 01-03-2015

Azizi, H., Rezvani Moghaddam, P., Parsa, M., Shoor, M., and Khorasani, R. 2018. Investigation on the effect of different fertilizers and mother corm weight on agromorphological characteristics and yield of *Colchicum kotschyi* Boiss. as a medicinal plant. Journal of Agroecology 10(1): 35-47.

Introduction

Colchicum kotschyi Boiss is a perennial, herbaceous and medicinal plant, belong to Colchicaceae family which have corm or rarely creeping stem. *Colchicum* species have been considered as a medicinal plant due to having divers active components in different plant parts which have been using as drug and toxin for 2000 years ago. The most important secondary metabolic compounds in plants are alkaloids. There is much evidence that the alkaloids influence on plant growth assimilating or regulatory factor. *Colchicum* active ingredient is colchicine. Colchicine is an alkaloid which is found in all parts of the plant such as corms, seeds, leaves and flowers and is concerned because of the pharmacological properties (anti-inflammatory) and applications in biological studies and plant breeding (induction of polyploidy). Corm weight is an important factor for producing more active component such as Colchicine. Soil fertility management is another factor that determine the quality and quantity of plant growth. However bulbous plants compared to the other plants require more attention in terms of nutritional management, because their roots are shallow and the absorption of sedentary nutrients in the soil is more difficult. The purpose of this study was to determine the effect of corm weight and organic and chemical fertilizers on morphological characteristics of *Colchicum kotschyi*.

Material and Methods

In order to evaluate the effect of corm weight and soil nutrition on morphological characteristics of *Colchicum kotschyi* Boiss., a field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in years 2012-2013 and 2013-2014. The experimental treatments were all combination of corm weight (more than 40g and less than 40g), cow manure (0 and 50 $t.ha^{-1}$), urea fertilizer (0 and 50 $kg.ha^{-1}$) and superphosphate fertilizer (0 and 25 $kg.ha^{-1}$). *Colchicum* corms in the summer which the plant is in the dormancy phase, were collected from the natural area located in the Binaloud Mountains, Frizi region Razavi Khorasan province. Because of the very much variation between collected corms in terms of their weight and in order to equalize the effect of corm weight between treatments, the mother corm was considered as one of the studied factors. Before sowing, land preparation including plowing and disk operations were conducted. The corms were sown in each plot (1×1 m) 25 cm apart at the depth of 15cm. Irrigation and weed control was done if needed. With the gradual yellowing of the leaves and when the color of capsules was changed from green to brown (late June), the plants were harvested. Data analysis and drawing graphs were done by the software SAS Ver.9.1, MS Excel Ver.11and the comparisons using LSD test was performed at the level of 5%.

Results and Discussion

The results in both years showed that at the end of the growing season, the more weighted maternal corms produced more weighted daughter corms. Corm diameter, stem diameter, stem dry weight, leaf dry weight, leaf area, whole plant weight, leaf number and cormlet number were improved in more weighted corms ($p \leq 0.05$). Studies have shown that the early growth of the plant and its vital capacity are determined by the amount of food provided to the growing plant, by the maternal corm. Since the larger corms have more storage materials, the resulting plants are more grown and have thicker stems and larger leaves (larger aerial parts) and, in general, the

1, 2, 3, 4 and 5- PhD Student in Crop Ecology, Professor, Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Associate Professor, Department of Horticulture, Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.43075

dry weight of the whole plant was higher. In both years of experiment, all of the morphological characters were improved in 50 t.ha-1 cow manure treatment compared to control. Organic fertilizers improve soil structure, improve root development, regulate soil temperature and population of useful microorganisms, provide nutrients for the plant, and help to improve the absorption of nutrients by the plant. Therefore, the application of manure with all of the above-mentioned benefits improves vegetative growth and dry weight. In the second year, superphosphate increased corm diameter, leaf area and whole plant weight ($p \leq 0.05$). The interaction effects of cow manure × corm weight on leaf area and stem diameter was significant at both years ($p \leq 0.05$).

Conclusion

Generally, the results showed that *Colchicum kotschyi* Boiss. can respond to optimum levels of the fertilizers. Cow manure in combination with superphosphate can improve morphological characters in the field conditions.

Keywords: Cormlet, Manure, Triple Superphosphate, Urea

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۶۸-۴۸

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 48-68

ارزیابی چرخه حیات در بوم‌نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران: ۲- مقایسه مکانی در سطح کشور

مهدی نصیری محلاتی[۱] و علیرضا کوچکی[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۶

نصیری محلاتی، م.، و کوچکی، ع.. ۱۳۹۷. ارزیابی چرخه حیات در بوم‌نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران: ۲- مقایسه مکانی در سطح کشور. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۶۸-۴۸.

چکیده

ارزیابی چرخه حیات (LCA) روش معتبر و دقیقی برای بررسی و مقایسه پیامدهای محیطی ناشی از فعالیت‌های انسان و از جمله روش‌های مختلف مدیریت در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد که تعمیم نتایج آن به مقیاس ملی اطلاعات مفیدی را در مورد اثرات محیطی فعالیت‌های زراعی فراهم می‌سازد. در این پژوهش نتایج اجرای LCA برای بوم‌نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده تولید گندم کشور که قبلاً انجام شده بود جهت مقایسه اثرات محیطی بین ۱۴ استان مورد استفاده قرار گرفت. به این منظور برای هر استان سطح زیر کشت گندم در سه نظام با سطوح مختلف مصرف نهاده تعیین شد و سپس بر اساس عملکرد هر نظام و سهم آن از سطح زیر کشت، پیامدهای محیطی هفت گروه تأثیر با استفاده از تغییر مقیاس خطی برای هر استان بر آوردشد. نتایج نشان داد که کارایی استفاده از زمین در استان‌های کشور بسیار متفاوت است. به‌طوری‌که استان خوزستان که ۱۸ درصد از گندم کشور را تولید می‌کند دارای پایین‌ترین کارایی استفاده از زمین بود و در این استان برای تولید یک تن گندم به ۴۲۷۱ مترمربع زمین نیاز است، در حالی‌که این مقدار در استان تهران ۲۰۴۹ مترمربع می‌باشد. در واحد کارکردی هکتار، بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی و سمیت اکولوژیکی مربوط به استان تهران بود که در آن نظام‌های پرنهاده بیشترین سهم را در سطح زیر کشت گندم دارند. در واحد کارکردی تن دانه، استان‌های همدان و خوزستان به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین پتانسیل گرمایش بودند. گروه‌بندی استان‌ها با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان داد که تفاوت بین استان‌ها علاوه بر عملکرد گندم تابع توزیع نظام‌های کم، متوسط و پرنهاده در کل سطح زیر کشت استان‌ها نیز می‌باشد. مقایسه استان‌ها بر اساس نوعی شاخص نرمال شده محیطی که معیاری از مجموع هفت گروه تأثیر بود، نیز نتایج حاصل از PCA را تأیید کرد. بر اساس یافته‌های این تحقیق تولید یک تن گندم در استان همدان دارای کمترین اثرات محیطی در بین ۱۴ استان تحت بررسی می‌باشد و در مقابل استان خوزستان برای تولید هر تن گندم بیشترین پیامدهای محیطی را به جا می گذارد. در بوم‌نظام‌های گندم کشور که با مصرف زیاد نهاده مدیریت می‌شوند، افزایش عملکرد به بالاتر از چهار تن در هکتار باعث افزایش شدید اثرات محیطی در هکتار شده، ولی عملکرد اضافی ناشی از مصرف نهاده‌ها به اندازه‌ای نیست که این اثرات را به ازای تن دانه گندم کاهش دهد. بنابراین، با وضعیت فعلی کارایی استفاده از نهاده‌ها در تولید گندم، افزایش عملکرد از طریق فشرده‌سازی (مصرف نهاده بیشتر) راه‌حل مطمئنی نبوده و پیامدهای محیطی جدی به‌همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تغییر مقیاس، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، شاخص نرمال محیطی، فشرده‌سازی

مقدمه

کشاورزی همواره به منابع طبیعی وابسته بوده و در نتیجه روابط پیچیده‌ای با محیط زیست دارد. شواهد موجود نشان می‌دهد که پیامدهای منفی این فعالیت‌ها که ناشی از افزایش مصرف نهاده‌ها (کودها و سموم شیمیایی) و سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و فشردگی عملیات زراعی می‌باشد باعث تشدید آلودگی‌های محیطی، از بین رفتن زیستگاه‌های طبیعی و به مخاطره افتادن تنوع زیستی شده است (Heller & Keoleian, 2003; Tilman et al., 2002).

۱ - استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.45791

از سوی دیگر، تولید مواد غذایی و بخش‌های اقتصادی مرتبط با آن به تداوم کشاورزی وابسته‌اند. بنابراین، تلاش پژوهشگران و برنامه-ریزان بر این است که تبعات ناشی از تولید محصولات کشاورزی را در چارچوب حفظ منافع اقتصادی به حداقل برسانند (Sands & Podmore, 2000). تحقق این امر پیش از هر چیز مستلزم آگاهی از اثرات مختلفی است که بوم‌نظام‌های زراعی و روش مدیریت آن‌ها بر محیط‌زیست دارند. در میان انواع روش‌های مطالعه اثرات محیطی، ارزیابی چرخه حیات (LCA)[1] به‌عنوان رهیافتی دقیق که کلیه پیامدهای محیطی یک محصول را در طی زنجیره تولید (از منشاء مواد اولیه تا هنگام مصرف) ارزیابی می‌کند، مورد توجه محققین بوده و در طی دو دهه اخیر در سطح جهان مورد استفاده قرار گرفته است (Nemecek et al., 2015; Roy et al., 2005; Nemecek & Kägi, 2007).

ساختار کلی مطالعات LCA انتخاب دو یا چند سیستم زراعی، ممیزی چرخه حیات در آن‌ها و در نهایت، ارزیابی اثرات محیطی و مقایسه بین بوم‌نظام‌ها می‌باشد. داده‌های مورد نیاز برای اجرای این پژوهش‌ها معمولاً از پایگاه‌های اطلاعاتی، پرسشنامه، مزارع تولیدکنندگان و به‌ندرت از اجرای آزمایش جمع‌آوری شده و نتایج حاصل بدون توجه به مقیاس مطالعه به‌عنوان وضعیت نظام‌های تولید ارائه می‌شود. برای مثال، مسترلینگ و همکاران (Meisterling et al., 2009) بوم‌نظام‌های رایج و ارگانیک تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در آمریکا را از نظر مصرف انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی مورد مقایسه قرار دادند. این محققین بیان داشتند که داده‌های لازم از پایگاه آماری وزارت کشاورزی آمریکا به‌گونه‌ای انتخاب شدند که معرف سیستم‌های تولید این کشور باشند. گاسول و همکاران (Gasol et al., 2007) با اجرای LCA پیامدهای محیطی ناشی از کشت گونه‌ای از *Brassica* spp. را برای تولید گاز از بیوماس در جنوب اروپا بررسی کردند. البته داده‌های این پژوهش از مساحتی معادل یک هکتار از مزرعه‌ای در اسپانیا جمع‌آوری شد. بنت و همکاران (Bennett et al., 2004) با ارزیابی چرخه حیات تأثیر میزان مصرف نیتروژن را بر سیستم‌های تولید گندم بررسی کردند، داده‌های این تحقیق از آزمایشات ایستگاه روتامستد استخراج شد. نمچک و همکاران (Nemecek et al., 2011b) بوم‌نظام‌های زراعی فشرده و غیرفشرده کشور سویس را از طریق LCA مقایسه کردند، داده‌های این تحقیق نیز از تعدادی آزمایشات در حال اجرا گردآوری شد. مطالعات انجام شده در ایران توسط برخی محققان نیز با الگوی مشابهی پیامدهای محیطی حاصل از تولید محصولات زراعی را بر اساس داده‌های حاصل از پرسشنامه یا پایگاه‌های رسمی بررسی کرده‌اند (Bazrgar, 2011; Zangeneh et al., 2010; Khoshnevisan et al., 2011).

با وجودی‌که این پژوهش‌ها اطلاعات با ارزشی را در مورد اثرات محیطی چرخه حیات محصولات و سیستم‌های زراعی ارائه می‌دهند ولی تعمیم نتایج آن‌ها به مقیاس مکانی بزرگ (منطقه‌ای یا ملی) دشوار می‌باشد. از آن‌جا که هدف نهایی از ارزیابی‌های محیطی سنجش پایداری و بهبود روش‌های مدیریت بوم‌نظام‌های زراعی است اجرای چنین مطالعاتی در سطح ملی ضروری به‌نظر می‌رسد. پایرادئو و وان‌درورف (Payraudeau & van der Werf, 2005) با تأکید بر اهمیت این مسئله روش‌های مختلف ارزیابی اثرات محیطی فعالیت-های کشاورزی از جمله روش LCA را در مقیاس منطقه ای مورد بررسی قرار دادند.

نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a) با استفاده از داده‌های استخراج شده از پایگاه آماری وزارت کشاورزی تأثیر سطوح مصرف نهاده را در بوم‌نظام‌های گندم کشور از طریق LCA مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش فشرده‌سازی کلیه اثرات محیطی در واحد کارکردی هکتار افزایش می‌یابد. به‌علاوه افزایش عملکرد ناشی از مصرف نهاده‌ها تنها برخی از اثرات محیطی را جبران می‌کند؛ به-طوری‌که پتاتسیل گرمایش، پتانسیل پرغذایی و پتانسیل سمیت برای انسان در بوم‌نظام‌های پر نهاده گندم کشور بیشتر از بوم‌نظام‌های کم نهاده است. با این حال به دلیل پراکنش غیر یکنواخت نظام‌های پر-نهاده و کم‌نهاده بین استان‌های کشور، مقایسه این اثرات در مقیاس منطقه‌ای مستلزم نوعی تغییر مقیاس در نتایج می‌باشد.

بر این اساس، هدف از اجرای این پژوهش، مقایسه پیامدهای محیطی ناشی از تولید گندم بین استان‌های کشور و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس شدت اثرات محیطی است.

مواد و روش‌ها

هدف و محدوده عمل

در این مطالعه پیامدهای زیست‌محیطی حاصل از بوم‌نظام‌های

1- Life cycle assessment

تولید گندم در ۱۴ استان اصلی کشت این محصول کـه روی هـم ۸۰ درصد از سطح زیر کشت و تولید گندم کشور را به‌خود اختصاص می-دهند با اجرای LCA مقایسه شدند، وضعیت تولید گندم در استان‌های تحت بررسـی در جـدول ۱ ارائـه شـده اسـت. اطلاعـات مربـوط بـه شهرستان‌های هـر اسـتان از پایگـاه آمـاری وزارت جهـاد کشـاورزی (MJA, 2010) اسـتخراج و بـر مبنـای سـطح مصـرف نهـاده، بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور به سه گـروه کـم، متوسـط و پرنهـاده تقسیم شدند، روش گروه‌بنـدی توسـط نصـیری محلاتـی و کـوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a) توصیف شده است.

جدول ۱- سطح زیر کشت، تولید، عملکرد گندم در ١٤ استان کشور همراه با سهم هر استان از سطح کشت و تولید کل کشور در سال ۹۰-۱۳۸۹

Table 1- Cultivated area, production and yield of wheat in 14 provinces over the country together with contribution of each province in total country level area and production

Province استان	Yield (kg/ha) عملکرد	Area (ha) سطح کشت	Production (ton) تولید	% in production درصد از تولید	% in area درصد از سطح کشت	Relative yield عملکرد نسبی
KHZ خوزستان	2341	479151	1121655	14.1	18.6	0.75
FRS فارس	3499	316976	1109030	13.9	12.3	1.11
KHR خراسان رضوی	3168	260390	824882	10.4	10.1	1.01
GOL گلستان	2744	164170	450505	5.7	6.4	0.87
ESF اصفهان	4109	87911	361192	4.5	4.0	1.31
HMD همدان	3947	86509	341464	4.3	3.9	1.26
ARD اردبیل	3694	81786	302105	3.8	3.4	1.18
THR تهران	4881	61004	297763	3.7	3.4	1.55
KRS کرمانشاه	3620	80642	291951	3.7	3.2	1.15
AZG آذربایجان غربی	2773	103595	287227	3.6	3.2	0.88
MRK مرکزی	3469	80709	279966	3.5	3.1	1.11
AZS آذربایجان شرقی	2707	100641	272393	3.4	3.1	0.86
LOR لرستان	2897	81951	237429	3.0	3.0	0.92
GAZ قزوین	3820	60690	231817	2.9	2.4	1.22
Total کل	3405	2046125	6409379	80	80	1.08

عملکرد نسبی نشان‌دهنده عملکرد هر استان به میانگین عملکرد کشور می‌باشد.

Relative yield is the ratio of province yield to country average yield.

ارزیابی چرخه حیات

ارزیابی بـر اسـاس داده‌هـای مربـوط بـه مصـرف نهـاده‌هـا و در چارچوب دستورالعمل ISO 14040 پس از انجام ممیزی چرخه حیات و ارزیابی تأثیر چرخه حیات اجرا شـد (ISO, 2006). اثـرات محیطـی بوم‌نظام‌های تولید گندم در هفت گروه (تخلیه منابع غیر قابل تجدیـد، کاربری زمین، پتانسـیل گرمـایش جهـانی، پتانسـیل اسـیدی شـدن، پتانسیل پرغذایی و سمیت اکولوژیکی برای انسان، محیط‌های آبـی و خشکی‌ها) و در دو واحد کارکردی (هکتـارو تـن دانـه گنـدم) بـرآورد گردید و نتایج از ابعـاد مختلـف مـورد مقایسـه قرارگرفـت (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a).

جهت برآورد اثرات محیطی در مقیاس منطقه‌ای (استان‌ها) ابتدا با استفاده از داده‌های موجود از شهرستان، سطح زیـر کشـت و عملکـرد مربوط به نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده در هـر یـک از اسـتان‌هـا تعیین و در ادامه سهم هر نظام از سـطح کشـت و تولیـد هـر اسـتان محاسبه شد. به این ترتیب مشخص گردید که در هر استان سطح زیر کشت، تولید و عملکرد به چه نسبتی بین سه نوع بوم‌نظام تقسیم شده است. با استفاده از این اطلاعات و نتایج به‌دست آمده از ارزیابی چرخه حیات در سه نوع بوم نظام تولید گنـدم، اثـرات محیطـی در دو واحـد کارکردی هکتار و تـن دانـه گنـدم بـرای هـر اسـتان محاسـبه شـد. محاسـبات بـر مبنـای روش تغییـر مقیـاس خطـی انجـام گرفـت (Dalgaard et al., 2003; Stein et al., 2001) کـه در آن مقـادیر مربوط به هر یک از گروه‌های تأثیر (برای مثال، پتانسیل گرمایش یـا

پتانسیل اسیدی شدن) متناسب با مساحت اراضی کم، متوسط و پر نهاده در هر استان برآورد گردید. این روش تغییر مقیاس در سایر مطالعات نیز جهت تعیین اثرات محیطی فعالیت‌های کشاورزی در مقیاس منطقه‌ای به‌کار رفته است (Grace et al., 1997; Bouman et al., 1999; Dalgaard et al., 2003).

گروه‌بندی استان‌ها

جهت گروه‌بندی استان‌ها بر اساس اثرات محیطی حاصل از تولید گندم از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA[1]) استفاده شد. PCA یکی از روش‌های چند متغیره آماری است که برای کاهش حجم زیاد داده‌ها طراحی شده است به‌علاوه این روش p متغیر وابسته به هم را به متغیرهای مستقلی تبدیل می‌کند که اصطلاحاً مؤلفه‌های اصلی نامیده می‌شوند. در این مطالعه PCA بر روی هفت گروه تأثیر اجرا شد و محاسبات در دو واحد کارکردی هکتار و تن دانه به‌طور جداگانه انجام گرفت. به این ترتیب برای هر واحد کارکردی هفت مؤلفه اصلی به‌دست آمد که روی هم تمامی واریانس موجود در داده‌ها را توصیف کردند. مؤلفه‌های اصلی به گونه‌ای محاسبه می‌شوند که PC_1 (مؤلفه اصلی اول) بیشترین مقدار از واریانس داده‌ها را توصیف کند، PC_2 بیشترین مقدار از باقیمانده واریانس و به همین ترتیب، PC_3 تا PC_7 به‌ترتیب بیشترین مقدار از باقیمانده واریانس را توصیف خواهند کرد. مؤلفه‌های اصلی ترکیب خطی از متغیرهای اولیه می‌باشند (Jackson, 1991) برای مثال، این ترکیب خطی برای مؤلفه اول به صورت معادله ۱ می‌باشد:

$$PC_1= a_1GWP+a_2AP+a_3EUP+a_4RD+a_5HT+a_6AT+a_7TT \quad \text{معادله (۱)}$$

GWP تا TT: هفت گروه تأثیر (به‌ترتیب پتانسیل گرمایش، پتانسیل اسیدی شدن، پتانسیل پرغذایی، تخلیه منابع غیر قابل تجدید، سمیت اکولوژیکی برای انسان، محیط‌های آبی و خشکی‌ها) می‌باشند که مقادیر آن‌ها قبلاً برای هر استان محاسبه شده است. ضرایب a_1 تا a_7 که به بار[2] نیز موسومند به‌نحوی برآورد می‌شوند که مؤلفه‌های اصلی از یکدیگر مستقل بوده و به‌علاوه مؤلفه‌های ۱ تا ۷ به‌ترتیب بیشترین مقدار از کل واریانس داده‌های اصلی را برآورد کنند (Anderson, 1984). به این ترتیب، هفت معادله مشابه معادله ۱ برای هفت مؤلفه اصلی برآورد و ضرایب آن‌ها تعیین گردید. با استفاده از این ضرایب امتیاز یا امتیاز[3] هر استان برای هر یک از هفت گروه تأثیر محاسبه شد و از مجموع آن‌ها امتیاز کل هر استان از نظر اثرات محیطی به‌دست آمد و بر اساس این نتایج استان‌های تحت بررسی از نظر پیامدهای محیطی نظام‌های تولید گندم مقایسه شدند. کلیه محاسبات آماری مربوط به اجرای PCA به‌وسیله نرم‌افزار MINITAB, ver. 17. انجام شد.

محاسبه شاخص نرمال شده محیطی

در محاسبات LCA مقدار مربوط هر یک از گروه‌های تأثیر در واحدهای مختلفی بیان می‌شود و در نتیجه مقایسه بین آن‌ها ممکن نمی‌باشد. منظور از نرمال‌سازی تبدیل نتایج LCA به‌صورتی است که بدون واحد شده و در نتیجه شدت اثرات مختلف محیطی قابل مقایسه شوند به‌علاوه با نرمال کردن نتایج می‌توان از حاصل جمع اثرات نرمال شده نوعی شاخص محیطی به‌دست آورد که نشان‌دهنده تمامی گروه‌های تأثیر باشد. در این مطالعه جهت نرمال کردن داده‌ها از روش ارائه شده توسط تزیلواکیس و همکاران (Tzilivakis et al., 2005) استفاده شد. در این روش ساده، نرمال‌سازی بر اساس معادله ۲ انجام می‌شود:

$$I_N = \sum_{i=1}^{7}\left(1-\frac{I_i}{I_{maxi}}\right) \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن، I_N: شاخص نرمال شده محیطی برای هر استان، I_i: مقدار محاسبه شده گروه تأثیر i ام در هر استان و I_{maxi}: حداکثر مقدار گروه تأثیر iام بین همه استان‌ها می‌باشد. مقدار داخل پرانتز برای هر یک از هفت گروه تأثیر در هر استان محاسبه می‌شود، برای مثال، برای گروه تأثیر پتانسیل گرمایش جهانی در استان خراسان مقدار محاسبه شده برای این اثر محیطی بر حداکثر مقدار آن بین تمام استان‌ها تقسیم شده و حاصل از یک کسر می‌شود. چنانچه حداکثر پتانسیل گرمایش مربوط به استان خراسان باشد، حاصل کسر معادل یک و مقدار داخل پرانتز (پتانسیل گرمایش نرمال شده برای خراسان) صفر خواهد شد و اگر حداکثر پتانسیل گرمایش مربوط به استان دیگری باشد مقدار نرمال شده برای خراسان بزرگتر از صفر خواهد بود. این محاسبات برای تمامی گروه‌های تأثیر اجرا شده و حاصل

1- Principal component analysis
2- Loading
3- Score

جمع آن‌ها نوعی شاخص محیطی نرمال شده برای مجموعه گروه‌های تأثیر می‌باشد. بدیهی است که هر چه مقدار شاخص نرمال شده بزرگتر باشد اثرات محیطی کمتر خواهد بود و حداکثر اثرات محیطی مربوط به استانی است که در آن، مقدار کلیه گروه‌های تأثیر معادل I_{maxi} باشد که در نتیجه شاخص نرمال برابر صفر خواهد شد.

نتایج و بحث

خلاصه ارزیابی چرخه حیات

در جدول ۲ نتایج اجرای LCA بر روی سه نوع بوم‌نظام تولید گندم کشور بر حسب دو واحد کارکردی ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شدت فشرده‌سازی کلیه اثرات محیطی در واحد هکتار به‌طور قابل توجهی افزایش یافته در حالی‌که افزایش عملکرد ناشی از مصرف بیشتر نهاده‌ها تنها برخی از گروه‌های تأثیر را به ازای واحد عملکرد کاهش داده و در بوم‌نظام‌های پر نهاده علی‌رغم عملکرد بیشتر، پتانسیل گرمایش، پتانسیل پرغذایی، تخلیه منابع و سمیت برای انسان بر حسب تن دانه گندم بیشتر از دو نظام دیگر می‌باشد، دلایل این تفاوت بین سطوح مصرف نهاده توسط نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a) بررسی شده است.

جدول ۲- خلاصه نتایج LCA در سه نوع بوم نظام تولید گندم کشور در دو واحد کارکردی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a)

Table 2- Summary of LCA results for 3 types of wheat production systems calculated in two functional units (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a)

Impact category گروه تاثیر	Unit واحد	Functional unit (ha) واحد کارکردی			Functional unit (t) واحد کارکردی		
		Low input کم نهاده	Medium input متوسط نهاده	High input پر نهاده	Low input کم نهاده	Medium input متوسط نهاده	High input پر نهاده
Global warming potential پتانسیل گرمایش	kg CO_2 eq	1594.2	2250.3	2911.4	613.8	670.1	691.2
Acidification potential پتانسیل اسیدی شدن	kg SO_4 eq	9.73	12.49	14.97	3.75	3.72	3.55
Euthrofication potential پتانسیل پرغذایی	kg PO_4	1.64	2.44	3.99	0.63	0.75	1.02
Resource deplation تخلیه منابع غیر قابل تجدید	GJ eq	15.38	20.54	27.14	5.92	6.12	6.44
Land use کاربری زمین	m^2	10000	10000	10000	3850.2	2977.7	2374.3
Human ecotoxicity سمیت انسانی	kg 1,4-DB eq	511	576	801	196.7	171.5	190.2
Aquatic ecotoxicity سمیت آبی	kg 1,4-DB eq	231.4	249.7	266.9	89.1	74.4	63.4
Terrestrial ecotoxicity سمیت خشکی	kg 1,4-DB eq	0.610	0.690	0.810	0.235	0.205	0.192

شدت فشرده‌سازی نظام‌های تولید گندم در استان‌ها

میانگین عملکرد نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده در ۱۴ استان تحت بررسی به‌ترتیب ۴۱۵۱، ۳۳۵۲ و ۲۵۵۲ کیلوگرم در هکتار بود به‌علاوه به‌طور متوسط ۳۳ درصد از سطح زیر کشت این استان‌ها مربوط به نظام‌های کم نهاده، ۲۳ درصد متوسط نهاده و ۴۴ درصد نیز به نظام‌های پر نهاده تعلق داشت و بر این اساس با توجه به تفاوت در عملکرد ، به‌ترتیب ۵۲، ۲۳ و ۲۵ درصد تولید از نظام‌های پر، متوسط و کم نهاده به‌دست می‌آید (جدول ۳). با توجه به سهم نسبی سه نوع نظام در سطح زیر کشت و تولید، بخش عمده گندم کشور با الگوهای فشرده‌سازی مدیریت می‌شود. البته شدت فشرده‌سازی در تولید گندم بین استان‌های تحت بررسی تفاوت قابل توجهی داشت. برای مثال در استان تهران ۸۹ درصد از سطح زیر کشت و ۹۰ درصد تولید مربوط به نظام‌های پرنهاده بود که نشان‌دهنده درجه بالای فشرده‌سازی در این استان است. در مقابل در استان آذربایجان شرقی نظام کم نهاده ۶۵ درصد سطح زیر کشت و ۵۶ درصد تولید را به‌خود اختصاص داد و سهم نظام‌های پر نهاده از تولید و سطح کشت این استان به‌ترتیب ۲۷ و ۲۰ درصد بود (جدول ۳). سایر استان‌های کشور نیز با دامنه نسبتاً وسیعی از تغییرات درجات مختلفی از فشرده‌سازی را نشان دادند. این

تنوع در مصرف نهاده‌ها باعث خواهد شد تا اثرات محیطی حاصل از چرخه حیات گندم نیز بین استان‌های کشور متفاوت شود.

جدول ۳- عملکرد و توزیع درصدی سطح زیر کشت و تولید نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده گندم در بین ۱۴ استان تحت بررسی
Table 3- Yield and percentage distribution of cultivated area and production of low, medium and high input wheat production systems for 14 studied provinces

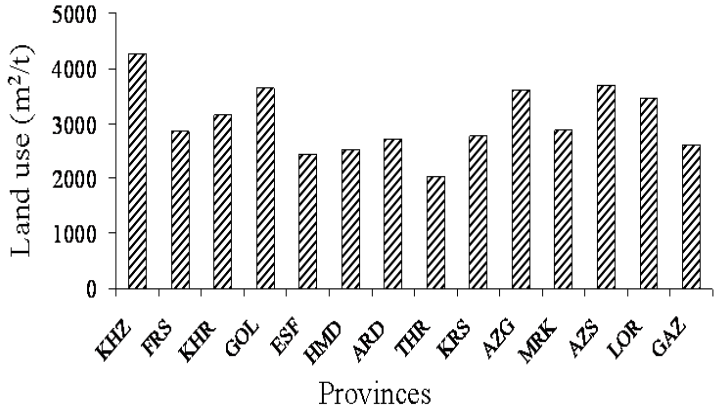
	Yield (kg/ha) عملکرد			% in area درصد از سطح کشت			% in production درصد از تولید		
Province استان	Low input کم نهاده	Medium input متوسط نهاده	High input پر نهاده	Low input کم نهاده	Medium input متوسط نهاده	High input پر نهاده	Low input کم نهاده	Medium input متوسط نهاده	High input پر نهاده
KHZ خوزستان	1882	2111	2796	34	21	45	27	19	54
FRS فارس	2766	3228	3849	22	18	60	17	17	66
KHR خراسان رضوی	2511	2975	3648	28	24	48	22	23	55
GOL گلستان	1995	2736	3378	31	32	37	23	32	45
ESF اصفهان	3005	3604	4492	18	13	69	13	12	75
HMD همدان	2877	4065	5178	38	32	30	28	33	39
ARD اردبیل	2691	3612	4854	37	29	34	27	28	45
THR تهران	3587	4679	4967	5	6	89	4	6	90
KRS کردستان	2586	3622	4920	39	30	31	28	30	42
AZG آذربایجان غربی	2156	2786	3720	45	26	29	35	26	39
MRK مرکزی	2662	3733	4091	37	26	37	28	28	44
AZS آذربایجان شرقی	2347	2954	3698	65	15	20	56	16	27
LOR لرستان	1974	2884	4172	41	29	30	28	29	43
GAZ قزوین	2683	3933	4357	26	24	50	18	25	57
Mean میانگین	2552	3352	4151	33	23	44	25	23	52

کاربری زمین

در شکل ۱ میزان زمین لازم برای تولید یک تن گندم در استان‌های مختلف کشور نشان داده شده که با تغییر مقیاس خطی بر اساس سهم هر یک از بوم‌نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده محاسبه شده است. بیشترین میزان کاربری زمین (۴۲۷۱ مترمربع بر تن گندم) مربوط به استان خوزستان و کمترین کاربری زمین معادل ۲۰۴۹ مترمربع بر تن مربوط به استان تهران می‌باشد. نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a) نشان دادند که میانگین میزان کاربری زمین در بوم‌نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده گندم کشور به‌ترتیب ۳۸۵۰، ۲۹۷۷ و ۲۳۷۴ مترمربع بر تن دانه می‌باشد (جدول ۲). این نتایج مؤید آن است که در استان خوزستان از اراضی زراعی با کارایی کمی استفاده می‌شود و با وجودی‌که بخش عمده اراضی زیر کشت گندم این استان با الگوی پر نهاده مدیریت می‌شوند (جدول ۳)، ولی زمین لازم برای تولید یک تن گندم کمتر از میانگین نظام‌های کم نهاده کشور است. در واقع پایین بودن عملکرد گندم عامل اصلی بروز این وضعیت در خوزستان است. در مقابل در استان تهران به دلیل بالا بودن عملکرد در هر سه نوع بوم‌نظام از زمین با کارایی بیشتری بهره‌برداری می‌شود.

در مطالعات LCA کاربری زمین یکی از گروه‌های تأثیر است و هدف از ارزیابی آن بررسی پیامدهای اشغال اراضی طبیعی و تغییر دادن کیفیت آن‌ها به منظور فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد (Lindeijer et al., 2002) که نتیجه آن از بین رفتن تنوع زیستی و کیفیت اولیه خاک و در نهایت کاهش کارکردهای اکوسیستم طبیعی می‌باشد (Milaí Canals et al., 2007). در روش‌های رایج LCA کاربری زمین تنها بر اساس مقدار زمین لازم برای تولید یک تن محصول سنجیده می‌شود و سایر اثرات به‌طور مستقیم مورد ارزیابی

قرار نمی‌گیرند (Brentrup et al., 2001).



شکل ۱- میانگین میزان کاربری زمین برای تولید یک تن دانه گندم در استان‌های مختلف کشور که بر اساس عملکرد و سهم بوم‌نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده در سطح زیر کشت هر استان محاسبه شده، مخفف اسامی استان ها در جدول ۱ ذکر شده است

Fig. 1- Mean land use for production of one ton wheat in the studied provinces, calculated based on yield and contribution of low, medium and high input systems in cultivated area of each province, abbreviation of province names are given in Table 1

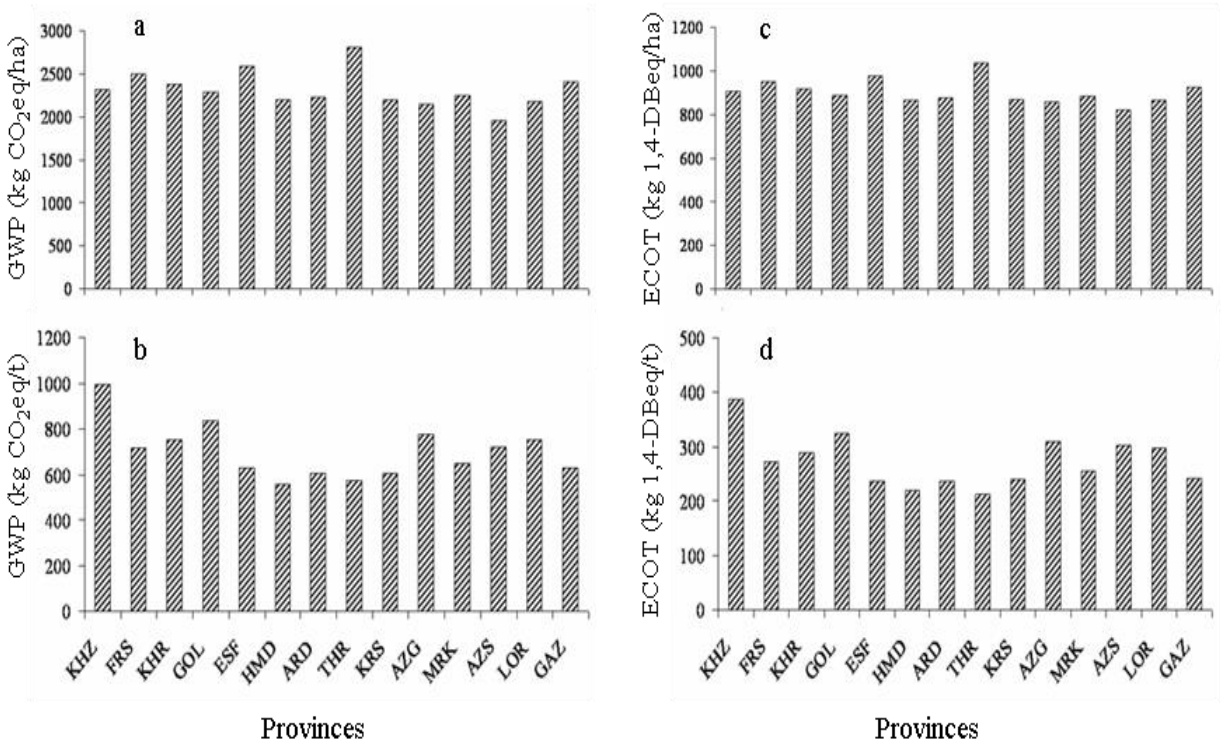
البته باید توجه داشت که اگرچه با افزایش عملکرد، برای تولید هر تن محصول زمین کمتری اشغال شده و در نتیجه تأثیر کاربری زمین کاهش خواهد یافت، ولی چنانچه این افزایش عملکرد از طریق فشرده‌سازی انجام گیرد، ممکن است باعث افزایش سایر اثرات محیطی (برای مثال، گرمایش جهانی یا اسیدی شدن) شود (Charles et al., 2006; Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017; Nemecek et al., 2011a). در استان خوزستان ۴۵ درصد اراضی زیر کشت گندم به‌صورت پر نهاده مدیریت می‌شوند (جدول ۳)؛ در حالی‌که عملکرد نسبی گندم (میانگین استان به میانگین کشور) در این استان ۰/۷۵ است (جدول ۱) که در نتیجه کارایی استفاده از زمین علی‌رغم فشرده‌سازی پایین است (شکل ۱). چنین وضعیتی در مقایسه استان‌های فارس، اصفهان و همدان که به‌ترتیب ۶۰، ۶۵ و ۳۰ درصد از بوم‌نظام‌های گندم آن‌ها پر نهاده می‌باشد نیز به‌خوبی مشهود است، عملکرد نسبی استان فارس و اصفهان به‌ترتیب ۱/۱۱ و ۱/۳۳ کیلوگرم بر هکتار بوده و در همدان با وجود پایین بودن سطح فشرده‌سازی ۱/۲۶ کیلوگرم بر هکتار است، ولی عملکرد گندم این استان در هر سه بوم‌نظام بیشتر از میانگین کشور می‌باشد (جدول ۳) در نتیجه تولید هر تن گندم در این استان نسبت به استان فارس زمین کمتری را اشغال می‌کند. در مقابل پایین بودن عملکرد در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و گلستان باعث کاهش کارایی اراضی در تولید گندم شده است (شکل ۱). بدیهی است که این تفاوت‌ها باعث بروز اختلافات قابل توجهی در سایر اثرات محیطی بین استان‌ها می‌شود.

پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) و سمیت اکولوژیکی (ECOT)

در شکل ۲ پتانسیل گرمایش و سمیت اکولوژیکی (مجموع سمیت برای انسان، محیط‌های آبی و خشکی‌ها) در استان‌های مختلف کشور ارائه شده است. محاسبه مقدار این اثرات محیطی در واحد کارکردی هکتار (شکل‌های ۲a و ۲c) نشان‌دهنده تفاوت مشابهی بین استان‌ها می‌باشد. در استان‌های تهران، اصفهان و فارس که سهم نظام‌های پر نهاده در سطح زیر کشت آن‌ها بالاست هر دو گروه تأثیر مقادیر بیشتری نسبت به سایر استان‌ها دارند. برای مثال، پتانسیل گرمایش جهانی هر هکتار از اراضی زیر کشت گندم استان تهران ۲۸۱۰ کیلوگرم معادل CO_2 برآورد شد (شکل ۲) که با توجه به سطح زیر کشت گندم در این استان بالغ بر ۱۷۱ هزار تن معادل CO_2 در سال خواهد بود، در حالی‌که این مقدار در استان آذربایجان شرقی که ۶۵ درصد اراضی زیر کشت گندم آن کم نهاده می‌باشد در حدود ۱۹۵۰ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار تخمین زده می‌شود (شکل ۲a).

در مورد سمیت اکولوژیکی نیز بیشترین تأثیر در هکتار مربوط به استان‌هایی بود که به‌صورت فشرده و با مصرف زیاد نهاده مدیریت می‌شوند. با تغییر واحد کارکردی به تن دانه گندم وضعیت استان‌ها در

هر دو گروه تأثیر به‌طور قابل توجهی تغییر یافت (شکل‌های ۲b و ۲d). پتانسیل گرمایش همدان کمترین مقدار (۵۵۷ kg CO_2eq/t) را بین استان‌های کشور داشت و در استان خوزستان به بالاترین مقدار (۹۹۳ kg CO_2eq/t) رسید. باید توجه داشت که GWP در استان همدان در این واحد کارکردی کمتر از میانگین نظام‌های پر نهاده کشور و در استان خوزستان بیشتر از آن می‌باشد (جدول ۲).



شکل ۲- پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) و سمیت اکولوژیکی (ECOT =مجموع سمیت انسانی، محیط‌های آبی و خشکی) در بوم‌نظام‌های تولید گندم برای استان‌های تحت بررسی در دو واحد کارکردی a) کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار، b) کیلوگرم معادل CO_2 به‌ازای تن دانه، c) کیلوگرم معادل ۱و ٤-دی کلروبنزن در هکتار، d) کیلوگرم معادل ۱و ٤-دی کلروبنزن به‌ازای تن دانه

مخفف اسامی استان‌ها در جدول ۱ ذکر شده است.

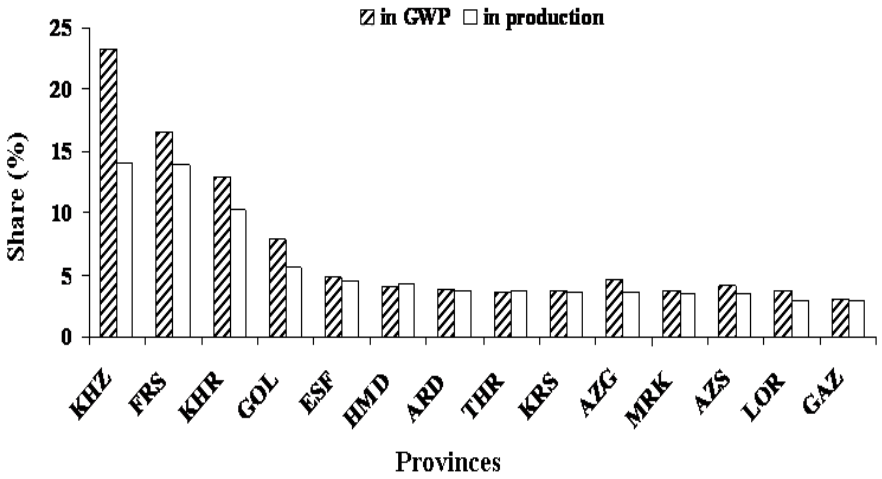
Fig. 2- Global warming potential (GWP= sum of human, aquatic and terrestrial toxicity) and ecological toxicity (ECOT) of wheat production systems in the studied provinces in two functional units a) kg CO_2 eq/ha, b) kg CO_2eq/t grain, c) kg 1, 4-DB eq/ha, d) kg 1, 4-DB eq/t grain

Abbreviation of province names are given in Table 1.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از بوم‌نظام‌های گندم استان‌های تحت بررسی سالانه ۴/۷ میلیون تن معادل CO_2 به اتمسفر انتشار می‌یابد، از سوی دیگر در سال ۲۰۱۰ میلادی (۱۳۸۹ شمسی) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های کشاورزی ایران در حدود ۳۹ میلیون تن معادل CO_2 برآورد شده است (FAO, 2013) که بر این اساس، ۱۲ درصد از این مقدار مربوط به نظام‌های تولید گندم می‌باشد. در شکل ۳ سهم هر یک از استان‌های تحت بررسی در GWP و در کل تولید گندم مقایسه شده است. نتایج حاکی از آن است که سهم تمامی استان‌ها در پتانسیل گرمایش بیشتر از سهم آن‌ها در تولید است و تنها در استان همدان سهم در تولید ۰/۳ درصد بیشتر از سهم در GWP می‌باشد، به‌علاوه استان خوزستان به تنهایی در حدود ۲۳ درصد مجموع GWP در ۱۴ استان را به‌خود اختصاص داده در حالی‌که سهم آن در تولید گندم ۱۴ درصد می‌باشد (شکل ۳).

بنابراین، به‌نظر می‌رسد که اثرات محیطی در مقیاس منطقه‌ای تابع سهم بوم‌نظام‌های کم، متوسط و پرنهاده از تولید و نیز عملکرد هر یک از این نظام‌ها می‌باشد. در مورد سمیت اکولوژیکی نتایج تا حدودی با پتانسیل گرمایش متفاوت است زیرا سمیت محیط‌های آبی و خشکی با افزایش عملکرد در نظام‌های پر نهاده کاهش می‌یابد، ولی

این عملکرد بیشتر قادر به جبران اثرات گرمایشی این نظام‌ها نمی‌باشد (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017a). در نتیجه استان تهران که سهم نظام‌های پر نهاده در آن بالاتر است پایین‌ترین مقدار ECOT را بین استان‌های تحت بررسی داشت (شکل ۲d).



شکل ۳- مقایسه سهم استان‌های تحت بررسی از مجموع پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) و کل تولید گندم

مخفف اسامی استان‌ها در جدول ۱ ذکر شده است.

Fig. 3- Comparison of share in global total warming potential (GWP) and total wheat production in the studied provinces

Abbreviation of province names are given in Table 1.

نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که بوم‌نظام‌های زراعی که به‌صورت فشرده مدیریت می‌شوند اثرات شدیدتری بر محیط دارند. این امر در واحد کارکردی هکتار تقریباً در تمامی مطالعات تأیید شده (Haas et al., 2001; Brentrup et al., 2004; Roy et al., 2009) و در واحد کارکردی تن نیز به‌ویژه برای پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل پرغذایی و پتانسیل اسیدی شدن به اثبات رسیده است (Mosier et al., 2005; Charles et al., 2006; Nemecek et al., 2011b).

نتایج LCA به‌ویژه زمانی که در مقیاس بزرگ اجرا می‌شود معمولا با عدم قطعیت[1] همراه است (Hayer et al., 2010)، عدم قطعیت یعنی عدم اطلاع از مقدار واقعی کمیت‌های تحت بررسی. البته باید توجه داشت که عدم قطعیت با تغییرپذیری[2] که تنوع ذاتی موجود در کمیت‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد، تفاوت دارد. در نتیجه با افزایش دقت و اندازه‌گیری یا جمع‌آوری صحیح داده‌ها می‌توان عدم قطعیت را کاهش داد، ولی تغییرپذیری معمولاً ثابت می‌ماند (Bjorklund, 2003). داده‌های مربوط به مصرف نهاده‌ها (ورودی-های سیستم)، ضرایب استفاده شده در ممیزی و برآورد اثرات محیطی همگی دارای عدم قطعیت‌های قابل توجهی هستند که نتایج را تحت تأثیر قرار خواهد داد. هافمن و همکاران (Hoffman et al., 1994) و استین (Steen, 1997) روش‌هایی را برای ارزیابی میزان عدم قطعیت در نتایج LCA ارائه کرده اند که مبنای آن‌ها آنالیز حساسیت می‌باشد.

در کنار عدم قطعیت تعیین اعتبار[3] نتایج LCA نیز موضوعی است که همواره تردیدهایی را در مورد دقت ارزیابی ایجاد می‌کند. به‌طور کلی تعیین اعتبار نمایه‌های محیطی با اعتبارسنجی مدل‌های شبیه سازی تا حدودی متفاوت است. بوکس تالر و ژیراردین (Bockstaller & Girardin, 2003) روش‌های مختلف تعیین اعتبار نمایه‌های محیطی را بررسی کرده و بیان داشتند که روش‌های آماری رایج برای این نوع نمایه‌ها کارایی چندانی ندارند و مشاهده مستقیم یا اظهارنظر افراد خبره معیارهای مناسب‌تری برای اعتبارسنجی نمایه‌های محیطی می‌باشند.

در شکل ۲ تنها دو گروه تأثیر محیطی (پتانسیل گرمایش و

1- Uncertainty
2- Variability
3- Validation

سمیت اکولوژیکی) نشان داده شده است. با این حال، مقایسه استان‌ها از نظر مجموع اثرات محیطی به دلیل تفاوت‌های موجود دشوار می‌باشد، بدیهی است مقایسه هفت گروه تأثیر بین ۱۴ استان به‌مراتب دشوارتر خواهد بود و در نتیجه به روش دقیق‌تری برای مقایسه مجموعه اثرات محیطی بین استان‌ها نیاز است.

مقایسه استان‌ها با تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

در جدول ۴ ضرایب مؤلفه‌های اصلی برای هفت گروه تأثیر در دو واحد کارکردی ارائه شده است. نتایج PCA نشان داد که در واحد کارکردی تن دانه مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (PC_1 و PC_2) به‌ترتیب ۷۳ و ۱۱ درصد و در مجموع ۸۴ درصد از کل واریانس داده‌ها را توصیف کردند. در واحد کارکردی هکتار PC_1 ۸۱ و PC_2 ۱۲ درصد (در مجموع ۹۳ درصد) را در بر داشتند، بنابراین، در ادامه مقایسه بین استان‌ها در هر دو واحد کارکردی بر اساس ضرایب این دو مؤلفه انجام شد. با استفاده از ضرایب ارائه شده در جدول ۴ امتیاز یا امتیاز هر استان از مجموع هفت اثر محیطی محاسبه شد. برای مثال، امتیاز استان iام در مؤلفه اول ($S_i(PC_1)$) و دوم ($S_i(PC_2)$) با استفاده از معادله‌های ۳ و ۴ به‌دست می‌آید:

معادله (۳)

$$S_i(PC_1)= -0.16GWP_i+0.78AP_i-0.63EUP_i+0.63RD_i+0.68HT_i+0.55AT_i-0.44TT_i$$

معادله (۴)

$$S_i(PC_2) = 0.61GWP_i+0.09AP_i-0.12EUP_i+0.56RD_i+0.19HT_i+0.23AT_i-0.36TT_i$$

در این معادلات، مقدار اولیه هر یک از اثرات محیطی برای هر استان در ضریب مربوط به آن گروه تأثیر ضرب شده و حاصل جمع آن‌ها امتیاز کل استان را مشخص می‌سازد. لازم به ذکر است که هنگام مقدارگذاری در این معادلات، معمولاً از مقادیر استاندارد شده استفاده می‌شود. برای مثال، پتانسیل گرمایش استاندارد شده استان iام (GWP_i) برابر خواهد بود با تفاضل مقدار اولیه GWP در استان iام از میانگین GWP همه استان‌ها تقسیم بر انحراف معیار GWP.

جدول ٤- ضرایب (بار) مؤلفه‌های اصلی (PC1 تا PC7) برای هفت گروه تأثیر در دو واحد کارکردی مختلف

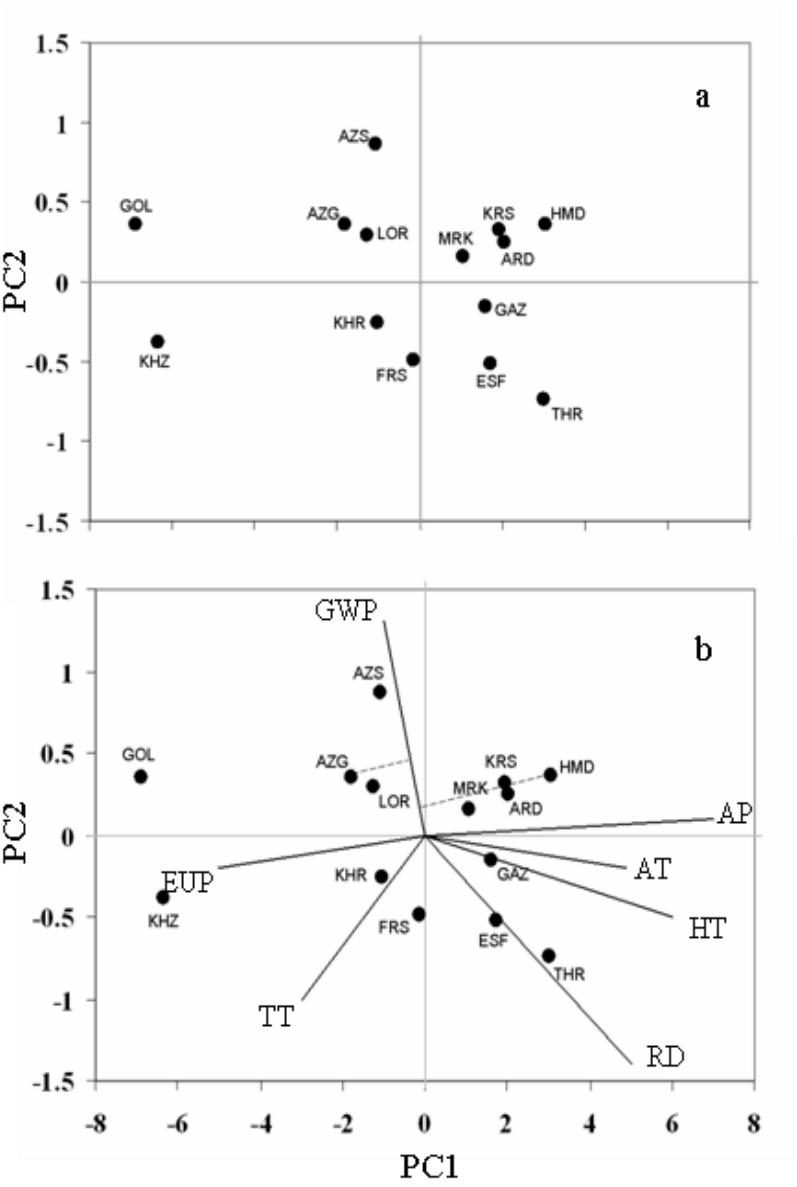
Table 4- Coefficient (loadings) of principal components (PC1-PC7) for 7 impact groups in two functional units

	FU =t واحد کارکردی (تن)							FU =ha واحد کارکردی (هکتار)						
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
GWP	-0.16	0.61	0.11	-0.07	0.21	0.49	0.06	-0.34	0.59	0.34	0.09	0.44	-0.15	0.12
AP	0.78	0.09	0.13	-0.17	0.09	0.20	0.14	0.71	0.32	0.11	0.17	0.23	0.06	0.22
EUP	-0.63	0.12	0.14	-0.22	0.61	0.17	0.25	-0.41	0.19	0.09	0.67	0.14	0.32	0.07
RD	0.63	0.56	-0.15	-0.10	0.33	0.16	0.22	-0.66	0.15	0.01	0.21	0.07	-0.71	0.19
HT	0.68	0.19	-0.08	0.04	0.35	0.06	0.54	0.75	0.39	0.13	0.18	0.16	-0.22	0.16
AT	0.55	0.23	-0.06	0.65	0.22	0.34	0.01	0.59	0.37	0.61	0.06	0.31	0.19	0.21
TT	-0.44	0.36	0.21	0.46	0.34	0.55	0.02	0.53	0.38	0.17	0.23	0.82	0.20	0.09

GWP: پتانسیل گرمایش جهانی، AP: پتانسیل اسیدی شدن، EUP: پتانسیل پرغذایی، HT: سمیت برای انسان، AT: سمیت در محیط آبی، TT: سمیت در محیط خشکی و RD: تخلیه منابع غیر قابل تجدید.

GWP: global warming potential, AP: acidification potential, EUP: eutrophication potential, HT: human ecotoxicity, AT: aquatic ecotoxicity, TT: terrestrial ecotoxicity and RD: non-renewable resource depletion.

به این ترتیب، برای هر استان دو امتیاز استاندارد شده برای دو مؤلفه اصلی اول و دوم به‌دست خواهد آمد که با رسم مقادیر این امتیازات می‌توان استان‌ها را با هم مقایسه کرد. در شکل ۴a امتیاز ۱۴ استان برای مجموع هفت گروه تأثیر در واحد کارکردی تن دانه گندم ارائه شده است. در این نمودار استان‌هایی که مختصات آن‌ها بر روی هر دو مؤلفه به هم نزدیک باشند را می‌توان در یک گروه قرار داد. در نتیجه کردستان، اردبیل از نظر اثرات محیطی حاصل از بوم‌نظام‌های تولید گندم در یک گروه قرار گرفته و استان‌های مرکزی و همدان را نیز می‌توان در این گروه جای داد؛ در حالی‌که اصفهان و تهران شباهت بیشتری داشته و در گروه جداگانه‌ای قرار می گیرند. بر اساس این نمودار استان‌های خوزستان، گلستان و آذربایجان شرقی کاملاً از سایر استان‌ها مجزا بوده و در گروه مشخصی جای نمی‌گیرند. باید توجه داشت که PCA نظیر اغلب روش‌های آماری چند متغیره نوعی روش توصیفی است و لذا قرار دادن استان‌ها در گروه‌های مشابه به استنباط محقق بستگی دارد. به بیان دیگر، در روش‌های توصیفی آزمون معنی‌داری برای تشخیص تفاوت‌ها انجام نمی‌شود.



شکل ٤- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی جهت مقایسه بین استان‌ها در واحد کارکردی تن دانه گندم a) نمودار امتیاز استان‌های تحت بررسی از ۷ گروه تأثیر، b) بای پلات حاصل از امتیاز استان‌ها و بردار مربوط به هر یک از گروه‌های تأثیر

GWP: پتانسیل گرمایش جهانی، AP: پتانسیل اسیدی شدن، EUP: پتانسیل پرغذایی، HT: سمیت برای انسان، AT: سمیت در محیط آبی، TT: سمیت در محیط خشکی و RD: تخلیه منابع غیر قابل تجدید.

Fig. 4- Results of principal component analysis for comparison between provinces with ton wheat grain as functional unit a) score plot of provinces for 7 impact groups, b) biplot showing the vectors of impact groups superimposed into the score plot of provinces

GWP: global warming potential, AP: acidification potential, EUP: eutrophication potential, HT: human ecotoxicity, AT: aquatic ecotoxicity, TT: terrestrial ecotoxicity and RD: non-renewable resource depletion.

نمودار امتیازها (شکل 4a) وضعیت استان‌ها را از نظر مجموع گروه‌های تأثیر مقایسه می‌کند، چنانچه بتوان تفاوت یا شباهت استان-ها برای هر یک از گروه‌های تأثیر را نیز بررسی نمود، اطلاعات جامع‌تری به‌دست خواهد آمد. در شکل 4b که به بای پلات[1] یا نمودار دوتایی موسوم است نمودار امتیازها و بردار مربوط به هر یک از گروه-

1- Biplot

های تأثیر بر هم منطبق شده‌اند. بردار گروه‌های تأثیر دارای زاویه‌ای با دو مؤلفه اصلی اول و دوم هستند که ضرایب مؤلفه‌های اصلی برای هر گروه تأثیر (جدول ۴) کسینوس این زوایا می‌باشند. طول بردارها نیز نشان‌دهنده مقدار نسبی تغییراتی است که توسط هر گروه تأثیر در دو مؤلفه اول و دوم توصیف می‌شود. برای مثال، در شکل ۴b طول بردار مربوط به سمیت در محیط‌های آبی (AT) کوتاه‌تر از بردار سایر گروه‌های تأثیر می‌باشد. به عبارت دیگر، مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مقدار کمتری از تغییرات آن را توصیف کرده‌اند، ضرایب ارائه شده در جدول ۴ نیز نشان می‌دهند که در مورد AT ضریب مؤلفه اصلی چهارم (PC_4) بزرگتر از ضرایب PC_1 و PC_2 می‌باشد.

برای مثال، در شکل ۴b طول بردار مربوط به سمیت در محیط‌های آبی (AT) کوتاه‌تر از بردار سایر گروه‌های تأثیر می‌باشد. به عبارت دیگر، مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مقدار کمتری از تغییرات آن را توصیف کرده‌اند، ضرایب ارائه شده در جدول ۴ نیز نشان می‌دهند که در مورد AT ضریب مؤلفه اصلی چهارم (PC_4) بزرگتر از ضرایب PC_1 و PC_2 می‌باشد.

در بای پلات برای مقایسه استان‌ها می‌توان خطی فرضی از موقعیت هر استان بر بردار یک گروه تأثیر عمود کرد. فاصله بین محل برخورد خطوط عمودی برآوردی از میزان شباهت بین استان‌ها در آن گروه تأثیر می‌باشد. برای مثال، در شکل ۴b خطوط عمود بر بردار پتانسیل گرمایش (GWP) برای استان‌های آذربایجان غربی و همدان رسم شده تا بتوان تفاوت پتانسیل گرمایش بین این دو استان را مقایسه کرد (یادآوری می‌شود که این مقایسات توصیفی می‌باشند).

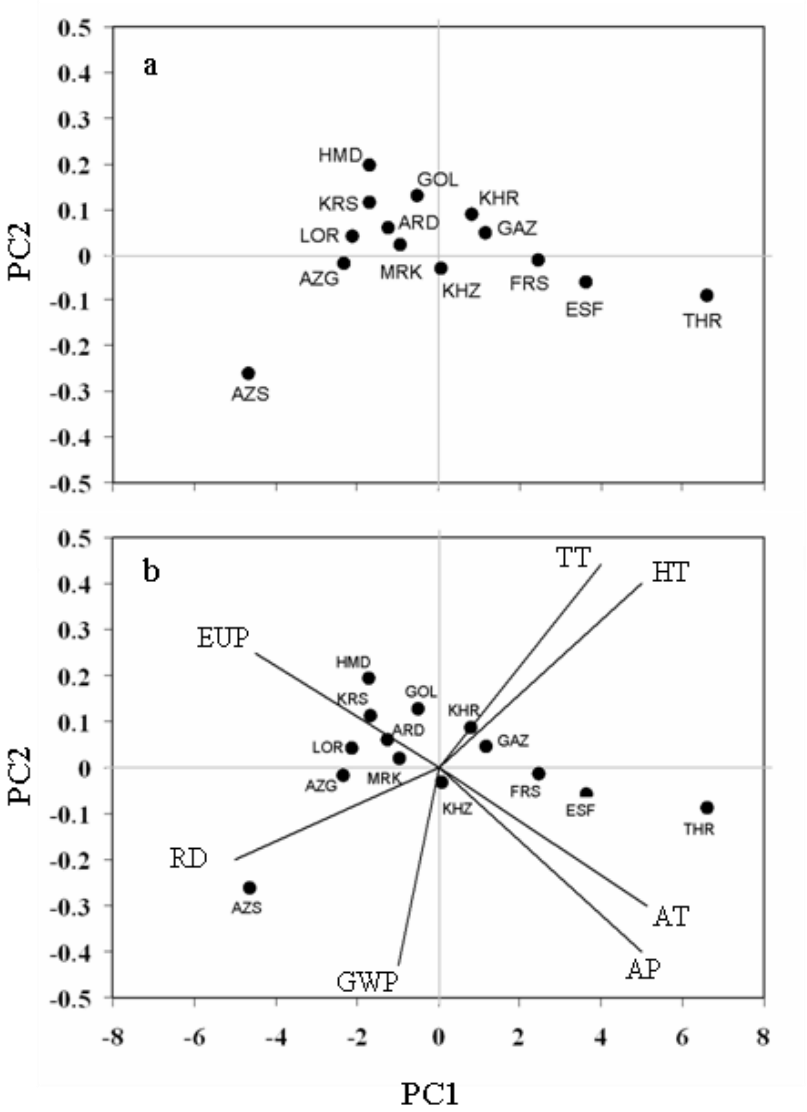
در شکل ۵ اثرات محیطی ۱۴ استان‌های تحت بررسی در واحد کارکردی هکتار مقایسه شده‌اند. نمودار امتیازها (شکل ۵a) حاکی از آن است که تشابه استان‌ها در این گروه کارکردی با آنچه در واحد کارکردی تن مشاهده شد تفاوت دارد، موقعیت استان‌های تهران و آذربایجان شرقی کاملاً متمایز است و سایر استان‌ها را می‌توان در دو گروه جای داد. بای پلات (شکل ۵b) نیز نشان‌دهنده شباهت استان‌ها در اغلب گروه‌های تأثیر است، برای مثال، استان‌های همدان، اردبیل، لرستان، مرکزی، کردستان همگی پتانسیل پرغذایی مشابهی دارند در حالی‌که در واحد کارکردی تن دانه تفاوت بارزتری بین استان‌ها مشهود بود.

گروه‌های تأثیر معمولاً دارای همبستگی بالایی با یکدیگر هستند زیرا منابع ایجاد اثرات محیطی غالباً مشترک هستند (Nemecek et al., 2011a). برای مثال، مصرف سوخت‌های فسیلی عامل اصلی تخلیه متابع غیر قابل تجدید می‌باشد و در عین حال، گازهای حاصل از مصرف آن‌ها باعث ایجاد پتانسیل گرمایش می‌شود (Tzilivakis et al., 2005; Gasol et al., 2007; Meisterling et al., 2009). این همبستگی‌ها مقایسه اثرات محیطی را با روش‌های رایج آماری دشوار می‌سازد در حالی‌که تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این متغیرها را از هم مستقل می‌کند. نتایج نشان داد که PCA روش قابل قبولی برای گروه‌بندی اثرات محیطی در مقیاس منطقه‌ای می‌باشد، زیرا در مقیاس بزرگ پیامدهای محیطی تابع سهم هر یک از نظام‌های کم، متوسط و پر نهاده از سطح زیر کشت هر استان و عملکرد آن‌ها می‌باشد. به‌علاوه به‌نظر می‌رسد که گروه‌بندی بر اساس تن دانه (شکل ۴) توصیف بهتری از تفاوت بین استان‌ها ارائه می‌کند. هاس و همکاران (Haas et al., 2000) نیز نشان دادند شاخص‌هایی که اثرات محیطی را بر مبنای هکتار گزارش می‌کنند، برای ارزیابی در مقیاس محلی مناسب‌اند وارزیابی بر مبنای واحد عملکرد برای مطالعه پیامدهای محیطی در مقیاس بزرگ کارایی بیشتری دارد. در واقع، در مقیاس‌های کوچک (برای مثال، مزرعه) به‌دلیل یکنواختی روش‌های مدیریت، تغییرات اندکی در عملکرد مشاهده می‌شود، در حالی‌که در مقیاس منطقه‌ای تغییرات عملکرد به‌دلیل تنوع روش‌های مدیریت بسیار زیاد می‌باشد و در نتیجه برآورد اثرات محیطی بر حسب تن محصول مناسب‌تر خواهد بود (van der Werf & Petit, 2002).

دالگارد و همکاران (Dalgaard et al., 2003) ارزیابی پایداری بوم‌نظام‌های زراعی به‌وسیله شاخص‌هایی که صرفاً بر اساس انتشار مواد به محیط طراحی شده‌اند (نظیر LCA) را به‌عنوان اگرواکولوژی سخت[1] قلمداد کردند.

این محققان همچنین بیان داشتند که اگرواکولوژی نرم[2] باید دربرگیرنده عوامل اقتصادی و اجتماعی مرتبط با تولید نیز باشد. با توجه به این مفهوم به‌نظر می‌رسد که در مقیاس منطقه‌ای ارزیابی اثرات محیطی بر مبنای اگرواکولوژی نرم اطلاعات دقیق‌تری را از فرآیندهای بوم‌نظام فراهم می‌سازد (Dalgaard et al., 2003).

1- Hard agroecology
2- Soft agroecology



شکل ۵- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی جهت مقایسه بین استان‌ها در واحد کارکردی هکتار a) نمودار امتیاز استان‌های تحت بررسی از ۷ گروه تأثیر، b) بای پلات حاصل از امتیاز استان‌ها و بردار مربوط به هر یک از گروه‌های تأثیر

GWP: پتانسیل گرمایش جهانی، AP: پتانسیل اسیدی شدن، EUP: پتانسیل پرغذایی، HT: سمیت برای انسان، AT: سمیت در محیط آبی، TT: سمیت در محیط خشکی و RD: تخلیه منابع غیر قابل تجدید.

Fig. 5- Results of principal component analysis for comparison between provinces with ha as functional unit a) score plot of provinces for 7 impact groups, b) biplot showing the vectors of impact groups superimposed into the score plot of provinces

GWP: global warming potential, AP: acidification potential, EUP: eutrophication potential, HT: human ecotoxicity, AT: aquatic ecotoxicity, TT: terrestrial ecotoxicity and RD: non-renewable resource depletion.

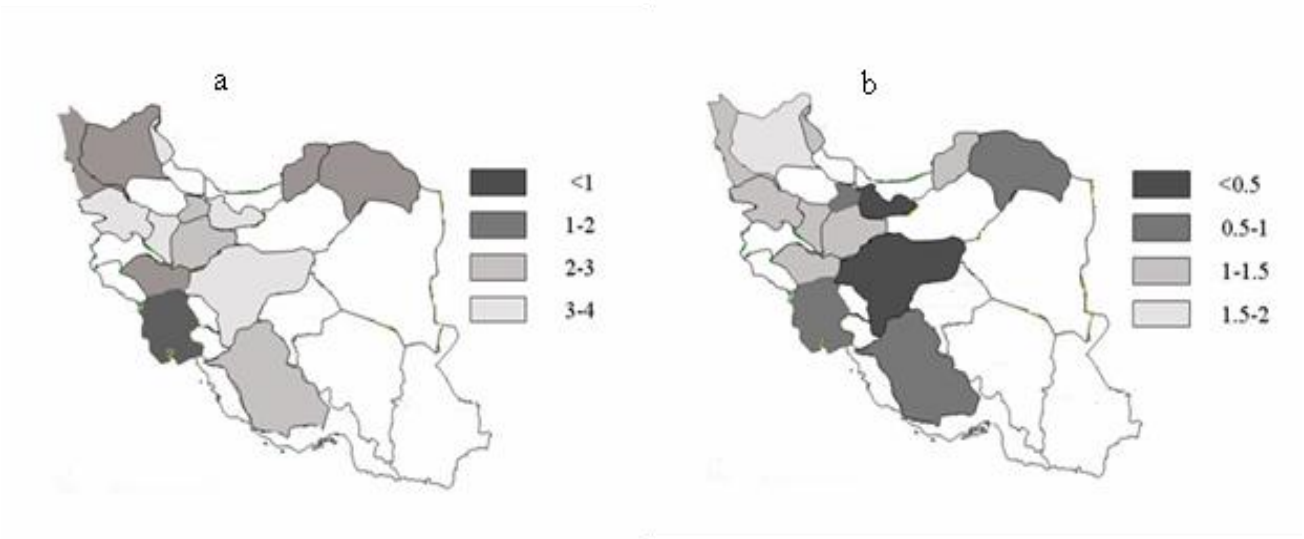
پایاودو و واندرورف (Payraudeau & van der Werf, 2005) ضمن مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی اثرات محیطی بوم‌نظام‌های کشاورزی اظهار داشتند که با تغییر مقیاس از مزرعه به سطوح بزرگتر برخی صفات نوظهور[1] بروز خواهد کرد که نتایج ارزیابی محیطی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مثال، تبادل تراکتور، ادوات کشاورزی و بذر بین کشاورزان از جمله جنبه‌های اقتصادی-اجتماعی رایج در

1- Emerging properties

روستاها می‌باشد که در محاسبات رایج LCA منظور نشده ولی نتایج ارزیابی را در مقیاس بزرگ تغییر خواهد داد.

شاخص نرمال محیطی

استان‌های تحت بررسی بر اساس شاخص نرمال محیطی (I_N) بسته به واحد کارکردی در گروه‌های متفاوتی قرار گرفتند (شکل ۶). در واحد کارکردی تن دانه مقدار I_N برای استان خوزستان برابر صفر بود به بیان دیگر کلیه گروه‌های تأثیر در این استان بیشترین مقدار را داشتند. در مقابل مقدار این شاخص در استان همدان ۳/۵۷ و بزرگتر از سایر استان‌ها بود. این نتایج نشان می‌دهد که تولید هر تن گندم از بوم‌نظام‌های این استان کمترین اثرات محیطی را در بین ۱۴ استان تحت بررسی دارد. استان‌های تهران (I_N=۳/۴۵)، اردبیل (I_N=۳/۰۹)، اصفهان (I_N=۳/۰۶) و کردستان (I_N=۳/۰۴) پس از همدان به‌ترتیب پیامدهای محیطی کمتری را به‌ازای تولید یک تن گندم به‌جای می‌گذارند (شکل 6a).



شکل ٦- گروه بندی استان‌های تحت بررسی بر اساس مقدار شاخص نرمال محیطی در دو گروه کارکردی a) تن دانه گندم و b) هکتار
Fig. 6- Classification of the studied provinces based on normalized environmental index in two functional units a) ton wheat grain and b) hectare

در واحد کارکردی هکتار استان تهران با I_N معادل صفر کمترین مقدار این شاخص را در بین ۱۴ استان داشت، بنابراین، کشت هر هکتار گندم در این استان بالاترین پیامدهای محیطی را در مقابسه با سایر استان‌ها به‌همراه دارد. استان اصفهان (I_N=۰/۴۵) بعد از تهران در رتبه دوم ار نظر صدمات محیطی ناشی از کشت یک هکتار گندم قرار گرفت. این وضعیت به‌دلیل بالا بودن سهم بوم‌نظام‌های پر نهاده در سطح زیر کشت گندم در این دو استان می‌باشد. در مقابل در استان آذربایجان شرقی که سهم بوم‌نظام‌های کم نهاده در اراضی زیر کشت گندم آن زیاد است I_N معادل ۱/۷۴ برآورد شد که بالاترین مقدار این شاخص (در واحد هکتار) بین ۱۴ استان می‌باشد (شکل 6b).

شاخص نرمال محیطی که تلفیقی از مجموع گروه‌های تأثیر می‌باشد معیار ساده و در عین حال، قابل قبولی برای مقایسه سیستم‌های تولید در مقیاس‌های مختلف می‌باشد، به‌علاوه گروه‌بندی استان‌ها با این شاخص تا حد زیادی با نتایج PCA انطباق داشت. تزیلواکیس و همکاران (Tzilivakis et al., 2005) با استفاده از این شاخص ۱۳ سناریوی مختلف تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در انگلستان را مقایسه کرده و بهترین سناریو را با بیشترین بازده اقتصادی و کمترین اثرات محیطی معرفی کردند. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که در مناطقی از کشور که نظام‌های متوسط نهاده با عملکرد بالا بیشترین سهم را از سطح زیر کشت دارند، اثرات محیطی تولید گندم حداقل خواهد بود. البته همان‌گونه که پیشتر نیز ذکر شد این نتایج به‌طور ذاتی دارای نوعی عدم قطعیت می‌باشند. برای مثال، در اغلب مطالعات LCA برآورد میزان انتشار نیتروژن بر اساس ضرایبی می‌باشد که در منابع علمی گزارش شده است (Brentrup et

al., 2001). شرودر و همکاران (Schroder et al., 2003) با مدل-سازی بیلان نیتروژن در مقیاس مزرعه نشان دادند که تخمین میزان تلفات اشکال مختلف نیتروژن بدون آگاهی از عوامل مؤثر بر آن در مقیاس مکانی بزرگتر از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد. البته در دستورالعمل ISO آزمون عدم قطعیت بر روی نتایج از الزامات اجرای LCA نمی‌باشد، با این حال، محققین روش‌هایی را برای کاهش و کنترل این مشکلات ارائه کرده‌اند (Bjorklund, 2003).

اثرات محیطی حاصل از تولیدات زراعی ابعاد زمانی و مکانی متفاوتی دارند. برای مثال، پتانسیل گرمایش ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بدون توجه به محل انتشار ابعاد جهانی داشته و در بازه زمانی ۱۰۰ ساله برآورد می‌شود. در حالی‌که پتانسیل اسیدی شدن یا پرغذایی در وهله اول اکوسیستم‌های طبیعی مجاور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مثال، در شکل ۶ مشاهده می شود که تولید گندم در استان‌های تهران و اصفهان اثرات محیطی شدیدی در پی دارد. با این‌حال، دامنه گسترش این اثرات به‌درستی مشخص نمی‌باشد. بنابراین، آگاهی از ابعاد مکانی بروز اثرات محیطی نیز حائز اهمیت است. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) روش مناسبی برای ارزیابی اثرات محیطی در مقیاس منطقه‌ای است. بنگستون و همکاران (Bengtsson et al., 1998) با ارائه چارچوبی نشان دادند کیه براساس توزیع مکانی فعالیت‌های کشاورزی می‌توان توزیع مکانی اثرات محیطی ناشی از آن را به‌وسیله GIS مشخص نمود. البته این محققین بیان داشتند که تحقق این امر مستلزم وجود داده‌های مکانی مربوط به روش‌های مدیریت در مقیاس بزرگ می‌باشد که جمع‌آوری آن بسیار دشوار است.

رابطه عملکرد و اثرات محیطی

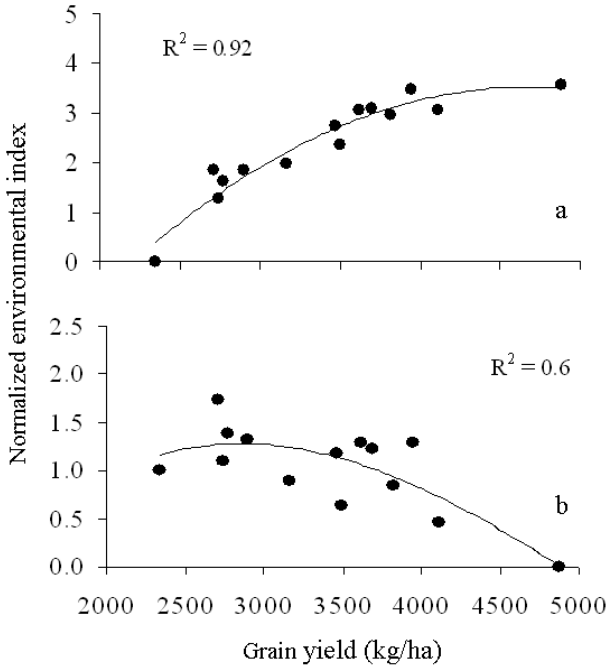
در شکل ۷ تغییرات شاخص نرمال محیطی به‌عنوان تابعی از عملکرد گندم در دو واحد کارکردی نشان داده شده است. در واحد کارکردی تن دانه (شکل ۷a) کمترین مقدار I_N مربوط به پایین‌ترین عملکرد می‌باشد، با افزایش عملکرد I_N به سرعت افزایش یافت و در عملکردهای بالاتر از چهار تن در هکتار به ثبات رسید. در واحد کارکردی هکتار (شکل ۷b) روند معکوسی مشاهده شد، I_N تا عملکرد سه تن در هکتار ثابت بود، ولی در عملکردهای بالاتر از سه تن در هکتار کاهش یافت و نهایتاً در بالاترین عملکرد به صفر رسید.

شواهد موجود از اجرای LCA برای محصولات مختلف زراعی حاکی از آن است که نیتروژن مهمترین عامل در بروز کلیه اثرات محیطی به‌ویژه اسیدی شدن، پرغذایی، گرمایش جهانی و تخلیه منابع غیر قابل تجدید می‌باشد (Brentrup et al., Charles et al., 2006; 2004). در همین ارتباط تزیلواکیس و همکاران (Tzilivakis et al., 2006) نشان دادند که در سیستم‌های تولید چغندر کشور انگلستان بین ۱۸ تا ۵۰ درصد از انرژی مصرفی مربوط به تولید کودهای نیتروژنی است و این انرژی ۱۵ تا ۴۸ درصد از پتانسیل گرمایش این نظام‌ها را شامل می‌شود. همچنین با اجرای LCA در سه منطقه از فرانسه همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۹۶ تا r=۰/۹۸) بین میزان مصرف نیتروژن و پتانسیل گرمایش جهانی گزارش شده است (Nemecek et al., 2015). از سوی دیگر، عملکرد گندم نیز به‌شدت تابع میزان نیتروژن بود؛ در حالی‌که کارایی جذب و مصرف این نهاده در نظام‌های تولید گندم کشور پایین می‌باشد (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017b). بنابراین، بهینه‌سازی مصرف نیتروژن از طریق مدیریت اکولوژیک این نهاده راهکار مناسبی برای دستیابی به عملکرد بالا توأم با کاهش پیامدهای محیطی می‌باشد (Keating et al., 2010).

نتایج ارائه شده در شکل ۷ نشان می‌دهد که در شرایط حاکم بر نظام‌های تولید گندم آبی کشور حد بهینه‌ای از عملکرد (در حدود ۳/۵ تن در هکتار) وجود دارد که در آن اثرات محیطی نیز در هر دو واحد هکتار و تن دانه مطلوب می‌باشند و افزایش عملکرد به بالاتر از این سطح از طریق فشرده‌سازی (به‌ویژه مصرف کودهای نیتروژنی) به دلیل پایین بودن کارایی سیستم در استفاده از منابع باعث تشدید اثرات محیطی خواهد شد. البته افزایش کارایی سیستم بدون مصرف نهاده بیشتر و نیز جایگزینی نیتروژن با رهیافت‌های اکولوژیک موجب تخفیف اثرات محیطی و حفظ عملکرد در سطح مطلوب خواهد شد.

محققین در کشورهای مختلف بوم‌نظام‌های زراعی که با روش-های فشره، غیرفشرده و ارگانیک مدیریت می‌شدند را با استفاده از LCA مقایسه کرده‌اند (Nemecek et al., Haas et al., 2001; 2011a) نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در واحد کارکردی تن مدیریت غیر فشرده و ارگانیک بر مدیریت فشرده برتری دارد و دلیل اصلی آن کاهش یا عدم مصرف کود نیتروژنی در این نظام‌ها می‌باشد، البته پتانسیل گرمایش جهانی در نظام‌های ارگانیک به‌طور جزیی بیشتر از سایر نظام‌ها می‌باشد. بر اساس گزارش هیئت بین دول تغییر اقلیم (IPCC, 2006) میزان انتشار N_2O از سیستم‌های ارگانیک با

مصرف زیاد کودهای دامی بیشتر از نظام‌هایی است که با روش رایج مدیریت می‌شوند، IPCC میزان انتشار این گاز از کودهای دامی را ۱/۴ درصد به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن موجود در کود گزارش کرده که در حدود ۱۱ درصد بیشتر از N_2O منتشر شده از هر کیلوگرم نیتروژن با منشاء شیمیایی می‌باشد.



شکل ۷- رابطه شاخص نرمال محیطی و عملکرد گندم در دو واحد کارکردی a) تن دانه و b) هکتار

داده‌ها مربوط به ۱۴ استان تحت بررسی می‌باشند.

Fig. 7- Relation between normalized environmental index and wheat yield in two functional units a) ton grain and b) hectare

data points shows 14 provinces.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش پیامدهای محیطی حاصل از تولید گندم در ۱۴ استان کشور از طریق ارزیابی چرخه حیات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقیاس ملی، عملکرد و درجه فشرده‌سازی بوم‌نظام‌ها عوامل اصلی کنترل‌کننده اثرات محیطی می‌باشند و استان‌هایی که در آن‌ها سهم نظام‌های پر نهاده از سطح زیر کشت بالاست اثرات محیطی شدیدتری ایجاد می‌کنند. به‌طور کلی، تولید گندم در استان‌های همدان، کردستان و اردبیل در هر دو واحد کارکردی هکتار و تن دانه کمترین پیامدهای محیطی را به همراه دارد و در مقابل استان خوزستان که بیشترین سهم را در تولید و سطح زیر کشت گندم در کشور دارد، بیشترین اثرات محیطی را در ازای تولید هر تن دانه به جای می‌گذارد. تحقق پایداری در بوم‌نظام‌های کشاورزی مستلزم وجود نوعی تعادل بین عوامل اقتصادی–اجتماعی و جنبه‌های محیطی می‌باشد و دستیابی به این تعادل در گرو افزایش عملکرد با حداقل اثرات محیطی خواهد بود. در بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور افزایش عملکرد از طریق فشرده‌سازی نتیجه‌ای جز تشدید اثرات محیطی نخواهد داشت. بنابراین، علاوه بر کاهش میزان مصرف انرژی و نهاده‌های خارجی، به‌کارگیری رهیافت‌های اکولوژیکی نظیر افزایش کارایی استفاده از منابع، اجرای صحیح تناوب‌های زراعی، افزایش ماده آلی خاک، کاهش شخم و عملیات خاک‌ورزی، عملکرد را نیز افزایش داده و به‌تدریج پیامدهای محیطی را تخفیف خواهد داد.

قدردانی

بودجه این تحقیق از محل اعتبار طرح پژوهه شماره ۱/۱۴۹۲۶ مورخ ۸۹/۴/۱ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Anderson, T.W. 1984. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. John Wiley & Sons, New York.

Bazrgar, A.B. 2011. Environmental assessment of Khoraszn sugar beet production systems using LCA. PhD Dissertation, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Prsian with English Summary)

Bengtsson, M., Carlson, R., Molander, S., and Steen, B. 1998. An approach for handling geographical information in life cycle assessment using a relational database. Journal of Hazardous Materials 61: 67–75.

Bjorklund, A.E. 2003. Survey of approaches to improve reliability in LCA. The International Journal of Life Cycle Assessment 7(2): 64-72.

Bockstaller, C., and Girardin, P. 2003. How to validate environmental indicators. Agricultural Systems 76: 639–653.

Bouman, B.A.M., Jansen, H.G.P., Schipper, R.A., Nieuwenhuyse, A., Hengsdijk, H., and Bouma, J. 1999. A framework for integrated biophysical and economic land use analysis at different scales. Agriculture, Ecosystems and Environment 75: 55-73.

Brentrup, F., Kusters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology– 2, The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy 20(3): 265-79.

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.

Charles, R., Jolliet, O., Gaillard, G., and Pellet, D. 2006 Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. Agriculture, Ecosystems and Environment 113: 216-225.

Dalgaard, T., Halberg, N., and Porter, J. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 87(1): 51-65.

Dalgaard, T., Hutchings, N.J., and Porter, J.R. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. Agriculture, Ecosystems and Environment 100: 39-51.

Deike, S., Pallutt, B., Melander, B., Strassemeyer, J., and Christen, O. 2008. Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage intensity and strategy of pesticide use: a case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark. European Journal of Agronomy 29: 191–199.

FAO, 2013. FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture. FAO, Rome.

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: 543–555.

Grace, J., Van Gardingen, P.R., and Luan, J. 1997. Tackling Large-scale Problems by Scaling up. In: Gardingen, P.R., Foody, G.M., Curran, P.J. (Eds.), Scaling-up From Cell to Landscape. Society for Experimental Biology. Seminar Series 63, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 0-521-47109-5 p. 7–16, 386 pp.

Haas, G., Wetterich, and Fand Geier, U. 2000. Life cycle assessment framework in agriculture on the farm level. The International Journal of Life Cycle Assessment 5(6): 345-348.

Haas, G., Wetterich, F., and Kpke, U. 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. Agriculture, Ecosystems and Environment 83(1–2): 43–53.

Hayer, F., Bockstaller, C., Gaillard, G., Mamy, L., and Nemecek Strassemeyer, T.J. 2010. Multi-criteria Comparison of Eco-toxicity Models Focused on Pesticides. In: Notarnicola, B. (Ed.), 7th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector. Bari, Italy p. 305–310.

Heller, M.C., and Keoleian, G.A. 2003. Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. Agricultural Systems 76: 1007–1041.

Hoffman, L., Weidema, B., Kristiansen, K., and Ersboll, A. 1994. Statistical analysis and uncertainties in relation to LCA, Special Reports No. 1, LCA-Nordic, Nordic Council of Ministers, Report 1995:503, Copenhagen.

Hülsbergen, K.J., Feil, B., and Diepenbrock, W. 2002. Rates of nitrogen application required to achieve maximum energy efficiency for various crops: results of along-term experiment. Field Crops Research 77: 61-76.

Huppes, G., and Ishikawa, M. 2005. A framework for quantified eco-efficiency analysis. Journal of Industrial Ecology 9: 25-41.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, Vol. 4.

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

Jackson, J.E. 1991. A User's Guide to Principal Components. John Wiley & Sons, New York.

Keating, B.A., Carberry, P.S., Bindraban, P.S., Asseng, S., Meinke, H., and Dixon, J. 2010. Eco-efficient agriculture: concepts, challenges and opportunities. Crop Science 50 (Supplement 1): S-109–S-119.

Khoshnevisan, A., Rafiee, S., Omid, M., Keihani, A., and Movahedi, M. 2013. Evaluation of energy and environmental indices of potato crop using life cycle assessment: A case study on Fereidon shahr county, Isfehan province. Iranian Journal of Biosystem Engineering 44(1): 57-66. (In Persian with English Summary)

Lindeijer, E., Mu¨ller-Wenk, R., and Steen, B. 2002. Impact Assessment of Resources and Land Use. In: Lindeijer, E., Müller-Wenk, R., Steen, B., Udo de Haes, HA., Finnveden, G., Goedkoop, M., Hauschild, M., Hertwich, E.G., Hofstetter, P., Jolliet, O., Klo¨pffer, W., Krewitt, W., Lindeijer, EW., Mu¨ ller-Wenk, R., Olsen, S.I., Pennington, D.W., Potting, J., Steen, B. (Eds.). Life Cycle Impact Assessment: Striving Towards Best Practice. Pensacola, USA: SETAC; p. 11–64.

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.

Milaí Canals, L.J., Romanya, 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.

MAJ, 2010. Ministry of Jehad-e-Keshavarzi of Iran, Statistical Database. Crop Production Statistics 1389-90. www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx (In Persian)

Mosier, A.R., Halvorson, A.D., Peterson, G.A., Robertson, G.P., and Sherrod, L. 2005. Measurement of net global warming potential in three agroecosystems. Nutrient Cycling in Agroecosystems 72(1): 67-76.

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2017a. Life cycle assessment (LCA) for wheat production systems of Iran: 1-Comparison of inputs level. Journal of Agroecology 9(4): 972-992. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2017b. Trend analysis of nitrogen use and productivity in cereal production systems of Iran. Journal of Agroecology, 9(2): 360-378. (In Persian with English Summary)

Nemecek, T, Hayer, F., Bonnin, E., Carrouée, B., Schneider, A., and Vivier, C. 2015. Designing eco-efficient crop rotations using life cycle assessment of crop combinations. European Journal of Agronomy 65: 40-51.

Nemecek, T., Huguenin, O., Dubois, D., and Gaillard, G. 2011a. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. Agricultural Systems 104: 217-232.

Nemecek, T., Huguenin, O., Dubois, D., Gaillard, G., Schaller, B., and Chervet, A. 2011b. Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. Agricultural Systems 104: 233-245

Nemecek, T., and Kägi, T. 2007. Life cycle inventories of Swiss and European agricultural production systems. Final report ecoinvent v2.0 No.15a. Agrospace Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Center of Life Cycle Inventories, Zurich and Dubendorf, CH.

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., 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.

Sands, G.R., and. Podmore, T.H. 2000. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 79: 29–41.

Schroder, 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.

Steen, B. 1997. On uncertainty priority setting and sensitivity of LCA-based. Journal of Cleaner Production 5(4): 255-262.

Stein, A., Riley, J., and Halberg, N. 2001. Issues of scale for environmental indicators. Agriculture, Ecosystems and Environment 87(2): 119–259.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive

production practices. Nature 418: 671-677.

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 der Werf, H.M.G., and Petit, J. 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. Agriculture, Ecosystems and Environment 93: 131–145.

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

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 48-68

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۶۸-۴۸

Life Cycle Assessment (LCA) for Wheat Production Systems of Iran: 2- Spatial Comparison over the Country

M. Nassiri Mahallati[1] **and A. Koocheki**[1*]

Submitted: 12-04-2015
Accepted: 16-06-2015

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2018. Life Cycle Assessment (LCA) for wheat production systems of Iran: 2- Spatial comparison over the country. Journal of Agroecology 10(1): 48-68.

Introduction

Life cycle assessment (LCA) is a well-known and accurate method for comparison of environmental impacts of human activities including different agricultural management systems. Since agricultural activities are known as an important source of environmental pollution and greenhouse gas emission, LCA have been extensively applied for several tree and crop species around the country. However, these researches are generally conducted at field or district scales and due to variation in agronomic practices and input levels, the results cannot extended to regional or national level. In this paper using spatial upscaling method the results of LCA for wheat production systems with different level of inputs were extended to province and the results were subjected to statistical classification methods for comparison of impacts between provinces.

Materials and Methods

In this research the results of LCA for low, medium and high input wheat production systems of the country were upscaled to 14 provinces, details on LCA analysis of these systems is provided. For each province contribution of three management systems in cultivated area and wheat yield were extracted from official databases. Using these data the intensity of seven impact groups available from LCA were estimated for each province by linear upscaling method as described. Standardized values of seven impact categories over 14 provinces were subjected to principal component analysis (PCA) to compare provinces for overall impacts and separately for each impact category. In addition a normalized environmental index which integrates all impacts in a single index was calculated for direct comparison between provinces.

Results and Discussion

Results indicated that studied provinces had wide range of land use efficiency. Khozestan province with 18% of country wheat production had the lowest land use efficiency where 4271 m^2 land is needed per ton wheat grain while it was the lowest (2079 m^2) in Tehran. The highest per hectare global warming potential and ecotoxicity was obtained for Tehran province where contribution of high input systems in total cultivated area was at the maximum. However, per ton grain Hamadan and Khozestan provinces had respectively, the lowest and the highest global warming potential. Classification with principal component analysis (PCA) showed that difference between provinces in addition to yield, was highly related to the percentage distribution of low, medium and high input systems in total cultivated area. Comparison of provinces with a normalized environmental index showing the integrated effects of seven impact groups confirmed the results of PCA. Based on the results, taking into account all impact categories, production of one ton wheat grain in Hamadan had the lowest environmental impact between 14 provinces and Khozestan showed the highest impacts for production of the same amount of grain yield. In wheat production systems in Iran with high input management, increasing yield level above 4 t ha^{-1} may result to severe per hectare environmental impacts which cannot be compensated for by yield increment.

1- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.45791

Conclusion

It is concluded that at current level of resource use efficiency in wheat production systems of the country, increasing wheat yield through intensification is not a reliable approach and will be led to strict environmental consequences.

Keywords: Intensification, Life Cycle Assessment, Normalized Environmental Index, Principal Component Analysis, Scaling

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۸۰-۶۹

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 69-80

تأثیر مقادیر مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر روی خصوصیات رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad.)

ابوذر علیزاده[۱]، فرزاد نجفی[۲*]، جواد هادیان[۲] و پیمان صالحی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۲۱

علیزاده، ا.، نجفی، ف.، هادیان، ج.، و صالحی، پ. ۱۳۹۷. تأثیر مقادیر مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر روی خصوصیات رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad.)بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۸۰-۶۹.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای آلی (اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست) بر خصوصیات رشدی، مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی شرکت دارویی خرمان در شهرستان خرم آباد در بهار ۱۳۹۲ به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سه غلظت ۵، ۱۰و ۱۵ درصد عصاره ورمی‌کمپوست و مقادیر ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک بودند که به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفتند. فاکتورهای مورد بررسی شامل، ارتفاع بوته، تاج بوته، طول و عرض برگ، عملکرد وزن خشک اندام‌های هوایی، عملکرد وزن خشک برگ، بازده اسانس، عملکرد اسانس، محتوای فنل و فلاونوئید کل بودند. تیمارهای مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، تاج بوته، طول و عرض برگ) در طی چهار مرحله نمونه‌برداری قبل از گلدهی تأثیر معنی‌دار نداشتند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک اندام‌های هوایی (۴۶۰ گرم در مترمربع)، وزن خشک برگ (۱۹۵/۳۳ گرم در مترمربع) و عملکرد اسانس (۶/۳۸ گرم در مترمربع) در تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست به‌دست آمد که با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیشترین درصد اسانس (۳/۴۳ درصد) در تیمار ۱/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست دیده شد. تیمار ۲/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۵ درصد عصاره ورمی‌کمپوست با (۴۶/۵۶ میکروگرم گالیک اسید در میلی‌گرم عصاره خشک) و تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۵ درصد عصاره ورمی‌کمپوست با (۷۴۹/۱۳ میکروگرم روتین در میلی گرم عصاره خشک) به ترتیب بیشترین تأثیر را بر محتوای فنل و فلاونوئید داشتند. به نظر می‌رسد مصرف مقادیر مناسب از اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست با افزایش مواد آلی خاک، از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و نیز فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی می‌گردد و در بین تیمارها، تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی-کمپوست به عنوان یکی از بهترین تیمار شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کشاورزی ارگانیک، کودهای آلی، گیاهان دارویی

مقدمه

گیاهان دارویی و عطری گروه بزرگی ازگیاهان مهم اقتصادی را تشکیل می‌دهند که مواد خام اولیه‌ای آن‌ها در صنایع داروسازی، عطرسازی، غذایی و آرایشی-بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Najafi et al., 2010). گرایش عمومی جوامع به استفاده از داروها و درمان‌های گیاهی و به‌طور کلی، فرآورده‌های طبیعی، به‌ویژه در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده و مهمترین علل آن اثبات آثار مخرب و جانبی داروهای شیمیایی از یک طرف و آلودگی‌های زیست-محیطی که کره زمین را تهدید می‌کند. از سوی دیگر، بوده‌است (Ariapour & Mirzayi, 2010). مصرف روز افزون کودهای

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، گروه کشاورزی، استاد، گروه فیتوشیمی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی
(*- نویسنده مسئول: Email: fnadjafi@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.47161

شیمیایی سبب بروز مسائلی مانند انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی از جمله آلودگی منابع آب و خاک، باقی‌مانده سموم شیمیایی، افزایش فلزات سمی در محصولات و کاهش میزان باروری خاک شده است. در فرآیند اهلی‌سازی و کشت گیاهان دارویی با هدف حرکت به سوی نظام‌های کشاورزی پایدار به منظور تولید مواد گیاهی با کیفیت، سالم و با کارایی مطلوب همچنان حفاظت از محیط زیست استفاده از مواد آلی ضروری است (Garbisu & Alkorta, 2001).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است (Haghighi et al., 2011). مقادیر بسیار کم اسیدهای آلی، اثرات چشمگیری روی بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشته و به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارد. در حال حاضر، کشاورزان و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به روش دیگری برای استفاده از کودهای آلی وکود دهی به محصولات روی آورده‌اند و آن استفاده از چای ورمی‌کمپوست[1] است که عبارت است از عصاره آبی حاصل از اضافه کردن آب به ورمی-کمپوست در طی مدت زمان خاص و سپس محصول حاصل را فیلتر کرده و به صورت اسپری کردن یا افزودن به خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Barker & Bryson, 2006). چای ورمی‌کمپوست به دو روش هوازی[2] و بی هوازی[3] تولید می‌شود. در روش استخراج هوازی، هوا (اکسیژن) از طریق پمپ‌هایی به مخزن حاوی آب و ورمی-کمپوست وارد می‌شود و تا پایان عصاره‌گیری هوا به طور مرتب جریان دارد (Weltzein & Ketterer, 1986). در روش غیر هوازی ورمی‌کمپوست را با مقدار مشخصی، آب مخلوط می‌کنند و به مدت هفت روز در دمای ۲۰ تا ۲۱ درجه نگهداری می‌شود و در روز چهارم یک‌بار به‌هم زده می‌شود (Weltzein, 1991). ترکیباتی که در چای کمپوست وجود دارند و یا از آن قابل استخراج‌اند شامل، میکروارگانیسم‌های فعال، باکتری‌های اولیه، قارچ‌ها و برخی از پروتوزوها، مواد معدنی، اسیدهای آلی و دیگر تولیدات حاصل از میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. اثرات مفیدی که برای چای ورمی‌کمپوست بیان شده، به گونه گیاهی، کیفیت چای ورمی‌کمپوست، روش‌های استخراج و شرایط رشدی گیاهان وابسته است (Ted Radovich et al., 2011).

هیومیک اسید، یک ترکیب تجاری ناهمگن با تعدادی ترکیبات با ویژگی‌های شیمیایی مشابه‌اند، که نقش‌های مختلفی در رشد گیاهان دارد (El-Mohamedy et al., 2009). این ترکیب دارای گروه‌های فعال در زنجیره کربن است (Patil, 2011) و دارای تعدادی از عناصر است که باعث بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش دسترسی به مواد غذایی، افزایش مواد آلی خاک و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد می‌گردد (Asmaa et al., 2010). ترکیبات هیومیکی، هم به‌طور مستقیم و هم به‌طور غیرمستقیم روی گیاهان تأثیر دارند که اثرات غیر مستقیم آن‌ها روی حاصلخیزی خاک با افزایش جمعیت میکروارگانیزم‌های مفید، بهبود ساختار خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و نیز افزایش ظرفیت بافری خاک می‌باشد، اما اثرات مستقیم آن‌ها مربوط به افزایش فتوسنتز، افزایش تنفس، افزایش سنتز پروتئین‌ها و غیره می‌باشد (Saruhan et al., 2011). مطالعات نشان داده اند که کاربرد اسید هیومیک روی توتون (*Nicotiana tabaccum* L.) و گیاهان دارویی آلکالوئیددار موجب زیاد شدن میزان آلکالوئیدها در برگ‌ها می‌شود. همچنین اسید هیومیک موجب افزایش انتقال گلوکز از بین غشاهای سلولی در گیاهان پیاز (*Allium cepa* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)می‌گردد و این مواد باعث افزایش میزان کربوهیدرات در سیب‌زمینی، چغندرقند، هویج (*Daucus carota* L.) و گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) می‌شوند (Yang et al., 2004).

تیره نعناعیان بزرگترین تیره گیاهی، شامل حدود ۳۶۰ جنس و بیش از ۱۰۰۰ گونه است. معمولاً گیاهان این تیره به واسطه داشتن اسانس از بوی مطبوع و گاهی تند برخوردارند (Ghahrman, 2009; Omidbaigi, 2009). جنس *Satureja* با نام فارسی مرزه، متعلق به خانواده نعناع، زیر خانواده نپتویده[4] و طایفه منتئا[5] بالغ بر ۳۰ گونه را شامل می‌شود. گونه مرزه خوزستانی (*Satureja hkuzistanica* L.) از گونه‌های بومی ایران بوده که به‌دلیل داشتن کارواکرول[6] بالا در اسانس و اسیدهای فنولی آزاد به‌ویژه رزمارینیک اسید در عصاره (Hadian, 2008)، از نظر تجاری (کاربردهای دارویی، غذایی،

1- Vermicompost tea
2- Aerated vermicompost tea (ACT)
3- Non-aerated vermicompost tea (NCT)

4- Nepetoidea
5- Menthea
6- Carvacrol (5-Isopropyl-2-methylphenol)

آرایشی- بهداشتی) حائز اهمیت می‌باشند. این گونه در مناطق خشک، آفتابی و خاک‌های سنگلاخی آهکی جنوب غرب ایران در استان‌های لرستان، ایلام و خوزستان رشد می‌کند (Jamzad, 2009). این گونه در صنایع داروسازی کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی تنها راه تأمین آن برداشت از طبیعت بوده که با توجه به بومی بودن و نیز محدودیت رویشگاه‌های آن می‌تواند زمینه انقراض و تخریب گونه را فراهم کند و از طرف دیگر، نیاز صنایع داروسازی، از نظر مقایر مورد نیاز و نیز خصوصیات فیتوشیمیایی نمی‌تواند در درازمدت از طریق برداشت از طبیعت تأمین شود. لذا اهلی‌سازی و کشت این گونه و نیز شناخت نیازهای اکولوژیکی و زراعی این گونه ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق بررسی اثر مقادیر مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر خصوصیات رشدی، مورفولوژیک و فیتوشیمیایی گونه دارویی مرزه خوزستانی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی شرکت دارویی خرمان، در سال ۱۳۹۲ واقع درمنطقه کشکان در جنوب غرب استان لرستان انجام گرفت. طول و عرض جغرافیایی منطقه به‌ترتیب ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ۳۳ درجه و ۱ دقیقه شمالی و میانگین دمای سالیانه ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۴۷۵/۹۸ میلی‌متر بود. داده‌های هواشناسی ازایستگاه سینوپتیک خرم‌آباد تهیه شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی شامل عامل اسید هیومیک در سه سطح (a_1=۱/۵، a_2= ۲/۵ و a_3= ۳/۵ لیتر در هکتار) و عصاره ورمی-کمپوست (b_1=۵(۵:۱، آب : ورمی‌کمپوست) ، b_2=۱۰ و b_3=۲۰ درصد در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در قطعه زمینی به مساحت ۵۰۰ متر مربع اجراء شد. پس از قلمه‌گیری از بوته‌ها، قلمه‌ها در محیط ریشه‌زایی قرار گرفتند. پس از ریشه‌زایی و رشد مناسب گیاهان و استقرار بوته در اوایل اسفند سال ۱۳۹۱ گیاهان به مزرعه منتقل و کشت شدند. هر تکرار شامل یک کرت به مساحت هشت مترمربع می‌باشد که تعداد ۲۰ بوته به فواصل ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر در آن کشت شد. برای تهیه عصاره ورمی‌کمپوست از ورمی‌کمپوستی با منشاء حیوانی استفاده شد و عصاره‌گیری به روش هوازی (Weltzein & Ketterer, 1986) انجام شد. اسید هیومیک تجاری خریداری شده از شرکت گرین ایتالیا، دارای مواد آلی (۱۹/۵ درصد)، اسید هیومیک (۱۳/۲ درصد) و فالویک اسید (۱/۱ درصد) نیز جهت اعمال تیمارها استفاده شد. پس از رشد گیاهان و ایجاد سطح برگ مناسب، محلول‌پاشی انجام شد. سه بار محلول‌پاشی به فاصله ده روز انجام شد. برای هر تیمار اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست با هم اختلاط شدند و با بیست لیتر آب محلول‌پاشی شد. اولین محلول‌پاشی در تاریخ دهم تیرماه صورت گرفت. به‌منظور تأثیر بهتر تیمارها، یک ماه پس از آخرین محلول‌پاشی، شروع به داده‌برداری شد. چهار بار نمونه‌برداری به فاصله بیست روز تا مرحله گلدهی گیاه در اوایل پاییز، جهت تعیین پارامترهای رشدی و خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی انجام شد. نمونه‌برداری جهت تعیین عملکرد در مرحله گلدهی از یک مترمربع انجام شد. پارامترهای مورد بررسی شامل، ارتفاع بوته، تاج بوته، طول و عرض برگ، عملکرد خشک اندام‌های هوایی، عملکرد وزن خشک برگ، درصد اسانس، عملکرد اسانس بر اساس وزن خشک برگ و محتوای فنل و فلاونوئید کل بودند. اسانس‌گیری در آزمایشگاه به روش تقطیر با آب با دستگاه کلونجر طبق دارونامه بریتانیا از ۱۰ گرم از برگ‌های خشک شده گیاه به مدت سه ساعت برای هر تیمار انجام شد (British Pharmacopoeia, 1998). میزان فنل کل گیاه معادل گالیک اسید (Slinkard et al., 1977) اندازه‌گیری شد. برای سنجش فلاونوئیدها از واکنش‌گر کلرید آلومینیوم ($AlCl_3$) استفاده شد (Zhishen et al., 1999). آنالیز آماری و تجزیه واریانس میانگین‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه، 9.1 در سطوح احتمال پنج و یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات رشدی و مورفولوژیکی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، تاج بوته، طول و عرض برگ) در طی چهار مرحله نمونه‌برداری قبل از گلدهی تأثیر معنی‌دار نداشتند. نتایج نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف عصاره ورمی‌کمپوست و نیز اثر متقابل اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست در سطح پنج درصد بر عملکرد وزن خشک اندام هوایی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مقادیر مختلف اسید هیومیک و غلظت‌های مختلف عصاره ورمی‌کمپوست بر روی خصوصیات عملکردی مرزه خوزستانی

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of humic acid levels and vermicompost extract concentrations on yield parameters of *Satureja khozistanica*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک اندام‌های هوایی Dry weight yield of Shoots	عملکرد برگ خشک Leaf dry weight yield	عملکرد اسانس Oil yield	درصد اسانس Oil percent
تکرار Replication	2	3217.5^{ns}	2086.93^{ns}	4.89^{ns}	0.26^{ns}
اسید هیومیک Humic acid	2	5854.43^{ns}	4792.92*	4.53^{ns}	0.18^{ns}
هیومیک عصاره ورمی‌کمپوست Vermicompost extract	2	16877.77*	1858.88^{ns}	6.21*	0.48*
اسید هیومیک*عصاره ورمی‌کمپوست Vermicompost extract* Humic acid	4	14322.22*	4220.14*	3.74^{ns}	0.37*
خطا Error	18	4044.16	1167.72	1.47	0.11

*، ** و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد.

.*, ** and ns :, significant at 5% , 1% of probability levels and Not-significant, respectively.

بیشترین مقدار عملکرد ماده خشک اندام هوایی (۴۶۰ گرم در متر-مربع) در تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست بدست آمد که با شاهد داری اختلاف معنی-داری می‌باشد (جدول‌های ۲ و ۳). کیلینگ و همکاران (Keeling et al., 2003) گزارش دادند که استفاده از عصاره ورمی‌کمپوست در مراحل اولیه رشد باعث رشد ریشه، افزایش توسعه ریشه و افزایش رشد گیاهان می‌شود، افزایش وزن تر و خشک گیاه ، در اثر تیمار با عصاره ورمی‌کمپوست نتیجه‌ای بود که در این مطالعات نشان داده شد. تأثیر اسید هیومیک بر رشد گیاه ممکن است به صورت مستقیم (افزایش وزن خشک گیاه) و یا به صورت غیر مستقیم (افزایش راندمان مصرف کود و کاهش فشردگی خاک) باشد (Sidari et al., 2006). نتایج نشان داد که اثر عامل اسید هیومیک و اثر متقابل اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست در سطح پنج درصد بر عملکرد وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین مقدار عملکرد وزن خشک برگ (۱۹۵/۳۳ گرم در مترمربع) در تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست بدست آمد (جدول‌های ۲ و ۳).

رحیمی و همکاران (Rahimi, et al., 2016) نشان دادند استفاده از چای کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی در گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.) شد. در بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره کمپوست بر تغذیه و شاخص‌های رشد دیفن باخیا (*Dieffenbachia amoena* Bull.) و آگلونما (*Aglaonema commutatum* Schott.) نشان داده شد که محلول پاشی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد چون ارتفاع، قطر بوته، وزن تر، وزن خشک و محتوای نیتروژن در دیفن باخیا و ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر، وزن خشک، محتوای ازت و فسفر در آگلونما داشت، نتایج مقایسه میانگین‌ها در این آزمایش نشان داد که افزایش سطوح محلول‌پاشی باعث بهبود و افزایش شاخص‌های رشد شده (Mahboub Khomami, 2005). عناصر غذایی موجود در ورمی-کمپوست برای گیاه بیشتر قابل‌دسترس بوده و از این طریق، باعث افزایش رشد گیاه می شود. پس بدیهی است که کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت ورمی واش باعث جذب سریع و مستقیم عناصر غذایی از طریق اندام‌های هوایی شده و با افزایش فاکتورهای رشد گیاه از جمله سطح برگ در نهایت، عملکرد را افزایش خواهد داد (Parker & Abbot, 1981). طبق نظر ایلان (Ilan, 1971) سیتوکنین‌ها باعث تسریع جذب پتاسیم می‌شوند و از طرفی، گزارش شده است ورمی-کمپوست‌ها و عصاره حاصل از آن دارای مواد تنظیم‌کننده رشد مانند سیتوکنین‌ها هستند که می‌تواند دلیلی برای جذب بیشتر پتاسیم باشد. از آن‌جایی که عنصر پتاسیم از عوامل اساسی در رشد گیاه می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که میزان بالای پتاسیم در عصاره آلی حاصل از

ورمی‌کمپوست (ورمی‌واش) علت افزایش رشدگیاه با افـزایش غلظـت محلول ورمی‌واش باشد (Muscolo et al, 1999).

جدول ۲- تأثیر تیمارهای مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر خصوصیات عملکردی مرزه خوزستانی

Table 2- Effect of humic acid levels and vermicompost extract concentrations on yield parameters of *Satureja khozistanica*

تیمار Treatment	عملکرد برگ خشک (گرم در مترمربع) Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد وزن خشک اندام هوایی (گرم در مترمربع) Dry weight yield of shoots ($g.m^{-2}$)	اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (گرم در مترمربع) Essential oil yield ($g.m^{-2}$)
a_1b_1	150 ^{abc*}	336.6^{bcd}	2.4^{c}	4.6 ^{bc}
a_1b_2	190^{a}	386.6^{abcd}	2.6 ^{c}	4.9 ^{ab}
a_1b_3	140^{abcd}	333.3^{bcd}	3.33 ^{a}	4.9 ^{ab}
a_2b_1	174.6^{abc}	403.3^{abc}	2.6 ^{c}	4.6^{ab}
a_2b_2	130^{bcd}	290^{d}	2.8^{abc}	3.4^{bc}
a_2b_3	180^{ab}	426.6^{ab}	2.4 ^{c}	4.6 ^{ab}
a_3b_1	116.6^{dc}	303.3^{dc}	2.6 ^{c}	2.1 ^{bc}
a_3b_2	130 ^{dc}	290^{d}	2.7 ^{bc}	3.1^{bc}
a_3b_3	195.3 ^{a}	460 ^{a}	3.2 ^{ab}	6.3 ^{a}
شاهد Control	86.6 ^{d}	285^{d}	2.4^{c}	2.1^{c}

a_1، a_2 و a_3: به‌ترتیب مقادیر ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و b_1، b_2و b_3: به‌ترتیب غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست می‌باشند.

*میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

a_1, a_2 and a_3: 1.5, 2.5 and 3.5 $L.ha^{-1}$ Humic acid, respectively and b_1, b_2 and b_3 concentration: 5, 10 and 20 percent of vermicompost extract, respectively.

*Means that have the same letters are not significantly different.

جدول ۳- تأثیر مقادیر مختلف اسید هیومیک و غلظت‌های مختلف عصاره ورمی‌کمپوست بر خصوصیات عملکردی مرزه خوزستانی

Table 3- Effect of humic acid levels and vermicompost extract concentrations on yield parameters of *Satureja khozistanica*

تیمار Treatment	عملکرد برگ خشک (گرم در مترمربع) Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد خشک اندام‌های هوایی (گرم در مترمربع) Dry weight yield of shoots ($g.m^{-2}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (گرم در متر مربع) Essential oil yield ($g.m^{-2}$)
a_1	160^{a*}	352.22^{ab}	2.844^{a}	4.51^{a}
a_2	161.56^{a}	373.33^{a}	2.67^{ab}	4.20^{a}
a_3	144^{a}	351.11^{ab}	2.85^{a}	4.20^{a}
b_1	147.11^{a}	347.78^{ab}	2.89^{b}	3.78^{b}
b_2	146.67^{a}	322.22^{b}	2.73^{ab}	3.87^{ab}
b_3	171.78^{a}	406.67^{a}	3.04^{a}	5.25^{a}
شاهد Control	86.67^{b}	285^{b}	2.43^{b}	2.11^{c}

a_1، a_2 و a_3: به‌ترتیب مقادیر ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و b_1، b_2و b_3 غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست می‌باشند.

*میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

a_1, a_2 and a_3: 1.5, 2.5 and 3.5 $L.ha^{-1}$ Humic acid, respectively and b_1, b_2 and b_3 concentration: 5, 10 and 20 percent of vermicompost extract, respectively.

*Means that have the same letters are not significantly different.

شریفی و همکـاران (Sharifi et al., 2002) اظهـار کردنـد کـه وزن خشک گیاه ذرت به‌طور معنی‌داری در ۱۵۰ میلی‌گرم اسیدهیومیک در کیلوگرم خاک افزایش یافت. در بررسی تأثیر سطوح مختلـف ورمـی-کمپوست و محلـول‌پاشـی بـا ورمـی‌واش (عصـاره ورمـی‌کمپوسـت) برصـفات مورفولوژیـک و میـزان مـواد مـؤثره ریحـان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داده شد که تیمـار ورمـی‌واش باعـث افـزایش معنی‌داری در ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و درصد اسـانس بوته‌ها نسبت به شاهد شد، ولی تعداد گره و وزن خشـک بوتـه تحـت

تأثیر قرار نگرفت (Azizi et al., 2006). نتایج این تحقیق نشان-دهنده این بود که اثر متقابل اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست دارای تأثیر بیشتری بر روی رشد و عملکرد گیاه بودند که نشان‌دهنده اثر سینرژیستی و هم‌افزایی کودهای آلی می‌باشد.

خصوصیات فیتوشیمیایی

نتایج نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف عصاره ورمی‌کمپوست و اثر متقابل اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست دارای اثر معنی-داری ($p\leq0.05$) بر روی درصد اسانس بود (جدول ۱). بیشترین مقدار درصد اسانس (۳/۳۳ درصد) در تیمار ۱/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول ۲). که این نشان‌دهنده این است که کودهای آلی از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی به خصوص ریز مغذی‌ها از یک طرف باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه و از طرف دیگر، موجب سنتز بیشتر اسانس می‌شود. نتایج نشان داد که مقادیر مختلف اسید هیومیک و نیز اثر متقابل اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری را بر عملکرد اسانس نشان ندادند، اما اثر مقادیر مختلف عصاره ورمی-کمپوست بر این پارامتر معنی‌دار بود ($P\leq0.05$). بیشترین عملکرد اسانس (۶/۳۸ گرم در مترمربع) در تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول ۲). نتایج ما در این خصوص با نتایج عزیزی و همکاران (Azizi al, 2012) و نتایج لیوس و پانک (Liuc & Pank ., 2005)که افزایش میزان اسانس ریحان و بابونه رومی (*Anthemis nobilis* L.)را در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست گزارش کردند، مشابه بود. نتایج عزیزی و همکاران (Azza et al., 2010) نشان داد که عصاره ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث افزایش عملکرد اندام‌های هوایی، درصد اسانس و عملکرد اسانس در گیاه دارویی انجدان رومی (*Levisticum officinale* Koch.) شود. به اعتقاد فرانز (Franz, 1983) تغذیه به‌طور غیر مستقیم بر ساخت مواد مؤثره اثر می‌گذارد. در بررسی تأثیرغلظت‌های مختلف عصاره ورمی‌کمپوست بر صفات مورفولوژیک، درصد اسانس و عملکرد اسانس در گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) نشان دادند که غلظت‌های مختلف عصاره ورمی-کمپوست تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، وزن خشک گیاه، درصد اسانس و عملکرد اسانس دارد. در مطالعات آن‌ها، تیمار ۳۰۰۰ میلی گرم برکیلوگرم، به عنوان بهترین تیمار شناخته شد که حاکی از فعال بودن تنظیم‌کننده‌های رشد در غلظت کم و در شرایط دسترسی کامل به عناصر غذایی در محلول ورمی‌واش می‌باشد (Ne'mati darbandi et al., 2014). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان دادکه غلظت‌های مختلف عصاره ورمی‌کمپوست ومقادیر مختلف اسید هیومیک در سطح ($p\leq0.05$) بر محتوای فنل کل ومحتوای فلاونوئیدکل تأثیر معنی‌داری دارد اما اثر متقابل آنها تنها بر محتوای فنل کل معنی دار شد. اثر خالص تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار فنل کل در تیمارهای ۲/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و ۵ درصد عصاره ورمی‌کمپوست و بیشترین مقدار فلاونویید در تیمارهای ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و ۵ درصد عصاره ورمی کمپوست بدست آمد (جدول ۵).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای فنل و فلاونوئید کل مرزه خوزستانی

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of humic acid levels and vermicompost extract concentrations on phenol and flavonoid content of *Satureja khuzistanica*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavonoid
تکرار Replication	2	35.4^{ns}	514.9^{ns}
اسید هیومیک Humic acid	2	505.3^{**}	77207.1^{**}
عصاره ورمی‌کمپوست Vermicompost extract	2	356.6^{**}	169903.8^{**}
اسید هیومیک*عصاره ورمی‌کپوست Vermicompost extract* Humic acid	4	116.5^{**}	169903.8^{ns}
خطا Error	18	22.6	4385.8

*، ** و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: significant in the levle 5 and 1 percent and non-significant, respectively.

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نشان داد که تیمار ۲/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۱۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست بیشترین (۴۶/۵۶ میکروگرم گالیک اسید در میلی‌گرم عصاره خشک) محتوای فنل کل و تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت پنج درصد عصاره ورمی‌کمپوست بیشترین (۷۴۹/۱۳ میکروگرم روتین در میلی‌گرم) محتوای فلاونوئید را داشتند (جدول ۶). ترکیبات فنولی یک گروه از متابولیت‌های ثانویه معطر گیاهی‌اند که به‌طور گسترده در سراسر گیاه پخش شده‌اند و تأثیرات بیولوژیکی متعددی چون فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت ضدباکتریایی دارند که نقش مهمی در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد، احاطه کردن فلزات انتقالی و فرونشاندن مولکول‌های اکسیژن یگانه و سه‌گانه از طریق تغییر مکان یا تجزیه پراکسیدها دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر مقادیر مختلف اسید هیومیک و غلظت‌های مختلف عصاره ورمی‌کمپوست بر محتوای فنل و فلاونوئید کل مرزه خوزستانی

Table 5- Mean comparisons for the effect of humic acid levels and vermicompost extract concentrations on phenol and flavonoid content of Satureja khuzistanica

تیمار Treatment	فنل کل (میکروگرم گالیک اسید در میلی‌گرم عصاره خشک) Total Phenol (µg gallic acid/mg dry extract)	فلاونوئید کل (میکروگرم روتین در میلی‌گرم عصاره خشک) Flavonoid (µg routin/mg dry extract) Total
a_1	12.565[b*]	482.38[c]
a_2	36.713[a]	572.09[b]
a_3	32.639[a]	680.57[a]
b_1	39.150[a]	699.29[a]
b_2	27.389[b]	607.28[b]
b_3	29.378[b]	429.04[c]
شاهد Control	12.283[c]	435.38[c]

a_1، a_2 و a_3: به‌ترتیب مقادیر ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و b_1، b_2 و b_3: غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست می‌باشند.

*میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار می‌باشند.

a_1, a_2 and a_3: 1.5, 2.5 and 3.5 L.ha^{-1} Humic acid respectively and b_1, b_2 and b_3 concentrations: 5, 10 and 20 percent of vermicompost extract, respectively.

جدول ٦- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست بر محتوای فنل و فلاونوئید کل مرزه خوزستانی

Table 6- Mean comparisins for the effect of humic acid levels and vermicompost extract concentrations on phenol and flavonoid content of *Satureja khuzistanica*

تیمار Treatment	فنل کل (میکروگرم گالیک اسید در میلی‌گرم عصاره خشک) Total Phenolic (µg gallic acid/mg dry extract)	فلاونوئید کل (میکروگرم روتین در میلی‌گرم عصاره خشک) Total Flavonoid (µg routin/mg dry extract)
a_1b_1	39[ab*]	615.5[b]
a_1b_2	19[de]	526.5[bc]
a_1b_3	21.5[d]	306.7[d]
a_2b_1	46.5[a]	733.2[a]
a_2b_2	32.2[bc]	565.1[b]
a_2b_3	31.3[bc]	417.8[cd]
a_3b_1	31.8[bc]	749.1[a]
a_3b_2	30.8[c]	730[a]
a_3b_3	35.2[bc]	565.5[b]
شاهد Control	12.2[de]	435.5[c]

a_1، a_2 و a_3: به‌ترتیب مقادیر ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و b_1، b_2 و b_3: غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست می‌باشند.

*میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

a_1, a_2 and a_3: level, 1.5, 2.5 and 3.5 L.ha^{-1} Humic acid, respectively and b_1, b_2 and b_3, concentration 5, 10 and 20 percent of vermicompost extract, respectively.

*Means that have the same letters are not significantly different.

این ویژگی‌ها با تأثیرات مفید آنتی‌اکسیدان‌های فنولیک بر روی سلامت در ارتباط است که به‌دلیل تأثیرات بازدارندگی این ترکیبات در مقابل پیشرفت بسیاری از بیماری‌های وابسته به تنش چون بیماری‌های قلبی عروقی، سندرم روده التهابی و بیماری آلزایمر است. فلاونوئیدها به شکل آزاد و گلیکوزیدی یافت می‌شوند و بزرگ‌ترین گروه فنول‌های موجود در طبیعت را تشکیل می‌دهند (Kumaran & Karunakaran, 2006). بنابراین، می‌توان گفت که استفاده از کودهای آلی از جمله اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ترکیبات فنولی می‌تواند باعث افزایش اثرات دارویی گیاه شود.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که کاربرد مواد آلی و کودهای آلی می‌تواند نقش مؤثری را در افزایش عملکرد گیاهان دارویی ایفا نموده و به‌عنوان یک منبع اصلی افزایش حاصلخیزی خاک در سیستم‌های کشاورزی پایدار عمل نماید و استفاده از روش محلول‌پاشی می‌تواند به‌منظور کاهش مصرف کود-های شیمیایی و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار و حفاظت از محیط‌زیست مورد توجه قرار گیرد، به‌نظر می‌رسد مصرف مقادیر مناسب از اسید هیومیک و عصاره ورمی‌کمپوست با افزایش مواد آلی خاک، از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و نیز فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی می‌گردد که این مسئله در نهایت، به بهبود عملکرد کل، عملکرد وزن خشک برگ و عملکرد اسانس مرزه خوزستانی منتهی شد. در بین تیمارهای بررسی شده، تیمار ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست به‌عنوان مناسب-ترین تیمار شناخته شد که بیشترین میزان وزن خشک برگ (۱۹۵/۳۳ گرم در مترمربع)، عملکرد وزن خشک اندام هوایی (۴۶۰ گرم در متر-مربع) و عملکرد اسانس (۶/۳۸ گرم در مترمربع) را داشت، هم چنین تیمار تیمار ۱/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و غلظت ۲۰ درصد عصاره ورمی‌کمپوست بیشترین درصد اسانس (۳/۴۳ درصد) داشت، این حاکی از فعال بودن تنظیم‌کننده‌های رشد در غلظت کم و در شرایط دسترسی کامل به عناصر غذایی در عصاره ورمی‌کمپوست می‌باشد. با توجه به اهمیت کشت گیاهان دارویی به روش ارگانیک و مزایای استفاده از کودهای آلی و عصاره آن‌ها در جهت بهبود کیفیت و مقدار مواد مؤثره و افزایش عملکرد محصول استفاده از عصاره ورمی‌کمپوست با غلظت ۲۰ درصد و اسید هیومیک به مقدار ۳/۵ لیتر در هکتار در خصوص این گیاه توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، معاونت محترم علمی و فناوری ریاست جمهوری که این طرح با حمایت مالی آن صندوق (طرح شماره ۸۵۱۲۵/۶۱) انجام شده و نیز شرکت‌های داروسازی خرمان و فن‌آوران طبیعت و صنعت ستایش به خاطر پشتیبانی این طرح و نیز آقای مهندس علی کریمی دانشجویی رشته گیاهان دارویی پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی به خاطر همکاری در این طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abbot, I., and Parker, C.A. 1981. Interactions between earthworms and their soil environment. Soil Biology and Biochemistry, Agricultural Sciences 13: 191-197.

Adholeya, A., and Prakash, A. 2004. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. Bioresour Technology 92: 311-319.

Akbari Nia, A. 2004. Study yield and essential oil of Ajowan in different agricultural systems, (organic, conventional and integrated). PhD thesis, Faculty of Agriculture, University of Tarbeiat Modarres, Iran. (In Persian with English Summary)

Aryapoor, A., and Mizrahi, R. 2010. Medicinal, Aromatic, Industrial Plants, Forests and Pastures. Agricultural Research and Extension Organization Publication p. 216-226. (In Persian)

Asmaa, R.M., and Magda, H. 2010. Increasing productivity of potato plants (*Solanum tuberosum*, L.) by using potassium fertilizer and humic acid application. International Journal of Academic Research 2(2): 83- 88.

Azizi, M., Baghani, M., Lakziyan, A., and Aroei, H. 2007. Effect of different level of vermicompost and vermiwash sprying on morphological traits and essential oils content of *Ocimum basilicum*. Journal of Horticultural Science 21(2): 41-52 (In Persian with English Summary)

Azza, A., El-Din, E., and Hendaw, S.F. 2010. Effect of dry yeast and compost tea on growth and oil content of *Borago officinalis* .Researcher Journal of Agriculture and Biological Sciences 6(4): 424-430.

Azza, A., El-Din, E., and Hendawy, S.F. 2010. Comparative Efficiency of organic and chemical on herb production and essential oil of lovage plants grows in Egypt. Journal of Agriculture and Environment Science 8(1): 60-66. British Pharmacopoeia, HMSO, London, 1988. 2: 137–138.

Chauhan, R.S., Maheshwari, S.K., and Gandhi, S.K. 2000. Effect of nitrogen, phosphorus and farm yard manure levels on stem rot of cauliflower caused by *Rhizoctonia solani*. Agriculture Sciences Digest 20: 36-38.

Dauda, S.N., Ajayi, F.A., and Ndor, E. 2008. Growth and yield of water melon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. Journal Agriculture and Social Sciences 4: 121-124.

El Gendy, S.A., Hosni, A.M., Omer, E.A., and Reham, M.S. 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. Arab Universities Journal of Agricultural Science 9: 915-933.

El-Mohamedy, R., and Ahmed, M.A. 2009. Effect of biofertilizers and humic acid on control of dry root rot disease and improvement yield quality of mandarin (*Citrus reticulate* Blanco). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5(2): 127-137.

Food and Agricultural Organization (FAO). 1999. Summary and conclusions. In: 53rd Meeting, Rome, 1-10 June; Rome p. 123-130

Franz, C. 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulturae 132: 203-216.

Ghahrman, A. 2009. Basic Botany, Volume 2, Published by Tehran University, Tehran, Iran pp 492. (In Persian)

Hadian, J. 2008. Assessment of genetic diversity of native species of Satureja. PhD thesis of Horticulture, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Hoitink, H., Stone, A., and Han, D.Y. 1997. Suppression of plant diseases by composts. Horticultura Science 32: 184–187.

Ilan, I. 1971. Evidence for hormonal regulation of the selectivity of ion uptake by plant cells. Journal of Physiologia Plantarum 5: 230-233.

Ingham, E. 2005. The Compost Tea Brewing Manual; Latest Methods and Research. Soil Food Web Institute.

Jamzad, Z. 2009. *Thymus* and *Satureja* species of Iran, Research Institute of Forests and Rangelands p. 171.

Keeling, A., and McCallum, K.R., 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. Bioresource Technology 90: 127–132.

Kumaran, A., and Karunakaran, R.J. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of Coleus aromaticus. Food Chemistry 97: 109-114.

Liuc, J., and Pank, B. 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile. Scientia Pharmaceutica 46: 63-69.

Mahboub Khomami, A. 2005. Effects of biological liquid fertilizer (vermicompost wash) as foliar sprays on feeding and growth indicators of *Dieffenbachia* and *Aglaonema*. Journal of Agricultural Sciences 4(1): 175-187. (In Persian with English Summary)

Mendez, P., Havel, J., and Patocka, J. 2005. Humic substances-compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment and biomedicine. Journal of Applid Biomedicine 3: 12-24.

Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F., and Nardi, F. 1999. Earthworm humic matter produces Auxin-like effects Daucus carota cell growth and nitrate metabolism. Soil Biology and Biochemistry 31: 1303-1311.

Najafi, S., SadeghiNejad, B., Deokule, S.S., and Estakhr, J. 2010. Phytochemical screening of *Bidaria khandalense* (Sant.) *Lorantha uscapitellatus* Wall. *Viscumarticula tumburm* F. and *Vitex negundo* Linn. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences 1: 388-393.

Nehemati darbandi, H., Azizi, M., Mohamadei, S., and Karempor, S. 2012. Study the effect of foliar application of different concentration of vermicompost extract (vermicompost wash) on morphological characteristics, essential oil yield and percentage essential oil of Lemon balm (*Melissa officinalis).* Journal of Horticulture Science 27: 411-417.

Omidbagi, R. 2009. Production and Processing of Medicinal Plants. Volume 1, 5th Edition. Astan Quds Razavi Publications, Mashhad, Iran 348 pp. (In Persian)

Patil, R.B. 2011. Role of potassium humate on growth and yield of soybean and black gram. International Journal of Pharma and Bio Sciences 2: 242-246

Radovich, T., Pant, A., Nguyen, H., Sugano, J., and Norman, A. 2011. Promoting plant growth with compost teas: Journal of The Food Provider (2): 420-430.

Rahimi, A., and Pour Mohammadi, A.A. 2017. Effects of vermicompost fertilizer application and foliar spraying on yield and yield component of isabgol (*Plantago ovata* L.) medicinal plant. Journal of Agroecology 9(3): 834-847.

Sanwal, S.K., Laxminarayana, K., Yadav, D.S., Rai, N., and Yadav, R.K. 2006. Growth, yield, and dietary antioxidants of broccoli as affected by fertilizer type. Journal of Vegetable Science 12: 13-26.

Saruhan, V., Kusvuran, A., and Babat, S. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). Scientific Research and Essays 6(3): 663-669.

Sebahattin, A., and Necdet, C. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Agronomy Journal 4: 130-133.

Sharif, M. 2002. Effect of Lignite colal derived humic acid on growth and yield of wheat and maize in alkaline soil. Political Science 171-183.

Weltzein, H.C. 1991. Biocontrol of Foliar Fungal Disease with Compost Extracts. In: Microbial Ecology of Leaves. Ed. by Andrews J.H., and Hirano S.S. Springer, New York, NY p. 430-450.

Yang, C., Wang, M., Chang, Y.F., and Chou, C.H. 2004. Humic substances affect the activity of chlorophyllase. Journal of Chemical Ecology 30(5): 1057-1065.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 69-80

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۸۰-۶۹

Effect of Different Levels of Humic-Acid and Vermicompost extract on Growth, Yield, Morphological and Phytochemical Properties of *Satureja khuzistanica* JAMZAD

A. Alizadeh[11], F. Najafi[2*], J. Hadian[2] and P. Salehi[3]
Submitted: 27-05-2015
Accepted: 12-12-2015

Alizadeh, A., Najafi, F., Hadian, J., and Salehi, P. 2018. Effect of different levels of humic-acid and vermicompost extract on growth, yield, morphological and phytochemical properties of *Satureja khuzistanica*. Journal of Agroecology 10(1): 69-80.

Introduction

Vermicompost tea can be extracted under aerated or non-aerated (passive) conditions. This water extractable compound includes: Active microorganisms, primarily Bacteria, Fungi and some Protozoa, Mineral nutrients, Organic acids and other microbial by-products. Considerable variability in the efficacy of compost tea to promote plant growth has been reported in many experiments. The results suggest that the reasons for the beneficial effects of the compound are complex and depend on many factors, including plant species, compost quality, extraction method, and growing conditions. They may have direct and indirect effects on plant growth and development. The indirect effects of humic compounds on soil fertility include: (i) Increase in the soil microbial population including beneficial microorganisms, (ii) Improved soil structure and (iii) Increase in the cation exchange capacity and the pH buffering capacity of the soil. Directly, humic acid compounds may have various biochemical effects either at cell wall and membrane level or in the cytoplasm, including increased photosynthesis and respiration rates in plants, enhanced protein synthesis and hormone-like activities in plants. *Satureja khuzistanica* Jamzad is an endemic species of the genus Satureja in Iran. It is a valuable medicinal plant because of high concentration of Rosmarinic Acid in the extract. This plant also has other unique growth properties such as high growth under calcareous and poor soils of arid region.

Materials and Methods

In order to study the effects of different levels of humic acid and vermicompost tea on growth, yield, morphological and phytochemical characters of *Satureja khuzistanica*, an experiment with factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications was conducted in 2013. Factors included of three levels of humic acid (1.5, 2.5 and 3.5 liter per ha.) and vermicompost tea in concentrations of 5% (5:1, water: vermicompost) 10% and 20% which were sprayed on aerial parts of the plants. Parameters like plant height, plant crown, leaf length, leaf width, shoot dry weight, leaf dry weight, oil content, essential oil yield, content of phenolic and flavonoids compounds were studied in this study to evaluate the effects of the treatments on *Satureja Khuzistanica*.

Results and Discussion

The results showed that treatments of 3.5 $l.ha^{-1}$ humic acid + 20% vermicompost tea had the maximum dry weight (460 $g.m^{-2}$), leaf dry weight (195.33 $g.m^{-2}$) and essential oil yield (6.38 $g.m^{-2}$). The highest essential oil percentage (3.44%) was obtained in the treatment of 1.5 $l.ha^{-1}$ humic acid + 20% vermicompost tea. The maximum content of phenolic and flavonoids compounds were observed in treatments of 2.5 $l.ha^{-1}$ humic acid + 5% vermicompost tea (46.56 µg gallic acid /mg dry extract) and 3.5 $l.ha^{-1}$ humic acid + 5% vermicompost tea (749.13 µg routin /mg dry extract), respectively. The interactions of the humic acid and vermicompost tea effects on plant height, plant crown, leaf length and leaf width were not significant in both years.

1, 2 and 3- Former MSc student, Assistant Professor, Department of Agriculture and Professor, Department of phytochemistery, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: fnadjafi@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.47161

Conclusion

Results of this experiment showed that mixed application of humic acid and extract of vermicompost (vermicompost tea) has more positive effects on growth and yield parameters of this plant rather than sole application. Results of Azza *et al*, (2010) showed that the extract of vermicompost can increase yield, oil content and essential oil yield in *Levisticum officinalis.* Appropriate amounts of humic acid and vermicompost extract can increase soil organic matter by improving the soil microbial activity and nutrient availability, and this will result in increasing the rate of photosynthesis and plant dry matter so this is a way to ultimately improve the yield, leaf dry weight and the essential oil yield of *Satureja khuzistanica.* Among the treatments, application of 3.5 $l.ha^{-1}$ humic acid + 20% of vermicompost tea, had the best effects on growth and yield.

Acknowledgements

Hereby we appreciate Iran National Science Foundation (Science Deputy of Presidency) for financial support of this project (No.85125.61) and Khoraman and FTSS companies which support this project and Mr. Ali Karimi (graduated student of medicinal plants, Medicinal Plants and Drugs Research Institute of Shahid Beheshti University) who cooperate us in this research.

Keywords: Essential oil, Medicinal plants, Organic farming, Organic fertilizer

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۹۳-۸۱

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 81-93

بررسی امکان تقلیل اثرات تنش آبی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با استفاده از ورمی‌کمپوست و زئولیت

هنگامه طاهرآموز[۱] و امیر قلاوند[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۲۶

طاهرآموز، ه.، و قلاوند، ا. ۱۳۹۷. بررسی امکان تقلیل اثرات تنش آبی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با استفاده از ورمی‌کمپوست و زئولیت. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۹۳-۸۱.

چکیده

به منظور بررسی امکان تقلیل اثر تنش‌کم آبی به کمک ورمی کمپوست و زئولیت (کلینوپتیلولیت) بر برخی خصوصیات کمی و کیفی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه تربیت مدرس در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجراشد. تیمار تنش‌کم‌آبی در سه سطح، شاهد، S_1: ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی، S_2: ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی و S_3 ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی و چهار تیمار تغذیه تلفیقی شامل شاهد F_1 (۰ درصد ورمی‌کمپوست + تأمین۱۰۰درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود شیمیایی اوره + ۱۷۵ درصد زئولیت)، F_2 (تأمین ۲۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط ورمی‌کمپوست + تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط کود شیمیایی اوره + ۱۵۰ درصد زئولیت)، F_3 (تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط ورمی‌کمپوست + تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود شیمیایی اوره + ۱۲۵ درصد زئولیت) و F_4 (تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط ورمی‌کمپوست + تأمین ۲۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود شیمیایی اوره + ۱۰۰ درصد زئولیت) بود. نتایج آزمایش نشان داد که تنش‌کم آبی (S_2 و S_3) باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد شد، به‌طوری‌که سطح اول تنش نسبت به شاهد کاهشی ۳۱ درصدی و نسبت به سطح دوم تنش کاهشی ۵۰ درصدی داشت. همچنین تنش‌کم آبی (S_2 و S_3) باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، درصد روغن و عملکرد روغن نسبت به شرایط بدون تنش‌کم آبی‌گردید که با بررسی اثرات متقابل مشاهده شد که این‌کاهش‌ها در تیمار تغذیه تلفیقی، سطح F_4 (S_2F_4 و S_3F_4) نسبت به سه سطح دیگرکمتر بود. در بررسی صفات بیوشیمیایی این نتیجه بدست آمد که تنش خشکی سبب کاهش کلروفیل a ، کلروفیل b، کلروفیل کل و افزایش پرولین شد. در نهایت، می‌توان تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق ورمی‌کمپوست و ۲۵ درصد باقی‌مانده توسط کود شیمیایی اوره به‌همراه ۱۰۰درصد زئولیت را به عنوان بهترین سطح تیمار مورد بررسی، در شرایط تنش‌کم آبیاری در این تحقیق مشخص نمود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تغذیه تلفیقی، درصد روغن، عملکرد، کلروفیل

مقدمه

جمعیت جهان در کشورهای در حال توسعه به‌طور چشمگیری رو به افزایش است و این موضوع، مشکل تأمین مواد غذایی را برای مردم این کشورها حادتر می‌کند. یکی از مؤثرترین روش‌ها در رشد - کشاورزی و تأمین مواد غذایی، حفظ، نگهداری و تقویت خاک است. مواد شیمیایی، کودها و سموم شیمیایی اهمیت زیادی در ازدیاد محصول و حاصلخیزی خاک‌ها دارند، اما هزینه زیاد و نیز تأثیر نامطلوب آن‌ها بر محیط‌زیست و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی منجر به توجه بیشتر به استفاده از روش‌هایی شده است که در آن‌ها نیاز به مصرف مواد شیمیایی‌کم باشد و یا مواد شیمیایی به‌طور کلی استفاده نشوند (Koocheki et al., 2000). از جمله موادی‌که منشأ طبیعی داشته و در سیستم‌های ارگانیک مورد توجه می‌باشند

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
(*- نویسنده مسئول: Ghalavand_a@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.50765

ورمی‌کمپوست است. این مواد حاصل از بستر رشد کرم‌های خاکی می‌باشند که پس از دفع از سیستم‌گوارش کرم، در محیط باقی می‌مانند و باعث تأمین مواد غذایی، حفظ و نگهداری عناصر غذایی، تقویت خاک و بهبود خواص فیزیکی خاک و ... می‌شود (Abdoli & Roshani, 2007). در مطالعه‌ای گلخانه‌ای حیدریان پور و همکاران (Heyderianpour et al, 2012) مشاهده نمودند که استفاده از ورمی‌کمپوست (۲۵ درصد خاک گلدان) سبب افزایش میانگین وزن تر و خشک، افزایش جذب K, Fe, Zn,Mn و Cu در مقاسیه با عدم کاربرد ورمی‌کمپوست در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) می‌شود.

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان به حساب می‌آید و این عامل زمانی ایجاد می‌شود که ترکیبی از عوامل محیطی و غیرمحیطی باعث تنش در داخل‌گیاه شده و در نتیجه تولید را کاهش می‌دهند (Khaje poor, 2006). ایران سرزمینی است بسیار خشک با نزولات جوی بسیارکم، درحالی‌که میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین حدود ۸۴۰ میلی‌لیتر تخمین زده می‌شود متوسط بارندگی سالانه در ایران حدود ۲۴۰ میلی‌لیتر است (Alizadeh, 2007). از این‌رو، مطالعه بر روی تنش خشکی، اثرات آن و چگونگی مدیریت و کاهش خسارت ناشی از آن ضروری به نظر می‌رسد.

در کشاورزی و به‌ویژه در زراعت، زئولیت‌های طبیعی‌کاربردهای وسیعی دارند. زئولیت‌ها خانواده بزرگی از کانی‌های آلومینوسیلیکاته را تشکیل می‌دهند که دارای یک شبکه تتراهیدرال از اتم‌های اکسیژن در اطراف اتم‌های آلومینیوم و سیلیس هستند که منتج به ایجاد یک شبکه سه بعدی در این‌کانی می‌شود. ساختمان حاصل به دلیل وجود آلومینیوم در مرکز تتراهیدرال دارای بار منفی است که این بار منفی توسط کاتیون‌های مختلف خنثی می‌گردد. بنابراین، می‌توان گفت که زئولیت‌ها با ساختمان کریستالی خود، مواد متخلخلی هستند که مانند غربال عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود به‌طور انتخابی اجازه عبور بعضی از یون‌ها را می‌دهند که در نهایت، این امر باعث می‌شود بعضی از انواع زئولیت‌ها به عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه شده و به بهبود رشد گیاه کمک کنند (Kazemiyan, 2005). در پژوهشی غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini et al., 2007) دریافتند که استفاده از کود آلی به همراه زئولیت سبب بهبود عملکرد و ماده خشک آفتابگردان و همچنین کاهش آبشویی نیترات می‌شود. آفتابگردان زراعی چهارمین زراعت یک‌ساله در جهان است‌که اغلب به خاطر روغن خوراکی آن موردکشت و زرع قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر، سطح زیر کشت آفتابگردان به‌خاطر نیازهای زراعی متوسط، عملکرد روغن زیاد و مقاومت نسبی به تنش‌کم‌آبی‌کوتاه مدت افزایش یافته‌است. با توجه به بافت لوم شنی خاک محل آزمایش (جدول ۱) سعی شد تا با کاربردکود آلی (ورمی‌کمپوست) ساختمان خاک بهبود، و همچنین مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن‌-کاهش داده‌شود از طرفی زئولیت (کلینوپتیلولیت) با داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی نسبتاً خوب (جدول ۴) سبب جذب کاتیون‌ها و جلوگیری از آبشویی آن‌ها می‌شود و همچنین به دلیل جذب بالای آب و عدم تجزیه سریع زئولیت در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت (Kazemiyan, 2005). انتخاب آفتابگردان نیز به دلیل عملکرد روغن زیاد، نیازهای زراعی متوسط و مقاومت نسبی به تنش خشکی و با توجه به نیاز کشور به تولید داخلی روغن انجام گرفت و در نهایت، این پژوهش با هدف بررسی امکان تقلیل اثرات تنش کم آبی با استفاده از ورمی‌کمپوست و زئولیت در گیاه آفتابگردان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌-های‌کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عوامل مورد بررسی عبارت بود از: تیمار تغذیه تلفیقی شامل F_1 (تأمین۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود شیمیایی اوره (معادل ۲۶۰/۸۷۰ کیلوگرم اوره در هکتار) + ۱۷۵ درصد زئولیت[1] (معادل ۱۵۷۵۰ کیلوگرم در هکتار))، F_2 (تأمین ۲۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توسطورمی‌کمپوست (معادل ۱۴۲۱/۸۰۱ کیلوگرم در هکتار) + تأمین ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط‌کود شیمیایی اوره (معادل ۱۹۵/۶۵۳ کیلوگرم اوره در هکتار) + ۱۵۰ درصد زئولیت (معادل ۱۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار))، F_3 (تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط ورمی‌کمپوست (معادل ۲۸۴۳/۶۰۲ کیلوگرم در هکتار)+ تأمین ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود شیمیایی اوره (معادل ۱۳۰/۴۳۵ کیلوگرم اوره در هکتار) + ۱۲۵ درصد زئولیت (معادل ۱۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)) و F_4 (تأمین

۱- زئولیت مورد استفاده در این آزمایش از نوع کلینوپتیلولیت بود که از شرکت افرند توسکا واقع در کردان کرج تهیه گردید.

۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از ورمی‌کمپوست (معادل ۴۲۶۵/۴۰۳ کیلوگرم در هکتار) + تأمین ۲۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود شیمیایی اوره (معادل ۶۵/۲۱۸ کیلوگرم اوره در هکتار) + ۱۰۰ درصد زئولیت توصیه‌شده (معادل ۹۰۰۰ کیلوگرم در هکتار)) و سه سطح تنش‌کم آبی شامل شاهد S_1: ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی (۵۰ درصد FC[1])، S_2: ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی (۴۰ درصد FC) و S_3: ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی (۳۰ درصد FC) بودند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و خصوصیات مربوط به قابلیت دسترسی آب در خاک به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده‌است.

برای اعمال ورمی‌کمپوست، میزان عناصر غذایی این کود تعیین (نتایج تجزیه ورمی‌کمپوست در جدول ۳ آورده شده است) و سپس بر حسب نیاز غذایی آفتابگردان و بر حسب درصد نیتروژن موجود در خاک و کود ورمی‌کمپوست، برای هر یک از سطوح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز از طریق ورمی‌کمپوست به‌ترتیب بر مبنای ۱۴۲۱/۸۰۱، ۲۸۴۳/۶۰۲ و معادل ۴۲۶۵/۴۰۳ کیلوگرم در هکتار، در اسفندماه ۱۳۹۰ در سطح کرت‌های مورد نظر به‌طور یکنواخت پخش و بلافاصله توسط بیل دستی وارد خاک شد. بر اساس منابع موجود (Khajepoor, 2006; Alyari & Shekari, 2000)، نیاز کودی آفتابگردان برای نیتروژن از منبع شیمیایی (کود اوره)، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد که نیمی از این مقدار در زمان کاشت و نیم دیگر آن بعد از انجام عملیات تنک به خاک مزرعه اضافه گردید.

میزان ۹ تن در هکتار زئولیت (خصوصیات زئولیت مورد استفاده در جدول ۴ آورده شده‌است) (Khodaei Joghan, 2010) عنوان مبنا (جهت تأمین نیاز ۱۰۰ درصد زئولیت) در نظر گرفته شد و بر درصد آن در تیمارها افزوده شد تا اثر این افزایش بر تیمارها آزموده شود .

آماده‌سازی مزرعه، شامل شخم عمیق پاییز سال قبل، شخم متوسط و دو مرحله دیسک عمود بر هم در بهار و قبل از کاشت بود. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول پنج متر، که فاصله کاشت روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و بذرها به‌صورت خشکه‌کاری به عمق سه سانتی‌متر در تاریخ ۱۱ تیر ماه سال ۱۳۹۰ کشت شدند. به‌دلیل کودی بودن ماهیت تیمارها و جلوگیری از اختلاط تیمارها با هم، برای هر بلوک آزمایشی یک جوی آبیاری جداگانه و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به‌ترتیب ۱/۵ و ۲ متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت به روش خطی، تنک محصول و وجین علف‌های هرز به‌روش مکانیکی و به کمک دست انجام گرفتند. آبیاری تمام کرت‌های آزمایشی تا مرحله تمایز طبق یا مرحله ستاره‌ای شدن به طور یکسان و همزمان صورت گرفت پس از این مرحله دور آبیاری بر اساس کاهش رطوبت خاک تنظیم شد و به کمک دستگاه TDR مدل trime_FM آب مورد نیاز هر تیمار اندازه‌گیری و برای دقت بیشتر از روش تعیین رطوبت وزنی خاک (Aghaalikhani & Ghooshchi, 2005) نیز استفاده شد.

برای محاسبه عملکرد دانه، متوسط تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی کامل انجام شد، به این صورت که از هر کرت آزمایش دو مترمربع با در نظر گرفتن حاشیه برداشت و پس از رسیدن رطوبت دانه به ۱۴ درصد عملکرد دانه اندازه‌گیری شد، و متوسط تعداد دانه در طبق با شمارش دانه‌های جدا شده از ۱۰ طبق در هر تیمار، پس از بوجاری با استفاده از دستگاه بذر شمار تعیین گردید، همچنین تعداد ۱۰۰۰ عدد دانه از بین توده دانه هر واحد آزمایشی به وسیله دستگاه بذرشمار شمارش‌گردید و وزن آن‌ها به وسیله ترازوی دیجیتالی حساس (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) بر حسب گرم تعیین شد تا وزن هزار دانه محاسبه گردد. کلروفیل برگ با روش استاندارد آرنون (Arnon, 1949) استخراج و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (GBC-Cintra 6- Australia) در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر خوانده شد. محتوای پرولین برگ از روش بیتز (Bates, 1973) استخراج و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. لازم به ذکر است که نمونه‌ها (برگ) جهت بررسی کلروفیل و پرولین، از برگ سوم نزدیک گل‌آذین به‌طور تصادفی از تمامی واحدهای آزمایشی در مرحله باز شدن گل‌آذین و قبل از آبیاری تهیه شد. در هر تیمار، نمونه‌برداری از دو خط وسط هرکرت و با رعایت نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر خط صورت گرفت. به‌منظور جلوگیری از تغییر غلظت پرولین و رنگدانه‌های کلروفیل، نمونه‌ها در فویل آلومینیومی و تانک نیتروژن قرار داده شدند و برای اندازه‌گیری‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید و تا زمان استفاده در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

1- Field capacity

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۵۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1- Physical and chemical properties of the experimental soil (0 – 50 cm depth)

بافت Texture	پتاسیم قابل دسترس (میلی-گرم برکیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی گرم برکیلوگرم Available P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	اسیدیته PH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لوم شنی Sandy loam	880	300	0.15	67	14	1.58	1.58	7.29	1.80

جدول ۲- ویژگی های خاک مزرعه در ارتباط با قابلیت دسترسی آب

Table 2- Soil characteristics in relation to water availability

عمق (سانتی-متر) Depth (cm)	نقطه پژمردگی دائم درصد وزنی Permanent wilting point (pwp)	ظرفیت مزرعه درصد وزنی Field Capacity (weight percent)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Apparent density ($g.cm^{-3}$)
0-20	7.18	15.38	1.45
20-40	8.39	19.53	

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کود ورمی‌کمپوست

Table 3– Chemical properties of vermicompost

مس (میلی‌گرم برکیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم برکیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم برکیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)	منگنز (میلی‌گرم برکیلوگرم) Mn ($mg.kg^{-1}$)
2.8	37	339	2.11	68.65

جدول ٤- مهمترین خصوصیات شیمیایی زئولیت (کلینوپتیلولیت) مورد استفاده

Table 4- Most important chemical properties of used zeolite

ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی‌اکی والان بر صد گرم) Cation Exchange Capacity ($meq.100g^{-1}$)	P_2O_5 (%)	TiO_2 (%)	MnO (%)	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	AL_2O_3 (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)	MgO (%)	CaO (%)	CL (%)
200	0.02	0.03	0.05	1.3	61	10.01	2.5	1.08	0.1	2.5	0

برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه از روش استاندارد کجلدال (Kjeldah, 1883)استفاده شد. درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله (Model No SCMS-F100-6H) بدست آمد (Talebi Kasvaei, 2012) و عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه محاسبه شد. در پایان، داده‌ها در نرم‌افزار Excel 2010 ثبت شد و برای آنالیز از نرم افزار آماری SAS[1] 9.1 استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل میانگین مربعات (LSD[2]) در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

1- Statistical analysis system

2- Least significant diffrence

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل تنش‌کم آبی و تغذیه‌ی تلفیقی بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، قطر طبق و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما شاخص برداشت تنها بر اثرات ساده فاکتورهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه (۴۵۶۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بدون تنش کم آبی و با تغذیه تلفیقی ۷۵درصد ورمی‌کمپوست + ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۱۰۰درصد زئولیت (S_1F_4) و کمترین عملکرد مربوط به تیمار S_3F_1 بود، همچنین مشاهد شد در شرایط آبیاری مطلوب و تنش‌کم آبی، سطح F_4 تغذیه تلفیقی باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شد (جدول ۶). شاید بتوان دلیل این افزایش عملکرد را فراهمی بیشتر مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن به جهت عدم آبشویی و همچنین آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طول فصل رشد به دلیل وجود زئولیت و ورمی‌کمپوست دانست، فراهمی نیتروژن باعث ساخت اسمیلات بیشتر توسط گیاه و انتقال آن به بخش‌های مختلف گیاه می‌شود (Ahmadi & Bahrani, 2009). تنش کم آبی سبب کاهش عملکرد دانه آفتابگردان شد (جدول ۶). پژوهشگران بسیاری از جمله اردم و همکاران (Erdem et al., 2006) و مبصر و توسلی (Mobasser & Tavassoli, 2013) کاهش عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کم آبی را گزارش کردند. در آزمایشی که توسط یوسف وند و همکاران (Yousefvand et al, 2011) انجام شد دریافتند که مصرف هشت تن زئولیت در هکتار در شرایط تنش کم آبی در مقایسه با عدم کاربرد زئولیت سبب افزایش ۳۴/۱۶ درصد عملکرد آفتابگردان شد.

یکی از عوامل تعیین‌کننده عملکرد، وزن هزار دانه می‌باشدکه بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار S_1F_4 وکمترین مقدار آن متعلق به تیمار S_3F_1 بود (جدول ۶). افزایش وزن هزار دانه با توجه به افزایش طول پر شدن دانه در سطوح تیمار بدون تنش S_1 قابل توجیه می‌باشد؛ محققینی نظیر غلامحسینی و همکاران (Gholiezhad et al, 2009) و امیدی اردلی و همکاران (Omidi Ardali et al, 2011) نیز کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش کم آبی در آفتابگردان را گزارش کردند. بیشترین و کمترین تعداد دانه در طبق و همچنین قطر طبق به‌ترتیب مربوط به تیمارهای S_1F_4 و S_3F_1 بود. در تمامی سطوح تنش کم آبی مورد مطالعه، با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست مصرفی، تعداد دانه بر طبق و قطر طبق افزایش یافت (جدول ۶).

تشدید تنش کم آبی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد، به‌طوری‌که در سطوح دوم و سوم تنش کم‌آبی، عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب با کاهش ۲۰ و ۴۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد مواجه شد. در همین راستا الهدادی و همکاران (Alahdadi et al., 2011) کاهش عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش آبی در هیبریدهای آفتابگردان گزارش نمودند. در شرایط تنش بیشترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در تیمار تغذیه تلفیقی F_4 (تیمارهای S_2F_4 و S_3F_4) مشاهده شد.

یکی از معیارهای مورد ارزیابی در سرمایه‌گذاری گیاهان زراعی در اندام‌های اقتصادی، شاخص برداشت می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده کاهش شاخص برداشت با افزایش شدت تنش بود (جدول ۷). نتایج فررز و همکاران (Fereres et al., 1986) نشان داد که تنش کمبود آب سبب کاهش شاخص برداشت در تمام ژنوتیپ‌های آفتابگردان شد و علت آن کاهش تعداد دانه در طبق و قطر طبق و افزایش پوکی دانه اعلام گردید، اما فانت و همکاران (Flenet et al., 1996) نتایجی متفاوت بدست آورند و بیان نمودند که اعمال تنش خشکی در سرتاسر دوره رشد آفتابگردان تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت این گیاه نداشت. بیشترین شاخص برداشت در سیستم تغذیه-ی تلفیقی مربوط به سطح F_4 بود که از نظر آماری اختلاف معنی-داری با F_3 نداشتند (جدول ۷)؛ که این امر ممکن است به دلیل عملکرد بالاتر این دو تیمار نسبت به تیمارهای دیگر باشد، چون بنا به تعریف شاخص برداشت نشان‌دهنده مقدار مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به اندام اقتصادی گیاه نسبت به کل مواد تولیدی ذخیره شده در طول دوره رشد و نمو است.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش کم آبی و تغذیه تلیقی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of nutrition and water stress on some quantitative and qualitative characteristics of sunflower

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Percentage of oil	درصد پروتئین Percentage of protein	شاخص برداشت harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق The number of seeds per head	کلروفیل a chlorophyll a	کلروفیل b chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Proline
تکرار Repeat	2	10170.32^{ns}	0.0175^{ns}	9361.73*	0.002^{ns}	0.05^{ns}	0.194^{ns}	14389.7^{ns}	0.06^{ns}	401.083*	0.0061^{ns}	0.0074^{ns}	0.094*	5.298*
تنش کم آبی Water Stress (S)	2	17962164.25**	533.66**	3480600.83**	489.60**	643.62**	2324.78**	67678802.3**	222.77**	744024.58**	3.778**	0.82**	7.46**	2148.21**
تغذیه تلفیقی Integrated Fertilizer (F)	3	1452846.89**	63.28**	326336.96**	21.70**	11.73**	64.67**	4382471.2**	16.98**	54302.22**	0.13**	0.009^{ns}	0.16**	7.83**
S × F	6	91435.81**	1.06**	60406.58**	0.63**	2.26**	2.26^{ns}	473921.30**	0.62**	16383.88**	0.02^{ns}	0.016^{ns}	0.014^{ns}	20.75**
خطا Error	22	8132.79	0.09	4881.31	0.01	0.11	1.23	29406.0	0.16	40.33	0.0038	0.0040	0.0044	0.164
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		7.18	5.50	7.72	2.36	1.203	13.05	11.88	9.48	10.68	4.28	5.40	3.49	2.37

ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns= Non significant; * = Significant at 5% and ** = Significant at 1% .

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و تغذیه تلفیق بر برخی خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان

Table 6- Mean comparison for the interaction effect of water stress and integrared nutrition on some qualitative characteriatics of sunflower

تنش کم آبی (بر اساس ظرفیت زراعی) Water stress (based on % field capacity)	تغذیه تلفیقی Integrared nutrition	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم برهکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	قطر طبق (سانتی‌متر) Head diameter (cm)	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	روغن دانه (درصد) Seed oil (%)	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم برهکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	پرولین (میلی-گرم بر گرم) Proline ($mg.g^{-1}$)
50	F_1	19.23^{i*}	12574.9^{a}	18.92^{c}	1028^{d}	62.43^{c}	3776^{d*}	32.17^{d}	1053.22^{c}	8.91^{i}
	F_2	19.54^{hi}	11945.9^{b}	18.85^{c}	1147.67^{c}	64.56^{b}	4049^{c}	32.47^{c}	1331.68^{b}	9.85^{i}
	F_3	19.90^{hi}	10739.5^{c}	19.90^{b}	1311.33^{b}	67.93^{a}	4249^{b}	35.25^{b}	1674.01^{a}	11.31^{h}
	F_4	20.17^{h}	10714.9^{c}	20.92^{a}	1360.67^{a}	69.37^{a}	4565^{a}	36.17^{a}	1832.22^{a}	13.07^{g}
60	F_1	27.07^{g}	9735.9^{e}	14.34^{f}	706^{g}	48.73^{fg}	2373^{g}	29.86^{f}	688.75^{e}	20.13^{f}
	F_2	27.56^{g}	9735.9^{e}	14.60^{ef}	727.67^{fg}	49.93^{f}	2594^{fg}	29.16^{g}	756.6^{ed}	18.37^{f}
	F_3	30.19^{f}	9845.5^{d}	15.77^{de}	763.33^{ef}	52.67^{e}	2907^{f}	31.54^{e}	917.05^{cd}	14.85^{e}
	F_4	31.0^{e}	9843.9^{d}	16.23^{d}	781^{e}	55.63^{d}	3145^{e}	31.95^{d}	1004.8^{c}	15.24^{d}
70	F_1	33.85^{c}	6031.7^{h}	11.12^{i}	623^{j}	38.57^{j}	1682^{j}	20.45^{j}	316.68^{h}	32.97^{a}
	F_2	32.66^{d}	6375.9^{gh}	11.56^{hi}	664^{ij}	40.13^{i}	1800^{j}	20.60^{j}	357^{gh}	31.33^{b}
	F_3	34.67^{b}	6742.3^{g}	12.05^{h}	673.33^{i}	45.83^{h}	2113^{i}	22.28^{i}	441.22^{fg}	29.05^{c}
	F_4	35.50^{a}	7823.6^{f}	12.86^{g}	658.33^{h}	47.53^{g}	2271^{h}	23.29^{h}	490.25^{f}	28.27^{c}

*میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

*Mean with the same letters in each column by LSD test at 1% are not significantly different.

F_1: ۱۰۰٪ اوره+ ۱۷۵٪ زئولیت، F_2: ۲۵٪ ورمی‌کمپوست + ۷۵٪ اوره + ۱۵۰٪زئولیت، F_3: ۵۰٪ ورمی‌کمپوست + ۵۰٪ اوره + ۱۲۵٪ زئولیت و F_4: ۷۵٪ ورمی‌کمپوست + ۲۵٪ اوره + ۱۰۰٪ زئولیت.

F_1: 100% urea+ 175% zeolite, F_2: 25% vermicompost + 75% urea + 150% zeolite, F_3: 50% vermicompost + 50% urea + 125% zeolite and F_4: 75% vermicompost + 25% urea + 100% zeolite.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده تنش کم آبی و تغذیه تلفیقی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان

Table 7- Maean comparisons for the simple effects of water deficit and integrated nutrition fertilizer on some quantitative and qualitative characteristics of sunflower.

تیمارها Treatment		کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم بافت تازه) Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم بافت تازه) chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم بافت تازه) chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	عملکرد پروتیئن (درصد) Protein yield (%)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
تنش کم آبی (بر اساس ظرفیت زراعی) Water deficit (based on % field capacity)	50	2.65^{a*}	0.64^{a}	1.92^{a}	849.34^{a}	51.5^{a*}
	60	1.95^{b}	0.33^{b}	1.62^{b}	797.79^{a}	33^{b}
	70	1.08^{c}	0.23^{c}	0.83^{c}	631.04^{b}	24.16^{c}
تغذیه تلفیقی Integrared nutrition	F_1	1.73^{d}	0.40^{a}	1.30^{c}	592.50^{d}	33.44^{b}
	F_2	1.84^{c}	0.38^{a}	1.43^{b}	694.14^{c}	34.44^{b}
	F_3	1.94^{b}	0.37^{a}	1.52^{a}	836.46^{b}	38.11^{a}
	F_4	2.05^{a}	0.37^{a}	1.57^{a}	914.45^{a}	33.88^{a}

*میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و برای هر جزء بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

*Mean with the same letters in each column and for each component, by LSD test at 1% are not significantly different.

F_1: ۱۰۰٪ اوره+ ۱۷۵٪ زئولیت، F_2: ۲۵٪ ورمی‌کمپوست + ۷۵٪ اوره + ۱۵۰٪زئولیت، F_3: ۵۰٪ ورمی‌کمپوست + ۵۰٪ اوره + ۱۲۵٪ زئولیت و F_4: ۷۵٪ ورمی‌کمپوست + ۲۵٪ اوره + ۱۰۰٪ زئولیت.

F_1: 100% urea+ 175% zeolite, F_2: 25% vermicompost + 75% urea + 150% zeolite, F_3: 50% vermicompost + 50% urea + 125% zeolite and F_4: 75% vermicompost + 25% urea + 100% zeolite.

درصد پروتئین دانه

اثرات متقابل تنش کم‌آبی و تغذیه تلفیقی بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین مقدار پروتئین دانه مربوط به تیمار S_3F_4 (۳۵/۵۰ درصد) و کمترین مقدار آن (۱۹/۲۳ درصد) مربوط به تیمار S_1F_1 بود. تنش خشکی باعث افزایش پروتئین دانه آفتابگران شد (جدول ۶)، که این امر احتمالاًبه دلیل افزایش پرولین در شرایط تنش رخ داد، در همین راستا امیدی اردلی و بحرانی (Omidi Ardali & Bahrani, 2011) افزایش پروتئین در شرایط تنش در آفتابگردان را گزارش‌کردند. در تیمارهای سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای مشاهده شد که در هر سه سطح تنش بیشترین مقدار پروتئین، مربوط به تیمار تغذیه‌ای F_4 بودکه شاید بتوان دلیل این امر را دسترسی بیشتر نیتروژن تیمار ذکر شده به دلیل رها سازی مداوم نیتروژن از منبع کود آلی دانست، در این راستا کرامر و همکاران (Kramer et al., 2002) دریافتند با وجود این‌که کل نیتروژن جذب شده در سیستم ارگانیک‌کمتر از سیستم شیمیایی است ولی رهاسازی مداوم نیتروژن از منبع‌آلی باعث شده جذب نیتروژن از آن تداوم بیشتری نسبت به‌کود شیمیایی داشته‌باشد و در نتیجه همزمانی بهتری بین سرعت جذب و میزان نیتروژن قابل دسترس وجود داشته باشد.

درصد روغن و عملکرد روغن دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر متقابل تنش‌کم آبی و تغذیه تلفیقی در سطح احتمال یک درصد بر دو فاکتور درصد و عملکرد روغن دانه معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین درصد روغن (۳۶/۱۷) و عملکرد روغن (۱۸۳۲/۲۲) در تیمار S_1F_4 وکمترین آن‌ها در تیمارهای S_3F_1 (درصد روغن ۲۰/۴۵ عملکرد روغن ۳۱۶/۶۸) و S_3F_2 (درصد روغن ۲۰/۶۰ عملکرد روغن ۳۵۷) که از نظر آماری اختلاف معنی-داری با هم نداشتند مشاهده شد. تنش‌کم آبی سبب‌کاهش درصد و عملکرد روغن دانه آفتابگردان شد (جدول ۶). بررسی اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای نشان داد که تیمار کودی F_4 در تمام سطوح تنش بیشترین درصد روغن و عملکرد روغن را سبب شد، به بیان دیگر با افزایش کود آلی ورمی‌کمپوست و کاهش کود شیمیایی اوره و میزان توصیه‌شده ماده معدنی زئولیت، می‌توان باعث افزایش درصد روغن در شرایط تنش کم آبی در گیاه آفتابگردان رقم فرخ شد. شاید بتوان

دلیل کاهش درصد روغن در شرایط تنش خشکی را تسریع در رسیدگی که عاملی است برای فرار گیاه از خشکی توجیه کرد (Kafi & Mahdavi, 2000)، زیرا تسریع در رسیدگی فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه را از گیاه سلب می‌کند، بنابراین، درصد روغن کاهش خواهد یافت. در همین خصوص، میرآخوری و همکاران (Mirakhori et al., 2009) به نتایج مشابه ای در گیاه سویا (*Glycine max* L.) و سیه جانی و همکاران (Seyahjani et al., 2010) در گیاه آفتابگردان دست یافتند.

کلروفیل

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تنش کم آبی و تغذیه تلفیقی بر کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل تنش × تغذیه‌ی تلفیقی از این نظر معنی‌دار نشد و تنها اثر ساده تنش کم آبی بر کلروفیل b معنی‌دارشد (جدول ۵). تنش کم آبی سبب کاهش کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود (جدول ۷) بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل مربوط به تیمار S_1 و کمترین آن‌ها مربوط به تیمار S_3 بود. کاهش میزان کلروفیل‌ها در اثر تنش خشکی، احتمال دارد به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث اکسیداسیون و در نتیجه تجزیه و کاهش مقدار این کلروفیل‌ها می‌گردد (Schutz & Fangmeir, 2001). در همین راستا اُراکی و همکاران (Oraki et al., 2012) با اعمال تنش بر هیبریدهای آفتابگردان گزارش کردند که اعمال تنش کم آبی (رژیم‌های آبیاری شامل: آبیاری بعد از ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) سبب کاهش کلروفیل a و افزایش کلروفیل b در تمام هیبریدها شد. همچنین جلیلیان (Jalilian, 2009) مشاهده نمود که اعمال تنش (آبیاری در ۸۵ ، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه) سبب کاهش کلروفیل a، b و کل در گیاه آفتابگردان شد. یکی از دلایل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی افزایش میزان پرولین می‌باشد، یعنی با افزایش میزان پرولین از میزان کلروفیل کاسته می‌شود. چرا که گلوتامات پیش ماده مشترک سنتز کلروفیل و پرولین می‌باشد و چون در شرایط تنش خشکی سنتز پرولین افزایش می‌یابد، از میزان کلروفیل کاسته می‌شود (Kafi & Mahdavi Damghani, 2000).

مقایسه میانگین‌های اثر ساده سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای بر روی کلروفیل a و کلروفیل کل نشان داد که بیشترین و کمترین کلروفیل a و کلروفیل کل به ترتیب در تیمارهای F_4 و F_1 بدست آمد (جدول ۷).

پرولین

پرولین در شرایط تنش در برگ‌ها ساخته می‌شود و از آن‌جا به بافت‌های مریستمی برای حفاظت و ایجاد تنظیم اسمزی در بافت‌های در حال رشد منتقل می‌گردد. پرولین به‌طور کلی از دو مسیر عمده ساخته می‌شود. مسیرگلوتامات‌که آنزیم‌های آن در سیتوپلاسم قرار دارند و مسیر اورنتین که آنزیم‌های آن در میتوکندری واقع هستند. مسیر گلوتامات در گیاهان آلی اهمیت بیشتری دارد (Haydari Sharif Abad, 2000) اثرات ساده تنش کم آبی، سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر میزان پرولین معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین مقدار پرولین مربوط به تیمار S_3F_1 و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار S_1F_1 بود (جدول ۶). محققین دیگری (Akhondi et al., 2006; Oraki et al., 2012) تجمع پرولین را در شرایط تنش کم آبی را در گیاهان آفتابگردان و یونجه (*Medicago sativa* L.) گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

بیشترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان رقم فرخ در شرایط تنش کم آبی (S_2 و S_3) در سطح F_4 تغذیه تلفیقی مشاهده شد و همچنین بیشترین میزان درصد روغن و عملکرد روغن در شرایط بدون تنش (S_1) در سطح F_4 حاصل گردید، بیشترین میزان درصد پروتئین دانه مربوط به تیمار S_3F_4 بود. بنابر نتایج ذکر شده، می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از ترکیب کود آلی (ورمی-کمپوست)، کود شیمیایی (اوره) و ماده معدنی زئولیت (کلینوپتیلولیت) به‌طوری‌که ورمی‌کمپوست ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز آفتابگردان و اوره ۲۵ درصد نیتروژن مورد نیاز آفتابگردان رقم فرخ را تأمین کند، به همراه کاربرد ۹ تن زئولیت در هکتار می‌توان اثرات نامطلوب تنش کم‌آبی را تا حدی تقلیل داد. با توجه به بحران آب در کشور و به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتراته که سبب آلودگی و تخریب محیط‌زیست می شود، ترکیب تغذیه‌ای فوق

می‌تواند مدنظر گرفته شود.

منابع

Abdoli, M.A., and Roshani, M.R. 2007. Vermicompost (Design, Build and Implementation). Tehran University Press. Tehran, Iran 252 pp. (In Persian)

Aghaalikhani, M., and Ghooshchi, F. 2005.Experimental Plant Ecology. Public by Islamic Azad University Varamin-Pishva Branch 217 pp. (In Persian)

Ahmadi, M., and Bahrani, M.J. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 5(6): 755-761.

Akhondi, M., Safarnejad, M., and Lahouti, M. 2006. Effect of drough stress on proline accumulation and mineral nutrients changes in Alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop Production and Processing 10(1): 165-175. (In Persian with English Summary)

Alahdadi, I., Oraki, H., and Parhizkar Khajani, F. 2011. Effect of water stress on yield and yield components of sunflower hybrids. African Journal of Biotechnology 10(34): 6504-6509

Alizadeh, A. 2007. Principles Applied Hydrology. Thirteenth Edition. Publication Astan Quds Razavi, Mashhad, Iran 807 pp. (In Persian)

Aliyari, H, and Shekary, F. 2000. Oilseed Crops and Physiology. First Edition. Publications of Hamidi Tabriz, Tabriz, Iran 182 pp. (In Persian)

Erdem, T.Y., Erdem, A., Orta, H., and Okursoy, H. 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annus* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 11-20.

Fereres, W., Gimenez, C., and Femandez, J.M. 1986. Genetic variability in sunflower cultivrs under drought, yield relation ships. Australian Journal of Agricultural Research 37: 573-582.

Flenet, F., Bouniols, A., and Saraiva, C. 1996. Sunflower response to a range of soil water contents. European Journal of Agronomy 5: 161-167.

Gholamhoseini, M., Ghalavand, S.A., Modarres Sanavy, M.A., and Jamshidi, E. 2007 Effect of zeolite compost application in loamy sand field on grain yield and other traits of sunflower. Environmental Sciences. 5(1): 23-36 (In Persian with English Summary)

Gholiezhad, A., Aeenehband, A., Hasanzade Ghorttappe, A., Barnoosi, A., and Rezaei, H. 2009. Effects of water stress on nitrogen levels and plant density on yield, harvest index and yield components of sunflower varieties air flowr address. Journal of Plant Production 16(3): 27-1

Haydari Sharif Abad, H. 2000. Plants, Dry and Droughts. Print Droughts. Publication Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran 171 pp. (In Persian)

Heyderianpour, M.B., Sameni, A.M., Sheikhi, J., Karimian, N., and Zarei, M. 2012. Effect of vermicompost and nitrogen on growth, concentration, and uptake of nutrients in sunflower. Environmental Engineering and Management Journal. 7(5): 547-558.

Jalilian, J. 2009. Effects of biofertilizer (*Azotobacter* & *Azospirillum*) and different levels of nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of sunflower inwater deficit stress condition. PhD dissertation. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2000. Mechanisms of Resistance of Plants to Environmental Stresses. Compilation A.S. Bra, R.K, Bra. Mashhad University Press, Mashhad, Iran 467 pp. (In Persian)

Kazemian, H. 2005. Introduction to Zeolites, Magic Minerals. First Edition. Publication of Heaven, Tehran, Iran 100 pp. (In Persian)

Khaje poor, M.R. 2006. Industrial Plants. Second Edition. Isfahan University Jihad Publishing, Isfahan, Iran 564 pp (In Persian)

Khodaei Joghan, A. 2010. Influence of organic, chemical and integrative nutrition methods amended by zeolite on qualitative and quantitative yield of wheat. Master dissertation. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashemi Desfoli, A. 2000. Sustainable Agriculture, University Press of Mashhad. 164

pp. (In Persian)

Kramer, A.W., Timothy, A.D., Horwath, W.R., and Kessel, C.V. 2002. Combining fertilizer and organic input to synchronize N supply in alternative cropping systems of California. Agriculture, Ecosystems and Environment 91: 233-243.

Mirakhori, M., Paknezhad, F., Ardakani, M., Pakzi, A.R., Nazeri, P. 2009. To evaluate the effect of methanol and water stress on yield, protein and oil, soybean grain filling rate and duration (L17). Journal of Agricultural Sciences Environmental Stress 2(2): 183-171. (In Persian with English Summary)

Mobasser, H.R., and Tavassoli, A. 2013. Effect of water stress on quantitative and qualitative characteristics of yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Novel Applied Sciences 2(9): 299-302. (In Persian)

Omidi Ardali, G, and Bahrani, M.J. 2011. Effects of water stress, nitrogen levels and application times on yield and yield components of sunflower at different growth stages. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 5: 207-199. (In Persian with English Summary)

Oraki, H., Khajani, F.P., and Aghaalikhana, M. 2012. Effect of water deficit stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and grain yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. African Journal of Biotechnology 11(1): 164-168.

Schutz, M., and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution 114: 187-194.

Seyahjani, A.E., Farhvash, F., Khorshidi Benam, M.B., and Sadeghi, A. 2010. Studying the effect of drought stress on yield and yield components of three sunflower cultivars. Environmental Stresses in Crop Sciences 3(1): 59-68. (In Persian with English Summary)

Talebi Kasvaei, 2012. F.S. Effect of different nutrition systems using zeoponix and urea on yield and quality of Sunflower under redroot pigweed competition condition. Master dissertation. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Yousefvand, P., Sajedi, N., and Mirzakhani, M. 2011. The effects of drought, taking zeolite and selenium on yield and yield components of sunflower. New Findings in Agriculture 3: 325-339. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 81-93

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۹۳-۸۱

Reducing the Effects of Water Stress using Vermicompost and Mineral Zeolite in Sunflower (*Helianthus annus* L.)

H. Tahramooz[1] and A. Ghalavand[2*]

Submitted: 25-11-2015
Accepted: 15-06-2016

Tahramooz, H., and Ghalavand, A. 2018. Reducing the effects of water stress using vermicompost and mineral zeolite in Sunflower (*Helianthus annus* L.). Journal of Agroecology 10(1): 81-93.

Introduction

The population of developing countries is dramatically increasing, thus acute food supply challenges are threatening them in case of quality and quantity. One of the successful strategies for improving agricultural production and food supply is to preserve, maintain, and enrich the soil .Iran has an arid and semi-arid climate with an average rainfall of 240 mm per year, so improving water use efficiency and reducing the effects of water stress can help farmers increase their agricultural products. Another serious problem of Iranian agricultural system is the widespread application of chemical fertilizers in the recent decades, which has caused soil degradation and environmental pollution. Therefore, by addressing these two concerns, this research was to evaluate the possibility of reducing the unpleasant effects of water stress on sunflower using organic fertilizers of Vermicompost and Mineral Zeolite (Clinoptilolite).

Materials and Methods

This study was conducted at the agricultural research farm of Tarbiat Modares University in Tehran, Iran (lattitude: 35° 44´N and longitude: 51° 10´E) during the growing season of 2010 to 2011. The factorial arrangement was done on Randomized complete block design (RCBD) with three replications. The main-plot factors were different nutritional systems, such as, F1(0% vermicompost + 100% chemical (urea)+ 175% zeolite), F2 (25% vermicompost + 75% chemical (urea) + 150% zeolite), F3(50% vermicompost + 50% chemical (urea) + 125% zeolite), F4(75% vermicompost + 25% chemical + 100% zeolite); and sub-plot factors were deficit irrigation at three levels including control treatment (S1): 50% moisture depletion/moisture content (or, 50% FC), (S2): 60% moisture content (or, 40% FC) and (S3): 70% moisture content (or, 30% FC).

All the experimental plots were irrigated equally until the R4 phase. Irrigation regimes was set after R4 based on soil moisture reduction measured with a TDR device models trime_FM, and for more accurate results, a gravimetric soil moisture was used too. Chlorophyll extraction was performed by Arnon's (1949) standard method and was read with a spectrophotometer model (GBC-Cintra 6- Australia), at wavelengths of 663 and 645 nm. The proline content was extracted with Bates' (1973) method and was read with a spectrophotometer at a wavelength of 520 nm. The protein content was measured using the standard Kjeldahl (1883) method. Also, seed oil content was measured using Soxhlet (Model No SCMS-F100-6H), and oil yield was calculated by multiplying the seed oil content in grain yield. Data were recorded in Microsoft Excel ver. 2010 and statistical analysis was done with SAS ver. 9.1 software. Means compared using LSD at the 1% probability level.

Results and Discussion

ANOVA (Analysis of Variance) results showed that the effect of stress/deficit irrigation, nutritional systems and their interactions were significant ($P<0.01$) on grain yield, thousand grain weight, number of seeds per head, head diameter, biological yield, oil content, oil yield and proline content. Also the simple effects of both water stress and fertilizers application were significant on harvest index, chlorophyll a and total chlorophyll content. This is while in Chlorophyll b only the effect of water stress was significant (Table 5).

Drought stress reduced yield, yield components, oil percentage, oil yield, chlorophyll a and b and total chlorophyll; but increased proline and percentage of protein. The F4 fertilizer treatment had the highest grain yield, thousand grain weight, head diameter, number of seeds per head, oil content and oil yield in stress conditions (Table 6).

1 and 2- MSc student in Cultivation and Associate Professor, Department of Cultivation, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Ghalavand_a@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.50765

Conclusion

Since the highest yield, yield components, oil content and oil yield under water stress treatments (S2 and S3) were observed in the F4 nutritional treatment, it is therefore suggested that a combination of organic fertilizers (vermicompost), chemical fertilizer (urea) and mineral zeolite (clinoptilolite) can supply the required nitrogen for sunflower and reduce the undesirable effects of water stress. Based on the recent water crisis in Iran, the consumption of fertilizers, particularly nitrate fertilizers that cause environmental pollution and degradation, should be substituted with ecological friendly and cost effective nutritional mixtures which meanwhile meet the plant's needs. The nutritional composition suggested in this research can be considered in this way.

Keywords: Chlorophyll, Oil percentage, Proline, Sunflower, Yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۰۶-۹۴

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 94-106

اثر تراکم بوته و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.)

ابوالفضل توسلی[۱]، طاهره موسوی[۲]، عیسی پیری[۳] و مهدی بابائیان[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۹

توسلی، ۱.، موسوی، ط.، پیری، ع.، و بابائیان، م. ۱۳۹۷. اثر تراکم بوته و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکردکلزا (*Brassica napus* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۰۶-۹۴.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته و کنترل علف‌های‌هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان یکی از گیاهان دانه روغنی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در روستای دولت آباد از توابع شهرستان زابل در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از کنترل علف‌های هرز در دو سطح W_1: کنترل و W_2: عدم کنترل به‌عنوان عامل اول و تراکم‌های مختلف کلزا شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ بوته در مترمربع به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار کنترل علف‌هرز تنها بر روی صفات تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه و عملکرد روغن معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بالاترین مقدار تمامی صفات مذکور از تیمار کنترل علف‌های هرز به‌دست آمد. در بین تراکم‌های مختلف کلزا نیز بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن از تراکم‌های پایین بوته (۵۰ و ۷۵ بوته در مترمربع) حاصل شد و تراکم‌های بالاتر از ۷۵ بوته در مترمربع منجر به افزایش ارتفاع گیاه و عملکرد علوفه خشک کلزا گردید. همچنین تراکم‌های بالای کلزا به‌شدت منجر به کاهش بیوماس علف‌هرز می‌شود. مطالعه ضریب همبستگی برای گیاه کلزا نشان داد که عملکرد علوفه و دانه کلزا با تمام صفات مورد بررسی در این آزمایش همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: رقابت، گیاه روغنی، وجین

مقدمه

در بین گیاهان زراعی، گیاهان تولیدکننده روغن و از جمله کلزا (*Brassica napus* L.) نقش بسزایی در تولید روغن کشور دارند. روغن به‌عنوان یکی از منابع اصلی تأمین غذا و انرژی، نقش ارزنده‌ای در تغذیه انسان دارد. دانه‌های روغنی به‌عنوان تنها منبع تأمین‌کننده اسیدهای چرب اشباع شده نقش مهمی در سلامت جامعه ایفا می‌کنند. در مناطق و یا فصولی که دمای بالا همراه با تشعشع زیاد باشد، درصورتی‌که کمبود آب و مواد غذایی همراه باشد، امکان دستیابی به عملکردهای بالا وجود دارد و این رهیافتی مهم و کاربردی برای آینده کشاورزی در مناطق نیمه‌خشک می‌باشد (Shahraki, 2011). با توجه به روند روز افزون رشد جمعیت و مصرف بیش از حد روغن و با در نظرگرفتن حداقل مصرف سرانه روغن، کمبود شدید روغن در ایران امری بدیهی است که جبران این کمبود شدید از دو راه امکان‌پذیر است. یکی افزایش سطح زیر کشت و دیگری افزایش عملکرد گیاهان روغنی در واحد سطح می‌باشد (Khajehpour, 2012).

تراکم مطلوب گیاه زراعی در واحد سطح به عنوان یک عامل زراعی مهم برای بهره‌مندی حداکثر گیاهان از منابع رشد محیطی در طی فصل زراعی حائز اهمیت است و از عوامل ضروری برای دستیابی به حداکثر عملکرد گیاهان به‌شمار می‌رود که از منطقه‌ای به منطقه دیگر و بر حسب نوع رقم می‌تواند متفاوت باشد (Zabarjadi &

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، مرکز زاهدان، دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، مرکز زاهدان، دانشیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، مرکز زاهدان و استادیار، گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان
(*- نویسنده مسئول: (Email: mahdibbn@gmail.com
DOI:10.22067/jag.v10i1.52996

Ghobadi, 2009). مطابق با تحقیقات در این زمینه، لانسیت و همکاران (Laansite et al., 2008) گزارش کردند که عملکرد دانه کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر افزایش تراکم بوته قرار دارد. آن‌ها همچنین نشان دادند که افزایش تراکم بوته در واحد سطح سبب کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در بوته شد و تعداد خورجین‌ها در واحد سطح مهمترین شاخصی بود که افزایش یافت. پژوهش‌های متعدد نشان داده است که تراکم کاشت بهینه اثر قابل توجهی بر میزان عملکرد علوفه و دانه کلزا داشت (Zabarjadi & Ghobadi, 2009؛ Eilkaee & Emam, 2003)، اما تراکم‌های کاشت بسیار بالا نیز اگرچه شیوع علف‌هرز در مزرعه را به شدت کاهش داد (Yaghoubi & Aghaalikhani, 2011)، ولی تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف در هر بوته نیز به شدت کاهش یافت که نتیجه آن کاهش عملکرد دانه هر بوته بود (Angadi et al., 2003).

پدیده رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز در سیستم‌های زراعی فرآیند بسیار پیچیده‌ای است، زیرا عوامل بسیاری در ایجاد و پیامدهای آن دخالت دارند (Soleimani et al., 2010). از عوامل مهم دیگر در بهبود عملکرد گیاه زراعی، کنترل و مدیریت مطلوب علف‌های‌هرز است. برآورد شده است که میزان خسارت علف‌هرز در مزارع کلزا در صورت عدم مدیریت حد و یک سوم محصول است (Yaghoubi & Aghaalikhani, 2011).

مدیریت مناسب علف‌هرز و تعیین تراکم مناسب بوته در مترمربع برای بهره‌مندی مطلوب کلزا از عوامل محیطی و نهاده‌های زراعی در راستای افزایش عملکرد محصول و ارتقاء کیفیت روغن دانه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، این تحقیق با هدف تعیین بهترین تراکم به منظور به‌دست آمدن حداکثر عملکرد کمی و کیفی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور مطالعه خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک کلزا در تراکم‌های مختلف کاشت و تعیین تراکم بهینه در روستای دولت آباد واقع در جنوب شهرستان زابل در سال زراعی۹۲-۱۳۹۱ با طول جغرافیای ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۷ متر از سطح دریا که طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم گرم و خشک می‌باشد اجراء گردید.

زمین محل آزمایش یک‌سال قبل از اجرای طرح به صورت آیش بود. جهت مشخص نمودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از نقاط مختلف مزرعه نمونه‌برداری خاک انجام شد. نمونه‌های مورد نظر جهت تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Chemical and physical characteristics of experiment soil

بافت Texture	شوری (دسی‌زیمنس‌بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی درصد O.C (%)	نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم) Phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	پتاس قابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)
لوم‌شنی Sandy loam	2.14	7.03	0.38	0.42	8.72	352

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: علف‌های هرز در دو سطح W_1: کنترل و W_2: عدم کنترل، به عنون عامل اول و تراکم‌های مختلف کلزا در چهار سطح شامل D_1: ۵۰، D_2: ۷۵، D_3: ۱۰۰ و D_4: ۱۲۵ بوته در مترمربع، به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شدند. زمین محل آزمایش در اوایل پاییز قبل از کاشت تا عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر شخم و بلافاصله پس از انجام شخم، زمین دیسک زده شد. سپس با استفاده از لولر عملیات تسطیح صورت گرفت. پس از آماده‌سازی زمین، بلوک‌بندی و طراحی نقشه طرح زمین اجرا شد. هر بلوک شامل هشت کرت، مساحت هرکرت چهار متر مربع و در هرکرت چهار ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی-متر و طول چهار متر قرار داشت. فواصل کرت‌ها از یکدیگر ۱۲۰

سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس ازکرت‌بندی زمین و قبل از کاشت کود شیمیایی شامل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتارکود سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره به کرت‌های آزمایشی اضافه شدند. کل کودهای فسفره و پتاسه در زمان کاشت مصرف شد. کود اوره نیز در سه قسمت مصرف شد. یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در زمان طویل شدن ساقه و یک سوم در زمان گل‌دهی کلزا هر بار به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت نواری پای بوته‌ها داخل شیاری به کرت‌های آزمایشی اضافه شدند.

برای تنظیم و رسیدن به تراکم مطلوب فاصله بوته‌ها بر روی ردیف به‌ترتیب ۳/۲، ۴، ۵/۳۵ و ۸ سانتی‌متر بود. بذور کلزا مورد استفاده رقم Hyola 308 با درجه خلوص ۹۹ درصد از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان تهیه گردید. بذرها قبل از کاشت برای سهولت جوانه‌زنی به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شد. سپس کاشت بذور در عمق سه سانتی‌متری و به‌صورت ردیفی به روش هیرم‌کاری در تاریخ اول آبان ماه ۱۳۹۱ انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت. فواصل آبیاری هر ۱۲ روز یک-بار انجام شد. به‌طوری‌که در هر بار آبیاری رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی رسید. بعد از سبز شدن عملیات تنک کردن در دو مرحله، یکی در مرحله ۴-۳ برگی و دیگری در مرحله خروج از روزت به منظور تراکم نهایی صورت گرفت. همچنین در طی دوران رشد و نمو، عملیات وجین و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در سه مرحله مصادف با شروع ساقه‌دهی، انشعابات ساقه اولیه و آغاز گلدهی تنها برای تیمارهای کنترل علف‌های هرز صورت پذیرفت. آفات و بیماری خاصی نیز در طول دوره رشد در مزرعه مشاهده نشد. برداشت کلزا در زمان رسیدگی کامل فیزیولوژیکی دانه‌ها با استفاده از نیروی کارگری و توسط داس در ۱۶ اردیبهشت ۱۳۹۲ انجام گرفت. صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه، زیست‌توده علف-هرز، درصد و عملکرد روغن مورد بررسی قرار گرفت.

جهت استخراج روغن ۱۰ گرم بذر توسط آسیاب خرد شد و در دستگاه سوکسله قرار داده شد، سپس به آن۳۰۰ سی‌سی بنزن اضافه شد. فرآیند روغن‌گیری در مدت ۳-۲ ساعت انجام گرفت. در نهایت، جهت جدا نمودن حلال از روغن استخراج شده، مخلوط هر دو به مدت ۲۰ دقیقه در روتاری قرار داده شد. سپس ظرف حاوی روغن را به مدت ۴۸ ساعت در مکانی تاریک و خنک جهت خارج شدن بقایای حلال قرار گرفت. در نهایت، میزان روغن استخراج شده وزن و سپس درصد روغن محاسبه شد. از حاصل‌ضرب درصد روغن با عملکرد دانه، عملکرد روغن نیز محاسبه شد (Laansite et al., 2008).

در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و نمودارها با نرم‌افزار Excel 2007 ترسیم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که ارتفاع گیاه در انتهای فصل رشد، در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر تراکم بوته قرار گرفت اما اثر کنترل علف‌هرز و اثر متقابل علف‌هرز و تراکم بر این صفت معنی‌دار نبود. مشاهده شد که با افزایش تراکم کاشت، ارتفاع بوته روند صعودی پیدا کرد (جدول ۳). دانش شهرکی و همکاران (Danesh-Shahraki et al., 2008) گزارش کردند که ارتفاع بوته کلزا با افزایش تراکم افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده بیانگر افزایش رقابت بوته‌های کلزا برای بهره-مندی از فاکتورهای محیطی رشد به‌ویژه تشعشع خورشیدی در تراکم‌های بالا می‌باشد. چون در شرایط افزایش تراکم بوته، در اثر سایه‌اندازی بوته‌ها، رقابت گیاهان مجاور برای دسترسی به نور افزایش پیدا می‌کند و گیاهان اندام‌های زایشی را در قسمت فوقانی گیاه مجتمع می‌کنند که در واقع یک نوع انعطاف‌پذیری فنوتیپی محسوب می‌شود.

تعداد شاخه‌های فرعی

تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه به طور مؤثری تحت تاثیر علف‌هرز و تراکم قرار گرفت، اما اثر متقابل این دو فاکتور بر تعداد شاخه‌های فرعی کلزا معنی‌دار نبود. بیشترین تعداد شاخه فرعی از تیمار کنترل علف‌های هرز و کمترین تعداد شاخه‌های فرعی از تیمار عدم کنترل علف‌هرز حاصل شد (جدول ۳). در واقع، عدم کنترل علف‌های هرز موجب کاهش شدید فضای ممکن برای رشد گیاه کلزا شده و سبب کاهش شدید در تعداد شاخه‌های فرعی کلزا می‌شود. یعقوبی و آقاعلیخانی (Yaghoubi & Aghaalikhani, 2011) نشان دادند که

علف‌های هرز سبب کاهش تعداد شاخه‌های فرعی کلزا می‌شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه کلزا

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for plant height, No. of branches per plant, No. of capsule per plant and 1000-seed weight (g) of rapeseed

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد خورجین در بوته No. of capsule per plant	تعداد شاخه‌های فرعی No. of branches per plant	ارتفاع بوته Plant height
بلوک Block	2	0.045^{ns}	316.41^{ns}	1.1633^{ns}	0.43^{ns}
علف‌هرز Weed	1	1.203^{ns}	260.15^{ns}	1.25^{*}	5.26^{ns}
تراکم Plant density	3	0.183^{*}	581.06^{*}	1.0303^{*}	5.27^{**}
علف هرز × تراکم Plant ×Weed density	3	0.383^{ns}	426.91^{ns}	1.0722^{ns}	0.322^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	18	0.152	106.47	1.1798	0.074

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns: are significant at 5% and 1% and non-significant levels of probability, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده علف‌هرز و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 3- Mean comparison of weed and density on yield and yield components of rapeseed

تیمار Treatments	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	تعداد خورجین در بوته No. of capsule per plant	تعداد شاخه‌های فرعی No. of branches per plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
علف هرز Weed				
کنترل علف هرز Control	3.4	166.1	10.4	141.4
عدم کنترل علف هرز No control	3.1	160.8	6.1	138.6
تراکم بوته (بوته در متر مربع) Palnt density (plants.m^{-2})				
50	3.5	179.7	11.1	123.3
75	3.5	171.1	10.4	128.3
100	2.7	142.8	6.7	139.7
125	2.3	130.4	5.5	146.5
$LSD_{0.05}$	0.472	12.50	1.315	0.329

با افزایش تراکم بوته تعداد شاخه‌های فرعی کلزا کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد شاخه‌های فرعی کلزا به‌ترتیب از تراکم ۵۰ و ۱۲۵ بوته در مترمربع حاصل گردید (جدول ۳). همان‌طور که در مورد علف‌های‌هرز نیز اشاره شد کاهش شدید فضای ممکن برای رشد گیاه کلزا در تراکم‌های بالاتر سبب کاهش شدید در تعداد شاخه‌های فرعی بوته‌های کلزا می‌شود. دانش شهرکی و همکاران

(Danesh-Shahraki et al., 2008) گزارش کردند که افزایش تراکم کلزا از ۶۰ به ۱۰۰ بوته در مترمربع سبب کاهش تعداد شاخه-های فرعی کلزا می‌شود.

تعداد خورجین در بوته

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد تنها اثر تراکم‌های مختلف کلزا در مترمربع بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود، اما اثر علف-های هرز و اثر متقابل علف‌هرز و تراکم بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تراکم از تعداد خورجین در بوته کاسته شده، به‌طوری که کمترین تعداد خورجین در بوته از تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع و بیشترین مقدار آن از تیمار ۵۰ بوته در مربع به‌دست آمد، البته بین این تیمار با تیمار ۷۵ بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۳). ایلیکایی و امام (Eilikaee & Emam, 2003) گزارش کردند با افزایش تراکم، تعداد خورجین در هر بوته کلزا کاهش می‌یابد. آن‌ها اشاره کردند که رقابت برای جذب منابع و عدم تأمین مناسب عناصر غذایی برای هر بوته در تراکم‌های بالای کلزا عامل اصلی کاهش تعداد خورجین در هر بوته می‌باشد.

وزن هزار دانه

مطابق با تعداد خورجین در بوته تنها اثر تراکم‌های مختلف کلزا در مترمربع بر وزن هزار دانه در بوته معنی‌دار بود، اما اثر علف‌های هرز و اثر متقابل علف‌هرز و تراکم بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیشترین میزان وزن هزار دانه از تراکم ۵۰ بوته کلزا در مترمربع حاصل شد که البته تفاوت معنی‌دار بین این تیمار با تیمار ۷۵ بوته در مترمربع مشاهده نشد، اما در سایر تیمارها با افزایش تراکم بوته وزن هزار دانه به طور چشمگیری کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین میزان وزن هزار دانه از تیمار ۱۲۵ بوته در مترمربع ملاحظه گردید (جدول ۳). زبرجدی و قبادی (Zabarjadi & Ghobadi, 2009) گزارش کردند که در تراکم‌های بالای کلزا، توزیع منابع در بین مخازن (دانه-ها) بیشتر سبب کاهش میزان وزن هر دانه شده که در نتیجه منجر به کاهش شدید وزن هزار دانه خواهد شد.

عملکرد علوفه خشک

اثر علف‌هرز، تراکم و اثر متقابل علف‌هرز و تراکم بر عملکرد علوفه خشک کلزا معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک با میانگین ۱۱۲۳/۴کیلوگرم در هکتار از تیمار کنترل علف‌هرز و تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع حاصل شدکه تفاوت معنی-داری با سایر تیمارها نداشت. کمترین میزان علوفه خشک نیز از تیمار عدم کنترل علف‌هرز و کمترین تراکم کلزا (۵۰ بوته در مترمربع) به-دست آمد (شکل ۱ الف). عدم رقابت بین علف‌هرز و بوته‌های کلزا برای جذب منابع خصوصاً آب، نور و عناصر غذایی در تیمار کنترل علف‌هرز (Anafjeh et al., 2011) و همچنین تعداد بیشتر بوته‌های کلزا که سبب ذخیره زیست‌توده بیشتری در مترمربع در اندام‌های این گیاه در تراکم‌های بالای کلزا می‌شود سبب افزایش عملکرد علوفه خشک این گیاه در تیمار کنترل علف‌هرز و بیشترین تراکم کلزا شد (Karimian et al., 2009). نتایج حاصل از آزمایش چاب و همکاران (Chaab et al., 2009) در بررسی اثر نقش علف‌هرز و تراکم بر عملکرد ماده خشک کلزا با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد.

عملکرد دانه

علف‌هرز، تراکم و اثر متقابل این دو فاکتور بر عملکرد دانه کلزا معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد بیشترین مقدار عملکرد دانه کلزا با میانگین ۳۳۹۸/۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار کنترل علف‌هرز و تراکم ۷۵ بوته در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت و کمترین میزان عملکرد دانه کلزا نیز از تیمار عدم کنترل علف‌هرز و تراکم ۱۲۵ بوته در متر مربع به‌دست آمد (شکل ۱ ب). همچنان که قبلاً نیز گفته شد عدم رقابت برای جذب منابع به‌خصوص آب، نور و عناصر غذایی بین علف‌هرز و بوته‌های کلزا در تیمار کنترل علف‌هرز و همچنین بین خود بوته‌های کلزا در تراکم‌های بسیار بالا سبب انباشت بیشتر مواد فتوسنتزی در تیمار کنترل علف‌هرز و تراکم ۷۵ بوته در هکتار در دانه‌های کلزا شد (Anafjeh et al., 2011). به‌عنوان یک اصل کلی، همواره در تراکم‌های بیش از تراکم مطلوب، افزایش رقابت درون گونه‌ای سبب کاهش عملکرد شده و در تراکم‌های کمتر از حد مطلوب، نقصان بهره‌مندی و استفاده از امکانات محیطی نظیر نور، آب و مواد غذایی منجر به افت عملکرد محصول می‌شود (Martin & Deo, 2000).

جدول ٤-تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کنترل علف‌هرز و تراکم بوته بر صفات عملکرد اندام‌های هوایی و عملکرد دانه کلزا
Table 4- Analysis of variance (means of squares) for effect of weed control and plant density on dry forage yield, seed yield, oil percentage and oil yield of rapeseed

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield
بلوک Block	2	516.57^{ns}	0.018^{ns}	80815.43^{ns}	1074549.01^{ns}
علف‌هرز Weed	1	327.9094*	0.824 ^{ns}	11684001.58**	12886816.92**
تراکم Plant density	3	547.88**	0.996*	324852.86**	3472281.83**
علف هرز × تراکم Plant × Weed density	3	350.84*	0.501^{ns}	167626.92**	215238.97**
اشتباه آزمایشی Error	18	111.98	0.120	52346.98	1254517.88

*، ** و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد.
*, ** and ^{ns}: are significant at 5% and 1% and non-significant levels of probability, respectively.

نصراله‌زاده و همکاران (Nasrollah-Zadeh et al., 2011) بیان داشتند که در بسیاری از گیاهان، سایه‌اندازی به دلیل کاهش تشعشع نوری، ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با تعیین تراکم مناسب بوته در متر–مربع بهره‌مندی گیاه از عوامل رشد محیطی و نهاده‌های زراعی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون حاصل خواهد شد که در نهایت، عملکرد مطلوبی را به دنبال خواهد داشت (Angadi et al., 2003).

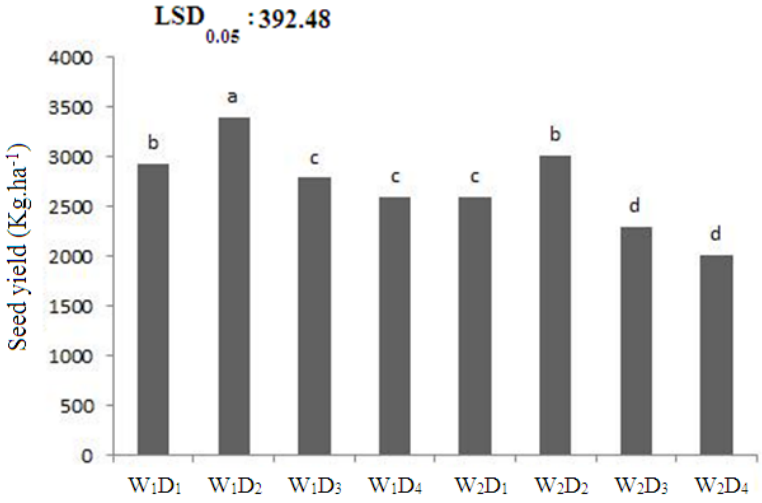
بیوماس علف‌هرز

برای اندازه‌گیری بیوماس علف‌هرز تنها فاکتور تراکم بوته مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور چهار سطح تراکم ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ بوته در مترمربع مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که تراکم بوته اثر معنی‌داری بر کنترل علف‌هرز کلزا دارد. مقایسه میانگین سطوح مختلف کودی نشان داد که کمترین بیوماس علف‌هرز با میانگین ۱۹۴/۹ کیلوگرم در هکتار از تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع حاصل شده است (شکل ۲). کاهش بیوماس علف‌هرز در این شرایط می‌تواند به دلیل اشغال فضاهای خالی توسط تعداد بیشتری از بوته‌های کلزا در این تیمار در مقایسه با سایر تیمارها باشد، به‌طوری که فضای کافی برای رشد علف‌های هرز در مزرعه باقی نماند. بیشترین میزان بیوماس علف‌هرز نیز از تیمار ۵۰ بوته در مترمربع مشاهده گردید. عنافجه و همکاران (Anafjeh et al., 2011) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته‌های کلزا، بیوماس علف‌های هرز به طور چشمگیری کاهش می‌یابد.

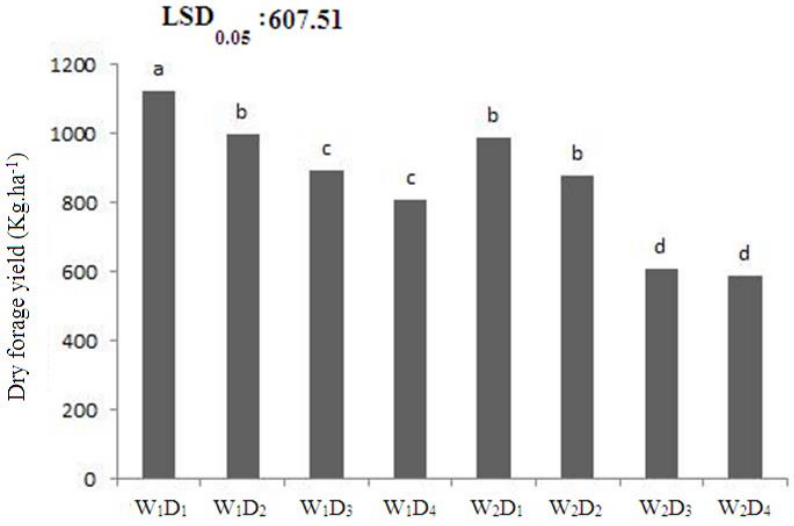
درصد روغن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های جدول ۴ نشان داد تیمار تراکم اثر معنی‌داری بر درصد روغن داشت، اما اثر تیمار علف هرز و اثر متقابل علف هرز و تراکم بر این صفت معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر تراکم‌های مختلف کلزا نشان داد که بالاترین مقدار روغن از تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بدست آمد و با افزایش تراکم از درصد روغن کلزا کاسته شده و در تراکم ۱۲۵ بوته در متر مربع پایین‌ترین درصد روغن کلزا حاصل شد (جدول ۵). از آن‌جایی که بین میزان مواد فتوسنتزی و تولید روغن دانه یک رابطه مستقیم وجود دارد. بنابراین، هر عاملی که سبب افزایش تولید مواد فتوسنتزی شود موجب افزایش درصد روغن دانه نیز خواهد شد (Karimian et al., 2009). تراکم بوته از طریق تأثیر بر نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاه بر محتوی روغن گیاه اثر می‌گذارد. با افزایش تراکم بوته در متر-مربع نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاه کاهش می‌یابد و به تناسب

کاهش نفوذ نور به طبقات و اشکوب پایینی گیاه، میزان مواد مؤثره آن (Laansite et al., 2008). نیز تحت تأثیر قرار گرفته و نقصان پیدا مـی‌کنـد



الف (a)



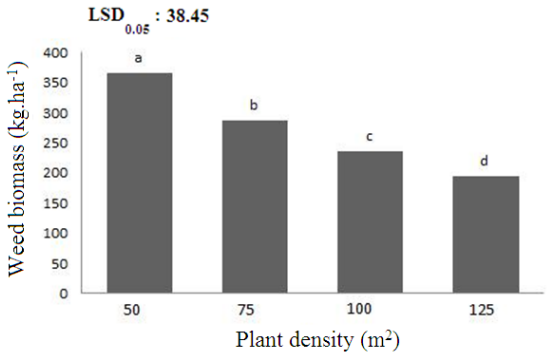
ب (b)

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل علف‌هرز و تراکم بر الف) عملکرد علوفه خشک و ب) عملکرد دانه

Fig. 1- Mean comparison of interaction effect of weed and density on a) dry forage yield and b) seed yield of rapeseed

W_1D_1: کنترل علف‌هرز و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، W_1D_2: کنترل علف‌هرز و تراکم ۷۵ بوته در متر مربع، W_1D_3: کنترل علف‌هرز و تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع، W_1D_4: کنترل علف‌هرز و تراکم ۱۲۵ بوته در متر مربع، W_2D_1: عدم کنترل علف‌هرز و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع W_2D_2: عدم کنترل علف‌هرز و تراکم ۷۵ بوته در متر مربع، W_2D_3: عدم کنترل علف‌هرز و تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع، W_2D_4: عدم کنترل علف‌هرز و تراکم ۱۲۵ بوته در متر مربع

W_1D_1: Weeding and density of 50 plants.m^{-2}, W_1D_2: Weeding and density of 75 plants.m^{-2}, W_1D_3: Weeding and density of 100 plants.m^{-2}, W_1D_4: Weeding and density of 125 plants.m^{-2}, W_2D_1: No Weeding and density of 50 plants.m^{-2}, W_2D_2: No Weeding and density of 75 plants.m^{-2}, W_2D_3: No Weeding and density of 100 plants.m^{-2}, W_2D_4: No Weeding and density of 125 plants.m^{-2}



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تراکم بوته بر بیوماس علف‌هرز در کلزا

Fig. 2- Mean comparison of plant density on weed biomass in rapeseed

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده علف‌هرز و تراکم بر درصد روغن کلزا

Table 5- Mean comparisons for simple effects of weed and plant density on oil percentage of rapeseed

علف‌هرز Weed	درصد روغن (درصد) Oil percentage (%)
کنترل علف‌هرز Weed control	
عدم کنترل علف هرز No weed control	29
تراکم بوته کلزا (بوته در متر مربع) **Pant density in rapeseed (plants.m^{-2})**	26.9
50	
75	34.4
100	32.8
125	25.3
علف‌هرز **Weed**	21
LSD $_{0.05}$	0.420

عملکرد روغن

اثر سطوح علف‌هرز، تراکم بوته و اثر متقابل علف‌هرز و تراکم بوته بر عملکرد روغن کلزا معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد روغن این گیاه از تیمار کنترل علف‌هرز و تراکم ۷۵ بوته در مترمربع حاصل شد که برابر بود با ۱۰۵۴/۸ کیلوگرم در هکتار و تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با سایر تیمارها وجود داشت. کمترین میزان عملکرد روغن کلزا برابر با ۴۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار از تیمار عدم کنترل علف‌هرز و تراکم ۱۲۵ بوته در مترمربع ملاحظه گردید (شکل ۳). از آن‌جایی که عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه حاصل می‌شود (Laansite et al., 2008) و از طرفی، همبستگی و رابطه مستقیم بین عملکرد دانه با عملکرد روغن وجود دارد (جدول ۴)، بنابراین، بالا بودن عملکرد روغن در تیمارکنترل علف‌هرز و تراکم ۷۵ بوته در مترمربع (بالاترین عملکرد دانه کلزا نیز از همین تیمار حاصل شد) قابل پیش‌بینی بود. دانش شهرکی و همکاران (Danesh-Shahraki et al., 2008) نشان دادند که بالاترین عملکرد روغن کلزا از تیماری حاصل شد که دارای بالاترین عملکرد دانه بود.

همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی کلزا

نتایج رابطه موجود بین صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کلزا در این آزمایش در جدول ۶ ارائه شده است.

نتایج این بخش نشان داد در بین اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه بیشترین میزان همبستگی را با تعداد خورجین در بوته داشت که نشان می‌دهد هر عاملی که بتواند تعداد خورجین در مترمربع را

افزایش دهد به طور مستقیم عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به این که تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش تراکم بوته و کنترل علف‌هرز می‌باشند که هر دو تیمار به‌شدت بر روی تعداد خورجین تشکیل شده در گیاه موثرند و لذا انتخاب تراکم مناسب از این طریق می‌تواند بر عملکرد دانه تأثیر قابل توجهی داشته باشد. صفت دیگری که به‌شدت رابطه مستقیم و مثبت با عملکرد دانه دارد، عملکرد روغن می‌باشد (۹۸ درصد). با توجه به این که هدف نهایی کشت کلزا برداشت روغن از دانه آن می باشد، لذا در نظر گرفتن تمامی عواملی که به طور مستقیم و غیر مستقیم بر این صفت تاثیرگذار هستند بسیار مهم می‌باشد. بین ارتفاع ساقه و وزن هزاردانه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد، اما بین ارتفاع بوته با سایر صفات اندازه‌گیری شده همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری که رابطه بسیار بالایی (۹۹ درصد) بین ارتفاع بوته و عملکرد علوفه خشک کلزا مشاهده شد که قابل انتظار نیز بود، زیرا هر چه ارتفاع بوته بالاتر باشد امکان تولید شاخه‌های جانبی افزایش یافته که در نهایت منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌گردد که در این آزمایش نیز این مسئله به‌وضوح مشاهده گردید. رابطه بین ارتفاع گیاه و عملکرد دانه نیز به نسبت بالا بود (۸۷ درصد) که نشان می‌دهد افزایش ارتفاع بوته از طریق افزایش تعداد شاخه و افزایش تعداد کپسول در بوته بر عملکرد دانه تاثیرگذار است. رابطه وزن هزار دانه نیز با صفات اجزای عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بود. عملکرد علوفه و دانه کلزا با تمام صفات مورد بررسی رابطه مثبت و معنی‌داری داشت. این امر به خوبی ارتباط بین اجزای عملکرد دانه و عملکرد دانه گیاه کلزا را نشان می‌دهد (Fanaei et al., 2008). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد روغن و عملکرد روغن نیز مشاهده شد (جدول ۶).

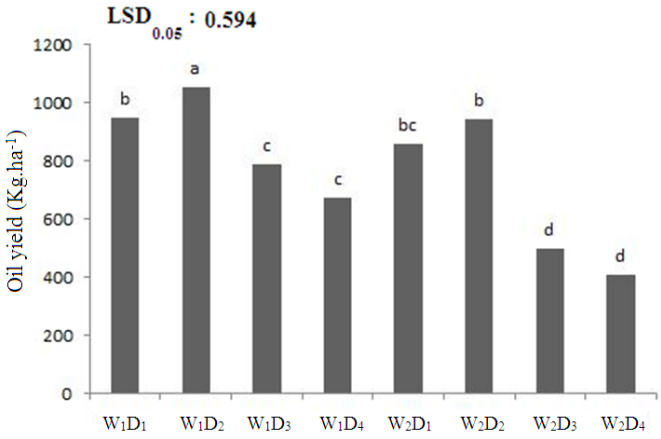
جدول ٦- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 6- Correlation coefficients between yield and yield components in rapeseed

	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد علوفه Dry forage yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000-seed weight	خورجین در بوته No. capsule per plant	شاخه‌های جانبی No. branches per plant	ارتفاع بوته Plant height
ارتفاع بوته Plant height								1
شاخه‌های جانبی No. of branches per plant							1	0.69*
خورجین در بوته No. of capsule per plant						1	0.82**	0.71*
وزن هزار دانه 1000-seed weight					1	-0.15	-0.31	0.06
عملکرد دانه Seed yield				1	0.82**	0.97**	0.85**	0.87**
عملکرد علوفه Dry forage yield			1	0.73*	0.79**	0.96**	0.94**	0.99**
درصد روغن Oil percentage		1	0.22	0.25	0.57*	-0.23	0.50*	0.53*
عملکرد روغن Oil yield	1	0.88**	0.74**	0.98**	0.77**	0.79*	0.60*	0.56*

* و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

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



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل علف‌هرز و تراکم بر عملکرد روغن کلزا

Fig. 3- Mean comparison of interaction effect of weed and density on oil percentage and oil yield

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که کنترل علف‌های هرز به‌طور مؤثری سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن کلزا می‌شود. در تراکم‌های مختلف بوته نیز مشاهده شد که تراکم ۷۵ بوته در مترمربع علاوه براین که سبب بهبود اجزای عملکرد دانه شده است، به‌طور چشمگیری سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه خواهد شد، اما کمترین میزان بیوماس علف‌هرز و بیشترین میزان علوفه خشک تولیدی نیز از تراکم ۱۲۵ بوته در مربع حاصل گردید. به‌طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق پیشنهاد می‌گردد که برای حصول بالاترین عملکرد دانه و روغن کلزا، کنترل علف‌های هرز مزرعه و کشت ۷۵ بوته کلزا در مترمربع توسط کشاورزان منطقه بهتر است انجام گیرد. تراکم‌های بیش از ۷۵ بوته در مترمربع نیز تنها جهت کنترل موثر علف‌های هرز و تولید علوفه خشک کلزا قابل توصیه است.

منابع

Altieri, M.A., and Liebman, M. 1998. Weed management in agroecosystems ecological approaches. CRC Press, Technology and Engineering p. 354.

Anafjeh, Z., Alami Saeid, K., Fathi, G., Gharineh, H., and Chaab, A. 2011. Study of growth indices and economic damage threshold estimation of rapeseed (*Brassica napus* L.) in reaction to different densities of rapeseed and mustard (*Sinapi arvensis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 9(1): 1-11. (In Persian with English Summery)

Angadi, S.V., Cutforth, H.W., McConkey, B.G., and Gan, Y. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant population under semiarid conditions. Crop Science 43: 1358-1366.

Chaab, A., Fathi, G., Siadat, A., Zand, E., and Anafjeh, Z. 2009. The interference effects of natural weed population on growth indices of corn (*Zea mays* L.) at different plant densities. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 391-400. (In Persian with English Summery)

Danesh-Shahraki, A., Kashani, A., Mesgarbashi, M., Nabipour, M., and Koohi-Dehkordi, M. 2008. The effect of plant densities and time of nitrogen application on some agronomic characteristic of rapeseed. Pajouhesh and Sazandegi 79: 10-17. (In Persian with English Summery)

Eilkaee, M.N., and Emam, Y. 2003. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape *(Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science 34(3): 509-515. (In Persian with English Summery)

Fanaei, H.R., Ghanbari, A., Galavi, M., and Naruoyrad, M.R. 2008. Assessment of the yield, yield components and some agronomic traits of rapeseed spring genotypes in Sistan region. Pajouhesh and

Sazandegi 79: 36-44. (In Persian with English Summery)

Karimian, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Influence of nitrogen and plant density on light absorption and radiation use efficiency in two spring rapeseed cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 163-172. (In Persian with English Summery)

Khajehpour, M. 2012. Industrial Plants Edit 5th 564 pp Jahad-e-Daneshgahi industrial unit of Isfahan. Isfahan, Iran. (In Persian)

Laansite, P., Joudu, J., Eremeev, V., and Maeorg, E. 2008. Effect of sowing date and increasing sowing rates on plant density and yield of winter oil seed rape (*Brassica napus* L.) under Nordic climate conditions. Acta Agriculture Scandinavica Section B-Soil and Plant Science 58(4): 330-335.

Martin, R.J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on *Calendula officinalis* flower production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28(1): 37-44.

Nasrollah-zadeh, S., Ghassemi-Golezani, K., and Raey, Y. 2011. Effects of shading on rate and duration of grain filling and yield of faba bean cultivars. Sustainable Agriculture and Production Science 21(2): 47-56. (In Persian with English Summery)

Shahraki, M. 2011. Technical Instruction of Rapeseed Cultivation in Sistan and Balouchestan Province. Agriculture Department of Sistan and Balouchestan Province. Zahedan, Iran 57 pp. (In Persian)

Soleymani, F., Ahmadvand, G., Saadatian, B. 2010. Study growth indices and yield of canola (*Brassica napus* L.) in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) under the influence of various nitrogen levels. Journal of Agroecology 2(4): 537-547.

Yaghoubi, S., and Aghaalikhani, M. 2011. Effect of control durations and weeds natural population interference on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 9(4): 659-669. (In Persian with English Summery)

Zabarjadi, A.R., and Ghobadi, M. 2009. Response of yield and yield components of canola cultivars to different seeding rates in dryland conditions of Kermanshah province. Journal of Plant Production and Technology 9(1): 45-53. (In Persian with English Summery)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 94-106

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۰۶-۹۴

Effect of Plant Density and Weed Controlling on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.)

A. Tavassoli[1], T. Moussavi[2], I. Piri[3] and M. Babaeian[4*]

Submitted: 30-01-2016
Accepted: 08-01-2017

Tavassoli, A., Moussavi, T., Piri, I., and Babaeian, M. 2018. Effect of plant density and weed controlling on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agroecology 10(1): 94-106.

Introduction

Oil as a major source of food and energy has an important role in human nutrition. A great deal of Oil produced in Iran is originated in vegetable Oils. Oil-producing crops such as Canola play a significant role in oil production industry, and as a sole source of saturated fatty acids, has an important role in public health. . Rapeseed (*Brassica napus*), also known as oilseed rape and Canola, is a bright yellow flowering member of the family Brassicaceae, and is grown for the production of edible vegetable oils, biodiesel and animal feed, globally. The harvested area of Canola in Iran has had an increasing trend in the recent years and requires more agronomic researches to achieve the optimum yield of the oil-seed crop and meet the oil demands via increasing its oil yield and production. Optimum plant density per unit area is an important agronomic factor, which maximizes plant access to environmental growth sources during the growing season. This is an essential factor, which contributes to maximum plant yield. This factor varies in terms of region and depends on plant variety. Proper weed control and optimal weed management are another important factors in yield improvement. Weeds damage products both quantitatively and qualitatively. Qualitative damage reduces product's quality, nutritional value and toxicity (if weeds mix with the product excessively). Quantitative damage slightly reduces production per unit area. Laansite *et al.*(2008) reported that grain yield was significantly affected by increased plant density in Canola. They also showed that increased plant density reduced the number of tributaries per plant. The number of pods per unit area was the most important indicator that increased as plant density increased. The goal of this study is to investigate different agronomic and physiologic characteristics of Canola under different density and weed management levels in Zabol, Iran.

Materials and Methods

The study is conducted in Dawlat Abad village located in south of Zabol (61° 29 E and 31° 2 N and 487 m above sea level) in 2012-2013 growing season. Two levels of weed managements as the main-plot factors and four levels of plant density as the sub-plot factors was performed based on a RCBD as split plot arrangement. The treatments were applied as: W_1: weed control and W_2: no weed control; D_1: 50 plants per square meter, D_2: 75 plants per square meter, D_3: 100 plants per square meter and D_4: 125 plants per square. In order to evaluate the effects of the treatments on the Canola, some agronomic indices like: plant height, number of tributaries per plant, number of pods per plant, thousand grain weights, dry matter yield, grain yield, weed biomass, oil content and yield, were measured at the end of the experiment.

Results and Discussion

The results of this research showed that weed control had a significant effect on grain yield and oil yield of Canola. In addition, the density of 75 plants per square meter not only improved yield components, but also significantly increased grain yield and oil yield (oil content). However, the lowest weed biomass and the highest dry forage of canola were obtained at a density of 125 plants per square meter. This result recommended that properly weed control and cultivating 75 plants per square meter of canola can be the optimum treatment to obtain the highest grain yield and oil content in Zabol region. This is while densities with more than 75 plants

1, 2, 3 and 4- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Zahedan Center, MSc Student in Agronomy, Department Agronomy, Payame Noor University, Zahedan Center, Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Zahedan Center and Assistant Professor, Department of Plant Production, Higher Education Complex of Shirvan, Shirvan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mahdibbn@gmail.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.52996

per m^2 are proper to control weeds and produce forage in Canola.

Conclusion

Our result showed that increasing plant density increased canola yield and yield components and resulted in better weed control, allowing for the use of reduced herbicide rates in way to reach sustainable agriculture. In fact, the result revealed that manipulating plant density in canola production has potential to affect weeding and finally these two methods improved quantitative and qualitative characteristics of canola.

Keywords: Competition, Oil-crop, Sistan, Weeding, Yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۱۹-۱۰۷

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 107-119

اثر کم آبیاری و تراکم بر رشد و عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیک در گلرنگ پاییزه (*Carthamus tinctorius* L.)

بی بی الهه موسوی‌فر[۱] و محمد علی بهدانی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴

موسوی فر، ب.ا.، و بهدانی، م.ع. ۱۳۹۷. اثر کم آبیاری و تراکم بر رشد و عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیک در گلرنگ پاییزه (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۱۹-۱۰۷.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری و تراکم بوته بر رشد و عملکرد دانه و برخی خصوصیات مورفولوژیکی گلرنگ پاییزه (*Carthamus tinctorius* L.) (رقم محلی اصفهان)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۹۳- ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا تکمه‌دهی) در کرت‌های اصلی و چهار سطح تراکم بوته (۲۰، ۳۰ ، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد، تنها در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی کاهش ارتفاع بوته، فاصله اولین انشعاب از سطح خاک و تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه مشاهده شد. با افزایش تراکم، ارتفاع بوته و فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک افزایش یافت، اما از تعداد روز تا رسیدگی و تعداد شاخه اولیه و ثانویه کاسته شد. به‌علاوه بیشترین عملکرد دانه (۳۶۰۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری کامل با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد و در تمامی تراکم‌ها، بیشترین کاهش در عملکرد دانه در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی مشاهده شد. به نظر می‌رسد این مرحله رشدی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب باشد و تحت این شرایط، با انجام آبیاری در این مرحله می‌توان عمکرد دانه را به طور قابل توجهی افزایش داد. به‌علاوه با توجه به نتایج این آزمایش، به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد گلرنگ در منطقه بیرجند آبیاری کامل و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، دانه روغنی، فاصله روی ردیف، مرحله نموی

مقدمه

روغن‌ها و چربی‌ها از مواد عمده و اساسی در تغذیه انسان و تأمین سوخت و ساز بدن به شمار می‌روند. منابع اصلی تأمین روغن و چربی مورد نیاز انسان، حیوانات و گیاهان بوده و در این میان روغن‌های گیاهی (سویا (*Glycine max* L.)، آفتابگران (*Helianthus annuus* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)) به دلیل دارا بودن مقادیر زیادی از اسیدهای چرب غیراشباع نقش مهمی در تعادل چربی‌ها در جیره غذایی انسان و کاهش مقدار کلسترول خون دارند. در حال حاضر تولید روغن استحصالی از گلرنگ به‌دلیل دارا بودن اسید چرب غیراشباع لینولئیک به مقدار زیاد، از کیفیت بالایی برخوردار بوده و این اسید چرب برای انسان بسیار ضروری می‌باشد که بدن انسان قادر به تولید آن نمی‌باشد (Alyari et al., 2000).

خشکی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده تولید محصول در بسیاری از مناطق دنیا است (Khoshnam et al., 2012) و گلرنگ اگرچه گیاهی مقاوم به خشکی است، ولی تنش خشکی بر مراحل فنولوژیکی آن تأثیر می‌گذارد و زودرسی و کاهش در صفات

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.53497

مورفولوژی و عملکرد را موجب می‌شود (Sirus Mehr et al., 2008; Mousavifar, 2010). در مطالعه جباری ارنج و عبادی (Jabbari Orange & Ebadi, 2012) اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، گلدهی زودتر، رسیدگی سریع‌تر و کاهش عملکرد گردید. علاوه بر آن، در پژوهش قمرنیا و سپهری (Ghamarnia & Sepehri, 2010) نیز کمبود آب رشد این گیاه را تحت تأثیر قرار داد به‌طوری که با افزایش شدت تنش خشکی کاهش در اکثر صفات مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع، فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها تا سطح خاک، تعداد شاخه فرعی و میزان عملکرد دانه مشاهده شده است.

گیاهان سبز مانند سایر موجودات زنده در دنیای رقابتی زندگی می‌کنند، گیاه بعد از جوانه‌زنی باید برای فضا، نور، آب و مواد غذایی با گیاهان دیگر رقابت کند. بین افراد یک گونه به‌علت هم شکلی در چرخه حیاتی و فرم بیولوژیکی و احتیاجات مشابه زمانی که به تعداد زیاد در یک وسعت ناکافی کاشته شوند تنازع بقا با شدت بیشتری انجام می‌شود (Hornok, 1986). بنابراین تراکم گیاهی یکی از مؤلفه‌های مهم برای تعیین توانایی محصول زراعی در به‌کارگیری منابع می‌باشد و از اصول اولیه زراعت هر محصول مشخص نمودن تراکم مطلوب آن است (Lloveras et al., 2004). تراکم مطلوب گیاهی در مناطق مختلف و با توجه به شرایط اقلیم، نوع خاک، زمان کاشت و ارقام بسیار متغیر است. در نتیجه در تعیین رابطه بین تراکم و عملکرد دانه برای برآورد مقدار کشت بذر در مناطق مختلف حدی وجود دارد. اغلب پژوهش‌ها در خصوص تأثیر تراکم بر عملکرد محصول زراعی نشان می‌دهند که عملکرد تا محدوده تراکم‌های متوسط افزایش و پس از آن ثابت می‌ماند و فقط در تراکم‌های خیلی زیاد مقدار آن کاهش معنی‌داری خواهد یافت (Garcia del Moral et al., 2003). اگر تراکم گیاهی کم باشد استفاده کافی از پتانسیل مزرعه به‌عمل نمی‌آید. اگر تراکم زیاد باشد به‌دلیل رقابت درون گونه‌ای شدید وکاهش میزان مواد فتوسنتزی قابل دسترس، اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد کل کاهش می‌یابد. کیفیت نور دریافتی هم تغییر می‌کند به‌طوری که نور قرمز توسط برگ‌های بالایی جذب می‌شود (Aphalo et al., 1999) و نور قرمز دور در پایین سطح سایه‌انداز افزایش می‌یابد. افزایش نسبت نور قرمز دور به قرمز موجب کاهش تنفس گیاهی، اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به بخش‌های فوقانی سایه‌انداز و ساقه اصلی، افزایش فاصله میان گره‌ها در نتیجه ارتفاع گیاه می‌گردد (Casal et al., 1998). همچنین در تراکم‌های زیاد رقابت برای رطوبت، مواد غذایی و نور افزایش می‌یابد که از جمله نتایج آن، کاهش قطر ساقه، بالا رفتن ارتفاع گیاه و افزایش ارتفاع محل تشکیل انشعاب ساقه از سطح زمین است (Gozubenli et al., 2003). سیروس‌مهر و همکاران (Sirus Mehr et al., 2008) نیز گزارش دادند که با افزایش تراکم بوته و یا کاهش فواصل ردیف کاشت، تخریب نوری اکسین صورت نمی‌گیرد که می‌تواند باعث افزایش طول میانگره‌ها، کاهش قطر ساقه و افزایش ارتفاع بوته گلرنگ گردد. طول مراحل نموی گیاه نیز به تراکم واکنش نشان می‌دهد به طوری که با کاهش تراکم بوته گلرنگ طول دوره رسیدگی طولانی‌تر می‌شود (Oad & Samo, 2002). در مطالعه خوشنام و همکاران (Khoshnam et al., 2012) در گلرنگ رقم اصفهان ۲۸۱۹ با چهار سطح آبیاری (قطع آبیاری تا گلدهی، قطع آبیاری از ابتدای گلدهی تا ۵۰ درصد گلدهی، قطع آبیاری از ۵۰ درصد گلدهی تا ۱۰۰ درصد گلدهی و آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه) و چهار سطح تراکم (۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ بوته در مترمربع)، بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل با تراکم ۴۰ بوته در جیرفت کرمان به دست آمد. شهری و همکاران (Shahri et al., 2013) با آزمایشی بر روی گلرنگ رقم گلدشت تحت شرایط آبیاری کامل و تراکم ۴۰ بوته بیشترین عملکرد دانه را در سیستان و بلوچستان مشاهده کردند. در پژوهش‌های مختلف بررسی همزمان تنش خشکی و تراکم گیاهی در گلرنگ کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین با توجه به این‌که کاهش بارندگی در برخی از سال‌ها در اکثر مناطق ایران منجر به بروز تنش خشکی به‌خصوص در مراحل انتهایی رشد اکثر گیاهان می‌شود و در نتیجه کاهش عملکرد نهایی دانه در آن‌ها را در بردارد و از طرفی تغییر ساختار عملکرد تک بوته به کمک تغییر تراکم، یکی از عوامل اصلی در تعیین عملکرد است، این تحقیق به بررسی اثر تراکم و کم آبیاری در دو مرحله رشد زایشی بر مراحل نموی، برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد دانه گلرنگ پاییزه در شرایط آب و هوایی بیرجند پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی۳۲ درجه و۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی) در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به

مرحله اجرا در آمد. طبق تقسیم‌بندی کوپن، بیرجند دارای اقلیم نیمه-خشک با میانگین بارندگی ۱۷۶ میلی‌متر و حداکثر درجه حرارت مطلق ۴۰ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت مطلق ۱۴- درجه سانتی‌گراد است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. سه تیمار قطع آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری تا تکمه‌دهی و آبیاری تا گلدهی) در کرت‌های اصلی و چهار تیمار تراکم (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک، تسطیح و فارو بود. هر کرت آزمایشی نیز شامل شش ردیف کاشت به‌صورت جوی و پشته به طول شش متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. همچنین در یک بلوک فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک سه متر در نظر گرفته شد. کاشت بذور گلرنگ پاییزه رقم محلی اصفهان در ۱ آبان ماه ۱۳۹۲ با دست در عمق چهار تا پنج سانتی‌متری برروی پشته به‌صورت متراکم انجام شد و بلافاصله آبیاری اعمال گردید و از آن پس آبیاری هر ۱۰ روز انجام شد. در ۱۴ فروردین ماه ۱۳۹۳ در مرحله چهار تا شش برگی تراکم‌های مورد نظر با تنک کردن بوته‌ها حاصل شد. وجین علف‌های هرز همزمان با تنک و بار دیگر نیز در ۱۰ اردیبهشت ماه انجام شد. هر سه تیمار آبیاری در زمان رشد زایشی بسته به مرحله نموی گیاه (آبیاری تا۵۰ درصد تکمه‌دهی، آبیاری تا۵۰ درصد گلدهی و آبیاری کامل) اعمال شدند. مراحل نمو گیاه بر اساس رسیدن ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت به هر مرحله نموی (سبز شدن، ساقه‌دهی، تکمه‌دهی، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک) ثبت شد (Kahjehpoor, 2004; Mousavifar et al., 2010) و در زمان برداشت (برداشت در سه زمان متفاوت بسته به نوع آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی، آبیاری تا گلدهی و آبیاری کامل و تأثیر آن بر رسیدگی محصول به‌ترتیب در ۱، ۱۴ و ۲۸ تیرماه انجام شد.)، از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی پنج بوته برداشت و خصوصیات مورفولوژیک نظیر ارتفاع بوته، فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک، تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد دانه در واحد سطح سه مترمربع از مساحت هر کرت، از ردیف‌های دوم، سوم، چهارم و پنجم با رعایت حاشیه را برداشت کرده و پس از توزین، عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد حاصل شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم-افزار SAS 9.6 صورت گرفت و از آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

مراحل نموی: بر اساس مطالعه مراحل فنولوژیک، طولانی‌ترین مرحله رشد گیاه را مرحله رشد رزت تشکیل داد که از زمان سبز شدن گیاه تا ساقه‌دهی در نظر گرفته می‌شود و بین تیمارهای مختلف به-دلیل اجرای تیمارهای کم آبیاری و تراکم در بهار سال بعد تفاوتی وجود نداشت (جدول ۲). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بین تیمارهای کم آبیاری و تراکم از کاشت تا وقوع ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک کاهش معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱و ۲). آبیاری تا تکمه‌دهی و آبیاری تا گلدهی به‌ترتیب حدود ۲۷ و ۱۱ روز باعث زودرسی و در نتیجه کاهش عملکرد دانه شدند (جدول ۲) که این نشان‌دهنده تکمیل سریع چرخه زندگی گیاه جهت پر کردن دانه‌ها و فرار از خشکی در شرایط نامناسب است. خوشنام و همکاران (Khoshnam et al., 2012) اظهار داشتند که تنش خشکی باعث افزایش سرعت پر شدن دانه شد، اما با تأمین آب کافی طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت بنابراین، می‌توان گفت که کوتاه نمودن دوره رشد یکی از راه‌های اجتناب از خشکی توسط گیاهان می‌باشد که با کاهش عملکرد دانه همراه است (Jabbari Orange & Ebadi, 2012; Yordanov et al., 2003). افزایش تراکم نیز باعث افزایش سرعت رشد و نمو شد و بوته‌ها مراحل گلدهی و رسیدگی خود را سریع‌تر طی کردند. تسریع در رسیدن به هر یک از مراحل فوق به دلیل افزایش رقابت میان بوته‌ها برای عوامل محیطی در تراکم‌های بیشتر بود. اد و سامو (Oad & Samo, 2002) گزارش کردند که طول مراحل نموی گلرنگ تحت تأثیر تراکم قرار گرفت و با افزایش تراکم بوته، طول دوره رسیدگی کوتاه‌تر شد.

ارتفاع بوته: بین تیمارهای کم آبیاری، تنها در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی، کاهش در ارتفاع بوته مشاهده شد (جدول ۱و ۲) زیرا با آغاز مرحله گلدهی، گیاه به حداکثر ارتفاع خود می‌رسد (Tahmasebpour et al., 2011). چنین به‌نظر می‌رسد که تنش خشکی در زمان ارتفاع‌گیری گیاه سبب شد که رقابت برای جذب آب بین بخش هوایی و زمینی در بوته افزایش یابد و در این رقابت، گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص دهد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی از جمله ساقه برسد که این امر باعث کاهش ارتفاع بوته شد (Noruzi & Kazemaini, 2011).

جدول ۱- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) مراحل نموی و برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح کم آبیاری و تراکم در گلرنگ پاییزه

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for development stages and some morphological traits and seed yield under deficit irrigation levels and density in autumn safflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد روز تا سبز شدن Number of days to emergence	تعداد روز تا ساقه‌دهی Number of days to stemming	تعداد روز تا تکمه‌دهی Number of days to heading bud	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی Number of days to 50% flowering	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک Distance to the first bifurcation branches from soil surface	تعداد شاخه‌های اولیه در بوته Number of primary branches	تعداد شاخه‌های ثانویه در بوته Number of secondary branches	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	3	0.05 ns	1.12 ns	2.93 ns	2.06 ns	4.85 ns	1.36 ns	1.23 ns	0.92 ns	2.50 ns	800.36 ns
کم آبیاری Deficit irrigation	2	1.17 ns	4.37 ns	2.42 ns	44.56**	576.68**	1114.49**	1114.39**	52.04**	293.45**	3331151.16**
خطای اصلی Main error	6	0.74	2.62	2.16	1.77	3.32	0.80	3.21	0.66	1.65	6717.40
تراکم Density	3	0.20ns	4.19 ns	1.65 ns	29.67**	46.54**	166.97**	161.18**	54.45**	150.09**	525224.14**
کم آبیاری× تراکم Deficit irr. ×Density	6	2.25 ns	1.97 ns	5.24 ns	0.91 **	0.67 **	1.11*	1.63*	1.56 **	1.67**	4526.48 **
خطای فرعی Sub error	27	0.57	2.44	2.97	0.99	0.52	0.78	0.65	0.46	0.38	1251.51

ns، * و **: به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری اثر عامل آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

ns, ⁎ and ⁎⁎: are no-Significant, Significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی کم آبیاری و تراکم بر مراحل نموی و برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد دانه در گلرنگ پاییزه

Table 2- Compression for the main effects deficit irrigation and density on development stages and some morphological traits and seed yield in autumn safflower

تیمارها Treatments	تعداد روز تا سبز شدن Number of days to emergence	تعداد روز تا ساقه‌دهی Number of days to stemming	تعداد روز تا تکمه‌دهی Number of days to heading bud	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی Number of days to 50% flowering	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to physiological maturity	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک (سانتی‌متر) Distance to the first bifurcation branches from soil surface (cm)	تعداد شاخه-های اولیه در بوته Number of primary branches	تعداد شاخه-های ثانویه در بوته Number of secondary branches	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
کم آبیاری Deficit irrigation										
آبیاری کامل Full irrigation	9.80 a*	164.98 a	216.41 a	233.67 a	266.71 a	96.13 a	63.06 a	12.54 a	13.56 a	3303.68 a
آبیاری تا مرحله گلدهی Irrigation until flowering stage	10.16 a	163.03 a	216.18 a	233.01 a	255.31 b	95.11 a	62.15 a	11.80 a	12.82 a	3008.59 b
آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی Irrigation until heading-bud stage	10.26 a	163.82 a	215.64 a	230.51 b	239.92 c	81.19 b	48.46 b	9.20 b	5.80 b	2408.28 c
تراکم (بوته در متر مربع) Density ($plants.m^{-2}$)										
20	10.03 a	165.05 a	216.38 a	234.21 a	259.45 a	86.44 d	54.10 d	13.81 a	14.91 a	2643.98 d
30	10.15 a	164.96 a	216.31 a	233.18 a	255.90 b	89.23 c	56.44 c	11.99 b	12.17 b	2828.81 c
40	10 a	164.25 a	216.03 a	231.37 b	252.34 c	92.67 b	59.99 b	10.45 c	8.93 c	3161.60 a
50	10.29 a	163.82 a	215.56 a	230.83 b	248.25 d	94.89 a	62.35 a	8.83 d	6.89 d	2968.10 b

*مقایسه میانگین با استفاده از آزمون FLSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است.

*Mean compression has done by FLSD test ($P \leq 0.05$).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کم آبیاری و تراکم بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد دانه گلرنگ پاییزه

Table 3- Mean compression of effect of deficit irrigation and density on some morphological characteristics and seed yield of autumn safflower

کم آبیاری Deficit irrigation	تراکم Density	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) plant height (cm)	فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک (سانتی‌متر) Distance to the first bifurcation branches from soil surface (cm)	تعداد شاخه‌های اولیه در بوته Number of primary branches	تعداد شاخه‌های ثانویه در بوته Number of secondary branches	عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})
آبیاری کامل Full irrigation	20	91.99 ^{e}	58.57 ^{f}	15.55 ^{a}	18.21 ^{a}	3023.97 ^{e}
	30	93.99 ^{d}	60.75 ^{de}	13.32 ^{b}	14.94 ^{b}	3221.73 ^{c}
	40	97.78 ^{c}	65.34 ^{b}	11.60 ^{c}	11.72 ^{c}	3607.05 ^{a}
	50	100.75 ^{a}	67.58 ^{a}	9.71 ^{e}	9.36 ^{e}	3361.96 ^{b}
آبیاری تا گلدهی Irrigation until flowering	20	90.41 ^{f}	59.74 ^{ef}	15.10 ^{a}	17.49 ^{a}	2793.94 ^{g}
	30	93.91 ^{d}	61.72 ^{d}	12.72 ^{b}	14.50 ^{b}	2933.71 ^{f}
	40	96.78 ^{c}	64.11 ^{c}	9.88 ^{d}	9.72 ^{d}	3225.50 ^{c}
	50	99.33 ^{b}	67.04 ^{a}	8.67 ^{f}	6.69 ^{f}	3081.22 ^{d}
آبیاری تا تکمه‌دهی Irrigation until heading -bud	20	76.91 ^{i}	43.99 ^{j}	10.78 ^{cd}	9.03 ^{e}	2189.05 ^{k}
	30	79.79 ^{h}	46.87 ^{i}	9.92 ^{d}	7.07 ^{f}	2331 ^{j}
	40	83.46 ^{g}	50.54 ^{h}	9.02 ^{e}	4.45 ^{g}	2652.25 ^{h}
	50	84.60 ^{g}	52.43 ^{g}	7.10 ^{g}	2.50 ^{h}	2460.83 ^{i}

۱. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون FLSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شده است ($P\leq ۰/۰۵$) .

۲. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد هستند ($P>۰/۰۵$).

1. Mean compression has done by FLSD test ($P\leq 0.05$).

2. Means in the same column by the same letter do not differ significantly according to the FLSD test ($P> 0.05$).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد دانه گلرنگ پاییزه تحت تأثیر کم آبیاری و تراکم

Table 4- Correlation between some morphological characteristics and seed yield in autumn safflower under deficit irrigation and density

متغیر Treatments	تعداد روز تا سبز شدن Number of days to emergence	تعداد روز تا مرحله ساقه‌دهی Number of days to stemming stage	تعداد روز تا مرحله تکمه‌دهی Number of days to heading bud stage	تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گلدهی Number of days to 50% flowering stage	تعداد روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک Number of days to physiological maturity stage	ارتفاع بوته Plant height	فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک Distance to the first bifurcation branches from soil surface	تعداد شاخه‌های اولیه Number of primary branches	تعداد شاخه‌های ثانویه Number of secondary branches	عملکرد دانه Seed yield
تعداد روز تا سبز شدن Number of days to emergence	1									
تعداد روز تا مرحله ساقه‌دهی Number of days to stemming stage	0.46**	1								
تعداد روز تا مرحله تکمه‌دهی Number of days to heading bud stage	0.40**	0.80**	1							
تعداد روز تا مرحله ۵۰ درصد گلدهی Number of days to 50% flowering stage	0.45**	0.82**	0.96**	1						
تعداد روز تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک Number of days to physiological maturity stage	0.44**	0.90**	0.96**	0.98**	1					
ارتفاع بوته Plant height	0.26 ns	0.82 **	0.46*	0.54**	0.64**	1				
فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک Distance to the first bifurcation branches from soil surface	0.25 ns	0.82**	0.45**	0.53**	0.64**	0.99**	1			
تعداد شاخه‌های اولیه Number of primary branches	0.37**	0.56**	0.89**	0.84**	0.80**	0.14 ns	0.13 ns	1		
تعداد شاخه‌های ثانویه Number of secondary branches	0.40**	0.71**	0.96**	0.96**	0.92**	0.34 *	0.33*	0.91**	1	
عملکرد دانه Seed yield	0.42 **	0.81**	0.47**	0.56**	0.66**	0.98**	0.98**	0.94**	0.46**	1

ns ، * و **: به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are no-Significant, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively.

فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، کم آبیاری بر فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک در سطح احتمال یک درصد اثر معنی-داری داشت (جدول ۱) و تنها در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی این صفت کاهش یافت (جدول ۲)، زیرا در این تیمار از ارتفاع بوته کاسته شد که به‌تبع آن فاصله محل اولین انشعاب شاخه‌ها تا سطح خاک نیز کاهش یافت (جدول‌های ۱ و ۲). بین ارتفاع بوته با این صفت، همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۹۹^{**}$) مشاهده شد (جدول ۴). موسوی‌فر(Mousavifar, 2010) و نوروزی و کاظمیانی (Noruzi & Kazemaini, 2011) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محل تشکیل اولین انشعاب از سطح خاک و ارتفاع بوته مشاهده کردند. اثر تراکم بر این صفت نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین تراکم گیاهی حاکی از آن است که با افزایش میزان تراکم گیاه از ۲۰ به ۵۰ بوته در مترمربع فاصله اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک روند صعودی داشته و افزایش می‌یابد (جدول ۲). در تراکم بیشتر به علت کاهش نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی، میانگره‌های پایین بوته رشد بیشتری کرده و در نتیجه باعث افزایش فاصله اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک می‌شود که راندمان برداشت مکانیزه با کمباین را نیز افزایش می‌دهد و تعداد طبق‌هایی که زیر چرخ فلک کمباین برداشت نشده می‌مانند را کاهش می‌دهد. از طرفی به عنوان مخزن موقت ذخیره مواد کربوهیدراتی غیرساختاری، امکان انتقال مجدد مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌ها به دانه در طول پرشدن دانه به‌ویژه در زمان پر شدن دانه را فراهم می‌کند (Koutroubas et al., 2004). اثر متقابل کم آبیاری و تراکم نیز در این صفت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان این صفت تحت شرایط آبیاری کامل و آبیاری تا مرحله گلدهی در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کمترین نیز با ۳۵ درصد کاهش نسبت به شاهد در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی با تراکم ۲۰ بوته مشاهده شد (جدول ۳). بنابراین قطع آبیاری دیر هنگام و افزایش تراکم در گلرنگ منجر به افزایش ارتفاع و فاصله اولین انشعاب شاخه از سطح خاک می‌شود. با توجه به این‌که در تراکم‌های زیاد رقابت برای رطوبت، مواد غذایی و نور افزایش می‌یابد در نتیجه اگر این افزایش تراکم با تأمین آب کافی نیز همراه باشد، منجر به بالا رفتن ارتفاع گیاه و افزایش ارتفاع محل تشکیل انشعاب ساقه از سطح زمین می‌گردد (Gozubenli et al., 2003).

شاخه‌های اولیه و ثانویه: بین تیمارهای قطع آبیاری از نظر تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه در بوته، تنها تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی از نظر این دو صفت به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد (جدول ۱ و ۲)، زیرا در مرحله شاخه‌دهی تکمیلی (مرحله پس از تکمه‌دهی)، تنها گیاهان این تیمار با کمبود آب مواجه شدند. در مطالعه سیروس‌مهر و همکاران (Sirus Mehr et al., 2008) و موسوی‌فر (Mousavifar, 2010) نیز تیمار آبیاری تا مرحله تکمه-دهی، موجب کاهش تعداد شاخه اولیه و ثانویه در گلرنگ شد. تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه در تراکم‌های بیشتر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱ و ۲). به‌نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته، رقابت بین بوته‌ای زودتر اتفاق می‌افتد که این موضوع سبب کاهش شرایط مطلوب محیطی از جمله رطوبت، مواد غذایی و نور شده و لذا باعث می‌شود که تولید شاخه‌های اولیه و ثانویه محدودتر شود. به‌علاوه همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=۰/۸۶^{**}$) بین تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه نیز مشاهده شد (جدول ۴). این همبستگی نشان می‌دهد که با افزایش تعداد شاخه‌های اولیه، تعداد شاخه‌های ثانویه نیز افزایش می‌یابد. با توجه به این که در گلرنگ در انتهای هر شاخه طبق تشکیل می‌شود پس هر چه تعداد شاخه‌ها بیشتر باشد تعداد طبق‌های تولیدی بیشتر خواهد بود که در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه در بوته خواهد شد(Sirus Mehr et al., 2008).

اگرچه در تراکم زیاد، عملکرد دانه در بوته کاهش می‌یابد، ولی امتیاز مهم آن افزایش عملکرد در واحد سطح و جلوگیری از تشکیل شاخه‌های ثانویه و ثالثیه و در نتیجه ممانعت از تشکیل طبق‌های دیررس می‌باشد. این واکنش می‌تواند سبب یکنواختی رسیدگی گلرنگ گردد که برداشت مکانیزه آن را تسهیل می‌کند. دیگر محققین نیز اثر همبستگی مثبتی بین تراکم و تعداد شاخه در گیاه را مشاهده کردند (Ehsanzade, 2003; Shams et al., 2007). اثر متقابل تراکم و قطع آبیاری بر تعداد شاخه‌های اولیه و ثانوبه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین این صفات در تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری تا مرحله گلدهی در تراکم ۲۰ بوته مشاهده شد (جدول ۳)، زیرا در صورتی که آب کافی برای گیاهان در مرحله شاخه‌دهی فراهم باشد آن‌ها در شرایط تراکم کمتر با افزایش تعداد شاخه فرعی اقدام به جبران کاهش تراکم می‌نمایند. از طرفی کمترین تعداد شاخه‌های اولیه و

ثانوبه در شرایط آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی و در تراکم ۵۰ بوته مشاهده شد (جدول ۳). کمبود آب و نیز کاهش نفوذ نور به بخش‌های پایین سایه‌انداز گیاهی در اثر تراکم بالا موجب انتقال اکسین از مریستم انتهایی به محل تشکیل جوانه‌های جانبی شاخه می‌گردد. در اغلب گیاهان عالی، جوانه‌های انتهایی به درجات مختلفی روی رشد جوانه‌های جانبی تأثیر می‌گذارند و این پدیده غالبیت انتهایی نامیده می‌شود. مقادیر زیاد اکسین در نواحی انتهایی ساقه ممکن است مواد غذایی و هورمون‌های گیاهی مثل سیتوکینین را که در تنظیم تقسیم سلولی دخالت دارند به سمت خود جذب کند. طبق نظریه فقر مواد غذایی، رأس ساقه به عنوان یک مخزن قوی مواد غذایی، این مواد را از جوانه‌های جانبی به سمت خود منحرف می‌کند. چرا که احتمالا منافذ آوندی در جوانه‌های جانبی کامل نیستند (Sirus Mehr et al., 2008).

عملکرد دانه: اثر کم آبیاری بر روی عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در آبیاری کامل و آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی مشاهده شد (جدول ۲). تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی نسبت به تیمار آبیاری کامل ۲۷/۱۰ درصد کاهش عملکرد نشان داد (جدول ۲).

کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ باعث کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها و کم شدن دوام سطح برگ‌ها و کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین افزایش آبیاری باعث افزایش عملکرد می‌شود که این موضوع به دلیل کاهش رقابت بین گیاهان برای آب و افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و در نتیجه تعداد طبق برای گیاهان می‌باشد (Kafi & Rostami, 2008). به‌علاوه بین تمامی صفات اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۴). اثر تراکم بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تراکم ۴۰ و ۲۰ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۲). با افزایش تراکم از ۲۰ بوته در مترمربع به تراکم‌های بالاتر مشاهده شد که افزایش تعداد بوته در مترمربع تا حد معینی می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه گردد و فراتر از آن باعث کاهش این صفت می‌شود به طوری که این روند افزایش تا ۴۰ بوته در مترمربع ادامه داشت، اما در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع افت در آن مشاهده شد (جدول ۲). که با یافته‌های دیگر محققین که تراکم ۴۰ بوته در مترمربع را تراکم مطلوب برای گلرنگ معرفی کردند مطابقت دارد (Khoshnam et al., 2010; Omidi & Sharifmogadas, 2012; Shahri et al., 2013). هر چند با افزایش تراکم، عملکرد تک بوته به‌واسطه افزایش رقابت بین گیاهان کاهش می‌یابد، اما در مجموع، بر میزان جذب تشعشع توسط جامعه گیاهی افزوده می‌شود و عملکرد نهایی بالا می‌رود (Edwards et al., 2005; Lee et al., 2007; Amanullah & Khalil, 2009). اثر متقابل تراکم و قطع آبیاری بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد که با یافته خوشنام و همکاران (Khoshnam et al., 2012) و شهری و همکاران (Shahri et al., 2013) مطابقت دارد. در کلیه تراکم‌ها، بیشترین کاهش در عملکرد دانه در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد این مرحله رشدی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب باشد و تحت این شرایط، با انجام آبیاری در این مرحله می‌توان عمکرد دانه را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. از طرفی دستیابی به تراکم کاشت بهینه برای بیشینه کردن سهم تعرق از تبخیر و تعرق آب خاک، باعث بهبود فتوسنتز و عملکرد دانه می‌شود و در این تحقیق تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بهترین تراکم کاشت در بین سطوح تیماری معرفی می‌شود. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که هر چه آب در دسترس در طول دوره رشد گیاه و تراکم تا سطح ۴۰ بوته در مترمربع افزایش یابد دستیابی به بیشترین عملکرد زودتر حاصل می‌شود، زیرا تحت این شرایط طول دوره رشد گیاه به‌ویژه مرحله پر شدن دانه افزایش یافته و نزدیک شدن به تراکم مطلوب نیز به دسترسی به شرایط محیطی بهینه جهت افزایش عملکرد کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، در تمامی تراکم‌ها افت شدید عملکرد دانه در شرایط آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی مشاهده شد، که به‌نظر می‌رسد این مرحله رشدی گیاه یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گلرنگ به تنش خشکی باشد، زیرا تنش در این مرحله نموی از طریق کاهش معنی‌دار در طول دوره رشد گیاه، ارتفاع بوته، فاصله اولین انشعاب شاخه‌ها از سطح خاک، تعداد شاخه تولیدی که همبستگی مثبت با عملکرد دانه دارند، به کاهش عملکرد نهایی منجر می‌شود. بنابراین، استفاده از آبیاری تکمیلی در مرحله تکمه‌دهی جهت ممانعت از افت شدید عملکرد دانه ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌علاوه در بین تراکم‌های مطالعه شده، تراکم

۴۰ بوته در مترمربع به عنوان تراکم مطلوب گلرنگ معرفی می‌شود، زیرا در ابتدای فصل رشد با پوشش سریع‌تر سطح خاک و کاهش نفوذ نور خورشید بر آن تبخیر از سطح خاک را کاهش می‌دهد و کاهش تبخیر از سطح خاک می‌تواند تنش خشکی را در گیاه به تأخیر بی‌اندازد و با پیشروی فصل رشد نیز از طریق افزایش ارتفاع بوته و کاهش تعداد شاخه‌های کم بارور و دیررس سبب رشد بهتر بوته‌ها شده و در نتیجه به تولید بیشتر دانه کمک می‌کند.

منابع

Alyari, H., Shekari, F., and Shekari F. 2000. Oil seeds. Agronomy and physiology. Publication of Amidi 182 pp. (In Persian)

Amanullah, R.A., and Khalil, S.K. 2009. Effects of plant density and N on phenology and yield of maize. Journal of Plant Nutrition 32: 246-246.

Aphalo, P.J., Ballare, C.L., and Scopel, A.L. 1999. Plant-plant signalling, the shade avoidance response and competition. Journal of Experimental Botany 50: 1629-1634.

Casal, J.J., Sánchez, R.A., and Botto, J.F. 1998. Modes of action of phytochromes. Journal of Experimental Botany 49: 127-138.

Edwards, J.T., Purcell, L.C., and Vories, E.D. 2005. Light interception and yield of short-season maize (*Zea mays* L.) hybrids in the Midsouth. Agronomy Journal 97: 225-234.

Ehsanzade, P. 2003. Effect of density plant on yield and components yield and some growth traits of two safflower cultivar under Isfahan conditions. Sciences and Technology of Agronomy and Natural Resources 7(1): 129-140. (In Persian with English Summary)

Garcia del Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D., and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An antigenic approach. Agronomy Journal 95: 266-274.

Ghamarnia, H., and Sepehri, S. 2010. Different irrigation regimes affect water use, yield and other yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) crop in a semi-arid region of Iran. Journal of Food, Agriculture and Environment 8(2): 590-593.

Gozubenli, H., Sener, O., Konuskan, O., and Kilinc, M. 2003. Effect of hybrid and plant density on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Agronomy 48: 203-205.

Hornok, L. 1986. Effect of environmental factors on growth, yield and on active principles of some spice plants. Acta Horticulture 168: 169-176.

Jabbari Orange, M., and Ebadi, A. 2012. Responses of phenological and physiological stages of spring safflower to complementary irrigation. African Journal of Biotechnology 11(10): 2465-2471.

Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi damghani, A.M. 2003. Reactions of Agronomic Crops to Growth Environment. Publication of Ferdowsi University, Mashhad, Iran 297 pp. (In Persian)

Kafi, M., and Rostami, M. 2008. Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. Iranian Agronomy Research 5(1): 121-131. (In Persian with English Summary)

Kahjehpoor, M.R. 2004. Industrial Plants. Jahadeh Daneshgahi Publisher, Isfahan Industrial University, Isfahan, Iran 564 pp. (In Persian)

Khoshnam, A., Haydari Sharifabad, H., and Afsharmanesh, G.R. 2012. Effects of terminal water deficit stress and plant density on yield, yield components and some morphological traits of safflower in Jiroft Region, Iran. Plant Ecophysiology 4: 111-117.

Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research 90: 263-274.

Lee, S.H., Tewari, R.K., Hahn, E., and Paek, K.Y. 2007. Photon flux density and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of *Withania somnifera* (L.) Dunal. plantlets. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 90: 141-151.

Lloveras, J., Manent, J., Viudas, J., Lopez, A., and Santiveri, P. 2004. Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a Mediterranean climate. Agronomy Journal 96: 1258-1265.

Mousavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Alahmadi, M., and Hosaini Bojd, M.S. 2010. Effect of deficit irrigation on growth and yield of spring safflowers (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under Birjand conditions. Journal of Agroecology 2(4): 627-639. (In Persian with English Summary)

Mousavifar, B.E. 2010. Response of spring safflower genotypes to irrigation disruption in reproductive growth different stages. MSc thesis in Agronomy, College of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran. (In Persian with English Summary)

Noruzi, M., and Kazemaini, S.A. 2011. Effect of deficit irrigation and plant density on growth and seed yield of safflower. Iranian Agronomy Research. 10(4): 781-788. (In Persian with English Summary)

Oad, M.A., and Samo, S.M. 2002. Inter and intra row spacing effect on the growth seed yield and oil content of safflower, Asian Journal of Plant Sciences 1: 18-19.

Omidi, A.H., and Sharifmogadas, M.R. 2010. Evaluation of Iranian safflower cultivars reaction to different sowing dates and plant densities. World Applied Sciences Journal 8(8): 953-958.

Pirzad, A. 2007. Effects of irrigation and plant density on some of physiological traits and active ingredients of german chamomile. PhD thesis, College of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Shahri, A., Ganjali, H.R., and Fanayi, H.R. 2013. Effect of drought stress on quantitative and qualitative yield of safflower (Goldasht cultivar) in different planting densities. International Journal Agriculture Crop Sciences 6(19): 1342-1346.

Shams, K., Pazaki, A.R., and Kobraei, S. 2007. Assessment of effect of planting date and density on yield and components yield of autumn safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Kermanshah condition. Iranian Journal of agronomy and Plant Breeding 4(2): 23-35. (In Persian with English Summary)

Sirus Mehr, A.R., Shakiba, M.R., Alyari, H., Tourchi, M., and Dabagh Mohammadi Nasab, A. 2008. Effect of drought stress and density on yield and some morphological characteristics of autumn safflower cultivars. Research in Agronomy and Horticulture 78: 80-87. (In Persian with English Summary)

Tahmasebpour, B., Aharizad, S., Shakiba, M., and Babazade Bedostani, A. 2011. Safflower genotypes' responses to water deficit. International Journal of Agriculture Science 1(2): 579-601.

Yordanov, I., Velikova, V., and Tsonev, T. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue p. 187-206.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 107-119

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۱۹-۱۰۷

Effect of Deficit Irrigation and Plant Density on Growth and Seed Yield and Some Morphological Traits of Autumn Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

B.E. Mousavifar[1] and M.A. Behdani[2*]
Submitted: 09-02-2016
Accepted: 15-10-2016

Mousavifar, B.E., and Behdani, M.A. 2018. Effect of deficit irrigation and plant density on growth and seed yield and some morphological traits of autumn safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 10(1): 107-119.

Introduction

Vegetable oils such as safflower oil, due to high amounts of unsaturated fatty acids, play an important role in the fat balance of human diet and can reduce blood cholesterol level. Drought as the most important factor controlling the performance of the products, on a variety of factors that affect plant growth and yield (Ghamarnia and Sepehri, 2010). Although safflower is a drought resistant plant, but drought has significant effects on its duration of phenological stages, thus cause a significant reduction in yield, yield components, growth and some morphological traits such as plant height and distance to the first bifurcation branches from soil surface (Khoshnam *et al.* 2012). When the distance between plants in the row is low, vacancies are not green. Low density, especially in row plant spacing is not desirable. This experiment aims at identifying the critical stages of water and specifies the appropriate number of plants in conditions of stress and lack of tension in the area as well.

Material and Methods

In order to evaluate the effect of deficit irrigation and density on growth, seed yield and some morphological traits of a local variety of autumn safflower, an experiment was conducted with a spilt plot arrangement based on randomized complete block design with four replications at Research farm of Faculty of Agriculture, Birjand University in 2013-2014. Irrigation levels (complete irrigation, irrigation until flowering and irrigation until heading-bud stage) and plant density (20, 30, 40 and 50 plant per m^2) allocated randomly in main plots and subplots, respectively. Phonological aspects (number of days to emergence, stemming, heading bud, 50% flowering and physiological maturity) were recorded. The terms consisted of plant height, distance to the first bifurcation branches from soil surface and number of primary and secondary branches and seed yield. SAS ver. 9.1 statistical software was performed to measure the results of the analysis of variance (ANOVA) and means were compared with LSD test in 5% probability level.

Results and Discussion

Results showed a significant reduction in plant growth period, plant height, distance to the first bifurcation branches from soil surface and number of primary and secondary branches in the irrigation until heading-bud treatment. The yield loss in this treatment was caused by early flowering and decrease in flowering period, seed filling period, maturity stage and yield components. It seems that the heading-bud stage is the most critical stage of the crop growing under water deficit conditions. Since all of the measured parameters had a positive correlation with seed yield, so a reduction of seed yield under the "irrigation until heading-bud treatment" is obvious. By increasing the plant density, plant height and distance to the first bifurcation branches from soil surface was increased but number of days until maturity and number of primary and secondary branches was reduced. In addition, the highest seed yield was obtained from full irrigation treatment with density of 40 plants per m^2. In all plant densities, lowest seed yield was observed in the "irrigation until heading-bud" treatment. As it seems that this growth stage is the most susceptible stage of the crop to limited water, optimum irrigation in this stage may case a significant increase in seed yield.

1 and 2- PhD student in Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.53497

Conclusion

According to the results of this experiment in order to achieve the maximum yield of safflower in Birjand region, full irrigation and density of 40 plants.m^{-2} is suggested. Supplementary irrigation during heading-bud stage is necessary to prevent a sharp drop in seed yield. The density of 40 plants.m^{-2} of safflower can cover the canopy faster and due to a reduction in soil evaporation, it can postpone the drought stress to the end of the growing season. This density, also with increasing the growing season, increasing the plant height and decreasing the number of low or non-fertile branches, results in better plant growth and thus helps to produce more seeds.

Keywords: Drought stress, Growth development stage, Intra space, Oil seed, Seed yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۳۴-۱۲۰

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 120-134

تأثیر کشت مخلوط افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. Saccharata) و ماش (*Vigna radiate* L.) و وزن علف‌های هرز

آمنه قلی نژاد[۱]، علیرضا یدوی[۲*]، محسن موحدی دهنوی[۲] و هوشنگ فرجی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳

قلی نژاد، آ.، یدوی، ع.، موحدی دهنوی، م.، و فرجی، ه. ۱۳۹۷. تأثیر کشت مخلوط افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. Saccharata) و ماش (*Vigna radiate* L.) و وزن علف‌های هرز. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۳۴-۱۲۰.

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر کشت مخلوط افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. Saccharata) و ماش (*Vigna radiate* L.) در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز، آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در شهرستان چرام استان کهگیلویه و بویراحمد در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل سیستم‌های کشت با نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی ذرت شیرین و ماش (افزایش ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تراکم بهینه ماش، به تراکم بهینه ذرت) و همچنین کشت خالص هر دو گونه بود. فاکتور دوم نیز شامل دو سطح کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز بود. در این آزمایش عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گیاه و وزن خشک علف‌های هرز اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از شاخص نسبت برابری زمین، سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین (۷۹۸۳/۷ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط ذرت+۴۰ درصد تراکم ماش حاصل گردید. در تمامی نسبت‌های مخلوط وزن خشک علف‌های هرز کمتر از کشت خالص دو گونه ذرت شیرین و ماش بود. تمامی تیمارهای مخلوط افزایشی دارای نسبت برابری بالای یک داشتند و بیشترین سودمندی بر اساس این شاخص مربوط به تیمار مخلوط ذرت با ۸۰ درصد ماش بود که البته تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ذرت به‌همراه ۴۰ و ۶۰ درصد ماش نداشت.

واژه‌های کلیدی: رقابت، شاخص برداشت، عملکرد دانه کنسروی، نسبت برابری زمین

مقدمه

به‌دلیل آثار مخرب ناشی از رقابت بر عملکرد محصولات زراعی، علف‌های هرز از دیرباز به عنوان جزئی نامطلوب از بوم‌نظام‌های کشاورزی شناخته شده و یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده میزان محصول به‌شمار می‌روند (Delafuente et al., 2006). مهم‌ترین خسارت علف‌های هرز به گیاهان زراعی، کاهش عملکرد آن‌ها از طریق جذب مواد غذایی و نهاده‌های رشد می‌باشد. بشر همواره به دنبال از بین بردن علف‌های هرز بوده است. کنترل شیمیایی، یکی از روش‌های رایج برای کنترل علف‌های هرز در کشاورزی مدرن محسوب می‌شود. محققان بعد از چند دهه مصرف علف‌کش، به این نتیجه رسیدند که تولید محصولات کشاورزی با اتکا به این مواد، به-دلیل آلودگی‌های زیست‌محیطی و اثرات مخرب اکولوژیک از پایداری لازم برخوردار نیست (Baumann et al., 2002). با توجه به اثرات سوء سموم بر محیط‌زیست و مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، لزوم گرایش به سمت کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز بیش از همیشه احساس می‌شود (Hamzei & Ghamari Rahim, 2014 a).

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email: Yadavi@yu.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.54036

یکی از تمهیدات مهم در کنترل علف‌های هرز از دیدگاه کشاورزی پایدار استفاده از کشت مخلوط محصولات مختلف زراعی با یکدیگر است (Silva et al., 2009).

به عبارت دیگر، یکی از راهکارهای کاهش مصرف علف‌کش‌ها در کشاورزی، استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط برخوردار از گیاهان پوششی می‌باشد، زیرا علاوه بر این که این قبیل گیاهان از رشد علف‌های هرز جلوگیری کرده و بانک بذری علف‌های هرز در خاک را کاهش می‌دهند، اغلب از محصولات عمده زراعی نیز محسوب می‌شوند (Uchino et al., 2009). برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص توسط محققان زیادی گزارش شده است. بررسی‌ها نشان داده که در کشت مخلوط افزایشی ذرت (*Zea mays* L.) با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، تعداد دانه در بلال و تعداد ردیف در بلال اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز نشان داده و کمترین وزن خشک علف‌های هرز در کشت‌های مخلوط افزایشی ۶۰ و ۸۰ درصد لوبیا حاصل شد، در حالی‌که بیشترین وزن خشک کل علف‌های هرز مربوط به کشت‌های خالص ذرت و لوبیا بود (Mansouri et al., 2013). محققان بیان داشتند که کشت مخلوط ذرت و لوبیا به‌دلیل تعلق این گیاهان به دو تیره مختلف و جنبه همیاری و همزیستی مکملی موجب می‌شود تا بهره‌برداری از واحد سطح، بیشتر از کشت خالص آن‌ها باشد (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012).

با بررسی سیستم‌های مختلف کشت افزایشی و جایگزینی ذرت و ماش (*Vigna radiate* L.) مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه ذرت از کشت مخلوط افزایشی ذرت + ۲۵ درصد ماش حاصل می‌شود و زیست‌توده علف‌های هرز در این تیمار نسبت به کشت خالص ذرت ۳۰ درصد کاهش پیدا کرده است و نسبت برابری زمین در کلیه تیمارهای مخلوط ذرت و ماش مورد بررسی بالاتر از یک بوده است (Nazari et al., 2013). کشت مخلوط افزایشی گیاهان مختلف زراعی با یکدیگر با توجه به ایجاد یک میکرواکوسیستم رقابتی شدید، شرایطی را فراهم می‌کند که خسارت علف‌های هرز در این شرایط به حداقل ممکن می‌رسد. این نوع کشت به‌دلیل رقابت گیاهان با علف‌های هرز به‌طور کارامدی از رشد و توسعه آن‌ها ممانعت به‌عمل می‌آورد و این امر با وجود عدم کاربرد علف‌کش، به افزایش تولید در این نوع سیستم‌های کشت منجر می‌شود (Liebman & Davis, 2000).

با توجه به اهمیت کشت مخلوط در تولید پایدار محصولات مختلف این تحقیق با هدف ارزیابی سودمندی کشت مخلوط افزایشی ذرت شیرین و ماش به‌صورت کمی و تاثیر آن بر کنترل علف‌های هرز انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در شهرستان چرام از استان کهگیلویه و بویراحمد (با مختصات طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه ۱۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۷۳۸ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل شش سطح سیستم مختلف کشت (کشت خالص ذرت شیرین، کشت خالص ماش، کشت مخلوط افزایشی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تراکم خالص ماش با ذرت شیرین) و عامل دوم شامل دو سطح کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز بود. هر کرت آزمایشی به طول شش متر شامل چهار ردیف کاشت با پشته‌های ۶۰ سانتی‌متری بود. فاصله بین کرت‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها، دو متر لحاظ گردید. عملیات کاشت در تاریخ ۲۰ و ۲۱ تیرماه به‌صورت کپه‌ای (دو تا سه بذر در هر منفذ) و با دست روی پشته‌ها انجام شد. در کشت‌های خالص، ذرت شیرین با تراکم ۸/۳ بوته در مترمربع با فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متری و ماش با تراکم ۲۳/۸ بوته در مترمربع و فاصله بوته روی ردیف هفت سانتی‌متری کشت گردید. در تیمارهای مخلوط نیز ذرت شیرین و ماش در دو طرف پشته کشت گردید که بذور ذرت شیرین با همان فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر کشت گردید و بذور ماش بسته به تیمار مخلوط افزایشی مربوطه در فواصل ۸/۷، ۱۱/۶، ۱۷/۵ و ۳۵/۸ سانتی‌متری جهت ایجاد تراکم های ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد تراکم مطلوب کشت گردید. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت و عمل آبیاری کرت‌ها به فاصله زمانی هفت روز به‌صورت نشتی انجام گرفت تا هیچ‌گونه تنش خشکی به گیاهان اعمال نگردد. کوددهی با توجه به آنالیز خاک (جدول ۱) بر اساس نیاز ذرت شیرین به میزان ۲۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار اعمال شد (تمامی کود فسفره قبل از کاشت، یک سوم کود اوره قبل از کاشت، یک سوم در مرحله سه تا چهار برگی ذرت و بقیه یک ماه بعد به کار برده شد). پانزده روز پس از سبز شدن، جهت حصول تراکم مورد نظر، عملیات تنک کردن برای گیاه ذرت شیرین و ماش انجام گرفت. مدیریت علف‌های هرز نیز متناسب با

تیمارهای آزمایشی اعمال شد. کنترل علف‌های هرز در تیمار عـاری از علف‌هرز با استفاده از وجین مکرر در طی فصل انجـام شـد و از هـیچ نوع علف‌کشی در آزمایش استفاده نشد. آبیاری نیز به صورت جـوی و پشته اعمال می‌گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental location

بافت Texture	عمق (سانتی-متر) Dept (cm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر ×۱۰^{۳}) Ec (dS.m^{-1})× 10^{3}	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن (٪) N (%)	فسفر(میلی‌گرم بر کیلوگرم P (mg.kg^{-1})	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg^{-1})
لومی رسی سیلتی Silty clay loam	0-30	0.5	7.7	0.4	0.04	9	400

در زمان برداشت (اوایل آبان) نیز با حذف اثرات حاشیه (نیم‌متـر از دو سر کرت و ردیف‌های کناری)، از دو ردیف وسط به طول سه متـر (مساحت ۳/۶ مترمربع) عملکرد دانه کنسروی، عملکـرد زیسـتی ذرت شیرین و همچنـین عملکـرد دانـه و زیسـتی مـاش محاسـبه گردیـد. شاخص برداشت دانه کنسروی ذرت شـیرین از نسـبت عملکـرد دانـه کنسروی به وزن بلال‌ها (عملکرد بلال) محاسبه شد. اجـزاء عملکـرد این دو گونه نیز با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته از هـر کـدام از گونـه هـا اندازه گیری شد. جهت تعیین وزن خشک علـف‌هـای هـرز در زمـان برداشت محصول، تمامی علف‌های هـرز در تیمارهـای بـدون کنتـرل علف هرز از مساحت ۱/۲ مترمربع برداشـت شـده داخـل پاکـت‌هـای کاغذی قرار گرفته و به مدت ۴۸ ساعت درون آون بـا درجـه حـرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و توزین شدند.

برای به‌دست آورن میزان سودمندی کشـت مخلـوط از شـاخص نسبت برابری زمین[1] (LER) استفاده شد.

برای محاسبه شاخص نسبت برابری زمـین از معادلـه ۱ اسـتفاده شد (Mansouri et al., 2013).

$$LER = (Y_{ic} / Y_{sc}) + (Y_{im} / Y_{sm}) \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله، Y_{ic} و Y_{im}: به‌ترتیب عملکـرد دانـه کنسـروی ذرت شیرین و عملکرد دانه ماش در کشـت مخلـوط و Y_{sc} و Y_{sm}: بـه ترتیب عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین و عملکـرد دانـه مـاش در کشت خالص می باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شـامل تجزیـه واریـانس و مقایسـه میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی دار[2] (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین

نتایج تجزیـه واریـانس داده‌هـا نشـان داد کـه تیمارهـای کشـت مخلوط و همچنین رقابت علف‌های هرز بر وزن هزار دانه، تعداد دانـه در ردیف بلال، عملکرد زیستی و عملکرد دانه کنسروی ذرت شـیرین تاثیر معنی‌داری داشت، ولی تعداد ردیف دانه در بلال تحت تأثیر هیچ یک از فاکتورهای آزمایش تغییر معنی‌داری نداشت. شاخص برداشـت دانه کنسروی نیز تنها تحت تأثیر معنی‌دار رقابت علف‌های هـرز قـرار گرفت. برهمکنش کشت مخلوط و رقابت علف‌های هرز نیز بـر هـیچ یک از صفات مـورد ارزیـابی ذرت شـیرین تـأثیر معنـی‌داری نداشـت (جدول ۲).

وزن هزار دانه: مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط بر وزن هزار دانه ذرت شیرین نشان داد که بـه‌ترتیـب بیشـترین (۳۰۱/۷۶ گـرم) و کمتـرین (۲۸۱/۷۹ گـرم) وزن هـزار دانـه ذرت شـیرین مربـوط بـه تیمارهای مخلوط افزایشی ۲۰ و ۸۰ درصد تـراکم مطلـوب مـاش بـا ذرت شیرین بود و افزایش ۲۰ و ۴۰ درصد تراکم ماش باعث افـزایش این صفت نسبت به کشت خـالص ذرت شـیرین شـد کـه البتـه ایـن افزایش تنها در مخلوط افزایشی ۲۰ درصد ماش معنی‌دار بود (جـدول ۳). حضور ماش با تراکم کم (۲۰ درصد) در کنار ذرت شیرین از طریق بهبود حاصلخیزی خاک و همچنین پوشش زمین و کاهش رشد علف-

1- Land Equivalent Ratio

2- Least significant different test

های هرز باعث بهبود رشد و عملکرد ذرت شیرین شده است، ولی با افزایش بیشتر تراکم ماش به‌دلیل افزایش رقابت بین بوته‌های ماش و ذرت شیرین از مزیت‌های حضور ماش کاسته شده و وزن هزار دانه ذرت شیرین کم شده است. مقایسه میانگین رقابت علف‌های هرز نیز بر وزن هزار دانه ذرت شیرین نیز نشان داد که عدم کنترل علف هرز کاهش معنی‌دار ۱۳/۸ درصدی وزن هزار دانه ذرت شیرین را به همراه دارد (جدول ۴).

تعداد دانه در ردیف بلال: مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط بر تعداد دانه در ردیف بلال ذرت شیرین نشان داد که به‌ترتیب بیشترین (۲۴/۳۱ دانه در ردیف بلال) و کمترین (۲۰/۶۲ دانه در ردیف بلال) تعداد دانه در ردیف بلال مربوط به تیمارهای مخلوط افزایشی ۴۰ و ۸۰ درصد تراکم مطلوب ماش با ذرت شیرین بود (جدول ۳). این افزایش تعداد دانه در ردیف در کشت مخلوط ذرت شیرین و ۴۰ درصد ماش را می‌توان به افزایش نیتروژن قابل دسترس برای ذرت شیرین به‌دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ماش و افزایش ظرفیت فتوسنتزی و رشد ذرت شیرین مربوط دانسته که در نتیجه اختصاص فتوآسمیلات بیشتر به بخش زایشی (بلال) تعداد دانه در ردیف افزایش یافته است، ولی البته این مزیت بهبودی حاصلخیزی خاک در اثر حضور ماش در مخلوط‌های افزایش درصد بالاتر ماش (۶۰ و ۸۰ درصد) از طریق ایجاد مسئله رقابت و تشدید آن خنثی شده است به‌طوری که در تراکم‌های بالاتر ماش دیگر بهبودی در این صفت برای ذرت شیرین در مقایسه با کشت خالص آن ایجاد نشده است. مقایسه میانگین اثر رقابت علف‌های هرز نشان می‌دهد که میزان تعداد دانه در ردیف تحت تأثیر حضور علف‌های هرز قرار گرفت به‌طوری‌که عدم کنترل علف‌هرز، باعث کاهش ۲۴ درصدی تعداد دانه در ردیف ذرت شیرین شده است (جدول ۴).

عملکرد دانه کنسروی: مقایسه میانگین اثر سیستم کشت بر میزان عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین نشان داد که تنها تیمارهای مخلوط افزایشی ۴۰ و ۶۰ درصدی ماش توانستند برتری معنی‌داری در این صفت نسبت به کشت خالص ذرت شیرین ایجاد نمایند و مخلوط افزایشی ۸۰ درصدی ماش نه تنها افزایشی ایجاد نکرد بلکه باعث کاهش معنی‌دار این صفت نسبت به کشت خالص ذرت شیرین را به همراه داشت به‌طوری‌که بیشترین (۷۹۸۳/۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۶۴۲۵/۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین به ترتیب از مخلوط‌های افزایش ۴۰ و ۸۰ درصدی ماش حاصل گردید (جدول ۳). اختلاف ارتفاع این دو گیاه، جدا بودن آشیان‌های اکولوژیک در استفاده از منابع و کاهش رقابت بین دو گیاه از جمله عواملی هستند که سبب سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه و تولید عملکرد دانه کنسروی بالاتر نسبت به تک‌کشتی آن‌ها شده است. افزایش نیتروژن قابل دسترس برای ذرت شیرین توسط گیاه ماش و همچنین پوشش بیشتر زمین جهت سرکوبی رشد علف‌های هرز در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و رشد ذرت شیرین شده و به‌تبع آن تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه ذرت شیرین افزایش پیدا کرده که باعث بهبود عملکرد این محصول شده است. ولی در تراکم‌های بالای ماش تاحدودی رقابت بین‌گونه‌ای برای دو گیاه شدت یافته که نهایتاً باعث کاهش عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین شده است. در همین راستا محققان با بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بر فرونشانی علف‌های هرز گزارش دادند که بیشترین عملکرد دانه ذرت (۸۸۴۴ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط افزایشی با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت + ۲۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (Jamshidi et al., 2011). این تیمار مخلوط به‌دلیل رقابت بالای ذرت با علف‌های هرز و پوشش بیشتر زمین توسط لوبیا چشم بلبلی کمترین ماده خشک علف‌هرز را داشته و موفق به کنترل بیشتر علف‌های هرز شده است. مقایسه میانگین اثر رقابت علف‌های هرز بر میزان عملکرد دانه کنسروی ذرت شیرین نیز نشان داد که عدم کنترل علف‌های هرز نسبت به شرایط کنترل علف‌های هرز، کاهش ۴۲/۶ درصدی این صفت را به همراه داشته است (جدول ۴).

عملکرد زیستی: مقایسه میانگین اثر سیستم کشت بر میزان عملکرد زیستی ذرت شیرین نشان که بیشترین (۳۴۳۵۸/۶۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۳۱۴۸۸/۵۲ کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد زیستی به‌ترتیب از تیمارهای ذرت شیرین + ۴۰ درصد ماش و ذرت شیرین + ۸۰ درصد ماش به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد حضور ماش در سیستم مخلوط با تراکم بالا (۸۰ درصد) به‌دلیل افزایش شدت رقابت بین دو گونه از سودمندی‌های حضور این گیاه کاسته است، به طوری‌که حتی رشد رویشی ذرت شیرین را نیز تحت الشعاع قرار داده است. عملکرد زیستی ذرت شیرین همچنین در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز نسبت به شرایط کنترل علف‌های هرز ۲۰/۶۴ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در همین راستا در تحقیقی که اثر کشت مخلوط افزایشی تراکم‌های مختلف سویا (*Glycine*

max L.)بر عملکرد اقتصادی و بیولوژیک ذرت مورد بررسی قرار گرفت مشخص شد که بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت مربوط به کشت خالص ذرت با وجین کامل علف‌های هرز بود که البته با تیمار کشت مخلوط ۴۵ درصد سویا با ذرت بدون وجین در یک سطح آماری قرار گرفت (Hamzei & Ghamari Rahim, 2014 b). این نتایج بیانگر آن است که با این‌که رقابت علف‌های هرز کاهش قابل توجه عملکرد ذرت را به‌دنبال دارد، ولی پوشش بیشتر زمین در کشت مخلوط با محصولاتی نظیر سویا، ماش و لوبیا امکان کنترل بهتر علف‌های هرز را فراهم می کند و از اثرات رقابتی آن‌ها می‌کاهد (Abdin et al., 2000)

شاخص برداشت دانه کنسروی: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار سیستم کشت بر این صفت، رقابت علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری بر این صفت به همراه داشته است به طوری که در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز شاخص برداشت دانه کنسروی نسبت به شرایط کنترل علف‌های هرز ۲۰/۴۸ درصد کاهش یافت (جدول ۴). با توجه به اینکه حضور علف‌های هرز در تیمار عدم کنترل از طریق رقابت با بوته‌های ذرت شیرین برای آب، نور و عناصر غذایی از ظرفیت فتوسنتزی ذرت شیرین کاسته و افت عملکرد دانه کنسروی را بیش از عملکرد بلال (نتایج نشان داده نشده است) به همراه داشته است و با توجه به این‌که شاخص برداشت دانه کنسروی از حاصل تقسیم عملکرد دانه کنسروی بر عملکرد بلال به‌دست می‌آید، لذا کاهش شاخص برداشت دانه کنسروی در اثر رقابت علف‌های هرز نیز دور از انتظار نمی‌تواند باشد.

عملکرد و اجزای عملکرد ماش

آنالیز داده‌ها نشان داد رقابت علف‌های هرز و سیستم کشت بر تمامی صفات وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ماش تأثیر معنی‌داری داشت، ولی برهم‌کنش این دو فاکتور آزمایشی تنها بر صفات عملکرد دانه و عملکرد زیستی این گیاه تأثیر معنی‌داری ایجاد کرد (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقابت علف هرز و سیستم کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of weed competition and cultivation system on yield and yield component of sweet corn

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن هزار دانه 1000-seed weigh	تعداد ردیف دانه در بلال Seed row per ear	تعداد دانه در ردیف Seed number per row	عملکرد دانه کنسروی Canned grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت دانه کنسروی Harvest index of canned grain
تکرار Replication	2	4.22	0.32	3.82	1209359	8506927	10.75
علف‌هرز Weed (A)	1	14221.99**	0.45 ns	279.65**	115986728**	433266882**	972.53**
سیستم کشت Cultivation system (B)	4	409.51**	0.08 ns	11.06*	2421905**	8068272*	3.30 ns
علف هرز ×سیستم کشت A × B	4	16.83 ns	0.03 ns	0.90 ns	191437 ns	2456528 ns	5.87 ns
خطا Error	18	39.82	0.14	2.76	218418	2083974	14.63
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.14	2.76	7.42	6.42	4.37	7.66

ns، ** و *: به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده سیستم کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین

Table 3- Mean comparison of the simple effect of cultivation system on yield and yield components of sweet corn

سیستم کشت Cultivation system	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	تعداد دانه در ردیف Seed number per row	عملکرد دانه کنسروی (کیلوگرم در هکتار) Canned grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
ذرت شیرین خالص Pure sweet corn	294.0	22.0	7125.90	32763.2
ذرت شیرین +۲۰ درصد ماش Sweet corn + 20% Mung bean	301.8	22.9	7816.80	33975.5
ذرت شیرین +۴۰ درصد ماش Sweet corn + 40% Mung bean	301.5	24.3	7983.70	34358.6
ذرت شیرین +۶۰ درصد ماش Sweet corn + 60% Mung bean	291.3	22.1	7000.90	32507.5
ذرت شیرین +۸۰ درصد ماش sweet corn + 80% Mung bean	281.8	20.6	6425.60	31488.5
حداقل تفاوت معنی دار LSD (0.05)	7.65	2.01	566.88	1751.00

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر رقابت علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین

Table 4- Mean comparison of the effect of weed competition on yield and yield components of sweet corn

رقابت علف‌های هرز Weed competition	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed Weight (g)	تعداد دانه در ردیف Seed number per row	عملکرد دانه کنسروی (کیلوگرم در هکتار) Canned grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت دانه کنسروی (درصد) Harvest index of canned grain (%)
بدون علف هرز Without weed	315.85	25.45	9236.85	36818.96	55.59
با علف هرز With weed	272.31	19.34	5304.31	29218.38 b	44.2
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD (0.05)	1.36	1.27	358.53	1107.50	2.93

وزن هزار دانه: طبق مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) تأثیر سیستم کشت بر وزن هزار دانه ماش نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه ماش (۴۰/۸۱ گرم) مربوط به تیمار ذرت شیرین + ۶۰ درصد ماش و کمترین وزن هزار دانه (۳۷/۷۴ گرم) مربوط به کشت خالص ماش بود. با توجه به این‌که کشت خالص ماش از تراکم بالاتری نسبت به تیمارهای مخلوط برخوردار است، می‌توان اظهار داشت در سیستم‌های مخلوط افزایشی تراکم کمتر ماش باعث رشد بیشتر تک بوته‌های ماش شده که به دنبال آن انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه و افزایش وزن هزار دانه ماش را باعث شده است. مقایسه میانگین داده‌ها همچنین نشان داد که وزن هزار دانه ماش در شرایط حضور علف‌هرز به‌میزان ۱۲/۹۵ درصد نسبت به شرایط بدون علف-هرز کاهش نشان داده است (جدول ۷).

تعداد غلاف در بوته: مقایسه میانگین اثر سیستم کشت بر تعداد غلاف در بوته ماش (جدول ۶) نشان داد که در سه سیستم کشت مخلوط ذرت با ۴۰،۲۰ و ۶۰ درصد ماش، نسبت به کشت خالص ماش تعداد غلاف در بوته ماش افزایش معنی‌داری داشته است که این افزایش می‌تواند به دو دلیل تراکم کمتر ماش نسبت به کشت خالص و همچنین سرکوبی بیشتر علف‌های هرز در این سیستم‌های مخلوط باشد. همچنین این نتایج نشان داد که در کشت مخلوط افزایشی ذرت و ۸۰ درصد ماش در این صفت نسبت به کشت خالص بهبودی حاصل نشده که به‌دلیل افزایش شدت رقابت بین ذرت و ماش در این سیستم کشت می‌باشد. مقایسه میانگین اثر علف‌های هرز بر تعداد غلاف ماش نیز نشان داد که در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز نسبت به شرایط کنترل علف‌های هرز این صفت ۲۶/۹

درصد کاهش نشان داد (جدول ۷). در مطالعه‌ای که روی کشت مخلوط ارزن علوفه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) و لوبیا چشم-بلبلی صورت گرفت مشاهده شد که با افزایش نسبت ارزن در مخلوط، تعداد غلاف در بوته لوبیا چشم‌بلبلی کاهش یافت (Hosseini et al., 2004). بر این اساس عنوان گردید که دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته می‌تواند ناشی از رقابت شدیدتر ارزن با لوبیا چشم‌بلبلی در مخلوط این دو در نسبت‌های بالای ارزن باشد.

تعداد دانه در غلاف: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی سیستم‌های مخلوط نسبت به سیستم کشت خالص ماش، تعداد دانه در غلاف ماش افزایش یافت که البته تنها در دو سیستم مخلوط ذرت با ۴۰ و ۶۰ درصد ماش این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۶). این نتایج بیانگر تأثیر مثبت سیستم مخلوط نسبت به تک‌کشتی در رابطه با بهبود شرایط رشدی برای ماش می‌باشد، چرا که در این حالت از رشد علف‌های هرز کاسته شده است. مقایسه میانگین اثر رقابت علف‌های هرز بر این صفت نیز بیانگر کاهش ۱۵ درصدی این صفت در اثر حضور علف‌های هرز بود (جدول ۷).

عملکرد دانه: با توجه به معنی‌دار شدن برهم‌کنش تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه‌ی ماش، تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سیستم کشت در هر سطح علف‌هرز صورت گرفت و نتایج نشان داد که در هر دو حالت حضور و عدم حضور علف‌های هرز، بین سیستم‌های کشت از لحاظ عملکرد دانه ماش تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۸). مقایسه میانگین برهم‌کنش سیستم کشت و علف‌های هرز نشان داد در هر دو حالت حضور و عدم حضور علف‌های هرز بیشترین عملکرد دانه ماش مربوط به کشت خالص این محصول بوده است که البته با توجه به تراکم کاشت بیشتر در این حالت کشت این نتیجه نیز دور از انتظار هم نبوده است، ولی نتایج همچنین نشان داد که در شرایط عدم حضور علف‌های هرز سیستم مخلوط ذرت و ۸۰ درصد ماش، عملکردی مشابه (فاقد اختلاف معنی‌دار) با کشت خالص ماش داشت و در حالت حضور علف‌های هرز سیستم های کشت مخلوط ذرت با ۶۰ و ۸۰ درصد ماش عملکرد دانه مشابه کشت خالص ماش ایجاد کردند که این نتایج بیانگر آن است که در شرایط حضور علف‌های هرز سیستم مخلوط سودمندی بیشتری برای ماش نسبت به کشت خالص فراهم کرده که توانسته حتی ۴۰ درصد تراکم کاشت کمتر ماش را جبران کند (جدول ۹). در تحقیقی که روی کشت مخلوط افزایشی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی انجام گرفته است، مشاهده شده که در شرایط کنترل علف‌های هرز، میانگین عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص بیشتر از هر یک از گیاهان در تیمارهای مخلوط بوده است (Abadian et al., 2014). به‌نظر می‌رسد برتری عملکرد دانه در کشت خالص ناشی از افزایش رقابت در کشت مخلوط باشد. در ارزیابی کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا چیتی نیز مشاهده شده که اثر تیمار کشت مخلوط بر عملکرد دانه لوبیا چیتی معنی‌دار بوده و بیشترین عملکرد دانه لوبیا چیتی در تیمار کشت خالص لوبیا چیتی با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به‌دست آمده است (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012). بیشتر بودن تراکم لوبیا چیتی موجب شد که لوبیا چیتی با استفاده بیشتر از عوامل محیطی بیشترین عملکرد دانه را تولید کند.

عملکرد زیستی: با توجه به معنی‌دار شدن برهم‌کنش تیمارهای آزمایش بر عملکرد زیستی ماش، تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سیستم کشت در هر سطح علف‌هرز صورت گرفت و نتایج نشان داد که در هر دو حالت حضور و عدم حضور علف‌های هرز، بین سیستم‌های کشت از لحاظ عملکرد زیستی ماش تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۸). مقایسه میانگین برهم‌کنش سیستم کشت و علف‌های هرز نشان داد که در تمامی سیستم‌های کاشت حضور علف‌های هرز باعث کاهش عملکرد زیستی ماش شده است همچنین در هر دو شرایط حضور و عدم حضور علف‌های هرز بیشترین عملکرد زیستی مربوط به کشت خالص ماش بوده و در سیستم‌های مخلوط (به‌دلیل کاهش تراکم ماش نسبت به کشت خالص) عملکرد زیستی کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. البته با توجه دقیق‌تر به این نتایج می‌توان مشاهده نمود که در شرایط عدم حضور علف‌های هرز در سیستم‌های مخلوط ذرت با ۲۰، ۴۰،۶۰ و ۸۰ درصد ماش نسبت به کشت خالص ماش کاهش عملکرد زیستی به‌ترتیب برابر با ۷۹، ۵۲، ۳۳ و ۲۲/۵ درصد بوده است، در حالتی که در شرایط حضور علف‌های هرز این کاهش‌ها به‌ترتیب برابر با ۷۵، ۴۳، ۱۹ و ۱۷ درصد بوده است (جدول ۹). این نتایج بیانگر افزایش سودمندی سیستم مخلوط نسبت به تک‌کشتی در رابطه با سرکوبی علف‌های هرز می‌باشد چرا که در سیستم مخلوط از طریق کاهش خسارت علف‌های هرز باعث شده که کاهش عملکرد در اثر تراکم کمتر نسبت به کشت خالص تا حدودی جبران گردد.

شاخص برداشت: مقایسه میانگین اثر سیستم کشت بر

شاخص برداشت بیانگر افزایش معنی‌دار این صفت در سیستم‌های مخلوط نسبت به کشت خالص ماش بود به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت (۳۰ درصد) مربوط به سیستم مخلوط ذرت شیرین با ۲۰ درصد ماش و کمترین شاخص برداشت (۲۲/۷ درصد) مربوط به کشت خالص ماش بود (جدول ۶). توجیه این نتیجه را می‌توان به تراکم کمتر ماش در سیستم‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی مربوط دانست، به‌طوری‌که در این حالت وجود فضای بیشتر برای تک بوته‌ها افزایش توان فتوسنتزی در زمان پس از گلدهی و توزیع بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را به‌دنبال داشته و نهایتاً شاخص برداشت بیشتر را به‌همراه خواهد داشت باشد. همچنین مقایسه میانگین اثر رقابت علف‌های هرز بر شاخص برداشت ماش نشان داد که این صفت در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز، نسبت به شرایط کنترل ۸/۵۹ درصد کاهش یافت (جدول ۷) که این نتیجه بیانگر تأثیر بیشتر رقابت علف‌های هرز بر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک می‌باشد (Hamzei & Ghamari Rahim, 2014b)

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقابت علف‌های هرز و سیستم کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) the effect of weed competition and cultivation system for yield and yield component of mungbean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی D.F	وزن هزاردانه 1000-seed weight	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.42	1.55	0.05	215668.	1483371	1.21
علف‌هرز Weed (A)	1	223.42 **	1300.34 **	21.62 **	3817624. **	26869658. **	43.97**
سیستم کشت Cultivation system (B)	4	9.59 **	90.80 **	0.63 *	4744918 **	93316383 **	52.46**
علف هرز ×سیستم کشت A × B	4	0.31 ns	8.84 ns	0.18 ns	307622**	3311273 **	0.743 ns
خطا Error	18	0.58	8.03	0.18	38994	556771	3.43
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.93	6.70	4.13	8.66	8.57	6.86

ns، ** و *: به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

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

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر ساده سیستم کشت برای عملکرد و اجزای عملکرد ماش

Table 6- Mean comparisons of the simple effect of cultivation system on yield and yield components of mungbean

سیستم کشت Cultivation system	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight (g)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed Number per pod	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
کشت خالص ماش Pure mung bean	37.74	37.13	10.08	22.68
ذرت شیرین +۲۰ درصد ماش Sweet corn+20% Mung bean	38.80	45.00	10.49	30.07
ذرت شیرین +۴۰ ٪ ماش Sweet corn+40% Mung bean	40.53	45.48	10.86	28.24
ذرت شیرین +۶۰ ٪ ماش Sweet corn+60% Mung bean	40.81	44.73	10.76	26.05
ذرت شیرین +۸۰ ٪ ماش Sweet corn+80% Mung bean	39.27	39.06	10.17	27.75
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD (0.05)	0.92	3.43	0.52	2.24

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده رقابت علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش

Table 7- Mean comparisons of the simple effect of weed competition on yield and yield components of mungbean

رقابت علف‌های هرز Weed competition	وزن هزاردانه 1000-seed weight (g)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed Number per pod	شاخص برداشت Harvest index (%)
بدون علف هرز Without weed	42.18	48.86	11.34	28.17
با علف هرز With weed	36.17	35.69	9.64	25.75
حداقل تفاوت معنی دار LSD (0.05)	0.58	2.17	0.33	1.42

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برش‌دهی اثر سیستم کشت در سطوح مختلف رقابت علف‌های هرز برای عملکرد دانه و زیستی ماش

Table 8- Slicing analysis of variance (mean of squares) the effect of cultivation system at different levels of weed competition for grain and biological yield of mung bean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield
بدون علف هرز Without weed	4	3638219**	64018347**
با علف هرز With weed	4	1414322**	32609310**

ns، ** و *: به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

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

جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش سیستم کشت و رقابت علف‌های هرز بر عملکرد دانه و زیستی ماش

Table 9-Mean comparison of the effect of cultivation system and weed competition interaction on grain and biological yield of mung bean

	تیمار Treatment	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})
بدون علف هرز Without Weed	کشت خالص ماش Pure mung bean	3710.2	15397.1
	ذرت شیرین +۲۰ درصد ماش Sweet corn+20% Mung bean	975.4	3198.1
	ذرت شیرین +۴۰ ٪ ماش Sweet corn+40% Mung bean	2181.9	7403.9
	ذرت شیرین +۶۰ ٪ ماش Sweet corn+60% Mung bean	2841.3	10316.5
	ذرت شیرین +۸۰ ٪ ماش Sweet corn+80% Mung bean	3467.4	11933.1
	حداقل تفاوت معنی دار LSD (0.05)	352.01	1358.8
با علف هرز With Weed	کشت خالص ماش Pure mung bean	2401.2	11256.8
	ذرت شیرین +۲۰ درصد ماش Sweet corn+20% Mung bean	813.8	2769.9
	ذرت شیرین +۴۰ ٪ ماش Sweet corn+40% Mung bean	1703.0	6320.8
	ذرت شیرین +۶۰ ٪ ماش Sweet corn+60% Mung bean	2242.2	9109.6
	ذرت شیرین +۸۰ ٪ ماش Sweet corn+80% Mung bean	2448.8	9327.7
	حداقل تفاوت معنی دار LSD (0.05)	365.4	1521.3

علف‌های هرز

مهم‌ترین علف‌های هرز مشاهده شده در مزرعه شامل، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، پیچک صحرائی (*Convolvulus arvensis* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli*)، خرفه (*Portulaca oleraceae* L.)، آفتاب‌پرست (*Heliotropium europaeum* L.) و عروسک پشت‌پرده (*Physalis alkekengi* L.) بودند.

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۱۰)، تأثیر سیستم کشت بر وزن خشک علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین بیانگر این است که بیشترین وزن خشک علف‌های هرز (۸۰۲/۴۵ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار ماش خالص بود، که این تیمار از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کشت خالص ذرت شیرین نداشت. کمترین وزن خشک علف‌های هرز (۴۶۵/۸۹ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار ذرت شیرین + ۴۰ درصد ماش بود و این تیمار با بقیه تیمارهای مخلوط از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱). همچنین بیشترین درصد کاهش زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت شیرین (۳۴/۶۵ درصد) و کشت خالص ماش (۴۱/۹۴ درصد) در تیمار افزایشی ۴۰ درصد ماش مشاهده شد (شکل ۱). گزارش شده که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نیز نسبت به کشت خالص آن‌ها، زیست-توده علف‌های هرز کمتر بوده است و دلیل آن جایگزینی گیاه لوبیا به جای علف‌های هرز بیان شده است (Mazaheri et al., 2001). در کشت مخلوط افزایشی لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) با سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) نیز کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به کشت خالص سورگوم گزارش شده است (Sanjani et al., 2010). کشت مخلوط افزایشی از طریق ایجاد سریع‌تر پوشش گیاهی و سایه‌اندازی باعث پر شدن نیچ‌های خالی بین ردیف‌های ذرت شده و اجازه کمتری به رشد علف‌های هرز می‌دهد و با توجه به این نتایج نیز می‌توان بیان داشت که گیاه ماش یک رقیب قوی برای علف‌های هرز موجود در ردیف‌های ذرت شیرین محسوب شده و کشت مخلوط افزایشی آن با ذرت شیرین پتانسیل کاهش مصرف علف‌کش‌ها در این محصول را دارا می‌باشد.

شاخص نسبت برابری زمین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر رقابت علف‌های هرز و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر میزان شاخص برابری زمین نشان داد که هم رقابت علف‌های هرز و هم نوع کشت مخلوط (بر اساس درصد تراکم ماش در ذرت) بر این صفت تأثیر معنی‌داری داشت، ولی برهم‌کنش این عوامل بر شاخص نسبت برابری زمین معنی‌دار نبود (جدول ۱۱). همان‌گونه که جدول مقایسه میانگین اثر کشت مخلوط برای نسبت برابری زمین نشان می‌دهد، میزان این شاخص در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک و بین ۱/۴۱ و ۱/۸۹ بود (جدول ۱۲). به عبارت دیگر، ۸۹-۴۱ درصد سطح زمین بیشتری در تک‌کشتی نیاز است تا عملکردی مشابه کشت مخلوط به-دست آید. این موضوع، نشانگر سودمند بودن کشت مخلوط می‌باشد.

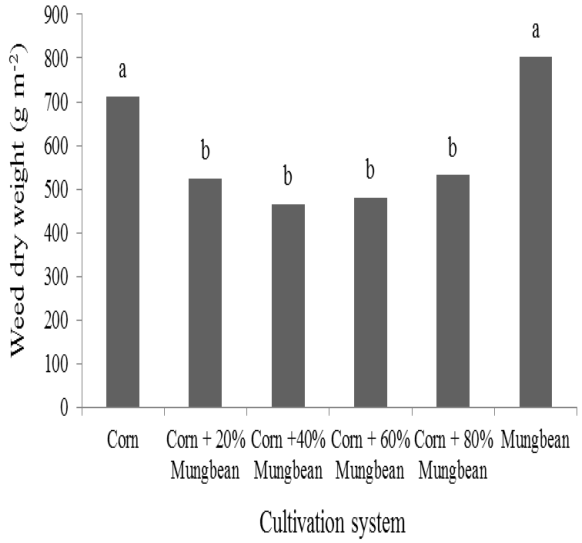
جدول ۱۰- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سیستم کشت بر وزن خشک علف‌های هرز

Table 10- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of cultivation system for weed dry weight

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن خشک علف‌های هرز Weed dry weight
تکرار Replication	2	2610.07 ^{ns}
سیستم کشت Cultivation system	5	57067.82 **
خطا Error	10	4237.65
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	11.09

ns، ** و *: به‌ترتیب نشانگر عدم معنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

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



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سیستم کشت مخلوط بر وزن خشک کل علف‌های هرز
Fig. 1- Mean comparisons for the effect of cultivation system on weed dry weight

نتایج مقایسه میانگین اثر رقابت علف‌های هرز نشان داد که میزان LER در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز (۱/۸۵) بیشتر از شرایط کنترل (۱/۶۳) می‌باشد (جدول ۱۳) که این نشان‌دهنده اثر سودمندی کشت مخلوط در کنترل علف‌های هرز می‌باشد (Koocheki et al., 2010)

نسبت برابری زمین بیشتر از یک معیاری از جذب نور بهتر و کارائی مصرف بالاتر آن در مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌باشد، همچنین نشان‌دهنده رقابت بهتر و استفاده بهینه از منابع نظیر نیتروژن و آب در کشت مخلوط می‌باشد. برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است بر اثر تلفیقی از عوامل مختلف هم‌چون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی باشد (Bigonah et al., 2014)، همچنین وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط می‌تواند علت این کارآمدی محسوب شود.

جدول ۱۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقابت علف‌های هرز و سیستم کشت بر نسبت برابری زمین در کشت مخلوط
Table 11- The analysis of variance (mean of squares) the effects of weed competition and cuitivation system for land equivalent ratio (LER) in intercropping

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	نسبت برابری زمین (LER)
تکرار Replication	2	0.06
علف‌هرز Weed	1	0.28 **
سیستم کشت Cultivation system	3	0.31 **
علف‌هرز× سیستم کشت Weed× cultivation system	3	0.01 ns
خطا Error	14	0.007
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		4.9

ns، ** و *: به ترتیب نشانگر عدم معنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.
ns, ** and * indicates non-significant, significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر سیستم کشت مخلوط ذرت شیرین و ماش بر نسبت برابری زمین
Table 12- Mean comparison of the effect of intercropping of sweet corn and mung been on LER

سیستم کشت Cultivation system	نسبت برابری زمین (LER)
ذرت شیرین +۲۰ ٪ ماش Sweet corn+20% mung bean	1.41
ذرت شیرین +۴۰ ٪ ماش Sweet corn+40% mung bean	1.79
ذرت شیرین +۶۰ ٪ ماش Sweet corn+60% mung bean	1.85
ذرت شیرین +۸۰ ٪ ماش Sweet corn+80% mung bean	1.89
حداقل تفاوت معنی دار LSD (0.05)	0.11

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر رقابت علف‌های هرز بر نسبت برابری زمین
Table 13- Mean comparison of the effect of weed competition on land equivalent ratio (LER)

رقابت علف‌های هرز Weed competition	نسبت برابری زمین LER
بدون علف هرز Without weed	1.63
با علف هرز With weed	1.8
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD (0.05)	0.07

در بررسی تأثیر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت و ماش بر عملکرد، اجزای عملکرد و زیست‌توده علف‌های هرز گزارش شده که نسبت برابری زمین کل در کلیه تیمارهای مورد بررسی بالاتر از یک بود و همچنین بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۷۵) در تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد ماش و کمترین نسبت برابری زمین (۱/۱۹) در تیمار ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد ماش مشاهده گردیده است (Nazari et al., 2013). افزایش تدریجی نسب برابری زمین در سری‌های افزایشی نسبت به جایگزینی حاکی از تولید نسبتاً خوب ذرت و ماش در این تیمارهاست. علت این موضوع می‌تواند رشد مستقیم ذرت و رونده ماش باشد که تأثیر کمتری بر یکدیگر داشته‌اند (Nazari et al., 2013).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله از این آزمایش سیستم کشت مخلوط افزایش ذرت شیرین و ماش در تمامی سطوح افزایشی ماش سودمندی بالاتری نسبت به تک‌کشتی گونه‌های مزبور داشت، به‌طوری‌که نسبت برابری زمین در همه آن‌ها از یک بالاتر بود و در سیستم‌های مخلوط از طریق سایه اندازی بیشتر و اشغال فضای بیشتر، شرایط برای رشد علف‌های هرز سخت‌تر شده و باعث کاهش رشد آن‌ها شد. همچنین با جمع‌بندی نتایج حاصله و بررسی صفات مختلف، کشت مخلوط افزایشی ذرت شیرین و ۴۰ درصد ماش (به دلیل عملکرد دانه کنسروی بیشتر ذرت شیرین و همچنین عملکرد قابل قبول ماش و کمترین وزن خشک علف‌های هرز) به‌عنوان سیستم کشت مخلوط مناسب برای این دو گونه معرفی می‌گردد.

منابع

Abadian, H., Yarnia, M., Pirdashti, H., Abasi, R., and Farahvash, F. 2014. Evaluation of basil (*Ocimum basilicum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) intercropping at different nitrogen fertilizer levels and its effect on weed density.

Iranian Journal of weed science 9: 187-199. (In Persian with English Summary)

Abdin, O.M., Coulman, B.E., Cloutier, D., Faris, M.A., Zhou, X., and Smith, D.L. 2000. Yield and yield components of corn inter seeded with cover crops. Agronomy Journal 90: 63-68.

Baumann, D.T., Bastians, L., Gaudian, I., Vanlar, H.H., and. Kroff, M.J. 2002. Analysing crop yield and plant quality in an intercropping system using an eco-physiological model for interplantcompetition. Agricultural Systems 13: 173-203.

Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander and fenugreek. Iranian Journal of Field Crops Research 12(3): 369-377. (In Persian with English Summary)

Delafuente, E.B., Suarez, S.A., and Ghersa, C.M. 2006. Soybean weeds community composition and between 1995 and 2003 in the rolling pampas (Argentina). Agriculture, Ecosystems and Environment 115: 229-236.

Hamzei, J., and Ghamari Rahim, N. 2014a. Evaluation of the effect of additive intercropping of *Phaseolus vulgaris* in weed control at the maize field and its effects on yield and land use efficiency. Journal of Crop Production and Processing 3(10): 89-99. (In Persian with English Summary)

Hamzei, J., and Ghamari Rahim, N. 2014 b. Evaluation of corn-soybean intercropping advantages using agronomic and weed control efficiency indices. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 24(3): 61-74. (In Persian with English Summary)

Hosseini, M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2004. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Pajouhesh and Sazandegi 59: 60-67. (In Persian with English Summary)

Jamshidi, K., Mazaheri, D., Majnoun Hosseini, N., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, S.A. 2011. Investigation of corn/cowpea intercropping effect on suppressing the weeds. Iranian Journal of Field Crops Research 42(2): 233-241. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feizi, H., Amirmoradi, S., and Mondani, F. 2010. Effect of strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and land equivalent ratio in weedy and weed free conditions. Journal of Agroecology 2(2)225-235. (In Persian with English Summary)

Liebman, M., and Davis, A.S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low external-input farming systems. Weed Research 40: 27-47.

Mansouri, L., Jamshidi, K., Rastgoo, M., Saba, J., and Mansouri, J. 2013. The effect of additive maize-bean intercropping on yield, yield components and weeds control in Zanjan climate conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 483-492. (In Persian with English Summary)

Mazaheri, D., Movahhedi Dehnavi, M., Bankesaz, A., Hosein Zadeh, A., and Ghanadha, M.R. 2001. Effect of corn and bean intercropping on weed control. Pajouhesh and Sazandegi 47(2): 45-51. (In Persian with English Summary)

Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R., and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012. Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 22(2): 79-90. (In Persian with English Summary)

Nazari, S., Zand, E., Asadi, S., and Golzardi, F. 2013. Effect of additive and replacement intercropping series of corn (*Zea mays* L.) and mungbean (*Vigna radiate* L.) on yield, yield components and weed biomass. Weed Research Journal 4(2): 97-109. (In Persian with English Summary)

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2010. Effect of additive intercropping sorghum/cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 85-95. (In Persian with English Summary)

Silva, P.S.L., Oliveira, O.F, Silva, P.I.B., Silva, K.M.B., and Braga, J.D. 2009. Effect of cowpea intercropping on weed control and corn yield. Planta Daninha 27: 491-497.

Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Yudate, T., and Nakamura, S. 2009. Yield losses of soybean and maize by competition with inter seeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. Field Crops Research 113: 342–351.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 120-134

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص۱۳۴-۱۲۰

The Effect of Additive Intercropping on Yield and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays* L.var. Saccharata) and Mungbean (*Vigna radiate* L.) and Weed Biomass

A. Gholi Nejad[1], A. Yadavi[2*], M. Movahhedi Dehnavi[2] and H. Farajee[2]

Submitted: 29-02-2016
Accepted: 02-01-2017

Gholi Nejad, A., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Farajee, H. 2018. The effect of additive intercropping on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. var. Saccharata) and mungbean (*Vigna radiate* L.) and weed biomass. Journal of Agroecology 10(1): 120-134.

Introduction

Weeds are one of the most important factors in reducing crop yield. Excessive use of herbicides for weed control because of the environmental pollution and ecological damaging effects does not have the necessary sustainability. One of the strategies to reduce the herbicides use in agriculture is use of intercropping systems with cover crops. Additive intercropping of different crop together through create an intense competition micro-ecosystem, provided the conditions that weeds damage would be minimized in these situations. This study was conducted to evaluate the quantitative usefulness of sweet corn-mungbean intercropping and its effect on weed control.

Materials and Methods

The experiment was conducted as factorial base on randomized complete block design with three replications. The first factor consisted of 6 levels of different cultivation systems (sweet corn and mungbean monoculture, intercropping of 20, 40, 60 and 80 percent of net density mungbeans with sweet corn) and the second factor was two levels of control and lack of weed control. Each plot had a length of 6 meters, including 4 rows by 60 cm distance. In monocultures, sweet corn (8.3 plant m^{-2} density) with 20 cm plant spacing and mungbean (8.23 plantm^{-2} density) with 7 cm plant spacing were planted. In intercropping treatments also sweet corn and mungbean were planted on both sides of the heap that plant spacing for sweet corn was 20 cm and for mungbean base on additive intercropping treatment were 8.7, 11.6, 17.5 and 35.8 cm respectively for creation of 80, 60, 40 and 20 percent of mungbean optimal density.

Results and Discussion

Weed competition reduced 1000 seed weight, seed number per row and canned grain yield of sweet corn by 13.8, 24 and 42.6 percent respectively. The highest (301.7 g) and lowest (281.8 g) of 1000 seed weight of sweet corn were related to intercropping of 20 and 80% optimal mungbean density with sweet corn, respectively. The highest (24.3) and lowest (20.6) of seed number per row of sweet corn were obtained respectively in intercropping of 40 and 80% optimal mungbean density with sweet corn. Compared to monoculture treatment the only intercropping treatments of 40 and 60% mungbean + sweet corn increased the canned grain yield of sweet corn significantly.

Weeds competition and cultivation system had significant effect on 1000 seed weight, pod number per plant, seed number per pod, grain yield, biological yield and harvest index of mungbean. Treatments of 60% mungbean + sweet corn intercropping and mungbean monoculture had the highest (40.8 g) and lowest (37.7 g) 1000 seed weight of mungbean respectively. Intercropping of sweet corn + 20, 40 and 60% mungbean treatments increased number of pods per mungbean plant compared to pure culture significantly. In all of the intercropping treatments relative to mungbean monoculture the seed number per pod was increased. In the absence of weeds, intercropping of sweet corn + 80% mungbean and in the presence of weeds, intercropping of sweet corn + 60% and 80% mungbean had the similar mungbean grain yield (no significant difference) with the mungbean

1 and 2- MSc student in Agronomy and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Yadavi@yu.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.54036

monoculture. Weed competition decreased the 1000 seed weight, pods number per plant and seed number per pod of mungbean about 13, 27 and 15 percent respectively. The highest weed dry weight (802.4 gr m^{-2}) was observed in the pure culture of mungbean without non-significant differences with the sweet corn monoculture.

The lowest weed dry weight (465.9 gr m^{-2}) was observed in the intercropping treatment of sweet corn + 40% mungbean without non-significant differences with other intercropping treatments.

In all of the intercropping treatments the land equivalent ratio was greater than one (LER≥1) and ranged from 1.41to 1.89.

Conclusions

Based on the results of this experiment, additive intercropping sweet corn and mungbean in all of additive mungbean levels had the higher usefulness than monoculture of these species and in all of the intercropping treatments land equivalent ratio was more than one (LER≥1). The best additive intercropping treatment was sweet corn + 40% mungbean.

Keywords: Canned grain yield, Competition, Harvest index, LER, Weed

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۴۵-۱۳۵

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 135-145

بررسی پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی

فریبا گودرزی[۱] و عنایت ا... توحیدی نژاد[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۹

گودرزی، ف.، و توحیدی نژاد، ع.ا. ۱۳۹۷. بررسی پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۴۵-۱۳۵.

چکیده

کمبود منابع آب و تنش خشکی یکی از مهم ترین مشکلات تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، نظیر ایران است. استفاده از برخی مواد افزودنی مانند پلیمرهای سوپر جاذب (هیدروژل) می‌تواند به حفظ و ذخیره رطوبت در خاک و استفاده بهینه از منابع محدود آب کمک نماید. به منظور بررسی اثر کاربرد سوپر جاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های مختلف ارزن (*Panicum miliaceum* L.) تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کرمان در بهار سال ۱۳۹۲ به مرحله اجرا درآمد. تیمارهای آبیاری در سه سطح آبیاری نرمال، تنش خشکی با اعمال سوپرجاذب و تنش خشکی به عنوان عامل اصلی و اکوتیپ‌های مختلف به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که در شرایط کاربرد پلیمر سوپرجاذب نسبت به عدم کاربرد سوپرجاذب در شرایط تنش، افزایش معنی‌دار طول ساقه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. رقم پیشاهنگ نسبت به سایر اکوتیپ‌های ارزن، در تنش با سوپرجاذب، میانگین بالاتری برای صفت عملکرد بیولوژیک داشت. اکوتیپ کهنوج از طول ساقه بیشتر و نشت یونی کمتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها برخوردار بود. اکوتیپ قلعه گنج، به طور معنی‌داری عملکرد دانه بیشتری را نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشت. براساس نتایج این تحقیق، مشخص گردید که اکوتیپ گلباف دارای عملکرد قابل توجهی در شرایط تنش خشکی و اکوتیپ قلعه گنج در شرایط تنش با اعمال سوپرجاذب، بودند. کاربرد پلیمر سوپرجاذب، موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۵۵/۳ درصد نسبت به عدم کاربرد این پلیمر در شرایط تنش خشکی گردید. همچنین پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به آبیاری نرمال گردید که نشان‌دهنده اثر مستقیم و بسیار مثبت این پلیمر در حفظ رطوبت خاک در نزدیکی ریشه گیاه و در نتیجه کاهش اثرات سوء تنش خشکی و افزایش عملکرد دانه در اکوتیپ‌های ارزن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزن، آبیاری، پلیمر سوپر جاذب، عملکرد بیولوژیک، نشت یونی

مقدمه

ارزن (*Panicum miliaceum* L.) یکی از غلات سنتی در نواحی خشک و نیمه‌خشک مناطق گرمسیری محسوب می‌شود که از تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی و شوری برخوردار است. ارزن‌ها در بین غلات پس از گندم (*Triticum aestivum* L.)، برنج (*Oriza sativa* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) د ر رتبه ششم اهمیت قرار دارند. (Kusaka et al., 2005).

تنش کمبود آب، اثرات فیزیولوژیک مختلفی بر گیاه می‌گذارد که نوع و میزان خسارت به‌شدت تنش و مقاومت گیاه بستگی دارد (Kazaie el al., 2003)، با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی در طی دوره رشد گیاه، عملکرد بالا و ثبات عملکرد تحت شرایط کمبود آب خاک بهترین روش گزینش ارقام متحمل به خشکی است (Siddique et al., 2000). عکس العمل گیاه در برابر تنش آب با

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: E_tohidi@uk.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.54349

فعالیت متابولیکی، مورفولوژیکی، مرحله رشد و عملکرد پتانسیل گیاه در ارتباط است. باتوجه به خصوصیت اصلی زراعت در مناطق با محدودیت منابع آبی و لزوم گسترش سطح زیر کشت با هدف افزایش محصولات زراعی در این مناطق و با توجه به این‌که آبیاری یکی از نیازهای مهم تولیدات کشاورزی محصوب می‌شود دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط دشوار ضروری به‌نظر می‌رسد.

پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند (Buchholz et al., 1997). این مخازن ذخیره‌کننده آب وقتی که در خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را جذب نموده و از فرونشست آن جلوگیری می‌نمایند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (Kouchak Zadeh et al., 2000).

بیدینگر و همکارن (Bidinger et al., 1987) گزارش کردند که تنش آبی، باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه ارزن مرواریدی گردید، اما محتوی پروتئین دانه را افزایش داد. هم‌چنین تأثیر معنی‌دار تنش خشکی در رشد و اجزای عملکرد ارزن مروارید توسط ابراهیم و همکاران (Ibrahim et al., 1995) و خزایی و همکاران (Khazaei et al., 2004) گزارش شده است. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2004) گزارش کردند که با کاربرد سوپرجاذب عملکرد سویا (*Glycine max* L.) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. رستم پور و همکاران (Rostampour et al., 2010) گزارش کردند شاخص کلروفیل و عملکرد ذرت با مصرف ۱۵۱ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار افزایش یافت. درنتیجه باتوجه به خصوصیات مثبت پلیمرهای سوپر جاذب، هدف از اجرای این آزمایش، بررسی کاربرد سطوح مختلف تنش کم آبی و پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های ارزن بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنرکرمان واقع در ۶ کیلومتری جنوب شرقی کرمان با طول جغرافیایی ´۵۸ و°۵۶ و عرض جغرافیایی ´۱۵ و°۳۰ شمالی با میانگین بارندگی ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۷۴۵ متر از سطح دریا در بهار و تابستان سال ۱۳۹۲ انجام شد. آب و هوای محل آزمایش بر اساس روش آمبروژه خشک نیمه‌بیابانی می باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی شنی با اسیدیته ۷/۶ بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در هر واحد آزمایشی ردیف‌های کاشت به طول شش متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و بعد از آماده-سازی و ایجاد جوی و پشته، راس پشته‌ها به عمق ۱۵ سانتی‌متر باز شده و پلیمر سوپر جاذب با عمق ۱۵ سانتی‌متر داخل شیارها به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده و سپس آبیاری انجام شد و پس از گاو رو شدن زمین، کاشت بذور به‌صورت دستی با عمق دو سانتی‌متر صورت گرفت. اکوتیپ‌های زاهدان، کهنوج، قلعه گنج، گلباف، لاین p_{25} و رقم پیشاهنگ به‌عنوان مواد گیاهی در این آزمایش به کار برده شدند. دور آبیاری بر اساس ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. وجین علف‌های هرز در تمام مراحل رشد انجام و بعد از رشد و رسیدن کامل گیاه ارزن، برداشت انجام شد.

اندازه‌گیری عملکرد و اجزاء عملکرد:

برای تعیین اجزاء عملکرد در هنگام برداشت سه بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات مرفولوژیک اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد، بوته‌های موجود به‌طور کامل از دو خط میانی برداشت شد و عملکرد دانه و بیولوژیک در واحد سطح تعیین گردید.

اندازه‌گیری میزان نشت یونی:

ابتدا تعداد برگ بالایی شاخساره بر روی شاخه اصلی از هر گیاه جدا شد و سپس با آب دوبار تقطیر شده شستشو گردید. قسمتی از برگ گیاهان را به قطعات ۲-۱ سانتی‌متر برش داده شد و در لوله‌های آزمایش با ۱۰ سی‌سی آب مقطر قرار داده شد. پس از آن نمونه‌ها برای مدت ۳۰ دقیقه درون تکان دهنده[1] گذاشته شد، هدایت الکتریکی اولیه (EC_0) به وسیله دستگاه EC متر از هر نمونه اندازه-گیری شد. سپس نمونه‌ها دریخچال با دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند، و هدایت الکتریکی (EC_1) دوباره اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۵ دقیقه درون آون با درجه حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از آن نمونه‌ها در دمای اتاق قرار داده شد تا سرد شدند و هدایت الکتریکی (EC_2) برای سومین بار اندازه‌گیری شد. نفوذپذیری نسبی از غشای سلولی محاسبه شد (Zheng et al., 2008).

1- Shaker

معادله (۱) درصد نشت یونی = $(EC_1-EC_0)/(EC_2-EC_0)\times100$

آنالیز آماری:

تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزارهای MSTAT-C، Excel (۲۰۰۷) و SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن[1] انجام شد.

نتایج و بحث

میزان نشت یونی

با توجه به جدول ۱، درصد نشت یونی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری، اکوتیپ و اثر متقابل سطوح آبیاری در اکوتیپ قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها برای این صفت نشان می‌دهد که اعمال خشکی، بالاترین میزان نشت یونی را به دنبال داشت.

لارنر و ونوزی (Vannozi & Larner, 2007) نشان داد که تیمار تنش خشکی از تکامل دیواره ممانعت نموده و باعث نشت الکترولیت از دیواره سلولی می‌شود. با توجه به آسیب‌پذیری غشای سیتوپلاسمی، محتویات سلول به بیرون تراوش کرده و مقدار این خسارت را می‌توان با اندازه‌گیری نشت یونی و هدایت الکترونی تعیین نمود و از طرفی ارقام متحمل به خشکی دارای نشت الکترولیت کم‌تری هستند.

با کاربرد سوپرجاذب، نشت یونی به‌میزان ۳۶/۵ درصد کاهش نشان داد که این میزان نشت یونی با حالت نرمال آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در بین اکوتیپ‌ها گلباف دارای بیشترین میزان نشت یونی بود که از این نظر با لاین p25 و اکوتیپ زاهدان اختلاف معنی‌داری نشان نداد؛ اکوتیپ کهنوج به‌طور معنی‌داری میزان نشت یونی کمتری نسبت به سایرین نشان داد (جدول ۳). نتایج حاصل بیانگر واکنش متفاوت اکوتیپ‌های مورد مطالعه به تیمارهای مختلف آبیاری بود. اعمال تنش خشکی در اکوتیپ‌های زاهدان، قلعه گنج و لاین p_{25} سبب افزایش میزان نشت یونی گردید به‌طوری که بیشترین درصد نشت یونی از لاین p_{25} در همین سطح آبیاری به دست آمد. کاربرد سوپر جاذب در شرایط خشکی میزان نشت یونی را در اکوتیپ‌های مذکور به میزان معنی‌داری کاهش داد که نشان‌دهنده این است که تیمار تنش خشکی با استفاده از سوپر جاذب به‌ویژه در اکوتیپ‌های کهنوج و قلعه گنج گیاه را در شرایط مناسب‌تری قرار داده است و باعث افزایش قطر دیواره سلولی گیاه شده است. لاین p_{25} بیشترین درصد تغییرات را در پاسخ به تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد، در مقابل اکوتیپ کهنوج کمترین میزان تغییرات را در سطوح مختلف آبیاری نشان داد (شکل ۱).

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری و اکوتیپ‌ها قرار گرفت، همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری و اکوتیپ برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری برای عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد که به‌طور کلی عملکرد بیولوژیک در حالت تنش با اعمال سوپرجاذب و شرایط آبیاری نرمال بیشترین مقادیر را داشت، در حالی‌که با حالت تنش خشکی که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را داشت اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲). در بین اکوتیپ‌ها رقم پیشاهنگ نسبت به سایر اکوتیپ‌ها عملکرد بیولوژیک بالاتری داشت و اکوتیپ گلباف کمترین میزان را به‌خود اختصاص داد (جدول ۳). رقم پیشاهنگ در حالت تنش با اعمال سوپرجاذب و آبیاری نرمال بیشترین مقدار را برای عملکرد بیولوژیک داشت که نشان‌دهنده این است که این اکوتیپ توانسته در شرایط نرمال و تنش با کاربرد سوپر جاذب عملکرد قابل قبولی تولید نماید. کمترین میزان از اکوتیپ زاهدان در تنش خشکی حاصل گردید که نشان‌دهنده حساسیت این اکوتیپ به تنش خشکی نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بود. در اکوتیپ زاهدان، رقم پیشاهنگ و لاین p_{25} بین تیمارهای آبیاری نرمال و تنش خشکی با سوپرجاذب اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید، اما اعمال تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار در این اکوتیپ‌ها از نظر عملکرد بیولوژیک گردید. برای اکوتیپ‌های کهنوج و گلباف تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری باهم نشان ندادند، در حالی‌که در اکوتیپ قلعه گنج کاربرد پلیمر سوپرجاذب در تنش خشکی توانست افزایش معنی‌داری را در عملکرد بیولوژیک نسبت به شرایط نرمال و تنش خشکی موجب گردد (شکل ۲).

طول ساقه

اثر تیمارهای مختلف آبیاری، اکوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر طول ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه

1- Duncan

میانگین‌ها برای این صفت نشان داد که کاربرد سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی تنش با سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه نسبت به تنش خشکی گردید، به‌طوری‌که با شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). اکوتیپ کهنوج بیشترین میانگین ارتفاع را داشت که از این نظر با لاین p_{25}، رقم پیشاهنگ و اکوتیپ قلعه گنج اختلاف معنی‌داری نداشت، اما نسبت به اکوتیپ‌های گلباف و زاهدان افزایش معنی‌داری نشان داد. واکنش ارقام نسبت به تیمارهای آبیاری متفاوت بود

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطوح مختلف آبیاری روی برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی اکوتیپ‌های مختلف ارزن

Table 1- Variance analysis (mean of squares) of different irrigation levels on some physiological and morphological traits of common millet ecotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	طول‌ساقه Length of stem	عملکرد بیولوژیک Biological yield	نشت یونی Ion leakage
تکرار Replication	2	0.0267	145.74	84.76	62.62
تیمار آبیاری Irrigation levels	2	9625 **	43257 *	52199*	388.79*
خطای a Error a	4	0.216	98.49	91.14	56.02
اکوتیپ Ecotype	5	21.82 **	625.9 *	553.5 **	629.84**
تیمار آبیاری× اکوتیپ Irrigation* Ecotype	10	8.249 **	365.36 *	238.98*	543.68**
خطای b Error b	30	0.702	164.85	66.07	22.82
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	26.13	16.24	22.96	25.03

**،* و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns F- test significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح تنش روی برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ارزن

Table 2- Mean comparisons of irrigation levels at physiological and morphological traits of milet

سطوح آبیاری Irrigation levels	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t.ha^{-1}$)	طول‌ساقه (سانتی متر) Length of stem (cm)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	نشت یونی (درصد) Ion leakage (%)
آبیاری نرمال Normal irrigation	3.64^{b*}	86.01^{a}	37.52^{a}	17.48^{ab*}
تنش خشکی Drought stress	84.1^{c}	63.53^{b}	23.43^{b}	24.31^{a}
تنش خشکی با پلیمر سوپرجاذب Drought stress with super absorbent polymers	4.12^{a}	87.57^{a}	45.23^{a}	15.44^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (بر اساس آزمون دانکن).

*In each column the means with same letter, they are not statistically significant at at probability level of 5% (based on Duncan test).

که این اختلاف به دلیل تنوع مورفولوژیکی و پتانسیل‌های ژنتیکی متفاوت ارقام مورد آزمایش از لحاظ صفت مورد بحث بود، به‌طوری‌که در اکوتیپ زاهدان و رقم پیشاهنگ شرایط تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به شرایط نرمال و کاربرد سوپرجاذب گردید کاهش ارتفاع گیاه در پاسخ تنش خشکی می‌تواند به علت کاهش نسبی آماس و کم شدن آب پروتوپلاسم باشد که در کاهش فشار

تورگر و تقسیم سلول دخالت دارد، این در حالی است که در ارقام کهنوج و گلباف اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آبیاری وجود نداشت. برای اکوتیپ قلعه گنج و لاین ارتفاع در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال کاهش معنی‌داری نشان داد، در حالی‌که در شرایط کاربرد سوپرجاذب، اختلاف با هیچ‌کدام از شرایط مذکور معنی‌دار نبود (شکل ۳).

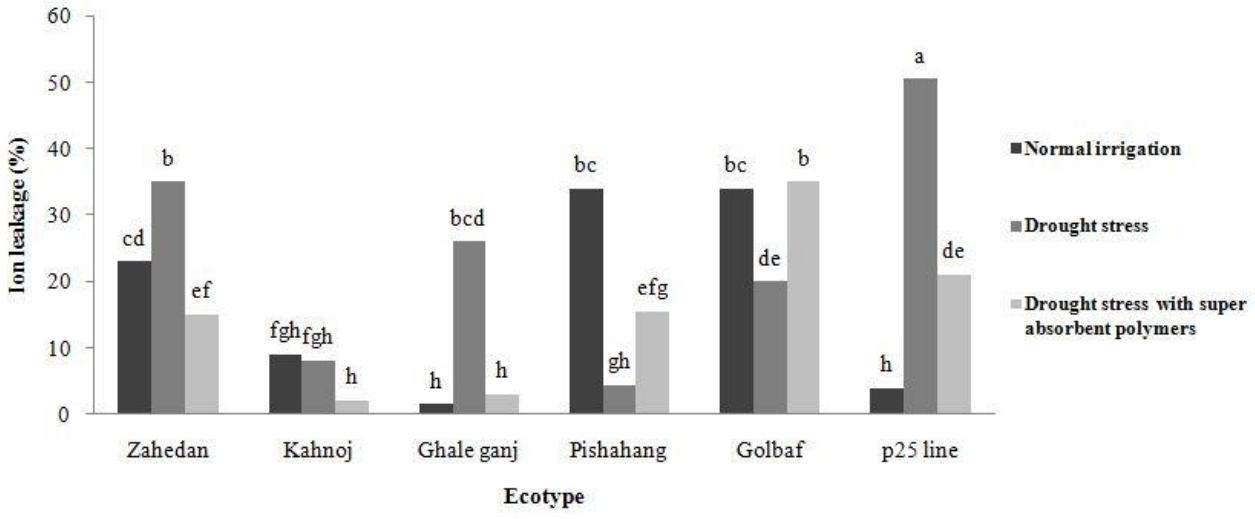
جدول ۳ - مقایسه میانگین اکوتیپ ها روی برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ارزن

Table 3- Mean comparisons of ecotypes at physiological and morphological traits of millet

اکوتیپ Ecotype	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t.ha^{-1}$)	طول‌ساقه (سانتی متر) Length of stem (cm)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	نشت یونی (درصد) ion leakage (%)
زاهدان Zahedan	0.81 e	67.52 c	28.97 cd	24.684 a*
کهنوج Kahnoj	2.45 d	89 a	37.15 bc	6.54 d
قلعه گنج Ghale ganj	4.3 b	83.41 ab	32.82 bcd	11.166 c
پیشاهنگ Pishahang	2.87 cd	79.02 abc	47.33 a	17.879 b
گلباف Golbaf	5.31 a	70.83 bc	25.86 d	28.370 a
لاین p_{25} p_{25} line	3.47 c	84.45 a	40.22 ab	25.853 a

* در هر ستون میانگین های دارای حرف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (بر اساس آزمون دانکن).

*In each column the means with same letter, they are not statistically significant at at probability level of 5% (Based on Duncan test).

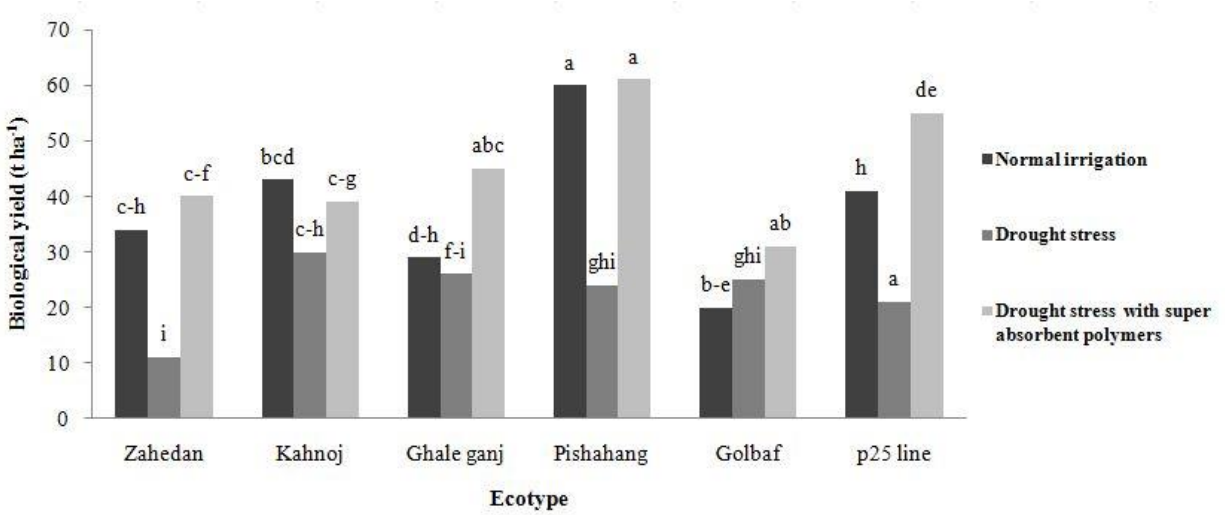


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و اکوتیپ بر درصد نشت یونی ارزن

Fig. 1- Mean comparisons of irrigation levels and ecotype interaction on percent of ion leakage of millet

* ستون‌های دارای حرف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (بر اساس آزمون دانکن).

*The columns with same letter, they are not statistically significant at probability level of 5% (Based on Duncan test).

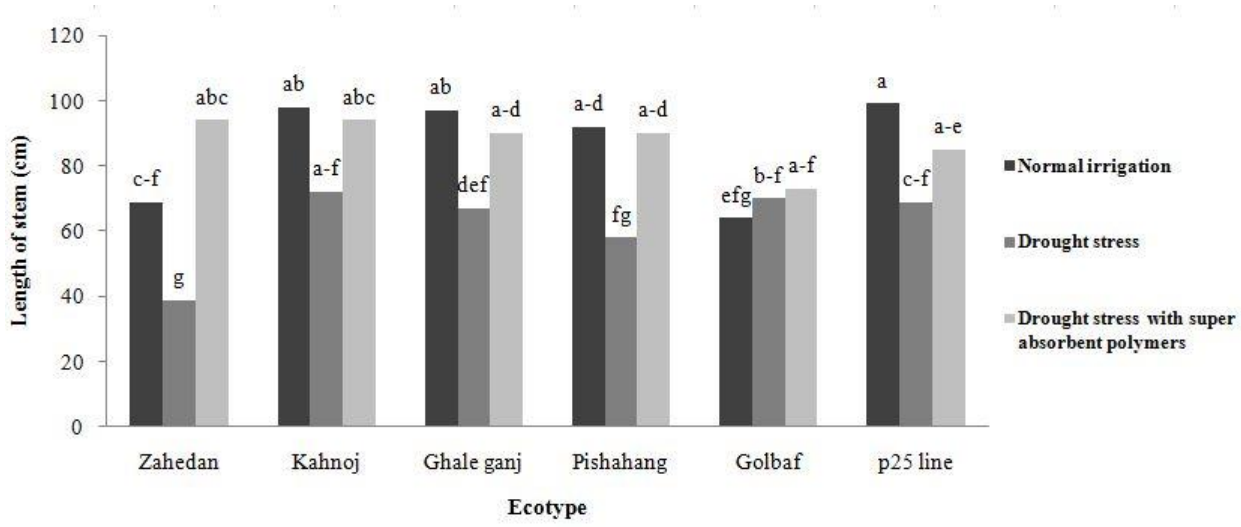


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و اکوتیپ بر عملکرد بیولوژیک ارزن

Fig. 2- Mean comparisons of irrigation levels and ecotype interaction on biological yield of millet

* ستون‌های دارای حرف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (بر اساس آزمون دانکن).

*The columns with same letter, they are not statistically significant at probability level of 5% (Based on Duncan test).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و اکوتیپ بر طول ساقه ارزن

Fig. 3- Mean comparisons of irrigation levels and ecotype interaction on length of stem of millet

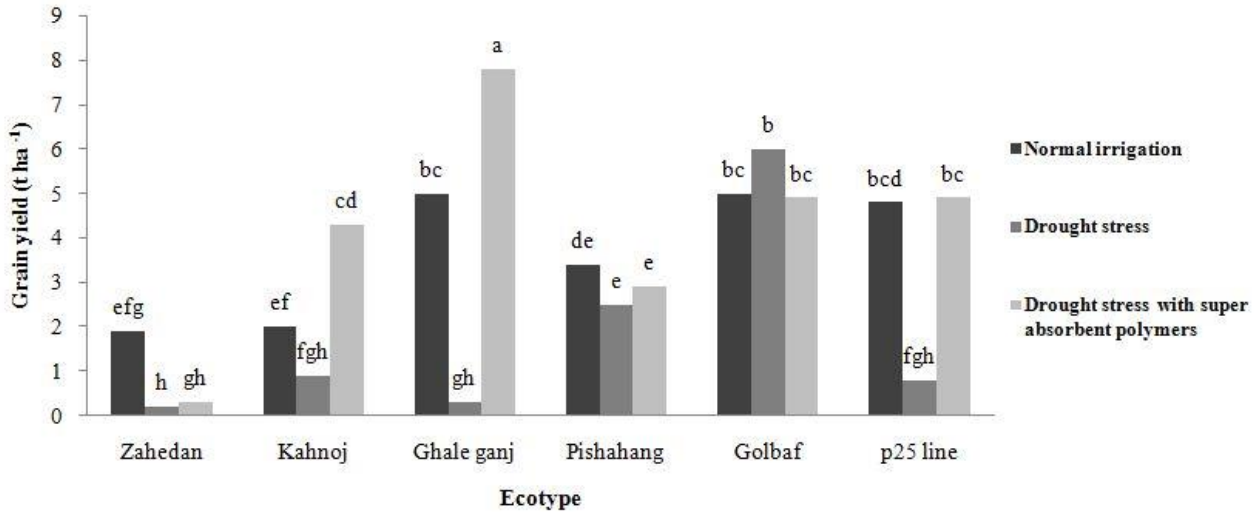
* ستون‌های دارای حرف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (بر اساس آزمون دانکن).

*The columns with same letter, they are not statistically significant at probability level of 5% (Based on Duncan test).

عملکرد دانه

عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح تنش آبیاری و اکوتیپ‌های مورد استفاده قرار گرفت، همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری و اکوتیپ‌های ارزن نیز بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه برای سطوح تنش نشان می‌دهد که عملکرد دانه در حالت تنش با اعمال سوپرجاذب، بالاترین میزان را داشت و اختلاف معنی‌داری از این نظر با سایر تیمارهای آبیاری نشان داد. کمترین عملکرد دانه از تیمار تنش خشکی حاصل گردید. کاربرد پلیمر سوپرجاذب موجب افزایش ۵۵ درصدی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین در بین اکوتیپ‌ها

(جدول ۳) نشان می‌دهد که اکوتیپ گلباف نسبت به سایر اکوتیپ‌ها عملکرد دانه بالاتری داشت در مقابل اکوتیپ زاهدان کمترین میزان عملکرد دانه را داشت. در مقایسه میانگین اثرسطوح تنش خشکی و اکوتیپ، همان‌طورکه در شکل ۴، مشاهده می‌شود، اکوتیپ قلعه گنج در حالت تنش با اعمال سوپرجاذب، بالاترین مقدار عملکرد دانه را داشت (۷/۵۲ تن در هکتار). در اکوتیپ قلعه گنج بین سطوح تنش اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اکوتیپ زاهدان کمترین میزان عملکرد دانه را در حالت تنش خشکی داشت (۰/۲۶ تن در هکتار). اکوتیپ‌های مورد مطالعه واکنش متفاوتی نسبت به تیمارهای آبیاری نشان دادند. در اکوتیپ گلباف و رقم پیشاهنگ اختلاف معنی داری بین سطوح تنش وجود نداشت و این ارقام واکنش معنی‌داری به شرایط متفاوت آبیاری نشان ندادند. در لاین p_{25} تنش خشکی کاهش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای آبیاری نشان داد. برای اکوتیپ قلعه گنج کاربرد سوپرجاذب در شرایط تنش به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش نشان داد و در شرایط تنش خشکی کمترین مقدار عملکرد دانه را داشت. همچنین در اکوتیپ کهنوج کاربرد سوپر جاذب افزایش معنی‌داری از نظر عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها نشان داد، اما بین شرایط نرمال و تنش خشکی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت در مقابل در اکوتیپ زاهدان شرایط نرمال نسبت به تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری عملکرد بالاتری داشت، اما نسبت به شرایط کاربرد سوپرجاذب اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۴).



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و اکوتیپ بر عملکرد دانه ارزن

Fig. 4- Mean comparisons of irrigation levels and ecotype interaction on grain yield of millet

* ستون‌های دارای حرف مشترک، نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (بر اساس آزمون دانکن).

*The columns with same letter, they are not statistically significant at probability level of 5% (Based on Duncan test).

باتوجه به این‌که تنش با اعمال خشکی موجب آسیب غشای سلولی می‌شود و این امر موجب نشت مواد درون سلولی و در نتیجه مرگ سلول می شود در نتیجه می‌تواند بر واکنش های حیاتی گیاه تاثیرگذار باشد (Stocker, 1960). در این آزمایش اکوتیپ کهنوج کمترین نشت یونی را داشت. کاربرد سوپرجاذب سبب کاهش میزان نشت یونی گردید که نتایج به‌دست آمده از کاهش نشت یونی با مصرف سوپرجاذب با نتایج هاروی (Harvey, 2002) برابری می‌کند. استرن و همکاران (Stern et al., 1992) گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپرجاذب در هکتار موجب افزایش وزن خشک گیاه گندم گردید. به‌طور کلی، عملکرد بیولوژیک در شرایط کاربرد سوپرجاذب بیشترین مقدار را داشت و در حالت تنش خشکی کمترین میزان را داشت. گزارش شده که با کاربرد ماده سوپرجاذب، عملکرد ماده خشک در ذرت، افزایش یافت (Karimi & Naderi, 2007). می‌توان افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه را به بهبود خصوصیات خاک و در نتیجه افزایش رطوبت قابل استفاده درخاک و جلوگیری از هدررفت عناصرغذایی در خاک نسبت داد که در نهایت موجب بهبود رشد و

افزایش وزن تر و خشک علوفه گیاه می‌شود. سوپرجاذب با رساندن آب و مواد غذایی به گیاه در مراحل مختلف رشد سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌شود. در حالت تنش با اعمال سوپرجاذب سبب افزایش معنی‌دار طول ساقه در ارقام مختلف نسبت به شرایط تنش خشکی گردید. استوکر (Stocker, 1960) گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع ساقه و ایجاد حالت قد کوتاهی در گیاه می‌شود. کاربرد پلیمر سوپرجاذب، موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۵۵/۳ درصد نسبت به عدم کاربرد این پلیمر در شرایط تنش خشکی گردید. همچنین پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش عملکرد نسبت به آبیاری نرمال گردید (۱۱/۶۵ درصد) که نشان‌دهنده اثر مستقیم و بسیار مثبت این پلیمر در حفظ رطوبت خاک در نزدیکی ریشه گیاه و در نتیجه کاهش اثرات سوء تنش خشکی و افزایش عملکرد دانه در اکوتیپ‌های ارزن می‌باشد. بنابراین می‌توان از این مواد جهت بهره‌برداری بیشتر و بهتر از منابع گیاهی مختلف در شرایط و محیط های مواجه با تنش خشکی استفاده برد. از میان اکوتیپ های مورد بررسی اکوتیپ گلباف علاوه بر این‌که عملکرد بیشتری در شرایط تنش خشکی داشت حساسیت کمتری نسبت به رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش در راستای نتایج دیگر محققان، نشان داد که استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب می‌تواند ضمن کاهش اثرات تنش با اعمال خشکی در تولید این محصول، کاهش حجم آب آبیاری و حفظ تولید آن در یک سیستم کم‌نهاده را به دنبال داشته باشد که این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون کرمان که با محدودیت منابع آبی مواجه هستند از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. اکوتیپ گلباف سازگاری بیشتری را نسبت به شرایط محیطی از خود نشان داده است و به‌نظر می‌رسد مکانیسم‌های سازگاری این اکوتیپ نسبت به اکوتیپ‌های دیگر بیشتر بوده است.

منابع

Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V., and Rao, G.D.P. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). II. Estimation of genotype response to stress. Australian Journal of Agricultural Research 38: 49-59.

Harvey, I. 2002. Use of hydrogels to reduce leaf loss haster root. Establishment Forest Research 45: 220-228.

Ibrahim, Y.M., Marcarian, V., and Dobrenz, A.K. 1995. Pearl millet response to different irrigation water stress: II Porometer parameters, photosynthesis, and water use efficiency. Emirates Journal of Agricultural Science 7: 20-38.

Karimi, A., and Naderi, M. 2007. Effect of superabsorbent polymer on yield and water use efficiency of corn in soils with different textures. Journal of Agricultural Research: Water, Soil and Crop Farming 7(3); 187-198.

Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2003. Effect of drought stress on root growth and dry matter partitioning between roots and shoots of winter wheat. Iranian Journal of Filed Crops Research 1: 33-43 (In Persian with English Summry)

Kouckakzadeh, M., Sabbagh Farshi, A.A., and Ganji Khorramdel, N. 2000. Extra-absorbent polymer influence on some soil physical properties. Soil and Water Sciences Journal 14(2): 176-186.

Kusaka, M., Lalusin, A.G., and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet *(Pennisetum glaucum* (L.) Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science 168: 1-14.

Rostam Pour, M., Seghatoleslami, M.J., and Mosavi, G. 2010. Effect of super absorbent dry and the relative water content and chlorophyll index and their correlation with grain yield in maize. Journal of Crop Physiology 2(1): 19-31. (In Persian with English Summry)

Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 35-39.

Stern, R., Vanper Merwe, A.J., Laker, M.C., and Shaihbery, I. 1992. Effect soil surface treatments on runoff and wheat yield under irrigation. Agronomy Journal 84: 114-119.

Stocker, O. 1960. Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. Arid Zone Research 15: 63-104.

Vannozi, G., and Larner, F. 2007. Proline accumulation during drought rhizogene in maise. Journal Plant Physiology 85: 441-467.

Yazdani, F., Allahdadi, A., Akbari, G., and Behbahani, M.R. 2004. Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on soybean yield and yield components. Pajouhesh and Sazandegi 75: 167-174. (In Persian with English Summry)

Zheng, Y.H., Jia, A.J., Ning, T.Y., Xu, J.L., Li, Z.J., and Jiang, G.M. 2008. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology 165: 1455-1465.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 135-145

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۴۵-۱۳۵

Evaluation of Yield Potential of Common Millet (*Panicum miliaceum* L.) Ecotypes under Normal and Water Deficit Conditions

S. Goodarzi[1] and E.A. Tohidinejad[2*]

Submitted: 07-03-2016
Accepted: 27-02-2017

Goodarzi, F., and Tohidinejad, E.A. 2018. Evaluation of yield potential of common millet (*Panicum miliaceum* L.) ecotypes under normal and water deficit conditions. Journal of Agroecology 10(1): 135-145.

Introduction

Common millet (**Panicum miliaceum** L.) is a cereal plant cultivated for its grain, mostly in semi-arid regions of Iran. It is a warm-season and C4 grass with higher water use efficiency than C3 plants, short growing season, low moisture requirement, relatively high drought resistance and is capable of producing food or feed where other grain crops would fail. Water resources deficit and drought stress is becoming a major threat to plant productivity loss in agricultural systems therefore optimum use of limited water resources and seasonal scattered rainfall and water use efficiency is necessary. Drought stress leads to lower growth, yield and yield components in pearl millet. Super absorbent polymers have a great importance for their role in increase of absorption capacity and saving water in the soil and to combat water shortage conditions. The water holding capacity of super absorbent polymers helps to keep plants from sitting in water logged soil in times of excess moisture. Then, as moisture is needed, super absorbent polymers release moisture back into the root zone helping to maintain consistent soil moisture. Positive impact of super absorbent polymers on growth and yield of soybean and corn under water limited condition have been reported. The aim of this study was to evaluate the use of different levels of water deficit and super absorbent polymers on morphological and physiological characteristics of millet ecotypes.

Materials and Methods

The experiment was carried out during spring and summer of 2013 in Faculty of agriculture research field of Shahid Bahonar University of Kerman (56º, 58'E; 30º, 15'N and 1754 m elevation). Soil type was a Sandy-loam, with pH 7.6 and mean annual precipitation of 150 mm. The experiment was carried out in a split plot arrangement based on RCBD design with three replications. Irrigation treatments included three levels: normal irrigation, drought stress with super absorbent application and drought stress were applied in main plots and Zahedan, Kahnooj, Ghale-ganj, Golbaf, p25 line and Pishahang Ecotypes as plant material were sown in sub plots. Irrigation intervals were conducted based on 50 and 100 mm evaporation from class A pan evaporation. Plants were harvested at the end of the growing season to determination of plant height, biological and grain yield. Ion leakage percent were measured based on method proposed by Zheng et al. (2008). Statistical analysis was done by MSTAT-C, Excel and SAS softwares and means were compared by Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

Results and Discussion

The results showed that significantly increased were observed in stem length, grain and biological yield in super absorbent polymer application in comparison with the non-application in stress conditions. Stern et al. (1992) reported that the use of super absorbent polymers increased dry matter in wheat. The use of super absorbent decreased ion leakage that was consistent with the results of Harvey (2002). Pishahang cultivar had the higher biological yield in stress condition with super absorbent application compared to the other ecotypes of millet. Kahnooj ecotype in stem length and Ghale-ganj in grain yield significantly higher than the others. Kahnooj ecotype had the lower ionic leakage than the others. The results of this research revealed that Golbaf ecotype in drought stress and Ghale-ganj ecotype in drought by applying super absorbent conditions had

1 and 2- Former student in Agronomy and Assistant Professor, Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: E_tohidi@uk.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.54349

significant performance. Application of super absorbent polymer increased 55.3% in grain yield compared to the non-application under drought stress. Stoker (1960) reported that drought stress leaded to increase in ionic leakage and reduced plant height and create short plants. Application of super absorbent polymers to reduce the devastating effects of drought on soybean and corn have been reported.

Conclusion

The super absorbent polymer increased grain yield compared to normal irrigation which indicating very positive and direct effect of this polymer in maintaining soil moisture nearby the plant roots and reducing the adverse effects of drought stress as well as increasing grain yield in millet ecotypes, therefore could be helpful materials for more utilization of plants potential in conditions and environments with water limitation.

Keywords: Drought stress, Irrigation, Millet ecotypes, Super absorbent polymers

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۵۹-۱۴۶

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 146-159

تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.)

مریم رحیم پور[۱] و سیف اله فلاح[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۲۵

رحیم پور، م.، و فلاح، س. ا. ۱۳۹۷. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۵۹-۱۴۶.

چکیده

گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم شناخته شده است که خصوصیات رشدی آن تأثیر به‌سزایی در تولید، بازارپسندی و مصرف این گیاه دارد. به‌منظور بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاه ریحان آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار کودی مختلف و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل NP (نیتروژن + فسفر)، NPS (نیتروژن + فسفر + گوگرد)، NPM (نیتروژن + فسفر+ ریزمغذی)، NPSM (نیتروژن + فسفر+ گوگرد+ ریزمغذی)، CMp (کود گاوی بر اساس نیاز فسفری گیاه)، CMn (کود گاوی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه)، BLp (کود مرغی بر اساس نیاز فسفری گیاه) و BLn (کود مرغی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه) بودند. نتایج نشان داد که اثر منابع مختلف کودی بر صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد، وزن تر ساقه و برگ، ماده خشک برگ، ساقه و اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. بیش‌ترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده از برداشت دوم به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ برداشت دوم ۵/۷۴ بود که نسبت به برداشت اول بیش از دو برابر بود. بیش‌ترین وزن تر (۱۴۵۷۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود مرغی در برداشت دوم به‌دست آمد. یافته‌ها نشان داد که تیمار BLn بیش‌ترین عملکرد، وزن تر ساقه و وزن تر برگ را در برداشت اول (به‌ترتیب با ۱۰۱۱۱، ۳۷۲ و ۶۳۹ کیلوگرم در هکتار) و در برداشت دوم (به‌ترتیب با ۱۴۵۷۷، ۵۳۵ و۹۲۲ کیلوگرم در هکتار) تولید کرد. اثرات مثبت کود مرغی در این آزمایش، بیانگر این موضوع است که این کود می‌تواند شرایط مناسبی را برای رشد و تولید مطلوب گیاه ریحان فراهم نموده و اثرات آن بیش‌تر از تغذیه شیمیایی کامل گیاه باشد.

واژه‌های کلیدی: ریزمغذی، شاخص سطح برگ، عناصر پرمصرف، کود دامی

مقدمه

در عصر حاضر علی‌رغم افزایش چشمگیر کاربرد داروهای شیمیایی، گیاهان دارویی و داروهای حاصل از آن‌ها در مقیاس وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که در برخی کشورها از اجزای جدایی‌ناپذیر درمان محسوب می‌شوند (Emad, 2008). برخی از گیاهان دارویی مانند ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به عنوان سبزی در رژیم غذایی نیز حائز اهمیت هستند. گیاه ریحان یکی مهم‌ترین گونه‌های تولیدکننده اسانس متعلق به خانواده نعناعیان است (Khalid et al., 2006) که تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کشت وکار می‌شود. منشأ این گیاه کشور هندوستان بوده و از آن‌جا به اروپا معرفی شده است. برگ‌های معطر این گیاه به‌صورت تازه یا خشک شده به عنوان چاشنی و طعم‌دهنده غذاها، شیرینی‌جات و نوشابه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Prakash, 1990). علاوه بر این، مواد مؤثره پیکر رویشی آن اشتهاآور بوده و جهت درمان نفخ استفاده می‌شود. این گیاه همچنین خلط‌آور، مدر، تسکین‌دهنده درد معده، تب بر، داروی ضد مالاریا و تقویت‌کننده دستگاه گوارش می‌باشد

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: falah1357@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.54975

(Chalchat et al., 2008). برگ‌های ریحان برای مالش بر روی پوست محل نیش حشرات مفید بوده و همچنین برای رفع خستگی عصبی نیز مؤثر می‌باشد (Prakash, 1990).

اگرچه استفاده از منابع مختلف کودی می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد داشته باشد (Toor et al., 2006)، اما استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، پتانسیل تولید گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد، این کاهش به علت اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود برخی عناصر در کودهای NPK است (Adediran et al., 2004). علاوه بر این، در بسیاری موارد کاربرد وسیع کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Bhat & Ghost, 1998; Ghost et al., 1998) گزارش شده است که برای کاهش این مخاطرات استفاده از نهاده‌های غیرشیمیایی می‌تواند علاوه بر تأمین نیازهای گیاه، پایداری نظام‌های کشاورزی را در درازمدت نیز به‌دنبال داشته باشد (Murty & Ladha, 1988).

کودهای آلی به‌علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند یکی از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند. این مواد در دنیا به‌طور موفقیت‌آمیزی در تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Robin et al., 2001) در واقع استفاده از این کودها راه‌کاری مؤثر در جهت افزایش عملکرد محصول و نیل به کشاورزی پایدار است (Fallah, 2016). علاوه بر این، این کودها به‌علت افزایش ماده آلی خاک و بهبود خصوصیات شیمیایی خاک اسیدیته، ظرفیت تبادل کاتیونی و شرایط دسترسی به عناصر غذایی باعث افزایش باروری خاک می‌شوند (Renato et al., 2003). در همین راستا گزارش شده است که کود دامی می‌تواند تمام و یا بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز گیاه و همچنین فسفر، پتاسیم، و عناصر ریزمغذی را نیز تأمین نماید و علاوه بر تأمین نیاز تغذیه‌ای گیاه، منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شود (Fallah et al., 2013).

در آزمایشی بر روی کدو تنبل (*Cucurbita maxima* L.) کاربرد کودهای حاصل از گاو، بز و مرغ باعث افزایش زیست‌توده محصول نسبت به شاهد و تیمار ۸۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی شد. ضمن این‌که با افزایش سطوح کودهای دامی، عملکرد ماده خشک نیز به صورت خطی افزایش پیدا کرد. همچنین کاربرد کودهای آلی در نوعی تاجریزی (*Solanum retroflexum* Dun.) باعث افزایش زیست‌توده این محصول نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی شد (Azeez et al., 2010). تأثیر انواع کودهای آلی و بیولوژیک در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) معنی‌دار گزارش شده است (Moradi, 2009). در تحقیقی مشابه که بر روی گیاه ریحان صورت گرفت نتایج حاکی از برتری کود ورمی-کمپوست و کود مرغی در افزایش تعداد شاخه‌های فرعی در این گیاه نسبت به سایر تیمار اعمال شده در این آزمایش بود (Tahami Zarandi et al., 2010).

گوگرد به عنوان عنصر اصلاح‌کننده خاک، به‌ویژه در خاک‌های آهکی برای کاهش اسیدیته، تأمین سولفات و افزایش فراهمی فسفر و عناصر غذایی کم مصرف و اصلاح خاک مفید است (Sameni & Kasraian, 2004). در همین رابطه در آزمایش‌های کودی ایستگاه تحقیقات فیض‌آباد قزوین مشاهده گردید که مصرف ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد از منبع گوگردی کشاورزی، محصول یونجه (*Medicago sativa* L.) به‌میزان ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. نتایج این آزمایش‌ها حاکی است که گوگرد به‌دلیل کاهش اسیدیته منطقه ریزوسفر گیاه در خاک آهکی و افزایش حلالیت فسفر و عناصر کم مصرف موجب افزایش محصول گردید (Sistani, & Mohajerani Milani, 1989). مقدار گوگرد در ساختمان گیاه تقریباً برابر فسفر است و اکثر گیاهان نیاز یکسانی به فسفر و گوگرد دارند (UL-Hassan et al., 2007). با توجه به تولید و مصرف زیاد گیاه دارویی ریحان در کشور، تأمین نیاز کودی آن از طریق منابع غیرشیمیایی همانند سایر محصولات می‌تواند گامی در جهت تولید سالم و پایدار باشد. از آن‌جا که جایگزینی کامل کودهای شیمیایی در برخی از گیاهان با کاهش عملکرد همراه است (Fallah et al., 2013) و به‌نظر می‌رسد گیاه ریحان نیز از این قاعده تبعیت نماید؛ لذا مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر کودهای شیمیایی و آلی بر رشد و تولید گیاه ریحان در راستای جایگزینی کودهای شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار کودی و سه تکرار اجرا شد. قبل از انجام

آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک نمونه تهیه و مقدار ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و هدایت الکتریکی در آزمایشگاه تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

بافت Texture	کربن آلی (٪) OC (%)	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	پی اچ pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی سیلتی Silty loam	0.811	0.075	7.3	185	7.94	0.794

کود گاوی و کود مرغی به‌ترتیب از گاوداری دانشگاه شهرکرد و مرغداری منطقه شهرکرد تهیه و سپس مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و گوگرد آن‌ها اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کودهای آلی

Table 2- Chemical characteristics of organic fertilizers

نوع کود آلی Organic fertilizer type	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	فسفر (٪) Phosphorus (%)	پتاسیم (٪) Potassium (%)	کلسیم (٪) Calcium (%)	گوگرد (٪) Sulfur ($mg.kg^{-1}$)
کود گاوی Cow manure	0.880	0.397	0.993	1.12	1.34
کود مرغی Broiler litter	1.07	0.632	1.55	1.29	10.2

تیمارها شامل NP (نیتروژن + فسفر)، NPS (نیتروژن + فسفر + گوگرد)، NPM (نیتروژن + فسفر+ ریزمغذی)، NPSM (نیتروژن + فسفر+ گوگرد+ ریزمغذی)، CMp (کود گاوی بر اساس نیاز فسفری گیاه)، CMn (کود گاوی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه)، BLp (کود مرغی بر اساس نیاز فسفری گیاه) و BLn (کود مرغی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه) بودند. در جدول ۳ شرح تیمارهای آزمایشی ارائه شده است.

نیاز نیتروژنی و فسفری برای ریحان ۸۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد (Daneshian et al., 2009). کرت‌های آزمایشی در ابعاد ۱/۵×۴ مترمربع و فواصل یک متر ایجاد شد و سپس کودهای آلی (مرغی و گاوی)، کود شیمیایی فسفر، کود گوکرد بَنتونیت‌دار، کود ریزمغذی (شامل سولفات آهن، سولفات روی، سولفات مس و سولفات منگنز) (Makkizadeh et al., 2011) و همچنین نصف کود نیتروژن (طبق تیمار مورد نظر) به کرت‌های مورد نظر اضافه و تا عمق ۱۰ سانتی‌متری به‌طور کامل با خاک مخلوط شد. برای کشت ابتدا خاک کرت‌ها را با شن‌کش تسطیح و سپس پخش کود صورت گرفت و به وسیله شن‌کش کود با خاک مخلوط شد. با توجه به قوه نامیه بذور و همچنین برای اطمینان از حصول جمعیت گیاهی مناسب بذرها را با فاصله یک سانتی‌متری در ردیف‌هایی به فواصل ۲۵ سانتی‌متری و عمق ۰/۵ سانتی‌متری قرار داده شد. پس از استقرار بوته‌ها با تنک کردن بوته‌های اضافی فواصل بوته روی ردیف به هفت سانتی‌متری رسید. کشت به‌صورت خشکه‌کاری در تیر ماه انجام گرفت.

باقیمانده کود شیمیایی نیتروژن‌دار پس از برداشت اول (اواخر مرداد) به‌صورت سرک مصرف شد. در ابتدای دوره رشد جهت استقرار مناسب هر سه روز یک‌بار آبیاری سبک انجام شد و پس از آن آبیاری به روش غرقابی و به‌صورت هفتگی انجام گردید. به‌منظور حصول تراکم مناسب، پس از استقرار کامل گیاه (مرحله شش برگی) بوته‌های اضافی تنک شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی طی

فصل رشد در سه نوبت انجام گرفت. در طول انجام آزمایش از هیچ‌گونه سم و آفت‌کش شیمیایی استفاده نشد. در طی فصل رشد، دو چین در مرحله رشدی یکسان در زمانی که گیاه در پنج تا ده درصد گلدهی بود، برداشت شد.

جدول ۳- شرح تیمارها

Table 3- Description of the treatments

اختصار تیمار Treatment abbreviation	شرح تیمار Treatment description
NP	به‌ترتیب ۱۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره و سوپر فسفات تریپل در هکتار 175 and 100 $kg.ha^{-1}$ of urea and triple superphosphate, respectively
NPM	به‌ترتیب ۱۷۵، ۱۰۰ و ۱۱۲ کیلوگرم اوره، سوپرفسفات تریپل و عناصر ریز مغذی در هکتار 175,100 and 112 $kg.ha^{-1}$ of urea, triple superphosphate and micronutrients, respectively
NPS	به‌ترتیب ۱۷۵ ، ۱۰۰ و ۸۰ کیلوگرم اوره، سوپرفسفات تریپل و گوگرد در هکتار 175,100 and 80 $kg.ha^{-1}$ of urea, triple superphosphate and sulfur, respectively
NPSM	به‌ترتیب ۱۷۵، ۱۰۰، ۸۰ و ۱۱۲ کیلوگرم اوره، سوپر فسفات تریپل، گوگرد و عناصر ریز مغذی در هکتار 175,100, 80 and 112 $kg.ha^{-1}$ of urea, triple superphosphate, sulfur and micronutrients, respectively
CMp	۱۲۵۰۰ کیلوگرم کود گاوی در هکتار 12500 $kg.ha^{-1}$ of cattle manure
CMn	۳۰۲۲۵ کیلوگرم کود گاوی در هکتار 30225 $kg.ha^{-1}$ of cattle manure
BLp	۷۹۴۴ کیلوگرم کود مرغی در هکتار 7944 $kg.ha^{-1}$ of broiler litter
BLn	۱۶۱۱۱ کیلوگرم کود مرغی در هکتار 16111 $kg.ha^{-1}$ of broiler litter

N، P، S و M: به‌ترتیب بیانگر کود اوره، سوپرفسفات، گوگرد و ریزمغذی می‌باشد. CMp، CMn، BLp و BLn: به‌ترتیب بیانگر کود گاوی بر حسب نیاز فسفری، کود گاوی بر حسب نیاز نیتروژنی، کود مرغی بر حسب نیاز فسفری و کود مرغی بر حسب نیاز نیتروژنی گیاه می‌باشد.

N, P, S, and M: are represent urea, triple superphosphate, sulfur and micronutrients, respectively. CMp, CMn, BLp, and BLn: are represent cattle manure based on phosphorus, cattle manure based on nitrogen, broiler litter manure based on phosphorus, broiler litter based on phosphorus, respectively.

برای محاسبه عملکرد نهایی در هر چین (برداشت)، دو ردیف کناری و نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و از سطح باقی‌مانده برداشت محصول انجام و عملکردتر اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون قرار داده شد و پس از تثبیت وزن خشک نهایی با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین و به‌عنوان وزن خشک اندام‌های هوایی ثبت گردید، همچنین در هر برداشت ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از گیاهان برداشت شده انتخاب گردید و سایر صفات از جمله ارتفاع بوته، تعداد برگ و شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل AM350 تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در برداشت اول، اثر منبع کودی بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین در برداشت دوم نیز اثر کود بر صفات فوق‌الذکر معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۴)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار BLn در برداشت‌های اول و دوم به‌ترتیب با ارتفاع ۴۱/۷ و ۳۹ سانتی‌متر دارای بالاترین ارتفاع بوته بود، همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های برداشت دوم نشان می‌دهد که بین تیمارهای BLn و BLp اختلاف معنی‌داری در ارتفاع بوته وجود نداشت. تیمار BLn در برداشت‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب با میانگین ۵۲/۳ و ۱۲۵ بیش‌ترین تعداد برگ در بوته را تولید کرد، نتایج مقایسات میانگین برداشت دوم بیان می‌کند که بین تیمارهای BLn و BLp اختلاف معنی‌داری در میانگین تعداد برگ وجود

نداشت. کم‌ترین تعداد برگ تولیدی در براشت اول مربوط به تیمارهای کود شیمیایی و در برداشت دوم مربوط به تیمار NPS بود. تیمار BLn بیش‌ترین شاخص سطح برگ را در برداشت‌های اول و دوم به‌ترتیب با ۱/۹ و ۵/۷ تولید کرد. پایین‌ترین شاخص سطح برگ در برداشت‌های اول و دوم مربوط به تیمار NPS بود (جدول ۵).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر منابع مختلف کودی بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ ریحان سبز

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of different sources of fertilizer on plant height, number of leaves per plant and leaf area index of green basil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته No of leaf per plant	شاخص سطح برگ Leaf area index
		برداشت اول First harvest		
بلوک Block	2	67.5^{ns}	0.541^{ns}	0.011^{ns}
کود Fertilizer	7	199^{**}	600^{**}	0.980^{**}
خطا Error	14	6.39	14.4	0.034
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		9.88	16.2	31.6
		برداشت دوم Second harvest		
بلوک Block	2	15.5^{ns}	9.29^{ns}	0.304^{ns}
کود Fertilizer	7	66.4^{**}	3515^{**}	6.43^{**}
خطا Error	14	10.3	4.52	0.079
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		9.65	3.01	9.10

**: معنی‌دار در سطح یک درصد و ns : عدم معنی‌داری.

** : significant at 1% level probability and ns: non-significant.

یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است، تیمارهای کود مرغی با تأمین تدریجی عناصر غذایی، این عمل را به‌خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (Tahami Zarandi et al., 2010). در یک آزمایش مزرعه‌ای بر روی ریحان، کاربرد توأم کودهای نیتروژنه دامی و معدنی، باعث افزایش معنی دار ارتفاع گیاه نسبت به کاربرد کودهای معدنی به‌تنهایی شد (Kandeel et al., 2002). در آزمایشی با بررسی کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی در گیاه دارویی ریحان مشخص گردید که تمام تیمارهای کود آلی ارتفاع بوته را نسبت به شاهد و تیمار کود شیمیایی افزایش دادند (Tahami Zarandi et al., 2010). تیمارهای کود دامی با قابلیتی که در فراهم آوردن عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن دارند باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده و در نتیجه از طریق افزایش تعداد برگ‌های گیاه، باعث افزایش شاخص سطح برگ گیاه و تراکم بیش‌تر کانوپی و نهایتاً افزایش کارایی محصول در استفاده از انرژی نورانی و سنتز بیش‌تر مواد فتوسنتزی می‌شوند (Mirhashemi, 2009). از آن-جا که افزایش رشد اندام‌های رویشی گیاه منجر به بیش‌تر شدن سطح سبز گیاه می‌شود، هرچه بستر گیاه برای رشد مناسب‌تر باشد شاخص سطح سبز نیز افزایش پیدا خواهد کرد. گزارش شده است که حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ شنبلیله (*Trigonella foenum-*

graecum L.) به‌ترتیب با کاربرد سطوح ۲۵ و ۱۵ تن در هکتار کود دامی حاصل شد (Mirhashemi, 2009). در آزمایشی دیگر بر روی گیاه ریحان بین تیمارکودهای آلی و شیمیایی اختلاف معنی‌داری گزارش شده است (Tahami Zarandi et al., 2010). در همین راستا در این آزمایش تیمار BLn رشد مناسبی را در گیاه ریحان ایجاد نموده است (جدول ۵). برای صفت تعداد برگ در بوته، کم‌ترین تعداد مربوط به برداشت اول و استفاده از کود NPM که تنها با تیمارهای آلی تفاوت معنی‌دار داشت و بیش‌ترین تعداد برگ در برداشت دوم و مربوط به تیمار BLn و BLp بود. برای شاخص سطح برگ نیز کم-ترین مقدار مربوط به برداشت اول و کود NPS و بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ مربوط به برداشت دوم و استفاده از کود BLn است. کود مرغی با تولید اسیدهای آلی (Sanches Govin et al., 2005) و تأمین مناسب اغلب عناصر غذایی بویژه نیتروژن و فسفر (Ewulo, 2005)، تعداد برگ‌ها و سطح برگ گیاه ریحان را افزایش داده است. در تیمارهای کود گاوی بدلیل نسبت بالای کربن به نیتروژن و همچنین میزان فسفر کمتر (جدول ۲) اثرات کمتری بر رشد برگ‌ها در مقایسه با کود مرغی ایجاد شده است. علاوه براین، افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ در تیماهای BLn و CMn در مقایسه با تیمارهای BLp و CMp تأییدی بر برتری کودهای الی بر پایه نیتروژن نسبت فسفر می باشد. در تیمار NPS اضافه شدن گوگرد در مقایسه با NP رشد برگ‌ها را کاهش داده که ممکن است به‌دلیل مصرف بخشی از مواد فتوسنتزی گیاه برای شرکت گوگرد در ساختار مواد آلی باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر منابع مختلف کودی بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و شاخص سطح برگ ریحان سبز

Table 5- Mean comparisons for the effect of different sources of fertilizer on plant height, number of leaves per plant and leaf area index of green basil

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)		تعداد برگ در بوته Leaf.plant^{-1}		شاخص سطح برگ Leaf area index	
	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest
NP	19.3^{de*}	35.7 ^{a}	13.3^{d}	46.3^{d}	0.316^{c}	2.28^{de}
NPM	18.3^{e}	37.7 ^{a}	12.0^{d}	45.2^{d}	0.283^{c}	2.45^{de}
NPS	19.3^{de}	30.0^{bc}	14.0^{d}	36.6^{e}	0.213^{d}	1.71^{f}
NPSM	21.7^{de}	34.7^{ab}	15.7^{dc}	72.3^{b}	0.253^{c}	3.83^{c}
CMp	23.7^{dc}	26.0 ^{c}	21.0^{c}	57.3^{c}	0.410^{c}	1.85^{ef}
CMn	28.0^{c}	28.3^{c}	21.7^{c}	60.0^{c}	0.440^{c}	2.62^{d}
BLp	32.7^{b}	36.0 ^{a}	36.7^{b}	121^{a}	0.850^{a}	4.62^{b}
BLn	41.7 ^{a}	39.0 ^{a}	52.3^{a}	125^{a}	1.91^{a}	5.74^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.

* Within each column, means with similar letter, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on LSD test.

N، P، S و M: به‌ترتیب بیانگر کود اوره، سوپرفسفات، گوگرد و ریزمغذی می‌باشد. CMp، CMn، BLp و BLn: به‌ترتیب بیانگر کود گاوی بر حسب نیاز فسفری، کود گاوی بر حسب نیاز نیتروژنی، کود مرغی بر حسب نیاز فسفری و کود مرغی بر حسب نیاز نیتروژنی گیاه می‌باشد.

N, P, S, and M: are represent urea, triple superphosphate, sulfur and micronutrients, respectively. CMp, CMn, BLp, and BLn: are represent cattle manure based on phosphorus, cattle manure based on nitrogen, broiler litter manure based on phosphorus, broiler litter based on phosphorus, respectively.

عملکرد، وزن تر ساقه و وزن تر برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در برداشت اول تأثیر منبع کودی بر هر سه پارامتر اندازه گیری‌شده که به‌ترتیب عبارت بودند از عملکرد، وزن تر ساقه و وزن تر برگ، معنی‌دار بود ($P\leq۰/۰۱$). در برداشت دوم نیز اثر کود بر صفات نام برده شده در بالا معنی‌دار بود ($P\leq۰/۰۱$) (جدول۶).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار BLn بیش‌ترین عملکرد ریحان را در برداشت‌های اول و دوم به‌ترتیب با ۱۰۱۱۱ و ۱۴۵۷۷ کیلوگرم در هکتار تولید کرد. همان‌طور که نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد تفاوت بارزی بین میانگین تولید در برداشت اول و دوم وجود دارد (جدول ۷)، علت این افزایش در برداشت دوم را می‌توان تولید پنجه زیاد و گرم‌تر شدن هوا بیان کرد. در آزمایشی که بر روی اثر نوع و مقدار کود دامی بر عملکرد پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) صورت گرفت، نتایج نشان داد که کود مرغی به

میـزان ۲۰ تـن در هکتـار بـیش‌تـرین عملکـرد پنبـه را تولیـد کـرد (Houshyarifard & Qaranchik, 2009). گزارش شـده اسـت کـه مصرف ۱۵–۵ تن در هکتار کود مرغـی عملکـرد سـورگوم علوفـه‌ای (*Sorghum halepense* L.) را در مقایسه با شـاهد تـا ۵۰۰ درصـد افـزایش داد (Fallah et al., 2007). در همـین رابطـه حـلاج نیـا و همکاران (Hallaj Nia et al., 2006) تأثیر مـواد آلـی بـر فراهمـی فسفر و اجزای آن در طی زمان را بررسی نمودند، نتایج در پایان دوره آزمایش (۱۵۰ روز پس از کاشت) نشان داد که در تیمار کود شیمیایی و کود دامی به‌ترتیب ۱۷ و ۳۴ درصد فسفر افزوده شده قابل دسـترس بوده است. نتایج این آزمـایش نشـان داد کـه تیمـار کـودی NPS در مجموع برداشت‌های اول (عدم تفـاوت معنـی‌دار بـا سـایر تیمارهـای شیمیایی) و دوم کم‌ترین عملکرد را داشت. می‌توان چنین بیـان کـرد که وجود گوگرد باعث کاهش جذب نیتروژن درگیاه می‌شود که همین امر باعث کاهش رشد رویشی در تیمارهای حاوی گـوگرد در آزمـایش مورد نظر گردید. در همین رابطه اپدورفر و اگـوم (Eppendorfer & Eggum, 1994) در بررسی اثر گوگرد و نیتروژن روی آمینواسـیدها و ارزش بیولوژیکی پروتئین سیب‌زمینـی (*Solanum tuberosum* L.)، اظهار داشتند که کاربرد نیتروژن در حالت کمبود گوگرد باعث افزایش غلظت کل نیتروژن و نیترات گیاه به ترتیب از ۱/۳۲ به ۲/۳۵ درصد و از ۱۷ به ۲۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک رسید.

جدول ٦- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر منابع مختلف کودی بر عملکرد، وزن تر ساقه و وزن تر برگ ریحان سبز

Table 6- Analysis of variance (mean of square) of different sources of fertilizer on yield, shoot fresh weight and more weight basil leaves of green basil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	عملکرد Yield
			برداشت اول First harvest	
بلوک Block	2	35.9^{ns}	746^{ns}	90464^{ns}
کود Fertilizer	7	106011**	36384**	25569479**
خطا Error	14	726	1137	119333
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		13.8	20.2	9.55
			برداشت دوم Second harvest	
بلوک Block	2	667^{ns}	318^{ns}	50300^{ns}
کود Fertilizer	7	154896**	63325**	40532949**
خطا Error	14	869	1194	175838
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		5.47	11.1	4.94

**: معنی‌دار در سطح یک درصد و ns: عدم معنی‌داری.

**: significant at 1% level probability and ns: non-significant.

همچنین تیمار BLn بالاترین وزن تر سـاقه را در برداشـت‌هـای اول و دوم به‌ترتیب با ۳۷۲ و ۵۳۵ گرم بر متـر مربـع تولیـد کـرد. در برداشت دوم بـین تیمارهـای BLp و BLn در تولیـد وزن تـر سـاقه اختلاف معنـی‌داری وجـود نداشـت. تیمـار کـودی NPS در مجمـوع برداشت‌های اول و دوم کم‌ترین وزن تـر سـاقه را تولیـد کـرد. تیمـار BLn بالاترین وزن تر برگ را در برداشت‌های اول و دوم به‌ترتیب بـا ۶۳۸ و ۹۲۲ گرم بر مترمربع تولید کرد. تیمار کودی NPS در مجموع پایین‌ترین وزن تر برگ را داشت. نتایج حاکی از آن اسـت کـه تیمـار

BLn بهترین تیمار کودی برای عملکرد، وزن تر ساقه و وزن تر برگ ریحان بود (جدول ۷). ریوانا و همکاران (Hrivna et al., 2002) بیان می‌کنند که گوگرد در تشکیل ویتامین‌ها، گلوکوزیدها و فعال کردن آنزیم‌ها شرکت دارد. علاوه براین، گوگرد جزئی از ساختمان فسفولیپیدها است، در نتیجه در ساخته شدن چربی به‌طور مستقیم شرکت می‌کند. به نظر می‌رسد در تیمارهایی که گوگرد وجود دارد بخشی از مواد فتوسنتزی برای شرکت گوگرد در ساختار گیاه مصرف می‌شود که ممکن است کیفیت محصول را از لحاظ عطر و طعم افزایش دهد، در همین رابطه مهاتاناتاوی روسف (Mahattanatawee & Rouseff, 2004) بیان کردند که تیمار کود گوگرد در گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) باعث افزایش طعم و عطر آن نسبت به شاهد گردید. این موضوع در حالی است که کودهای آلی اکثر عناصر مورد نیاز گیاه را به نسبتی که جذب می‌کند، دارا هستند و با دارا بودن عناصر پر مصرف، و به مقدار کم‌تری ریزمغذی‌ها، خاک را در دراز مدت در جهت تعادل پیش خواهند برد. در همین راستا تهامی زرندی و همکاران (Tahami Zarandi et al., 2010) بیان کردندکه ۷۵ روز پس از کاشت گیاه ریحان، بیش‌ترین و کم‌ترین جذب خالص به‌ترتیب درکاربرد کود مرغی و شیمیایی با مقادیر ۰/۴۳ و ۰/۲۵گرم بر مترمربع در روز مشاهده گردید. نتایج مشابهی در رابطه با اثر مثبت کودهای دامی به‌ویژه کودهای مرغی بر افزایش وزن خشک بوته گیاه دارویی بابونه (Fallahi, 2009)، افزایش وزن خشک گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) در اثر کاربرد کمپوست (Delate, 2000) و افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه فلفل (*Capsicum annuum* L.) با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست (Adediran et al, 2004) گزارش شده است.

جدول ۷- اثر منابع مختلف کودی بر وزن تر برگ و ساقه و عملکرد ریحان سبز

Table 7- Effect of different sources of fertilizer on yield, fresh weight of leaves and stems of green basil

تیمار Treatment	وزن تر برگ (گرم بر متر مربع) Leaf fresh weight ($g.m^{-2}$)		وزن تر ساقه (گرم بر متر مربع) Stem fresh weight ($g.m^{-2}$)		عملکرد تر اندام‌های هوایی (گرم بر متر مربع) Shoot yield ($kg.ha^{-1}$)	
	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest
NP	94.4 ^{d*}	435^{d}	92.6^{de}	245^{c}	1870 ^{de}	6804^{e}
NPM	83.3^{d}	381^{e}	63.9^{e}	243^{c}	1472^{e}	6250^{e}
NPS	87.0^{d}	281^{f}	85.3 ^{de}	145^{d}	1723 ^{de}	4270^{f}
NPSM	107 ^{dc}	562^{c}	100^{de}	387^{b}	2835^{d}	9494^{c}
CMp	144^{c}	379^{e}	186^{c}	230^{c}	3305^{c}	6100^{e}
CMn	148^{c}	512^{c}	143^{dc}	190^{dc}	2912^{c}	7034^{d}
BLp	255^{b}	832^{b}	287^{b}	496^{a}	5435^{b}	13289^{b}
BLn	638^{a}	922^{a}	372^{a}	535^{a}	10111^{a}	14576^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.

* Within each column, means with similar letter, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on LSD test.

N، P، S و M: به‌ترتیب بیانگر کود اوره، سوپرفسفات، گوگرد و ریزمغذی می‌باشد. CMp، CMn، BLp و BLn: به‌ترتیب بیانگر کود گاوی بر حسب نیاز فسفری، کود گاوی بر حسب نیاز نیتروژنی، کود مرغی بر حسب نیاز فسفری و کود مرغی بر حسب نیاز نیتروژنی گیاه می‌باشد.

N, P, S, and M: are represent urea, triple superphosphate, sulfur and micronutrients, respectively. CMp, CMn, BLp, and BLn: are represent cattle manure based on phosphorus, cattle manure based on nitrogen, broiler litter manure based on phosphorus, broiler litter based on phosphorus, respectively.

ماده خشک برگ، ساقه و اندام‌های هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در برداشت اول تأثیر منبع کودی بر هر سه پارامتر اندازه‌گیری شده که به‌ترتیب ماده خشک برگ، ساقه و اندام‌های هوایی بودند معنی‌دار بود ($P\leq۰/۰۱$). در برداشت دوم نیز اثر کود بر صفات نام برده شده در بالا معنی‌دار بود ($P\leq۰/۰۱$) (جدول ۸).

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود بر ماده خشک برگ، ساقه و اندام‌های هوایی در گیاه ریحان سبز

Table 8- Analysis of variance (mean of square) of different sources of fertilizer on the leaves, stems and aboveground of two harvests of green basil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ماده خشک برگ Leaf dry matter	ماده خشک ساقه Stem dry matter	ماده خشک اندام‌های هوایی Aboveground dry matter
			برداشت اول First harvest	
بلوک Block	2	31.2^{ns}	15.7^{ns}	47.6^{ns}
کود Fertilizer	7	1874**	547**	4386**
خطا Error	14	24.1	22.3	26.1
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		18.6	26.9	11.6
			برداشت دوم Second harvest	
بلوک Block	2	71.2^{ns}	195^{ns}	70.8^{ns}
کود Fertilizer	7	3116**	1330**	8348**
خطا Error	14	80.1	97.2	168
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		10.9	25.6	10.6

**: معنی‌دار در سطح یک درصد، ns : عدم معنی‌داری.

**: significant at 1% level probability; ns: non-significant.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار BLn بیش‌ترین ماده خشک اندام‌های هوایی را در برداشت اول با ۱۳۲/۳ و تیمار BLp بیش‌ترین ماده خشک اندام هوایی را در برداشت دوم با میانگین ۲۰۴/۰۶ گرم بر مترمربع تولید کرد. تیمار کودی NPS در برداشت-های اول و دوم کم‌ترین ماده خشک اندام‌های هوایی را تولید کرد. تیمار BLn بالاترین ماده خشک برگ را در برداشت اول با میانگین ۸۵/۷ و تیمار BLp بالاترین ماده خشک برگ را در برداشت دوم با میانگین ۱۳۰/۲۸گرم بر متر مربع تولید کرد. پایین‌ترین ماده خشک در برداشت اول مربوط به تیمارهای کودی شیمیایی و در برداشت براشت دوم مربوط به NPM، NPS و CMp بود. در همین راستا تهامی زرندی و همکاران (Tahami Zarandi et al., 2010) با انجام آزمایشی در شرایط آب و هوایی مشهد بیان نمودند که عملکرد تر و خشک گیاه ریحان در تیمار کود شیمیایی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد. نیتروژن موجود در کود شیمیایی در معرض تصعید و آبشویی قرار می‌گیرد و امکان خروج از منطقه ریزوسفر بیش‌تر از نیتروژن موجود در کودهای دامی است (Kolata et al., 1992). تیمار BLn بالاترین ماده خشک اندام ساقه را در برداشت اول با میانگین ۴۶/۶ و تیمار BLp بالاترین ماده خشک اندام ساقه را در برداشت دوم با میانگین ۷۳/۷۸ گرم بر مترمربع تولید کرد. تیمار کودی NPM، در برداشت‌های اول و دوم کم‌ترین ماده خشک اندام ساقه را داشت. نتایج مقایسات میانگین نشان داد در برداشت اول در هر سه صفت (ماده خشک اندام‌های هوایی، ماده خشک ساقه و ماده خشک برگ) اندازه‌گیری شده بیش‌ترین تولید مربوط به تیمار BLn بوده اما در برداشت دوم بین تیمارهای BLp و BLn اختلاف معنی-داری در هر سه صفت اندازه‌گیری شده وجود نداشت (جدول ۹). در همین رابطه نیز جیلانی قمام و سنوسی (Djilani Ghemam & Senoussi, 2013) بیان کردند که کود دامی به‌خصوص کود مرغی نسبت به اعمال کودهای شیمیایی باعث افزایش صفات اندازه‌گیری

شده از جمله ماده خشک اندام‌های هوایی، ماده خشک ساقه و ماده خشک برگ در گیاه سیب‌زمینی گردید. در کل نتایج این آزمایش اثرات مثبت کود مرغی را بر کلیه صفات مورد مطالعه ریحان به‌ویژه عملکرد نشان می‌دهد. دلیل آن ممکن است به علت تجزیه میکروبی کود مرغی در خاک باشد که موجب شرایط بهتری برای رشد ریشه و جذب عناصر غذایی می‌شود (Ahmadian et al., 2009). کودهای دامی به‌ویژه کودهای مرغی علاوه بر اثرات مثبت بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مواد غذایی موجود در آن‌ها به آهستگی آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. همچنین آلودگی کم‌تری را در محیط زیست ایجاد می‌کنند (Majidyan, 2008).

جدول ۹-مقایسه میانگین اثر منابع مختلف کودی بر ماده خشک برگ، ساقه و اندام‌های هوایی در گیاه ریحان سبز

Table 9- Mean comparisons for the effect of different sources of fertilizer on the leaves, stems and aboveground of green basil

تیمار Treatment	ماده خشک برگ (گرم بر متر مربع) Leaf dry matter ($g.m^{-2}$)		ماده خشک ساقه (گرم بر متر مربع) Stem dry matter ($g.m^{-2}$)		عملکرد خشک اندام هوایی (گرم بر متر مربع) Aboveground dry matter ($g.m^{-2}$)	
	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest	برداشت اول First harvest	برداشت دوم Second harvest
NP	13.2^{c*}	72.4^{cb}	8.75^{ed}	32.1^{b}	22^{d}	102^{c}
NPM	12.1^{c}	58.4^{dc}	6.05^{e}	28.2^{b}	18.2^{d}	86.6^{c}
NPS	11.9^{c}	45.7^{d}	8.64^{ed}	18.1^{b}	20.5^{d}	63.9^{d}
NPSM	15.1^{c}	84.5^{b}	9.98^{ed}	31.7^{b}	25.1^{d}	128^{b}
CMp	19.8^{c}	56.8^{c}	18.5^{cb}	29.0^{b}	38.3^{c}	85.9^{dc}
CMn	20^{c}	77.7^{b}	15^{cd}	25.2^{b}	35.1^{c}	102^{c}
BLp	33.6^{b}	130^{a}	26.7^{b}	73.7^{a}	60.3^{b}	204^{a}
BLn	85.7^{a}	130^{a}	46.6^{a}	69.9^{a}	132^{a}	200^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.

* Within each column, means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

N، P، S و M: به‌ترتیب بیانگر کود اوره، سوپرفسفات، گوگرد و ریزمغذی می‌باشد. CMp، CMn، BLp و BLn: به‌ترتیب بیانگر کود گاوی بر حسب نیاز فسفری، کود گاوی بر حسب نیاز نیتروژنی، کود مرغی بر حسب نیاز فسفری و کود مرغی بر حسب نیاز نیتروژنی گیاه می‌باشد.

N, P, S, and M: are represent urea, triple superphosphate, sulfur and micronutrients, respectively. CMp, CMn, BLp, and BLn: are represent cattle manure based on phosphorus, cattle manure based on nitrogen, broiler litter manure based on phosphorus, broiler litter based on phosphorus, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از آن است که رشد و تولید ریحان کشت شده در خاک‌های آهکی به‌طور شدیدی تحت تأثیر منبع کودی قرار می‌گیرد و اثرات کودهای آلی به مراتب بهتر از کودهای شیمیایی است. اضافه نمودن گوگرد تنها به کود NP نمی‌تواند محصول ریحان را افزایش دهد اما عناصر ریزمغذی و ترکیب این عناصر با عناصر پرمصرف (NPS) عملکرد را به میزان اندکی افزایش می‌دهد. کاربرد کود مرغی بر اساس نیاز نیتروژنی گیاه ریحان، عملکرد را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. این نتیجه می‌تواند نگرانی تولیدکنندگان در ارتباط با کاهش عملکرد محصول ریحان دریافت‌کننده کود مرغی را مرتفع نماید، اما ارزیابی کیفیت محصول و ارزش غذایی آن تحت تأثیر کودهای مختلف برای رفع نگرانی مصرف‌کنندگان پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌نمائیم.

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.

Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2009. The interaction effect of water stress and animal manure on yield components, essential oil and chemical compositions of *Cuminum cyminum*. Iranian Journal of Field Crops Research 40(1): 173-180. (In Persian with English Summary)

Azeez, J.O., Van Averbeke, W., and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology 101: 2499–2505.

Chalchat, J.C., and Ozcan, M.M. 2008. Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (*Ocimum basilicum* L.) used as herb. Food Chemistry 110: 501–503.

Daneshian, A., Gurbuz, B., Cosge, B., and Ipek, A. 2009. Chemical components of essential oils from basil (*Ocimum basilicum* L.) grown a different nitrogen levels. International Journal of Natural and Engineering Sciences 3(3): 08-12.

Delate, K. 2000. Heenah mahyah student from herb trail. Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Jowa State University. Ames, IA.

DjilaniGhemam, A., and Senoussi, M.M. 2013. Influence of organic manure on the vegetative growth and tuber production of potato (*Solanum tuberosum* L. varspunta) in a Sahara desert region. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 22: 2724-2731.

Emad, M. 2008. Identification of Medicinal, Industrial, Forest and the Pasture Plants, and their Use Cases. Volume I, Publications Rural Development. Serdang 43400 Selangor Darul Ehsan Malaysia.

Eppendorfer, W.H., and Eggum, B.O. 1994. Effects of sulphur, nitrogen, phosphorus, potassium, and water stress on dietary fibre fractions, starch, amino acids and on the biological value of potato protein. Plant Foods for Human Nutrition 45: 299-313.

Ewulo, B.S. 2005. Effect of poultry dung and cattle manure on chemical properties of clay and sandy clay loam soil. Journal of Animal and Veterinary Advances 4(10): 839-841.

Fallah, S. 2016. Fundamental of Sustainable Agriculture. Shahrekord University Press, Shahrekord, Iran 169 pp. (In Persian)

Fallah, S., Ghalavand, A., and Khajehpoor, M. 2007. Effects of incorporation methods of manure with soil and its integration with chemical fertilizer on yield and yield component of grain corn (*Zea mays* L.) in Khoram-Abad Lorestan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40: 233-242. (In Persian with English Summary)

Fallah, S., Ghalavand, A., Samar, S.M., and Yadavi, A. 2013. Effect of broiler litter and mixing it with soil on corn`s nutrient concentrations. Journal of Agronomy 24: 40-47

Fallahi, J. 2009. The effects of biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of chamomile German. Master's thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (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.

Hallaj Nia, A., Haghnia, G.H., Fotovat, A., and Khorasani, R. 2006. The effect of organic matter on phosphorus in calcareous soils. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 4: 121-132. (In Persian with English Summary)

Houshyarifard, M., and Qaranchik, A. 2009. The effect of manure type and amount of the incidence and severity of major diseases, yield and yield components of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Crop Sciences 11(3): 247-238. (In Persian with English Summary)

Hrivna, L., Richter, R., Losak, T., and Hlusek, J. 2002. Effect of increasing doses of nitrogen and sulphur on chemical composition of plants, yields and seed quality in winter rape. Rostlinna Vyroba 48: 1-6.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annals. Journal of Agricultural Science Cairo 1: 351–371 (In Arabic with English Summary)

Khalid, A.K., Hendawy, S.F., and El-Gezawy, E. 2006. *Ocimum basilicum* L. production under organic farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(1): 25-32.

Kolata, E., Beresniiewicz, A., Krezel, J., Nowosielshi, L., and Slow, O. 1992. Slow release fertlizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. Acta-Horticaulhtre 339: 241-249.

Mahattanatawee, K., and Russell, L.R. 2004. Comparison of aroma active and sulfur volatiles in three fragrant rice cultivars using GC–Olfactometry and GC–PFPD. Food Chemistry 154: 1-6.

Majidyan, M., Qlavnd, A., Karymyan, N., and Kamkar Haghighi, A.A. 2008. Effects of water stress, nitrogen fertilizer, manure and integrated nitrogen and manure on yield, yield components and water use efficiency of maize single cross 704. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 45: 432-417. (In Persian with English Summary)

Makkizadeh, M., Nasrollahzadeh, S., Zehtab Salmasi, S., Chaichi, M., and Khavazi, K. 2011. The effect of organic, biologic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of sustainable Agricultural and production Science 22(1): 2-12. (In Persian with English Summary)

Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He, Z., and Schmidt-Rohr, K. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. Geoderma 146: 353-362.

Mirhashemi, S.M., Koochaki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluating the benfit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 269-279. (In Persian with English Summary)

Mohajerani Milani, C., and Sistani, S. 1989. Effects of sulfur and potassium on the quantity and quality of hay in Qazvin. Journal of Soil and Water 5(2): 84-109. (In Persian with English Summary)

Moradi, R. 2009. The effects of biological and organic fertilizers on yield and yield components and the quantity and quality of essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). MSc thesis of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Murty, M.G., and Ladha, J.K. 1988 .Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil 108: 281−285.

Prakash, V. 1990. Leafy Spices. CRC Press, Boca Raton, Fla 114 p.

Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicopmpost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63.

Robin, A., Szmidt, R.A.K., and Dickson, W. 2001. Use of Compost in Agriculture, Frequently Asked Questions (FAQs). Remade Scotland p. 324-336.

Sameni, M., and Kasraian A. 2004. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. I. Disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 35: 1219-1234.

Sanches Govin, E., Rodrigues Gonzales, H., Carballo Guerra, C., and Milanés Figueredo, M. 2005. Influencia de los abonos organicosy biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales 10: 1-8.

Tahami Zarandi, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparing the effects of organic and chemical fertilizers on yield and content essential oil of basil (*Basilicum Ocimum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 63-74. (In Persian with English Summary)

Toor, R.K., Savage, G.P., and Heeb, A. 2006. Influence of different type of fertilizers on the major antioxidant component of tomatoes. Journal of Food Composition and Analysis 19: 20-27.

UL-Hassan, F., Hakim, S.A., Manaf, A., Qadir, G.H., and Ahmad, S. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sulphur and seasonal variations. International Journal of Agriculture and Biology 9: 499-503.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 146-159

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۵۹-۱۴۶

Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Growth and Yield of Green Basil (*Ocimum basilicum* L.)

M. Rahimpour[1] and S. Fallah[2*]

Submitted: 28-04-2016
Accepted: 16-10-2016

Rahimpour, M., and Fallah, S. 2018. Effect of organic and chemical fertilizers on growth and yield of green basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 10(1): 146-159.

Introduction

Despite the notable application of chemical drugs, medicinal plants and drugs that extracted from them widely has been used, so that in some countries they are integral components of remedy Basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the major essential oils producing species. Although the applications of different sources of manures have been shown the significant effects on yield and the quality of agricultural products, but overusing of chemical fertilizers in crop production resulted in numerous problems such as contamination of groundwater, nitrate accumulation and heavy metal toxicity. In many cases, the application of expensive chemical fertilizers causes environmental pollution and ecological damages that lead to the increase in cost of production.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of organic and chemical fertilizers on growth and performance of green basil, an experiment was conducted, is based on randomized complete block design with eight treatments and three replications in the research farm of Agricultural College, Shahrekord University in 2014. Treatments were included NP (N + P), NPS (N + P + S), NPM (N + P + micronutrients), NPSM (N + P + S + micronutrients), CMp (cattle manure based on phosphorus), CMn (cattle manure based on the nitrogen), BLp (broiler litter based on phosphorus) and BLn (broiler litter based on the nitrogen), respectively. Plant height, number of leaves per plant, leaf area index, fresh yield, stem fresh weight, leaf fresh weight, leaf dry weight, stem dry weight, aboveground dry weight were measured. All data were analyzed with SAS software. Significant differences between individual means were determined using Fisher's protected least significant difference (LSD) test ($P \leq 0.05$).

Results and Discussion

The results showed that the effect of different sources of fertilizer on plant height, number of leaves per plant, leaf area index, fresh yield, stem fresh weight, leaf fresh weight, leaf dry weight, stems dry weight, aboveground dry weight were significant at 1% probability. The greatest amount of above mentioned traits were obtained from the second harvest of basil. The highest leaf area index was 5.7 which was two times more than leaf area index in the first harvest. The highest fresh weight (14576 $kg.ha^{-1}$) was achieved with broiler litter in the second harvest. In general, BLn treatment produced the highest yield, stem fresh weight and leaf fresh weight in the first harvest (10111, 372 and 639 $kg.ha^{-1}$, respectively) and second harvest (14577, 535 and 992 $kg.ha^{-1}$, respectively). It seems that organic manures included much of mineral nutrient required for plant growth and richness with macro elements and less than micro elements can improve nutritional status of soil. Similar results for positive effect of organic manures specially poultry manure on enhancement of basil height, increase in dry weight of chamomile, augmentation in dry weight of lemon balm and enhancement in dry weight of aerial parts of pepper with application of vermicompost has been reported. In another experiment for determination of sorghum bicolor yield reported that application of 5-15 ton per hectare poultry manure can improve 5 times in compared to control treatment. Also the experiment was conducted to determine the cotton yield results showed that poultry manure at the rate of 20 tons per hectare produced the highest cotton yield.

Conclusion

1 and 2- MSc student in Agroecology and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: falah1357@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.54975

The positive effects of broiler litter in basil plant production indicated that soil amendment with broiler litter based on the nitrogen can be created suitable conditions for appropriate growth and production of basil and its effect also more than the complete chemical nutrition of plant.

Acknowledgments

We wish to thank, Shahrekord University, Iran for the financial support of the project.

Keywords: Leaf area index, Macronutrients, Manure, Micronutrients

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۷۴-۱۶۰

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 160-174

مطالعه اثرات زیست‌محیطی تولید گیاهان دانه روغنی در اردبیل با استفاده از ارزیابی چرخه حیات

مجید دکامین[۱]، مرتضی برمکی[۲*]، امین کانونی[۳] و سید رضا موسوی مشکینی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۷

دکامین، م.، برمکی، م.، کانونی، ا.، و موسوی مشکینی، س.ر. ۱۳۹۷. مطالعه اثرات زیست محیطی تولیدگیاهان دانه روغنی در اردبیل با استفاده از ارزیابی چرخه حیات. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۷۴-۱۶۰.

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید گیاهان روغنی شامل سویا (*Glycine max* L.)، کلزا (*Brassica napus* Rapeseed.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در استان اردبیل بود. ارزیابی چرخه حیات به منظور ارزیابی مقایسه اثرات محیط زیستی، تقاضای آب و کاربری زمین این سه نوع گیاه روغنی به کار گرفته شد. چهار طبقه اثر محیط زیستی مورد استفاده در این روش مورد استفاده قرار گرفت. این چهار طبقه اثر شامل مردابی شدن، اسیدی شدن، گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی است. تقاضای آب و کاربری زمین دیگر طبقه اثرهایی است که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته است. هرسه گیاه زراعی برای طبقه اثرهای مختلف دارای الگوی یکسانی بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که آفتابگردان در پنج طبقه اثر از شش طبقه اثر انتخابی دارای بیشترین اثرات محیط زیستی است، چراکه دارای محصول کمتر و تقاضای آب و انرژی بیشتری است. نتایج نشان داد که تولید ۱ تن آفتابگردان، سویا و کلزا به‌ترتیب نیازمند ۴۲۶، ۳۷۰ و ۴۷۱ مترمربع زمین است. در این مطالعه مشخص شد که اثرات محیط زیستی سه گیاه زراعی عمدتاً از کودهای شیمیایی، کود دامی، سوخت دیزل و مصرف الکتریسیته برای آبیاری حاصل می شود. می توان گفت که اثرات مرتبط با این نهاده‌ها مربوط به تولید و فرآوری آن‌ها قبل از استفاده در مزرعه هستند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، بهینه‌سازی، سویا، کلزا، کشاورزی پایدار، گرمایش جهانی

مقدمه

در حال حاضر دست‌یابی به کشاورزی پایدار و در نظر گرفتن جنبه‌های محیط زیستی تولید محصول در سطح جهان مورد توجه زیادی قرار گرفته است. بر همین اساس، اثرات محیط زیستی کشاورزی در تولید پایدار محصولات کشاورزی باید در نظر گرفته شود (Ruviaro et al., 2012).

از آن‌جا که توان بازیابی کشاورزی وابسته به منابع طبیعی و فرآیندهای مرتبط با آن است، رابطه پیچیده‌ای بین کشاورزی و محیط‌زیست برقرار شده است. فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند برای محیط‌زیست فواید و مضراتی به دنبال داشته باشد. از جمله مضرات آن می‌توان به استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی هم‌چون آفت‌کش‌ها، کودها و انرژی‌های تجدیدناپذیر است. علاوه بر این، تغییر کاربری زمین، تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی از جمله مضرات کشاورزی رایج است. کمینه‌سازی اثرات منفی و بیشینه‌سازی اثرات مثبت چالشی را فراهم می‌آورد تا به‌وسیله آن بتوان به پایداری رسید. تولید گیاهان زراعی و فرآوری آن‌ها باعث بهره‌گیری از نظام‌های زراعی مختلفی شده است که هرکدام از آن‌ها

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت و اکولوژی گیاهان زراعی، استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی و دانش‌آموخته دکتری مدیریت محیط زیست و مدیر کل اداره حفاظت محیط زیست استان زنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: m_barmaki@uma.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.55340

دارای مصرف آب، کارایی انرژی و انتشارها محیطزیستی مختلفی هستند (Cellura et al., 2012). شرایط پیچیده‌ای که در اثر تولید محصولات زراعی مختلف در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران به‌وجود آمده است می‌بایست با دقت بیشتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد (Abeliotis et al., 2013; Beccali et al., 2009; Cellura et al., 2012; Ingwersen, 2012; Khoshnevisan, et al., 2014).

فعالیت‌های کشاورزی طی چند دهه اخیر در ایران به سرعت رشد داشته و اثرات محیطزیستی حاصل از آن‌ها نیز به همین مقیاس افزایش یافته است (FAO, 2007). مسائل اساسی محیط زیستی در ایران شامل کاهش منابع آب، آبشویی نیترات و ورود آن به آب‌های زیرزمینی (Jalali, 2011; Mahvi et al., 2005)، فرسایش خاک، انتشار آفت‌کش‌ها و کودهای فسفره به منابع آب (Fadaei et al., 2012; Kafilzadeh et al., 2012; Talebi, 1998) می‌شود. به خاطر خلأ بزرگ بین ارزیابی اثرات محیط زیستی کشاورزی و فعالیت‌های کشاورزی در ایران، توجه بسیار کمی به کاهش انتشارهای محیطزیستی و استفاده از منابع برای فعالیت های کشاورزی شده است (DeVries & De Boer, 2010). دستورالعمل-های استانداردی می‌بایست برای ارزیابی فعالیت‌های کشاورزی برای معرفی محصولات و تولیدات کشاورزی دوستدار محیطزیست تدوین شود.

تولید گیاهان زراعی نظامی است که دارای اثرات محیطزیستی بالایی است. ابزارهای مختلفی برای مقایسه و ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. جامع‌ترین ابزار برای ارزیابی اثرات محصولات کشاورزی، ارزیابی چرخه حیات[1] است (Thomassen et al., 2008).

به‌عنوان یک روش علمی، LCA قادر به مقایسه انتشارهای مربوط به نظام‌های تولید گیاهان زارعی است (Beccali et al., 2009; Blengini & Busto, 2009; Brentrup et al., 2001; Thomassen et al., 2008). در میان ابزارهای متنوع موجود، ارزیابی چرخه حیات روش جامعی برای ارزیابی اثرات محیطزیستی تولیدات، فرآیندها و خدمات است. ارزیابی چرخه حیات روشی مناسب برای ارزیابی همه اثرات محیط زیستی مربوط به یک محصول، فرآیند یا فعالیت است که با شناسایی، کمی‌سازی و ارزیابی منابع مصرف‌شده، انتشارها و پسماندهای آزادشده به محیطزیست ارزیابی جامعی را ارائه می‌دهد. ارزیابی چرخه حیات این فرصت را فراهم می‌کند که ارزیابی کاملی از اثرات متنوع روی محیطزیست صورت گیرد و توانایی شناسایی فرصت‌های مناسب از منظر توسعه پایدار را ممکن می‌سازد (Cellura et al., 2012; Ingwersen, 2012). به عنوان مثال، اثرات محیط زیستی تولید کلزا و آفتابگردان در شیلی را با استفاده از ارزیابی چرخه حیات بررسی کردند و نشان دادند که کودهای شیمیایی بالاترین اثرات محیط زیستی در هر دو محصول را موجب می‌شوند (Iriarte et al., 2012). همچنین در این مطالعه تجزیه و تحلیل چرخه حیات کودهای شیمیایی نشان دادکه استخراج مواد خام و تولید آن، مراحل کلیدی هستند. ارزیابی اثرات محیطزیستی تولید توت فرنگی (*Fragaria ananassa* Strawberry.) در ایران نشان داد که الکتریسیته، گاز طبیعی و کودهای نیتروژنه در دو سیستم (گلخانه-ای و مزرعه‌ای) بالاترین اثرات ایجاد می‌کردند (Khoshnevisanet al., 2014).

ارزیابی‌های محیطزیستی محصولات زراعی که با استفاده از روش‌های رایج انجام می‌شود، کل چرخه حیات محصول را مد نظر قرار نمی‌دهد این در حالی است که ارزیابی چرخه حیات، کل چرخه حیات محصول را مد نظر قرار می‌دهد (O'Brien et al., 2012). رایج‌ترین طبقه اثرهای لحاظ شده در ارزیابی نظام‌های تولید گیاهان زراعی به وسیله ارزیابی چرخه حیات شامل اسیدی شدن[2]، مردابی شدن[3]، گرمایش جهانی[4]، کاربری زمین[5] و تخلیه منابع[6] (به‌عنوان مثال، انرژی های تجدید ناپذیر و مصرف آب در طی تولید گیاهان زراعی) است (Cederberg & Stadig, 2003; Foster et al., 2007; O'Brien et al., 2012; Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017; Williams et al., 2006).

در این مطالعه با استفاده از ارزیابی چرخه حیات اقدام به ارزیابی استفاده از مواد، مصرف انرژی و انتشارهای محیط زیستی حاصل از تولید سه گیاه زراعی سویا، کلزا و آفتابگردان در شهرستان اردبیل شده است. هدف از این مطالعه، معرفی بهترین گیاه زراعی از نظر اثرات محیط زیستی و شناسایی نقاط حساس و کلیدی برای فراهم آوردن

1- Life Cycle Assessment (LCA)

2- Acidification
3- Eutrophication
4- Global warming,
5- Land use
6- Depletion of resources

امکان بهبود کارکرد محیط زیستی نظام کشت رایج این سه گیاه زراعی در اردبیل است.

مواد و روش‌ها

گیاهان زراعی مورد مطالعه

شهر اردبیل در میان دشتی با همین نام در ارتفاع ۱۵۰۰متری از سطح دریا و در میانکوه‌های باغرو (تالش) و سبلان در شمال غرب فلات ایران جای گرفته و دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. موقعیت جغرافیایی استان از نظر عرض جغرافیایی؛ ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و از نظر طول جغرافیایی؛ ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی است. از جمله عوامل مؤثر بر آب و هوای استان اردبیل، وجود دریای خزر در شرق استان می‌باشد که علاوه بر برخوردار کردن منطقه از رطوبت خود، عامل تعدیل درجه حرارت نیز می‌باشد. پهنه اقلیمی شهرستان دارای اقلیم خشک سرد و نیمه خشک سرد می‌باشد که مقدار رطوبت در اقلیم خشک سرد ۱۵ الی ۳۰ درصد و در اقلیم نیمه‌خشک سرد ۲۰ الی ۵۰ درصد، و مقدار میانگین حداقل درجه حرارت روزانه سردترین ماه در این دو اقلیم ۵ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد زیر صفر است. شهر اردبیل از نظر اقلیمی برای تولید طیف بالایی از گیاهان زراعی، از جمله گیاهان روغنی مناسب است (Asgharipour et al., 2012) (شکل ۱). سویا یک گیاه زراعی است که برای تولید روغن در دنیا و ایران مورد استفاده قرار می گیرد. آمارهای اخیر وزارت جهاد کشاورزی نشان می‌دهد که سطح زیر کشت این محصول در ایران ۸۴۰۸۴ هکتار است. سویا در شمال ایران، از جمله در استان اردبیل کشت می‌شود که در حال حاضر ۲۰ درصد از تولید ملی سویا در این استان است (FAO, 2015).

کلزا در سطح ۸۵۹۳۳ هکتاری در استان اردبیل کشت می‌شود که تولید ۱۶۴۰۱۸ تن کانولا در سال ۱۳۹۲ را به همراه داشته است. استان اردبیل دومین استان از نظر تولید کلزا در کشور است.

آفتابگردان دیگر گیاه زراعی مورد مطالعه بود، این گیاه زراعی به خاطر این‌که به‌ازای هر هکتار روغن بیشتری تولید می‌کند، از آن به عنوان جایگزین کانولا یاد می‌شود.

روش ارزیابی چرخه حیات

دستورالعمل اجرای ارزیابی چرخه حیات در استانداردهای ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ آمده و در این مطالعه لحاظ شده است. ارزیابی چرخه‌حیات چارچوب بین‌المللی جامع و استاندارد شده‌ای است و به منظور ارزیابی و تعیین انتشارهای محیطزیستی در مطالعات محیط زیستی زیادی، از جمله تولید گیاهان زراعی، به کار گرفته شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به (Abeliotis et al., 2013; Blengini & Busto, 2009; Cellura et al., 2012; Ingwersen, 2012; Khoshnevisan et al., 2014) اشاره کرد. مجموعه استانداردهای ایزو ۱۴۰۴۰ بیان می‌کند که هر ارزیابی چرخه حیات شامل چهار فاز اصلی، تعیین حوزه و هدف[1]؛ تحلیل سیاهه‌برداری[2]؛ ارزیابی اثر[3] و تفسیر نتایج[4] است (ISO, 2006). هر فاز در ادامه توضیح داده شده است. تمام اثرات محیطزیستی با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو[5] ۸/۰/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (PRe, 2015).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اردبیل- ایران
Fig. 1- Geographic location of Ardabil province- Iran

تعریف حوزه و هدف

تعریف حوزه و هدف از جمله مهم‌ترین مراحل ارزیابی چرخه حیات است که تصمیمات ابتدایی بر مبنای آن گرفته می‌شود. این تصمیمات شامل تعیین اهداف، واحد کارکردی، مرزهای سیستم و سیستم‌های مورد مقایسه است (Guinée, 2002). هدف از مطالعه حاضر بررسی کارکرد محیطزیستی فعالیت‌های کشاورزی رایج برای تولید گیاهان زراعی در سطح محلی در اردبیل است. در این مطالعه به

1- Goal and scope definition

2- Inventory analysis
3- Impact assessment
4- Interpretation of results
5- Simapro v 8.0.1

بررسی و ارائه پیشنهاداتی جهت کشت، نهاده‌ها و ابزارهای مورد استفاده ارائه خواهد شد. تمام گیاهان روغنی دارای عملیات کشاورزی متفاوتی هستند. به عنوان مثال کلزا، به خاطر این‌که دارای بذرهای بسیار ریزی است، نسبت به آفتابگردان، نیازمند بستر بذر بهتری پیش از انجام عملیات کاشت است، اما نهاده‌های ورودی برای هر سه گیاه زراعی یکسان در نظر گرفته شده است.

واحد کارکردی[1]

یک واحد کارکردی به یک کمیت یا کیفیت از محصول اطلاق می‌گردد که به عنوان واحد مرجع برای اختصاص بارهای محیط زیستی از آن استفاده می شود. واحد کارکردی مفهومی کلیدی در ارزیابی چرخه حیات است چرا که امکان مقایسه بین محصولات را فراهم می آورد (ISO, 2006). تمامی مصارف و انتشار مواد، آب و انرژی به‌ازای یک تن از هر محصول زراعی در رطوبت ۱۳ درصد به عنوان واحد کارکردی لحاظ شده است.

مرزهای سیستم

مرز سیستم تمام نظام تولید برای سویا، آفتابگردان و کلزا را پوشش می‌دهد. مرز سیستم دربردارنده فرآیندهای پیش زمینه‌ای و پس زمینه‌ای است. فرایندهای پیش زمینه‌ای شامل استخراج مواد خام، کودها و تولید الکتریسیته و سوخت است. فرآیندهای پیش زمینه‌ای شامل مدیریت کشاورزی، انتشار به خاک و آب و هوا در اثر فعالیت‌های کشاورزی برای تولید یک تن از این سه گیاه زراعی است. پیش فرض این مطالعه این است که کاه و کلش باقی مانده از محصول به زمین بازگردانده می‌شود. به عنوان یک فعالیت مدیریت کشاورزی، این امر مفید است چراکه منجر به بازگشت مواد غذایی، محتوای ماده آلی خاک و جلوگیری از فرسایش می‌شود. اتلاف محصول در حین برداشت در این مطالعه لحاظ نشده است (شکل ۲).

جمع‌آوری داده‌های سیاهه‌برداری[2]

داده‌های کشاورزی در طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ جمع‌آوری شد. داده‌های سیاه‌برداری بر اساس تولید اقتصادی هر محصول جمع‌آوری شد. جمع‌آوری داده‌ها از طریق مصاحبه رودررو با کشاورزان به‌دست آمد. داده‌های ابتدایی و نهایی در دو مرحله مورد ارزیابی قرار گرفتند. در مرحله ابتدایی، ۴۵ مزرعه بر اساس اندازه (حداقل پنج هکتاری) داده‌ها جمع‌آوری شد. مزارع دارای خصوصیات اقتصادی، فنی و اجتماعی متفاوتی بودند. به‌منظور دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر در مرحله بعد بررسی دقیق‌تری در شش مزرعه انجام شد و داده‌های ابتدایی در خصوص ماشین‌آلات مورد استفاده، سیستم‌های آبیاری، مصرف سوخت و دیگر نهاده‌های کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس داده‌ها بر اساس مرور منابع و نظر اساتید کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی مورد تأیید قرار گرفت. در این مطالعه فرض بر این است که تمام گیاهان روغنی از منابع مشابهی از نظر انرژی، نهاده‌های کشاورزی دو شیوه مدیریت بهره‌مند می‌شوند. در این مطالعه زیرساخت‌ها (ساختمان‌ها، احداث کانال‌های انتقال آب و غیره) و تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات لحاظ نشده است.

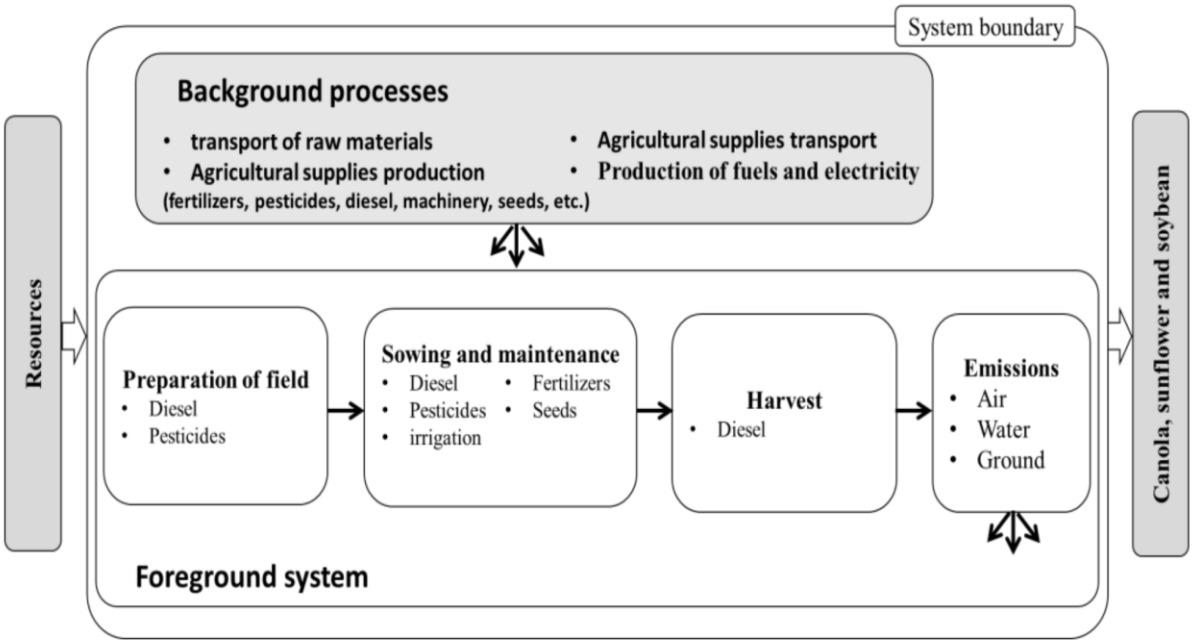
در بررسی منابع، اهمیت محاسبه انتشارها به هوا به‌واسطه آزاد شدن آمونیاک (NH_3) و N_2O و NO_x حاصله از مصرف کودهای شیمیایی مشخص شد. انتشارهای مستقیم حاصل از کاربرد در مزرعه با استفاده از دستورالعمل‌های مختلفی محاسبه شدند. انتشار با استفاده از روش ارائه شده توسط برناتراپ و کاسترس (Brentrup & Küsters, 2010) برای نیترات، آمونیاک و دی‌نیتروژن‌اکسید و فسفات محاسبه شد. از آن‌جا هم که سوختن سوخت‌های فسیلی به هوا اثرات مخربی دارد، فاکتورهای انتشار برای سوخت از روش ارائه شده توسط ساحله و پوتینگ (Sahle & Potting, 2013) مورد استفاده قرار گرفت. میزان آفت‌کش‌ها بر اساس ماده مؤثره فعال آن‌ها در لیتر بر روی جلد آن‌ها مورد محاسبه قرار گرفت.

ارزیابی اثر

روش سی ال ام (CLM) که به وسیله انجمن علوم محیط زیستی دانشگاه لیندین شده است در این مطالعه به کار گرفته شد. این روش به خاطر این‌که پیامدها را در سطح بین‌المللی محاسبه می‌کند و دارای کاربرد زیادی است مورد استفاده قرار گرفت (Guinée, 2002). طبقه اثرهای انتخابی برای ارزیابی چرخه حیات گیاهان زراعی بر اساس مسائل محیط زیستی مرتبط با تولید گیاهان زراعی، اهداف و چشم‌انداز مطالعه انجام گرفت. طبقه اثرهای بررسی شده در این مطالعه شامل، مردابی شدن، اسیدی شدن، پتانسیل گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی است. مدل‌های مشخصه‌سازی و فاکتورهایی

1- Functional unit
2- Inventory data collection

مورد استفاده در طبقه اثرهای تعریف شده در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۲- مرزهای سیستم و نهادهای مرتبط با نظام‌های تولید کلزا، آفتابگردان و سویا

Fig. 2- System boundaries and relevant inputs of the soybean, sunflower and canola production systems

جدول ۱- مدل‌های مشخصه‌سازی و فاکتورهای مورد استفاده در طبقه اثرهای مورد مطالعه

Table 1- The characterisation models and factors for used for the default impact

طبقه اثر (واحد) Impact category (Unit)	فاکتورهای مشخصه‌سازی Characterisation factors	مثال‌ها Examples
پتانسیل اسیدی شدن Acidification potential (kg SO_2 eq.)	AP, CML 2001 non-baseline (fate not included), Version: January 2016.	1 kg ammonia = 1.88 kg SO_2 eq. 1 kg nitrogen dioxide = 0.7 kg SO_2 eq. 1 kg sulphur dioxide = 1 kg SO_2 eq.
پتانسیل مردابی شدن Eutrophication potential (kg PO_4^{3-} eq.)	EP, CML 2001 baseline (fate not included), Version: January 2016.	1 kg phosphate = 1 kg PO_4^{3-} eq. 1 kg ammonia = 0.35 kg PO_4^{3-} eq. 1 kg COD (to freshwater) = 0.022 kg kg PO_4^{3-} eq.
پتانسیل گرمایش جهانی Global warming potential (kg CO_2 eq.)	GWP100, CML 2001 baseline Version: January 2016.	1 kg carbon dioxide = 1 kg CO_2 eq. 1 kg methane = 28* kg CO_2 eq. 1 kg dinitrogen oxide = 265 kg CO_2 eq.
پتانسیل ایجاد اکسیدان‌های فتوشیمیایی Photochemical oxidant creation potential (kg C_2H_4 eq.)	POCP, CML 2001 baseline (high NOx), Version: January 2016.	1 kg carbon monoxide = 0.027 kg C_2H_4 eq. 1 kg ethane = 0.123 kg C_2H_4 eq. 1 kg toluene = 0.637 kg C_2H_4 eq.

علاوه بر این، اثرات وابستگی به منابع آب و کاربری زمین (به معنی تولید محصول از هر واحد زمین) برای هر محصول مورد ارزیابی قرار گرفته است. این طبقه اثرها به کل آب و زمین مورد استفاده برای هر محصول در طی چرخه حیات آن اختصاص دارد.

جدول ۲- نهاده‌ها و خروجی‌های گیاهان زراعی کلزا، سویا و آفتابگردان به ازای یک تن
Table 2- Input and output flows of canola, soybean, and sunflower per FU

جریان نهاده و خروجی Input and output flows	واحد Unit	کلزا Canola	سویا Soybean	آفتابگردان Sunflower
سوخت Diesel fuel	L	146	98.5	155
کود نیتروژنه اوره Nitrogen fertilizer as urea	kg	305	214	388.4
سوپرفسفات تریپل Triple superphosphate, as P_2O_5	kg	176	156	203.84
کود پتاس Potassium fertilizer as K_2O	kg	48	45	67
علف‌کش Herbicides	kg	2.8	3.2	4.5
آفت‌کش Insecticides	kg	1.1	0.75	1.5
قارچ‌کش Fungicide	kg	3.5	4.2	5.3
کود دامی (جامد) Manure (solid)	kg	4750	5115	5513
برق Electricity	kWh	1355	1471	1558
آبیاری Irrigation	m^3	4406	5574	7024.2
بذر Seed	$kg.ha^{-1}$	10	83	17
عملکرد Yield	kg	2122	2701	2344
انتشارها از مزرعه **Field emissions**				
آمونیاک Ammonia volatilization	$kg.ha^{-1}$	25.58	17.95	32.58
انتشار دی‌اکسید نیتروژن Nitrous oxide emissions	$kg.ha^{-1}$	1.70	1.20	2.17
آبشویی نیترات Nitrate leaching	$kg.ha^{-1}$	38.60	27.08	49.15
N_2O	$kg.ha^{-1}$	2.93	2.06	3.73
CO_2	$kg.ha^{-1}$	275.05	185.56	292
آبشویی فسفات Phosphorous (P) runoff	$kg.ha^{-1}$	16.24	14.40	18.81

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی چرخه حیات و تفسیر

در این مطالعه از پنج مرحله ارائه شده در استاندارد ایزو، تنها مراحل رده‌بندی و خصوصیت‌سازی لحاظ شده است (ISO, 2006). مقایسه اثرات محیط زیستی، کاربری زمین و وابستگی به آب برای سه گیاه زراعی سویا، کلزا و آفتابگردان در این بخش مورد بررسی

قرار می‌گیرد.

جدول ۳- طبقه اثرهای مرتبط با تولید یک تن دانه روغنی سویا، کلزا و آفتابگردان

Table 3- Life cycle impacts associated with the production of one ton of oilseed

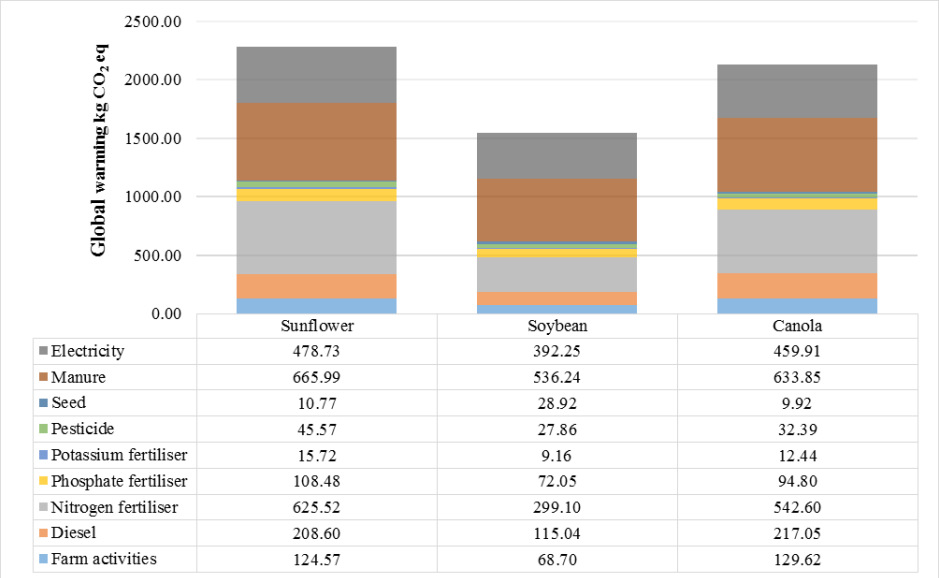
طبقه اثر Impact category	واحد Unit	کلزا Canola	سویا Soybean	آفتابگردان Sunflower
گرمایش جهانی Global warming (GWP100a)	kg CO_2eq.	2132.576	1549.327	2283.972
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	kg C_2H_4eq.	0.45652	0.319267	0.504258
اسیدی شدن Acidification	kg SO_2eq.	34.07332	21.28836	38.37665
مردابی شدن Eutrophication	kg PO_4^{3-}eq.	15.03938	9.217322	17.13289

پتانسیل گرمایش جهانی

پتانسیل گرمایش جهانی برای یک تن دانه روغنی تولید شده از هر سه گیاه زراعی در شکل ۳ بر اساس دی‌اکسیدکربن (CO_2-equivalent) تولید شده نشان داده شده است.

دی‌اکسیدکربن (CO_2-equivalent) تولید شده عمدتاً به خاطر سوختن سوخت‌ها، کود دامی و تولید الکتریسیته است. به‌خاطر این‌که در ایران تولید الکتریسیته با استفاده از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی انجام می‌گیرد، مقادیر زیادی گازهای گلخانه‌ای به جو انتشار می‌یابد. از نظر مصرف انرژی (الکتریسیته و سوخت)، آفتابگردان انرژی بیشتری نسبت به سویا و کلزا مصرف می‌کند.

شکل ۳ نشان می‌دهد که تولید یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان، به‌ترتیب ۱۵۴۹، ۲۱۳۲ و ۲۲۸۳ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن (kg CO_2-eq) به هوا منتشر می‌کند. تفاوت اندکی بین مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی کشت آفتابگردان و کلزا مشاهده می‌شود (جدول ۳). سهم الکتریسیته، کود دامی و کودهای معدنی بیشتر از ۷۰ درصد از طبقه اثر را تشکیل می‌دهد. دیگر نهاده‌ها سهم اندکی در این طبقه اثر دارند. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه با نتایج دیگر مطالعات همخوانی دارد (Bernesson et al., 2004; Iriarte et al., 2010; Stephenson et al., 2008).



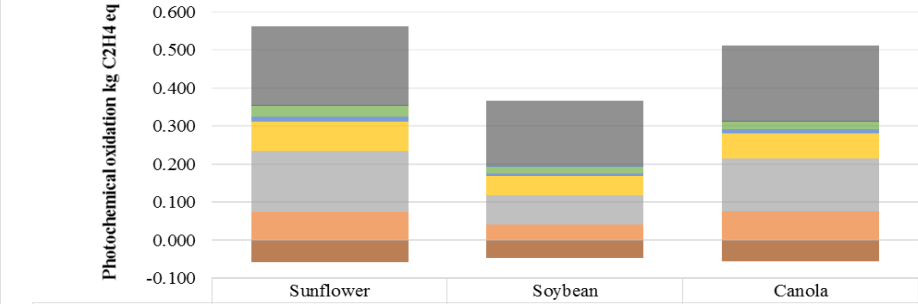
	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	478.73	392.25	459.91
Manure	665.99	536.24	633.85
Seed	10.77	28.92	9.92
Pesticide	45.57	27.86	32.39
Potassium fertiliser	15.72	9.16	12.44
Phosphate fertiliser	108.48	72.05	94.80
Nitrogen fertiliser	625.52	299.10	542.60
Diesel	208.60	115.04	217.05
Farm activities	124.57	68.70	129.62

شکل ۳- پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان تولیدی در اردبیل

Fig. 3- GWP for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

اکسیداسیون فتوشیمیایی

نتایج به‌دست آمده برای اکسیداسیون فتوشیمیایی مشابه با طبقه اثر پتانسیل گرمایش جهانی است. شکل ۴ اثر محیط زیستی تولید گیاهان زراعی را بر اساس معادل اتیلن (C_2H_4-eq) نشان می دهد. از منظر این طبقه اثر، سویا دارای کارایی محیطزیستی بالاتری نسبت به آفتابگردان و کلزا است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که تولید و مصرف الکتریسیته و کودهای شیمیایی نیتروژنه به‌عنوان نقاط داغ در چرخه حیات سه گیاهان روغنی به‌شمار می‌آیند. لازم به ذکر است که بیشتر از ۸۰ درصد از الکتریسیته تولیدی در ایران از طریق سوختن گاز طبیعی حاصل می‌شود که این خود در بردارنده بارهای محیط-زیستی بالایی است. تشکیل اکسیداسیون فتوشیمیایی عمدتاً تحت تأثیر انتشار فتواکسیدان‌های (SO_2، NMVOC و CO) تولید شده در طی مراحل کاشت و داشت و برداشت گیاهان زراعی است که از طریق سوختن سوخت‌های فسیلی در ماشین‌آلات کشاورزی، خصوصاً در عملیات کشت رایج منتشر می‌شود (Nguyen et al., 2008).



	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	0.208	0.171	0.200
Manure	-0.058	-0.046	-0.055
Seed	0.001	0.002	0.001
Pesticide	0.029	0.018	0.020
Potassium fertiliser	0.011	0.007	0.009
Phosphate fertiliser	0.078	0.052	0.067
Nitrogen fertiliser	0.160	0.077	0.139
Diesel	0.073	0.040	0.076
Farm activities	0.002	0.001	0.001

شکل ٤- اکسیداسیون فتوشیمیایی گرمایش جهانی به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان تولید شده در اردبیل

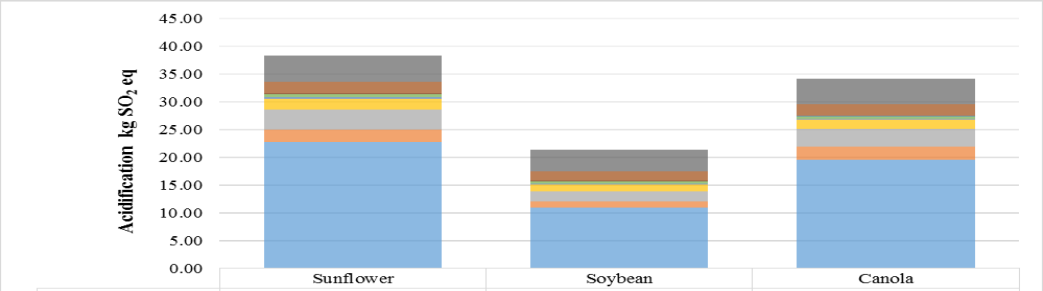
Fig. 4- PO for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

اسیدی شدن

شکل ۵ به گزارش اثرات محیطزیستی گیاهان زراعی تولید شده از منظر اسیدی شدن (SO_2-eq) به ازای واحد کارکردی می‌پردازد. در این طبقه اثر، فرآیندهای پس زمینه‌ای به عنوان اصلی‌ترین مشارکت-کنندگان شناخته می‌شوند و آبیاری و استفاده از ماشین‌آلات از دیگر عناصر اصلی در این طبقه اثر هستند. در این طبقه اثر بیشتر اکسید-های نیتروژن (NO_x) و دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) به اتمسفر وارد می-شود. اثرات محیط زیستی اسیدی‌شدن از به‌کارگیری و استفاده از کودهای مصنوعی است که عمدتاً منجر به انتشارها نیتروژنی می‌شود. تولید کوددامی دیگر نقطه داغ در رابطه با اسیدی شدن است. انتشار آمونیاک (NH_3) از تولید و به کارگیری کودهایی با بنیان نیتروژن ۲۰ درصد از کل انتشارها را شامل می‌شود. اسیدشدن در طی چرخه حیات تولید آفتابگردان و کلزا به‌ترتیب ۱/۸ و ۱/۶ اسیدی شدن در تولید سویا است. اثر این طبقه اثر از ۲۱/۲ تا ۳۸/۳۷ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد (kg SO_2-eq) است و بیشترین انتشار گوگرد حاصل از مصرف بالای الکتریسیته‌ای است که صرف پمپاژ آب می‌شود.

مردابی شدن

نتایج حاصل از ارزیابی مردابی شدن حاصل از سه گیاه زراعی مشابه با پتانسیل گرمایش جهانی و اسیدی شدن بود. شکل ۶ اثرات محیط زیستی بر حسب PO_4^{3-} eq. به‌ازای واحد کارکردی نشان می-دهد.



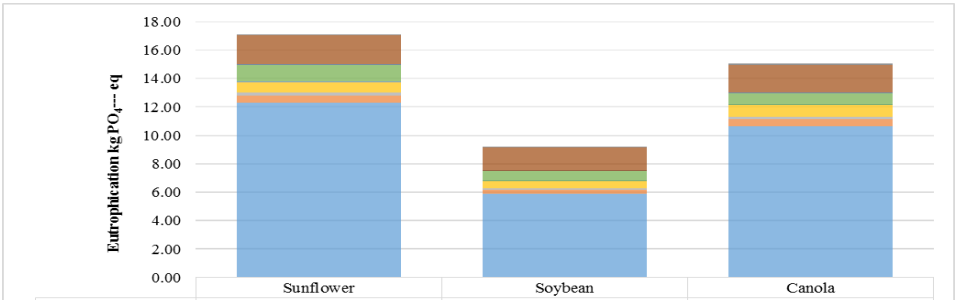
	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	4.75	3.90	4.57
Manure	2.20	1.77	2.10
Seed	0.13	0.05	0.12
Pesticide	0.47	0.29	0.33
Potassium fertiliser	0.30	0.18	0.24
Phosphate fertiliser	1.91	1.27	1.64
Nitrogen fertiliser	3.70	1.77	3.21
Diesel	2.21	1.22	2.30
Farm activities	22.70	10.86	19.57

شکل ۵- اسیدی شدن به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان تولید شده در اردبیل

Fig. 5- AC for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

فعالیت‌های مربوط با تولید گیاهان روغنی اصلی‌ترین منبع مواد حاوی فسفر به شمار می‌روند. سهم بالایی از این مواد شامل کاربرد کود دامی، انتشار گازها از تراکتورها و کاربرد کودهای نیتروژنه و فسفره است.

اصلی‌ترین نقطه داغ در این طبقه اثر استفاده از کودهای نیتروژنه (NO_x و NH_3) و فسفره صنعتی است. اصلی‌ترین عامل انتقال و آبشویی NO_3^- و PO_4^{3-} به آب‌های زیرزمینی و سطحی است (Gallego et al., 2011). مردابی شدن از ۹/۲ در سویا تا ۱۷/۱ kg eq. PO_4^3 در آفتابگردان متغیر است. مردابی‌شدن در آفتابگردان و کلزا به‌ترتیب ۱/۸۲ و ۱/۵۹ برابر مردابی شدن سویا است.



	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	0.06	0.05	0.06
Manure	2.06	1.66	1.97
Seed	0.07	0.03	0.06
Pesticide	1.14	0.70	0.81
Potassium fertiliser	0.03	0.02	0.03
Phosphate fertiliser	0.77	0.51	0.79
Nitrogen fertiliser	0.19	0.09	0.17
Diesel	0.48	0.27	0.50
Farm activities	12.32	5.89	10.66

شکل ٦- پتانسیل مردابی شدن به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان در اردبیل

Fig. 6- EP potential for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

وابستگی به آب

وابستگی به آب به‌طور خاص مربوط به فاز رویشی چرخه حیات گیاهان روغنی است. وابستگی به آب بین گیاهان زراعی متغیر است. مقدار آب مورد نیاز برای سویا، کلزا و آفتابگردان به‌ترتیب ۴۴۰۶، ۵۵۷۴ و ۷۰۲۴ مترمکعب برآورد شد (جدول ۳). عملکرد پایین، کارایی پایین استفاده از آب و نرخ تبخیر و تعرق بالا در کشت

آفتابگردان باعث اختلاف زیاد با دو دانه روغنی دیگر شده است.

کاربری زمین

زمین زراعی منبع محدودی به‌شمار می رود. در دنیا رقابت بین کشاورزی، جنگلداری و صنعت با افزایش رشد جمعیت منجر به رقابت بر سر زمین شده است که ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست (Dekamin et al., 2015). در مطالعه حاضر، کاربری زمین بین سه گیاه زراعی متفاوت بود (جدول ۳). تولید یک تن دانه روغنی سویا نیازمند ۳۷۰ مترمربع، کلزا ۴۷۱ مترمربع و آفتابگردان ۴۲۶ مترمربع زمین است. آئودسلی و همکاران (Audsley et al., 2010) فاکتور انتشار برای تغییر کاربری زمین را 143 g CO_2- eq. m^2 برآورد کردند. با این فاکتور می‌توان دی‌اکسید تولید شده به‌وسیله هر گیاه زراعی را محاسبه کرد. در این مطالعه و با لحاظ فاکتور ذکر شده، کمترین میزان انتشار مربوط به سویا با ۵۲۹ kg CO_2-eq. و بیشترین میزان مربوط به ۶۷۳ kg CO_2-eq. برای کلزا بود.

جدول ۳ ارزیابی چرخه حیات گیاهان زراعی آفتابگردان، سویا و کلزا به ازای هر طبقه اثر را نشان می دهد. سوای از هر طبقه اثر سویا بهترین عملکرد محیط زیستی را از خود نشان داد. آفتابگردان بدترین نتایج محیط‌زیستی را در اکثر طبقه اثرها از خود نشان داد. هر سه گیاه زراعی در طبقه اثرهای مختلف از الگوی یکسانی تبعیت کردند، ولی آفتابگردان بالاترین بار محیط‌زیستی را در پنج از شش طبقه اثر به خود اختصاص داد. سویا به خاطر عملکرد دانه بالاتر و وابستگی کمتر به نهاده در سطح هر هکتار در مقایسه با کلزا و آفتابگردان بهترین عملکرد محیط‌زیستی را داشت. وابستگی به کود کم سویا و عملکرد بالای دانه روغنی منجر به اثرات پایین محیط زیستی این گیاه روغنی شده است.

بارهای محیط زیستی برای آفتابگردان و کلزا در مقایسه با سویا بسیار بالا بود (جدول ۳). این نتایج به خاطر نیاز آبی و نهاده کمتری است که در تولید سویا در مقایسه با دیگر کلزا و آفتابگردان مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این‌وجود، کلزا عملکرد محیط‌زیستی بهتری نسبت به آفتابگردان داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت که در تولید گیاهان زراعی، استفاده از کودهای صنعتی و کود دامی، سوخت، فعالیت‌های آماده‌سازی زمین، کاشت و داشت و برداشت و مصرف الکتریسیته برای پمپاژ آب مؤثر است. در هر سه گیاه زراعی، اثرات غیرمستقیم و مربوط به فرآیندهای پس زمینه‌ای بیشتر از اثراتی است که در حین عملیات کاشت، داشت و برداشت بر محیط‌زیست وارد می‌شود. در مزارع مورد بررسی در استان اردبیل، کشاورزان از روش‌های رایج و سنتی (به‌عنوان مثال، آبیاری غرقابی) استفاده می‌کنند که همین امر باعث تقاضای آب بالا برای تولید محصول در مقایسه با دیگر روش‌های آبیاری می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که گذار از فعالیت‌های تولید آفتابگردان و کلزا به کشت سویا باعث کاهش اثرات محیط زیستی، مصرف نهاده و استفاده از انرژی (سوخت و الکتریسیته) به ازای هر تن سویای تولیدی می‌شود.

معیارهای فنی و زراعی را برای کاهش وابستگی به آب، کاربری زمین و اثرات محیط زیستی برای تولید گیاهان روغنی در اردبیل معرفی کرد. مقدار و نوع کودهای صنعتی و کود دامی در انتشارهای حاصل از این سه گیاه زراعی اثر مستقیمی داشت. شاخص بالای برداشت می‌تواند باعث بهینه‌سازی بارهای محیط‌زیستی به‌ازای تولید یک تن دانه روغنی شود. کاهش و بهینه‌سازی استفاده از کودهای شیمیایی می‌بایست لحاظ شود و کودهای ارگانیک و زیستی جایگزین کودهای شیمیایی شود.

به‌منظور بهینه‌سازی محیط‌زیستی نظام‌های کشت گیاهان روغنی در استان اردبیل، کشاورزی دقیق و بهبود و ارتقای سیستم‌های آبیاری پیشنهاد می‌شود. اصلاح عملیات‌های زراعی همچون شخم، بهبود کارایی سیستم آبیاری، بهبود کارایی مصرف آب گیاه زراعی، اصلاح گیاهان روغنی و مدیریت دقیق نهاده‌ها می‌تواند باعث کاهش اثرات محیط‌زیستی در نظام‌های کشت گیاهان روغنی شود. چراکه با اجرای چنین اقداماتی، برای تولید یک تن دانه روغنی آب، انرژی و نهاده کشاورزی کمتری مصرف می‌شود. استفاده از گیاهان نقدینه و یا یک لگوم در تناوب زراعی گیاهان صنعتی می‌تواند تقاضای کودی و آبشویی عناصر غذایی در تولید دانه‌های روغنی کاهش دهد.

راه دیگر برای افزایش کارایی مصرف آب و کاهش مصرف سود در تولید دانه های روغنی، خصوصاً تولید آفتابگردان، استفاده از خاک‌ورزی حداقل یا بدون خاک‌ورزی برای حفاظت از سطح خاک برای ذخیره آب است. ساده‌ترین راه برای افزایش بهره‌وری از زمین افزایش عملکرد اقتصادی گیاه زراعی است (Iriarte et al., 2010; Romero-Gámez, Audsley, & Suárez-Rey, 2014).

در طی دهه‌های گذشته دولت به کودشیمیایی فسفره و نیتروژنه یارانه پرداخت می‌کند. همچنین داده‌های مورد تأییدی در خصوص استفاده از کودهای شیمیایی در تولید دانه‌های روغنی در استان اردبیل

وجود ندارد. بر همین اساس کشاورزان سطوح بالاتری از کودهای نیتروژنه و فسفره را نسبت به مقادیر توصیه‌شده توسط جهادکشاورزی برای تولید دانه روغنی به‌کار می‌گیرند. بر همین اساس کودها در مقادیر بیشتری از قدرت جذب گیاه زراعی است. قیمت پایین کود باعث استفاده از انواع مختلف کودهای شیمیایی در مقادیر زیاد آن می‌شود. قیمت‌های بالاتر کود به نظر می‌رسید منجر به کاهش استفاده از کودهای شیمیایی شود. مطالعات نشان می‌دهند که کاربرد متعادل مقادیر کود می‌تواند باعث افزایش عملکرد تا ۶۰ درصد شود (Balali et al., 2004). به‌منظور کاهش اثرات محیط‌زیستی می‌بایست آزمایشات خاک در سطح منطقه‌ای انجام و توصیه‌های کودی مختص به آن به کشاورزان ارائه شود.

در استان اردبیل، اختلاف بین عملکرد بالقوه و واقعی در تولید گیاهان روغنی بالا است. افزایش عملکرد گیاهان روغنی منجر به کاهش معنی‌داری در بارهای محیط زیستی آن‌ها می‌شود. بهبود شاخص برداشت می‌تواند منجر به کاهش استفاده از نهاده‌های کشاورزی، زمین و آب به‌ازای واحد کارکردی شود. می‌بایست ماشین‌آلات کشاورزی ارتقا یابند.

نتیجه‌گیری

سیاست‌گذاران کشاورزی در ایران می‌بایست دستورالعمل‌ها و سیاست‌های مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی و اثرات محیط‌زیستی آن تدوین نمایند. مطالعه حاضر، ارزش ارزیابی چرخه حیات در درک انتشارها محیط‌زیستی مرتبط با گیاهان زراعی را مشخص کرد و اطلاعات ارزشمندی برای تصمیم‌سازی و اجرای فعالیت‌های دوستدار محیط‌زیست فراهم می‌سازد. این نتایج می‌بایست در تدوین دستورالعمل‌ها و کاهش اثرات محیط‌زیستی دانه‌های روغنی در استان اردبیل مد نظر قرار گیرند.

منابع

Abeliotis, K., Detsis, V., and Pappia, C. 2013. Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. Journal of Cleaner Production 41: 89-96.

Asgharipour, M.R., Mondani, F., and Riahinia, S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy 44: 1078-1084.

Audsley, E., Brander, M., Chatterton, J.C., Murphy-Bokern, D., Webster, C., and Williams, A.G. 2010. How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope reduction by 2050. Report for the WWF and Food Climate Research Network.

Balali, M., Moameni, A., Malakouti, M., and Afkhami, M. 2003. Balanced soil fertilization towards sustainable agriculture and food security in Iran. Congress Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization, Iran, Tehran p. 26-28. (In Persian)

Beccali, M., Cellura, M., Iudicello, M., and Mistretta, M. 2009. Resource consumption and environmental impacts of the agrofood sector: life cycle assessment of Italian citrus-based products. Environmental Management 43: 707-724.

Bernesson, S., Nilsson, D., and Hansson, P.A. 2004. A limited LCA comparing large-and small-scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions. Biomass and Bioenergy 26: 545-559.

Blengini, G.A., and Busto, M. 2009. The life cycle of rice: LCA of alternative agri-food chain management systems in Vercelli (Italy). Journal of Environmental Management 90: 1512-1522.

Brentrup, F., and Küsters, J. 2000. 10. Methods to estimate potential N emissions related to crop production. Agricultural Data for Life Cycle Assessments 81: 146-156.

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.

Cederberg, C., and Stadig, M. 2003. System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. The International Journal of Life Cycle Assessment 8: 350-356.

Cellura, M., Longo, S., and Mistretta, M. 2012. Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. Journal of Cleaner Production 28: 56-62.

de Vries, M., and de Boer, I.J. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Livestock Science 128: 1-11.

Dekamin, M., Veisi, H., Safari, E., Liaghati, H., Khoshbakht, K., and Dekamin, M.G. 2015. Life cycle assessment for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production systems: a case study for Iran. Journal of Cleaner Production 91: 43-55.

Dutilh, C.E., and Kramer, K.J. 2000. Energy consumption in the food chain: comparing alternative options in food production and consumption. Ambio: A Journal of The Human Environment 29: 98-101.

Fadaei, A., Dehghani, M.H., Nasseri, S., Mahvi, A.H., Rastkari, N., and Shayeghi, M. 2012. Organophosphorous pesticides in surface water of Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 88: 867-869.

FAO. 2007. State of the World's Forests.

Foster, C., Green, K., and Bleda, M. 2007. Environmental impacts of food production and consumption: final Report to the Department for Environment Food and Rural Affairs, Italy, Rom.

Gallego, A., Hospido, A., Moreira, M.T., and Feijoo, G. 2011. Environmental assessment of dehydrated alfalfa production in Spain. Resources, Conservation and Recycling 55: 1005-1012.

Granatstein, D., and Kupferman, E. 2006. Sustainable horticulture in fruit production. XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Sustainability through Integrated and Organic 767, p. 295-308.

Guinée, J.B. 2002. Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards. The International Journal of Life Cycle Assessment 7: 311-313.

Hamdallah, G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. Proceedings of the FAO Regional Workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East, Amman, p. 2-5.

Ingwersen, W.W. 2012. Life Cycle Assessment of fresh pineapple from Costa Rica. Journal of Cleaner Production 35: 152-163.

Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2010. Life Cycle Assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18: 336-345.

ISO. Technical Committee ISO/TC 207, E.m.S.S., Life Cycle Assessment. 2006. Environmental Management: Life Cycle Assessment: Principles and Framework. ISO.

Jalali, M. 2011. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. Environmental Earth Sciences 62: 907-913.

Kafilzadeh, F., Shiva, A.H., Malekpour, R., and Azad, H.N. 2012. Determination of organochlorine pesticide residues in water, sediments and fish from Lake Parishan, Iran. World Journal of Fish and Marine Sciences 4: 150-154.

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.

Mahvi, A., Nouri, J., Babaei, A., and Nabizadeh, R. 2005. Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. International Journal of Environmental Science and Technology 2: 41-47.

Malakouti, M., Khoughar, Z., and Khademi, Z. 2004. Innovative approaches to balanced nutrition of wheat-A compilation of papers. Agronomy Department. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Sana Publication. Co., Tehran, Iran. (In Persian)

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Dalgaard, T., Knudsen, M.T., Keyhani, A., Mousavi-Avval., S.H., and Hermansen, J.E. 2013. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of life cycle assessment and data envelopment analysis. Journal of Cleaner Production 54: 89-100.

Nassiri Mahallati, N., and Koocheki, A. 2017. Life cycle assessment of wheat production systems in Iran. Journal of Agroecology 9(4): 972-992. (In Persian with English Summary)

Nemecek, T., Heil, A., Huguenin, O., Meier, S., Erzinger, S., Blaser, S., Dux, D., and Zimmermann, A. 2007. Life cycle inventories of agricultural production systems. Final Report Ecoinvent V 2.0 No 15.

O'Brien, D., Shalloo, L., Patton, J., Buckley, F., Grainger, C., and Wallace, M. 2012. A Life Cycle Assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. Agricultural Systems 107: 33-46.

Romero-Gámez, M., Audsley, E., and Suárez-Rey, E.M. 2014. Life Cycle Assessment of cultivating lettuce and escarole in Spain. Journal of Cleaner Production 73: 193-203.

Ruviaro, C.F., Gianezini, M., Brandão, F.S., Winck, C.A., and Dewes, H. 2012. Life Cycle Assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. Journal of Cleaner Production 28: 9-24.

Sahle, A., and Potting, J. 2013. Environmental Life Cycle Assessment of Ethiopian rose cultivation. Science of the Total Environment 443: 163-172.

Stephenson, A., Dennis, J., and Scott, S. 2008. Improving the sustainability of the production of biodiesel from oilseed rape in the UK. Process Safety and Environmental Protection 86: 427-440.

Talebi, K. 1998. Diazinon residues in the basins of Anzali Lagoon, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 61: 477-483.

Tan, K.T., Lee, K.T., and Mohamed, A.R. 2008. Role of energy policy in renewable energy accomplishment: the case of second-generation bioethanol. Energy Policy 36: 3360-3365.

Tzilivakis, J., Warner, D., May, M., Lewis, K., 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.

Williams, A., Audsley, E., and Sandars, D. 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities: Defra Project Report IS0205. Zu finden in: http://randd.defra.gov.uk/Default. aspx.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 160-174

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۷۴-۱۶۰

Study of the Environmental Impacts of Oil Seed Crops Production in by using the Life Cycle Assessment in Ardabil Province

M. Dekamin[1*], M. Barmaki[2], A. Kanooni[3] and S.R. Mousavi Meshkini[4]

Submitted: 16-08-2016
Accepted: 06-04-2017

Dekamin, M., Barmaki, M., Kanooni, A., and Mousavi Meshkini, S.R. 2018. Study of the environmental impacts of oil seed crops production in by using the life cycle assessment in Ardabil province. Journal of Agroecology 10(1): 160-174.

Introduction

The controversy about sustainable agriculture has been extended to consider the impact of agricultural production. Population growth has increased the need for food, water, and renewable energy resources, which requires development of new knowledge about and technology for production systems using the sustainable development frameworks. As a consequence of agricultural reliance on natural resources and processes, a complicated relationship exists between agriculture and the environment. Agricultural activities can be both advantageous and disadvantageous for the environment. Agricultural activities have grown quickly over recent decades in Iran; their environmental impacts have also escalated. Major environmental issues in Iran include water shortages, nitrate leaching into ground water, soil erosion, and the release of pesticides and P-based fertilizers into water resources. Since there is a legal gap in assessing the environmental impact of agricultural activities in Iran; so little attention has been paid to reducing environmental emissions and use of resources of the agricultural products. Standard procedures should be used to assess agricultural activity to introduce environmentally-friendly practices and products. Crops production is a system with high environmental impacts. Different tools are available for assessment of the environmental impact of agricultural products. The most comprehensive of these is life cycle assessment (LCA). The present study used LCA to evaluate the materials used, energy consumption, and related environmental emissions from cradle to farm gate for soybean (*Glycine max*), sunflower (*Helianthus annuus* L.), and canola (*Brassica napus* L.) crops in Ardabil province of Iran.

Materials and Methods

The basic guidelines for administering an LCA delineated in ISO standards 14040 and 14044 were observed in this research. LCA is an internationally standardized holistic assessment framework and is widely used to identify potential environmental emissions and resources throughout a product's lifecycle, particularly in the agro-food sector. Literature on LCA has demonstrated potential applications of LCA in agriculture. All environmental impacts were analyzed using Simapro v 8.0.1 software. The goal of the current analysis was to examine the environmental performance of conventional cropping practices of oilseed crops at the local level in Iran. The scope of the present research was limited to oilseed production system using all inputs and outputs of agricultural materials, energy, and water from cradle to farm gate in Ardabil. All materials, emissions, and water and energy consumption measured per 1 ton of a crop at 13% humidity are denoted as a FU. A system boundary covers the entire production system for soybean, sunflower, and canola. The inventory data was collected based on the commercial production of each crop. The goal of inventory questionnaire was to evaluate type of machinery, inputs and outputs and irrigation. Also, data collection involved face-to-face interview with farmers.

The impact categories investigated in this research were eutrophication, acidification, global warming potential, and photochemical oxidation. In addition, the impacts of water dependence and land use were examined.

Results and Discussion

Only the classification and characterization stages of the LCA were considered in this research. The results

1, 2, 3 and 4- PhD student in agronomy, Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Assistant Professor, Department of agriculture, Faculty of agriculture and Water engineering, University of Mohaghegh Ardabili and Department of environment, Zanjan, Iran respectively.
(*- Corresponding author Email: dekamin@uma.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.55340

showed that sunflower demonstrated a higher environmental load in five of the six categories because of its lower seed yield and higher water and energy demands. The results indicate that production of 1 ton of soybean and canola requires 370 and 471 m^2 of land, respectively. Production of same quantity of sunflower required 426 m^2 of land. Sunflower required 1.59 and 1.25 times more water than the canola and soybean respectively, to produce the same quantity of oilseed. It was found that the effects of these three crops comes generally from manufactured fertilizer, manure, diesel combustion, agricultural practices, and electricity for irrigation.

Conclusion

Generally, it can be said that the indirect effects associated with these inputs are related to producing and processing, which had higher impacts than those of the direct effects.

Keywords: Agriculture, Environmental impacts, Iran, Land use, Life Cycle Assessment, Oilseed crops, Optimization.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۸۵-۱۷۵

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 175-185

مقایسه کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر تنش رطوبتی انتهایی و محلول‌پاشی با هیومیک اسید

رضا شهریاری[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

شهریاری، ر. ۱۳۹۷. مقایسه کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر تنش رطوبتی انتهایی و محلول‌پاشی با هیومیک اسید. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۸۵-۱۷۵.

چکیده

اثر تنش رطوبتی و کاربرد هیومیک اسید به‌صورت محلول‌پاشی بر عملکرد کمی و همچنین کیفیت دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان (*Triticum aestivum* L.)، طی آزمایشی در منطقه اردبیل در سال ۸۷-۱۳۸۶ مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. هیومیک اسید استخراج شده از پیت با ترکیب هیومات پتاسیم به‌کار رفت. صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تنش رطوبتی تأثیر معنی‌داری برصفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه داشت. مصرف هیومات پتاسیم تنها بر محتوای پروتئین دانه تأثیر معنی‌داری نشان داد، اما برهمکنش سطوح تنش رطوبتی × محلول پاشی هیومات پتاسیم تأثیر معنی‌داری برصفات عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه داشت. اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه مشاهده شد و برهمکنش هیومات پتاسیم × ژنوتیپ روی محتوای پروتئین دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. مصرف هیومات پتاسیم در مقایسه با عدم مصرف آن در شرایط تنش رطوبتی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد (به‌ترتیب ۶/۱۰ و ۷/۷۴ تن در هکتار). این میزان برای عملکرد دانه برابر ۲/۸۲ و ۳/۵۶ تن در هکتار بود، در حالی‌که در شرایط عدم تنش رطوبتی مصرف هیومات پتاسیم اختلاف معنی‌داری با عدم مصرف آن روی این صفات نشان نداد. بالاترین عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌ها متعلق به ژنوتیپ ۴۰۵۷ (برابر ۳/۹۲ تن در هکتار) بود. تحت شرایط تنش رطوبتی، محتوای پروتئین دانه افزایش نشان داد و بالاترین محتوای پروتئین دانه (۱۴/۵ درصد) از ترکیب تیماری رقم ساراتووسکایا – ۲۹ با مصرف هیومات پتاسیم و کمترین مقدار آن (۱۳/۴ درصد) از ترکیب تیماری ژنوتیپ ۴۰۵۷ در شرایط عدم مصرف هیومات پتاسیم به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پروتئین، هیومات پتاسیم

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان غله‌ای در سراسر جهان از لحاظ تولید و بهره‌برداری است. این گیاه منبع اصلی انرژی، پروتئین و فیبر جیره غذایی در غذای بشر و تغذیه حیوانات اهلی به شمار می‌رود و به‌طور متوسط ۲۰ درصد کل کالری و ۲۲ درصد کل پروتئین در رژیم غذایی انسان را فراهم می‌کند (FAO[2], 2015). گندم، بومی جنوب غربی قاره آسیا بوده و ارقام وحشی خویشاوند این گیاه در لبنان، سوریه، عراق، شرق ترکیه و ایران یافت می‌شوند (Rashed Mohassel, 2001). در بخش‌های زیادی از ایران، تنش خشکی یکی از مشکلاتی است که حادث شدن آن به خصوص در مراحل انتهای رشد (مرحله زایشی) تولید محصولات زراعی را کاهش می‌دهد. در چنین شرایطی علاوه بر کاهش فعالیت فتوسنتزی، از طریق تسریع پیری دوره پرشدن دانه‌ها، سبب کاهش وزن و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Moosavifar et al., 2009).

۱- مربی، گروه کشاورزی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل
(*- نویسنده مسئول: Email: rshbio@gmail.com)

DOI:10.22067/jag.v10i1.55775

2- Food and Agriculture Organization

تخمین زده می‌شود که عملکرد گندم تحت شرایط تنش خشکی تقریباً یک سوم میزان آن در شرایط بدون تنش باشد کـه ایـن مقـدار بسته به رقم و ژنوتیپ‌های مختلف گنـدم متفـاوت اسـت و دلیـل آن متنوع بودن وراثت‌پذیری مقاومت به خشـکی و پتانسـیل ژنتیکـی در بین ارقام و ژنوتیپ‌هـای مختلـف گنـدم مـی باشـد (Blum, 2005). تحت شرایط تنش خشکی، بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر عملکرد دانه تفاوت بسیار معنی‌دار وجود داشـت. عملکـرد بیولوژیـک نیـز در بـین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود (Ali-Mohamadi et al., 2009). در تحقیـق پردل مراغه (Pordel Maragheh, 2013) ضـمن اشـاره بـه وجـود تفاوت‌های معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، این امـر را نشـان‌دهنـده تنـوع ژنتیکـی در میـان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه عنوان شد.

برخی از محققین اثر کودهـای آلـی و زیسـتی را بـر خصوصـیات کمی و کیفـی گیاهـان زراعـی مطالعـه نمودنـد (Koocheki et al., 2016; Rezvani Moghaddam et al., 2016). مـواد هیـومیکی، مواد معدنی هستند که در پیت، لیگنیت، لئوناردیت و سـاپروپل وجـود داشته، دارای ترکیبات بسیار پیچیده ای از مواد آلی هتروژن بـوده، بـه طور طبیعی با رنگ زرد تا سیاه و وزن مولکولی بالا ایجاد مـی شـوند. سه بخش عمده‌ای که از مواد هیومیک جـدا مـی شـوند، عبارتنـد از: هیومیک اسید که در مواد قلیـایی محلـول و در آب و اسـید نـامحلول است؛ فولویک اسـید کـه در آب، قلیـا و اسـید محلـول مـی باشـد؛ و هیومین که در قلیا، اسـید و آب نـامحلول اسـت (Kulikova et al., 2005).

مصرف مواد هیومیکی رشد گیاه و بهره‌وری را افزایش داده و بـه حفظ رطوبت و کاهش اثر تنش‌های محیطی از جملـه تـنش خشـکی کمک می‌کند (Yoon-Ha Kim et al., 2012). مـواد هیـومیکی بـا اثرگذاری بر کنترل بیماری‌های خـاک زاد و بهبـود سـلامتی خـاک و قابلیـت دسترسـی و جـذب عناصـر غـذایی توسـط گیاهـان (Mauromicale et al., 2011)، عملکرد گیاه را بهبود (Mohamed et al., 2009)، سنتز پروتئین را افزایش و تولید زیست توده‌ای را کـه در تحریک رشد گیاه فعال است، بهبـود مـی‌بخشـد (Lodhi et al., 2013). برخی محققین دریافتند که کـاربرد هیومیـک اسـید بـه‌طـور معنی‌داری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در گندم تغییر می‌دهـد (El-Bassiouny et al., 2014). با ایـن‌حـال، ممکـن اسـت کـاربرد هیومیک اسید در برخی از خصوصیات مرتبط با عملکرد تأثیر معنی‌دار نشان ندهد، به‌طوری‌که در آزمایش شهریاری و شمسـی (Shahryari & Shamsi, 2009) معلوم شد که شاخص برداشت گندم تحت تـأثیر کاربرد هیومیـک اسـید اخـتلاف آمـاری معنـی‌دار نداشـت. لـیکن در آزمایشی دیگر، مصرف هیومیک اسید در خاک‌هـای شـنی کـه در آن کمبود خشکی تأثیر منفی روی عملکرد مـی‌گـذارد، منجـر بـه بهبـود معنی‌دار عملکرد و صفات مرتبط با آن در گندم شـد (El-Shabrawi et al., 2015). کاربرد اسید هیومیک در غلظت ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بـه‌ترتیـب بیشـترین وزن بیولوژیـک و وزن دانـه را بـه خـود اختصاص داد (Sabzevari et al., 2009). علی‌رغـم تـأثیر معنـی‌دار تنش خشکی روی عملکرد دانه و عملکـرد بیولوژیـک گنـدم، کـاربرد هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری روی این صفات نشـان نـداد. بـا ایـن حال، تحت شرایط تنش شدید کاربرد هیومیک اسـید باعـث افـزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و بهبود عملکـرد دانـه از طریـق افـزایش تعداد سنبله در واحد سـطح شـد. معلـوم شـده اسـت کـه اسـتفاده از هیومیک اسید به عنوان کود زیستی تا حدی برای کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر عملکرد گندم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Parvazi Shandi et al., 2013). از این‌رو ایـن آزمـایش بـا هـدف بررسی اثر کاربرد هیومیک اسـید بـر عملکـرد ژنوتیـپ‌هـای گنـدم و کیفیت دانه تولیدی تحت شرایط تنش رطوبتی انجام یافت.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در اراضی روستای حسـن بـاروق (کیلـومتر ۵ غـرب اردبیل) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال ۸۷-۱۳۸۶ انجام گرفت. اقلیم منطقه نیمه‌خشک و سرد است. دمـا در زمستان معمولاً زیر صفر درجه مـی‌باشـد. از نظـر موقیـت جغرافیـایی ارتفـاع آن از سـطح دریـا ۱۳۵۰ متـر و طـول جغرافیـایی َ ۴۸ و ۲۰ شمالی و عرض جغرافیایی آن َ ۳۸ و ۱۵ شرقی می‌باشد. خاک محـل مورد آزمایش قهوه‌ای و آلوویال رسی بوده و pH آن بین ۷/۸ تـا ۸/۲ متغیر می‌باشد. نتایج فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد آزمایش
Table 1-Physico-chemical properties of field soil sample

بافت Texture	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	آهک (درصد) Lime (%)	اشباع (درصد) Saturation (%)	اسیدیته pH	شوری (دسی-زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی Loam	38	36	26	6.024	42	7.68	2.01

منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفرقابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N(%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
0.17	0.9	0.202	2.56	440	15.43	1.18	0.78

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل شش ژنوتیپ گندم نان بود که ژنوتیپ‌های گاسکوژن، سبلان، ۴۰۵۷ از مرکز تحقیقات کشاورزی اردبیل و روزی-۸۴، قبوستان و ساراتووسکایا-۲۹ ازکشور جمهوری آذربایجان تهیه شده بود (جدول ۲).

هیومیک اسید مورد استفاده در این تحقیق از پیت استخراج شده بود و ترکیب کود مایع هیومیکی حاصل در جدول ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۲- ژنوتیپ‌های گندم مورد آزمایش
Table 2-Wheat genotypes

ژنوتیپ Genotype	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	شماره Number
روزی-۸۴ Ruzi-84	4	گاسکوژن Gascogne	1
قبوستان Gobustan	5	سبلان Sabalan	2
ساراتووسکایا-۲۹ Saratovskaya-29	6	۴۰۵۷ 4057	3

جدول ۳- ترکیب کود مایع هیومیکی مورد استفاده در این آزمایش
Table 3- Composition of applied liquid humic fertilizer

ترکیبات Compounds	ماده خشک (درصد) DM (%)	اسیدیته pH	نیتروژن کل (میلی گرم در لیتر) Total N ($mg.L^{-1}$)	فسفر(میلی گرم در لیتر) P ($mg.L^{-1}$)	پتاسیم (میلی گرم در لیتر) K ($mg.L^{-1}$)	نیتروژن نیتراته (میلی گرم در لیتر) Nitrate nitrogen ($mg.L^{-1}$)
مقادیر Amounts	56.3	10.1	1318	97	10845	71.8

ترکیبات Compounds	کربن کل (گرم در لیتر) Total carbon ($g.L^{-1}$)	کربن اسیدهای هیومیک (گرم در لیتر) Carbon humic acids ($g.L^{-1}$)	اسید هیومیک (گرم در لیتر) Humic acid ($g.L^{-1}$)	کربن اسیدهای فولویک (گرم در لیتر) Fulvic acids carbon ($g.L^{-1}$)	فولویک اسید (گرم در لیتر) Fulvic acid ($g.L^{-1}$)	مجموع اسید هیومیک و اسید فولویک (گرم در لیتر) Total humic acid and fulvic acid ($g.L^{-1}$)
مقادیر Amounts	21.7	17.7	33.2	4.01	9.02	42.3

طرح آزمایشی مورد استفاده، فاکتوریل اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. کرت اصلی شامل فاکتور A سطوح تنش (قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و بدون تنش) و فاکتور B سطوح هیومات پتاسیم (مصرف هیومات پتاسیم و عدم مصرف هیومات پتاسیم) و کرت فرعی C ژنوتیپ‌ها بود. ترکیب تیماری بدون تنش، عدم مصرف هیومات پتاسیم و گندم گاسکوژن به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

کشت گندم گاسکوژن در منطقه متداول می‌باشد.کود اوره {با فرمول شیمیایی $(NH_2)_2$ CO} و سوپرفسفات تریپل {با فرمول شیمیایی $CaH_4[Po_4]_2.H_2O$} به‌ترتیب برابر ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. هر کرت آزمایشی باردیف‌های کاشت به‌طول ۱/۵ متر و با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم و روی ردیف‌ها دو سانتی‌متر ایجاد شد. مقدار بذر بر مبنای وزن هزار دانه و ۴۵۰ دانه در مترمربع محاسبه و در اوایل آبان ماه سال ۸۶ کشت گردید.

آبیاری طبق عرف محل، در تیمارهای آبیاری نرمال در پنج نوبت و در تیمارهای اعمال تنش رطوبتی بعد از گلدهی در سه نوبت (صرفاً در مرحله رویشی) انجام گرفت. تیمار با هیومیک اسید به دو صورت انجام یافت: الف- پیش تیمار بذور موقع کاشت با محلول یک در هزار کود مایع هیومیک و ب: محلول‌پاشی قسمت هوایی گیاه در مراحل پنجه‌زنی، ساقه روی و پر شدن دانه با محلول یک در هزار کود مایع هیومیک.

بعد از رسیدگی کامل، در اواخر تیرماه ۸۷ کل بوته‌های هر کرت به صورت کف‌بر برداشت و بعد از خشک شدن در هوای آزاد توزین و با تعمیم‌دهی به هکتار، عملکرد بیولوژیک در هکتار تعیین شد. سپس کاه و کلش نمونه‌ها جداسازی و میزان بذور حاصل وزن و برای تعیین عملکرد دانه به واحد سطح (هکتار) تعمیم داده شد.

برای تعیین محتوای پروتئین دانه در هر رقم، آرد دانه‌ها با استفاده از دستگاه Laboratory Mill-3100 تهیه شد. سپس مقدار پروتئین آرد گندم با استفاده از دستگاه Inframatic-8600 اندازه‌گیری شد. هر دو دستگاه استفاده شده محصول شرکت پرتن سوئد بود. در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹,۱ (SAS Institute, 2004) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد ارزیابی نیز با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[1] در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات کمی و کیفی مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و پروتئین دانه در شش رقم گندم نشان داد که اثر سطوح تنش رطوبتی و اثر متقابل تنش رطوبتی در هیومات پتاسیم بر روی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. همچنین اثرات اصلی سطوح تنش رطوبتی، هیومات پتاسیم و اثر متقابل هیومات پتاسیم در ژنوتیپ بر محتوای پروتئین دانه تأثیر معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال یک، یک و پنج درصد نشان داد (جدول ۴).

مطابق با نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط آبیاری نرمال در میانگین هر دو شرایط مصرف و عدم مصرف هیومات پتاسیم برابر ۱۳/۲ درصد بود که این کاهش در شرایط عدم مصرف هیومات پتاسیم حدود ۲۵ درصد و در شرایط مصرف هیومات پتاسیم تنها حدود یک درصد بود. همچنین در خصوص عملکرد دانه، تنش رطوبتی منجر به کاهش آن به‌طور میانگین در هر دو شرایط مصرف و عدم مصرف هیومات پتاسیم برابر ۱۴/۵ درصد گردید که ۲۶/۱ درصد در شرایط عدم مصرف هیومات پتاسیم و تنها ۲/۵ درصد در شرایط مصرف هیومات پتاسیم بود (جدول ۵). به‌عبارت بهتر، این نتایج بیانگر این موضوع است که مصرف هیومات پتاسیم ضمن افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، مانع از کاهش این صفات در نتیجه اثرات نامطلوب تنش رطوبتی شده است. بالاترین عملکرد دانه (۳/۹۳ تن در هکتار) از ژنوتیپ ۴۰۵۷ به‌دست آمد و کمترین مقدار آن متعلق به رقم ساراتووسکایا – ۲۹ به‌مقدار ۲/۹۶ تن در هکتار بود (جدول ۶).

1- Least significant difference

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و محتوای پروتئین در شش ژنوتیپ گندم در شرایط تنش رطوبتی در حضور هیومات پتاسیم

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield, biological yield and protein content of six wheat genotypes under water stress and application of potassium humate

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	محتوای پروتئین Protein content
تکرار Replication	2	8.69	1.80	0.220
سطوح تنش رطوبتی Water stress levels (a)	1	19.91*	5.31*	3.26**
سطوح هیومات پتاسیم Potassium humate levels (b)	1	7.58	1.55	2.25**
سطوح تنش × سطوح هیومات پتاسیم a × b	1	17.5*	3.66*	0.004
اشتباه اصلی $Error_a$	6	3.39	0.515	0.284
ژنوتیپ‌ها Genotype (c)	5	1.46	1.242**	0.259
سطوح تنش × ژنوتیپ‌ها a × c	5	1.34	0.269	0.259
سطوح هیومات پتاسیم× ژنوتیپ‌ها b × c	5	1.20	0.322	0.593*
سطوح تنش × سطوح هیومات پتاسیم× ژنوتیپ‌ها a ×b × c	5	0.36	0.327	0.253
اشتباه فرعی $Error_b$	40	0.91	0.218	0.185
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		12.80	13.48	3.1

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

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

کاهش عملکرد در گیاهان زراعی به‌واسطه حادث شدن تنش خشکی به‌ویژه در مرحله زایشی ناشی از کاهش فعالیت فتوسنتزی، تسریع پیری و کاهش طول دوره پرشدن دانه گزارش شده است (Moosavifar et al., 2009)، به‌طوری‌که بلام (Blum, 2005) عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی را تقریباً برابر یک سوم عملکرد آن در شرایط بدون تنش قابل برآورد دانست و بیان داشت که این میزان کاهش بسته به ژنوتیپ می‌تواند متفاوت باشد که دلیل آن متنوع بودن وراثت‌پذیری مقاومت به خشکی و پتانسیل ژنتیکی در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف گندم است. مطابق با یافته‌های این تحقیق، نتایج مشابه توسط علی محمدی (Ali-Pordel Maragheh, 2013) و محمد و همکاران (Mohamed et al., 2009) گزارش شده است. محققین عنوان داشته‌اند که مصرف مواد هیومیکی ضمن حفظ رطوبت خاک و کاهش اثرات عوامل مخرب درآن رشد گیاه و بهره‌وری را افزایش می‌دهد (Yoon-Ha Kim et al., 2012; El-Shabrawi et al., 2015). برخلاف نتایج این آزمایش، افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه و بیولوژیک گندم با کاربرد مواد هیومیکی توسط محققین گزارش شده است (Sabzevari et al., 2009; Bakry et al., 2013; El-Bassiouny et al., 2014). در مطابقت با نتایج این آزمایش، برخی محققین دریافتند علی‌رغم تأثیر معنی‌دار تنش خشکی روی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم، کاربرد هیومیک‌اسید تأثیر معنی‌داری روی این صفات نشان نداد. با این‌حال، در شرایط تنش شدید کاربرد هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح شد. نتیجه‌گیری شد که استفاده از هیومیک اسید به

عنوان کود زیستی تا حدی برای کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر عملکرد گندم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Parvazi Shandi et al., 2013). در مطالعه ملاصادقی و همکاران (Mollasadeghi et al., 2011) نیز مشخص شد که در شرایط خشکی کاربرد هیومیک اسید با بهبود صفات مرتبط با عملکرد دانه، باعث افزایش عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد هیومیک اسید می‌گردد. آنان نتیجه‌گیری کردند که هیومیک اسید شدت تنش کمبود آب را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده است. به نظر می‌رسد که تأثیر هیومیک اسید روی عملکرد دانه از طریق تأثیر آن بر عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد باشد که بسته به شرایط محیطی از جمله تنش رطوبتی و ژنوتیپ به کار رفته می‌تواند یک تعداد از اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار داده و منجر به بهبودی عملکرد دانه گردد.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گندم برای اثر سطوح تنش رطوبتی × سطوح هیومات پتاسیم

Table 5- Means comparisons of measured traits of wheat for effect of water stress levels × potassium humate levels

سطوح آزمایشی Levels of experiment		صفات مورد ارزیابی Evaluated traits	
		عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t.ha^{-1}$)
آبیاری نرمال Normal irrigation	شاهد Control	8.14	3.81
	هیومات پتاسیم Potassium humate	7.80	3.65
تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی Water stress after anthesis	شاهد Control	6.10	2.82
	هیومات پتاسیم Potassium humate	7.74	3.56
LSD (0.05)		2.065	0.805

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم

Table 6- Mean comparison of grain yield in wheat genotypes

ژنوتیپ‌ها Genotypes	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t.ha^{-1}$)
گاسکوژن Gascogne	3.59
سبلان Sabalan	3.53
۴۰۵۷ 4057	3.93
روزی-۸۴ Ruzi-84	3.46
قبوستان Gobustan	3.29
ساراتووسکایا-۲۹ Saratovskaya-29	2.96
LSD (0.05)	0.073

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که در بین سطوح تنش رطوبتی، سطوح هیومات پتاسیم و اثر متقابل سطوح هیومات پتاسیم × ژنوتیپ‌ها از لحاظ پروتیین اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح تنش رطوبتی نشان داد که محتوای پروتئین دانه در شرایط تنش رطوبتی در مقایسه با آبیاری نرمال ۲/۸ درصد افزایش دارد. همچنین با کاربرد هیومات پتاسیم محتوای پروتئین دانه از افزایش حدود سه درصدی برخوردار بود (جدول ۷). نتایج این تحقیق با یافته‌های (Krejcirova et al.,

2006) مطابقت دارد. در این آزمایش، بالاترین محتوی پروتئین دانه (۱۴/۵ درصد) از ترکیب تیماری رقم ساراتووسکایا – ۲۹ با مصرف هیومات پتاسیم و کمترین میزان آن (۱۳/۴ درصد) از ترکیب تیماری ژنوتیپ ۴۰۵۷ در شرایط عدم مصرف هیومات پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۸). در مطابقت با یافته‌های ما، در مطالعه شهبازی و همکاران (Shahbazi et al., 2015) بالاترین محتوی پروتئین دانه گندم از تیمار محلول‌پاشی هیومیک اسید در رقم بهرنگ به‌دست آمد.کاربرد مواد هیومیکی با بهبود قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان (Mauromicale et al., 2011)، سنتز پروتئین را در گیاه افزایش داده و باعث بهبود کیفیت دانه می‌شود (Lodhi et al., 2013). همچنین بهبود سنتز پروتئین و افزایش میزان آن در دانه جو با کاربرد مواد هیومیکی نیز گزارش شده است (Chen & Avaid, 1990).

جدول ۷- مقایسه میانگین محتوی پروتئین گندم برای اثرات اصلی سطوح آبیاری و سطوح هیومات پتاسیم

Table 7- Means comparisons of protein content of wheat for main effects of irrigation and potassium humate levels

محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)		محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)	
آبیاری نرمال Normal irrigation	13.6	شاهد Control	13.8
تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی Water stress after anthesis	14.0	هیومات پتاسیم Potassium humate	14.2
LSD (0.05)	0.070	LSD (0.05)	0.070

جدول ۸- مقایسه میانگین محتوی پروتئین گندم تحت تأثیراثرات متقابل هیومات پتاسیم × ژنوتیپ

Table 8- Means comparisons of protein content of wheat for effect of irrigation levels × humate levels

شاهد Control		هیومات پتاسیم Potassium humate	
ژنوتیپ‌ها Genotype	محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)	ژنوتیپ‌ها Genotype	محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)
گاسکوژن Gascogne	13.9	گاسکوژن Gascogne	14.1
سبلان Sabalan	13.9	سبلان Sabalan	14.1
۴۰۵۷ 4057	13.4	۴۰۵۷ 4057	13.1
روزی-۸۴ Ruzi-84	14.0	روزی-۸۴ Ruzi-84	14.2
قبوستان Gobustan	13.5	قبوستان Gobustan	13.7
ساراتووسکایا-۲۹ Sardari	14.3	ساراتووسکایا-۲۹ Sardari	14.5
LSD (0.05)	0.354	LSD (0.05)	0.354

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد در مناطقی که گندم آبی در دوره پر شدن دانه (بعد از گرده‌افشانی) با تنش رطوبتی مواجه می‌شود، کاربرد کود مایع هیومیک می‌تواند هم در بهبود کیفیت دانه تأثیر گذارد و هم به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد دانه را افزایش دهد. در این تحقیق، بالاترین عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌ها متعلق به ژنوتیپ ۴۰۵۷ (ژنوتیپ ایرانی) بود، اما بالاترین محتوی پروتئین دانه از رقم ساراتووسکایا – ۲۹ با مصرف هیومات پتاسیم به‌دست آمد.

منابع

Alimohamady, M., Rezaee, A., and Mirmohamady Meybodi, A. 2009. Evaluation of some physiological traits and grain yield of ten Iranian bread wheat cultivars under two ırrigation conditions. Journal of Water and Soil Sciences 13(48): 107-120. (In Persian with English Summary)

Bakry, B.A., Elewa,T.A., El-kramany, M.F., and Wali, A.M. 2013. Effect of humic and ascorbic acids foliar application on yield and yield components of two Wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(6): 1125-1133.

Blum, A. 2005. Mitigation of drought stress by crop management. Available at: www. Plant Stress.com

Chen, Y., and Aviad, T. 1990. Effects of Humic Substances on Plant Growth. In: McCarthy P., Calpp C.E., Malcolm R.L. Bloom, Readings. ASA and SSSA, Madison, WI p. 161-186.

El-Bassiouny, H.S.M., Bakry, B.A., El-Monem Attia, A.A., and Abd Allah, M.M. 2014. Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth,yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum*) grown under newly reclaimed sandy soil. Agricultural Sciences 5: 687-700.

El-Shabrawi, H.M., Bakry, B.A., Ahmed, M.A., and Abou-El-Lail, M. 2015. Humic and oxalic acid stimulates grain yield and induces accumulation of plastidial carbohydrate metabolism enzymes in wheat grown under sandy soil conditions. Agricultural Sciences 6: 175-185.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. FAOSTAT. Available at web site: http://www.Fao.org

Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri M.B., and Ehyaei, H.R. 2016. Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 7(4): 425-442. (In Persian with English Summary)

Krejcirova, L., Capouchova, I., Petr, J., Biconova, E., and Kvapil, R. 2006. Protein composition and quality of winter wheat from organic and conventional farming. Zemdirbyste/ Agriculture 93(4): 285-296.

Kulikova, N.A., Stepanova, E.V., and Koroleva, O.V. 2005. Mitigating activity of humic substances: direct influence on biota. In: I.V. Perminova et al. (ed.). Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice. Springer Netherlands 52: 285-309.

Lodhi, A., Tahir, S., Iqbal, Z., Mahmood, A., Akhtar, M., Qureshi, T.M., Yaqub, M., and Naeem, A. 2013. Characterization of commercial humic acid samples and their impact on growth of fungi and plants. Soil and Plant Environment 32(1): 63-70.

Mauromicale, G., Angela, M.G.L., and Monaco, A.L. 2011. The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato. Scientia Horticulturae 129(2): 189-196.

Mohamed, A., Bakry, A., Soliman, Y.R.A., and Moussa, S.A.M. 2009. Importance of micronutrients, organic manure and bio-fertilizer for improving maize yield and its components grown in desert sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5(1): 16-23.

Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahryari, R., and Imani, A.A. 2011. Evaluation of drought tolerance of bread wheat genotypes using stress tolerance indices at presence of potassium humate. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10(2): 151-156.

Moosavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Alahmadi, M., and Hosaini Bojd, M.S. 2009. The effect of irrigation disruption in different reproductive growth stages on yield, yield components and oil content in three spring safflower cultivars. Journal of Agroecology 1(1): 41-51. (In Persian with English Summary)

Parvazi Shandi, S., Pazoki, A.R., Asgharzadeh, A., and Azadi, A. 2014. Effects of irrigation intervals, plant growth promoting rhizobacteria and humic acid on yield and yield components of wheat (Kavir cultivar). Journal of Agroecology 9(32): 9-17. (In Persian with English Summary)

Pordel-Maragheh, F. 2013. Assess the genetic diversity in some wheat genotypes through agronomic traits. European Journal of Zoological Research 2(4): 71-75.

Rashed Mohasel, M., Hosseini, M., Abdi, M., and Mollafilabi, A. 2001. Cereal Crops (Translate). Mashhad Jihad-e Daneshgahi Publications., Mashhad, Iran 408 pp. (In Persian)

Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2016. 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(4): 563-577. (In Persian with

English Summary)
Sabzevari, S., Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2009. Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum*. L). Journal of Water and Soil 23(2): 87-94. (In Persian with English Summary)
Shahbazi, S., Fateh, S., and Ayneband, A. 2015. Evaluation of the effect of humic acid and vermicompost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. Journal of Plant Production 38(2): 99-110.
Shahryari, R., and Shamsi, K. 2009. Increasing biological yield of wheat by a humic substance. International Agricultural Engineering Conference. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 7-10 Dec 2009 p. 46.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 175-185

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۸۵-۱۷۵

Quantitative and Qualitative Comparison of Wheat Genotypes (*Triticum aestivum* L.) under Terminal Water Stress Conditions and Foliar Application of Humic Acid

R. Shahryari [1*]

Submitted: 29-05-2016
Accepted: 24-12-2016

Shahryari, R. 2018. Quantitative and qualitative comparison of wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under terminal water stress conditions and foliar application of humic acid. Journal of Agroecology 10(1): 175-185.

Introduction

In order to achieve healthy food production, application of ecological inputs such as organic and biological fertilizers is inevitable. Organic fertilizers are fertilizer compounds that contain one or more kinds of organic matter. They can improve the soil ability to hold water and nutrients. Humic substances (HS) are natural organic compounds comprising from 50% to 90% of the organic matter of peat, lignites, sapropels, as well as non-living organic of soil and water ecosystems. According to the classical definition, HS are "a general category of naturally occurring heterogeneous organic substances that can generally be characterized as being yellow to black in color, of high molecular weight and refractory". They are a mixture of complex organic compounds that are usually separated into three fractions based on aqueous solubility: humic acids (HA), the fraction of HS that is not soluble in water under acidic conditions (pH < 2) but is soluble at higher pH values; fulvic acids (FA), the fraction of HS that is soluble in water under all pH conditions; humins, the fraction of HS that is not soluble in water at any pH value. HS cannot be described by unique, chemically defined molecular structures. Production of drought tolerant wheat varieties which can produce acceptable yield with minimum irrigation requirement has special significance in breeding programs. Use of humic acids as soil amendments and for plants nutrition purposes enhances plants tolerance to the abiotic stresses specially drought stress. Humic acid is an eco-friendly fertilizer that improves the physical, chemical and biological properties of soil. This nutritional source has hormonal compounds and exerts a positive effect on elements absorption, quality and yield of plants. The aim of this research was to determine the effects of humic acid on quantity and quality of bread wheat against end drought stress conditions.

Materials and Methods

In this study, in order to determine the effect of potassium humate on wheat tolerance to late season drought and also quantity and quality of its grain yield, an experiment was carried out on six selected wheat genotypes including Gascogne, Sabalan, 4057, Ruzi-84, Gobustan and Saratovskaya-29. The experiment was carried out as split plot factorial based on completely randomized block design with three replications in research farm of Islamic Azad University, Ardabil branch, Iran during 2008-2009 growing season. Main plot include stress levels (irrigation cut at anthesis stage and non-stress) and potassium humate (humate application), and sub plot included as genotypes. Treatment composition of non-stress, non humate and Gascogne wheat was considered as a control treatment. Treatments were stress levels (stress, non-stress); humate levels (humate, non-humate) and genotypes. Applied liquid humic fertilizer (potassium humate) was derived from peat. Humic treatments were done at several times (spraying on seeds after planting, foliage spraying at tillering, stem elongation and grain filling stages). Grain yield, biological yield and protein content of grains were recorded. After grain milling by Laboratory Mill-3100, protein content of flour measured by Inframatic-8600. Data analysis was done by using SAS software and means were compared by least significant difference test (LSD).

Results and Discussion

1- Instructor, Department of Agriculture, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran
(*- Corresponding author Email: rshbio@gmail.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.55775

Potassium humate reduced stress intensity by 23% and also increased biological and economic yield in drought conditions. In late season drought conditions potassium humate increased the yield from 2.8 to 3.6 tons per hectare (around 26%). Humate increased seed yield of the varieties Gascogne (1.8 tons per hectare), Gobustan, Saratovskaya-29 and Sabalan (0.54 to 0.67 tons per hectare) and Ruzi-84 (0.27 tons per hectare). Seed protein content in Saratovskaya-29 was highest in both humate application conditions and without it, but the yield was low. The variety Sabalan had the highest grain yield and average protein content. The 4057 genotype and Sabalan had the highest grain yield in both stress and no-stress conditions.

Conclusion

Generally, the findings of this investigation showed that potassium humate as a natural preparation can improve quality and quantity of produced wheat grains against end seasonal drought condition.

Keywords: Common wheat, Irrigation, Potassium humate, Protein

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۰۲-۱۸۶

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 186-202

بررسی مدیریت تغذیه‌گیاهی (کودهای ارگانیک، غیرارگانیک و تلفیقی): بر میزان تجمع و تعادل عناصر ماکرو و میکرو در دانه گندم (*Triticum aestivum* L.)

الهام امجدیان[1*]، احمد قنبری[2] و عیسی خمری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۵

امجدیان، ا.، قنبری، ا.، و خمری، ع. ۱۳۹۷. بررسی مدیریت تغذیه‌گیاهی (کودهای ارگانیک، غیرارگانیک و تلفیقی): بر میزان تجمع و تعادل عناصر ماکرو و میکرو در دانه گندم (*Triticum aestivum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۰۲-۱۸۶.

چکیده

این پژوهش به‌منظور تغذیه صحیح گیاه که یکی از اصول اولیه دستیابی به کشاورزی پایدار بوده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در آبان‌ماه سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل: T_1: شاهد، T_2: کود دامی گاوی، T_3: کود ورمی‌کمپوست، T_4: کود شیمیایی NPK، T_5: کود ورمی‌کمپوست توأم با نیتروکسین، T_6: کود دامی توأم با کود نیتروکسین، T_7: کود دامی توأم با کود شیمیایی NPK که با نسبت‌های مساوی در بررسی صفات کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم سیستان، با کاربرد انواع کودها مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سیستم‌های مختلف کودی بر تمام خصوصیات مورفولوژیکی، به جزء وزن هزاردانه در سطح ($p\leq0.01$)، معنی‌دار گردید به‌طوری‌که تیمار کودهای شیمیایی موجب افزایش۱۶/۲۰درصدی ارتفاع گیاه و کودهای تلفیقی موجب افزایش۱۱/۶۰درصدی وزن هزاردانه، نسبت به شاهد گردید. بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه با مقادیر۳۴۴۰ و ۱۸۳۵کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب متعلق به تیمارهای سیستم تلفیقی کود دامی توأم با کود شیمیایی و شاهد بوده است. غلظت عناصر دانه در سطح ($p\geq0.01$)، به‌غیراز منیزیم که در استفاده از سیستم‌های تغذیه‌ای مختلف در یک سطح قرار داشتند معنی‌دار گردید، به‌طوری‌که کودهای شیمیایی، نیتروژن و فسفر به‌ترتیب ۴۸/۷۸ و ۱۳۹ درصد و کود دامی توأم با کود شیمیایی، پتاسیم دانه را به‌میزان ۳۰/۷۶ درصد، کودهای دامی، آهن، سدیم و روی به‌ترتیب به‌میزان۵۸/۸۲، ۴۰/۴۸، ۷/۴۹ نسبت به تیمار شاهد افزایش داده است. کودهای شیمیایی کلسیم را به‌میزان۱۶/۱۰درصدی نسبت به شاهد کاهش داده. بنابراین، بهبود تغذیه گیاه از طریق مصرف بهینه کودهای تلفیقی، زیستی، آلی، علاوه برافزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، می‌توان وضعیت تغذیه‌ای انسان و کمبود عناصر را جبران کرده و به‌دلیل تعادل عناصرغذایی، سبب بهبود کارکرد بدن و نیاز به مکمل‌ها را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: سلامت انسان، کشاورزی پایدار، کودهای آلی، کودهای بیولوژیک، کودهای شیمیایی

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان و افزایش نیاز جوامع‌بشری به امنیت غذایی، منجر به ایجاد تحولی عظیم در عرصه کشاورزی و ارتقای آن شده است. کود ماده‌ای است که عنصر یا عناصر مورد نیاز گیاه را به‌طور مستقیم به خاک اضافه می‌کند و باعث رشد مطلوب گیاه و حصول حداکثر کیفیت محصول می‌گردد. مدیریت کودی یک فرآیند مهم می‌باشد، زیرا ترکیب مناسب کودی جهت تولید محصولات کشاورزی با کمترین تلفات غذایی را به وجود می‌آورد. انتخاب یک مدیریت کودی مناسب به برنامه‌های محیط زیست، جهت جلوگیری از آلودگی‌های زمین و آب و هوا بستگی دارد (Karmaka et al.,

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول:Email:amjadian3617@gmail.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.56118

2007). چرخش عناصرغذایی کلید مدیریت در نظام‌های تحت کشاورزی پایدار بوده که در سطح یک مزرعه و در سیستم‌های طبیعی بیشتر عناصرغذایی محفوظ می‌گردد (Shams, 2005). انجام گردش عناصر در عملکرد اکوسیستم‌ها، نقش اساسی و مهمی را ایفاء می‌کند، به‌طوری‌که عناصر به‌صورت گردشی در نوسان بوده در صورتی‌که انرژی در یک مسیر، به‌صورت غیرچرخه‌ای جریان می‌یابد و انسان در آخر زنجیره‌غذایی قرار دارد. بنابراین، خاک سالم سبب گیاه سالم و گیاه سالم سلامت انسان را فراهم خواهد نمود (Mazaheri et al., 2005). کشاورزی پایدار پیش‌از آن‌که ریشه در کشاورزی داشته باشد برخاسته از یک مکتب فلسفی و فکری بوده که ریشه در ارزش‌هایی دارد که بیانگر آگاهی نوینی از واقعیت بوم‌شناختی، اجتماعی و توانایی انسان‌ها در انجام عملیات کشاورزی بوده است، و به‌طورکلی، جایگزین شدن کود شیمیایی با کودهای آلی موجب پایداری بیشتر در کشاورزی خواهد شد (Mahmoudi et al., 2008). گیاهان نیتروژن را به‌صورت نیترات و آمونیوم جذب کرده و جذب نیترات بیشتر از آمونیوم بوده که موجب افزایش pH محلول خواهد شد و مقادیر بالایی از نیترات را جذب می‌کنند، بنابراین میزان سنتز آنیون‌هایآلی در ریشه گیاه به‌همراه تجمع کاتیون‌های غیرآلی مانند کلسیم، منیزیم، پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد (Jalali, 2013). تجزیه فسفر در گیاهان نشان می‌دهد که از نظر کمی در مقامی پایین‌تر از نیتروژن قرار دارد و به‌طور متوسط ۰/۴ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل داده و در میان عناصر مورد نیاز گیاهان در رتبه اول قرار دارد، زیرا نقش مهمی را در فیزیولوژی گیاهان ایفاء می‌کند (Kazansahi, 2008). استفاده از کودهای شیمیایی موجب افزایش رشد گندم (*Triticum aestivum* L.)، شده و موجب گردید که تجمع ماده خشک بیشتر و برگ‌ها بزرگ‌تر شود، همچنین سبب افزایش عملکرد در گیاهان می‌گردد (Kafi et al., 2005).

کودهای آلی به‌عنوان یکی از موارد قابل جایگزین با مکمل کودهای شیمیایی به‌جهت پایین آوردن آلودگی‌های محیطی و آلودگی‌های ناشی از منابع غیرقابل تجدید که در تولید کودهای شیمیایی به‌کار برده می‌شوند، می‌باشد (Kizilkaya, 2008). کودهای دامی یک روش مهم در بهبود پایداری سیستم‌کشاورزی، حاصل‌خیزی و اصلاح خاک به‌شمار می‌روند (Jafarimogha ddam et al., 2010). کودهای ورمی‌کمپوست یک فرآیند بیوتکنولوژی ساده از کمپوست می‌باشند (Nagavallemma et al., 2004). حاوی عناصرغذایی بسیار غنی به‌ویژه نیتروژن بوده است که آن‌ها را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و علاوه بر قابلیت جذب آب با حجم بالا، شرایط مناسب جهت دانه‌بندی و قدرت نگهداری مواد غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم می‌نماید (Allahdadi et al., 2011). استفاده از کودهای آلی و معدنی به‌صورت تلفیقی می‌تواند بر مشکلاتی که در صورت استفاده از کودها به‌صورت مجزا ایجاد می‌شود غلبه نمود و از آن برای افزایش محصول استفاده شود (Redda & Abay, 2015). استفاده از کودهای زیستی و کود شیمیایی همراه هم و یا تلفیقی، می‌تواند جایگزین مناسبی برای کود شیمیایی باشند (Lu et al., 2011). طبق نتایج مطالعات سایر محققین بیان نمودند که استفاده از کودهای آلی وبیولوژیک می‌تواند جایگزین مناسبی برای کود شیمیایی باشند (Saeidnejad et al., 2012). عناصرمعدنی دانه گندم به‌ترتیب K>P>Mg>Ca می‌باشد که عدم تعادل بین آن‌ها موجب بروز عوارضی در انسان خواهد شد (Ghanbarzadeh, 2009).کمبود عنصر روی موجب بروز علائمی هم‌چون آلزایمر، دیابت، فراموشی، کوتاهی قد و یا وجود عارضه‌ی کوتولگی می‌شود (Abdollahi, 2014). عنصر روی از خوردن روزانه گندم به‌میزان ۸/۱۹ میلی‌گرم به‌دست می‌آید (Salehi pourbavarsad et al., 2014). کمبود روی در انسان به‌دلیل مصرف بیش از حد غلات حاوی روی کم در جیره غذایی انسان بوده قسمت اعظم روی در سبوس گندم تجمع یافته و نان سفید از نظر محتوی روی بسیار فقیر می‌باشد. مطالعات و پژوهش‌های محققین نشان داده است که در صورت کمبود آهن در انسان احتمال تولد نوزاد با وزن کم یا زایمان‌های زودرس در مادرانی که کم‌خونی ناشی از فقر آهن دارند بیشتر بوده است (Masini et al., 1994). در صورت ادامه کمبود کم‌خونی سبب بروز آهن خواهد شد (Abdollahi, 2014; Bagherzadeh, 2005). استفاده از رژیم غذایی فاقد روی و آهن موجب کاهش بهره‌هوشی در انسان می‌گردد (King, 2000). گندم یکی از منابع مهم منیزیم بوده و منیزیم دارای ریزمغذی‌هایی بوده که به جذب کلسیم کمک می‌کند. روزانه ۲۵ میلی‌گرم منیزیم از گندم نان به‌دست می‌آید که احتیاج روزانه افراد بالغ به منیزیم ۳۰۰ میلی‌گرم می‌باشد در ایران مصرف نان زیاد است و سهم غلات در تأمین کلسیم به بیش از ۱۰ درصد می‌رسد.کمبود کلسیم، موجب بروز کاهش پتاسیم خون، ضعف، فشار خون پایین و ضربان قلب سریع یا نامنظم که منجربه ایست قلبی و مرگ می‌شود. علائم کمبود فسفر در سلامت‌انسان موجب از دست رفتن اشتها و

خستگی خواهد شد (Mirnezami, 1997; Omidvar et al., 2012). تغذیه نامتعادل در گیاهان سبب بروز سوءتغذیه در انسان شده که از علائم آن می‌توان به ریزش مو، بداخلاقی، پوکی استخوان، خستگی مفرط، پوسیدگی دندان، قد کوتاهی، افسردگی، سرماخوردگی‌های مزمن وکاهش ایمنی بدن کم‌خون و سرطان گوارشی می‌توان اشاره نمود (Malakouti, 2011).

با توجه به اهداف کشاورزی پایدار در گسترش توازن عناصر پی از دسترسی مناسب به منابع غذایی را می‌توان در کاهش دادن میزان کمبودها علی‌الخصوص در گروه‌های آسیب‌پذیر نقش مناسبی ایفاء کند و با عنایت به ضرورت مدیریت تغذیه گیاهی در راستای توسعه، افزایش پایداری تولید و حفظ محیط‌زیست این تحقیق با هدف بررسی تأثیرکودهای آلی، زیستی، شیمیایی و تلفیقی از آن‌ها بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم و هم‌چنین لزوم توجه به سلامتی انسان‌ها و یافتن تلفیقی مناسب از کودها به‌منظورکاهش مصرف کودهای شیمیایی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی‌دانشگاه زابل (چاه‌نیمه)، در ۳۵ کیلومتری زابل در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، به‌منظور بررسی ویژگی کمیت و کیفیت گندم رقم سیستان، تحت‌کاربرد کودهای مختلف اجرا شد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا قرار دارد و از نظر آب و هوا، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک بوده است که براساس طبقه‌بندی کوپن و آمبرژه جزء آب و هوای بیابانی، گرم و خشک به‌شمار می‌رود. میانگین بارندگی سالانه درازمدت ۳۰ ساله آن در منطقه ۶۳ میلی‌متر است و میزان تبخیر سالیانه به‌طور متوسط ۵۰۰۰-۴۵۰۰ میلی‌مترمی‌باشد که بیش از ۷۸ برابر بارندگی سالانه منطقه می‌باشد.تیمارهای مورد بررسی شامل: T_1: شاهد، T_2: کود دامی، T_3: کود ورمی‌کمپوست T_4: کود شیمیایی NPK، T_5: کود ورمی‌کمپوست توأم با کود نیتروکسین، T_6: کود دامی توأم با کود نیتروکسین و T_7: کود دامی توأم با کود شیمیایی NPK، بوده است که با نسبت‌های مساوی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. عملیات‌زراعی انجام شده شامل: شخم، دیسک جهت خردکردن کلوخه‌ها و هرس و تسطیح و ایجاد فارو و نهر می‌باشد که در ابتدا زمین مورد نظر در آبان‌ماه سال ۹۲ یک شخم عمیق زده شد و توسط دیسک کلوخه‌ها خرد گردید و به کرت‌هایی تقسیم شدند سپس با ایجاد فارو (ایجاد جوی و پشته)، جوی اصلی به وسیله نهرکن و جوی و پشته محل کشت توسط نیروی کارگری آماده گردید. بذر گندم مورد استفاده، رقم سیستان و بومی منطقه بوده است. فاصله بین هر واحد آزمایشی نیم‌متر در نظر گرفته شده است و هر واحد آزمایشی دارای ۱۰ ردیف کاشت و فاصله بین ردیف‌ها ۷۰ سانتی‌متر بوده، پس از قسمت‌بندی واحدهای آزمایشی کود دامی، کود ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، با نسبت‌های مساوی استفاده گردیدند به‌طوری‌که فسفر و پتاسیم به‌صورت کامل و نیتروژن به‌صورت اوره در سه مرحله اضافه گردید در مرحله اول نصف نیتروژن در زمان قبل از کاشت بذر در عمق ۳۰ سانتی‌متری به کرت‌های آزمایشی اضافه گردید و $\frac{1}{2}$ نصف باقیمانده کود نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی و $\frac{1}{2}$ نصف دیگر آن در مرحله خوشه‌رفتن با خاک مخلوط شدند بعد از آن اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام و مراحل بعدی دور آبیاری با توجه به نیاز گیاه و عرف منطقه در نظر گرفته شد و نمونه‌برداری خاک به‌منظور سنجش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت، از ۸ نقطه عمق۳۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از دستگاه نمونه‌برداری، نمونه‌برداری صورت گرفت و یک نمونه مرکب به آزمایشگاه انتقال داده شد که در جدول ۱ خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۲، تجزیه شیمیایی کود دامی و ورمی‌کمپوست نشان داده شده است.

نمونه‌برداری از گیاه جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه با استفاده از پلات ۱×۱ متر‌مربع در کرت‌های آزمایشی مورد مطالعه پلات‌اندازی شد و سپس به‌صورت تصادفی برداشت بوته‌ها از سطح خاک صورت گرفت که این کار اثر حاشیه‌ها را حذف می‌کند. صفات مورد مطالعه شامل: ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، تعداد نسبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و سنجش و اندازه‌گیری غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم منیزیم، آهن، روی و سدیم دانه گندم بوده است که مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری نیتروژن دانه از دستگاه کجلدال و برای سنجش فسفر در دانه گندم از دستگاه اسپکتروفتومتر و برای سنجش سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلئم‌فتومتر و جهت اندازه‌گیری عناصر میکرو در دانه گیاه از دستگاه جذب اتمیک استفاده

گردید و جهت عصاره‌گیری خاکستر، با استفاده از آون و کـوره انجـام پذیرفت.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physicol and chemical characteristics of soil

بافت Texture	هدایت‌الکتریکی (دسی‌زیمنس بر مترمربع) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته (درصد) pH (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی‌گرم برکیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	کلسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Ca ($mg.kg^{-1}$)	منیزیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Mg ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم برکیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم برکیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)
رسی‌شنی Sandy clay	3.18	7.41	0.04	9	146	1.13	7.26	5.30	1.25

جدول۲- نتایج تجزیه شیمیایی کودهای آلی

Table 2- Chemical characteristics of organic fertilizers

کودها Fertilizers	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی‌گرم برکیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	کلسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Ca ($mg.kg^{-1}$)	منیزیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Mg ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم برکیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم برکیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی‌گرم برکیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)	سدیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Na ($mg.kg^{-1}$)
کود دامی Cow manure fertilizer	2.26	0.64	2.04	1.42	0.44	1856.13	20.85	54.78	0.15
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.6	1.10	1.5	-	-	-	-	-	-

جهت محاسبه تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، داده‌های حاصـل از انجام آزمایشات مذکور ابتدا بـه نـرم‌افـزار Excel، منتقـل و بعـداز این‌که از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شد. نتایج بـا اسـتفاده از نرم‌افزار آماری (SAS)[1] نسخه ۹/۱ مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چنـد دامنـه‌ای دانکـن[2] (LSR) داده‌های حاصل از بررسی و مطالعه آزمـایش در سـطح احتمـال پـنج درصد مقایسه گردیدند و هم‌چنین ضـرایب همبسـتگی صـفات مـورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد استفاده قـرار گرفـت و قابل ذکر است که رسم نمودارها و شکل‌ها بـا اسـتفاده از نـرم‌افـزار Wordو Excel نسخه ۲۰۱۳ اجرا گردید.

معادله (۱)
$$N = \frac{(0.014)\times(V)}{m}$$

N: درصد نیتروژن،v: حجـم اسـید مصـرفی،۰/۰۱۴: جـرم‌اتمـی نیتروژن

m: وزن نمونه مورد استفاده (۰/۵گرم)

نتایج و بحث

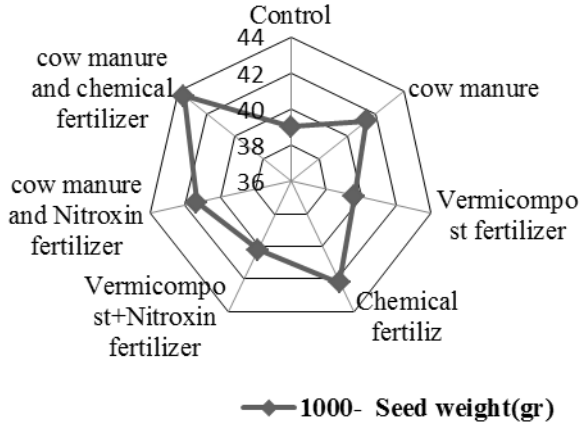
ارتفاع بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریـانس داده‌هـا نشـان داد که با کاربرد کودهای مختلف برارتفـاع گیـاه در سـطح احتمـال یـک درصد تأثیر مثبت و معنی‌داری را داشته است (جدول ۳)، با توجـه بـه نتایج جدول مقایسات میانگین بیشترین ارتفاع بوته مربوط بـه تیمـار، کود شیمیایی و کود دامی توأم با کـود شـیمیایی بـه ارتفـاع ۷۹/۳۲ و ۷۵/۹۴ سانتی‌متر وکمتـرین آن مربـوط بـه شـاهد بـه ارتفـاع ۶۸/۲۶ سانتی‌متر بوده است، به گونه‌ای که ارتفاع بوته در اثر استفاده از کـود شیمیایی ۱۶/۰۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است (جـدول۴)، بنابراین، می‌توان بیان نمود که نیتروژن موجب افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه شده و فسفر موجب افزایش انتقال انرژی جهـت افـزایش رشد رویشی گیاه شده است، در نتیجه فراهم بودن آب و مواد غـذایی ضروری گیاه از طریق افزایش میان‌گره‌ها و تعداد گره‌ها، ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار داده است و موجب افزایش رشد رویشی گیـاه شـده و رقابت بین بوته‌ها برای دستیابی به نیازهای رشدی و جذب آب و مواد غذایی افزایش می‌یابد. افزایش کود نیتروژن عناصرغذایی مـورد نیـاز

1- Statistical Analysis System
2- Least Significant Range

گیاه را فراهم می‌کند، بنابراین، موجب تقسیم و بلند شدن سلول‌های گیاهی خواهد شد (Khajehpour, 1997). طبق نتایج سایر محققین بیان نمودند که کود دامی با بهبود قابلیت نگهداری آب در خاک موجب بهبود ظرفیت رطوبتی خاک شده که باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاه شده است (Scott, 1988). از دلایل احتمالی افزایش ارتفاع و رشد در تیمارهای کودهای آلی و بیولوژیکی می‌تواند در اثر بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در کرت‌های تحت تیمار این کودها باشد همچنین موجب افزایش فعالیت های بیولوژیکی خاک و بهبود دسترسی به عناصر ماکرو و میکرو توسط کودهای آلی و کودهای بیولوژیکی می‌توانند گیاه را از مواجه شدن با فقر عناصرغذایی و کاهش رشد گیاه حفظ کند.

وزن هزاردانه: یکی‌از پارامترها، برای قضاوت در میزان عملکرد و رشد نهایی محصول یک گیاه، تعیین میزان وزن هزاردانه آن گیاه می‌باشد. نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که وزن هزاردانه تحت‌تأثیر کودهای مختلف قرار نگرفته است و در آن‌ها اختلاف آماری معنی‌داری نداشته است (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که بیشترین میزان وزن هزاردانه ۴۳/۵۶ گرم در مترمربع، که مربوط به تیمار کود شیمیایی توأم با کود دامی (شکل ۱) و کمترین میزان وزن هزاردانه ۰۳/ ۳۹ گرم در مترمربع، مربوط به شاهد بوده است. بنابراین، مصرف کود دامی توأم با کودهای شیمیایی موجب افزایش۱۱/۶۰درصد نسبت شاهد شده است (جدول ۴). استفاده از کودهای شیمیایی توأم با کودهای دامی موجب می‌شود که نیتروژن در مراحل اولیه، رشد رویشی گیاه را افزایش داده و در مراحل ثانویه رشد، به‌دلیل معدنی شدن کود آلی، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی آزاد شده است. بنابراین، رشد زایشی گیاه بیشتر شده و موجب افزایش فراهمی عناصرغذایی خواهد شد، که مواد غذایی کافی تا اواخر فصل رشد گیاه تأمین گردد بنابراین به‌دلیل استفاده از سیستم تغذیه تلفیقی کودهای آلی با شیمیایی وزن هزاردانه گندم نسبت به شاهد بدون کود افزایش یافت (Ahmadinejad et al., 2013). کود اوره و بیولوژیک باعث معنی‌دار شدن وزن هزاردانه در گندم شده است (Seyedi et al., 2011). استفاده از کودهای اوره و ورمی‌کمپوست بر وزن هزاردانه گندم اثر معنی‌داری را داشته است (Yousefi & Sadeghi, 2014).

تعداد سنبله در واحد سطح (m^2): طبق نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها، کودهای مختلف برتعداد سنبله در مترمربع اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده از جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میانگین تعداد سنبله در مترمربع با مصرف کود دامی توأم با کود شیمیایی به‌تعداد ۵۰۱ عدد و کمترین میزان این صفت مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف‌کود) به تعداد ۴۴۱ عدد به‌دست آمده است (شکل ۲)، به‌طوری‌که کودهای دامی توأم با کودهای شیمیایی موجب افزایش۱۳/۶۰ درصدی نسبت به تیمار در نظر گرفته شده شاهد بدون کود گردیده است (جدول ۴).



شکل ۱- مقایسه وزن هزار دانه گندم در تیمارهای کودی

Fig. 1- Comparison of in1000-seed weight of wheat affected asfertilizer treatmen

جدول۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و صفات وابسته گندم در تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for grain yield and related traits of wheat affected by different fertilizer treatments

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد خوشه در واحد سطح (مترمربع)	تعداد دانه در خوشه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)
S.O.V	df	Plant height (cm)	No. of spike per m^2 (m^2)	No. of seed per spike	Grain yield ($kg.h^{-1}$)	1000-seed weight (g)
تکرار Replication	2	0.128^{ns}	0.62^{ns}	0.30^{ns}	183.186^{**}	0.82^{ns}
تیمار Treatment	6	47.12^{**}	$1547/93^{**}$	20.31^{**}	912861.25^{**}	7.35^{ns}
خطا Error	12	1.30	1.17	1.16	643.516	2.72
ضریب‌تغییرات (درصد) C.V (%)	-	1.55	0.22	4.71	1.007	4.022

ns ، * و **: به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively.

جدول٤- مقایسات میانگین عملکرد دانه و صفات وابسته گندم در تیمارهای مختلف کودی مورد مطالعه

Table 4- Mean comparisons for grain yield and related traits of wheat affected by different fertilizer treatments

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد خوشه در واحد سطح (مترمربع)	تعداد دانه در خوشه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)
Treatment	Plant height (cm)	No. of spike per m^2 (m^2)	No. of seed per spike	Grain yield ($kg.h^{-1}$)	1000- seed weight (g)
T_1	68.26^{e*}	441^{f}	18.26^{d}	1835^{g}	39.03^{b}
T_2	73.44^{c}	492^{b}	23.80^{b}	2320.33^{d}	41.36^{ab}
T_3	69.02^{e}	451^{e}	21.66^{c}	2110.67^{f}	39.63^{b}
T_4	79.32^{a}	492.33^{b}	24.06^{b}	2956.65^{b}	42.23^{ab}
T_5	71.38^{d}	474.33^{d}	22.13^{bc}	2244.33^{e}	40.20^{b}
T_6	75.18^{cb}	486^{c}	23.73^{b}	2710^{c}	41.33^{ab}
T_7	75.94^{b}	501^{a}	26.66^{a}	3440^{a}	43.56^{a}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارد.

*Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5% level of probability.

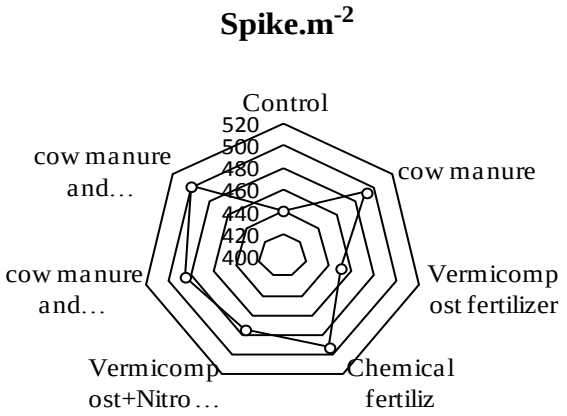
T_1 : شاهد، T_2: کود دامی، T_3: کود ورمی‌کمپوست، T_4: کود شیمیایی، T_5: کود ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین، T_6: کود دامی+ نیتروکسین و T_7: کود شیمیایی + کود دامی

T_1: Control, T_2: Cow manure, T_3: Vermicompost fertilizer, T_4: Chemical fertiliz, T_5:Vermicompost+Nitroxin fertilizer, T_6: cow manure and Nitroxin fertilizer and T_7: cow manure and chemical fertilizer

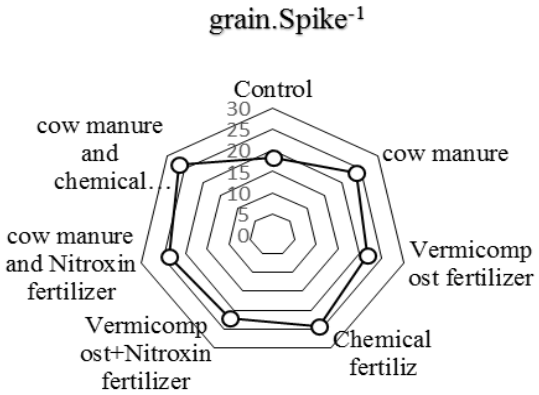
مصرف کود دامی توأم با کودهای شیمیایی، حاصل‌خیزی خاک و سطح جذب گیاه را افزایش داده، بنابراین، بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی گیاه را فراهم ساخته است (Eghbal et al., 1995). باتوجه به نتایج مطالعات محققین که بیان نمودند با افزایش مصرف کود نیتروژن تعداد سنبله در واحدسطح افزایش یافته است (Rahimizadeh et al., 2010; Keshavarznejad Qadikolaei et al., 2013). تیمار کود شیمیایی نیتروژن با شاهد بدون دریافت کودی از نظر تعداد سنبله در مترمربع تفاوت معنی‌داری را نشان داده است (Ahmadinejad et al., 2013).

تعداد دانه در سنبله: با استناد به جدول تجزیه واریانس داده‌ها می‌توان این‌گونه اذعان نمود که نسبت‌های مختلف کودی بر تعداد دانه در سنبله اثر معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). بیشترین میانگین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار کود شیمیایی توأم با کود دامی به تعداد ۲۶/۶۶ عدد و کمترین میزان آن مربوط به شاهد به‌تعداد ۱۸/۲۶ عدد حاصل گردیده است (شکل ۳)، با عنایت به نتایج حاصله از جدول مقایسه میانگین داده‌ها،

می‌توان اذعان نمود که به‌کار بردن کود شیمیایی توأم بـا کـود دامـی موجب افزایش ۴۶/۰۸ درصدی نسبت به شاهد شده است (جدول ۴). کودهای آلی زمانی‌که به‌صورت تلفیقی با کود شیمیایی اسـتفاده شـود می‌تواند تأثیر جبرانی و مکمل را داشته باشد. استفاده تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی سبب می‌شـود در مراحـل اولیـه رشـد گیاهـان، کـود شیمیایی مواد غذایی قابل‌جذب را برای گیاه تأمین کنـد و در مراحـل بعدی رشد، کودهای آلی مواد غذایی ماکرو و میکرو را در اختیار گیـاه قرار می‌دهد. گزارشات مطالعات سایر محققین حاکی از آن است که با افزایش میزان نیتـروژن تعـداد دانـه در سـنبله افـزایش یافتـه اسـت (Keshavarznejad Qadikolaei et al., 2013). کودهای آلـی بـر فراهمی مناسـب عناصرغذایی و بهبود واکنش‌های حیاتی گیـاه تـأثیر مثبتـی داشـته اسـت (Eskandari nasrabadi et al., 2014). کودهای بیولوژیک نیتروکسین باعـث افـزایش تعـداد دانـه در خوشـه گردیـده اسـت (Salmani Biary et al., 2010; Sharife & Haghnia, 2007). اسـتفاده از کـود بیولوژِیـک منجـر بـه تفـاوت معنی‌داری در تعداد دانـه در سـنبله مـی‌شـود (Ghaderi Danesh-mand & Bakhshandeh, 2012).



شکل ۲- مقایسه تعداد سنبله در واحد سطح گندم در تیمارهای کودی
Fig. 2- Comparison of spike.m^{-2} of wheat affected as fertilizer treatments



شکل ۳- مقایسه تعداد دانه در سنبله گندم در تیمارهای کودی
Fig. 3- Comparison grain.spike^{-1} of wheat in fertilizer treatments

عملکرد دانـه: نتـایج تجزیـه واریـانس داده‌هـا نشـان داد کـه کودهای مختلف بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یـک درصد نشان داده‌اند (جدول ۳). نتایج جدول مقایسه میـانگین داده‌هـا، نشان می‌دهد که بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار توصـیه شده کود شیمیایی توأم با کود دامی و کمتـرین میـزان عملکـرد دانـه مربوط به شاهد بوده است که به‌ترتیب دارای عملکـرد۳۳۴۰ و ۱۸۳۵ کیلوگرم در هکتار مـی‌باشـند (جـدول ۴)، بنـابراین، بـه‌دلیـل داشـتن بیشترین اجزای مهم عملکردی عنی بیشترین تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله بوده است. تعداد سنبله در واحد سطح مهم‌تـرین جزء از اجزاء عملکرد دانه می‌باشـد کـه در افـزایش عملکـرد از ارزش بالایی برخوردار بوده است (Ghaderi et al., 2009). محققین دلیل افزایش عملکرد در سیسـتم‌هـای تلفیقـی را ناشـی از نیتـروژن قابـل دسترس خاک دانسته‌اند که نیتروژن موجب افزایش عملکرد می‌شـود (Mooleki et al., 2004). بیشترین عملکرد اقتصـادی دانـه گنـدم مربوط به تیمار تلفیقی۶۰ تن در هکتار کود دامی بـا ۵۰ درصـد کـود نیتروژن می‌باشد، نسبت به شاهد ۷۰ درصد عملکـرد دانـه را افـزایش می‌دهد (Ahmadinejad et al., 2013). نیتروژن با توجه به وظایف و نقش‌های متعدد و با اهمیتی که در فرآینـدهای حیـاتی گیـاه ایفـاء می‌کند عنصری می‌باشد که کمبود آن بیش از سایر عناصر تولید گیاه را محدود کرده و در اکثر گیاهان میزان عملکرد را تعیین خواهد نمـود (Hussien & Abou Magd, 2003).

صفات کیفی دانه گندم (*Triticum aestivum* L.)

غلظت نیتروژن در دانه: نتایج به‌دست آمده از جـدول تجزیـه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کودهای مختلف برمیـزان نیتـروژن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۵). نتـایج مقایسه میانگین داده‌ها، نشان مـی‌دهـد بیشـترین و کمتـرین غلظـت نیتروژن به‌میزان ۲/۴۱ و ۱/۶۲ درصد به‌ترتیب مربوط بـه تیمـار کـود شیمیایی توصیه شده و شاهد (عدم‌مصـرف‌کـود) بـوده اسـت (جـدول ۶).کودهای آلی و کود زیستی نیتروژن را بیشتر از کود شیمیایی جذب می‌کند، ولی برمیزان غلظت پتاسـیم در گنـدم تـأثیری نداشـته اسـت (Hassanzadeh et al., 2013).

غلظت فسفر در دانه: نتایج تجزیـه واریـانس داده‌هـا، نشـان می‌دهد که کودهای مختلف بر میزان جذب فسفر توسـط گیـاه تـأثیر مثبت و معنی‌داری را در سطح احتمال یـک درصـد نشـان داده اسـت (جدول ۵). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها می‌توان بیان نمود که تیمار کودهای شیمیایی و شاهد بـه‌ترتیـب ۰/۴۳ و ۰/۱۸ درصد بیشترین و کمترین غلظت فسفر را به خود اختصاص داده است (جدول ۶). بعد از تیمار توصیه شده کودهای شیمیایی، کود دامی توأم با کود شیمیایی و تیمار توصیه شده کود دامی به‌صورت مجزا بیشترین میزان فسفر را به خود اختصاص داده است که در یک سطح قرار دارند (جدول۶). نیتروژن، موجب افزایش جـذب کـاتیون‌هـا شـد. بنـابراین، جذب نیتـروژن توسـط گیـاه، یـک افـزایش نسـبی در میـزان جـذب عناصرغذایی دیگر در گیاه به‌وجـود مـی‌آورد (Staal et al., 1991). افزایش فسفر توسط کودهـای آلـی را مـی‌تـوان بـه‌دلیـل، عـاملی در برقراری تعادل بین عناصر کم‌مصرف و پرمصرف دانست که منجر بـه جذب بیشتر فسفر شده است.

غلظت پتاسیم در دانه: براساس نتایج جدول تجزیه واریـانس داده‌ها می‌توان این‌گونه اذعان نمود کـه تـأثیر کودهـای مختلـف بـر میزان غلظت پتاسیم اثر معنی‌داری را در سـطح احتمـال یـک درصـد نشان داده است (جدول ۵). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان پتاسیم مربوط به تیمار کود شـیمیایی تـوأم بـا کود دامی به‌میزان ۰/۴۰۸ درصد و شاهد، ۰/۳۱۲ درصد کـه کمتـرین میزان غلظت پتاسیم را داشته است (جدول ۶). استفاده از کـود دامـی، موجب افزایش غلظت پتاسیم دانه می‌شود (Hassanzadeh et al., 2013)، بنابراین کود دامی توصیه شـده موجـب افـزایش مـاده آلـی و هوموس‌خاک می‌شود بنابراین بهبود ساختمان خاک را به‌دنبـال دارد و با توجه به این‌که اکثر عناصرغذایی در کود دامی یافت می‌شـوند ایـن عناصر به‌تدریج در طول زمان معدنی شده و آزاد می‌گردد (Marinari et al., 2000).

غلظت کلسیم در دانـه: بـا توجـه بـه نتـایج جـدول تجزیـه واریانس داده‌ها، می‌توان اذعان نمـود کـه غلظـت عنصرکلسـیم دانـه تحت‌تأثیر کودهای مختلـف در سـطح احتمـال یـک درصـد افـزایش معنی‌داری را داشته است (جدول ۵). براساس نتایج حاصل از مقایسـه میانگین داده‌ها، می‌توان این‌گونه بیان نمود که بیشترین میزان غلظت کلسیم مربوط به شاهد به‌میزان ۱/۷۴ میلی‌گرم برکیلوگرم (قسمت در میلیون) و کمترین غلظت کلسیم دانه مربوط بـه تیمـار کـود دامـی و تیمار تلفیقی کود دامی توأم با کود بیولوژیـک نیتروکسـین بـه‌میـزان

۱/۳۱ میلی‌گرم برکیلوگرم (قسمت در میلیون) بوده است (شکل ۴).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عناصر مورد بررسی گندم در تیمارهای مختلف کودی

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for chemical elements of wheat affected by different fertilizers treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	کلسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Ca ($mg.kg^{-1}$)	منیزیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Mg ($mg.kg^{-1}$)	سدیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Na ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم برکیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم برکیلوگرم) Ze ($mg.kg^{-1}$)
تکرار Replication	2	0.00004^{ns}	0.000090^{ns}	0.0000001^{ns}	0.000033^{ns}	0.011^{ns}	0.14^{ns}	0.0000047^{ns}	0.13^{ns}
تیمار Treatment	6	0.36^{**}	0.02^{**}	0.0036^{**}	0.067^{**}	0.041^{ns}	825.71^{**}	0.0041^{**}	97.32^{**}
خطا Error	12	0.00010	0.0004	0.0000011	0.00012	0.034	1.14	0.00012	0.25
ضریب‌تغییرات (درصد) C.V (%)	-	0.52	6.91	0.28	0.77	1.129	1.17	4.63	1.89

nsو *و **: به‌ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns,*and **: are non-significant and significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively.

جدول ٦- مقایسات میانگین عناصر مورد بررسی گندم در تیمارهای مختلف کودی

Table 6-Mean comparisons chemical elements of wheat affected by different fertilizer treatments

تیمار Treatment	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	کلسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Ca ($mg.kg^{-1}$)	منیزیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Mg ($mg.kg^{-1}$)	سدیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) Na ($mg.kg^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم برکیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم برکیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)
T_1	1.62^{e*}	0.18^{d}	0.312^{g}	1.74^{a}	14.67^{a}	57^{d}	1.7^{e}	20.05^{e}
T_2	2.25^{b}	0.39^{a}	0.400^{b}	1.31^{e}	14.32^{a}	80^{a}	2.7^{a}	33.39^{a}
T_3	1.68^{d}	0.27^{c}	0.343^{f}	1.39^{d}	14.54^{a}	79^{a}	2.3^{c}	21.76^{d}
T_4	2.41^{a}	0.43^{a}	0.397^{c}	1.46^{b}	14.66^{a}	32^{f}	2.1^{d}	20.65^{e}
T_5	1.79^{c}	0.25^{c}	0.367^{e}	1.33^{e}	14.57^{a}	63^{c}	2.5^{b}	27.57^{c}
T_6	1.79^{c}	0.32^{b}	0.385^{d}	1.31^{e}	14.53^{a}	70^{b}	2.7^{a}	32.68^{a}
T_7	2.40^{a}	0.40^{a}	0.408^{a}	1.41^{c}	14.62^{a}	55^{e}	2.6^{ab}	29.58^{b}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارد.

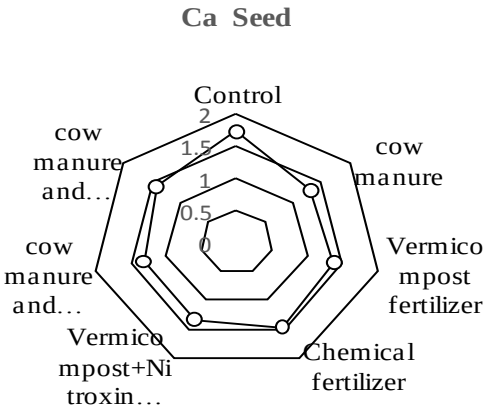
*Means in each column, following the same letter(s) are not significantly different at the 5 percent level of probability.

T_1: شاهد، T_2: کود دامی، T_3: کود ورمی‌کمپوست، T_4: کود شیمیایی، T_5: کود ورمی‌کمپوست+ نیتروکسین، T_6: کود دامی+ نیتروکسین، T_7: کود شیمیایی+ دامی.

T_1: Control, T_2: Cow manure, T_3: Vermicompost fertilizer, T_4: Chemical fertilizer, T_5:Vermicompost+Nitroxin fertilizer, T_6: cow manure and Nitroxin fertilizer, T_7: cow manure and chemical fertilizer.

غلظت منیزیم و سدیم در دانه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که کودهای مختلف برمیزان غلظت منیزیم در دانه، دارای اختلاف معنی‌داری نبوده است (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که همه آن‌ها در کلاس آماری a قرار دارند و اختلاف چندانی بین آن‌ها وجود ندارد، اما به‌طور کلی، می‌توان بیان نمود که بیشترین میزان منیزیم مربوط به شاهد و تیمار مصرف کودهای شیمیایی به مقدار ۱۴/۶۷ و ۱۴/۶۶ میلی‌گرم برکیلوگرم (قسمت در میلیون) و کمترین آن مربوط به تیمار کود دامی به‌میزان ۱۴/۳۲ میلی‌گرم برکیلوگرم (قسمت در میلیون) بوده است (جدول ۶). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که میزان سدیم در تیمارهای کودی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بوده است (جدول ۵). نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها مبین آن است که کود دامی بیشترین و کود شیمیایی کمترین

میزان سدیم را به خود اختصاص داده است (جدول۶). بنابراین، می‌توان بیان نمود که کودهای شیمیایی به‌علت وجود غلظت عنصر پتاسیم موجود در خاک از جذب سدیم توسط گیاه جلوگیری کرده است، بنابراین کمتر جذب گیاه می‌گردد (Akbarinia et al., 2004).

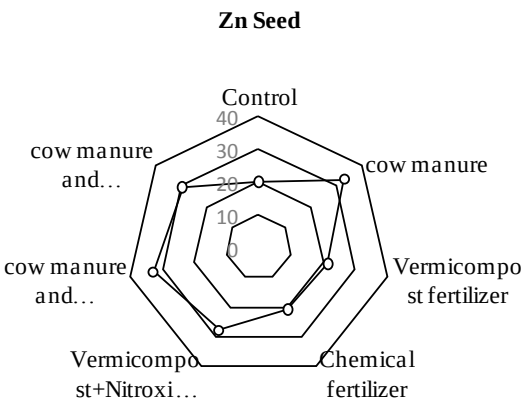


شکل٤- مقایسه کلسیم دانه گندم در تیمارهای کودی
Fig. 4- Comparison of grain Calcium of wheat in fertilizer treatments

غلظت آهن در دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که، تأثیر کودهای مختلف برمیزان جذب آهن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، نشان داد که بیشترین میزان غلظت آهن در دانه مربوط به تیمار کود دامی به‌میزان ۲/۷ میلی‌گرم برکیلوگرم (قسمت در میلیون)که در کلاس آماری a، کمترین میزان غلظت آهن در شاهد (بدون کود) به‌میزان ۱/۷ قسمت در میلیون بوده است (جدول ۶). کودهای آلی به محض ورود به خاک مورد تجزیه میکروبی قرار گرفته بنابراین، عناصر موجود در آن‌ها وارد خاک شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. مواد آلی با بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک موجب رشد بهتر و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک شده است در صورت استفاده از کود نیتروژنه غلظت آهن در دانه گندم کاهش یافته است (Nourgholi pour et al., 2008). نتایج به‌دست آمده از مطالعات انجام شده سایر محققین برروی گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.)، نشان داد که تیمار کود دامی نسبت به کودهای شیمیایی از بیشترین میزان غلظت آهن برخوردار بوده است (Ghanbarietal., 2013).

غلظت روی در دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کودهای مختلف برمیزان غلظت روی در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۵). بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها، می‌توان این‌گونه اذعان نمود که بیشترین میزان غلظت روی مربوط به تیمار توصیه شده کود دامی به میزان ۳۳/۳۹ میلی‌گرم برکیلوگرم (قسمت در میلیون) که در کلاس آماری a و کمترین میزان آن مربوط به شاهد (شکل ۵) و تیمار کودهای شیمیایی توصیه شده به‌میزان ۲۰/۰۵ و ۲۰/۶۵ میلی‌گرم برکیلوگرم (قسمت در میلیون) می‌باشد (جدول ۶).کاربرد مصرف کودهای شیمیایی موجب بروز علائم کمبود روی می‌شوند. دلیل این امر آن است که فسفر باعث کاهش مقدار جذب روی توسط گیاه شده است. بررسی‌های انجام شده، گیاه جو نشان می‌دهد که بالاترین غلظت عنصر روی مربوط به تیمار۱۰۰ درصد کود دامی و کمترین آن به تیمار شاهد یا بدون کود تعلق دارد. بنابراین، علت این امر را در این دانسته‌اند که وقتی‌کود دامی پوسیده می‌شود باعث تغییر دادن به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین سبب بهبود ساختمان خاک شده است که امکان نفوذ و رشد ریشه و جذب بیشتر مواد غذایی توسط ریشه را فراهم خواهد نمود (Ghanbari et al., 2013). کاربرد استفاده ازکود اوره موجب افزایش غلظت روی گردیده است (Nourgholipour et al., 2008). کودهای دامی موجب افزایش غلظت روی در دانه می‌شود. بنابراین، با کمتر شدن سهم کود دامی در کاربرد تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی غلظت روی در

دانه‌ی جوکاهش یافته است (Babaeian et al., 2009).



شکل ۵- مقایسه روی دانه گندم در تیمارهای کودی

Fig. 5- Comparison of grain Zinc of wheat in fertilizer treatments

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و عناصر دانه نیتروژن، فسفر،پتاسیم، کلسیم، منیزیم ، سدیم ، روی، آهن گندم

Table 7- Correlation coefficients between grain yield and grain nitrogen, phosphorous, potassium, calcium, magnesium, sodium, zinc and iron contents of wheat grain

	عملکرد دانه Grain yield	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	منیزیم Magnesium	سدیم Sodium	روی Zinc	آهن Iron
عملکرد محصول Grain Yield	1								
نیتروژن Nitrogen	0.78*	1							
فسفر Phosphorous	0.80*	0.93**	1						
پتاسیم Potassium	0.78*	0.83*	0.92**	1					
کلسیم Calcium	-0.32ns	-0.26ns	-0.48ns	-0.66ns	1				
منیزیم Magnesium	0.20ns	-0.09ns	-0.21ns	-0.30ns	0.63ns	1			
سدیم Sodium	-0.46ns	-0.46ns	-0.30ns	-0.25ns	-0.41ns	-0.72ns	1		
روی Zinc	0.32ns	0.25ns	0.36ns	0.56ns	-0.70ns	-0.72ns	0.49ns	1	
آهن Iron	0.44ns	0.31ns	0.49ns	0.67ns	-0.91**	-0.66ns	0.47ns	0.90**	1

ns و *و **: به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns, * and **: are significant at 5 and 1 percent probability levels, and non-significant, respectively.

همبستگی بین عملکرد دانه و غلظت عناصر دانه

با استناد به نتایج به‌دست آمده از جدول ضرایب همبستگی می‌توان اذعان نمود که عملکرد دانه با غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم همبستگی مثبت و معنی‌داری را در سطح احتمال پنج درصد

نشان داده است. غلظت عنصر نیتروژن با فسفر در سطح احتمال یک درصد و با غلظت عنصر پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد، غلظت عناصر فسفر با پتاسیم گیاه در سطح احتمال یک درصد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بوده، غلظت کلسیم با غلظت آهن در سطح احتمال یک درصد دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بوده است و غلظت روی با آهن در سطح احتمال یک درصد دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بوده است (جدول ۷).

نتیجه‌گیری

اعمال تیمارهای کود شیمیایی توأم با کود دامی بیشترین تأثیر را بر افزایش میزان عملکرد و اجزاء عملکرد داشته است. بنابراین، نتایج مذکور حاکی از برتری نسبی کود دامی توأم با کودهای شیمیایی که یک کود تلفیقی تلاقی می‌گردد و از نظر افزایش صفات مورفولوژیکی و افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد نسبت به کود شیمیایی برتری داشته که این امر می‌تواند برای تولید پایدار این محصول کیفی در نظام‌های کشت اکولوژیک مناسب باشد و در سیستم تغذیه شیمیایی، عناصرغذایی به‌خصوص نیتروژن در مرحله رشد رویشی مصرف شده و گیاه در مراحل بعدی به تدریج با کمبود آن‌ها مواجه می‌گردد و در سیستم تغذیه ارگانیک مواد غذایی مورد نیاز گیاه بایستی در اثر معدنی شدن کود فراهم شود که به نظر می‌رسد به‌علت عدم توسعه ریشه‌ها و سرعت کم معدنی شدن در مراحل اولیه رشد دسترسی ریشه‌ها به عناصرغذایی محدود گشته و با پیشرفت و توسعه رشد این محدودیت کاهش می‌یابد با این وجود در سیستم تغذیه تلفیقی کود شیمیایی مصرفی نه‌تنها رشد اولیه گیاه تقویت می‌شود، بلکه معدنی شدن را نیز تسریع می‌نماید، به این معنی که در مراحل اولیه رشد که نیاز غذایی گیاه کم است میزان نیتروژن معدنی آن‌ها کمتر از کودهای شیمیایی بوده است، ولی در مراحل بعدی رشد زایشی به‌علت تداوم فرآیند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیدا کرده و با مصرف بهینه کودها علاوه بر افزایش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی و مصرف دانه‌های گندم و در ارتقاء سلامت جامعه نقش مهمی را ایفاء خواهد نمود. نسبت بین میزان عناصر کلسیم به فسفر در رژیم غذایی نقش عمده‌ای را در جذب هر دو عنصر ایفاء می‌کند و رژیم‌هایی که نسبت فسفر آن دو به یک باشد جذب را به بالاترین میزان خود خواهد رساند. البته اگر نسبت کلسیم به فسفر بین نیم تا دو نوسان داشته باشد، جذب می‌تواند صورت بگیرد، اما اگر نسبت به هر صورت کمتر از نیم و یا بیشتر از دو باشد میزان جذب مختل می‌شود و نسبت سه به دو و یا بیشتر آهن به روی مانع جذب روی از مواد مغذی خواهد شد و افزایش جذب کلسیم و یا فسفر باعث کاهش جذب منیزیم و بروز کاهش آن می‌گردد.

سپاسگزاری

در پایان لازم دانسته از پرسنل محترم پژوهشکده کشاورزی چاه‌نیمه وابسته به دانشگاه زابل که در اجرای این پژوهش همکاری لازم را مبذول داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم.

منابع

Abdollahi, Z. 2014. Nutrition in school ages. Nutrition Improvement office. University of Medical Scieces and Health Services Tehran, Iran 58 pp. (In Persian)

Ahmadinejad, R., Najafi, N.A., Aliasgharzad, N.A., and Oustan, S. 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). cv. alvand. Journal of Soil and Water 23(2): 194-177. (In Persian with English Summary)

Akbarinia, A., Ghalavand, A., Tahmasebi Sarvestani, Z., SharifiAshoorabadi, A., and Banedjschafie, A. 2004. Effect of different nutrition systems on soil properties. Elemental uptake and seed yield of Ajowan. Pajouhesh and Sazandegi (62): 11-19. (In Persian with English Summary)

Babaeian, M., Esmaeelian, Y., Ghanbari, A., and Ahmadian, A. 2009.The effect of different levels of manure and chemical fertilizers and drought at the end of the growing season on quantitative and qualitative characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University of Tabriz 3(12): 39-27. (In Persian with English Summary)

Bagherzadeh, A. 2005. Guidelines for Nutrition and Diet Therapy. Tehran, Iran 43 pp. (In Persian)

Eghbal, B., Binford, J.F., Baltonspregor, D.D., and Anderson, F.D. 1995. Maize (*Zea mays* L.). temporal yield variability under long term manure and fertilizer application: Fractal anaysis. Soil Sciences Socleties. American Journal 59: 1360-1364.

Eskandarinasrabadi, S., Ghorbani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2014. The effect of single and combined use of bio-fertilizers, organic chemical and quantitative and qualitative characteristics Milk Thistle (*Silybum marianum* L.). Journal of Agroecology 6(3): 467-47. (In Persian with English Summary)

Ghaderi, M. G., Zeinalikhanghah, H., Hosseinzadeh, H., Taleei, A.R., and Taghavi, M.R. 2009. Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). using multivariate statistical analysis. Journal of Agricultur al Research 7(2): 582-573. (In Persian with English Summary)

Ghaderi-Daneshmand, N., Bakhshandeh, A., and Rostami, M.R. 2012. Biofertilizer affects yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture 2: 699-704. (In Persian)

Ghanbari, A., Esmaeelian, Y., and Babaeian, M. 2013. The effect of manure and chemical fertilizers on forage yield and concentration of some food grains of barley (*Hordeum vulgare* L.). Ecophysiological Researches 8(3): 36. (In Persian with English Summary)

Ghanbarzadeh, B. 2009. Food Chemistry. Ayiizh Publications. Tehran, Iran 296 pp. (In Persian)

Hassanzadeh, A., Ghajar Sepanlou, M., and Bahmanyar, M.A. 2013.significant impact on potassium and manure on yield and concentration of some macro elements in wheat (*Triticum aestivum* L.). under water stress. Engineering. Journal of Agriculture 36(1): 85-77. (In Persian with English Summary)

Hussien, M.S., and Magda, M.M. 2003. Effect of nitrogenous fertilization on the growth, vegetativ yield, seed yield and oil content of sweet fennel. African Journal Agriculture Sciences 18: 133-5.

Jafarimoghaddm, M., Rezapoor, M., Arvin, P., and Khandan, T. 2010. Effect of number of foliar fertilizer and cultivar on yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). The fifth National Conference on New Ideas in Agriculture, Branch of Islamic Azad University, College of Agriculture. (In Persian)

Jalali, M. 2013. Soil Fertility. BuAli Sina University.First Edition, Number 330 p. 541. (In Persian)

Kafi, M., Jafarnejad, A., and Jami Al-Ahmadi, M. 2005. Ecology and Physiology and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). First Edition University of Mashhad Ferdowsi Press, Mashhad, Iran 478 pp. (In Persian)

Karmaka, S., Lague, C., Agnew, J., and Landry, H. 2007. Integrated decision support system (Dss) for manure management. A Review and Perspective. Computers and Electronics 57: 190-201.

Kazanshahi, J. 2008. Soil and its Relations in Agriculture. Tehran Ayiizh Press. Tehran, Iran 329 pp. (In Persian)

Keshavarznejad Qadikolaei, A., Kazemein, S.A.R., and Bahrami, M.J. 2013. Effect of Nitrogen Fertilizer and plant residues, corn, rapeseed, sunflower and wheat yield and nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Production and Processing of Agricultural and Horticultural Crops 3(10): 190-181. (In Persian with English Summary)

Khajehpour, M.R. 1997. Principles of Agriculture. (Second Edition). Published by Jahad University (Isfahan University of Technology), Isfahan, Iran. (In Persian)

King, J.C. 2000. Determinants of maternal zinc status during pregnancy. American, Journal Clinical Nutrition 71(5): 1334s-1343s.

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156. (In Persian with English Summary)

Lu, H.J., Ye, Z.Q., Zhang, X.L., Lin, X.Y., and Ni, W.Z. 2011. Growth and yield responses of crops and macronutrient balance influenced by commercial organic manure used as a partial substitute for chemical fertilizers in an Intensive vegetable Cropping System. Physics and Chemistry of the Earth, parts A/B/C Science Direct 36(9-11): 387-394.

Mahmoudi, H., Mahdavi Damghani, A., and Liaghati, H. 2008. Introduction to Organic Farming (Biological). University of Mashhad. Mashhad, Iran p: 274. (In Persian)

Malakouti, M.J. 2011. Solution to increase the quality of bread consumed in the country. Journal of Food Science 8(31): 11-21. (In Persian with English Summary)

Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. Bioresource Technolog 72: 9-17.

Masini, A., Trenti, T., Caramazza, I., Predieri, G., Gallesi, D., and Ceccaralli, D. 1994. Dietary iron deficiency in the rat. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics 1188(1-2): 53-57.

Mazaheri, D., Movahhedi Dehnavi, M., and Darzi, S.M. 2005. Plant Ecology. Tehran University Press. Tehran, Iran p: 424- 880. (In Persian)

Mirnezami, S.H. 1997. Food Health, Illness. Press Mrsa College of Agriculture, Tehran University. First Edition.Tehran. Iran. Volume II. 768 pp. (In Persian)

Mooleki, S., Schoenau, J., Chales, J.L., and Wen, G. 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of freedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiencyn in east-central Saskachwan. Canadian Journal of Soil Science 84: 199-210. (In Persian with English Summary)

Nagavallemma, K., Wani, S., Lacroix, S., Padmaja V.V., Vineela, C., BabuRao, M., and Sahrawat, K.L. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Them on Agrecosystems Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 20 pp

Nourgholipour, F., Bagheri, Y.R., and Lotfollahi, M. 2008.The effect of different sources of nitrogenfertilizer on yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Sciences 4(2): 129-120. (In Persian with English Summary)

Omidvar, N., Rahmani, K., and GhavamSadri, M. 2012. Nutrition and Food Hygiene. Iranian Textbook Publishing Company. Technical and Professional Education. Tehran, Iran 148 pp. (In Persian)

Prasad, K., and Singh, P. 1990. Response of promising rainfed maize (*Zea mays* L.) varieties to nitrogen appilication in North western Himalayan region.Indian. Journal Agriculture Sciences 6(7): 275-477. (In Persian with English Summary)

Rahimizadeh, M., Kashani, A., and Feizabadie, A. 2010.Effect of pre-sowing crops, nitrogen fertilizer and crop residue return on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L). Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 110-98. (In Persian with English Summary)

Redda, A., and Abay, F. 2015. Agronomic performance of integrated use of organic and inorganic fertilizers on rice (*Oryza sativa* L.) in Tselemti District of North-Western Tigray, Ethiopia. Journal of Environment and Earth Science 5(9): 2224-3216. (In Persian with English Summary)

Saeidnejad, A.H., Khazaei, H., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. Effects of application of organic matter, fertile izers, biological and chemical fertilizer on some morphological characteristics, yield and for sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 10(3): 510-503. (In Persian with English Summary)

Salehi pour bavarsad, D.B., Ghorbani, H., Afyouni M., and Kheirabadi, H. 2014. Evaluation of the potential risk of heavy metals on human health in some agricultural products. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences 18(67): 81-71. (In Persian with English Summary)

Salmani Biary, E., Taheri, G., Ajamnoruzi, H., Safarzadeh, Y., and Rayej, H. 2010. Effect of different ratio of nitroxin biofertilizer and urea on yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). The Fifth National Conference on New ideas in Agriculture. Islamic Azad University of Isfahan. The Fifth Conference of New Ideas in Agriculture, 27-28 February, Isfahan, Iran. (In Persian)

Scott, M.A.1988. The Use of Worm Digested Animal Wastes as a Supplement to Peat in Leas Composts for Hardy Nursery Stocks. In: Edwards, C.A. and Neuha yser, E. (Eds.), Earthworm in Waste and Environmental Management. SPB Academic Press, Netherlands, p. 412-413.

Seyedi, C.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Evaluation of yield, yield components and nitrogen use efficiency in the use of spent mushroom compost, biological fertilizer and urea in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 3(3): 309-319. (In Persian with English Summary)

Shams, K. 2005. Sustainable Agriculture. Islamic Azad University Press. Kermanshah, Iran, First Edition 128 pp. (In Persian)

Sharife, Z., and Haghnia, G.H. 2007. Effect of nitroxin biological fertilizer on yield of wheat sabalancult (*Triticum aestivum* L.). Proceedings of the National Conference of Ecological Agriculture Iran. Gorgan - Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources 1798-1806. (In Persian with English Summary)

Staal, M.F., Maatheusis, J.M., and Elzennga, T.M. 1991. Na+/K+ antiport activity in tonoplast vesicles from roots of

the salt tolerant plantago maritina and the salt sensitive plantago media. Plant Physiology 82: 164-179.

Yousefi, A., and Sadeghi, M. 2014. Effect of vermicompost and urea chimcal fertilizers on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field condition. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 7(12): 1227-1230. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 186-202

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۰۲-۱۸۶

Investigating Management Plant Nutrition (Organic and Inorganic and Blended Fertilizers): on the Accumulation and Balance Elements Macro and Micro in Wheat Seed (*Triticum aestivum* L)

E. Amjadian[1*], A. Ghanbari[2] and I. Khamari[3]
Submitted: 29-05-2016
Accepted: 24-01-2017

Amjadian, E., Ghanbari, A., and Khamari, I. 2018. Investigating management plant nutrition (organic and inorganic and blended fertilizers): on the accumulation and balance elements macro and micro in wheat seed (*Triticum aestivum* L). Journal of Agroecology 10(1): 186-202.

Introduction

The growing world population and increased need for food security, leading to great developments in the is agriculture and promoted.fertilizers substance the element or elements needed by plants directly into the soil and the optimum growth and maximum product quality result.fertilizer management is an important process because the right combination of fertilizer for agricultural production is cause production food with minimal losses.Choice a proper fertilizer management to programs, the environment, to prevent pollution of land and water and air depends. to excursion elements play a fundamental role in ecosystem functioning and rotating elements, while energya track,just the non-cyclical flows, that humanthe end of the food chain remains so because healthy soil and plant healthy, healthy plants and will provide human health.

Materials and Methods

The study, to evaluate the elements in wheat under different fertilizer systems, In format of randomized complete block design with three replications, during the crop Year 2013-2014, the Agricultural Research Station, University of Zabol (Chahnymh) that 35 kilometers is Zabol was conducted. In terms of geographical location of 61 degrees and 41 minutes east longitude and 30 degrees, 54 minutes north latitude and altitude of 480 meter of sea level. The weather it has cold winters and dry, and hot summers and dry, that according to category coupons and amberger ingredient weather warm and dry is considered. treatments contains: T_1: control (no fertilizer), T_2: cow manure, T_3: vermi compost fertilizer, T_4: chemical fertilizer, T_5:vermicompost+ nitroxin fertilizer, T_6: cow manure and nitroxin fertilizer, T_7: cow manure and chemical fertilizer.direction calculation the analysis of statistical data obtained at first to software excel transmit and after assurance the of normality to be data, the results with using the of statistical software SAS, version 9.1, and variance analysis, the by means test duncan, at the level 5 percent, were compared.

Results and Discussion

The results showed that different fertilizer systems on the all morphological characteristics of wheat, with the exception the weight of one thousand seeds surface ($P\leq0/01$) was significant. So that chemical fertilizers, cause the increased 16.20 percent, plant height and consolidated fertilizers cause Increased 11.60 percent the weight one thousand seeds compared was the control treatment. The highest and lowest grain yield with values the highest and lowest grain yield with values 3440 and 1835 $kg.h^{-1}$, respectively belong to treatments, system blended manure and chemical fertilizers, and treatment control.concentration of grain elements on the surface ($P\leq0/01$), with the exception of Mg, that at use of different nutritional systems at one surface, was significant. So that chemical fertilizers, N and P, respectively 48.78 and 139 Percent and cow manure and chemical fertilizer the potassium seed 30.76 percent, cow manure, Fe, Na and Zn, respectively 58.82, 40.48, 7.49 has increased compared to control. chemical fertilizers Ca to the 16.10 percent compared to control, reduce.thus improving plant nutrition through optimal use of fertilizers blended, bio, organic, quality and quantity in addition to increasing of agricultural products, the human nutritional status, the lack of elements compensate and balance

1, 2 and 3- Former MSc student in Agroecology, Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: amjadian3617@gmail.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.56118

nutrient elements cause improve body function, and reduce the need to supplement.

Conclusion

Chemical fertilizers combined with farmyard manure, greatest impact on increasing yield and its components have. The results imply comparative advantage cow manure and chemical fertilizer that is an integrated fertilizer, and of opinion increase characteristics morphological and increase yield and its components superior to chemical fertilizers have the is advantage.

Acknowledgements

This is required by the respected institute for agricultural chahnymh personnel affiliated with the university of Zabol in the study have cooperated appreciate.

Keywords: Biological fertilizers, Chemical fertilizers, Cow manure, Human health, Sustainable agriculture

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۱۷-۲۰۳

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 203-217

بررسی تأثیر عوامل اقلیمی- مدیریتی بر عملکرد و خصوصیات رشدی گیاه دارویی- صنعتی حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان

امین پسندی پور[۱]، حسن فرح بخش[۲*] و روح الله مرادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

پسندی‌پور، ا.، فرح‌بخش، ح.، و مرادی، ر. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر عوامل اقلیمی- مدیریتی بر عملکرد و خصوصیات رشدی گیاه دارویی- صنعتی حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۱۷-۲۰۳.

چکیده

تدوین و اجرای برنامه‌های مؤثر در راستای احیاء، حفاظت و بهره‌برداری کارآمد از گونه‌های دارویی با شناخت ویژگی‌ها و نیازهای اکولوژیکی آن‌ها امکان‌پذیر است. در این بررسی مشخصات اقلیمی مناطق زیرکشت، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک، اطلاعات عملکرد، مراحل مختلف فنولوژیکی و همچنین اطلاعات مدیریتی گیاه حنا (*Lawsonia inermis* L.) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که این گیاه در استان کرمان در مناطق شهداد، رودبار، بم و کهنوج پراکنش دارد. پهنه‌بندی اقلیمی مناطق رویشگاهی بر اساس ضریب خشکی دومارتن از نوع اقلیم خشک می‌باشد. متوسط میزان بارندگی سالانه این رویشگاه‌ها ۷۲/۷ میلی‌متر، رطوبت نسبی ۳۳/۶ درصد، ارتفاع از سطح دریا ۶۳۲ متر و دمای متوسط آن ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد است. خاک رویشگاه‌ها عمدتاً دارای بافت شنی-لومی با اسیدیته ۸/۱۹، هدایت الکتریکی ۳/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار ماده آلی ۰/۰۶ تا ۰/۱۲ درصد می‌باشد. حنا در مجموع گونه‌ای حساس به سرما است که در شرایط اقلیمی خشک با متوسط بارندگی سالیانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر قادر به رشد است. آبیاری گیاه در کلیه مناطق به‌صورت کرتی و با مقدار بیش از ۸۰۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد. میزان مصرف کود شیمیایی نیتروژن نیز بیش از ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. نتایج رگرسیون نشان داد که رطوبت نسبی منطقه، درصد نیتروژن خاک و میزان مصرف آب مهم‌ترین عوامل تأثیر-گذار بر رشد و نمو گیاه حنا می‌باشند. در مجموع، لازم است با توجه به اهمیت گیاهان دارویی با بررسی جنبه‌های مختلف اکوفیزیولوژیک کشت حنا، راهکاری برای ایجاد مدیریت بهینه و توسعه سطح زیر کاشت در مناطق بومی در کشور فراهم شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پراکنش، تغذیه، خاک، فنولوژی

مقدمه

تنوع سامانه‌های زراعی در کشور متأسفانه به سرعت رو به نابودی رفته به‌طوری‌که تنها زراعت گیاهان محدودی از غلات و گیاهان صنعتی رواج داشته و بسیاری از گیاهانی که در گذشته مورد کشت و کار بودند یا کاملاً به فراموشی سپرده شده و یا در آینده‌ای نزدیک از سامانه زراعت کشور حذف خواهند گردید (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2012). کاهش قابل توجه تنوع زیستی آثار و عواقب بسیار زیان‌باری در پیشرفت کشاورزی، صنعت غذا و دارو و غیره دارد و در این میان، هیچ فناوری توانایی بازآفرینی و احیای اکوسیستم‌های بزرگ و گونه‌هایی را که از دست رفته‌اند را نخواهد داشت. گیاه دارویی-صنعتی حنا (*Lowsonia inermis* L.) علی‌رغم کاربردهای بسیار زیادی که در زمینه دارویی و رنگرزی دارد، امروزه کشت و کار

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت (عضو انجمن پژوهشگران جوان)، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان و استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: hfarahbakhsh@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.56222

آن تنها به مناطقی از استان کرمان و سیستان و بلوچستان محدود شده و کاشت آن در این مناطق نیز رو به کاهش است.

حنا گیاهی است چند ساله، بوته‌ای با شاخه‌های زیاد و بدون کرک و ارتفاع آن به چهار متر نیز می‌رسد. برگ‌های حنا کوچک و دارای طولی معادل ۱/۵ تا ۵ سانتی‌متر و عرض ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر می‌باشد. برگ‌های بیضوی، نوک تیز، لبه‌دار و قهوه‌ای متمایل به سبز تا قهوه‌ای تیره به صورت متقابل روی شاخه قرار دارند. شاخه‌های حنا دارای مقطع مربعی شکل بوده و به رنگ سبز هستند که با افزایش سن گیاه به قرمز متمایل می‌شوند. گل‌آذین این گیاه خوشه‌ای و بزرگ است که دارای تعداد زیادی گل کوچک و معطر می‌باشد. میوه گیاه حنا کپسولی به رنگ قهوه‌ای است و در زمان رسیدن، میوه‌ها به‌صورت نامنظم باز شده و چهار قسمت می‌شوند. هر بوته تعداد زیادی بذر تولید می‌کند که هرمی، صاف، سخت و به رنگ قهوه‌ای متمایل به خرمایی هستند و اندازه آن‌ها دو میلی‌متر است (Chaudhary et al., 2010).

محصول حنا در دو تا سه چین با فاصله دو ماهه، قابل برداشت می‌باشد. اولین چین حنا، مرغوب‌ترین و بهترین و در مقایسه با چین‌های دیگر ارزش بیشتری دارد (Abasi Damshahri, 2007). زمان برداشت حنا بسته به نوع اقلیم و تعداد چین متفاوت و از تیر تا آبان ماه صورت می‌گیرد.

حنا ماده‌ای طبیعی و غیرسمی و فاقد اثرات شدید است و با توجه به سایر مزیت‌های آن از جمله قیمت ارزان و در دسترس بودن آن برای مردم کشورهای در حال توسعه می‌تواند به عنوان یک شانس واقعی برای درمان و پیشگیری عفونت‌های پوستی مطرح شود (Behdani et al., 2009). مطالعات مختلف نشان می‌دهند که حنا دارای فعالیت ضد میکروبی وسیعی علیه بسیاری از باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی و همچنین مایکوباکتریوم‌ها می‌باشد (Habbal et al., 2007).

حنا حاوی مانیتول، اسید تانیک، موسیلاژ و گالیک اسید می‌باشد، اما مهم‌ترین ماده تشکیل دهنده آن ۲- هیدروکسی ناپتو کوینیون یا لاوسون[1] است که به‌عنوان یک عامل فعال زیستی شناخته شده است و عامل رنگ خاص حنا می‌باشد (Torkelson, 1999; Duke, 2002).

استان کرمان در جنوب شرقی ایران و حد فاصل ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است و وسعتی معادل ۱۸۰۷۲۶ کیلومترمربع دارد. متوسط میزان بارندگی در این استان ۱۳۸ میلی‌متر می‌باشد.کمبود بارندگی و بالا بودن میزان تبخیر، استان کرمان را در ردیف استان‌های خشک ایران قرار داده است. میزان تبخیر در استان بین ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ میلی‌متر در سال نوسان دارد که حداکثر آن مربوط به حاشیه کویر لوت (دشت شهداد، دشت بم و نرماشیر) است. آب و هوای استان کرمان به‌علت وسعت منطقه، وجود پستی و بلندی‌ها و شرایط خاص اقلیمی، در نواحی مختلف کاملاً متفاوت است. در نتیجه این شرایط اقلیمی، در نواحی شمال و شمال غربی و مرکزی آب و هوا خشک و در جنوب و جنوب شرقی گرم و مرطوب است. از عمده دلایل کاشت گیاه حنا در استان کرمان می توان به وجود شرایط آب و هوایی مناسب، زراعت نسبتاً آسان آن و بهره وری بالا به دلیل چندساله بودن گیاه و همچنین وجود برخی اعتقادات مذهبی که از قدیم کاربرد آن توصیه می‌شده است، اشاره کرد.

در خصوص نیازهای بوم‌شناختی گیاه حنا در ایران هیچ‌گونه تحقیقی انجام نشده است. از سوی دیگر، شناخت نیازهای اکولوژیکی آن یکی از الزامات اساسی در توسعه کشت این گونه با ارزش دارویی می‌باشد. از این رو، ضروری به‌نظر می‌رسد تا خصوصیات این گونه بیشتر مورد مطالعه قرار گیرد. بنابراین، در این پژوهش سعی شد با بررسی بوم‌شناختی، اقلیم مناسب و نقاط قوت و ضعف در مدیریت تولید این گیاه شناسایی شده و نسبت به ایجاد زمینه مدیریت بهینه و افزایش سطح زیر کشت آن در استان کرمان اقدام گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در استان کرمان در سال ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. ابتدا نقاط مورد کشت و کار گیاه حنا شناسایی شد. با استفاده از گزارشات موجود در اداره جهاد کشاورزی شهرستان‌های مختلف استان و همچنین بازدیدهای حضوری از شهرستان‌های هدف اطلاعات اولیه در مورد پراکنش، سطح زیر کشت، میزان عملکرد، روش آبیاری و مقدار آب مصرفی در هکتار به‌دست آمد. پس از مشخص شدن محدوده رویشگاهی، داده‌های اقلیمی مربوط به رویشگاه‌ها از جمله طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، میزان بارندگی، میانگین دمای سالانه و میزان تشعشع از ایستگاه‌های هواشناسی منطقه جمع‌آوری گردید.

1- Lawson

مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه نیز با بازدیدهای منظم از رویشگاه‌های مورد مطالعه و با ثبت زمان کاشت، شروع رشد گیاه، زمان گلدهی، برداشت اول، برداشت دوم و کل دوره رشد گیاه تعیین گردید.

به‌منظور بررسی و تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در رویشگاه‌های مختلف، از عمق ۳۰ سانتی‌متری ریشه نمونه‌برداری انجام و نمونه خاک به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان منتقل شد. پس از خشک کردن نمونه‌های خاک در شرایط آزمایشگاهی، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و بافت خاک، هدایت الکتریکی[1] (EC)، اسیدیته خاک (pH)، درصد ماده آلی، میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین گردید.

در نهایت، روابط بین خصوصیات اقلیمی- مدیریتی در مناطق مورد بررسی با عملکرد تولیدی از طریق رگرسیون چندگانه و برای تعیین مهمترین عوامل تأثیرگذار، رگرسیون با استفاده از روش فوروارد[2] مورد بررسی قرار گرفت. بدین صورت که عملکرد تولیدی در هر منطقه به‌عنوان متغیر وابسته و هر یک از خصوصیات اقلیمی- مدیریتی نیز به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

سطح زیر کشت و عملکرد

پراکنش کاشت گیاه حنا در استان کرمان محدود به شهرستان‌های بم، شهداد، کهنوج و رودبار جنوب است. سطح زیر کاشت این مناطق در محدوده بین حداقل سه هکتار با متوسط عملکرد ۱/۴ تن در هکتار مربوط به شهرستان شهداد و حداکثر ۷۵۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ۶/۵ تن در هکتار مربوط به شهرستان رودبار جنوب متغیر است (جدول ۱).

اقلیم

بیشترین پراکنش کاشت این گیاه (۹۸/۱۲ درصد) در دامنه ارتفاعی ۴۵۰ تا ۵۱۱ متر و کمترین میزان پراکنش (۱/۸۷ درصد) در ارتفاع ۱۰۸۰ متر از سطح دریا مشاهده گردید. حد پایینی گسترش مناطق زیر کاشت گیاه حنا از نظر ارتفاع از سطح دریا در مناطق بررسی شده ارتفاع ۴۵۰ متر (در شهرستان شهداد) و حد بالایی آن ۱۰۸۰ متر (در شهرستان بم) بود (جدول ۲). میزان بارندگی سالانه مناطق زیر کاشت گیاه حنا در استان کرمان در دامنه ۲۸/۳۵ تا ۱۴۳/۵ میلی‌متر متغیر بوده و بیشترین و کمترین میزان بارش به‌ترتیب در مناطق کهنوج و شهداد ثبت شده بود (جدول ۲). همچنین بیشترین بارندگی در دوره رشد با میانگین ۵۵/۰۸ میلی‌متر مربوط به منطقه کهنوج بود. برای مناطق چهارگانه منتخب کاشت گیاه حنا متوسط رطوبت نسبی ۳۳/۶ درصد و متوسط دمای سالانه ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد بود. پهنه‌بندی اقلیمی مناطق مورد بررسی براساس ضریب خشکی دومارتن از نوع اقلیم خشک به‌دست آمد.

خصوصیات خاک

با توجه به نتایج به‌دست آمده از بررسی نمونه‌های خاک مناطق مختلف مشخص شد که خاک مناطق زیر کاشت گیاه حنا دارای واکنشی قلیایی است. علاوه بر این، مشخص گردید که این گونه گیاهی در خاک‌های با میانگین هدایت الکتریکی ۳/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر رشد می‌نماید. بیشترین میانگین مقدار هدایت الکتریکی خاک (۴/۳۱ دسی‌زیمنس بر متر) در منطقه کهنوج و کمترین مقدار آن (۳/۳۲ دسی‌زیمنس بر متر) در منطقه بم مشاهده گردید. متوسط مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ماده آلی خاک مزارع زیر کشت حنا در مناطق مورد بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است. در بیش از ۹۸ درصد موارد رویشگاه این گیاه بر روی خاک با بافت شنی-لومی می‌باشد.

مراحل فنولوژی

عملیات کاشت حنا در مناطق مورد بررسی از اواسط اسفند تا اواخر اردیبهشت ماه متغیر می‌باشد (جدول ۴). بررسی فنولوژیکی این گیاه نشان داد که به طور متوسط بین ۱۲ تا ۱۴ روز پس از کاشت بذرها جوانه زده و از خاک خارج می‌شوند. شکفتن گل‌ها در گیاه به طور متوسط حدود ۹۰ روز پس از کاشت آغاز می‌شود و به‌طور مداوم ادامه می‌یابد (جدول ۴). سرعت گلدهی با شروع ماه‌های گرم (تیر و مرداد) کند شده، ولی مجدداً در اواخر دوره رشد با خنک‌تر شدن هوا سرعت می‌گیرد. در مناطق مختلف نیز رسیدگی کامل میوه از اواخر مهر تا اواخر آبان ماه می‌باشد. تعداد چین برداشتی تحت تأثیر تاریخ

1- Electrical Conductivity
2- Forward

کاشت، تعداد آبیاری و چندساله بودن گیاه بین دو تا سه چین متغیر است (جدول ۴). کل دوره رشد گیاه به طور متوسط بین ۱۹۰ تا ۲۲۰ روز در مناطق مورد بررسی متغیر بود.

اطلاعات کاشت

طبق بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که حنا در ۱۰۰ درصد موارد به صورت تک‌کشتی کشت و کار می‌شود. میزان بذر مصرفی با وجود بذر سبک و ریز این گیاه خیلی بالاست و به‌طور متوسط بین ۸۰ تا ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار متغیر است (جدول ۵). تا کنون رقم اصلاح شده‌ای برای گیاه حنا به‌دست نیامده است و بذر مورد استفاده در هر منطقه در واقع توده محلی همان منطقه با درجه‌ای ناخالصی از سایر توده‌های استان می‌باشد. شیوه کاشت به روش بذر پاشی و عمر بذر مورد استفاده عمدتاً بیش از دو سال می‌باشد. تراکم اولیه گیاه پس از سبز شدن به‌دلیل مصرف زیاد بذر در هکتار بسیار بالاست (۱۵۰ تا ۲۰۰ بوته در مترمربع)، ولی پس از گذشت دو تا سه سال از کاشت به‌طور متوسط تراکم به ۲۵ تا ۳۰ بوته در مترمربع کاهش داده می‌شود (جدول ۵).

از دلایل مهم مصرف زیاد بذر به درصد جوانه‌زنی پایین بذر می‌توان اشاره کرد که ناشی از وجود بذرهای نارس در بین توده بذری می‌باشد. به دلیل وجود دوره طولانی و مداوم گلدهی برای این گیاه در زمان برداشت بذرهای با درجه رسیدگی متفاوت درون توده بذری قرار می‌گیرند که در نهایت، منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی توده بذری می‌شود. در کشت سنتی یا به‌عبارتی کشت فعلی حنا به‌دلیل پوشش سخت بذر و ریز بودن آن عملیات خیساندن بذر در آب به مدت یک تا دو هفته قبل از کاشت صورت می‌پذیرد. سپس بذور خیسانده شده به روش دست‌پاش در سطح خاک پاشیده می‌شوند و دیگر با خاک مخلوط نمی‌شوند. گیاهچه ابتدایی بسیار حساس و دارای سرعت رشد اولیه کمی می‌باشد به همین دلیل در کشت سنتی و رایج گیاه حنا، بذرها در زمینی که سال قبل زیر کشت جو یا گندم بوده است کشت شده تا در زیر سایه کاه کلش باقی مانده از کشت قبلی رشد نمایند.

اطلاعات آبیاری

روش آبیاری در تمام مناطق بررسی شده به روش سنتی کرتی-غرقابی می‌باشد. به‌دلیل استفاده از روش بذرپاشی و قرار گرفتن بذر در سطح خاک، رطوبت خاک بایستی در حد مطلوبی حفظ شود تا جوانه‌زنی بذر با مشکل مواجه نگردد و این در خاک‌های با بافت سبک منجر به افزایش مصرف آب می‌گردد. میزان آب مصرفی در مناطق بررسی شده به‌طور متوسط بین ۸۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر بود که بیشترین و کمترین میزان آب مصرفی به‌ترتیب متعلق به مناطق رودبار جنوب و شهداد می‌باشد (جدول ۶). بیشترین کارایی مصرف آب با میانگین ۰/۴۶ مربوط به منطقه رودبار جنوب بود، در حالی‌که منطقه کهنوج با میانگین ۰/۳۷ در رتبه دوم قرار داشت. کمترین کارایی مصرف آب نیز با میانگین ۰/۱۷ از منطقه شهداد به‌دست آمد (جدول ۶).

کشور ما در ناحیه آب و هوایی گرم و خشک واقع شده است و متوسط میزان بارندگی سالیانه کشور یک سوم متوسط سالیانه بارندگی جهان می‌باشد (Feizi, 2003). کمبود بارندگی و خشکسالی‌های اخیر سبب کاهش منابع آب قابل دسترس گردیده است، به‌طوری‌که منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به مقدار محسوسی کاهش یافته است (Feizi, 2003).

جدول ۱- اطلاعات عملکرد مزارع حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان

Table 1- The performance information in henna (*Lawsonia inermis* L.) farms in Kerman province

منطقه Region	سطح زیر کشت (هکتار) Cultivation area (ha)	متوسط عملکرد (تن در هکتار) Yield average ($t.ha^{-1}$)
بم Bam	150	0.62±1.7
شهداد Shahdad	3	0.31±1.4
کهنوج Kahnooj	350	0.54±4.5
رودبارجنوب Roodbar Jonoob	7500	0.47±6.5

جدول ۲- مشخصات اقلیمی مزارع حنا (*Lowsonia inermis* L.) در استان کرمان

Table 2- Climatic characteristics in henna (*Lowsonia inermis* L.) farms in Kerman province

منطقه Region	طول جغرافیایی Longitudes	عرض جغرافیایی Latitudes	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	میانگین دمای دوره رشد (درجه سانتی گراد) Mean growth temperature (°C)	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی گراد) Mean annual temperature (°C)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	بارندگی دوره رشد (میلی‌متر) Seasonal growth rainfall (mm)	بارندگی سالانه (میلی-متر) Annual rainfall (mm)	میزان تشعشع (مگاژول بر مترمربع) Radiation ($MJ.M^{-2}$)	اقلیم Climate
بم Bam	′20 ° 58	′05 ° 29	1080	29.09	24.24	29.15	19.03	46.25	5223	خشک Dry
شهداد Shahdad	′42 ° 57	′25 ° 30	450	33.11	27.47	21.84	4.81	28.35	5188	خشک Dry
کهنوج Kahnooj	′42 ° 57	′56 ° 27	511	31.96	27.11	43.61	55.08	143.5	5312	خشک Dry
رودبارجنوب Roodbar Jonoob	′02 ° 58	′01 ° 28	487	32.42	27.13	40.03	25.93	72.8	5292	خشک Dry

جدول ۳- مشخصات خاک مزارع حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان

Table 3- Soil properties in henna (*Lawsonia inermis* L.) farms in Kerman province

منطقه Region	بافت Texture	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassiom ($mg.kg^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
بم Bam	لومی Loam	0.02	15	218	0.07	8.17	3.32
شهداد Shahdad	لومی Loam	0.02	12	235	0.06	8.05	4.22
کهنوج Kahnooj	لوم–شنی Sandy-Loam	0.05	28	211	0.1	8.21	4.31
رودبارجنوب Roodbar Jonoob	لوم–شنی Sandy-Loam	0.07	32	228	0.12	8.36	3.53

جدول ٤- مراحل فنولوژی گیاه حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان

Table 4- Phenological stages of henna (*Lawsonia inermis* L.) in Kerman province

منطقه Region	تاریخ کاشت Planting date	روز تا سبز شدن Days to emergence	روز تا گلدهی Days to flowering	چین اول First harvest	چین دوم Second harvest	چین سوم Third harvest	کل دوره رشد (روز) Growth period (day)
بم Bam	فروردین تا اردیبهشت April to May	3±14	9±90	مرداد August	مهر October	–	20±190
شهداد Shahdad	فروردین تا اردیبهشت April to May	2±14	8±90	مرداد August	مهر October	–	20±190
کهنوج Kahnooj	اسفند تا اردیبهشت March to May	1±12	11±90	تیر July	شهریور September	آبان November	25±220
رودبارجنوب Roodbar Jonoob	اسفند تا اردیبهشت March to May	3±12	13±90	تیر July	شهریور September	آبان November	25±220

اصطلاح کارایی مصرف آب برای اولین بار توسط د–ویت ارائه گردید (De Wit, 1958). هدف از کاربرد کارایی مصرف آب، توانایی مقایسه‌های سریعی بین سیستم‌های مصرف کننده آب در زمان و مکان است (Turral et al., 2006). براساس منابع موجود، هفت درصد جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که در آن آب کم‌یاب است، ولی تا سال ۲۰۵۰ میلادی انتظار می‌رود این رقم به بیش از ۶۷ درصد افزایش یابد (Howell et al., 2001). بنابراین، ضرورت دارد که بهره‌وری آب اراضی فاریاب و دیم بیشتر شود. نتایج مطالعه و ارزیابی کارایی مصرف آب در مزارع شهرستان‌های بم، شهداد، کهنوج و رودبار جنوب تحت روش آبیاری غرقابی نشان داد بیشترین کارایی مصرف آب در شهرستان رودبار جنوب می‌باشد. افزایش کارایی مصرف آب در مزارع این شهرستان علی‌رغم مصرف بالای آب به‌دلیل تولید عملکرد بیشتر می‌باشد.

جدول ۵- اطلاعات کاشت مزارع حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان

Table 5- Cultivation information in henna (*Lawsonia inermis* L.) farms in Kerman province

منطقه Region	گیاهان همراه Companion plants	میزان بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed rate ($kg.ha^{-1}$)	رقم یا توده Variety or ecotype	روش کاشت Planting method	عمر بذر Seed longevity	تراکم (بوته در مترمربع) Density ($plant.m^{-2}$)
بم Bam	-	15±100	توده بم Bam ecotype	بذرپاش Seeding	بیش از ۲ سال More than 2 years	4±25
شهداد Shahdad	-	10±80	توده شهداد Shahdad ecotype	بذرپاش Seeding	بیش از ۲ سال More than 2 years	3±25
کهنوج Kahnooj	-	20±200	توده کهنوج Kahnooj ecotype	بذرپاش Seeding	بیش از ۲ سال More than 2 years	5±30
رودبارجنوب Roodbar Jonoob	-	30±220	توده رودبار Roodbar ecotype	بذرپاش Seeding	بیش از ۲ سال More than 2 years	5±30

جدول ٦- اطلاعات آبیاری مزارع حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان

Table 6- Irrigation information in henna (*Lawsonia inermis* L.) farms in Kerman province

منطقه Region	روش آبیاری Irrigation method	آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) Used water ($m^3. ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب Water use efficiency
بم Bam	کرتی- غرقابی waterlogging	2350±8000	0.21
شهداد Shahdad	کرتی- غرقابی waterlogging	1851±8000	0.17
کهنوج Kahnooj	کرتی- غرقابی waterlogging	3647±12000	0.37
رودبارجنوب Roodbar Jonoob	کرتی- غرقابی waterlogging	4125±14000	0.46

اطلاعات تغذیه

میزان مصرف کود دامی در مناطق مورد بررسی از صفر (منطقه شهداد) تا هشت تن در هکتار (منطقه رودبار جنوب) متغیر بود (جدول ۷). همچنین بیشترین میزان مصرف کود نیتروژن با میانگین ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به منطقه رودبارجنوب بود. منطقه شهداد با میانگین ۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان مصرف کود فسفر را دارا بود، در حالی‌که در سایر مناطق به‌طور تقریبا یکسانی میانگین ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف می‌شود (جدول ۷). بررسی‌های انجام شده نشان داد که در مناطق چهارگانه مورد بررسی مصرف کود پتاسیم رایج نبوده و همچنین روش مصرف کودهای مذکور به روش سنتی دست‌پاش می‌باشد (جدول ۷).

رابطه عملکرد حنا با ویژگی‌های اقلیمی-مدیریتی ویژگی‌های خاک

نتایج رگرسیون انجام گرفته بین متغیرهای مختلف خاک با عملکرد گیاه حنا نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد حنا را توصیف می‌کنند. به‌عبارتی، ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد حنا را می توان توسط شش عامل خاکی توصیف کرد (جدول ۸). کلیه خصوصیات فیزیکی- شیمیایی مزارع مورد کشت و کار حنا در مناطق مختلف به استثنای

EC رابطه مثبت با عملکرد حنا دارند (جدول ۸) و با افزایش این ویژگی‌ها عملکرد حنا نیز افزایش می‌یابد. از بین ویژگی‌های خاک، نیتروژن با ضریب اصلاح شده ۱/۵ و به‌دنبال آن فسفر با ضریب ۰/۸۱ بیشترین تأثیر را بر عملکرد حنا دارا بودند. میزان pH و EC خاک نیز کمترین تأثیر را بر تغییرات عملکرد حنا داشتند (جدول ۸). از بین پارامترهای خاکی مورد بررسی تنها تأثیر عناصر فسفر و نیتروژن بر عملکرد حنا معنی‌دار بود و دیگر خصوصیات خاک تأثیر معنی‌داری بر تغییرات این صفت نداشتند (جدول ۸).

جدول ۷- اطلاعات تغذیه مزارع حنا (*Lawsonia inermis* L.) در استان کرمان

Table 7- Nutrition information in henna (*Lawsonia inermis* L.) farms in Kerman province

منطقه Region	کود دامی (تن در هکتار) Animal manure ($t.ha^{-1}$)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus ($kg.ha^{-1}$)	پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) Potassium ($kg.ha^{-1}$)	نحوه مصرف Application method
بم Bam	1.6±5	35±250	11±100	0	دستپاش By hand
شهداد Shahdad	0	26±250	15±50	0	دستپاش By hand
کهنوج Kahnooj	1.3±6	54±300	23±100	0	دستپاش By hand
رودبارجنوب Roodbar Jonoob	2.4±8	124±350	34±100	0	دستپاش By hand

نیتروژن یک از عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی می‌باشد. میانگین مقدار این عنصر در ماده خشک تولیدی گیاهان ۲-۱ درصد است که گاهی به ۶-۴ درصد نیز می‌رسد (Jafariani et al., 2011). رابطه رگرسیونی بین عملکرد با ویژگی‌های خاک بیانگر تأثیر به‌سزای نیتروژن بر عملکرد بود. فراهمی نیتروژن اهمیت زیادی به دلیل نقشش در تولید پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و سنتز کلروفیل دارد (Hore et al., 2014).

جدول ۸- رابطه بین عملکرد حنا با خصوصیات مختلف خاک

Table 8- The relationship between henna yield and soil properties

خصوصیات خاک Soil properties	ضریب استاندارد Standardized coefficient	ضریب واقعی Raw coefficient	t_b
عرض از مبداء Intercept	0	-946.8	-0.46^{ns}
نیتروژن Nitrogen	1.50	50097	2.69^{**}
فسفر Phosphorus	0.806	200.4	2.48^{*}
پتاسیم Potassium	0.105	17.66	1.88^{ns}
هدایت الکتریکی EC	-0.099	-429.7	-2.09^{ns}
اسیدیته pH	0.054	241.2	1.40^{ns}
ماده آلی Organic matter	0.287	24888	1.12^{ns}
R^2= 0.99			

ns، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: non significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.

نیتروژن باعث افزایش سرعت تشکیل و توسعه برگ‌ها می‌شود (Zaman et al., 2011) و به‌دلیل نقش آن در ساختمان کلروفیل در فتوسنتز نقش اساسی دارد. نیتروژن در واکنش‌های متابولیکی نقش کلیدی ایفا نموده و در دیواره سلول نقش ساختمانی دارد (Zaman et al., 2011). در تحقیقی دیگر، بین نیتروژن با عملکرد سیر رابطه رگرسیونی معنی‌دار با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۹ درصد را گزارش کردند (Matlebi Fard, 2015).

نتایج حاصل از رگرسیون فوروارد بین ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک با عملکرد گیاه حنا نشان داد که حدود ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد حنا تنها توسط عنصر نیتروژن قابل توصیف است (جدول ۹) و این پارامتر بیشترین تأثیر را بر میزان عملکرد حنا در مناطق مورد کشت و کار دارا می‌باشد. دیگر پارامترهای خاک تأثیر ناچیز و غیرمعنی‌داری بر این صفت دارا بودند.

جدول ۹- مهمترین خصوصیات خاک تأثیرگذار بر عملکرد حنا حاصل از آنالیز به روش رگرسیون فوروارد

Table 9- The most important soil characteristics affecting the performance of henna obtained from forward regression analysis

متغیر Variable	رتبه تأثیر Impact rank	ضریب تبیین جزئی Coefficient of partial determination	ضریب تبیین تجمعی Coefficient of multiple determination	F
نیتروژن Nitrogen	1	0.9808	0.9808	510^{**}
فسفر Phosphorus	2	0.0042	0.985	2.50^{ns}
پتاسیم Potassium	3	0.0034	0.9884	2.36^{ns}
هدایت الکتریکی EC	4	0.0016	0.99	1.12^{ns}
اسیدیته pH	5	0.0023	0.9923	1.76^{ns}
ماده آلی Organic matter	6	0.0015	0.9938	1.25^{ns}

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: non significant and significant at the 1% probability levels.

نهاده‌های مصرفی

نتایج نشان داد که ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد حنا را می‌توان توسط چهار نهاده مصرفی تعریف شده در مدل رگرسیونی توصیف کرد (جدول ۱۰). رابطه مثبت کلیه نهاده‌های مصرفی در کشت و کار حنا در مناطق مختلف با عملکرد حنا نشان می‌دهد که با افزایش مصرف این نهاده‌ها عملکرد حنا نیز افزایش می‌یابد (جدول ۱۰). از بین نهاده‌های مصرفی، آب با ضریب اصلاح شده ۰/۷۶ و فسفر با ضریب ۰/۰۰۲۶ به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر عملکرد حنا دارا بودند (جدول ۱۰).

نتایج حاصل از رگرسیون فوروارد بین نهاده‌های مصرفی با عملکرد گیاه حنا نشان داد که حدود ۹۳ درصد از تغییرات عملکرد حنا تنها توسط نهاده آب قابل توصیف است (جدول ۱۱) و این پارامتر بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر میزان عملکرد حنا در مناطق مورد کشت و کار دارا می‌باشد.

رابطه رگرسیونی بین نهاده‌های مصرفی در کشت و کار حنا با عملکرد آن نشان داد که از بین نهاده‌های مصرفی، آب بیشترین تأثیر را بر عملکرد حنا دارا بود. وقتی که گیاه در معرض کمبود آب قرار می‌گیرد برای اینکه از اثرهای تنش فرار کند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کند و همچنین به‌دلیل کاهش فتوسنتز جاری گیاه در نهایت میزان عملکرد آن کاهش می‌یابد، بنابراین، وجود آب کافی در دسترس گیاه لازمه رشد مطلوب آن می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که کمبود آب قابل جذب درگیاه، منجر به بروز تغییرات

مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله کاهش آماس و رشد سلولی و در نتیجه کاهش سطح برگ، کاهش ارتفاع گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و محدودیت فتوسنتز، افزایش ترکیب‌های محلول جهت تنظیم فشار اسمزی و کاهش جذب مواد غذایی و در نهایت کاهش تولید می‌شود (Mousavi et al., 2012).

جدول ۱۰- رابطه بین عملکرد حنا با نهاده‌های مصرفی

Table 10- The relationship between henna yield and the used inputs

نهاده‌های مصرفی used inputs	ضریب استاندارد Standardized coefficient	ضریب واقعی Raw coefficient	t_b
عرض از مبداء Intercept	0	-5289.6	-1.96^{ns}
آب Water	0.762	0.623	3.22^{**}
کود دامی Animal manure	0.114	80.22	0.29^{ns}
نیتروژن Nitrogen	0.137	6.26	0.82^{ns}
فسفر Phosphorus	0.0026	0.0253	0.001^{ns}
R^2=0.95			

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: non significant and significant at the 1% probability levels.

جدول ۱۱- مهمترین نهاده‌های مصرفی تاثیر گذار بر عملکرد حنا حاصل از آنالیز به روش رگرسیون فوروارد

Table 11- The most important inputs affecting the yield of henna obtained from forward regression analysis

متغیر Variable	رتبه تأثیر Impact rank	ضریب تبیین جزئی Coefficient of partial determination	ضریب تبیین تجمعی Coefficient of multiple determination	F
آب Water	1	0.9361	0.9361	146.6^{**}
کود دامی Animal manure	2	0.005	0.9411	0.76^{ns}
نیتروژن Nitrogen	3	0.0051	0.9462	0.77^{ns}
فسفر Phosphorus	4	0.0001	0.9463	0.001^{ns}

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: non significant and significant at the 1% probability levels.

خصوصیات اقلیمی

در بین عوامل مختلف تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی، شرایط اقلیمی از مهم‌ترین متغیرهای محیط طبیعی است (Rashid Sorkh Abadi et al., 2015). نتایج رگرسیون بین خصوصیات اقلیمی با عملکرد گیاه حنا نشان داد که این متغیرها در مجموع ۹۳ درصد از تغییرات عملکرد حنا را توصیف می‌کنند (جدول ۱۲). کلیه خصوصیات اقلیمی مناطق مورد کشت و کار حنا به‌استثنای ارتفاع از سطح دریا، درجه حرارت دوره رشد و درجه حرارت سالانه رابطه مثبت با عملکرد حنا دارند (جدول ۱۲). از بین خصوصیات اقلیمی، رطوبت نسبی با ضریب استاندارد ۱/۶۳ و همچنین بارندگی دوره رشد با ضریب ۱/۴۳ بیشترین تأثیر را بر عملکرد حنا دارا بودند (جدول ۱۲). از بین خصوصیات اقلیمی مورد بررسی تنها تأثیر رطوبت نسبی بر

عملکرد حنا معنی‌دار بود و دیگر خصوصیات اقیمی تأثیر معنی‌داری بر تغییرات این صفت نداشتند (جدول ۱۲).

نتایج رگرسیون فوروارد نشان داد که حدود ۸۷ درصد از تغییرات عملکرد حنا توسط دو عامل رطوبت نسبی و بارندگی دوره رشد قابل توصیف است (جدول ۱۳) و این دو پارامتر بیشترین تأثیر را بر میزان عملکرد حنا در مناطق مورد کشت و کار دارا می باشند. تأثیر دیگر پارمترهای اقلیمی بر عملکرد حنا از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱۳).

تأثیر عوامل آب و هوایی بر کشاورزی از سایر فعالیت‌ها بیشتر بوده و به همین دلیل شناخت روابط متغیرهای اقلیمی بر عملکرد گیاهان، اهمیت و ارزش اقتصادی و اجتماعی بالایی دارد (Koozehgaran et al., 2011). مطالعه مناسب‌ترین روابط رگرسیونی حاکم بین عوامل آب و هوایی مورد مطالعه با عملکرد حنا نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی رابطه بین درصد رطوبت نسبی هوا و میزان بارندگی در دوره رشد با عملکرد معنی‌دار است. با استفاده از روابط رگرسیونی به‌دست آمده می‌توان چنین استنباط نمود که بخش اعظمی (۸۷ درصد) از تغییرات عملکرد حنا را می‌تواند درصد رطوبت نسبی هوا و میزان بارندگی در دوره رشد در بین تمامی صفات اقلیمی مورد مطالعه توجیه نمایند. بارندگی از جمله عوامل بسیار مهم آب و هوایی است که از طریق تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌تواند در تولید عملکرد بسیار مؤثر واقع شود (Croissant et al., 1998; Fageria et al., 1997). نتایج پژوهش-های انجام گرفته بر روی محصولات مختلف در ایستگاه تحقیقات استانکف روسیه نشان می‌دهد که عواملی نظیر بارندگی و همچنین درجه حرارت‌های بالاتر از حد بهینه از مهمترین عوامل مؤثر در تشکیل سطح برگ و عملکرد گیاهان مورد بررسی بوده است (Peter, 2000).

جدول ۱۲- رابطه بین عملکرد حنا با خصوصیات مختلف اقلیمی

Table 12- The relationship between henna yield with different climatic characteristics

خصوصیات اقلیمی Climatic characteristics	ضریب استاندارد Standardized coefficient	ضریب واقعی Raw coefficient	t_b
عرض از مبداء Intercept	0	3480.7	-0.28^{ns}
ارتفاع از سطح دریا Altitude	-0.175	-1.43	-0.52^{ns}
میانگین دمای دوره رشد گیاه حنا Mean growth temperature	-0.219	-205.02	-1.18^{ns}
میانگین دمای سالانه Mean annual temperature	-0.198	-255.2	-0.87^{ns}
بارندگی سالانه Annual rainfall	0.566	27.06	0.56^{ns}
بارندگی در دوره رشد Seasonal growth rainfall	1.43	163.9	1.28^{ns}
رطوبت نسبی Relative humidity	1.63	362.36	5.15^{**}
میزان تشعشع Radiation	0.149	0.896	1.14^{ns}
R^2=0.93			

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: non significant and significant at the 1% probability levels.

جدول ۱۳- مهم‌ترین خصوصیات اقلیمی تأثیرگذار بر عملکرد حنا حاصل از آنالیز به روش رگرسیون فوروارد

Table 13- The most important climatic characteristics affecting the yield of henna obtained from forward regression analysis

متغیر Variable	رتبه تأثیر Impact rank	ضریب تبیین جزئی Coefficient of partial determination	ضریب تبیین تجمعی Coefficient of multiple determination	F
رطوبت نسبی Relative humidity	1	0.715	0.715	42.19^{**}
بارندگی در دوره رشد Seasonal growth rainfall	2	0.160	0.875	9.65^{**}
میزان تشعشع Radiation	3	0.019	0.8939	1.42^{ns}
میانگین دمای دوره رشد Mean growth temperature	4	0.0124	0.906	0.95^{ns}
بارندگی سالانه Annual rainfall	5	0.0116	0.918	0.87^{ns}
میانگین دمای سالانه Mean annual temperature	6	0.0085	0.926	0.59^{ns}
ارتفاع از سطح دریا Altitude	7	0.0046	0.931	0.27^{ns}

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: non significant and significant at the 1% probability levels.

نتیجه‌گیری

شناخت گیاهان دارویی بومی کشور و همچنین بررسی ویژگی‌ها و نیازهای اکولوژیکی آن‌ها اولین گام در راستای توسعه کشت و بهره-برداری وسیع این گیاهان می‌باشد. آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه انجام هر گونه فعالیت کشاورزی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد تا کنون هیچ‌گونه تحقیق و مطالعه‌ای در زمینه بررسی خصوصیات اکوفیزیولوژیک گیاه حنا در ایران صورت نگرفته است. استان کرمان با دارا بودن مقام اول تولید حنا در کشور از اهمیت خاصی در این زمینه برخوردار است. نتایج این تحقیق نشان داد که بیش از ۹۳ درصد از سطح زیر کشت گیاه حنا در استان کرمان به یک منطقه (رودبار جنوب) تعلق دارد. طبق بررسی‌های صورت گرفته سطح زیر کشت این گیاه در سال‌های گذشته به‌مراتب بیشتر بوده است و مشکلاتی از جمله کمبود آب، مشکلات اقتصادی کشاورز و غیره بر کاهش سطح زیر کشت مؤثر بوده است. در مجموع، لازم است با توجه به اهمیت گیاهان دارویی با بررسی جنبه‌های مختلف اکوفیزیولوژیک کشت حنا، راهکاری برای ایجاد مدیریت بهینه و توسعه سطح زیر کاشت در مناطق بومی در کشور فراهم شود.

منابع

Abbasi Damshahri, R. 2007. Henna in Hormozgan. The Culture of Iranian People 11: 133-144. (In Persian)

Behdani, M., Ghazvini, K., Mohammadzadeh, A.R., and Sadeghian, A. 2009. Antibacterial activity of Henna extracts against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeroginosa*. Ofogh-e-Danesh; GMUHS Journal 15(2): 46-52. (In Persian with English Summary)

Chaudhary, G., Goyal, S., and Poonia, P. 2010. *Lawsonia inermis* Linnaeus: A phytopharmacological review. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research 2(2): 91-98.

Croissant, R.L., Peterson, G.A., and Westfall, D.G. 1998. Dryland Cropping Systems. Colorado State University, Cooperative Extension. Bulletin, America.

De Wit, C.T. 1958. Transpiration and Crop Yields. Modeling Nr. 59. Instituut voor Biologisch en Scheikundig, Onderzoek van landbouwgewassen. Wageningen, Netherland.

Duke, J.A. 2002. Handbook of Medicinal Herbs. CRC Press Inc. Boca Raton, America.

Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A. 1997. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Marcel Dekker,

America.
Feizi, M. 2003. Water use efficiency of wheat, barley, cotton and sunflower with respect to water cuality. Journal of Water and Soil Science 17(1): 97-106. (In Persian with English Summary)
Habbal, O.A., Al-Jabri, A.A., and El-Hag, A.G. 2007. Antimicrobial properties of *Lawsonia inermis* (henna): a review. Australian Journal of Medical Herbalism 19: 114-125.
Hore, J., Ghanti, K.S., and Chanchan, M. 2014. Influence of nitrogen and sulphur nutrition on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Crop and Weed 10(2): 14-18.
Howell, T.A., Evtt, S.R., and Tolk, J.A. 2001. Irrigation Systems and Management to Meet Future Food/Fiber Needs and to Enhance Water Use Efficiency. In Proceedings of the INIFAP-ARS Joint Meeting: A Frame Work for Cooperation. Rio Bravo. Tamaulipas., Mexico and Weslaco. Texas. USA p. 10-14.
Jafariani, M., Beheshti, A., and Taheri, G. 2011. Evaluation of nitrogen efficiency on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agroecology 2(3): 502-511. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M. 2012. Modern Agronomy. Jihade Daneshgahi Mashhad Publications, Mashhad, Iran 712 pp. (In Persian)
Koozehgaran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, H., and Behdani, M.A. 2011. Study of the minimum, average and maximum temperature in South Khorasan to identify relevant areas for saffron cultivation using GIS. Soil and Water 25(4): 892-904. (In Persian with English Summary)
Matlebi Fard, R. 2015. Evaluation of yield, yield components and water use efficiency of garlic in different condition of irrigation and nitrogen fertilizer. Journal of Water Research in Agriculture 29(4): 465-482. (In Persian with English Summary)
Mousavi, S.G.R., Seghatoleslami, M.J., Ansarinia, E., and Javadi, H. 2012. The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer on yield and water use effeciency of *Calendula officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(3): 493-508. (In Persian with English Summary)
Peter, J. 2000. Weather and Crop Yield. Translated by: Kafi, M., Ganjali, A., Nezami, A., Shariatmadar, F., Jahad Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, Iran 311 pp. (In Persian)
Torkelson, A.R. 1999. The Cross Name Index to Medicinal Plants. CRC Press Inc., Boca Raton, America.
Rashid Sorkh Abadi, M., Khashei-Siuki, A., and Shahidi, A. 2015. A spatial zoning of Saffron cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (Case Study: Torbate Hydariyeh City). Journal of Agroecology 7(2): 225-236. (In Persian with English Summary)
Turral, H., Cook, S., and Gichuki, F. 2006. Water productivity assessment: Measuring and mapping methodologies. Basin Focal Project. Working Paper. No. 2. Challenge Program on Water and Food 13 pp.
Zaman, M.S., Hashem, M.A., Jahiruddin, M., and Rahim, M.A. 2011. Effect of nitrogen for yield maximization of garlic in old Brahmapurta flood plain soil. Bangladesh Journal of Agricultural Research 36(2): 357-367.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 203-217

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۱۷-۲۰۳

Assessing Effect of Climatic-Management Factors on Yield and Growth Characteristics of Henna (*Lawsonia inermis* L.) as a Medicinal-Industrial Plant in Kerman Province

A. Pasandi Pour[1], H. Farahbakhsh[2*] and R. Moradi[3]

Submitted: 06-07-2016
Accepted: 24-12-2016

Pasandi Pour, A., Farahbakhsh, H., and Moradi, R. 2018. Assessing effect of climatic-management factors on yield and growth characteristics of henna (*Lawsonia inermis* L.) as a medicinal-industrial plant in Kerman province. Journal of Agroecology 10(1): 203-217.

Introduction

Nowadays there is a global attention to medicinal plants and their role in the production of drugs with no side effects. Our country with climate variety also has important role in production of these plants in the world. Formulate and implement effective programs in line with the resuscitation conservation and efficient utilization of medicinal plants by identifying their characteristics and ecological needs is possible. Henna with the scientific name of *Lawsonia inermis* L. is a perennial plant having high value in terms of medicinal properties and industrial application. The dye which is derived from green leaves of henna is used for decorating the body with intricate designs and the principle coloring matter is lawsone, 2-hydroxy-1, 4-naphthoqunone. Literature show henna possess antibacterial and anti- immunomodulatory activities along with other properties. The natural constituents of henna are essential oils, 1,4-naphthoquinone, tannins, gallic acid, flavonoids, lipids, sugars, triacontyltridecanoate, mannitol, xanthones, coumarins (5-alkyloxy 7-hydroxycoumarin), 2-3% resins, 5-10% tannic ingredients and up to 2% lawsone (2-hydroxy-1,4-naphthoquinone). A major portion of lawsone is glycosidic bound, which is cleaved by enzymatic hydrolysis of the glycosidichennosids and auto oxidation of aglucons. Reports of various studies show that no experiment have been done on the eco-physiological properties of henna in Iran. Kerman province with the first position in Hana production has a special importance in this regard.

Materials and Methods

This study was carried out in Kerman province in 2015.In this survey climatic characteristics of cultivated area, physico-chemical analysis of soil, performance data, phenological stages and also information on irrigation were investigated. Finally, the relationship between climatic-management characteristics and performance was studied through multiple regressions.

Results and Discussion

The results showed that the henna in Kerman province is distributed in Shahdad, Roodbar, Bam and Kahnooj. The area under cultivation in these regions ranged from a minimum of 3 hectares with a yield average of 1.4 $t.ha^{-1}$ in Shahdad and a maximum of 7500 hectares with a yield average of 6.5 $t.ha^{-1}$ in the Roodbar. The results of this study showed that over 93% of henna cultivation area in Kerman province belongs to Roodbar. The highest and lowest of water use efficiency were belonged to Roodbar (0.46) and Shahdad (0.17) respectively. The total growth period, on average, varied between 190 to 220 days in the studied areas. Climatic zoning of habitat areas were dry climate according to Domarten dryness index. The mean annual precipitation of habitats were 7.72 mm, 33.6% relative humidity, 632 m altitude and the mean temperature was 26.5 ° C. Soil of habitats largely had sandy-loam texture with an pH of 8.19, 3.84 dS/m electrical conductivity and 0.06-0.12% organic matter. The results of regression analysis showed that nitrogen, rainfall and relative humidity are the most important soil and climate characteristics that affect henna performance, respectively. Availability of nitrogen has a great importance because of their role in the production of proteins, nucleic acids and chlorophyll synthesis. Rainfall is one of the most important climatic factors that can be more effective in yield production

1, 2 and 3- PhD student of Agronomy (Member of Young Researcher Society), Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman and Assistant Professor, Department of Plant Production, Bardsir Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: hfarahbakhsh@yahoo.com)

through the influence of moisture and soil temperature.

Conclusion

Henna is a cold-sensitive species while able to growth in dry climates with an annual precipitation of less than 100 mm. According to recent studies the plant cultivation area in previous years has been more than now. Some problems such as water shortages, agricultural economic problems and etc. have been effective in reducing the cultivation area. In general, due to the importance of medicinal plants, it is necessary to study the various ecophysiological aspects of henna, providing a solution for optimized management and consequently extending area under cultivation in the local areas of the country.

Keywords: Climate, Distribution, Henna, Kerman, Phenology

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۳۳-۲۱۸

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 218-233

مقایسه تولید ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) از لحاظ مصرف انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در شرایط آب و هوایی گرگان

محمد تقی فیض بخش[1*] و پریسا علی زاده[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

فیض بخش، م.ت.، و علی‌زاده، پ. ۱۳۹۷. مقایسه تولید ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) از لحاظ مصرف انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در شرایط آب و هوایی گرگان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۳۳-۲۱۸.

چکیده

وجود انرژی فسیلی ارزان و فراوان منجر به‌بهبود رفاه زندگی انسان و افزایش تولید غذا شده است، اما امروزه، مشکلات عمده‌ای در مورد سوخت-های فسیلی به‌وجود آمده است. این مشکلات شامل کمبود سوخت‌های فسیلی برای نسل‌های آینده، افزایش قیمت حامل‌های انرژی و مهم‌تر از همه انتشار گازهای گلخانه‌ای (مانند دی‌اکسیدکربن، اکسید نیتروژن و متان) به اتمسفر ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی می‌باشد. کارآیی استفاده از انرژی یکی از مهمترین عوامل برای کشاورزی پایدار است. استفاده از سوخت‌های فسیلی و مصرف کودهای شیمیایی باعث تهدید محیط زیست گردیده است. مقایسه انرژی گیاهان زراعی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند در اولویت‌بندی کشت گیاهان مختلف زراعی در هر منطقه به کار گرفته شود. برای انجام این بررسی دو محصول زراعی (ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)) انتخاب گردید. دلیل انتخاب این دو گیاه تشابهات متعددی (از جمله تاریخ کاشت مشابه، عملیات زراعی و مصرف) است که در این دو گیاه وجود دارد. برهمین اساس، با مصاحبه با کشاورزان مختلف (برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب ۲۰ و ۱۵ کشاورز از طریق تکمیل پرسشنامه) اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در دو محصول شد. برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هرگرم ماده مؤثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آن‌ها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منابع مختلف انجام شد. پس از آن داده‌های مورد نیاز در سه بخش مصرف سوخت، سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه گردید. بیشترین انرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب با ۲۳/۲ و ۲۴/۷ درصد مربوط به مصرف کود پایه بود. همچنین بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای مربوط به سوخت به‌ترتیب برابر ۲۷/۳ و ۳۱/۴ بود. میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای بیشتر از ذرت سیلویی بود، به‌طوری که میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای ۳۱۵/۵۶ گیگاژول در هکتار بیشتر از ذرت سیلویی بود که مهمترین دلیل این امر عملکرد بیشتر مزارع سورگوم علوفه‌ای است. نسبت انرژی خروجی به ورودی در ذرت بهاره و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب برابر ۴/۳ و ۱۵/۶ محاسبه گردید. به‌عبارتی، راندمان انرژی در مزارع سورگوم علوفه‌ای بیشتر و این امر به‌دلیل عملکرد بالاتر و همچنین مصرف نهاده‌های کمتر در این محصول است. میزان بهره‌وری انرژی در کشت ذرت سیلویی کمتر سورگوم علوفه‌ای است (جدول۶). دلیل این امر عملکرد پایین در واحد سطح (۱۲/۵۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) و میزان انرژی ورودی بیشتر در مزارع ذرت سیلویی است. در هر دو محصول بیشترین پتانسل گرمایش جهانی به‌ترتیب مربوط به کود نیتروژن و سوخت مصرفی بود. بیشترین و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی به‌ترتیب از مزارع ذرت سیلویی بهاره و مزارع سورگوم علوفه‌ای (به‌ترتیب ۱۸۴۵/۹ کیلوگرم CO_2 در هکتار و ۱۷۲۹ کیلوگرم CO_2 در هکتار) به‌دست آمد. دلیل این موضوع مصرف کمتر نهاده‌های کشاورزی از جمله علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در مزارع سورگوم علوفه‌ای است. همچنین در هر دو محصول کمترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود پتاسیم به میزان ۳۹/۵ کیلوگرم معادل CO_2 در هر دو محصول بود. مقایسه مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس واحد وزن عملکرد محصول در هکتار برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای نشان می‌دهد که تفاوت بسیار قابل توجه بین دو محصول وجود دارد. به‌طوری‌که در کشت ذرت بهاره سیلویی پتانسیل گرمایش جهانی ۱۲/۱ برابر کشت سورگوم علوفه‌ای است. میزان انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در ذرت بهاره سیلویی بیشتر از سورگوم علوفه‌ای بود که ناشی از عملیات زراعی بیشتر (از جمله علف‌کش‌ها و سموم حشره‌کش) است و از این لحاظ کشت سورگوم علوفه‌ای دارای اثرات زیست‌محیطی کمتری است. در هر دو محصول مصرف سوخت و کود درصد بالایی از انرژی مصرفی

و تولید گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد بنابراین استفاده از ادواتی که باعث کاهش مصرف سوخت شوند توصیه می‌گردد و همچنین لزوم بررسی و تحقیق جهت کشت‌های تناوبی و استفاده از گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند آشکار می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه، انرژی غیرمستقیم، سوخت، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

وجود انرژی فسیلی ارزان و فراوان منجر به بهبود رفاه زندگی انسان و افزایش تولید غذا شده است، اما امروزه، مشکلات عمده‌ای در مورد سوخت‌های فسیلی به‌وجود آمده است. این مشکلات شامل کمبود سوخت‌های فسیلی برای نسل‌های آینده، افزایش قیمت حامل-های انرژی و مهم‌تر از همه انتشار گازهای گلخانه‌ای (مانند دی-اکسیدکربن، اکسیدنیتروژن و متان) به اتمسفر ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی می‌باشد. با توجه به بروز بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد ممکن کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند نظام‌های کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (Nasirian et al., 2006). برآوردهای اولیه نشان می‌دهد که فعالیت‌های کشاورزی حدود نیمی از منابع انتشار گاز در جهان را شامل می‌شود. از سال ۱۸۶۰ تا کنون سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در حدود ۹۰۰ میلیون هکتار افزایش داشته است که این افزایش با آزاد ساختن ۱۱۶ میلیون گرم کربن از ذخیره ۶۹۶ میلیون گرمی کربن قابل استفاده در سال ۱۸۶۰ باعث گرم شدن گلخانه‌ای کره زمین به‌میزان نه درصد تا سال۱۹۸۰ شده است (Nikkhah et al., 2014). کاهش انرژی از منابع فسیلی در سیستم‌های کشاورزی یکی از مهمترین راه‌های پیچیده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه-ای است و شناسایی روش‌های تولید که راندمان انرژی را بالا برده و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند حیاتی است (Tzilivakis et al., 2005). بررسی سیر انرژی در سیستم‌های تولید کشاورزی مزایای زیادی دارد و محققان جهت بررسی تولید محصولات کشاورزی در ارتباط با انرژی ورودی تحقیقات زیادی انجام داده‌اند (Clements et al., 1995; Franzlubbers & Francis, 1995; Singh et al., 2002; Baruah et al., 2004; Ozkan et al., 2004; Zentner et al., 2004; Soltani et al., 2009; Ghorbani et al., 2011; Yousefi et al., 2012).

سفیدپور و همکاران (Sefeedpari et al., 2012) در یک بررسی در مزارع ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) در استان تهران نشان دادند که میزان انرژی ورودی ۱۱/۸ گیگاژول در هکتار بود و بیشترین مصرف انرژی مربوط به کودهای شیمیایی و سوخت‌های فسیلی به-ترتیب برابر ۳۲/۳ و ۲۶/۵ درصد بود.

پیشگار کوملە و همکاران (Pishgar Komleh et al., 2011) میزان انرژی ورودی و خروجی در مزارع ذرت سیلویی را به‌ترتیب برابر ۶۸۹۲۸ و ۱۴۸۳۸۰ مگاژول در هکتار برآورد نمودند و نشان دادند که ادوات زراعی با ۴۲ درصد بیشترین مصرف انرژی را داشتند و پس از آن کودهای شیمیایی و سوخت مصرفی در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. امانلو و قاسمیَ (Amanloo & Ghasemi, 2013) در یک بررسی در مزارع استان زنجان میزان انرژی ورودی را جهت کشت ذرت سیلویی ۷۷۵۸۹ مگاژول در هکتار به‌دست آوردند و نشان دادند که ۶۹ درصد از انرژی ورودی مستقیم و ۳۱ درصد آن غیرمستقیم بود. همچنین بیشترین سهم انرژی مربوط به الکتریسیته (۳۸/۳ درصد) و سوخت (۲۹/۵ درصد) بود. رنا و همکاران (Ren at el., 2012) در استان شاندونگ چین نشان دادند که انرژی ورودی در مزارع سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کمتر از مزارع ذرت است و بهره‌وری انرژی در مزارع سورگوم و ذرت به‌ترتیب برابر ۱۲/۴ و ۸/۴ قرار داشت. همچنین در این بررسی بیشترین انرژی ورودی متعلق به کود نیتروژن در هر دو محصول بود.

سومان و همکاران (Suman et al., 2006) در یک بررسی در هند نشان دادند که میزان انرژی ورودی در مزارع سورگوم دانه‌ای ۸۷۸۸ مگاژول در هکتار بود و میزان انرژی خروجی ۱۱۷۹۰ تا ۱۴۴۱۰۰ مگاژول در هکتار در مدیریت‌های مختلف زراعی بود. در این بررسی بیشترین انرژی ورودی متعلق به مصرف کودهای شیمیایی

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*- نویسنده مسئول: (Email: feyz_54@yahoo.com

DOI:10.22067/jag.v10i1.56517

(۵۶ درصد) بود.

دستان و همکاران (Dastan et al., 2014) انتشار دی‌اکسید-کربن و پتانسیل گرمایش جهانی[1] (GWP) ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری را در شهرستان نکا بررسی کردند. آن‌ها بیان داشتند که کمترین انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی برابر با ۱۶۱۰۳ مگاژول در هکتار بود. بیشترین سهم انرژی ورودی در نظام-های تولید مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری بود که بالاترین مقدار را از نظر انتشار دی‌اکسیدکربن و پتانسیل گرمایش جهانی نیز به خود اختصاص داد. نیکخواه و همکاران (Nikkhah et al., 2014) در ارزیابی حساسیت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان بیان داشتند که مجموع انرژی‌های ورودی در جریان تولید چای ۳۹۰۶۰ مگاژول بر هکتار و میزان کارایی انرژی ۰/۲۲ است. کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در انرژی‌های مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ترتیب با ۵۹ و ۷۴ درصد در تولید چای به خود اختصاص دادند.

این مطالعه به‌منظور شناخت، بررسی و مقایسه سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید ذرت علوفه‌ای و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این بررسی دو محصول زراعی (ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای) انتخاب گردید. دلیل انتخاب این دو گیاه تشابهات متعددی (از جمله تاریخ کاشت مشابه، عملیات زراعی و مصرف) است که در این دو گیاه وجود دارد. برهمین اساس با مصاحبه با کشاورزان مختلف در محدوده شهرستان گرگان اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شد. برای پیدا کردن حجم نمونه از معادله ۱ استفاده شده است (Sarmad et al., 2009).

معادله (۱) $$x = \frac{N(t\times s)^2}{Nd^2+(t\times s)^2}$$

که در آن n: حجم نمونه، s: انحراف معیار، N: حجم جامعه، d: دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان)، t: ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به‌دست می‌آید. بدین ترتیب حجم نمونه برای مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای به‌ترتیب ۲۷ و ۲۱ مزرعه تخمین زده شد.

برای افزایش دقت محاسبات، این رقم به ۳۰ نفر در هر دو محصول افزایش یافت. داده‌های به‌دست آمده شامل ماشین‌آلات و همچنین نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در دو محصول بود. پس از این مرحله داده‌ها توسط نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ در سه بخش مصرف سوخت، انرژی سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسید کربن محاسبه گردید.

برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌آلات به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از رابطه زیر بین میزان سوخت بر اساس مدت زمان کارکرد ماشین‌آلات بر حسب ساعت در هکتار (FH) و سوخت مورد نیاز یک ساعت کار تراکتور بر حسب لیتر در ساعت T و میزان سوخت مصرفی FT تعیین شد (Soltani et al., 2013).

معادله (۲) $$FT=T \times FH$$

همچنین، با توجه به برقی بودن چاه‌ها، میزان انرژی مصرفی بر اساس مدت زمان کارکرد الکتروپمپ بر حسب ساعت در هکتار به دست آمد و میزان مصرف الکتریسیته در هر نوبت آبیاری محاسبه گردید.

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هرگرم ماده مؤثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آن‌ها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منابع مختلف انجام شد (جدول ۱).

الف- ذرت سیلویی

ذرت در دامنه وسیعی از تاریخ کاشت (پانزده فروردین تا اواخر تیرماه) در استان گلستان کشت می‌گردد. به کاشت ذرت بعد از محصولاتی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) که در اوایل تیرماه صورت می گیرد کشت تابستانه و قبل از این تاریخ کاشت را کشت بهاره می‌گویند. در این تحقیق با توجه به تاریخ کاشت و همچنین مقایسه بهتر آن با سورگوم علوفه‌ای از داده‌های تاریخ کاشت بهاره استفاده گردید. در کشت بهاره شخم در فصل زمستان انجام می‌شود و در بهار پس از این که درجه حرارت خاک به ۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید کشت صورت می‌گیرد. عملیات آماده‌سازی زمین جهت کشت در ذرت بهاره نیاز به دیسک کمتری

1 - Global warming potential

دارد زیرا زمین شخم شده در زمستان تا حدودی نـرم اسـت و آبیـاری قبل از کاشت با توجه به محتوای رطوبتی خاک انجام نمی‌شود.

جدول ۱- معادل های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در سیستم‌های تولید ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای
Table 1- Energy equivalent of inputs and outputs in silage corn and forage sorghum systems

ورودی ها / خروجی ها Outputs/Inputs	واحد Unit	معادل انرژی (مگاژول برواحد) Energy equivalent ($MJ.unit^{-1}$)	منبع Reference
بذر ذرت Corn seed	کیلوگرم kg	15.19	(Canakci et al., 2005; Rathke et al., 2007)
بذر سورگوم Sorghum seed	کیلوگرم kg	59.5	(Ren et al., 2012)
آبیاری Irrigation	مترمکعب m^3	1.02	(Zahedi & Eshghizadeh, 2014)
نیروی انسانی Human labor	ساعت Hour	1.96	(Akcaoz et al., 2009)
نیتروژن (N) N fertilizers	کیلوگرم kg	60.6	(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)
فسفر (P_2O_5) P fertilizers	کیلوگرم kg	11.1	(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)
پتاسیم (K_2O) K fertilizers	کیلوگرم kg	6.7	(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)
گازوئیل Gasoline	لیتر L	38	(Hydrocarbon balance sheet of Country, 2008)
الکتریسیته Electricity	کیلو وات ساعت kWh	12.1	(Ozkan et al., 2004)
علف‌کش‌ها Herbicide	کیلوگرم ماده موثره kg a.i.b	287	(Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al., 2007)
حشره‌کش‌ها Insecticide	کیلوگرم ماده kg a.i.b	237	(Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al., 2007)
دانه ذرت Corn grain	کیلوگرم kg	14.7	(Canakci et al., 2005)
ساقه و برگ تر سورگوم Fresh shoots of sorghum	کیلوگرم kg	4.56	(Ren et al., 2012)
وزن خشک سیلوی ذرت Dry matter of silage corn	کیلوگرم kg	8	(Robinson, 2001)

همچنین، میزان مصرف سموم حشره‌کش در کشت بهـاره کمتـر است که دلیل آن برداشت محصول، قبل از این‌که جمعیـت آفـات بـه آستانه اقتصادی برسد می‌باشد (فـرار از آفـات). همچنـین، در کشـت بهاره میزان آب مصرفی کمتر است، زیرا گیاه از رطوبت ذخیـره شـده در خاک طی زمستان استفاده می‌نماید (Mokhtarpour, 2011) .

در یک توصیه عمومی جهت کشت بهاره و تابستانه ذرت دانه‌ای، ۳۰۰ کیلوگرم کود فسفات دی‌آمونیـوم و ۱۵۰-۱۰۰ کیلـوگـرم پتـاس قبل از کاشـت و ۴۰۰ کیلـوگـرم اوره (۲۰۰ کیلـوگرم قبـل از کاشـت +۲۰۰ کیلوگرم در دو مرحله آبیاری به صورت سـرک) داده مـی‌شـود (Mokhtarpour, 2011) و این توصیه کودی در اکثر مـزارع رعایـت می‌گردد.

استفاده از فاروئر در ذرت با هدف ایجاد پشـته، کنتـرل مکـانیکی علف‌های هرز و هوادهی پای بوته‌ها انجام مـی‌شـود. سـایر عملیـات زراعی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- تاریخ عملیات زراعی برای ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای

Table 2- Agricultural operations times for silage corn and forage sorghum

عملیات زراعی Field operations	مزارع Farms	
	ذرت بهاره سیلویی Spring corn silage	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum
شخم (۳۰ سانتی‌متر)	زمستان	ــــــ
Tillage (30 cm)	Winter	
دیسک (۱)	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Disk (1)	Late March	Late April
دیسک (۲)	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Disk (2)	Late March	Late April
دیسک (۳)	ــــ	اوایل اردیبهشت
Disk (3)		Late April
اختلاط کود با خاک*	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Mixing fertilizer with soil	Late March	Late April
نهرکن	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Ditcher	Late March	Late April
فاروئر	اوایل فروردین	اواخر اردیبهشت
Furrower	Late March	Late May
کود پایه	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Basal dressing	Late March	Late April
کاشت بذر	اوایل فروردین	اوایل اردیبهشت
Planting seeds	Late March	Late April
کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت (۱)	اوایل فروردین	ــــ
Weed control before planting	Late March	
کنترل علف‌های هرز بعد از کاشت و قبل از سبز شدن (۲)	اوایل فروردین	ــــ
Weed control after planting and before emergence	Late March	
کنترل علف‌های هرز بعد از کاشت (۱)	اواسط اردیبهشت	ــــ
Weed control after planting	Early May	
کنترل آفات (۱)	اوایل خرداد	ــــ
Pest control (1)	Late May	
کنترل آفات (۲)	اواسط خرداد	ــــ
Pest control (2)	Early June	
کود سرک (۱)	اواسط اردیبهشت	اواخر اردیبهشت
Top dressing (1)	Early May	Late May
کود سرک (۲)	اواخر اردیبهشت	اواسط تیر
Top dressing (2)	Late May	Late June
کود سرک (۳)	ــــ	اوایل شهریور
Top dressing (3)		Late Aug
آبیاری (۱)	اواسط اردیبهشت	اواخر اردیبهشت
Irrigation (1)	Late May	Late May
آبیاری (۲)	اواخر اردیبهشت	اواخر خرداد
Irrigation (2)	Late May	Early June
آبیاری (۳)	اوایل تیر	اواسط تیر
Irrigation (3)	Late June	Late June
آبیاری (۴)	ــــــ	اواخر مرداد
Irrigation (4)		Late July
آبیاری (۵)	ــــــ	اوایل شهریور
Irrigation (5)		Late Aug
برداشت	اوایل مرداد	اواخر تیر، اواسط تیر و اواخر شهریور
Harvest	Late July	Late June, Early July and Early Sept
حمل و نقل	اوایل مرداد	اواخر مهرماه
Transportation	Late July	Late Oct

ب- سورگوم علوفه‌ای

سورگوم علوفه‌ای یکی از گیاهان علوفه‌ای مناسب در استان گلستان است. رقم مورد استفاده در مزارع کشاورزان هیبرید اسپیدفید[1] است. این هیبرید دارای عملکرد بالا و در سه چین قابل برداشت است. کشت این گیاه موقعی صورت می‌گیرد که درجه حرارت خاک به ۱۲ درجه سانتی‌گراد برسد. این زمان در استان گلستان مصادف با اوایل اردیبهشت فرا می‌رسد. با توجه به حساسیت سورگوم علوفه‌ای به علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها تاکنون هیچ توصیه فنی در این مورد در استان گلستان گزارش نگردیده است و کشاورزان نیز از مبارزه شیمیایی اجتناب می‌نمایند. میزان مصرف کود شیمیایی نیز همانند ذرت سیلویی انجام می‌گردد. سایر عملیات زراعی در جدول ۱ آورده شده است.

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص‌های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای با استفاده از معادلات تعریف شده زیر محاسبه شد (Soltani et al., 2013 & Kazemi, 2014).

معادله (۳) $ER = EO/EI$

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

معادله (۴) $EP = GY/EI$

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

معادله (۵) $SE = EI/GY$

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) می‌باشد.

معادله (۶) $NEY = EO - EI$

که در آن، 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) می‌باشد.

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی در مرحله اول از نتایج محاسبه انرژی در قسمت قبل برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در هر یک از عملیات زراعی انجام شده استفاده شد. سپس با به‌کار-گیری ضرایب تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 به‌ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2، کل گازهای گلخانه‌ای به‌صورت معادل CO_2 محاسبه شدند (Soltani et al., 2013).

از پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر مقدار تولید دانه بر حسب تن در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید هر تن دانه یا به‌عبارتی معدل وزنی به‌دست می‌آید. به‌همین ترتیب از تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر مقدار انرژی ورودی و همچنین تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر انرژی خروجی برحسب گیگاژول، معادل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO_2 برحسب گیگاژول انرژی مصرفی و انرژی تولید شده به‌دست می‌آید.

نتایج و بحث

مقادیر ورودی‌های مختلف جهت تولید ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در یک هکتار زمین در شرایط آب و هوایی گرگان در جدول ۳ ارائه شده است. این دو گیاه از نظر مدیریت زراعی و نهاده‌های ورودی با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند که در جدول ۳ نشان داده شده است. مصرف سوخت در کشت سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب برابر ۲۳۵ و ۲۱۸ لیتر در هکتار بود که مهمترین دلیل این اختلاف ناشی از عملیات زراعی متفاوت از جمله برداشت (در سورگوم و ذرت برداشت به‌ترتیب در سه و یک نوبت با استفاده از چاپر صورت می‌گیرد) است. میزان مصرف کود در هر دو محصول مشابه بوده و اختلافی مشاهده نشد. همچنین جهت کشت سورگوم علوفه‌ای نیاز به دیسک بیشتری است که دلیل این امر ریز بودن بذر آن نسبت به ذرت است. در کشت سورگوم علوفه‌ای از مصرف علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها اجتناب می‌گردد که دلیل آن نبود توصیه فنی در این زمینه است. میزان مصرف آب در ذرت سیلویی کمتر از سورگوم علوفه‌ای است که مهمترین دلیل آن طول دوره رشد و نمو طولانی‌تر آن نسبت به ذرت سیلویی بود (جدول ۳).

1- Speed feed

جدول۳- مقادیر ورودی‌های مختلف برای تولید ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 3- Inputs used for silage corn and forage sorghum in Gorgan region

ورودی Input	واحد Unit	ذرت سیلویی Silage corn	اشتباه استاندارد Standard error	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum	اشتباه استاندارد Standard error
سوخت Fuel	لیتر در هکتار $L.ha^{-1}$	218	2.2	235	1.9
بذر Seed	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	35	0.1	25	0.7
کود Fertilizer					
نیتروژن Nitrogen	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	157	2.3	157	1.7
فسفر Phosphorus	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	138	1.3	138	1.5
پتاسیم Potassium	کیلوگرم در هکتار $kg.ha^{-1}$	72	0.7	72	0.4
آفت‌کش Pesticides	گرم ماده مؤثره در هکتار $g\ a.i.b.ha^{-1}$	96.2	0.8	---	---
علف کش Herbicide	گرم ماده موثره در هکتار $g\ a.i.b.ha^{-1}$	682	6.1	---	---
نیروی انسانی Human labor	ساعت Hour	147.9	4.3	222.2	3.5
عملیات زراعی Agricultural operations					
شخم Plow	مرتبه Time	1	0.1	1	0.1
دیسک (تهیه بستر و اختلاط کود با خاک) Disk (bed preparing and mixing fertilizer with soil)	مرتبه Time	3	0.1	4	0.2
پخش کود Fertilizer distribution	مرتبه Time	2	0.02	2	0.03
کاشت با ردیف‌کار Planting with row planter	مرتبه Time	1	0.03	1	0.03
نهرکن Ditcher	مرتبه Time	1	0	1	0
فاروئر Furrower	مرتبه Time	1	0	1	0
سم پاشی (آفت‌کش و علف‌کش) Spraying (pesticides and herbicides)	مرتبه Time	6	0.2	0	0
برداشت Harvest	مرتبه Time	1	0.01	3	0.02
آب آبیاری Irrigation water	مترمکعب در هکتار $m^3.ha^{-1}$	6000	150	8000	189

بر اساس نتایج منـدرج در جـدول ۴ بیشـترین انـرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفـه‌ای بـه‌ترتیـب بـا ۲۳/۲ و ۲۴/۷ درصد مربوط به مصرف کود پایه بـود. همچنـین در هـر دو محصـول کمترین انرژی ورودی مربوط به بذر جهت کشت بود.

جدول ٤- مقادیر انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزارع ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای
Table 4- Energy inputs (MJ^{-1} ha) dividing farming group in silage corn and forage sorghum

سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum				ذرت بهاره سیلویی Silage corn			
عملیات زراعی Field operations	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	
شخم Plow	1465.8	44.0	4.8	1465.8	14.7	5.1	
دیسک Disk	2001	60.0	6.5	2618.3	78.5	9.1	
نهرکن Ditcher	538.6	4.3	1.7	538.4	4.8	1.9	
کود پایه Basal dressing	7050.7	211.5	23.2	7050.7	141	24.7	
بذر Seed	3500	42.0	11.5	1497.5	11.4	5.2	
ردیف کار Row planter	1193	35.8	3.9	593.5	7.1	2.08	
فارو Furrower	715.4	7.2	2.3	715.4	21.5	2.5	
حشره‌کش Pesticides	1728.2	10.4	5.6	---	---	---	
علف‌کش Herbicides	2767	55.3	9.1	---	---	---	
کود سرک Top dressing	5613.2	168.4	18.4	5632.8	56.3	19.7	
آبیاری Irrigation	2227.7	22.3	7.3	3704.7	14.8	13.01	
برداشت Harvest	1546.3	35.6	5	4654.5	46.5	16.3	
کل Total	**30347.9**	**819.4**	**100**	**28472.6**	**711.8**	**100**	

سـفیدپری و همکـاران (Sefeedpari et al., 2012) نیـز در مطالعات خود در مزارع ذرت در استان تهران به نتایج مشابهی دسـت یافتند و مهمترین انرژی ورودی در مزارع تحت کشت را کود معرفـی کردند.

در جدول ۵ انرژی مصرفی در روش‌های مختلـف بـه دو بخـش انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی شده و برآورد گردید. در بخش انرژی مصرفی مسـتقیم، انـرژی سـوخت مصـرفی عملیـات زراعی، نیروی انسانی و انرژی مورد نیاز برای آبیاری (الکتریسیته) ارائه شد (Feyzbakhsh & Soltani, 2013).

انرژی سوخت مصرفی برای عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مراحل شخم، دیسک، تسطیح، بذرکاری و کودپاشی، ایجاد فاروو و سمپاشی بود. در بخش انرژی مصرفی غیرمستقیم، انرژی مـورد نیـاز برای تهیه و ساخت کود نیتروژن، کود فسفر، کود پتاسیم، علـف‌کـش، بذر و وزن ماشین آلات مورد استفاده قرار گرفت. جـدول ۵ نشـان داد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع ذرت سیلویی و سـورگوم علوفه‌ای مربوط به سوخت به‌ترتیب برابر ۲۷/۳ و ۳۱/۴ بود.

جدول ۵- انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم برای مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در گرگان

Table 5- Direct and indirect energy inputs for silage corn and forage sorghum in Gorgan

انرژی‌های ورودی Energy inputs	ذرت سیلویی Silage corn			سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum		
	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total
مستقیم Direct						
سوخت برای عملیات زراعی Fuel for field operations	8284	82.8	27.3	8962	268.9	31.4
الکتریسیته Electricity	1815	41.7	5.9	3025	90.8	10.6
نیروی انسانی Human labor	291	7.9	0.95	435.6	3.5	1.5
غیر مستقیم Indirect						
کود نیتروژن N fertilizers	9477.8	113.7	31.2	9477	284.3	33.2
کود فسفر P fertilizers	1531.8	46.0	5	1531.8	46.0	5.3
کود پتاسیم K fertilizers	482.4	4.8	1.6	482.4	3.9	1.6
بذرSeed	3500	21.0	11.5	1498	44.9	5.2
علف‌کش‌ها Herbicide	1634	32.7	5.3	---	---	---
حشره‌کش‌ها Pesticides	304.4	9.1	1.01	---	---	---
ماشین‌آلات Machinery	1866.4	18.7	3.83	1395.8	14.0	4.8
حمل‌ونقل Transportation	1645.2	37.8	6.1	1666.2	10.0	5.8
جمع کل Total	30832	819.4	100	28472.6	569.5	100

محققان زیادی از جمله سفیدپری و همکاران (Sefeedpari et al., 2012)، فیض بخش و سلطانی (Feyzbakhsh & Soltani, 2013) و پیشگارکومله و همکاران (Pishgar Komleh et al., 2011) در زمینه به نتایج مشابهی دست یافتند.

لورزده و همکاران (Lorzdeh et al., 2012) نیز استفاده از انواع ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت در مزارع مکانیزه را عامل اصلی افزایش مصرف سوخت معرفی کردند.

انرژی سوخت مصرف شده در عملیات‌های مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف از نظر مقدار و نوع سوخت متفاوت است. این موضوع به علت شرایط اقلیمی و زراعی متفاوت این کشورهاست. اصولاً پیروی از نظام‌های کشاورزی پایدار و رعایت اصول کم‌خاک‌ورزی از جمله کاهش شدت خاک‌ورزی، استفاده از گاوآهن‌های قلمی و کاهش تعداد عملیات دیسک در مزرعه، می‌تواند از راهکارهای کاهش مصرف بالای سوخت درکشاورزی باشد (Kazemi, 2014).

بیشترین انرژی غیرمستقیم در هر دو محصول مربوط به کود نیتروژن بود (جدول ۵). بسیاری از کشاورزان معتقدند که استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد شده و بنابراین بدون در نظر گرفتن سایر شرایط اقدام به مصرف کود نیتروژن می‌نمایند. این در حالی است که باید بر اساس آزمون خاک کود نیتروژن مصرف گردد. جو و همکاران (Guo et al., 2010) بیان نمودند از سال ۱۹۸۰ میلادی کود اوره به‌طور وسیعی در مزارع کشاورزی استفاده می‌گردد.

استفاده از کود اوره زیاد باعث اسیدی خاک می‌گردد (Vitousek et al., 2009; Guo et al., 2010).

مقدار انرژی ورودی مستقیم در بخش سوخت برای عملیات زراعی، الکتریسیته و نیروی انسانی در سورگوم علوفه ای نسبت به ذرت سیلویی بیشتر بود و این امر باعث شد که مقدار کل انرژی ورودی مستقیم در سورگوم علوفه‌ای ۱۶ درصد بیشتر ذرت سیلویی شود. از نظر انرژی غیرمستقیم باتوجه به اینکه در سورگوم علوفه‌ای علف‌کش و آفت‌کش استفاده نمی‌شود مقدار کل انرژی غیرمستقیم در سورگوم علوفه‌ای ۲۱ درصد کمتر از ذرت سیلویی بود. در مجموع، انرژی ورودی در سورگوم علوفه‌ای (۲۸۴۷۲ مگاژول) کمتر از ذرت سیلویی (۳۰۸۳۲ مگاژول) بود (جدول ۶).

میزان انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی و انرژی بذر) و غیرتجدیدپذیر (سوخت، الکتریسیته، کود، ماشین‌آلات، حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و حمل و نقل) نشان داد که بیشترین انرژی در هر دو محصول مربوط به انرژی غیرتجدیدپذیر بود (جدول ۵). محققان زیادی از جمله رن و همکاران (Ren et al., 2012) و فیض بخش و سلطانی (Feyzbakhsh & Soltani, 2013) نیز گزارش نمودند که سهم انرژی‌های غیرقابل تجدید در مزارع کشاورزی بیشتر از انرژی-های قابل تجدید است. بنابراین لازم است تحقیقاتی در زمینه افزایش سهم انرژی‌های قابل تجدید صورت گیرد تا سهم انرژی‌های ورودی در تولید گازهای گلخانه‌ای کاهش یابد.

میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای بیشتر از ذرت سیلویی بودف به‌طوری که میزان انرژی خروجی در سورگوم علوفه‌ای ۳۱۵/۵۶ گیگاژول در هکتار بیشتر از ذرت سیلویی بود که مهمترین دلیل این امر عملکرد بیشتر مزارع سورگوم علوفه‌ای است. رن و همکاران (Ren et al., 2012) در چین در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

میزان انرژی ورودی و خروجی دو فاکتور مهم برای تعیین کارایی انرژی و اثرات زیست‌محیطی در تولید محصولات است و در محصولات مختلف، سیستم‌های تولید و شدت مدیریت بسیار متفاوت است (Rathke et al., 2007).

نسبت انرژی خروجی به ورودی در ذرت و سورگوم علوفه‌ای به-ترتیب برابر ۴/۳ و ۱۵/۶ محاسبه گردید. به عبارتی، راندمان انرژی در مزارع سورگوم علوفه‌ای بیشتر بود و این امر به دلیل عملکرد بالاتر و همچنین مصرف نهاده‌های کمتر در این محصول بود (جدول ۶).

سفیدپری و همکاران (Sefeedpari et al., 2012) نسبت انرژی خروجی به ورودی در مزارع ذرت سیلویی در شهرستان شهرری را ۳/۴۴ به‌دست آورند که دلیل این اختلاف این نسبت در شهرستان گرگان و شهرری عملکرد مزارع یا میزان انرژی خروجی در واحد سطح است.

در کشور آمریکا در سال ۱۹۴۵ نسبت برآورد شده انرژی تولیدی به انرژی مصرفی در ذرت ۵/۵–۳/۵ بود. این نسبت در سال ۱۹۸۳ به ۲/۳ کاهش یافت (Pimentel, 1992). در عصر حاضر با افزایش سطح مکانیزاسیون کشاورزی و توسعه تکنولوژی در بخش کشاورزی ضمن افزایش مصرف روزافزون انرژی، کارآیی انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی به‌شدت کاهش می یابد. کارآیی انرژی برای محصولات مختلف زراعی به تغییرات فناوری وساختاری بوم نظام های کشاورزی بستگی داشته و دو عامل اساسی شامل میزان وابستگی سامانه به مصرف انرژی‌های صنعتی و عملکرد محصول در واحد سطح بیشترین تأثیر را بر کارآیی انرژی سیستم‌های تولید کشاورزی دارد (Rahimizadeh et al., 2007).

میزان بهره‌وری انرژی در کشت ذرت سیلویی کمتر از سورگوم علوفه‌ای است (جدول ۶). دلیل این امر عملکرد پایین در واحد سطح (۱۲/۵۰۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) و میزان انرژی ورودی بیشتر در مزارع ذرت سیلویی نسبت به سورگوم علوفه‌ای است. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) نیز یکی از دلایل افرایش راندمان در سیستم‌های کشاورزی را مصرف کمتر نهاده‌ها معرفی کردند.

سفیدپری و همکاران (Sefeedpari et al., 2012) میزان انرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی در استان تهران را ۱۱/۸ گیگاژول در هکتار برآورد نمودند، در حالی‌که آمالو و همکاران (Amanloo & Ghasemi, 2013) میزان انرژی ورودی در مزارع ذرت سیلویی در مزارع استان زنجان را ۷۷۵۸۹ مگاژول در هکتار به‌دست آوردند.

تفاوت کارایی انرژی یک گیاه در دو منطقه به‌دلیل تفاوت در عملکرد، تغییر اقلیم، عملیات زراعی، نهاده‌های مصرفی، تناوب زراعی و سیستم کشت (آبی یا دیم) است (Franzluebbers & Francis, 1995). در مقایسه انرژی ویژه کشت ذرت سیلویی مقدار انرژی بیشتری را برای تولید یک تن محصول مصرف می‌کند، به‌طوری که این نسبت برای مزارع ذرت سیلویی ۲/۳۸ و در مزارع سورگوم علوفه-ای ۰/۲۹ به‌دست آمد (جدول ۶). جدول ۷ مقادیر GWP بر حسب

کیلـوگرم معـادل CO_2 در هکتـار ناشـی از فعالیـت‌هـای مختلـف در سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی را نشان می‌دهد. بیشـترین سـهم از GWP کل در ذرت سیلویی مربوط به کود نیتروژن (۶۹۰/۱ کیلـوگرم معادل CO_2 در هکتار) بود، اما در سورگوم علوفـه‌ای بیشـترین سـهم مربوط به سوخت (۶۹۹/۳ کیلوگرم معـادل CO_2 در هکتـار) مشـاهده شد. کمترین GWP در ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای مربـوط بـه کود پتاسیم (۳۹/۵ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتـار) بـود. در مجمـوع، مقدار کل GWP در سورگوم علوفه‌ای ۱۷۲۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار و در ذرت سیلویی ۱۸۴۵/۹کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بـود. کاهش GWP کل در سورگوم علوفه‌ای نسبت به ذرت سـیلویی بـه‌دلیل مصرف کمتر نهاده‌های کشاورزی از جمله علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها در مزراع سورگوم علوفه‌ای بود. بین سورگوم علوفـه‌ای و ذرت سیلویی از لحاظ GWP برای کودهای مصـرفی اخـتلاف معنـی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). مقایسه مقادیر GWP بر اسـاس واحـد وزن عملکرد محصول در هکتار برای هر یک از گیاهان مورد بررسی نشان داد که تفاوت قابل توجه بین این دو گیاه وجود داشت (جدول ۸). به‌طوری‌که مقدار GWP در ذرت سـیلویی (۱۴۴/۷۷ کیلـوگرم CO_2 در تن) ۸/۲۱ برابر سورگوم علوفه‌ای (۱۷/۶۴ کیلوگرم CO_2 در تن) بود. مقدار GWP در واحد سطح سورگوم علوفه‌ای نسبت به ذرت سیلویی هفت درصد کمتر بود (جدول ۸).

جدول ٦- شاخص‌های مختلف انرژی در مزارع ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 6- Different energy indices in silage corn and forage sorghum in Gorgan

شاخص‌های انرژی Energy indices	ذرت بهاره سیلویی Silage corn	اشتباه استاندارد Standard error	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum	اشتباه استاندارد Standard error
ورودی‌ها **Inputs**		Error		Error
انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار) Direct input energy ($GJ.ha^{-1}$)	10.39	0.1	12.4	0.15
انرژی ورودی غیرمستقیم (گیگاژول در هکتار) Indirect input energy ($GJ.ha^{-1}$)	19.95	0.3	16.05	0.4
انرژی ورودی کل (گیگاژول در هکتار) Total input energy ($GJ.ha^{-1}$)	30.3	0.8	28.4	1.1
انرژی غیرقابل تجدیدپذیر (گیگاژول در هکتار) Non-renewable energy ($GJ.ha^{-1}$)	26.5	0.8	26.5	0.6
انرژی تجدیدپذیر (گیگاژول در هکتار) Renewable energy ($GJ.ha^{-1}$)	3.8	0.1	1.9	0.1
Outputs **خروجی‌ها**				
انرژی خروجی علوفه (گیگاژول در هکتار) Forage output energy ($GJ.ha^{-1}$)	131.3	3.9	446.8	2.7
انرژی خروجی کل (گیگاژول در هکتار) Total output energy ($GJ.ha^{-1}$)	131.3	3.9	446.8	2.7
نسبت انرژی خروجی به ورودی Ouput/input ratio	4.3	0.0	15.6	0.5
انرژی ویژه (گیگاژول بر تن) Specific energy ($GJ.t^{-1}$)	2.38	0.1	0.29	0.0
بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول) Energy productivity ($t.GJ^{-1}$)	0.42	0.0	3.4	0.1
بازده انرژی خالص (گیگاژول در هکتار) Net energy ($GJ.ha^{-1}$)	100.9	3.0	418.4	11.3

از نظر انرژی خروجی ذرت سیلویی سـبب انتشـار۱۴/۰۵کیلـوگرم CO_2 در گیگاژول پتانسیل گرمایش جهانی شد در حالی که سـورگوم

علوفه‌ای۳/۸۶ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول پتانسیل گرمایش جهانی تولید کردند. همچنین، از نظر مقادیر GWP بر اساس واحد انرژی ورودی بین سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۸).

جدول ۷- پتانسیل گرمایش جهانی (GWP بر حسب معادل کیلوگرم CO_2 در هکتار) برای تولید ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 7- GHG emissions (kg equiv. CO_2 .ha^{-1}) for silage corn and forage sorghum in Gorgan

عملیات Operations	ذرت سیلویی Silage corn			سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum		
تولید و حمل‌ونقل Production and transportation	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	اشتباه استاندارد Standard error	درصد از کل Percent of total
نیتروژن Nitrogen	690.1	20.7	37.4	690.1	8.3	39.9
فسفر Phosphorus	125.6	3.8	6.8	125.6	3.8	7.3
پتاسیم Potassium	39.5	0.3	2.1	39.5	0.4	2.2
آفت‌کش Pesticides	199.27	6.0	10.8	---	---	---
سوخت Fuel	646.1	7.8	35	699.3	14.0	40.4
تولید، حمل و نقل و نگهداری ادوات و ماشین‌آلات Production, transportation and maintenance equipment and machinery	145.4	4.4	7.9	174.5	5.2	10.09
کل GWP Total GWP	1845.9	18.5	100	1729	51.9	100

جدول ۸- پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع ذرت بهاره سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

Table 8- GHG emissions in per unit area, per unit weight, per unit energy input and per unit energy output in spring corn silage and forage sorghum in Gorgan

	ذرت بهاره سیلویی Spring corn silage	اشتباه استاندارد Standard error	سورگوم علوفه‌ای Forage sorghum	اشتباه استاندارد Standard error
در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار) per unit area (kg equiv. CO_2 .ha^{-1})	1845.9	55.4	1729	51.9
در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در هرتن محصول) per unit weight (kg equiv.CO_2 .t^{-1})	144.77	4.3	17.64	0.5
در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO_2 درگیگاژول) per unit energy input (kg equiv. CO_2 .GJ^{-1})	60.92	0.5	60.88	1.4
درواحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول) per unit energy output (kg equiv. CO_2 .GJ^{-1})	14.05	0.4	3.86	0.1

نتیجه‌گیری

کل انرژی ورودی در سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب ۲۸/۴ و ۳۰/۳ گیگاژول در هکتار و کل انرژی خروجی به‌ترتیب ۴۴۶/۸۸۰ و ۱۳۱/۳۲ گیگاژول در هکتار بود. مقدار بهره‌وری انرژی در سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب ۳/۴۴ و ۰/۴۲ تن بر

گیگاژول بود. مقدار پتانسیل گرمایش جهانی کل برای سورگوم علوفه‌ای ۱۷۲۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار و ۱۸۴۵/۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار برای ذرت محاسبه شد. همچنین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی برای سورگوم علوفه‌ای و ذرت سیلویی به‌ترتیب ۳/۸۶ و ۱۴/۰۵ کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول بود. بیشتر بودن کل انرژی ورودی و همچنین اثرات زیست محیطی کمتر سورگوم علوفه‌ای به‌دلیل عملیات زراعی کمتر (از جمله علف‌کش‌ها و سموم حشره‌کش) در این گیاه نسبت به ذرت سیلویی می‌باشد.

در مجموع با توجه به عملکرد بیشتر در سورگوم علوفه‌ای و نیز مقدار انرژی ورودی و اثرات زیست محیطی کمتر ناشی از تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای نسبت به ذرت سیلویی توصیه می‌شود که کشت این گیاه در این منطقه گسترش یابد.

منابع

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 475-480.

Amanloo, A., and Ghasemi Mobtaker, H. 2013. Energy balance and sensitivity analysis of inputsfor forage maize production in Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(4): 377-384.

Broumand, A, Aghkhani, M., and Sadrnia, H. 2014. A comparison of utilization systems in terms of energy consumption of soybean production in Moghan region. Journal of Agroecology 6: 905-915. (In Persian with English Summary)

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, 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: 655-666.

Clements, D.R., Weise, S.F., Brown, R., Stonehouse, D.P., Hume, D.J., and Swanton, C.J. 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 52: 119-128.

Dastan, S., Soltani, A., Noormohamadi, G., and Madani, H. 2014. CO_2 emission and global warming potential (GWP) of energy consumption in paddy field production systems. Journal of Agroecology 6: 823-835. (In Persian with English Summary)

Feyzbakhsh, M.T., and Soltani, A. 2013. Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City). Electronic Journal of Crop Production 6(2): 89-107. (In Persian with English Summary)

Franzluebbers, A.J., and C.A, Francis. 1995. Energy output-input ratio of maize and sorghum management systems in Eastern Nebraska. Agriculture, Ecosystems and Environment 53: 271-278.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy 88: 283-288.

Guo, J.H., Liu, X.J., Zhang, Y., Shen, J.L., Han, W.X., and W.F., Zhang. 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. Science 3: 1008-1010.

Hydrocarbon Balance Sheet of Country. 2008. Department of Energy Management Institute for International Studies. http://www.iies.org.

Kazemi, H. 2014. Energy flow evaluation of soybean fields in Golestan province. Iranian Journal of Oilseed Plants 3(1): 13-27. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A. 1994. Agriculture and Energy. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 145 pp. (In Persian)

Lorzadeh, S.H., Mahdavidameghani, A., Enayatgholizadeh, M.R., and Yousefi, M. 2012. Reasearch of energy use efficiency for maize production system in Izeh, Iran. Acta Agriculturae Slovenica 99: 137-142.

Mokhtarpour, H. 2011. Impact of planting date and density on growth of maize in northern Iran. PhD thesis. Serdang: University Putra Malaysia Publications 268 pp.

Nasirian, N., Almasi, M., Minaee, S., and Bakhoda, H. 2006. Study of energy flow in sugercan production in an agro-industry unit in south of Ahvaz. In: Proceeding 4th National Congress of Agricultural Machines. Tabriz, Iran, 11-14 March. (In Persian)

Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanian, F., and Hamzeh-Kalkenari, H. 2014. Energy sensitivity analysis and greenhouse

gas emissions for tea production in Guilan province. Journal of Agroecology 6: 622-633. (In Persian with English Summary)

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renew. Energy 29: 39-51.

Pimentel, D. 1992. Energy inputs in production agriculture. In: R.C. Fluck, Energy in World Agricultur 6: 13-29.

Pishgar Komleh, S.H., Keyhani, A., Rafiee, S., and Sefeedpary, P. 2011. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. Energy 36: 3335-3341.

Rahimizadeh, M., Madani, H., Rezadust, S., Mehraban, S., and Marjani, A. 2007. Energy analysis of agricultural ecosystem and Strategies to increase energy efficiency. 6th National Conference on Energy, Tehran, Iran, 10-13 June. (In Persian)

Rathke, G.W., Wienhold, B.J., Wilhelm, W.W., and Diepenbrock, W. 2007. Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. Soil and Tillage Research 6: 245-261.

Ren, T.L., Liu, Z.X., Wei, T.Y., and Xie, G.H. 2012. Evaluation of energy input and output of sweet sorghum grown as a bioenergy crop on coastal saline-alkali land. Energy 47: 166-173.

Robinson, P.H. 2001. Estimating the energy value of corn silage and other forages. Science 45: 1519-20.

Sefeedpari, P., Rafiee, S., and Pishgar Komleh, S.H. 2012. A source-wise and operation-wise energy use analysis for corn silage production, a case study of Tehran province, Iran. International Journal of Sustainable Built Environment 1: 158-166.

Sarmad, Z., Hejazi, E., and Bazargan, A. 2009. Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publication, Tehran, Iran 120 pp. (In Persian)

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 3: 201-218. (In Persian with English Summary)

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.

Suman, M., Singh, M., and Suman, B.L. 2006. Source of energy input and output for sustainable sorghum cultivation. Indian Journal of Crop Science 1(1-2): 135-137.

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. Agriculture System 85: 101-119.

Vitousek, P.M, Naylor, R, and Crews, T. 2009. Nutrient imbalances in agricultural development. Science 324: 1519-1520.

Yousefi, M., Darijani, F., and Alipour Jahangiri, A. 2012. Comparing energy flow of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran. African Journal of Agricultural Research 7: 624-628.

Zahedi, M., and Eshghizadeh, H.R. 2014. Energy use efficiency and economical analysis in cotton production system in an arid region: A case study for Isfahan province, Iran. International Journal of Energy Economics and Policy 4: 43-52.

Zentner, R.P., Lafond, G.P., Derksen, D.A., Nagy, C.N., Wall, D.D., and May, W.E. 2004. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. Soil and Tillage Research 77: 125-136.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 218-233

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۳۳-۲۱۸

Comparison of Silage Corn (*Zea mays* L.) and Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Productions in Terms of Energy Consumption and Global Warming Potential in Gorgan Region

M.T. Feyzbakhsh[1*] and P. Alizadeh[2]
Submitted: 27-08-2016
Accepted: 22-02-2017

Feyzbakhsh, S., and Alizadeh, P. 2018. Comparison of silage corn (*Zea mays* L.) and forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) production in terms of energy consumption and global warming potential in Golestan region. Journal of Agroecology 10(1): 218-233.

Introduction

Cheap and plentiful fossil energy causes human's life welfare to improve and increase food production, but today, major problems have been created in fossil fuels. These problems include: scarcity of fossil fuels for future generations, increase in energy prices, and the most importantly, greenhouse gas emissions (such as carbon dioxide, nitrous oxide and methane) from the use of fossil fuels to the atmosphere.

Energy productivity is one of the most important factors for sustainable agriculture. The use of fossil fuels and chemical fertilizers are threatening the environment. The comparing energy consumption by crops is one of the ways to prioritize various agronomic productions in each area.

Materials and Methods

To conduct this study, two crops (silage corn and sorghum) were selected. The reason for this choosing was the numerous similarities of these two plants (including similar planting date, farm operation and consumptions). Accordingly interviews with various farmers (15 and 20 farmers was selected to filling in questionnaire for silage corn and sorghum in Gorgan suburb, respectively) required data of machinery and consumables inputs, including seeds, fertilizers, fuel and pesticides were collected.

To estimate the energy consumption of inputs such as fertilizers, pesticides, insecticides amount of energy per gram of active ingredient was multiplied in related coefficients and their density. Other input and output calculations of energy used in production and field operations for each of the methods was calculated using coefficients obtained from various references. After that it was analyzed in three parts, fuel consumption, and consumed fuel and global warming potential based on the carbon dioxide equivalent.

Results and Discussion

The most input energy in silage corn and silage sorghum was 23.2 and 24.7 percent respectively based on fertilizer consumption. Also, the highest direct input energy in corn silage and forage sorghum was 27.3 and 31.4 respectively, related to fuel. The output energy in silage sorghum was more than silage corn, such that the output energy in forage sorghum was 315.56 GJ/ha more than silage corn. The main reason for this observation was the high yield of forage sorghum fields. The ratio of output to input energy in spring corn and forage sorghum were calculated 4.3 and 15.6 respectively. In other words, energy efficiency was higher in silage sorghum farms and this was due to the higher yield and lower inputs in the crop. The energy efficiency in corn silage was less than silage sorghum, the reason was low yield per unit area (12.500 kg of dry matter per hectare) and more energy input in silage corn farms. In both crop the highest global warming potential (GWP) was related to nitrogen fertilizer and fuel consumption. The highest and the lowest global warming potential respectively observed in silage corn and forage sorghum (with 1845.9 kg CO_2/ha and 1729 kg CO_2/ha). Consumption of agricultural inputs such as herbicides and pesticides was lower in silage sorghum farms. In both the least amount of greenhouse gas emissions related to fertilizer potassium was 39.5 kg CO_2 equivalent.

1 and 2- Assistant Professor, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Center, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan and PhD student, Deparment of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: feyz_54@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v10i1.56517

Conclusions

The energy input and greenhouse gas emissions in spring corn were higher than forage sorghum due to more agricultural operations (such as herbicides and pesticides consumption), in this respect the cultivation of forage sorghum had minimal environmental impacts. In both crops the consumption of fuel and fertilizer constitute the high percentage of energy consumption and greenhouse gas emissions. Therefore, the use of devices that reduce fuel consumption is recommended, also need for research and investigation on crop rotation and nitrogen fixing plants was revealed. Comparison of the global warming potential (GWP) based on the unit weight yield per hectare of silage sorghum and silage corn showed that there are very significant differences between the two crops, so that global warming potential of the spring corn planting was 12.1 times higher than that of silage sorghum.

Keywords: Fuel, Greenhouse gas, Indirect energy, Specific energy.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۴۷-۲۳۴

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 234-247

ارزیابی کارایی نیتروژن در ارقام ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه

منصور احمدی[۱]، فرزاد مندنی[۲*]، محمود خرمی وفا[۲]، غلامرضا محمدی[۳] و علی شیرخانی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۸

احمدی، م.، مندنی، ف.، خرمی وفا، م.، محمدی، غ.ر.، و شیرخانی، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی کارایی نیتروژن در ارقام ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۴۷-۲۳۴.

چکیده

کشت ارقام مختلف محصولات زراعی با کارایی جذب و مصرف بالاتر نهاده‌ها از جمله راهکارهای کشاورزی پایدار است که ضمن استفاده مؤثر گیاهان از نهاده‌های شیمیایی و طبیعی، مخاطرات زیست‌محیطی مصرف نادرست نهاده‌ها را نیز به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد. بر این اساس به‌منظور ارزیابی کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن ارقام ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز گیاهی ذرت به عنصر نیتروژن که مقدار توصیه شده بر اساس آزمون خاک معادل ۱۳۸، ۲۳۸، ۳۵۰ و ۴۸۳ کیلوگرم اوره در هکتار در نظر گرفته شد) در قالب کرت‌های اصلی و سه رقم ذرت ۷۰۴، سیمون و BC ۶۷۸ در قالب کرت‌های فرعی بود. نتایج نشان داد کاربرد کود نیتروژن باعث بهبود عملکرد دانه (۶۳ درصد) و عملکرد ماده خشک کل (۵۸ درصد) شد. رقم سیمون نسبت به ارقام دیگر از عملکرد دانه بیشتری (۱۹ درصد) برخوردار بود. بیشترین کارایی جذب نیتروژن مربوط به رقم ۷۰۴ بود. رقم سیمون دارای بیشترین کارایی تبدیل نیتروژن (۳۸/۱ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) و کارایی مصرف نیتروژن (۳۱/۳ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده) بود. همچنین کمترین کارایی تبدیل نیتروژن (۳۲/۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) و کارایی مصرف نیتروژن (۲۶/۸ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده) نیز مربوط به رقم BC ۶۷۸ بود. کاربرد کود نیتروژن به شدت بر صفات مربوط به کارایی جذب و مصرف نیتروژن تأثیرگذار بود. به‌طوری که با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۴۰ به ۷۰ درصد نیاز گیاهی ذرت، کارایی جذب و مصرف نیتروژن افزایش یافت، این در حالی بود که افزایش بیشتر کود نیتروژن از ۷۰ به ۱۴۰ درصد منجر به کاهش ویژگی‌های مذکور شد. با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن کارایی تبدیل نیتروژن حدود ۲۲ درصد کاهش یافت. بیشترین کارایی تبدیل نیتروژن در سطح کودی ۴۰ درصد (۳۰/۲ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) و کمترین آن در سطح کودی ۱۴۰ درصد (۱۷/۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) مربوط به رقم ۷۰۴ بود. به‌طور کلی، مصرف بیش از حد کود نیتروژن نه تنها منجر به بهبود کارایی مصرف نیتروژن در سیستم تولید ذرت نشده است، بلکه افزایش مخاطرات زیست محیطی را به‌همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن، عملکرد دانه، نیتروژن زیست‌توده

مقدمه

در حال حاضر گرایش جدید جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار و در راستای کم کردن استفاده از نهاده‌های مختلف شیمیایی است. بررسی‌های سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد[۲] در ۴۰ سال اخیر حاکی از آن است که ۳۳ الی ۶۰ درصد افزایش عملکرد محصولات کشاورزی به‌علت مصرف نهاده‌های شیمیایی است، به-

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه و استادیار اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: Email: f.mondani@razi.ac.ir)

2 - Food and Agriculture Organization

DOI:10.22067/jag.v10i1.56935

طوری‌که این سازمان از کود به عنوان کلید امنیت غذایی نام برده است (Hamdallah, 2000). در بین عناصر غذایی، نیتروژن یکی از عوامل عمده محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است (Koocheki & Sarmadnia, 2008). علی‌رغم فواید مصرف نیتروژن، استفاده نامطلوب از آن منجر به آلودگی ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. مدیریت نامناسب نیتروژن مصرف بی‌رویه، هدرروی نیتروژن از زمین‌های کشاورزی به شکل آبشویی نیترات، تصعید گاز آمونیاک و اکسیدهای نیتروژن را به‌همراه دارد. در حال حاضر، آبشویی نیترات و ورود آن به آب‌های سطحی و زیرزمینی از جمله مشکلات زیست‌محیطی کشورهای توسعه یافته است (Ting et al., 2015). نیترات بیشترین اثر نامطلوب را بر کیفیت پارامترهای مؤثر در استاندارد آب دارا می‌باشد. اصولاً، زمانی که کود نیتروژن بیش از میزان مورد نیاز عملکرد مصرف شود، آبشویی نیترات به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Raun & Johnson, 1995). از طرفی، کاهش مصرف کود که کاهش هزینه‌های تولید و آلودگی محیط‌زیست را در پی دارد، کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (Cassman et al., 2003). در مجموع، افزایش آگاهی عمومی از منابع آلودگی باعث شده است که مدیریت نیتروژن به‌عنوان یک مبحث مهم تغذیه‌ای و آلودگی زیست‌محیطی مورد توجه باشد. از این رو، با توجه به بعد اقتصادی مصرف کود، اقدامات لازم جهت جلوگیری از هدرروی نیتروژن و افزایش کارایی آن ضروری به نظر می‌رسد.

کارایی مصرف نیتروژن[1] (NUE) شامل دو جزء کارایی جذب نیتروژن[2] (NU_pE) و کارایی تبدیل نیتروژن[3] (NU_tE) است (Moles et al., 1984). کارایی جذب نیتروژن عبارت است از نسبت میان نیتروژن موجود در زیست‌توده به نیتروژن فراهم و قابل جذب خاک. این شاخص نشان می‌دهد که از مجموع نیتروژن موجود در خاک و کود نیتروژن مصرف شده در مزرعه چه میزان از آن توسط گیاه جذب شده و در زیست‌توده آن تجمع یافته است. همچنین کارایی تبدیل نیتروژن نشان‌دهنده میزان تولید ماده خشک یا عملکرد به ازای هر واحد نیتروژن جذب شده توسط گیاه می‌باشد. کارایی مصرف نیتروژن از حاصل‌ضرب کارایی جذب در کارایی تبدیل نیتروژن بدست می‌آید.

در نهایت، کارایی مصرف نیتروژن معرف میزان تولید ماده خشک کل یا دانه به ازای کل نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده است. کارایی جذب نسبت به کارایی تبدیل تأثیر نسبتاً بیشتری بر کارایی مصرف نیتروژن دارد (Hosseini et al., 2013). نتایج مطالعات نشان می‌دهند که سهم نسبی هر کدام از دو جزء کارایی مصرف نیتروژن (کارایی جذب و کارایی تبدیل نیتروژن) بستگی به میزان استفاده از نیتروژن دارد (Alfred et al., 2000). در ایران به دلایل متعدد از جمله عدم آشنایی کشاورزان با مبنای صحیح تغذیه گیاهی، بازده مصرف کود نیتروژن پایین گزارش شده است (Farahmand et al., 2006).

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی است از تیره گندمیان که از غلات مهم مناطق گرمسیری و معتدل جهان است و از نظر تولید جهانی بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) مقام سوم را به خود اختصاص داده است (Noormohammadi et al., 2005). این گیاه اهمیت زیادی در تأمین غذای دام، پرندگان و مصارف صنعتی دارد (Kazempour & Tajbakhsh, 2002) و با توجه به روند تغییرات اقلیمی اخیر و گرم شدن هوا، کشت و کار این گیاه به عنوان یک گیاه با مسیر فتوسنتزی چهار کربنه مورد توجه قرار گرفته است (Majidian et al., 2008). استفاده از ارقام مختلف ذرت با کارایی بالاتر نهاده‌ها و مدیریت صحیح مصرف نهاده‌ها از جمله راهکارهای کشاورزی پایدار می‌باشد که از این طریق ضمن استفاده مؤثر گیاهان از نهاده‌های شیمیایی و طبیعی، مخاطرات زیست‌محیطی مصرف نادرست نهاده نیز به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد (Sepehr et al., 2008). در غلات تفاوت ژنتیکی برای کارآیی جذب و مصرف نیتروژن وجود دارد (Kelly et al., 1996; Singh & Arora, 2001). به‌عنوان مثال، در هنگام مصرف مقادیر بالاتر از حد بهینه نیتروژن، ارقام مختلف ذرت تفاوت چشمگیری در بهره‌گیری از نیتروژن فراهم شده خاک از خود نشان دادند (Greef, 1994). لک و همکاران (Lack et al., 2006) دریافتند که بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن به بیشترین تراکم تعلق داشت، که بیانگر توانایی بالای هیبرید ۷۰۴ برای استفاده بهینه از نیتروژن و تولید دانه تحت تراکم‌های بوته بالاتر می‌باشد.

استان کرمانشاه یکی از قطب‌های تولید ذرت در کشور است به گونه‌ای که در سال ۱۳۹۳ این استان با سطح زیر کشتی حدود ۳۸۹۹۰ هکتار و تولید ۲۳۲۴۹۲ تن دارای مقام سوم تولید در سطح

1- Nitrogen use efficiency
2- Nitrogen uptake efficiency
3- Nitrogen utilization efficiency

کشور بود (MJA, 2014). در استان کرمانشاه سالیانه مقادیر زیادی از منابع کود نیتروژن مصرف می‌شود. بنابراین با مشخص نمودن راندمان مصرف نیتروژن، علاوه بر سود اقتصادی حاصل از کاهش مصرف بی‌رویه، از لحاظ زیست‌محیطی، از آلوده شدن آب‌های زیر زمینی به نیترات نیز جلوگیری می‌شود. بر این اساس، هدف از این پژوهش بررسی کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن برخی از مهمترین ارقام رایج ذرت تحت شرایط اقلیمی کرمانشاه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ۴۷ درجه ۵/۹۴ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹/۵۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۰ متر) در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز گیاهی ذرت به عنصر نیتروژن که معادل ۱۳۸، ۲۳۸، ۳۵۰ و ۴۸۳ کیلوگرم اوره ۴۶ درصد در هکتار بود) در قالب کرت‌های اصلی و سه رقم رایج ذرت ۷۰۴، سیمون و ۶۷۸ BC در قالب کرت‌های فرعی بودند. بخشی از مشخصات زراعی ارقام مورد استفاده در این مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

رقم سیمون، هیبرید سینگل کراس، نیمه دیررس، متحمل به بیماری‌های برگی، تحمل نسبتاً مناسب به تنش‌های شوری و خشکی انتهای فصل، پروتئین دانه بالا و وزن هزار دانه ۳۶۰-۳۴۰ گرم، رقم ۷۰۴، هیبرید سینگل کراس، رقم دیررس، پایداری عملکرد خوب و نیمه‌حساس به بیماری سیاهک معمولی ذرت است. رقم ۶۷۸ BC نیز ویژگی‌هایی از قبیل: هیبرید سینگل کراس، میان‌رس، بوته‌های قوی و مقاوم به خوابیدگی و شکستگی و وزن هزار دانه ۳۷۰-۳۴۰ گرم دارا می‌باشد. در این بررسی خاک قبل از کاشت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر صورت پذیرفت و تیمارهای کود نیتروژن بر اساس این آزمون لحاظ شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental field

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable N ($mg.kg^{-1}$)	کربن (درصد) C (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity $\times 10^{3}$ ($dS.m^{-1}$)	درصد اشباع Saturation percent (%)	بافت Texture
0-30	400	5.8	30	1.6	7.47	0.75	40	رس سیلتی Silty clay

عملیات آماده‌سازی بستر بذر در اوایل اردیبهشت آغاز و کاشت در نیمه دوم اردیبهشت ماه به‌صورت خشکه‌کاری انجام شد. به این صورت که یک سوم کود اوره در هر کرت اصلی در مرحله کاشت، یک سوم دیگر در مرحله چهار برگی و یک سوم باقی‌مانده در مرحله آغاز گلدهی به صوت سرک و به روش نواری به خاک اضافه شد (Noormohammadi et al., 2005). هر یک از کرت‌های فرعی دارای چهار ردیف کاشت به طول چهار متر و به فاصله ۰/۷۵ متر از یکدیگر بود. بنابراین ابعاد هر یک از کرت‌های اصلی و فرعی به ترتیب، ۴×۹ و ۴×۳ بود. بذرکاری نیز به روش کپه‌ای صورت گرفت. به این ترتیب که ابتدا در هر کپه به فاصله ۱۸ سانتی‌متر دو عدد بذر کاشته شد و بلافاصله بعد از کاشت دو آبیاری سبک به فاصله سه روز به منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه انجام گرفت و در مرحله دو تا سه برگی به‌منظور رسیدن به تراکم مطلوب عملیات تنک کردن بوته‌های اضافی انجام شد. تراکم نهایی مزرعه نیز ۷/۵ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بعد از سبز شدن، آبیاری‌های بعدی به روش نشتی و مطابق نیاز گیاه انجام شد.

اندازه‌گیری میزان نیتروژن موجود در اندام‌های هوایی گیاه در دو مرحله نموی ابتدای گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک ذرت انجام شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش امامی (Emami, 1996) استفاده شد. برای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن، علاوه بر کود مصرفی، میزان نیتروژن موجود در خاک نیز در نظر گرفته شد. برای این منظور عمق خاک حاصلخیز برای ذرت ۳۰ سانتی‌متر و همچنین وزن

مخصوص ظاهری و نیتروژن قابل جذب به فرم یون نیترات با توجه به نتایج آزمایش خاک مزرعه به‌ترتیب، ۱/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب (۱۳۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و ۳۰ میلی‌گرم یون نیترات بر کیلوگرم خاک در نظر گرفته شد و سپس با توجه به اطلاعات مذکور میزان نیتروژن قابل جذب برای هر هکتار ۱۱۷ کیلوگرم محاسبه شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که همچنین به‌علت مقدار بسیار ناچیز نیتروژن آمونیومی در محاسبه میزان نیتروژن قابل جذب برای گیاه، از آن صرف‌نظر شد. از معادله‌های (۱ تا ۳) برای محاسبه کارایی نیتروژن استفاده شد (Xie et al., 2006; Timsina et al., 2001):

$$NUpE = \frac{AN\ (kg.ha^{-1})}{TN\ (kg.ha^{-1})}$$ معادله (۱)

$$NUtE = \frac{GY\ (kg.ha^{-1})}{AN\ (kg.ha^{-1})}$$ معادله (۲)

$$NUE = NUpE \times NUtE$$ معادله (۳)

در این معادلات، NUpE، NUtE و NUE: به‌ترتیب، کارایی جذب، تبدیل و مصرف نیتروژن، AN: کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه، TN: کل نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده و GY: عملکرد دانه ذرت است. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، جهت برداشت نهایی یک متر مربع از هر کرت‌ها با رعایت اصول حاشیه به صورت کف‌بر برداشت شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان کافی، دانه‌ها از چوب بلال جدا و سپس عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک کل اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مستخرج از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. همچنین جهت تجزیه تکمیلی و فهم دقیق‌تر پاسخ فاکتورهای فرعی در هر سطح از فاکتورهای اصلی و برهمکنش آن‌ها از روش برش‌دهی اثرات متقابل[1] در محیط نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده گردید. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[2] در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن زیست‌توده

نتایج این بررسی نشان داد که تأثیر میزان مصرف نیتروژن بر درصد نیتروژن زیست‌توده در زمان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود، در حالی‌که تأثیر رقم ذرت و برهمکنش کود نیتروژن و رقم بر ویژگی‌های مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۲). صرف‌نظر از نوع رقم با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۴۰ درصد به ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز گیاهی درصد نیتروژن در زمان گلدهی به‌ترتیب از ۱/۲۲ به ۱/۳۶، ۱/۴۲ و ۱/۵۱ درصد بهبود یافت و این افزایش برای درصد نیتروژن در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب از ۱/۱۳ به ۱/۳۳، ۱/۳۴ و ۱/۴۸ درصد بود (جدول ۳). در زمان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک تیمار ۴۰ درصد کمترین و تیمار ۱۴۰ درصد بیشترین میزان نیتروژن زیست‌توده را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

افزایش مقدار پروتئین در اثر مصرف نیتروژن می‌تواند به علت تثبیت نیتروژن در ساختارهای گیاه به خصوص اسید آمینه باشد. درصد پروتئین در اثر افزایش مصرف نیتروژن هنگامی افزایش می‌یابد که نیتروژن بیش از نیاز گیاه برای تولید باشد و بعد از تأمین نیتروژن برای تولید، مقدار پروتئین افزایش می‌یابد (Sadeghi & Bahrani, 2002). کوکس و چمی (Cox & Cherney, 2001) نیز نشان دادند که مقدار نیتروژن در ذرت سیلویی با افزایش سطوح نیتروژن افزایش یافته است. افزایش میزان نیتروژن زیست‌توده در نتیجه افزایش نیتروژن توسط صادقی و بحرانی (Sadeghi & Bahrani, 2002) نیز گزارش شده است.

عملکرد ماده خشک کل

اثر کاربرد کود نیتروژن در سطح یک درصد بر عملکرد ماده خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۴۰ درصد به ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز گیاهی ذرت عملکرد ماده خشک کل به‌ترتیب حدود ۲۹، ۴۷ و ۵۸ درصد افزایش یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد افزایش میزان مصرف نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ و میزان جذب تشعشع منجر به بهبود سرعت رشد محصول گردید و این موضوع در نهایت، باعث بهبود عملکرد ماده خشک کل ذرت شده است. لک و همکاران (Lack et al., 2006) نیز گزارش دادند که با افزایش سطح نیتروژن مصرفی از ۱۴۰ به ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد ماده خشک کل ذرت ۶۰۳ گرم در متر مربع بهبود یافت. کاهش عملکرد ماده خشک کل در مقادیر کم مصرف نیتروژن توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Girardin, 1987; Novoa & Loomis, 1981; Uhart & Andrade, 1995).

1- Slicing interactions
2- Least significant difference

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) و برش‌دهی برهمکنش ارقام در هر سطح کود نیتروژن برای ویژگی‌های بوم شناختی فیزیولوژیک مورد ارزیابی ذرت

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) and interaction slicing of cultivars at every level of nitrogen fertilizer for studied eco-physiological characteristics of maize

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter	عملکرد دانه Grain yield	نیتروژن زیست‌توده در گلدهی Nitrogen content of biomass at flowering	نیتروژن زیست‌توده در رسیدگی فیزیولوژیک Nitrogen content of biomass at maturity	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency	کارایی تبدیل نیتروژن Nitrogen utilization efficiency	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency
بلوک Block	3	5821875 ns	306524 ns	0.005 ns	0.006 ns	0.015 ns	9.51 ns	6.19 ns
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	3	113942986**	27774856**	0.178**	0.241**	0.055**	146**	104**
خطای اصلی Main error (E_a)	9	2933727	935122	0.013	0.020	0.005	21.5	14.2
رقم Cultivar	2	2916458 ns	6961145**	0.001 ns	0.001 ns	0.005 ns	138**	84.3**
کود نیتروژن× رقم Nitrogen fertilizer× Cultivar	6	4526736 ns	2083956*	0.016 ns	0.020 ns	0.018**	53.2**	16.0 ns
خطای فرعی Sub error (E_b)	24	2780556	636538	0.013	0.014	0.004	13.7	9.66
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variation(%)		10.3	10.84	8.31	9.04	7.21	10.6	10.74
برش‌دهی اثر متقابل: میانگین مربعات ارقام در هر سطح کود نیتروژن Intractions slicing: Mean of squares of cultivars in each level of nitrogen fertilizer								
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer								
40 %	2	4285833 ns	621100 ns	0.017 ns	0.003 ns	0.009 ns	67.7*	18.8 ns
70 %	2	827500 ns	348095 ns	0.008 ns	0.009 ns	0.002 ns	21.0 ns	6.61 ns
100 %	2	6602500 ns	529358 ns	0.001 ns	0.005 ns	0.014*	72.6*	6.87 ns
140 %	2	4780833 ns	11714460**	0.025 ns	0.042 ns	0.033**	136**	99.9**

* and **: are significant at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is Non-significant

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار.

جدول ۳- اثر کاربرد کود نیتروژن بر ویژگی‌های بوم شناختی فیزیولوژیک ارقام ذرت

Table 3. Effect of nitrogen fertilizer application on eco-physiological characters of maize cultivars

تیمار Treatment	عملکرد ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry matter (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha^{-1})	نیتروژن زیست‌توده در گلدهی (%) Nitrogen content of biomass at Flowering (%)	نیتروژن زیست‌توده در رسیدگی فیزیولوژیک (%) Nitrogen content of biomass at maturity (%)	کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم نیتروژن جذب شده بر کیلوگرم نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده) Nitrogen Uptake Efficiency (kg $_{Nuptake}$.kg^{-1} $_{Nsoil+applied}$)	کارایی تبدیل نیتروژن (کیلوگرم دانه به کیلوگرم نیتروژن جذب شده) Nitrogen Utilization Efficiency (kg $_{grain}$.kg^{-1} $_{Nuptake}$)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم دانه به کیلوگرم نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده) Nitrogen Use Efficiency (kg $_{grain}$.kg^{-1} $_{Nsoil+applied}$)
نیتروژن Nitrogen							
40 %	12117	5235	1.22	1.13	0.74	38.8	28.9 [a]
70 %	15650	7300	1.36	1.33	0.91	35.1	31.8 [a]
100 %	17800	8397	1.42	1.34	0.85	35.6	30.2 [a]
140 %	19192	8522	1.51	1.48	0.83	30.2	24.9 [b]
LSD (0.05)	1349	893	0.10	0.13	0.06	4.3	3.5
ارقام Cultivars							
Simon	15912	8076	1.36	1.32	0.82	38.1	31.3 [a]
704	16681	7240	1.37	1.32	0.85	33.6	28.7 [b]
BC 678	15975	6774	1.38	1.32	0.82	32.6	26.8 [b]
LSD (0.05)	1217	582	0.08	0.09	0.04	2.7	2.3

به منظور محاسبه کارایی نیتروژن، سطوح نیتروژن مصرف شده به‌علاوه نیتروژن خاک (۱۱۷ ha.kg^{-1}) در نظر گرفته شده است.

In order to calculate nitrogen efficiency, the nitrogen levels was added by soil nitrogen (117 kg.ha^{-1}).

عملکرد ماده خشک کل

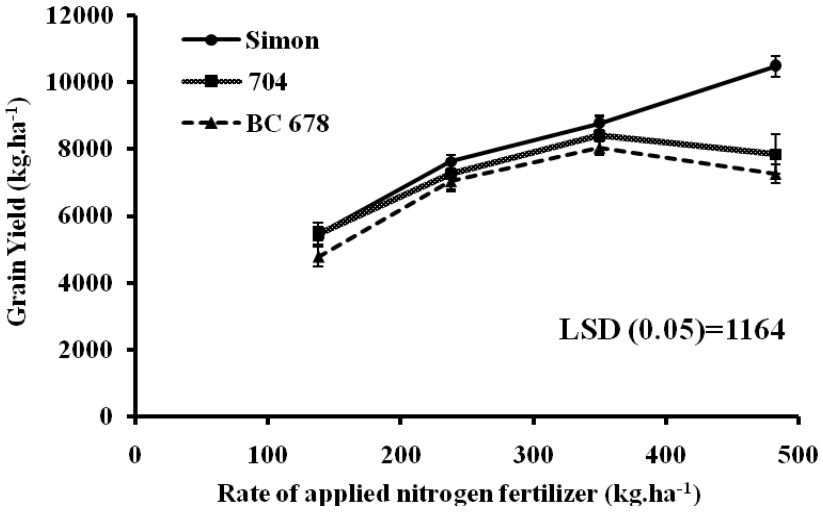
اثر کاربرد کود نیتروژن در سطح یک درصد بر عملکرد ماده خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۴۰ درصد به ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز گیاهی ذرت عملکرد ماده خشک کل به‌ترتیب حدود ۲۹، ۴۷ و ۵۸ درصد افزایش یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد افزایش میزان مصرف نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ و میزان جذب تشعشع منجر به بهبود سرعت رشد محصول گردید و این موضوع در نهایت، باعث بهبود عملکرد ماده خشک کل ذرت شده است. لک و همکاران (Lack et al., 2006) نیز گزارش دادند که با افزایش سطح نیتروژن مصرفی از ۱۴۰ به ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد ماده خشک کل ذرت ۶۰۳ گرم در متر مربع بهبود یافت. کاهش عملکرد ماده خشک کل در مقادیر کم مصرف نیتروژن توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Girardin, 1987; Novoa & Loomis, 1981; Uhart & Andrade, 1995). زبارث و همکاران (Zebarth et al., 2001) نیز دریافتند نیتروژن باعث تداوم سطح برگ می‌شود و با افزایش دوام سطح برگ مدت و میزان فتوسنتز برگ افزایش یافته و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند. اثر رقم و همچنین برهمکنش تأثیر کاربرد کود نیتروژن و ارقام زراعی ذرت بر عمکرد ماده خشک کل معنی‌دار نبود (جدول ۲).

عملکرد دانه

با توجه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده شد که اثر نیتروژن و رقم در سطح یک درصد و برهمکنش آن‌ها در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). واکنش متفاوت ارقام نسبت به کود نیتروزن باعث معنی‌دار شدن برهمکنش آن‌ها شد (جدول ۲). نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نشان داد که بین ارقام در سطوح کودی ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشته ولی در سطح کودی ۱۴۰ درصد، ارقام در سطح یک درصد با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن و رقم برای عملکرد دانه نشان داد که در تیمار کودی ۱۴۰ درصد مصرف نیتروژن، رقم سیمون نسبت به دو رقم دیگر از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود، ولی در سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (شکل ۱). به عبارت دیگر، رقم سیمون در سطح کودی ۱۴۰ درصد و ارقام ۷۰۴ و BC ۶۷۸ در سطح کودی ۱۰۰ درصد دارای حداکثر عملکرد دانه بودند. نعمتی و همکاران (Nemati et al., 2008) نیز با آزمایش سطوح صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند که حداکثر عملکرد دانه به میزان ۹۵۳۷ کیلوگرم در هکتار به سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن تعلق داشت. عدالت و همکاران (Edalat et al., 2008) نیز دریافتند با افزایش مصرف نیتروژن از ۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه ذرت افزایش یافت، ولی با افزایش مصرف نیتروژن از ۱۵۰ به ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در عملکرد وجود نداشت. تفاوت عملکرد دانه در ارقام مختلف توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Chen & Dai, 1996; Saeed et al., 1998; Kaur et al., 2012).

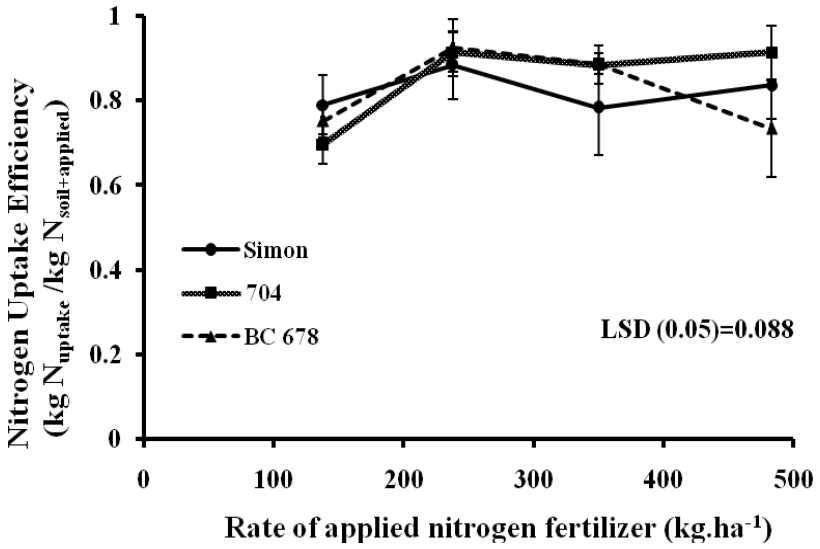
کارآیی جذب نیتروژن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح نیتروژن و برهمکنش رقم و نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر کارایی جذب نیتروژن داشت و تفاوت ارقام ذرت از نظر کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار نبود (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد ارقام مورد بررسی دارای سیستم ریشه یکسان هستند که کارایی یکسانی در جذب نیتروژن داشتند (Uribelarrea et al., 2007). نتایج برش‌دهی برهمکنش ارقام در هر سطح کود نیتروژن نشان داد که اثر رقم در سطح کودی ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد معنی‌دار بود و ارقام در سطوح کودی ۴۰ و ۷۰ درصد با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش ارقام و سطوح نیتروژن برای کارایی جذب نیتروژن نشان داد که در سطح کودی ۱۴۰ درصد، رقم ۷۰۴ از کارایی جذب نیتروژن بیشتری برخوردار بود. همچنین مشاهده شد که رقم سیمون در سطوح کودی نیتروژن اختلاف معنی‌داری از نظر کارایی جذب نیتروژن از خود نشان نداد، ولی در سایر ارقام اختلاف‌ها معنی‌دار بود، به‌طوری‌که رقم ۷۰۴ در تیمار کودی ۴۰ درصد کمترین کارایی جذب را داشت و بین تیمارهای کودی ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ تفاوت معنی‌دار نبود. همچنین رقم BC ۶۷۸ در تیمار کودی ۷۰ درصد نسبت به تیمار ۴۰ و ۱۴۰ درصد نیاز گیاهی کارایی جذب نیتروژن بالاتری داشت (شکل ۲).



شکل ۱- اثرات کاربرد کود نیتروژن و ارقام بر عملکرد دانه ذرت

Fig. 1- Interaction of the effects of nitrogen fertilizer application and cultivars on maize grain yield



شکل ۲- اثرات کاربرد کود نیتروژن و ارقام بر کارایی جذب نیتروژن ذرت

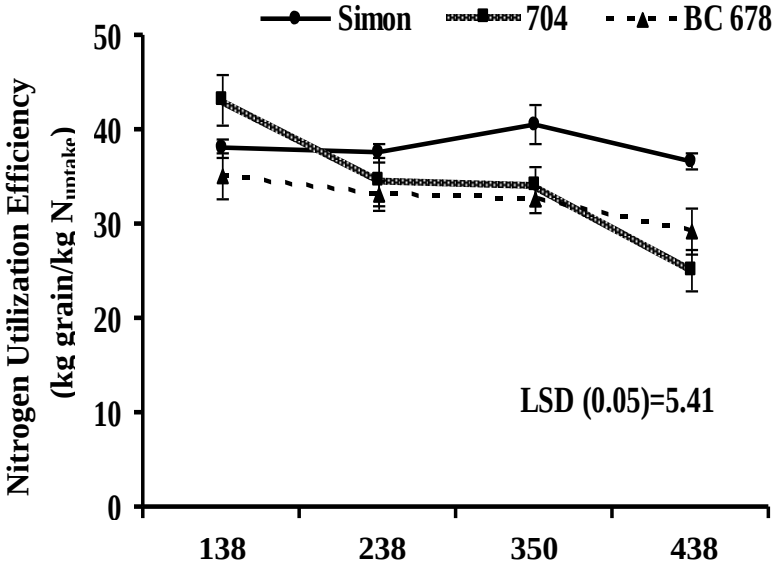
Fig. 2- Interaction of the effects of nitrogen fertilizer application and cultivars on maize nitrogen uptake efficiency

کارآیی تبدیل نیتروژن

نتایج این بررسی نشان داد که اثر مصرف کود نیتروژن، رقم و برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد بر کارایی تبدیل نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی کود نیتروژن نشان داد که با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن از ۴۰ به ۱۴۰ درصد نیاز گیاهی ذرت، کارایی تبدیل نیتروژن با ۲۲/۲ درصد کاهش از ۳۸/۸ به ۳۰/۲ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن تنزل یافت (جدول ۳). معمولاً بالاترین کارآیی با جذب اولین واحد غذایی (کودی) بدست می‌آید و واحدهای بعدی مصرف عنصر غذایی، کارآیی کمتری دارند (Asadi at al., 2013). لک و همکاران (Lack et al., 2006) نیز

گزارش دادند با افزایش میزان مصرف نیتروژن، کارایی تبدیل نیتروژن کاهش یافت.

صرف‌نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن در بین ارقام زراعی ذرت نیز از نظر کارایی تبدیل نیتروژن تفاوت وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین کارایی تبدیل نیتروژن (۳۸/۱ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) در رقم سیمون و کمترین (۳۲/۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن جذب شده) آن در رقم BC ۶۷۸ مشاهده شد (جدول ۳). اوریبلاریا و همکاران (Uribelarrea et al., 2007) نیز با بررسی ارقام مختلف ذرت و سطوح مختلف نیتروژن گزارش کردند که کارآیی تبدیل نیتروژن در بین ارقام متفاوت است. نتایج برش‌دهی برهمکنش ارقام در هر سطح کود نیتروژن نشان داد که اثر رقم در سطوح کودی ۴۰ و ۷۰ درصد، در سطح پنج درصد و در سطح کودی ۱۴۰ درصد، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش رقم و نیتروژن نیز نشان داد که در تیمار کودی ۴۰ درصد، رقم ۷۰۴ و در سایر تیمارهای کودی رقم سیمون دارای بیشترین کارایی تبدیل نیتروژن بود (شکل ۳). همچنین رقم ۷۰۴ در سطح کودی ۴۰ و ۱۴۰ درصد به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین کارایی تبدیل نیتروژن بود (شکل ۳).



شکل ۳- برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن و ارقام ذرت بر کارایی تبدیل نیتروژن

Fig. 3- Interaction of the effects of nitrogen fertilizer application and cultivars on maize nitrogen utilization efficiency

با توجه به رابطه غیر مستقیم کارایی تبدیل نیتروژن با میزان مصرف این عنصر، مصرف بالای نیتروژن، کارایی تبدیل را کاهش داد که این نتیجه در بین ارقام ذرت تا حدودی متفاوت بود. گوردا و همکاران (Guarda et al., 2004) نیز در آزمایش خود دریافتند که افزایش کاربرد کود نیتروژن از ۸۰ به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، موجب کاهش کارایی تبدیل نیتروژن در گندم شد و آن را از ۵۶ به ۳۴ درصد کاهش داد.

کارایی مصرف نیتروژن

تأثیر میزان مصرف نیتروژن و رقم بر کارایی مصرف نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به‌میزان ۳۱/۸ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده مربوط به تیمار ۷۰ درصد نیاز گیاهی بود که با تیمارهای ۴۰ و ۱۰۰ درصد تفاوت

معنی‌دار نداشت و کمترین آن به‌میزان ۲۴/۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده نیز در تیمار ۱۴۰ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). این بدین معنی است که در تیمار ۱۴۰ درصد، گیاه ذرت نتوانسته به تناسبی که کود نیتروژن افزایش یافته است، دانه تولید کند. به عبارت دیگر، واکنش تولید عملکرد دانه به نیتروژن با افزایش کود نیتروژن منفی بوده است. مول و همکاران (Moll et al., 1982) نیز بیان داشتند که با افزایش مصرف کود مقدار عملکرد دانه به تبعیت از قانون بازده نزولی افزایش کمتری داشت که این وضعیت موجب کاهش کارایی مصرف نیتروژن گردید.

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که صرف‌نظر از میزان مصرف کود نیتروژن بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن به‌ترتیب با حدود ۳۱/۳ و ۲۶/۸ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده به رقم سیمون و رقم BC ۶۷۸ تعلق داشت (جدول ۳). با توجه به این‌که رقم سیمون عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر ارقام داشت، در نتیجه این رقم از کارایی مصرف نیتروژن بیشتری نیز برخوردار بود. عملکرد دانه کم نسبت به نیتروژن مصرفی در رقم BC ۶۷۸، به ویژه در تیمار کودی ۱۴۰ درصد باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن شده است. این نتایج با گزارش سایر محققین همسو بود (Koocheki et al., 2015; Asadi et al., 2013; Jafariani, 2010; Guarda et al., 2004; Uribelarrea et al., 2007).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن، در بیشتر ویژگی‌های مورد ارزیابی ارقام ذرت از جمله عملکرد بهبود حاصل شد، ولی بررسی صفات مربوط به کارایی نیتروژن نشان داد که با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. بنابراین، اگر کود نیتروژن در مزارع ذرت صرفاً از نگاه تولید و جنبه‌های اقتصادی به کار برده شود، با افزایش مصرف این عنصر تا حد زیادی عملکرد دانه بهبود می‌یابد، اما اگر از دیدگاه اکولوژیک و اقتصاد اکولوژیک به مسئله نگاه شود، می‌توان نتیجه گرفت که مصرف بیش از حد کود نیتروژن نه تنها منجر به بهبود بهره‌وری تولید در سیستم‌های زراعی نخواهد شد، بلکه باعث افزایش مخاطرات زیست‌محیطی نیز می‌شود. علاوه‌براین، با در نظر گرفتن جایگاه استان کرمانشاه در تولید ذرت کشور، کاهش میزان کاربرد مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی، می‌تواند نقش به‌سزایی بر کاهش هزینه‌های تولید در مزارع ذرت داشته باشد. بنابراین، کاربرد کودهای شیمیایی متناسب با نتایج آزمون خاک در کنار ارقامی که بیشترین پاسخ را نسبت به مصرف نهاده‌های شیمیایی از خود نشان می‌دهند، نه تنها منجر به کاهش تولید در سیستم‌های زراعی نخواهد شد، بلکه باعث جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهد شد.

منابع

Alfred, E.H., Johnston, M., Sullivanc, J.N.O., and Polomad, S. 2000. Nitrogen use efficiency of taro and sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. Agriculture, Ecosystems and Environment 79: 21-280.

Asadi, G.A., Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M., and Khorramdel, S. 2013. Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology 5: 273-382. (In Persian with English Summary)

Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., and Yang, H. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. Annual Review of Environment and Resources 28: 315-358.

Chen, J., and Dai, J. 1996. Effect of drought on photosynthesis and grain yield of corn hybrid with different drought tolerance. Acta Agronomica Sinica 22: 757-762.

Cox, W.J., and Cherney, D.J. 2001. Row spacing, plant density and nitrogen effects on corn silage. Agronomy Journal 93: 597- 607.

Edalat, M., Kazemeini, A., and Ghadiri, H. 2008. Effect of irrigation regimes and nitrogen fertilizer on maize grain yield and yield components. 10th Iranian Plant Breeding and Agronomy Congress. 18th-20th Aug., Karaj, Iran p. 329. (In Persian)

Emami, A. 1996. Plant Analysis Methods. Iranian Plant and Water Research Center. No. 928 (In Persian)

Farahmand, A.R., Fardad, H., Liaghat, A., and Kashi, A. 2006. The effect of water and nitrogen amounts on quantity

and quality of tomato under deficit irrigation. Iranian Journal of Agriculture Science 37: 403-412. (In Persian with English Summary)

Girardin, P., Tollenaar, M.A.D., and Muldoon, J. 1987. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effects on development, dry matter accumulation and grain yield. Agronomy Journal 7: 289-296.

Greef, J.M. 1994. Productivity of maize (*Zea mays* L.) in relation to morphological physiological characteristics under varying amounts of nitrogen supply. Crop Science 172: 317-326.

Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread- wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European. Journal of Agronomy 21: 181-192.

Hamdallah, G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. A Paper Presented at Regional Workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East, Amman, Jordan.

Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., Kalateh, M., and Zahed, M. 2013. The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficiency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 300-306. (In Persian with English Summary)

Jafariani, M., Beheshti, A.R., and Taheri, G. 2010. Evaluation of nitrogen efficiency on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agroecology 2: 502-511. (In Persian with English Summary)

Kaur, A., Bedi, S., Gill, G.K., and Kumar, M. 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L) genotypes. Maydica Electronic Publication 57: 75-82.

Kazempour, S., and Tajbakhsh, M. 2002. Effect of some anti-transparent on vegetative characteristics, yield and yield parameters of corn under limited irrigation. Iranian Journal of Agricultural Sciences 33: 205-211. (In Persian with English Summary)

Kelly, T.C., Lu, Y., and Teasdale, J.J. 1996. Economic-environmental tradeoffs among alternative crop rotation. Agriculture, Ecosystems and Environment 60: 17-28.

Koocheki, A., and Sarmadnia, G.H. 2008. Crop Physiology. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad, Iran. (In Persian)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 1-13. (In Persian with English Summary)

Lack, S., Naderi, A., Siadat, S., Ayenehband, A., and Noormohammadi, G. 2006. Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield, its components and water use efficiency in maize (*Zea mays* L.) cv. SC. 704 under different moisture conditions in Khuzestan. Iranian Journal of Crop Sciences 8: 153-170. (In Persian with English Summary)

Majidian, M., Ghalavand, A., Kamgar haghighi, A.A., and Karimian, N. 2008. Effects of water stress, nitrogen fertilizer, and manure on chlorophyll meter reading, yield and yield components of grain corn (Single Cross 704). Iranian Journal of Crop Sciences 10(3): 303-330. (In Persian with English Summary)

MJA. 2014. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Iran annual agricultural statistics; www.maj.ir. (In Persian)

Moles, D.J., Rangai, S.S., Bourke, R.M., and Kasamani, C.T. 1984. Fertilizer response of Taro in Papua New Guinea. In: S. Chandra (Ed), Edible Aroids. Clarendon Press, Oxford, Pp: 64-71.

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.

Nemati, A., Sadeghi, M., Seyed Sharifi, R., Seyedi, N., Molaei, P., Hozoori, A., and Habibi, G. 2008. Effect of nitrogen fertilizer at different planting dates on yield and yield components of maize (Var. 404) in Ardabil. 10th Iranian Plant Breeding and Agronomy Congress. 18th-20th Aug., Karaj. Iran p. 323. (In Persian)

Noormohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2005. Agronomy. Volume 1: Cereal. In: Ahvaz Shahid Chamran University (Ed.). Ahvaz, Iran. (In Persian)

Novoa, R., and Loomis, R.S. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil Science 58: 177-204.

Raun, W.R., and Johnson, G.V. 1995. Soil-plant buffering of inorganic nitrogen in continuous winter wheat. Agronomy Journal 87: 827-834.

Sadeghi, H., and Bahrani, M.J. 2002. Effects of plant density and N rates on morphological characteristics and protein contents of corn. Iranian Journal of Agriculture Science 33: 403-412. (In Persian with English Summary)

Saeed, M., Saifi, M.Y., Akhtar, M., and Mohsan, S. 1998. Differential genotypic response to drought stress in maize.

Sarhad Journal of Agriculture Pakistan 14: 49-55.

Sepehr, E., Malakouti, M.J., and Nougolipour, F. 2008. Evaluation of phosphorus efficiency in Iranian cereal in a deficient calcareous soil. Euro Soil 2008 International Conference (Soil- Society-Environment. Book of Abstracts: pp. 182. In: W.E.H. for daily light partitioning in multispecies canopies. Agricultural Forest and Meteorology 101: 251-263.

Singh, V.P., and Arora. A. 2001. Intraspecific variation in nitrogen up-take and nitrogen utilization efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Agronomy Journal 186: 239-244.

Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner C., and Amin, M.R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen– use efficiency and balance for rice – wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Research 72: 43-161.

Ting, L.Z., Yang, J.Y., Drury, C.F., and Hoogenboom, G. 2015. Evaluation of the DSSAT-CSM for simulating yield and soil organic C and N of a long-term maize and wheat rotation experiment in the Loess Plateau of Northwestern China. Agricultural Systems 135: 90-104.

Uhart, S.A., and Andrade, F.H. 1995. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. Crop Science 35: 183-190.

Uribelarrea, M., Moose, S.P., and Below, F.E. 2007. Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Research 100: 82-90.

Xie, W., Guang-huo, W., Qi-chun, Z., and Hai-chao, G. 2006. Effects of nitrogen fertilization strategies on nitrogen use efficiency in physiology, recovery, and agronomy and redistribution of dry matter accumulation and nitrogen accumulation in two typical rice cultivars in Zhejiang, China. Journal of Zhejiang Universal Science 8: 208-216.

Zebarth, B.J., Shcard, R.W., and Howblin, J. 2001. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization application on yield and quality of hard red. Winter. Wheat Plant Science 72: 13-19.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 234-247

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۴۷-۲۳۴

Evaluation of Nitrogen Uptake and Productivity of Maize Cultivars (*Zea mays* L.) under Kermanshah Climate Conditions

M. Ahmadi[1], F. Mondani[2*], M. Khoramivafa[2], G.R. Mohammadi[3] and A. Shirkhani[4]

Submitted: 08-08-2016
Accepted: 28-12-2016

Khorramdel, S., Ghorbani, R., Asadi, G.A., and African, R. 2018. Evaluation of nitrogen uptake and productivity of maize cultivars (*Zea mays* L.) under Kermanshah climate conditions. Journal of Agroecology 10(1): 234-247.

Introduction

Nitrogen (N) is one of the main limiting factors in agroecosystems all around the world. However, high application rates of N fertilizers would led to strong environmental consequences. Reduction of N fertilizers consumption decreases production costs and environmental pollution. Therefore, we need to be enhance N efficiency due to the high N fertilizer cost and required measures to prevent the waste of N. Cultivation of diverse crop cultivars with higher resources absorption and utilization efficiency is one of the major approach in the sustainable agriculture that would led to effective use of natural and chemical inputs and reduce significantly the environmental risks. Kermanshah province is one of the maize production poles in Iran. In this province large amounts of N fertilizers annually consumes in the maize agroecosystem. Therefore, the aims of the present study were evaluating N uptake and utilization efficiency, and finally N use efficiency in the maize agroecosystem of Kermanshah

Materials and Methods

A split plot experiment was carried out based on randomized complete block design (RCBD) with four replications at the Campus of Agriculture and Natural Resources Field at Razi University at 2014. Treatments were four levels of N fertilizer rate (40, 70, 100 and 140 percent of the maize demand to N which were 138, 238, 350 and 483 kg.ha^{-1} urea) as main plots and three maize cultivars including SC-704, BC-678 and Simon as sub plots. Biomass of nitrogen at anthesis and maturity phases was measured by Kjeldahl method. Then, N uptake and utilization efficiency, and nitrogen use efficiency were calculated. Data analysis was done by SAS software (Ver 9.4) and means comparison were tested by LSD at 5% level.

Results and Discussion

The results showed that by increasing of N fertilizer rate from 40 to 140 percent of maize demand, amount of biomass N at anthesis and maturity phases changed from 1.2 to 1.1 percent, and 1.1 to 1.5 percent, respectively. By rising of N fertilizer rate from 40 to 140 percent of maize demand, total dry matter yield and grain yield improved about 58 and 63 percent, respectively. Grain yield of Simon cv was higher than other cultivars. Simon cv. had maximum grain yield in the N fertilizer level of 140 % and this increase was observed in 100% N in SC-704 and BC-678 cultivars %. The N utilization efficiency and N use efficiency were also different among maize cultivars. The highest N uptake efficiency was related to SC-704 cv. Moreover, Simon cultivar had the highest N utilization efficiency (38.1 g.kg^{-1}) and N use efficiency (31.3 g kg^{-1}). The lowest N utilization efficiency (32.6 g kg^{-1}) and N use efficiency (26.8 g kg^{-1}) were related to BC-678 cv. Our results also indicated that N fertilizer rate significantly had been affected on N uptake efficiency, N utilization efficiency, and N use efficiency. Increased N fertilizer rate from 40 to 70 percent of maize demand, improved N uptake efficiency and N use efficiency while these measured features decreased by more rising of N fertilizer rate from 70 to 140 percent. N utilization

[1] 1, 2, 3 and 4- MSc Student of Agroecology, Assistant Professor in Crop Ecology, Associate Professor in Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Engineering Science, Razi University, Kermanshah and Assistant Professor in Plant Breeding, Kermanshah Agricultural and Natural Resources and Education Center, Kermanshah, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: f.mondani@razi.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.56935

efficiency decreased about 22 percent (from 38.8 to 30.2 g kg^{-1}) with increased N fertilizer rate from 70% to 140% of maize demand. The highest N utilization efficiency was 30.2 g kg^{-1} that was due to the fertilizer level of 40 percent and the lowest N utilization efficiency was 17.6 g kg^{-1} which was gained through fertilizer level of 140 percent for SC-704 cv.

Conclusion

The results of this study indicated that more traits in different maize cultivars such as grain yield have been improved by increased N fertilizer rate. But, evaluation of traits related to resources use efficiency showed that N use efficiency reduced by rising of N fertilizer rate for all maize cultivars. Therefore, from ecological viewpoint it can be concluded that excessive N fertilizer consumption not only did not improve productivity in the maize agroecosystems but also increased environmental hazard dramatically.

Keywords: Biomass nitrogen, Grain yield, Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen use efficiency

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۶۶-۲۴۸

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 248-266

ارزیابی مدل CliPest در شبیه‌سازی رقابت گندم (*Aestivum triticum* L.) و یولاف وحشی (*Avena ldoviciana* L.) در کرمانشاه

اشکان جلیلیان[۱]، فرزاد مندنی[۲*]، محمود خرمی وفا[۲] و علیرضا باقری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

جلیلیان، ا.، مندنی، ف.، خرمی وفا، م.، و باقری، ع.ر. ۱۳۹۷. ارزیابی مدل CliPest در شبیه‌سازی رقابت گندم (*Aestivum triticum* L.) و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) در کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۶۶-۲۴۸.

چکیده

مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی، ابزار مفیدی در تعیین بهینه‌ترین راهبرد مدیریت زراعی و پایداری تولید در بوم‌نظام‌های کشاورزی به شمار می‌آیند. بنابراین با هدف واسنجی و ارزیابی مدل CliPest در شرایط آب و هوایی کرمانشاه، یک آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و یک آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا گردید. نتایج نشان داد که میزان nRMSE برای عملکرد وزن خشک کل و عملکرد دانه گندم (*Aestivum triticum* L.) به‌ترتیب، ۷/۷ و ۳/۱ درصد میانگین مشاهده شده‌ها و برای وزن خشک کل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) نیز به‌ترتیب، ۲۳/۴ درصد میانگین مشاهده شده‌ها بود. نتایج ارزیابی مدل CliPest نیز نشان داد که میزان nRMSE برای مراحل نموی، عملکرد وزن خشک کل، عملکرد دانه، درصد کاهش عملکرد وزن خشک و عملکرد دانه گندم به‌علت خسارت یولاف وحشی به‌ترتیب، ۲/۴، ۲۴/۳، ۴/۸، ۱۵/۷ و ۱۱/۶ درصد میانگین مشاهده شده‌ها بود. همچنین نتایج شاخص توافق ویلموت و برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با خط ۱:۱ نیز نشان داد که مدل قادر است به‌ترتیب تا بیش از ۹۰ و ۹۵ درصد از تغییرات مشاهده شده صفات مورد بررسی را شبیه‌سازی کند. نتایج نشان داد که مدل CliPest دقت قابل قبولی برای پیش‌بینی تغییرات عملکرد گندم پاییزه در شرایط رقابت با علف هرز یولاف وحشی داشت.

واژه‌های کلیدی: تخصیص مواد فتوسنتزی، رقابت علف‌های هرز، شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی، واسنجی

مقدمه

گندم (*Aestivum triticum* L.) با کشت در ۱۲۵ کشور دنیا، سطح زیر کشت و تولید به‌ترتیب حدود ۲۲۱/۶ میلیون هکتار و ۷۲۸/۹ میلیون تن در سال مهم‌ترین گیاه زراعی است که سهم مهمی در برنامه غذایی انسان‌ها دارد، به‌گونه‌ای که سرانه مصرف آن در ایران حدود ۲۳۲ کیلوگرم در سال است که بیش از دو برابر میانگین مصرف سرانه آن در دنیا است (FAO, 2014). مقدار تولید گندم در ایران نیز حدود ۱۰/۶ میلیون تن است که از مساحتی حدود هفت میلیون هکتار برداشت می‌شود (USDA, 2015). علف‌های هرز جز عوامل مهم خسارت‌زا و کاهنده تولید در مزارع گندم هستند که با جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه موجب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Zarea-Feizabady et al., 2009). یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) با پراکنش جغرافیای وسیع، تولید بذر بالا و قابلیت مقاومت به علف‌کش‌ها از مهم‌ترین علف‌های هرز خسارت‌زا در مزارع گندم به شمار می‌رود (Mondani et al., 2015).

محاسبه خسارت علف‌های هرز بر رشد و عملکرد گندم نیاز به انجام آزمایش‌های متعددی دارد که به‌دلیل تنوع آب و هوایی کشور،

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استادیار اکولوژی گیاهان زراعی و استادیار علوم شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: Email: f.mondani@razi.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.60082

وجود بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها و تغییرات اقلیمی، هزینه‌های زیادی در بر دارد. یکی از روش‌های مناسب و کم‌هزینه برای جایگزینی این مطالعات، استفاده از علم مدل‌سازی در تحقیقات کشاورزی است که در حال حاضر، مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته و می‌توان از آن در پیش‌بینی اثرات رقابت و اقلیم بر فرآیندهای رشد و عملکرد محصولات زراعی استفاده کرد (Willocquet et al., 2000, Rahmani et al., 2015; Deihimfard et al., 2015 Zarakani et al., 2014). از مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو محصولات زراعی می‌توان برای درک واکنش گیاهان زراعی به تغییرات اقلیم، رابطه گیاه و آب، ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک جهت بهبود ژنتیکی عملکرد و بهینه‌سازی کارایی استفاده از منابع بهره برد (Soltani et al., 2006). تحقیقات مزرعه‌ای مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد است، در حالی‌که مدل‌ها می‌توانند با شبیه‌سازی آزمایش‌های وسیع باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه شوند، اما از آن‌جا که این مدل‌ها نمی‌توانند جایگزین آزمایش‌های مزرعه‌ای شوند، بهترین حالت آن است که به عنوان مکمل این آزمایش‌ها استفاده شوند (Dastmalchi et al., 2012). برای مثال نتایج شبیه‌سازی رشد و نمو گندم با استفاده از مدل CDSS-MODEL نشان داد که این مدل با شاخص‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا و رگرسیون خطی یک به یک (۱:۱) بالا قادر بود مراحل نموی را به خوبی شبیه‌سازی کند (Andarzian et al., 2007). همچنین بررسی ضرایب ژنتیکی و ارزیابی مدل DSSAT در پیش‌بینی رشد و نمو و عملکرد گندم پاییزه نیز نشان داد که مدل توانایی قابل قبولی در شبیه‌سازی مراحل نمو فنولوژیک گندم دارد (Mahru-Kashani et al., 2011).

رزوق و همکاران (Rezzoug et al., 2008) در بررسی ضرایب ژنتیکی نه رقم گندم در کشور الجزایر با مدل DSSAT نشان دادند که این مدل از دقت قابل قبولی در پیش‌بینی عملکرد دانه ارقام گندم برخوردار بود، به نحوی‌که مقدار جذر میانگین مربعات خطا حدود ۷۲۰ کیلوگرم بود. بررسی دیگری با مدل CERES-Maize نشان داد این مدل قادر است به خوبی عملکرد محصول و زیست‌توده کل ذرت را با شاخص توافق ویلموت به‌ترتیب، ۰/۹ و ۰/۸۴ درصد پیش‌بینی کند (Haghjoo & Bahrani, 2015.). منذنی (Mondani, 2012) با طراحی مدل CliPest برگرفته از مدل LINTUL1 رقابت گندم پاییزه را در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی بررسی کرده و نشان دادند که میزان جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده برای مراحل نمو فنولوژیک گندم و یولاف وحشی به‌ترتیب، ۱۰/۴ و ۱۴/۵ درصد، متوسط وزن خشک کل گندم و یولاف وحشی در تیمارهای مختلف به‌ترتیب، ۵/۸ و ۷/۶ درصد و کاهش عملکرد دانه گندم به علت رقابت یولاف وحشی ۷/۵ درصد بود. بر این اساس نام‌برده اظهار داشت که مدل دقت قابل قبولی در پیش‌بینی خسارت یولاف وحشی بر عملکرد گندم داشت.

در بین استان‌های کشور، کرمانشاه با سطح زیر کشت حدود ۴۳۱ هزار هکتار و تولید حدود ۸۸۸ هزار تن در سال و سهم ۸/۴ درصدی از تولید سالیانه گندم کشور، در جایگاه سوم تولید قرار دارد (MJA, 2014). با توجه به اهمیت کشت گندم پاییزه و میزان خسارت علف‌هرز یولاف وحشی در اکثر مزارع گندم کشور و استان کرمانشاه این بررسی با هدف شبیه‌سازی رقابت علف هرز یولاف وحشی با گندم پاییزه و در راستای سرعت بخشیدن به آزمایش‌های علمی و حذف آزمایش‌های تکراری، در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

ساختار مدل CliPest[1]

مدل CliPest یک مدل عمومی رشد و نمو گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های زیستی است که توانایی ارزیابی رشد و عملکرد گیاهان زراعی و برهمکنش‌های بین گیاهان زراعی با آفات را دارد (Mondani, 2012). ساختار اصلی این مدل برگرفته از مدل لینتول یک (LINTTUL 1) است که رشد گندم بهاره را برای تولید در شرایط پتانسیل و متناسب با اطلاعات هواشناسی (میزان تشعشع روزانه، درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه) بر اساس کارایی مصرف نور شبیه‌سازی می‌کند (De Wit et al., 1997). در ساختار مدل CliPest ابتدا مراحل نموی (یک متغیر بدون بُعد در ساختار مدل‌ها که بین صفر تا دو در نوسان است. به این صورت که صفر، ۱ و ۲ به‌ترتیب نشان دهنده مرحله نموی سبز شدن، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک است) و فرمان بهاره‌سازی اضافه شد. به این صورت مدل برای شبیه‌سازی رشد و نمو گندم پاییزه اصلاح گردید و سپس با وارد

1- CliPest: A dynamic simulation model for evaluation of climate change impacts, crop yields and losses due to invasion multiple pests damage.

کردن مکانیزم‌های کاهنده محصول (خسارت علف‌هرز یولاف وحشی و آفت سن گندم) برای شرایط تنش‌های زیستی تکمیل گردیده است. ورودی‌های این مدل شامل درجه حرارت‌های کمینه و بیشینه روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد و میزان تشعشع روزانه خورشید بر حسب مگاژول در مترمربع بود که از ایستگاه هواشناسی کرمانشاه تهیه شد.

مشخصات سیستم و مقادیر اولیه متغیرها

تاریخ سبز شدن گندم پاییزه و یولاف وحشی بر اساس خروج ۵۰ درصد گیاهچه‌ها از خاک به‌ترتیب، ۴ و ۷ آذر در نظر گرفته شد. درجه حرارت پایه برای هر دو گیاه، صفر درجه سانتی‌گراد بود (Rezaei et al., 2008; Willenborg et al., 2005). مقادیر اولیه برای شبیه‌سازی وزن خشک کل، برگ، ساقه، ریشه و سنبله گندم به ترتیب، ۱۰، ۰/۵، ۰/۳، ۰/۸ و صفر گرم در مترمربع بود (Willocquet et al., 2000). تمامی مراحل واسنجی و ارزیابی مدل در شرایط ایده‌آل رشد (عدم تنش‌های غیر زیستی همچون آب و نیتروژن و عدم تنش‌های زیستی به جز خسارت علف‌هرز یولاف وحشی) در نظر گرفته شد (Hoogenboom et al., 2015). در نسخه پیشین مدل CliPest به جای مقادیر تخصیص ترکیبات فتوسنتزی به سمت اندام‌های یولاف وحشی (برگ، ساقه، ریشه و اندام‌های ذخیره‌ای) از مقادیر تخصیص مواد فتوسنتزی گندم استفاده شده بود، که در این تحقیق این مقادیر از طریق اندازه‌گیری‌های مستقیم به‌دست آمد و در ساختار مدل جایگزین شد که در بخش واسنجی مدل مراحل کار به‌طور کامل شرح داده شده است.

واسنجی[1] پارامترهای مدل

پارامترهای مورد واسنجی ابتدا از طریق فرآیند آنالیز حساسیت مشخص می‌شود که در این بررسی از میان پارامترهای به‌کار رفته در مدل، کارایی مصرف نور، سطح ویژه برگ (که با اندازه‌گیری مستقیم محاسبه شد)، ضریب خاموشی نور و درجه حرارت پایه گندم پاییزه و یولاف وحشی (که از طریق مرور منابع استخراج شد (Hassanzadeh-Dlouhy et al., 2002; Rezaei et al., 2008)) انتخاب گردید. همچنین مقادیر اولیه وزن خشک گیاهچه، ریشه، ساقه، برگ و اندام ذخیره‌ای یولاف وحشی نیز از روش اندازه‌گیری مستقیم به‌دست آمد. ضرایب تخصیص مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های مختلف یولاف وحشی در مراحل نموی نیز با استفاده از روش اندازه‌گیری مستقیم در گلخانه محاسبه شد.

آزمایش مزرعه

به منظور استخراج پارامترهای مورد نیاز جهت واسنجی و ارزیابی مدل CliPest، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه (عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۸/۶ متر) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. در طرح اجرایی این آزمایش سه تکرار جهت واسنجی و تکرار چهارم جهت تعیین اعتبار مدل در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایش شامل تراکم‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در مترمربع یولاف وحشی بود. نیاز غذایی گندم به عناصر غذایی با توجه به نتایج آزمایش خاک حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل ۴۶ درصد و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره ۴۶ درصد بود (جدول ۱). تمام کود فسفره و یک سوم از کود نیتروژن در مرحله کاشت و مابقی کود نیتروژن به‌صورت سرک در مراحل اوایل ساقه رفتن و ابتدای گلدهی به خاک اضافه شد.

آماده‌سازی مزرعه شامل شخم نیمه‌عمیق، سپس دیسک و کود-پاشی، قبل از کاشت بود. هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول سه متر بود. گندم رقم پیشتاز با دست و در عمق سه تا پنج سانتی‌متری خاک و در ردیف‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. تاریخ دفن بذر گندم و یولاف وحشی ۲۰ آبان ماه و تاریخ کاشت گندم و یولاف وحشی با توجه به اولین بارندگی پس از دفن بذر، ۲۷ آبان ماه در نظرگرفته شد. تراکم نهایی مزرعه ۴۰۰ بوته در مترمربع بود. بذر یولاف وحشی نیز از مزارع اطراف جمع‌آوری شد و سپس برای شکستن خواب از تیمار نیترات پتاسیم دو درصد به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد (Dezhkam et al., 2011). در تمام تیمارها بذر یولاف وحشی با تراکم بالاتر در بین ردیف‌های گندم کشت شد و در مرحله چهار تا پنج برگی، برای رسیدن به تراکم‌های مورد نظر، اقدام به تنک کردن بوته‌ها شد. برای جلوگیری از ایجاد تنش رطوبتی از مرحله نموی انتهای طویل شدن ساقه‌ها، آبیاری هر هفت روز یک‌بار به‌صورت غرقابی صورت گرفت. جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ در ابتدای ساقه رفتن از علف‌کش توفوردی به میزان ۱/۵ لیتر در

1- Model Calibration

هکتار استفاده شد و سایر علف‌های هرز باقیمانده با دست وجین شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental field

عمق (سانتی متر) Depth (cm)	بافت Texture	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	کربن آلی (٪) Organic Carbon (%)	نیتروژن (٪) N (%)	اسدیته خاک PH	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)
0-30	Clay-Silt	43.9	54.4	10.7	1.5	0.15	7.4	282.4	20.6
30-60	Clay-Silt	36.7	46.6	16.7	1.3	0.13	7.4	246.5	4.6

مراحل نموی گندم و یولاف وحشی در بازه زمانی سه روزه، با ظهور علائم هر مرحله نموی (سبز شدن، پنجه‌دهی، ساقه‌دهی، خوشه‌دهی، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک) ثبت گردید. نمونه برداری‌های تخریبی نیز توسط کوادرات (۲۵×۳۰ سانتی‌متر) با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای با شروع طویل شدن ساقه‌های گندم و یولاف وحشی هر ۱۴ روز یک‌بار تا انتهای دوره رشد صورت گرفت. به این صورت که اندام‌های هوایی گیاه ابتدا از سطح خاک برداشت شده و سپس به منظور اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک اندام‌های گیاهی به آزمایشگاه منتقل گردید. جهت تعیین وزن خشک نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده و سپس توزین شد. شاخص سطح برگ گندم و یولاف وحشی نیز توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین شد. جهت اندازه‌گیری کارایی مصرف نور گندم و یولاف وحشی ابتدا میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی کرمانشاه به روش ارائه شده توسط خودریان و ون لار (Goudriaan & Van Laar, 1993) محاسبه شد. کارایی مصرف نور بر حسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم بر مترمربع) و میزان تشعشع جذب شده تجمعی (مگاژول بر مترمربع) محاسبه شد (Zhang et al., 2009). نمونه‌گیری نهایی نیز به این صورت بود که در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از هر کرت از مساحت یک مترمربع نمونه‌برداری نهایی صورت گرفت و سپس نمونه‌ها در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد آون به‌مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد و نهایتاً عملکرد دانه گندم، عملکرد وزن خشک کل گندم و یولاف وحشی به تفکیک تیمارها اندازه‌گیری شد.

آزمایش گلخانه

به‌منظور تعیین میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف یولاف وحشی (برگ، ساقه، ریشه و اندام ذخیره‌ای)، آزمایشی گلدانی در گلخانه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مقدار ۳۵، ۷۰ و ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود که با توجه به مصرف این کود در مزارع گندم انتخاب گردید و سپس از طریق تناسب مقدار کود مصرفی در سطح یک متر مربع در شرایط مزرعه به مساحت هر گلدان (۲۷۰ سانتی‌متر مربع) به‌ترتیب معادل ۳/۱، ۶/۲ و ۱۰/۱ گرم کود اوره در هر گلدان در مراحل اوایل ساقه رفتن و گلدهی اضافه شد. با توجه به برطرف نشدن نیاز سرمایی یولاف وحشی در گلخانه، جهت فرایند بهاره‌سازی، ابتدا بذر یولاف وحشی به مدت ۱۰ دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم دو درصد ضدعفونی (Haghighi-Khah et al., 2013) و پس از جذب رطوبت به مدت ۴۰ روز در دمای دو درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا فرآیند بهاره‌سازی گیاه تکمیل شود (Loskutov, 2001). سپس بذر به گلدان‌های اولیه انتقال داده شد تا بعد از اطمینان از جوانه‌زنی، تعداد گیاهچه مورد نیاز (سه بوته در هر گلدان) به گلدان‌های اصلی انتقال داده شود. آبیاری با توجه به نیاز گیاه هر هفت روز یک‌بار صورت گرفت. جهت بررسی صفات مربوط به ریشه و همچنین نمونه‌برداری‌های تخریبی، گلدان‌ها به‌صورت دست‌ساز و از پلاستیک‌های ورقه‌ای (فلت ساختمانی) ساخته شد که با توجه به مراحل نمونه‌برداری از ۲۰ سانتی‌متر تا یک متر تهیه شد.

با توجه به نمونه‌برداری حذفی در طول آزمایش، هفت گلدان برای هر تیمار در نظر گرفته شد و هفت مرحله نمونه‌برداری همزمان با طی شدن مراحل نمو فنولوژیک (دو برگی، پنجه‌دهی، ساقه‌دهی،

ظهور خوشه‌چه، گلدهی، اواسط پر شدن دانه و رسیدگی فیزیولوژیک) انجام شد، به این صورت که در هر مرحله نمونه‌برداری با اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های یولاف وحشی (برگ، ساقه، اندام ذخیره‌ای و ریشه)، ضرایب تخصیص مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های مختلف اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری بیوماس ریشه‌ها نیز ابتدا خاک گلدان‌ها تخلیه و سپس ریشه‌ها توسط آب شستشو و جداسازی انجام شد. جهت تعیین وزن خشک، ریشه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد و سپس توزین گردید.

شاخص‌های راستی آزمایی مدل

به‌منظور مقایسه آماری و راستی آزمایی پارامترهای به‌کار رفته در مرحله واسنجی مدل CliPest جهت شبیه‌سازی عملکرد وزن خشک کل و دانه گندم پاییزه و همچنین عملکرد وزن خشک کل یولاف وحشی از شاخص‌های جذر میانگین مربعات خطا (RMSE[1]) و جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده (nRMSE[2]) که اختلاف نسبی بین داده‌های شبیه‌سازی شده (S_i) و مشاهده شده (O_i) را نشان می‌دهد، استفاده شد (Nassiri Mahallati, 2008). مقادیر کمتر از ۱۰ درصد برای جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده نشان‌دهنده دقت عالی شبیه‌سازی‌ها، مقادیر ۱۰ تا ۲۰ درصد نشان‌دهنده دقت خوب، مقادیر ۲۰ تا ۳۰ درصد نشان‌دهنده دقت متوسط و مقادیر بالاتر از ۳۰ درصد نشان‌دهنده دقت غیرقابل قبول است (Nassiri Mahallati, 2008).

معادله (۱)
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Si-Oi)^2}{n}}$$

معادله (۲)
$$nRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Si-Oi)^2}{n}} \times \frac{100}{\bar{O}}$$

سنجش اعتبار مدل[3]

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، برای رسیدن به این هدف یک آزمایش مزرعه‌ای با چهار تکرار اجرا شد که از اطلاعات یک تکرار آن جهت تعیین اعتبار مدل استفاده شد. لازم به ذکر است که تمامی مراحل نمونه‌برداری‌های تخریبی و نهایی و همچنین اندازه‌گیری صفات مورد نظر، مشابه سه تکرار مورد استفاده در فرآیند واسنجی مدل بود. به منظور ارزیابی مدل CliPest در شبیه‌سازی مراحل نموی، روند تغییرات وزن خشک کل، عملکرد دانه، درصد کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل گندم پاییزه و همچنین مراحل نموی و روند تغییرات وزن خشک کل یولاف وحشی علاوه‌بر شاخص‌های RMSE، nRMSE از برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ نیز استفاده شد (Nassiri Mahallati, 2008). دیگر شاخص ارزیابی مدل، شاخص آماری توافق ویلموت (d) می‌باشد که در بازه صفر تا یک بیانگر دقت برازش مدل است. به این صورت که هرچه مقدار این شاخص به یک نزدیک شود، نشان از دقت بالاتر مدل دارد (Kiani et al., 2013).

معادله (۳)
$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Si-Oi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|Si-\bar{O}|+|Oi-\bar{O}|)^2}\right]$$

در این رابطه، S_i: مقادیر شبیه‌سازی شده، O_i: مقادیر مشاهده شده، n: تعداد مشاهده‌ها و $\bar{O}$: مقدار میانگین مشاهدات است.

نتایج و بحث

جای‌گذاری پارامترها

پارامترهای مورد نیاز جهت واسنجی مدل CliPest در جدول ۲ آمده است. مقدار کارایی مصرف نور گندم و یولاف وحشی به ترتیب، ۱/۴۵ و ۱/۶۰ و ضریب خاموشی نور نیز به‌ترتیب، ۰/۶ و ۰/۴۸ بود. همچنین سطح ویژه برگ گندم و یولاف وحشی، ۰/۰۱۹ به‌دست آمد. مقادیر اولیه وزن خشک گیاهچه، ریشه، ساقه، برگ و اندام ذخیره‌ای تک بوته یولاف وحشی نیز به‌ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۹ و صفر گرم بود. نتایج تحقیق دیگری نیز مقدار کارایی مصرف نور را برای گندم و یولاف وحشی از ۱/۳۸ تا ۱/۶۲ گرم بر مگاژول گزارش کردند (Ayenehband, 2012). نتایج تحقیقات نشان داده است که یولاف وحشی علاوه‌بر توانایی بالاتر در رقابت با گندم پاییزه از طریق کاهش جذب مواد غذایی، کاهش سطح برگ و کاهش توانایی فتوسنتزی گیاه، با برخورداری ارتفاع بیشتر و توزیع مناسب‌تر برگ به منظور جذب نور بهتر از کارایی مصرف نور بالاتری نسبت به گندم برخوردار است (Blakshaw et al., 2004; Abrahimpour Noorabady et al., 2007; Asadi et al., 2013). از دیگر پارامترهای مورد واسنجی ضرایب تخصیص مواد فتوسنتزی، یولاف وحشی به سمت اندام‌های مختلف در مراحل نموی بود که مقادیر آن

1- Root mean square error
2- Normalized root mean square error
3- Model Validation

ها در جدول ۲ آمده است. تخصیص مواد فتوسنتزی به معنی توزیع ماده خشک حاصل از فتوسنتز گیاه به اندام‌های مختلف در طول فصل رشد است. نتایج نشان داد که با افزایش رشد یولاف وحشی و طی شدن مراحل نمو، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه، برگ و ریشه کاهش و در اندام ذخیره‌ای افزایش یافت. به طور کلی، روند تخصیص ماده خشک در اندام‌های مختلف گیاه طی فصل رشد به این صورت است که در ابتدای فصل بیشترین سهم به برگ‌ها و ریشه‌ها، سپس به ساقه‌ها و در مراحل پایانی نمو (رشد زایشی) به اندام‌های ذخیره‌ای اختصاص می‌یابد (Khadempir et al., 2014).

جدول ۲- پارامترهای واسنجی شده گندم پاییزه و یولاف وحشی جهت استفاده در مدل CliPest

Table 2- Calibration parameters of Winter wheat and wild oat for used in the CliPest model

گیاه Plant	ضریب خاموشی نور Light-extinction coefficient	درجه حرارت پایه (سانتی‌گراد) Basic temperature (° C)	سطح ویژه برگ Specific leaf area	کارایی مصرف نور (گرم بر مگاژول) Radiation use efficiency ($g.MJ^{-1}$)
گندم پاییزه Winter wheat	0.6	0	0.0195	1.45
یولاف وحشی Wild oat	0.48	0	0.019	1.60

ضرایب تخصیص مواد فتوسنتزی و پارامترهای واسنجی شده یولاف وحشی

Assimilates partitioning coefficients and wild oat of calibrated parameters

مراحل نموی Development Stage	ریشه Root	اندام‌های هوایی Shoots	ساقه* Stem	برگ* Leaf	اندام ذخیره‌ای* Storage organs
دو برگی Second leaf	0.362	0.638	0.400	0.600	0.000
پنجه‌دهی Tillering	0.422	0.578	0.400	0.600	0.000
ساقه‌دهی Stem elongation	0.166	0.834	0.412	0.588	0.000
ظهور خوشه‌چه Head emergence	0.094	0.906	0.423	0.503	0.074
گلدهی Flowering	0.111	0.889	0.361	0.250	0.389
اواسط پر شدن دانه Mid-seed filling	0.110	0.890	0.290	0.100	0.610
رسیدگی Maturity	0.074	0.926	0.183	0.100	0.717

مقادیر اولیه وزن خشک (گرم در تک بوته)

Initial quantities of dry weight ($g.plant^{-1}$)

دو برگی Second leaf	0.009	0.02	0.006	0.008	0.000

*: ضرایب تخصیص مواد فتوسنتزی برگ، ساقه و اندام ذخیره‌ای نسبت به اندام هوایی محاسبه شده است.

*: Assimilates partitioning coefficients of leaves, stems and storage tissues calculated ratio to shoots.

واسنجی مدل CliPest

نتایج نشان داد که میزان RMSE روند وزن خشک کل یولاف وحشی در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب، ۷/۳، ۱۵/۳، ۱۸/۷ و ۳۲/۱ در مقایسه با میانگین مشاهده‌شده به‌ترتیب، ۳۶/۴، ۷۴/۷، ۱۰۴/۷ و ۱۴۱/۵ گرم در مترمربع بود. میزان nRMSE نیز برای روند تغییرات وزن خشک کل یولاف وحشی در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در مترمربع یولاف وحشی به‌ترتیب، ۱۹/۹، ۲۰/۵، ۱۷/۹ و ۲۲/۷ درصد میانگین مشاهدات بود که نشان‌دهنده دقت نسبتاً خوب مدل CliPest در شبیه‌سازی روند وزن خشک کل یولاف وحشی و همچنین نتایج استخراج شده از مزرعه

جهت واسنجی مدل بود. میزان RMSE برای وزن خشک کل گندم در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر-مربع به‌ترتیب، ۴۰/۷، ۴۶/۱، ۵۲/۲، ۶۸/۷ و ۷۲/۹ در مقایسه با میانگین مشاهده‌شده به‌ترتیب، ۸۳۳/۶، ۷۵۶/۸، ۶۸۹/۵، ۶۱۸/۵ و ۵۵۸/۴ گرم در مترمربع بود. میزان nRMSE نیز در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در مترمربع به‌ترتیب، ۴/۹، ۶/۱، ۷/۶، ۱۱/۱ و ۱۴/۸ درصد میانگین مشاهده‌شده‌ها بود، که نشانگر دقت بالای مدل CliPest در شبیه‌سازی روند وزن خشک کل بود. میزان RMSE عملکرد دانه گندم در تراکم‌های مختلف علف‌هرز یولاف وحشی معادل ۱۹/۲ در مقایسه با میانگین مشاهدات ۶۱۹/۲ گرم در مترمربع بود. همچنین مقدار nRMSE عملکرد دانه گندم پاییزه نیز در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی ۳/۱ درصد میانگین مشاهدات بود که نشانگر دقت عالی مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه بود. رزوق و همکاران (Rezzoug et al., 2008) نیز در واسنجی ضرایب ژنتیکی ۹ رقم گندم در کشور الجزایر با مدل DSSAT، میزان RMSE عملکرد دانه را ۷۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. همچنین نتایج واسنجی مدل HERMES برای عملکرد دانه دو رقم گندم پاییزه نیز نشان داد که میزان RMSE حدود ۷۹۰ کیلوگرم در هکتار بود (Pohankova et al., 2013). ربیعی و همکاران (Rabie et al., 2012) دریافتند که مدل CSM-CERES-Maize دقت قابل قبولی در پیش‌بینی وزن خشک کل ذرت علوفه‌ای ۷۰۴ دارد که دلیل آن را دقت پارامترهای انتخاب شده در فرآیند واسنجی مدل عنوان کردند که فیض بخش و همکاران (Feyzbakhsh et al., 2016) نیز نشان دادند که میزان nRMSE وزن خشک کل ذرت در واسنجی مدل CERES-Maize حدود ۲/۷ درصد بود.

ارزیابی مدل CliPest

نمو فنولوژیک یولاف وحشی

نتایج شبیه‌سازی مدل نشان داد که یولاف وحشی با کسب به-ترتیب، ۱۴۲۳ و ۱۹۳۳ درجه روز رشد به‌ترتیب در ۱۷۰ و ۱۹۴ روز پس از کاشت به مرحله گلدهی (مرحله نموی ۱) و رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله نموی ۲) رسید. طول دوره رشد رویشی و پر شدن دانه به‌ترتیب ۱۷۰ و ۲۴ روز شبیه‌سازی شد. همچنین نتایج آزمایش مزرعه‌ای نیز نشان داد که طول دوره رشد رویشی و زایشی مشاهده‌شده به‌ترتیب، ۱۶۹ و ۲۵ روز بود. اختلاف بین داده‌های مشاهده شده با شبیه‌سازی شده در فاز رویشی و زایشی گیاه یک روز بود. مقدار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای مرحله نموی سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک یولاف وحشی به‌ترتیب، ۲/۹ و ۲/۷ روز در مقایسه با میانگین مشاهدات بود. مقدار جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده (nRMSE) نیز برای مرحله نموی سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک یولاف وحشی به‌ترتیب، ۲/۸ و ۲/۲ درصد میانگین مشاهده‌ها بود که نشان‌دهنده دقت عالی مدل در شبیه‌سازی مراحل نموی بود. نتایج شاخص توافق ویلموت (d) نیز برای مراحل نموی سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک یولاف وحشی، ۰/۹۹ بود. علاوه بر این، نتایج برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ نیز نشان داد که بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و مدل CliPest قادر بود تا بیش از ۹۹ درصد از تغییرات مشاهده‌شده نمو فنولوژیک یولاف وحشی را به خوبی پیش‌بینی کند (شکل ۱). مندنی و همکاران (Mondani et al., 2015) نیز نشان دادند که مدل CliPest به خوبی می‌تواند مراحل نموی یولاف وحشی را با ضریب رگرسیون، ۰/۹۹ و nRMSE، ۱۴/۵ پیش‌بینی کند که در مقایسه با نتایج این تحقیق دقت کمتری داشت. آن‌ها همچنین اظهار داشتند که طول دوره زایشی یولاف وحشی ۲۴ روز بود که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

وزن خشک کل یولاف وحشی

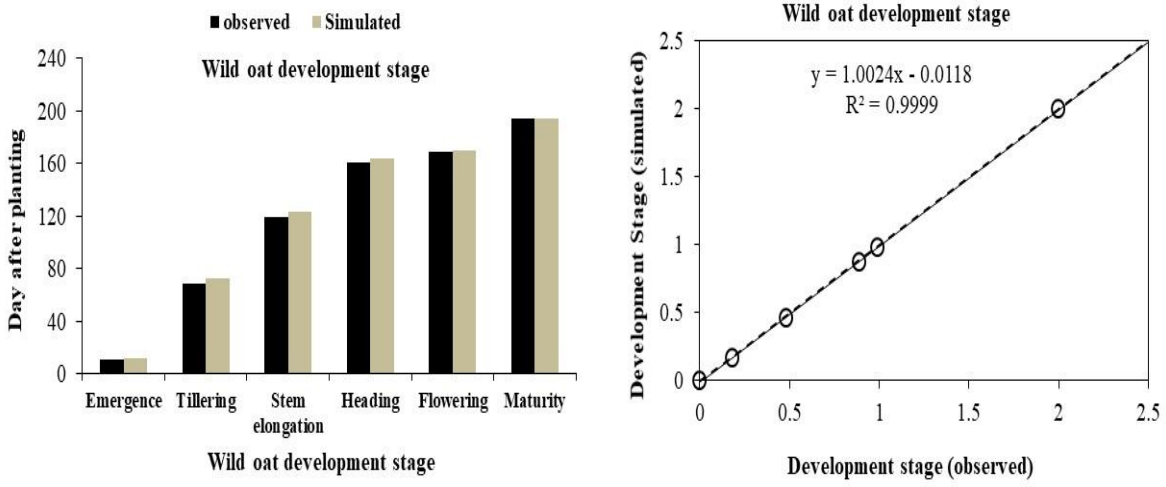
در شرایط مزرعه حداکثر وزن خشک یولاف وحشی در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی به‌ترتیب، ۹۱/۰، ۱۸۲/۸، ۲۶۷/۰ و ۳۲۸/۴ گرم در مترمربع بود و نتایج شبیه‌سازی مدل نیز مقدار این صفت را به‌ترتیب، ۸۷/۷، ۱۷۰/۲، ۲۴۷/۶ و ۳۱۹/۹ گرم در متر مربع پیش‌بینی کرد که نشان دهنده اختلاف اندک بین نتایج مشاهدات و شبیه‌سازی‌ها بود (شکل ۲). میزان RMSE وزن خشک کل در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب، ۸/۷، ۱۶/۶، ۲۶/۷ و ۳۷/۴ گرم و در مقایسه با میانگین به‌ترتیب، ۳۹/۸، ۷۵/۵، ۱۱۵/۷ و ۱۵۳/۵ گرم در مترمربع مشاهده‌شده بود. میزان nRMSE نیز در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در مترمربع به-ترتیب، ۲۱/۹، ۲۱/۲، ۲۳/۱ و ۲۴/۴ درصد میانگین مشاهده‌شده‌ها بود. همچنین نتایج شاخص توافق ویلموت (d) برای وزن خشک کل

یولاف وحشی در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در مترمربع نیز به‌ترتیب، ۰/۹۸، ۰/۹۸، ۰/۹۷ و ۰/۹۷ بود که بیان کننده دقت قابل قبول مدل CliPest در شبیه‌سازی روند وزن خشک یولاف وحشی بود. علاوه بر این، نتایج برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ نیز نشان داد که در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و مدل CliPest توانست بیش از ۹۸ درصد از تغییرات مشاهده‌شده وزن خشک کل را پیش‌بینی کند (شکل ۲).

همان‌طور که نتایج ارزیابی‌ها نشان داد مدل CliPest وزن خشک کل یولاف وحشی را در تمام تیمارهای مورد بررسی کمتر از شرایط مزرعه شبیه‌سازی کرد (شکل ۲). به‌نظر می‌رسد دلیل این اختلاف پیچیده بودن مفاهیم تئوری رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای در شرایط مزرعه بر سر منابع مورد نیاز و همچنین قرارگیری مدل CliPest در دسته مدل‌های ساده از نظر تعداد معادلات و فرآیندهای به کار رفته در ساختار مدل باشد. بنابراین، با شناخت هر چه بیشتر روابط بیولوژیک حاکم بر تغییرات سیستم‌های طبیعی و فرموله کردن آن‌ها و در ادامه ترکیب ساختن این روابط در ساختار اصلی مدل می‌توان دقت پیش‌بینی‌های مدل CliPest را افزایش داد. فلتچر و همکاران (Fletcher et al., 2008) نیز اختلاف اندکی را بین نتایج مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده وزن خشک کل جو و یولاف وحشی توسط مدل Sirius گزارش کردند. همچنین نتایج شبیه‌سازی وزن خشک کل تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) توسط مدل LINTUL1 نیز نشان داد که مدل قادر است با اختلاف اندک تا بیش از ۹۴ درصد از اطلاعات مشاهده شده را پیش‌بینی کند (Gimplinger & Kaul, 2009). مندنی و همکاران (Mondani et al., 2015) نیز میزان nRMSE وزن خشک کل یولاف وحشی در تراکم‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ بوته در مترمربع را به‌ترتیب، ۱۱/۰، ۶/۸، ۷/۷ و ۴/۹ درصد گزارش کردند که نشان دهنده دقت بالای مدل CliPest در پیش‌بینی وزن خشک کل یولاف وحشی بود.

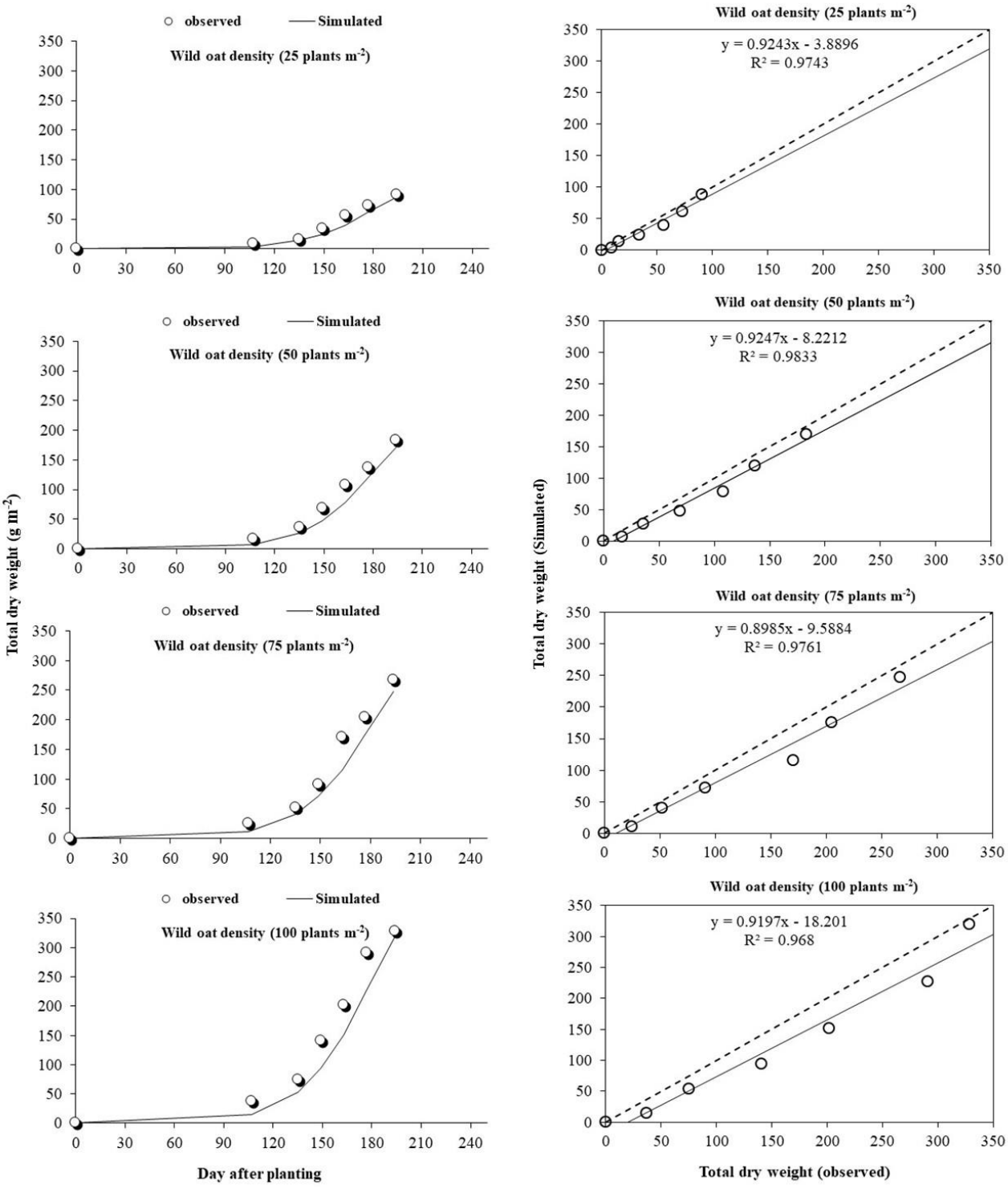
نمو فنولوژیک گندم پاییزه

نتایج نشان داد که گندم پاییزه با کسب به‌ترتیب، ۱۲۷۰ و ۲۲۷۹ درجه روز در ۱۶۲ و ۲۰۷ روز پس از کاشت به مرحله گلدهی (مرحله نموی ۱) و رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله نموی ۲) رسید. طول دوره رشد رویشی و پر شدن دانه به‌ترتیب، ۱۶۲ و ۴۵ روز بود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نیز نشان داد که طول دوره رشد رویشی و زایشی گندم به‌ترتیب، ۱۶۳ و ۴۴ روز بود. اختلاف بین داده‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده فاز رویشی و زایشی ۱ روز بود.



شکل ۱- مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده نمو فنولوژیک یولاف وحشی (شکل چپ) و آنالیز رگرسیون بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده نمو فنولوژیک برای ارزیابی مدل (شکل راست)

Fig. 1- Observed and simulated of wild oat development stages (left) and the regression analysis between simulated and measured development stages for model validation (right)



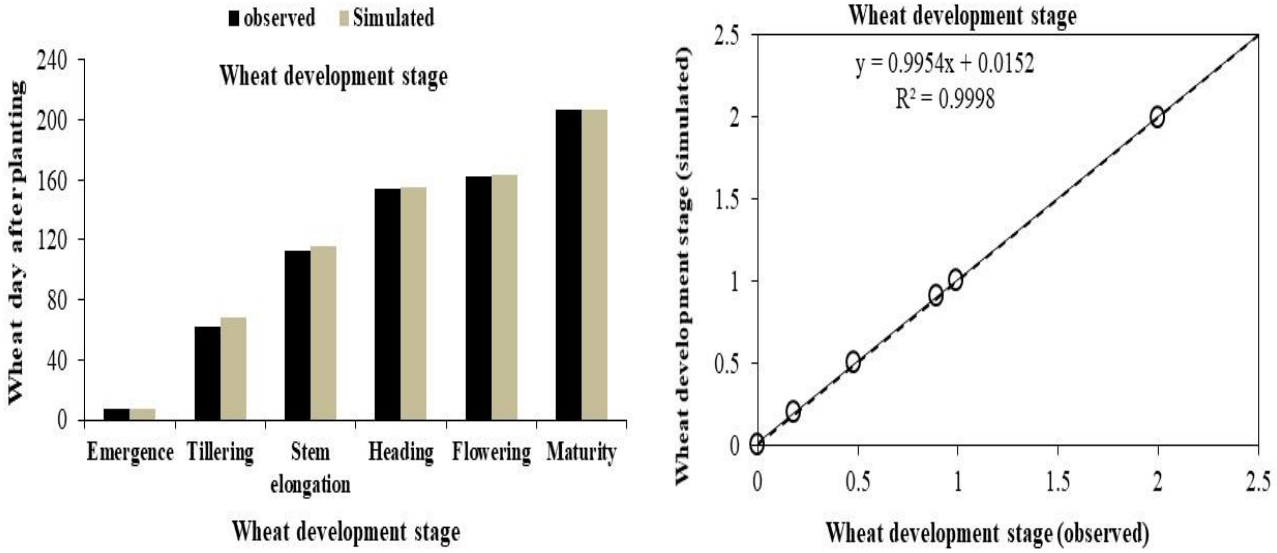
شکل ۲- مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده وزن خشک کل یولاف وحشی (راست) و آنالیز رگرسیون بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده-شده وزن خشک کل برای ارزیابی مدل (چپ)

روند وزن خشک کل مشاهده‌شده (نقاط تو خالی) و شبیه‌سازی شده (خط ممتد) در تراکم‌های مختلف

Fig. 2- Observed and simulated of wild oat total dry weight (right) and the regression analysis between simulated and measured total dry weight for model validation (left)

Observed (hollow points) and simulated (solid line) wild oat total dry weight trend in different densities

هم در شرایط مزرعه و هم در شرایط شبیه‌سازی شده طول دوره رشد رویشی گندم در مقایسه با یولاف وحشی (۱۶۹ روز پس از کاشت) کمتر بود، در حالی‌که طول دوره پر شدن دانه گندم بیشتر از یولاف وحشی (۲۵ روز) بود. دلیل این اختلاف سرعت کمتر رشد یولاف وحشی در مرحله رویشی و همچنین سرعت بیشتر رشد آن در مرحله زایشی نسبت به گندم است (Saadatian et al., 2011; Mondani, 2012). نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که میزان RMSE برای مراحل نموی سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب، ۳/۱ و ۲/۸ روز در مقایسه با مینگین مشاهدات بود. همچنین میزان nRMSE مراحل نموی سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز به‌ترتیب، ۳/۱ و ۲/۴ درصد میانگین مشاهده‌شده‌ها بود که نشان از دقت عالی مدل در شبیه‌سازی مراحل نموی گندم داشت. نتایج شاخص توافق ویلموت (d) نیز برای مراحل نموی سبز شدن تا گلدهی و سبز شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک حدود ۰/۹۹ بود. علاوه بر این، نتایج برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ نیز نشان داد که بین داده‌های مشاهده-شده و شبیه‌سازی شده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و مدل با ضریب رگرسیون ۹۹ درصد توانست تغییرات مشاهده‌شده نمو فنولوژیک گندم را پیش‌بینی کند (شکل ۳). مندنی و همکاران (Mondani et al., 2015) نیز نشان دادند که مدل CliPest به خوبی قادر است مراحل نموی گندم پاییزه را با ضریب رگرسیون ۰/۹۹ و nRMSE، ۱۰/۴ پیش‌بینی کند. نامبردگان همچنین طول دوره زایشی گندم پاییزه را ۴۲ روز گزارش کردند که با نتایج این تحقیق همخوانی بسیار نزدیکی داشت. با توجه به شرایط مختلف در دو منطقه مورد آزمایش، به نظر می‌رسد علت نزدیک بودن طول دوره زایشی گندم در این دو آزمایش می‌تواند به‌علت افزایش شدید درجه حرارت طی فاز زایشی گیاه در دو منطقه مورد بررسی و در ادامه کاهش طول این دوره باشد.



شکل ۳- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده نمو فنولوژیک گندم پاییزه (چپ) و آنالیز رگرسیون بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده نمو فنولوژیک برای ارزیابی مدل (راست)

Fig 3- Observed and simulated of winter wheat development stages (left) and the regression analysis between simulated and measured development stages for model validation (right

وزن خشک کل گندم پاییزه

نتایج مشاهده‌شده روند وزن خشک کل گندم پاییزه نشان داد که تا ۱۲۵ روز پس از کاشت (اوایل ساقه‌دهی) به علت سردی هوا و نیاز به فرآیند بهاره‌سازی، وزن خشک کل از رشد بسیار کندی برخوردار

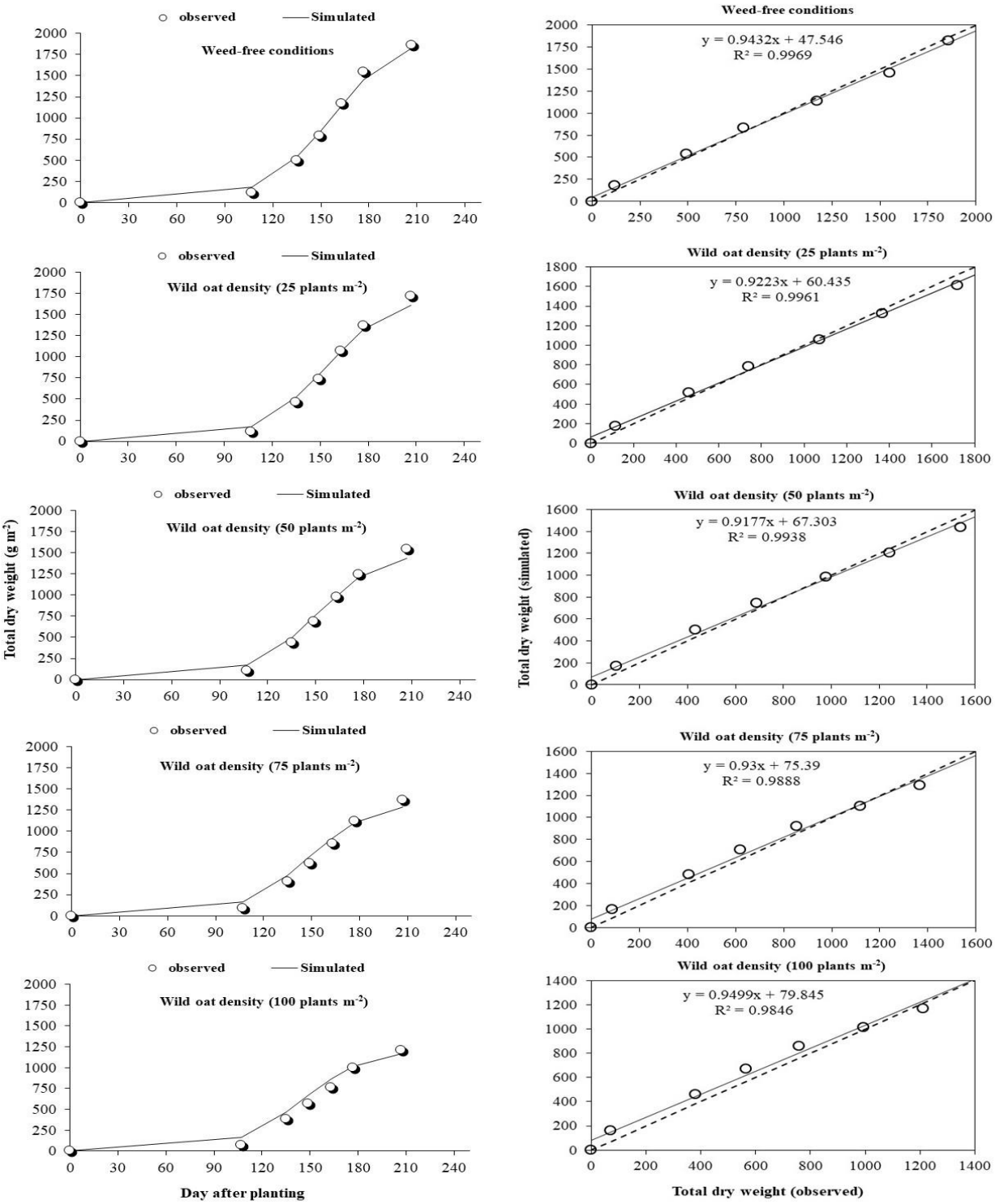
بود، سپس با افزایش دما و همچنین رفع نیاز بهاره‌سازی به تدریج افزایش یافت و در حدود ۲۰۷ روز پس از کاشت (رسیدگی فیزیولوژیک) به حداکثر میزان خود رسید که با نتایج شبیه‌سازی‌ها مطابقت بالای داشت (شکل ۴). در شرایط مزرعه حداکثر وزن خشک کل در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در مترمربع به‌ترتیب، ۱۸۵۹/۰، ۱۷۲۰/۹، ۱۵۳۹/۵، ۱۳۶۷/۴ و ۱۲۱۱/۸ گرم در متر مربع بود و نتایج شبیه‌سازی مدل نیز مقدار حداکثر وزن خشک کل را به‌ترتیب، ۱۸۲۵/۶، ۱۶۱۲/۰، ۱۴۳۶/۲، ۱۲۹۰/۰ و ۱۱۶۷/۴ گرم در مترمربع پیش‌بینی کرد که نشان دهنده اختلاف اندک بین نتایج مشاهدات و شبیه‌سازی شده بود (شکل ۴).

میزان RMSE وزن خشک کل در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در مترمربع به‌ترتیب، ۵۰/۸، ۵۷/۴، ۵۹/۱، ۶۵/۲ و ۷۴/۷ در مقایسه با میانگین به‌ترتیب، ۸۵۴/۵، ۷۸۲/۴، ۷۱۱/۷، ۶۳۶/۰ و ۵۶۸/۸ گرم در مترمربع مشاهده شده‌ها بود. میزان nRMSE نیز در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در مترمربع به‌ترتیب، ۵/۹، ۷/۳، ۸/۳، ۱۰/۲ و ۱۳/۱ درصد میانگین مشاهده شده‌ها بود. همچنین شاخص توافق ویلموت (d) در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در مترمربع به‌ترتیب، ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۹ بود که بیانگر دقت بالای مدل CliPest در شبیه‌سازی روند وزن خشک کل بود. علاوه براین، نتایج برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ نیز نشان داد که در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی اختلاف معنی‌داری به جز در تراکم ۵۰ بوته یولاف وحشی در مترمربع وجود ندارد و مدل CliPest قادر بود تا بیش از ۹۹ درصد از تغییرات مشاهده‌شده وزن خشک کل را پیش‌بینی کند (شکل ۴). به‌طور کلی نتایج ارزیابی وزن خشک کل گندم در تراکم‌های یولاف وحشی نشان داد که تا قبل از مرحله گلدهی مدل CliPest مقادیر شبیه‌سازی شده را کمی بالاتر از مشاهدات مزرعه تخمین زد (شکل ۴). به نظر می‌رسد علت این موضوع اتمام زودتر دوره بهاره‌سازی گیاه در شرایط شبیه‌سازی در مقایسه با مزرعه باشد، زیرا در مدل‌های رشد عامل پیش برنده فرآیند نمو فنولوژیک که بهاره‌سازی نیز جزئی از آن است، درجه حرارت است و سایر عوامل تأثیرگذار بر آن هنوز در مطالعات علمی کشف نشده است (Nassiri Mahallati, 2008). نتایج حاصل از ارزیابی مدل CropSyst در پیش‌بینی وزن خشک کل ارقام گندم در واکنش به تاریخ کاشت نشان داد که این مدل توانست با ضریب رگرسیون به‌ترتیب ۰/۹۲، ۰/۹۰ و ۰/۹۰ وزن خشک کل ارقام کوهدشت، تجن و زاگرس را به خوبی شبیه‌سازی نماید (Dastmalchi et al., 2012).

عملکرد دانه

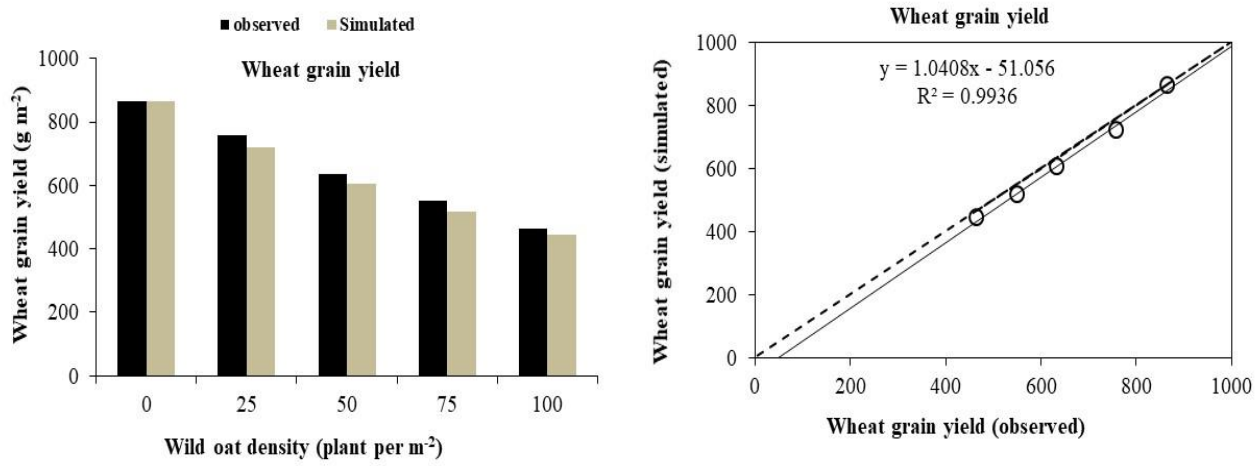
آزمایش مزرعه نشان داد که در تمام تیمارهای آزمایش طول دوره پر شدن دانه گندم حدود ۴۵ روز بود. طول دوره پر شدن دانه تحت تأثیر رقابت یولاف وحشی قرار نگرفت. عملکرد دانه گندم نیز در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر-مربع به‌ترتیب، ۸۶۵/۲، ۷۵۸/۰، ۶۳۴/۲، ۵۵۱/۰ و ۴۶۵/۱ گرم در متر مربع بود (شکل ۵). در فرآیند شبیه‌سازی نیز عملکرد دانه در تراکم-های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در مترمربع به-ترتیب، ۸۶۴/۷، ۷۲۰/۲، ۶۰۶/۶، ۵۱۶/۳ و ۴۴۳/۹ گرم در مترمربع بود که نشان از اختلاف ناچیزی بین داده‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده داشت (شکل ۵).

میزان RMSE عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی، ۲۷/۷ گرم در مقایسه با میانگین ۶۵۴/۷ گرم در مترمربع مشاهده شده بود. میزان nRMSE نیز در تراکم‌های مختلف، ۴/۲ درصد میانگین-های مشاهده شده بود. شاخص توافق ویلموت (d) نیز ۰/۹۹ بود که بیانگر دقت عالی مدل CliPest در شبیه‌سازی عملکرد دانه در تراکم-های مختلف یولاف وحشی است. علاوه بر این، نتایج برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ نیز نشان داد که در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و مدل CliPest قادر بود تا بیش از ۹۹ درصد از تغییرات مشاهده شده عملکرد دانه را پیش‌بینی کرد (شکل ۵). مندنی (Mondani, 2012) نیز مقدار nRMSE را در شبیه‌سازی عملکرد گندم تحت شرایط رقابت با یولاف وحشی توسط مدل CliPest برای شرایط آب و هوایی مشهد حدود ۴/۶ درصد گزارش کردند و نشان دادند که این مدل قادر است تا بیش از ۹۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را شبیه‌سازی کند.



شکل ٤- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده وزن خشک کل گندم پاییزه (راست) و آنالیز رگرسیون بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده وزن خشک کل برای ارزیابی مدل (چپ). روند وزن خشک کل مشاهده‌شده (نقاط تو خالی) و شبیه‌سازی شده (خط ممتد) در تراکم‌های مختلف

Fig. 4- Observed and simulated of winter wheat total dry weight (right) and the regression analysis between simulated and measured total dry weight for model validation (left). Observed (hollow points) and simulated (solid line) total dry weight trend in different densities



شکل ۵- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده نمو عملکرد دانه گندم پاییزه (چپ) و آنالیز رگرسیون بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده عملکرد دانه برای ارزیابی مدل (راست)

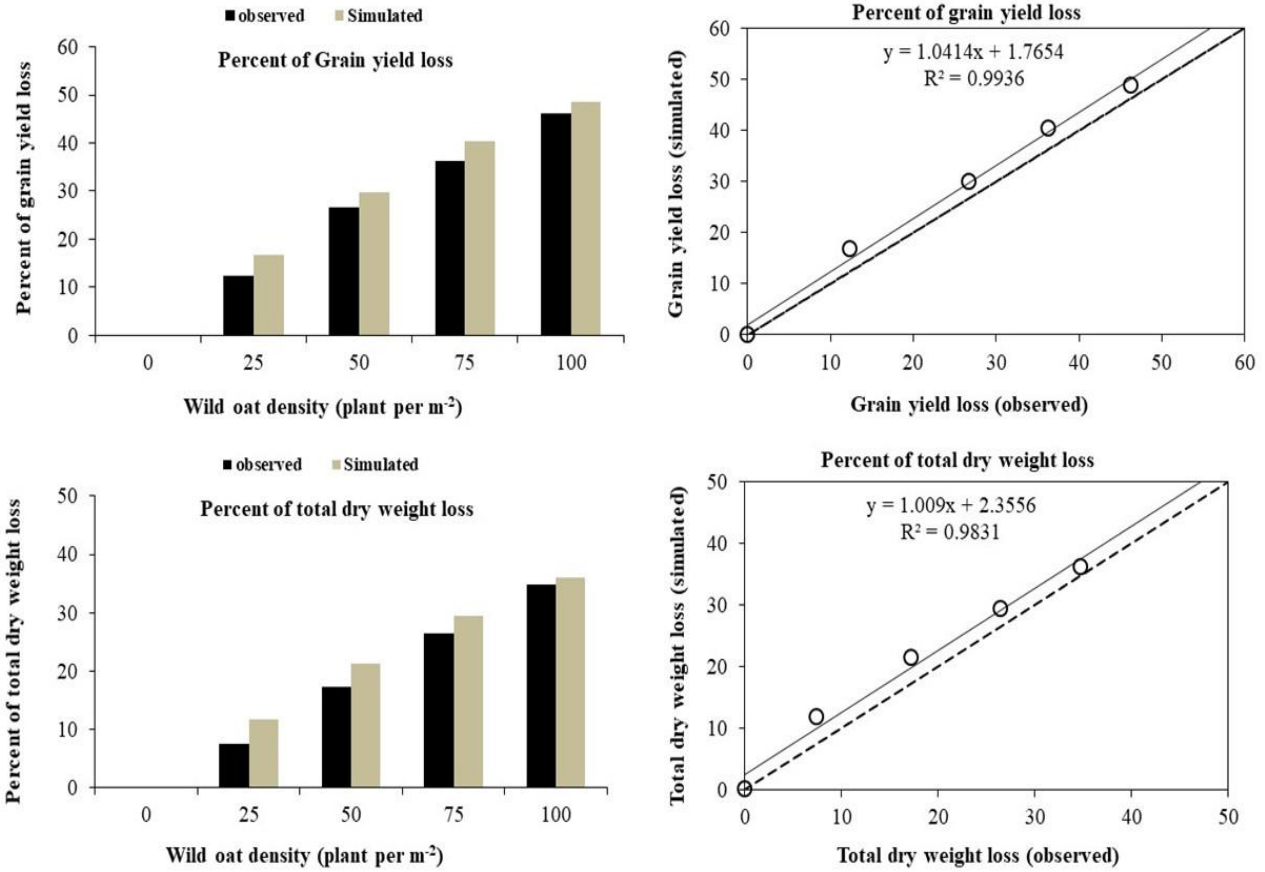
Fig. 5- Observed and simulated of winter wheat grain yield (left) and the regression analysis between simulated and measured grain yield for model validation (right)

درصد کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل

در شرایط مزرعه با افزایش تراکم یولاف وحشی عملکرد دانه و وزن خشک کل گندم پاییزه کاهش یافت (شکل ۶). کاهش عملکرد دانه مشاهده‌شده در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی نسبت به شرایط عاری از علف هرز به‌ترتیب، ۱۲/۴، ۲۶/۷، ۳۶/۳ و ۴۶/۲ درصد بود. کاهش عملکرد دانه شبیه‌سازی شده نیز در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در مترمربع نسبت به شرایط عاری از علف‌هرز به‌ترتیب، ۱۶/۷، ۲۹/۸، ۴۰/۳ و ۴۸/۶ درصد بود. همچنین کاهش عملکرد وزن خشک کل مشاهده‌شده نیز در تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در متر-مربع یولاف وحشی نسبت به شرایط عاری از علف هرز به‌ترتیب، ۷/۴، ۱۷/۳، ۲۶/۴ و ۳۴/۸ درصد بود. در شرایط شبیه‌سازی کاهش عملکرد وزن خشک کل در تراکم‌های ذکر شده نسبت به شرایط عاری از علف‌هرز به‌ترتیب، ۱۱/۷، ۲۱/۳، ۲۹/۳ و ۳۶/۱ درصد بود (شکل ۶). میزان RMSE درصد کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل در تراکم‌های مختلف به‌ترتیب، ۳/۵ و ۳/۴ در مقایسه با میانگین، ۳۰/۴ و ۲۱/۵ درصدی مشاهده شده‌ها بود. میزان nRMSE برای درصد کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل نیز در تراکم‌های مورد بررسی به‌ترتیب، ۱۱/۶ و ۱۵/۷ درصد میانگین مشاهده شده‌ها بود. شاخص توافق ویلموت (d) نیز برای درصد کاهش عملکرد دانه، ۰/۹۸ و برای درصد کاهش عملکرد وزن خشک کل، ۰/۹۷ بود که بیان-کننده دقت بالای مدل در شبیه‌سازی این دو صفت بود. علاوه بر این، نتایج برازش رگرسیون خطی بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با شیب خط ۱:۱ نیز نشان داد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و مدل CliPest توانست تا بیش از ۹۹ درصد از تغییرات مشاهدات درصد کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل را به خوبی پیش‌بینی کند (شکل ۶).

همان‌طور که نتایج این بررسی نشان داد، مدل CliPest درصد خسارت علف‌هرز یولاف وحشی به عملکرد دانه و وزن خشک کل گندم پاییزه را در مقایسه با شرایط مزرعه با اختلاف ناچیزی بالاتر تخمین زده است که دلیل این امر را می‌توان ناشی از شرایط تیمارهای آزمایش مزرعه‌ای دانست، زیرا این احتمال وجود دارد که تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی، دقیقاً به همین تعداد در مترمربع حادث نشده باشد. از دیگر دلایل این اختلاف ممکن است عدم یکنواختی در طی شدن مراحل نمو فنولوژیک یولاف در شرایط مزرعه در مقایسه با شرایط شبیه‌سازی باشد که پیشنهاد می-شود برای افزایش هر چه بیشتر دقت شبیه‌سازی‌ها، پس از شناسایی روابط بیولوژیک حاکم بر این فرایند، عدم یکنواختی در طی شدن مراحل نموی یولاف بصورت فرموله در ساختار مدل CliPest وارد شود. مندنی و همکاران (Mondani et al., 2015) نیز مقدار nRMSE درصد کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل گندم به‌علت خسارت یولاف وحشی را به‌ترتیب، ۷/۶ و ۱۳/۹ درصد میانگین

مشاهده شده‌ها گزارش کردند. اگروال و همکاران (Aggarwal et al., 2006) نیز در ارزیابی مدل InfoCrop مقدار nRMSE درصد کاهش عملکرد وزن خشک کل و دانه گندم در شرایط خسارت علف‌های‌هرز را به‌ترتیب، ۳/۷ و ۴/۷ درصد گزارش کردند.



شکل ٦- مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده درصد کاهش عملکرد وزن خشک کل و دانه گندم پاییزه به علت خسارت یولاف وحشی (چپ) و آنالیز رگرسیون بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده درصد کاهش عملکرد وزن خشک کل و دانه برای ارزیابی مدل (راست)

Fig. 7- Observed and simulated of winter wheat total dry weight and grain yield loss (%) due to wild oat damage (left) and the regression analysis between simulated and measured total dry weight and grain yield loss (%) for model validation (right)

همچنین نتایج بیانگر آن است که افزایش تراکم یولاف وحشی، خسارت شدیدتری به عملکرد دانه گندم نسبت به وزن خشک کل وارد ساخت. به‌نظر می‌رسد علت خسارت بیشتر به عملکرد دانه نسبت به عملکرد وزن خشک کل، ناشی از حساسیت بیشتر عملکرد دانه گندم به رقابت علف‌های هرز به دلیل واکنش بیشتر رشد زایشی گیاهان در مقایسه با رشد رویشی آن و کوتاه بودن طول دوره پر شدن دانه باشد. از طرفی یولاف وحشی تا قبل از مرحله گلدهی گندم دارای ارتفاع بوته کوتاه‌تر یا مساوی با گندم است ولی بعد از مرحله گلدهی گندم ارتفاع یولاف وحشی از گندم بیشتر شده که این موضوع باعث سایه‌اندازی هر چه بیشتر و در نتیجه رقابت شدیدتر برای جذب نور، کاهش نور جذب شده توسط گندم و در نهایت کاهش فتوسنتز جاری و وزن خشک دانه می‌گردد (Moradi-Telavat et al., 2010; Asadi et al., 2013). آرمین و اصغری‌پور (Armin & Asgharipour, 2011) نیز گزارش کردند عملکرد وزن خشک کل و دانه گندم پاییزه با افزایش تراکم یولاف وحشی کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

CliPest یک مدل عمومی رشد و نمو گیاهان زراعی است که می‌تواند خسارت ناشی از تنش‌های زیستی همچون علف‌های هرز و آفات را به محصول با دقت مناسب پیش‌بینی کند. ساختار این مدل به

گونه‌ای است که می‌توان با جایگزینی شاخص‌های مربوط به گیاهان زراعی، علف‌های هرز و آفات متفاوت از آن برای ارزیابی میزان خسارت وارده به گیاهان زراعی مختلف استفاده نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل CliPest قادر بود ویژگی‌های رشدی گندم و یولاف وحشی و همچنین خسارت ناشی از رقابت این علف هرز در تراکم‌های مختلف را به دقت تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه پیش‌بینی کند. به نظر می‌رسد انتخاب دقیق شاخص‌های مورد واسنجی در فرایند ارزیابی حساسیت و همچنین اندازه‌گیری این شاخص‌ها در شرایط مزرعه و گلخانه و جایگزینی آن‌ها در ساختار مدل از دلایل اصلی دقت بالای پیش‌بینی‌ها در اکثر ویژگی‌های مورد بررسی باشد. هر چند در نسخه قبلی این مدل از ضرایب تخصیص مواد فتوسنتزی گندم برای اختصاص مواد به سمت اندام‌های مختلف یولاف وحشی (ریشه، برگ، ساقه و سنبله) استفاده شده است، ولی نتایج حاصل از نسخه فبلی این مدل نیز دقت قابل قبولی در شبیه-سازی مشاهدات مزرعه‌ای در شرایط اقلیمی مشهد داشت (Mondani, 2012) با این وجود، اندازه‌گیری دقیق ضرایب تخصیص یولاف وحشی و جایگزینی آن در ساختار این مدل در تحقیق حاضر موجب افزایش دقت شبیه‌سازی‌ها شد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مدل CliPest دقت قابل قبولی برای پیش‌بینی تغییرات عملکرد گندم پاییزه در رقابت با علف‌هرز یولاف وحشی داشت.

منابع

Aggarwal, P.K., Banerjee, B., Daryaei, M.G., Bhatia, A., Bala, A., Rani, S., Chander, S., Pathak, H., and Kalra, N. 2006. Info Crop: A dynamic simulation model for the assessment of crop yields, losses due to pests, and environmental impact of agro-ecosystems in tropical environments. II. Performance of the model. Agricultural Systems 89: 47-67.

Abrahimpour Noorabady, F., Ayenehband, A., Nour Mohammadi, G.H., Moosavinia, H., and Mesgarbashi, M. 2007. Study of some wheat ecophysiologic indices as influenced by wild oat interaction. Pajouhesh and Sazandegi 73: 117-125. (In Persian with English Summary)

Andarzian, B., Bakhshande, A.M., Bannayan, M., Emam, Y., Fathi, G., and Alami-Saeed, K. 2007. CDSS-Model: A simulation model for simulating crop development stages. Pajouhesh and Sazandegi 76: 71-79. (In Persian with English Summary)

Armin, M., and Asgharipour, M.R. 2011. Effect of plant density on wild oat competition with competitive and non-Competitive wheat cultivars. Agricultural Sciences in China 10: 1554-1561.

Asadi, S., Aynehband, A., and Rahnama, A. 2013. Wheat yield response to the competition stress and different levels of nitrogen. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 365-376. (In Persian with English Summary)

Ayenehband, A. 2012. Production Efficiency of Agroecosystems. Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad. Iran. (In Persian)

Blakshaw, R.E., Molnar, L.J., and Janzen, H.H. 2004. Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. Weed Science 52: 614-622.

Dastmalchi, A., Soltani, A., Latifi, N., and Zeinali, E. 2012. Evaluation of cropsyst-wheat for simulating of development, growth and yield in response to planting date. Iranian Journal of Field Crops Research 10: 511-521. (In Persian with English Summary)

Deihimfard, R., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2015. Simulating the potential yield and yield gaps of sugar beet due to water and nitrogen limitations in Khorasan province using SUCROS model. Journal of Agroecology 7: 315-330. (In Persian with English Summary)

De Wit, C.T. 1997. LINTUL1: A simple general crop growth model for optimal growing conditions (example: spring wheat). Graduate School for Production Ecology. Dept of Theoretical Production Ecology of the Wageningen Agricultural University, and Dloresearch Centre for Agrobiology and Soil Fertility.

Dezhkam, H., Dejam, M., and Zakerian, A. 2011. Breaking dormancy and seed germination of (*Avena loudviciana* L.). National Conference of Agriculture Management, 26 May 2011. Jahrom, Islamic Azad University Jahrom. (In Persian)

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database). 2014. FAOSTAT Production Statistics of Crops. Available: http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E.

Feyzbakhsh, M.T., Kamkar, B., Mokhtarpour, H., and Asadi, M.E. 2016. Calibration and evaluation of the CERES-

maize model in Gorgan climatic conditions. Electronic Journal Crop Production 8: 25-49. (In Persian with English Summary)

Fletcher, A.L., Martin, R.J., Ruiter, J.M., Jamieson, P.D., and Zyskowski, R.F. 2008. Simulating biomass and grain yields of barley and oat crops with the Sirius wheat model. Crop Modeling and Decision Support. Springer Dordrecht Heidelberg London New York p. 192-203.

Loskutov, G.I. 2001. Influence of vernalization and photoperiod to the vegetation period of wild species of oats (*Avena* spp.). Euphytica 117: 125-131.

Gimplinger, D.M., and Kaul, K.P. 2009. Calibration and validation of the crop growth model LINTUL for grain amaranth (*Amaranthus* sp.). Journal of Applied Botany and Food Quality 82: 183-192.

Goudriaan, J., and Van Laar, H.H. 1993. Modeling Potential Crop Growth Processes. Kluwer Academic.

Haghighi-Khah, M., Khajeh-Hosseini, M., and Bannayan-Awal, M. 2013. Effect of different treatments on breaking dormancy of various species of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* and *Echinochloa awal orizy cola*). Journal of Plant Protection 27: 255-257. (In Persian with English Summary)

Haghjoo, M., and Bahrani, A. 2015. Simulation of grain yield and biomass of corn at different irrigation regimes and nitrogen application. Journal of Crop Ecophysiology 9: 167-176. (In Persian with English Summary)

Hassanzadeh-Dlouhy, M., Rahimian-Mashhadi, H., Nassiri Mahallati, M., and Nor-Mohammdi, G. 2002. The competitive effects of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) at different densities. Iranian Journal of Crop Sciences 4: 116-127. (In Persian with English Summary)

Hoogenboom, G., Jones, J.W. P., Wilkens, W., Porter, C.H., Boote, K.J., Hunt, L.A., Singh, U., Lizaso, J.I., White, J.W., Uryasev, O., Ogoshi, R., Koo, J., Shelia, V., and Tsuji, G.Y. 2015. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6 (http://dssat.net). DSSAT Foundation, Prosser, Washington. USA.

Khadempir, M., Zeynali, E., Soltani, A., and Torani, M. 2014. Investigation leaf area index, dry matter accumulation and allocation in two cultivars of faba bean (*Vicia faba* L.) affected by the distance between rows and planting date. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 1: 15-36. (In Persian with English Summary)

Kiani, M., Gheysari, M., and Mostafazadeh-Fard, B. 2013. Estimation of genetic coefficients and evaluation of OILCROP-SUN model under different levels of nitrogen fertilizer. Journal of Water and Soil Resources Conservation 2: 1-11. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M. 2008. Moldling. In: A. Koocheki and M. Khajeh-Hosseini (Eds). Modern Agronomy. Jihade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad, Iran p. 420-445. (In Persian)

Mahru-Kashani, A.H., Soltani, A., Galeshi, S., and Kalate-Arabi, M. 2011. Estimates of genetic coefficients and evaluation of model DSSAT for Golestan province. Electronic Journal Crop Production 3: 229-253. (In Persian with English Summary)

Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. 2014. www.maj.ir.

Mondani, F., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Hajiyan-Shahri, M. 2015. Simulation of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition on winter wheat (*Triticum astivum*) growth and yield. I: model description and validation. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 218-231. (In Persian with English Summary)

Mondani, F. 2012. Simulation effects of climatic change on wild oat and sunn pest damages of winter wheat under Mashhad weather conditions. PhD dissertation Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Moradi-Telavat, M.R., Siadat, S.A., Fathi, G., Zand, E., and Alamisaeid, K. 2010. Effect of nitrogen and herbicide application on competition between wheat and wild oat. Iranian Journal of Crop Sciences 12: 364-376. (In Persian with English Summary)

Pohankova, E., Tranka, M., Hlavinka, P., Takae, J., and Zalu, Z. 2013. Calibration of the crop growth models for winter wheat. Mendel Net 130- 135.

Rabie, M., Mirlatifi, S.M., and Gheysari, M. 2012. Calibration and evaluation of the CSM-CERES-MAIZE model for maize hybrid 704 single-cross in Varamin. Journal of Water and Soil 26: 290-299. (In Persian with English Summary)

Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., and Hadizadeh Azghandi, M. 2015. Effects of climate change on the length of growth stages and water requirement of wheat and barley (Case Study: Birjand Plain). Journal of Agroecology 7: 443-460. (In Persian with English Summary)

Rezaei, P., Soltani, A., Ghaderi, A., and Zeinali, E. 2008. Quantifying the occurrence of thermal stesses in wheat in

Gorgan. Journal Agriculture Science Natural Resource 15: 1-11. (In Persian with English Summary)

Rezzoug, W., Gabrielle, B, Suleiman, A., and Benabdeli, K. 2008. Application and evaluation of the DSSAT-wheat in the Tiaret region of Algeria. African Journal of Agricultural Research 3: 284-296.

Saadatian, B., Ahmadvand, G., and Soleymani, F. 2011. Investigation of growth indices and yield of two wheat (*Triticum aestivum* L) cultivars in competition with rye (*Secale cereale* L.) and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) weeds. Journal of Agroecology 3: 454-467. (In Persian with English Summary)

Soltani, A., Robertson, M.J., Mohammad-Nejad, Y., and Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. Field Crops Research 99: 14-23.

Suriharan, B., Patanothai, A., Pannangpetch, K., Jogloy, S., and Hoogenboom, G. 2007. Peanut lines for breeding applications of the CSM-CROPGRO-Peanut model. Crop Science 47: 607-621.

USDA, Last update on August 15. 2015.

Willenborg, C.J., Shirtliffe, S.J., and William, E. 2005. Wild oat (*Avena fatua* L.) time of emergence and density influence tame oat (*Avena Sativa* L.) yield and quality. Weed Science 53: 342-352.

Willocquet, L., Savary, S., Fernandez, L., Elazegui, F., and Teng, P. 2000. Development and evaluation of a multiple-pest, production situation specific model to simulate yield losses of rice in tropical Asia. Ecological Modelling 131: 133-159.

Zarea-Feizabady, A., Sarban, H., Rajabzadeh, M., and Khazaei, H. 2009. Competitive relationship between wheat cultivars at different densities of wild oat. Iranian Journal of Crop Sciences 7: 465-472. (In Persian with English Summary)

Zhang, Y., Tang, Q., Zou, Y., Li, D., Qin, J., Yang, S., Chen, L., Xia, B., and Peng, S. 2009. Yield potential and radiation use efficiency of ‘‘super’’ hybrid rice grown under subtropical conditions. Field Crops Research 114: 91-98.

Zarakani, F., Kamali, G., and Chizari, A. 2014. The effect of climate change on the economy of rain fed wheat (a case study in Northern Khorasan). Journal of Agroecology 6: 301-310. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 248-266

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۶۶-۲۴۸

Evaluation of CliPest Model in Simulation of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Wild Oat (*Avena ludoviciana* L.) Competition in Kermanshah

A. Jalilian[1], F. Mondani[2*], M. Khoramivafa[2] and A.R. Bagheri[3]

Submitted: 07-11-2016
Accepted: 24-12-2016

Jalilian, A., Mondani, F., Khoramivafa, M., and Bagheri, A.R. 2018. Simulation of competition between winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena ludoviciana* L.) under Kermanshah weather conditions: calibration and validation CliPest model. Journal of Agroecology 10(1): 248-266.

Introduction

Crop growth simulation models are powerful tools in determining optimal agriculture management strategies and the sustainability of production in agroecosystems. These models predict plant growth, water use and yield to understand the response of crops to the dynamics of climate–plant–water systems, to evaluate physiological traits for genetic yield improvement and to help make decisions that optimize use of available resources. Since implementing field research required time and cost, thus computer simulation models can save time and money by simulation doing extensive testing. The CliPest model is a generic dynamic simulation model for evaluation of climate change impacts, crop yields and losses due to invasion multiple pests damage. Therefore, the objectives of the present study were: (1) to calibration of the CliPest model (2) to evaluate the performances CliPest model to simulating winter wheat growth, development and grain yield in different wild oat plant densities under Kermanshah weather condition.

Materials and Methods

A field experiment was done based on randomized complete block design (RCBD) with four replications and a greenhouse experiment was conducted based on completely randomized design (CRD) with three replications to the CliPest model of calibration and validation in the campus of Agriculture and Natural Resources at Razi University during 2014-2015. The treatments were wild oat plant densities (0, 25, 50, 75 and 100 plant m^{-2}) in the field experiment and nitrogen fertilizer application (3.1, 6.2 and 10.1 g urea pot^{-1}) in the greenhouse experiment. The required model inputs were daily solar radiation ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$), and daily minimum and maximum temperature (°C). Model performance was evaluated by comparing simulated and measured values of winter wheat phenological development stages, total dry weight and grain yield for independent wild oat plant densities treatments (fourth replication from the field experiment that did not use in the model calibration process) by root mean square error (RMSE), normalized RMSE (nRMSE) and index of agreement (d).

Results and Discussion

The results of CliPest calibration showed that nRMSE for total dry weight yield and grain yield of winter wheat and total dry weight of wild oat observed 7.7, 3.1 and 23.4% , respectively. The results of CliPest validation showed that nRMSE for phonological development stages, total dry weight yield, grain yield winter wheat observed 2.4, 24.3, 4.8%, respectively and for phenological development stages and total dry weight of wild oat observed 2.2 and 23.4% of , respectively. The nRMSE for percent of total dry weight yield loss by wild oat damage and percent of grain yield loss due to wild oat damage in winter wheat observed 15.7 and 11.6%, respectively. The results of Clipest showed that with increasing of wild oat plant density, total dry weight and grain yield of winter wheat decreased which was agreement by obtained data in the field experiment. The results of index of agreement (d) and r^2 coefficient between observed and simulated data compared to 1:1 line also showed that the CliPest was able to simulate successfully more than 90% and 95% of observed differences in

1, 2 and 3- MSc Student of Agroecology, Assistant Professor in Crop Ecology and Assistant Professor in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Engineering Science, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: f.mondani@razi.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.60082

studied traits, respectively.

Conclusion

The results indicated that the CliPest model was able to simulate successfully the observed growth traits of winter wheat and wild oat as well as wheat yield loss by oat damage in different plant densities under Kermanshah climate condition. It seems that careful selection in calibrated parameters in the sensitivity analysis process, measure these parameters in the field and the greenhouse conditions and use of them in the model structure were the main reason to achieve high accuracy for predictions.

Keywords: Calibration, Crop growth simulation, Partitioning, Validation, Weed competition

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۸۰-۲۶۷

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 267-280

بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و شاخص‌های کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

مهدی شریفی نژاد[۱]، احمد قنبری[۲] و علیرضا سیروس مهر[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

شریفی نژاد، م.، قنبری، ا.، و سیروس مهر، ع.ر. ۱۳۹۷. بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و شاخص‌های کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۸۰-۲۶۷.

چکیده

به منظور بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و کیفیت علوفه کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. تیمارها شامل کاشت خالص ذرت، ۱۰۰٪ ذرت + ۱۵٪ لوبیا، ۱۰۰٪ ذرت + ۳۰٪ لوبیا، ۱۰۰٪ ذرت + ۴۵٪ لوبیا، ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ لوبیا و کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی بود. نتایج نشان داد که جذب نور، رطوبت خاک و دمای خاک سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. کشت‌های مخلوط، میزان تابش جذب شده و رطوبت بیشتری را در طول فصل رشد کسب نمودند و دمای کمتری نیز نسبت به تک‌کشتی خود داشتند. همچنین نتایج نشان داد، شاخص‌های کیفی علوفه، غلظت پروتئین خام (CP) و میزان خاکستر ذرت در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی افزایش یافت و غلظت دیواره سلولی (NDF)، فیبرهای نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF) ذرت کاهش یافت، به‌نحوی‌که بیشترین میزان پروتئین خام (۹/۴۱ درصد)، خاکستر (۱۲/۱۶ درصد) و قابلیت هضم ماده خشک ذرت (۷۲/۷۷ درصد) از نسبت کاشت ۱۰۰٪ ذرت+ ۶۰٪ لوبیا چشم بلبلی و بیشترین میزان NDF (۴۶/۶۶ درصد)، ADF (۲۶/۶۶ درصد) از کشت خالص ذرت به‌دست آمد. به‌دلیل همبستگی منفی بین ADF و قابلیت هضم ماده خشک (DMD) با کاهش یافتن غلظت ADF قابلیت هضم علوفه افزایش پیدا کرد. بیشترین عملکرد علوفه خشک از کشت مخلوط ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ لوبیا (۱۴/۶۱ $t.h^{-1}$) در حالی‌که کمترین عملکرد از کشت خالص لوبیا (۰/۹۳ $t.ha^{-1}$) به‌دست آمد. به‌طور کلی،کشت مخلوط به لحاظ تولید کمی و کیفی علوفه نسبت به کشت‌های خالص برتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، تولید ماده خشک، دمای خاک، سیستم‌های کاشت، منابع رشد

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی از خانواده غلات[۴] دارای تنوع ژنتیکی و سازگاری بالا سومین گیاه زراعی ایران و جهان بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) می‌باشد، در شرایط آبیاری در مقایسه با سایر گیاهان زراعی پتانسیل عملکرد بالاتری دارد (Nour Mohammadi et al., 2007). ذرت از مهمترین گیاهان علوفه‌ای کیفیت غذایی آن پایین‌تر از بقولات اما محصول به‌دست آمده آن‌ها در واحد سطح بیشتر از بقولات است، به‌دلیل وجود مقادیر کافی گلوسیدهای محلول در بافت این گیاه به‌خوبی قابل سیلو شدن است (Karimi, 1996). به‌علاوه، لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) گیاهی از خانواده لگومینوز و زیر خانواده پروانه آساها که منشأ آن را آفریقا بیان کردند، دانه‌های لوبیا چشم بلبلی محتوای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین، ۱/۸درصد چربی ۶۰/۳ درصد کربوهیدارت که نقشی مهم در تغذیهٔ انسان و دام دارد (Majnoon Hoseini, 2008).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استاد و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: asirousmehr@uoz.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.60479
4 -Poaceae

یکی از شیوه‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید بوم-نظام‌های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط کشت است (Raei et al., 2011). کشت مخلوط یک سیستم مدیریت محصول شامل کشت دو یا چند محصول در یک قطعه زمین که حداقل بخشی از دوره رشد و نمو با یکدیگر تداخل داشته، باعث ایجاد رقابت بین گونه‌ها شود (Willey, 1979). کشت مخلوط به عنوان مهمترین راه افزایش تنوع زیستی، در اکوسیستم‌های کشاورزی معرفی شده است (Mazaheri et al., 2006). به دلایل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده مؤثر از منابع رشد در دسترس (نور، آب، مواد غذایی و هوا) (Li et al., 2003). استفاده بهتر از زمین، ثبات عملکرد (Singh & Usha, 2003). بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن حاصل از بقولات و افزایش پوشش سطح خاک در مقابل فرسایش (Lemlem, 2013) می‌باشد. نتایج مطالعات نشان داده است که برتری اکولوژیک کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی نتیجه استفاده کارآمدتر از منابع محیطی، به‌خصوص استفاده از نور خورشید است که این انرژی در طول فرآیند ذخیره شده و تبدیل به زیست‌توده گیاهی می‌شود (Koocheki et al., 2016). بهره‌برداری از منابع، نیازمند تیپ ایده‌آل گیاه زراعی و انتخاب تراکم مناسب کاشت است که در کمترین زمان، تمام آشیان اکولوژیک را اشغال نمایند. در نتیجه استفاده مؤثر از نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت جداگانه داشته باشد (Vander Meer, 1989). در سیستم‌های کشت مخلوط کارآمد، گیاهان C_4 در معرض نور کامل خورشید و گیاهان C_3 در زیر تاج پوشش گیاهی گیاهان C_4 قرار می‌گیرند، هر دو گیاه حداکثر سرعت فتوسنتز را خواهند داشت و بخش اعظم کل نور خورشیدی که به کانوپی برخورد می‌کند، جذب و به ترکیبات آلی تبدیل می‌شود (Awal et al., 2006).

از عوامل مهم تولید در مدیریت گیاهان علوفه‌ای، بالا بودن کیفیت علوفه می‌باشد که موجب افزایش راندمان تغذیه دام می‌شود (Ghanbari & Lee, 2003). در ارزیابی عملکرد کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) کمترین وزن بلال از کشت خالص ذرت و کمترین وزن تک بوته و ساقه ذرت از کشت یک ردیف ذرت دو ردیف بادام زمینی به‌دست آمد، گزارش کردند که بهره‌مندی از عوامل محیطی مؤثر بر رشد گیاه تداوم فتوسنتز و تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی در ساقه و بلال ذرت در مراحل قبل و بعد از گرده‌افشانی می‌تواند از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد علوفه تر ذرت در کشت مخلوط با بادام زمینی تلقی شود (Nabati Nasaz et al., 2016). در کشت مخلوط لگوم‌ها و غیرلگوم نیتروژن تثبیت شده می‌تواند مورد استفاده خود گیاه لگوم قرار گیرد و یا ممکن است از طریق سیستم ریشه به محیط ریزوسفر دفع شود، سبب تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان کشت شده و کاهش رقابت گردد (Frankow & Dahlin, 2013). مناسب‌ترین سیستم‌های کاشت مخلوط یک گیاه لگوم و یک گیاه غلات کشت شود، نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم در دسترس غلات قرار می‌گیرد و غلات اغلب اسیدهای آمینه‌ای را که بقولات با آن مواجه هستند، در جیره غذایی فراهم می‌کنند و مجموعه این دو، رژیم غذایی با کیفیتی را اعم از پروتئین‌ها و کربوهیدارت‌ها برای انسان و دام فراهم می‌کند (Najafi et al., 2012).

لوبیا چشم بلبلی توانایی بالایی در تثبیت نیتروژن خاک‌های فقیر و تحمل سایه‌اندازی را دارد، بنابراین قابلیت رشد و کشت همراه با دیگر غلات را فراهم می آورد به همین منظور، لزوم اجرای آزمایش کشت لوبیا چشم بلبلی با ذرت در اقلیم‌های خشک ضروری است. این آزمایش با هدف استفاده بهینه از منابع، افزایش سودمندی و کیفیت علوفه کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه، دارای اقلیم خشک و بسیار گرم می‌باشد. بر پایه آمار ایستگاه هواشناسی زابل میانگین دراز مدت (۳۰ ساله) بارندگی در منطقه ۶۳ میلی‌متر، میزان تبخیر سالیانه به‌طور میانگین ۵۰۰۰-۴۵۰۰ میلی‌متراست. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار به روش افزایشی انجام شد. تیمارها عبارت بودند از؛ کشت خالص ذرت (M)،۱۰۰ درصد ذرت + ۱۵ درصد لوبیا (M_1)، ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا (M_2)، ۱۰۰ درصد ذرت + ۴۵ درصد لوبیا (M_3)، ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا (M_4) و تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی (C) بود. بذرها، ذرت رقم هیبرید ماکسیما دومنظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) از گروه میان‌رس و لوبیا چشم بلبلی با تیپ رشدی رونده و نامحدود استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of soil in experimental site

بافت (لومی- شنی) Texture (Sandy-loam)			فسفر قابل جذب (میلی‌گرم برکیلو گرم)	درصد نیتروژن	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	اسیدیته
رس (٪) Sand (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Clay (%)	Available P ($mg.kg^{-1}$)	N (%)	Available K ($mg.kg^{-1}$)	EC ($\mu mhos.cm^{-1}$)	pH
68	17	15	13.4	0.04	293	1.9	7.3

عملیات آماده‌سازی زمین مورد نظراز اواسط اسفندماه ۹۳ شخم، دیسک و یک دیسک سبک قبل از کاشت انجام شد. جهت بهبود خصوصیات خاک میزان پنج تن کود دامی پوسیده به همراه ۷۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریبل در هکتار بر اساس آزمون خاک در سطح زمین مورد آزمایش پخش شد و با فرض تثبیت نیتروژن توسط لوبیا چشم بلبلی و تأمین نیاز کودی ذرت از کود نیتروژن باهدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی استفاده نگردید. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، مزرعه کرت‌بندی شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۳ متر شامل پنج ردیف کاشت، فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها یک متر در نظر گرفته شد. تراکم مناسب لوبیا ۱۶۰ هزار بوته و ذرت ۹۰ هزار بوته در هکتار محاسبه شد. در تیمارهای افزایشی ذرت گیاه اصلی و با نظر گرفتن اپتیمم تراکم گیاهی لوبیا چشم بلبلی در زراعت تک‌کشتی (۱۶۰ هزار بوته) تراکم‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درصد محاسبه شد. عملیات کاشت بذرها هر دو گونه روی پشته در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر با تراکم بالا همزمان انجام شد. پس از استقرار کافی گیاهچه‌های اضافی حذف شدند (تاریخ کاشت ۲۰ اسفندماه ۹۳). آبیاری بسته به نیاز گیاهان با دور ۷ روز تا زمان برداشت، به‌صورت جوی پشته‌ای صورت گرفت. عوامل محیطی شامل؛ جذب نور، دمای خاک و رطوبت خاک در طول فصل رشد، دو مرحله ۶۰ و ۷۵ روز پس از کاشت اندازه‌گیری شد. جذب نور توسط پوشش گیاهی با استفاده از دستگاه تشعشع‌سنج (مدل TES 1333) بین ساعت ۱۳-۱۲ در سه نقطه هر کرت به‌صورت تصادفی اندازه‌گیری شد. درصد تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR[1]) جذب‌شده، میزان نور بالای سطح کانوپی (PAR^A) و پایین سطح کانوپی (PAR^B) و بر اساس معادله ۱ محاسبه شد (Tsubo & Waalker, 2005).

$$\%PAR=[1-(\frac{(PAR)B}{(PAR)A})]\times 100$$ معادله (۱)

دمای خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک، سه نقطه از هر کرت بین ردیف‌های میانی اندازه‌گیری و میانگین دمای سه نقطه به‌عنوان دمای خاک آن کرت در نظر گرفته شد. درصد رطوبت خاک سه روز پس از آبیاری مزرعه در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) در سه نقطه بین ردیف‌های میانی هر کرت اندازه‌گیری شد، جذب آب نسبت نور متفاوت می‌باشد. نور عاملی است باید در همان لحظه برای فتوسنتز استفاده شود، بر خلاف آب نمی‌تواند به وسیله سیستم‌های کشت ذخیره شود (Ghanbari-Bonjar, 2000).

تاریخ برداشت در ۱۵ خرداد ۹۴، ذرت در مرحله خمیری دانه و لوبیا چشم بلبلی در مرحله تشکیل غلاف به‌طورهمزمان با رعایت اثر حاشیه‌ای از وسط هر کرت دو مترمربع برداشت شدند، سپس نمونه‌ها تفکیک به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند، وزن خشک آن‌ها تعیین گردید.

جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی با استفاده از معادله ۲، نسبت برابری زمین[1] (LER) محاسبه شد (Vandermeer, 1992).

$$LER = Y_{ab}/Y_{aa} + Y_{ba}/Y_{bb}$$ معادله (۲)

Y_{ab}: عملکرد ماده خشک ذرت در کشت مخلوط، Y_{ba}: عملکرد ماده خشک لوبیا در کشت مخلوط، Y_{aa}: عملکرد ماده خشک ذرت در کشت خالص، Y_{bb} : عملکرد ماده خشک لوبیا در کشت خالص.

برای تعیین ترکیبات شیمیایی علوفه از محصول برداشت شده،

1- Photosynthesis active radiation

ابتدا سه بوته هرگونه (ساقه، برگ و دانه) جداگانه آسیاب نموده، سپس با توجه به عملکرد محصول هر گونه در کشت مخلوط، پودرها را با یکدیگر مخلوط نموده، و صفات کیفی از جمله؛ الیاف نامحلول در شوینده اسیدی،[1] خنثی[2] پروتئین خام و خاکستر[3] اندازه‌گیری شدند. محتوی نیتروژن نمونه‌ها ابتدا با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری، ضربدر ضریب پروتئینی ۶/۲۵ درصد پروتئین خام محاسبه شد (Jensen, 1996). برای تعیین درصد خاکسترخام، دو گرم از نمونه‌ها در بوته چینی ریخته (از هر تیمار سه تکرار) سپس بوته‌ها را در درون کوره الکتریکی به مدت شش ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده، درصد خاکستر نمونه‌ها طبق معادله ۳ محاسبه شد (Jensen, 1996):

معادله (۳) $$\%Ash=(z-x)\ (y-x)\times100$$

X =وزن بوته چینی

y= وزن بوته چینی + نمونه گیاه قبل از کوره

z= وزن بوته چینی + نمونه گیاه بعد از کوره

اندازه‌گیری فیبر نامحلول در شوینده خنثی[4] و اسیدی طبق روش ون سوست انجام شد (Van soest, 1991). درصد ماده خشک قابل هضم طبق معادله ۴ برآورد شد (Aydin et al., 2010).

معادله (۴) $$DDM= 88.9 - (0.779\times ADF\%)$$

در نهایت، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.2 مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)[5] انجام شد.

نتایج و بحث

جذب تابش فعال فتوسنتزی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد، میزان جذب (PAR) در سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). جذب تشعشع در کانوپی تیمارهای مخلوط و کشت خالص لوبیا (C) بیشتر از خالص ذرت بود. افزایش جذب PAR در تیمارهای مخلوط به‌دلیل بسته شدن سریع کانوپی و افزایش پوشش سطح خاک می‌باشد. از نظر میزان جذب PAR تیمار خالص لوبیا با تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. روند جذب نور در سیستم‌های کاشت در ۷۵ روز پس از کاشت نسبت به ۶۰ روز افزایش یافت به نحوی که تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی با ۸۰/۰۵ درصد بالاترین جذب نور را داشت و کمترین جذب نور متعلق به کشت خالص ذرت بود (جدول ۳). به‌دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی آرایش شاخ برگ شکل کانوپی، ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی جذب نور در کشت مخلوط به طور مؤثرتر مورد استفاده قرار گرفت. در سیستم‌های کاشت، ذرت با ارتفاع بلندتر، پتانسیل فتوسنتزی بیشتر و برگ‌های عمودی‌تر و لوبیا گونه کوتاه‌تر از فتوسنتز بالقوه کمتر و برگ‌های افقی‌تر برخوردار می‌باشد، نوری که در بالای کانوپی توسط ذرت جذب نشده در پایین کانوپی توسط لوبیا جذب شده، در نتیجه موجب افزایش کارایی جذب PAR کشت‌های مخلوط شده است. سایر محققین نتایج مشابه‌ای در جذب PAR کشت‌های مخلوط به‌دست آوردند، درکشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بیشترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بوده است، زیرا در این حالت جامعه گیاهی در زمانی کوتاه‌تر زمین را پوشانده و بدین ترتیب، جذب و کارایی استفاده از تشعشع را افزایش می‌دهد (Eskandari & Alizadeh, 2016).

همچنین در کشت مخلوط ارزن و ماش، میزان تشعشع جذب شده در تیمار ۴۵ درصد ماش + ۱۰۰ درصد ارزن در بالاترین میزان خود بود و کمترین تابش جذب شده در تیمار خالص ماش وجود داشت (Khatamipour et al., 2014). در بررسی کشت مخلوط گندم و باقلا (*Vicia faba* L.)، PAR را با کارایی بیشتری نسبت به خالص جذب کردند، چرا که تشعشعات خورشیدی ممکن است به خاطر رشد کم گندم در ابتدای فصل و پیری باقلا در انتهای فصل هدر رود، می‌توان با کشت مخلوط گندم و باقلا با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار گیرد (Ghanbari & Lee, 2003) به طور کلی، با تغییر الگوی کشت خالص به سمت مخلوط تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد، در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) بیشترین تجمع ماده خشک در تیمارهای کشت مخلوط و کمترین میزان در تیمار خالص به‌دست آوردند (Koocheki et al., 2016; Koocheki et al., 2009).

1- Land equivalent ratio
2- Acid detergent fiber
3- Ash
4- Neutral detergent fiber
5- Least significant difference

جدول ۲- تجزیه واریانس جذب نور (درصد)، رطوبت خاک (درصد) و دمای خاک (درجه سانتی‌گراد) در سیستم‌های کاشت

Table 2- Analysis of variance in light interception (%), soil moisture (%) and soil temperature (C°) in planting systems

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	جذب نور Light interception		رطوبت خاک Soil moisture		دمای خاک Soil temperature	
		روز ۶۰ Day 60	روز ۷۵ Day 75	روز ۶۰ Day 60	روز ۷۵ Day 75	روز ۶۰ Day 60	روز ۷۵ Day 75
تکرار Replication	2	11.86	1.53	11.33	19.53	0.18	0.54
سیستم کاشت Planting system	5	8.24*	18.06*	19.58*	29.08*	4.72*	7.28*
خطا Error	10	2.15	6.77	3.34	5.10	0.46	0.55
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		1.94	3.34	11.21	14.26	2.58	2.77

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

*:Significant at the 5% probability level.

محتوی رطوبت خاک: میزان رطوبت خاک تحت تأثیر سیستم‌های کاشت قرار گرفت (جدول ۲). درصد رطوبت خاک کشت‌های مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص آن‌ها بود، بالاترین درصد رطوبت خاک در کشت‌های مخلوط، کمترین نیز از تک‌کشتی ذرت (M) و لوبیا (C) به‌دست آمد (جدول ۳). در کشت‌های خالص به دلیل تراکم کمتر برخورد مستقیم نور، تبخیر سطحی خاک افزایش یافت و در تیمارهای با تراکم بالاتر (M_3 و M_4) جذب آب بهتر صورت گرفته سبب کاهش اتلاف آب از خاک شد. در مناطق خشک کشت مخلوط راه حلی برای حفظ آب به‌شمار می‌رود، زیرا نقش تعرق در کاهش خشک شدن خاک بیشتر از تبخیر است. در این سیستم‌های کاشت، سطح خاک توسط لوبیا چشم بلبلی پوشانده شد و ذرت به‌صورت حفاظت فیزیکی علیه باد موجب شد، انرژی ورودی باد به سطح مزرعه کاهش یابد، در نتیجه بخشی از تبخیر کاهش یافت. از سویی، آبی که توسط گیاه ذرت جذب شده بیشتر در معرض تعرق قرارگرفت، کاهش تبخیر و تعرق از سطح خاک و سطح برگ‌های پایین کانوپی به وسیله سایه‌اندازی ذرت موجب افزایش رطوبت نسبی و حفظ رطوبت خاک کشت‌های مخلوط شد. با میکرواقلیم ایجاد شده سبب بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و تثبیت زیستی نیتروژن توسط گونه لگوم در کشت مخلوط فراهم می‌شود. در مطالعه مشابه انجام شده، در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) رطوبت قابل دسترس را نسبت به محصولات تک‌کشتی گزارش کردند، افزایش شاخص سطح برگ، متراکم‌تر بودن کانوپی باعث حفظ رطوبت خاک و افزایش جذب آب در طول فصل رشد گردید، مزیت کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در مصرف بهینه آب، در مناطق خشک عنوان کردند (Walker & Ogindo, 2003). نتایج پژوهشی نشان داد که بهره‌برداری از منابع در کشت مخلوط افزایش یافت. سیستم کشت مخلوط روشی مناسب است که می‌تواند مقدار آب قابل دسترس گیاه و بهره‌برداری از آن را از طریق تأمین پوشش گیاهی، بهبود نفوذ پذیری خاک (به‌وسیله محافظت آن از برخورد قطرات باران) و نسبت تعرق به تبخیر را افزایش دهد (Mazaheri, 1998).

دمای خاک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دمای خاک تحت تأثیر سیستم‌های کاشت قرار گرفت، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). درجه حرارت خاک در کشت‌های مخلوط به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از کشت خالص آن‌ها بود، بیشترین دمای خاک مربوط به کشت خالص ذرت (M) و کمترین نیز مربوط تیمار مخلوط M_4 بود (جدول ۳). کاهش دما می‌تواند به‌دلیل جذب نور بیشتر و افزایش سایه‌اندازی توسط تاج پوشش گیاهی مخلوط باشد. در مطالعه کشت مخلوط آفتابگردان و باقلا، بوته‌های آفتابگردان با ایجاد سایه‌اندازی موجب تعدیل دمای کانوپی و افزایش دوام سطح برگ باقلا شده است، افزایش رطوبت نسبی و کاهش دمای خاک در نتیجه کاهش خشک شدن و ریزش برگ‌های باقلا

گزارش کردند (Mehmet et al., 2007). در این تحقیق، سایه‌اندازی ذرت موجب کاهش دمای خاک و کاهش تعرق در لایه‌های پایین‌تر کانوپی کشت‌های مخلوط شده است، زیرا هنگامی یک گیاه C_3 در کانوپی گیاه C_4 قرار گیرد اثرات مثبت سایه‌اندازی بیش از اثرات منفی آن است. این موضوع می‌تواند در کارآیی مصرف آب بهبود فتوسنتز و افزایش کلرفیل برگ گیاه لوبیا چشم بلبلی مؤثر باشد. به‌عنوان مثال، در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و ارزن (*Panicum miliaceum* L.) میزان کلروفیل برگ افزایش یافت، علت این امر را ناشی سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط سویا نسبت داده‌اند (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

جدول ۳- مقایسه میانگین جذب نور (درصد)، رطوبت خاک (درصد) و دمای خاک (درجه سانتی‌گراد) در سیستم‌های کاشت

Table 3- Mean comparison light interception (%) Soil moisture (%) of soil temperature (C°) in planting systems

سیستم‌های کاشت Planting system	جذب نور Light interception		رطوبت خاک Soil moisture		دمای خاک Soil temperature	
	Day 60	Day 75	Day 60	Day 75	Day 60	Day 75
M	73.39^{b*}	73.96^{c}	13.33^{b}	11.73^{c}	29^{a}	28.83^{a}
M_1	74.66^{ab}	75.63^{bc}	15.10^{ab}	18.80^{a}	27^{ab}	28.33^{a}
M_2	75.12^{ab}	79.4^{ab}	19.43^{a}	19^{a}	27.56^{ab}	26.13^{bc}
M_3	76.92^{a}	79.42^{ab}	19.16^{a}	17.76^{ab}	26.16^{bc}	25.5^{c}
M_4	78.02^{a}	80.05^{a}	16.66^{ab}	14.8^{abc}	24.5^{c}	25 ^{c}
C	75.96^{ab}	78.41^{ab}	14.24^{b}	13^{bc}	28^{a}	27.66^{ab}
LSD %	3.45	4.32	4.73	4.64	2.16	1.93

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

*Means in each column followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

M: کشت خالص ذرت، M_1: ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۵ درصد لوبیا، M_2: ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا، M_3: ۱۰۰ درصد ذرت + ۴۵ درصد لوبیا، M_4: ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا و C: تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی

M: 100% maize, M_1: 100% maize + 15% cowpea, M_2: 100% maize + 30% cowpea, M_3: 100% maize + 45% cowpea, M_4:100% maize + 60% cowpea and C: 100% cowpea

ارزیابی کیفیت علوفه

پروتئین خام CP: نتایج تجزیه واریانس نشان داد، میزان پروتئین خام سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بود (جدول ۴). کمترین درصد پروتئین خام در تیمار خالص ذرت و بیشترین آن در تیمار خالص لوبیا چشم بلبلی بود. پروتئین خام ذرت در کشت مخلوط افزایش یافت، به‌نحوی‌که بالاترین محتوی پروتئینی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بود (جدول ۵). افزایش درصد پروتئین خام در کشت مخلوط به توانایی تثبیت نیتروژن لوبیا چشم بلبلی ارتباط دارد، ذرت و لوبیا چشم بلبلی در مصرف نیتروژن مکمل هم هستند. بدین صورت که ذرت نیتروژن مورد نیاز خود را از خاک جذب می‌کند، در حالی‌که لوبیا چشم بلبلی قسمت اعظم نیتروژن مورد نیاز از راه تثبیت بیولوژیکی. در نتیجه باعث کاهش رقابت در جذب نیتروژن غیر آلی می‌شود. درصد پروتئین در بافت‌های گیاه لوبیا چشم بلبلی حدود دو برابر ذرت بود، هنگامی که به‌صورت مخلوط مورد استفاده دام قرار گیرد موجب افزایش رشد دام و تولید شیر می‌شود. بنابراین، لوبیا چشم بلبلی را می‌توان به‌عنوان یکی از ارزان‌ترین مکمل‌های پروتئینی در جیره غذایی دام‌ها مورد استفاده قرار داد. در مطالعه مشابه انجام شده گزارش شد، به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی پروتئین خام ذرت افزایش یافت و پروتئین خام لوبیا در کشت خالص حدود دو برابر ذرت بود (Eskandari & Javanmard, 2013). افزایش غلظت پروتئین دانه گندم در کشت مخلوط گندم- باقلا به دلیل کاهش رقابتی لگوم در جذب نیتروژن معدنی خاک عنوان کردند (Yahuza, 2011). همچنین، در کشت مخلوط ذرت و باقلا (*Vicia faba* L.) اثرات کود نیتروژن را پس از برداشت بررسی کردند، کشت مخلوط سبب افزایش جذب N و محتوی پروتئین بالاتر علوفه شد و در کشت خالص باقی‌مانده غلظت نیترات در خاک را گزارش شد. کشت مخلوط یک استراتژی مهم به جهت کاهش آلودگی ناشی از نیترات باقی مانده، در مقایسه با کشت خالص می‌باشد (Stoltz & Nadeau, 2014).

فیبر نامحلول در شوینده خنثی [1](NDF)

فیبر نامحلول در شوینده اسیدی [2](ADF)

میزان NDF و ADF در سیستم‌های کاشت ($p\leq0.05$) تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۴). مقدارNDF از دیواره سلولی کل، متشکل از بخشADF (سلولز و لیگنین) به علاوه همی‌سلولز تشکیل شده، مقدار فیبر شوینده خنثی در فرمول جیره‌نویسی دام‌ها مهم می‌باشد، زیرا مقدار مصرف علوفه را توسط دام را نشان می‌دهند (Van soest, 1991). در آزمایش حاضر، تیمار خالص ذرت دارای بالاترین میزان فیبر نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی بود، با افزایش درصد لوبیا در نسبت‌های کاشت، سبب متعادل‌تر شدن غلظت‌های NDF و ADF علوفه شد (جدول ۵). به دلیل فیبری‌تر بودن نسبت ساقه به برگ گیاه ذرت است که مقدار سلولز، لیگنین و همی‌سلولز در تیمار خالص ذرت افزایش یافت و نسبت بالای برگ به ساقه گیاه لوبیا چشم بلبلی، میزان پروتئین خام افزایش و بخش‌های خشبی و لیگنینی علوفه کاهش یافتند.

محتوی الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF) نشان‌دهنده سهم دیواره سلولی در علوفه بوده که شامل لیگنین و سلولز است، این صفت نشانگر قابلیت هضم علوفه توسط دام می‌باشد، معمولاً با افزایش این شاخص از قابلیت هضم علوفه کاسته می‌شود (Albayrak et al., 2011).

در بررسی کشت مخلوط باقلا و گندم محتوی پروتئین خام، کربوهیدرات‌های محلول در آب (Wsc) افزایش و محتوی الیاف شوینده خنثی(NDF) و اسیدی (ADF) کاهش یافتند (Ghanbari & Lee, 2003). کشت مخلوط لگوم و گراس علاوه بر این‌که هر دو ماده مغذی کربوهیدرات و پروتئین وجود دارد، دیگر خصوصیات کیفی علوفه نیز بهبود پیدا می‌کند، به‌طوری‌که در آزمایشی با هدف بررسی عملکرد کیفی کشت مخلوط ذرت و نخود (*Cicer arietinum* L.) بیان شد که NDF در کل تولید کاهش می‌یابد، از این رو ترکیب لگوم با ذرت علوفه‌ای می‌تواند غلظت‌های NDF و ADF را کاهش دهد که نشان دهنده افزایش جذب علوفه است (Kirksey & Laurial, 2004).

خاکستر: میزان خاکستر در سیستم‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بود (جدول ۴). بیشترین میزان خاکستر را تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی و کمترین میزان آن از کشت خالص ذرت به‌دست آمد با افزایش درصد لوبیا چشم بلبلی در نسبت‌های کاشت، به میزان خاکستر علوفه نیز افزوده شد (جدول ۵). افزایش خاکستر می‌تواند به‌دلیل بهبود جذب عناصر غذایی در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت باشد. خاکستر انواع املاح و مواد معدنی مورد نیاز دام، اعم از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را تأمین می‌کند. این مواد جهت فعالیت‌های متابولیکی و سلامت دام لازم است، درصد خاکستر به‌طور مستقیم با کیفیت علوفه مرتبط است (Anil et al., 2000). نتایج مشابهی نیز در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (Dahmardeh et al., 2010)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) (Ghanbari et al., 2016). مبنی بر جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش درصد خاکستر گردیده است.

قابلیت هضم ماده خشک DMD: بین سیستم‌های کاشت از نظر قابلیت هضم ماده خشک تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). تیمار خالص ذرت دارای کمترین و تیمار خالص لوبیا دارای بیشترین قابلیت هضم ماده خشک را داشتند. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بالاترین قابلیت هضم علوفه مربوط به تیمار ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ لوبیا چشم بلبلی به میزان ۷۲/۷۷ درصد بود (جدول ۵). قابلیت هضم ماده خشک (DMD) تحت تأثیر میزان فیبر نامحلول در شوینده اسیدی قرار گرفت. به‌دلیل همبستگی منفی بین ADF و قابلیت هضم ماده خشک، با کاهش یافتن غلظت ADF قابلیت هضم علوفه (DMD) افزایش پیدا کرد.

در مطالعه کیانی و همکاران (Kiani et al., 2014) در کشت مخلوط جو و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) افزایش قابلیت هضم علوفه گزارش کردند که بالاترین میزان پروتئین خام و قابلیت هضم ماده خشک از تیمار ۱۰۰ درصد رازیانه و بالاترین میزان فیبرخام از تیمار ۱۰۰ درصد جو به‌دست آمد. در بررسی کشت مخلوط ۲ رقم هیبرید ذرت (۳۰۱ و ۷۰۴) با ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.)، گاودانه (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) و لوبیا بیان داشتند که بیشترین قابلیت هضم ماده خشک در کشت مخلوط ذرت هیبرید ۳۰۱ با گاودانه، ماشک گل خوشه‌ای و لوبیا چشم بلبلی حاصل شد (Javanmard & Eskandari, 2014).

1- Neutral detergent fiber
2- Acid detergent fiber

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های کیفیت علوفه و عملکرد علوفه خشک ذرت و لوبیا چشم بلبلی در سیستم‌های کاشت

Table 4- Analysis of variance (mean of squares), forage quality indices and dry matter yield of maize and cowpea in cropping systems

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	پروتئین خام Crude protein	فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	قابلیت هضم ماده خشک Digestible dry matter	خاکستر Ash	عملکرد علوفه خشک ذرت Maize dry forage yield	عملکرد علوفه خشک لوبیا چشم بلبلی Cowpea dry forage yield
تکرار Replication	2	1.45	4.32	3.90	2.81	0.18	2.46	24.20
سیستم کاشت Planting system	5	34.55*	168.75*	9.64*	13.53*	9.18*	392850.2*	6306000*
خطا Error	10	0.38	13.58	1.80	1.26	0.17	8.217	44.70
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		6.83	6.70	5.93	1.56	7.71	2.34	0.29

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

*: Significant at the 5% probability level.

جدول ٥- مقایسه میانگین پروتئین خام CP، فیبر نامحلول در شوینده‌های خنثی NDF، اسیدیADF، ماده خشک قابل هضم DMD، خاکستر Ash و عملکرد علوفه خشک ذرت و لوبیا چشم بلبلی در سیستم‌های کاشت

Table 5- Mean comparisons for crude protein CP, NDF, ADF, DMD, ash and dry forage yield maize and cowpea in the planting systems

سیستم‌های کاشت Planting system	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) Acid detergent fiber (%)	قابلیت هضم ماده خشک (درصد) Digestible dry matter (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	عملکرد علوفه خشک ذرت (تن در هکتار) Maize dry forage Yield ($t.h^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک لوبیا چشم بلبلی (تن در هکتار) Cowpea dry forage Yield ($t.h^{-1}$)
M	6.22^{e}	46.66^{a}	25.66^{a}	69.27^{c}	8.66^{d}	11.63^{e}	-
M_1	6.78^{de}	42.33^{ab}	22.30^{bc}	71^{bc}	9.83^{cd}	12.22^{d}	0.93^{e}
M_2	7.53^{cd}	37.66^{b}	23.60^{ab}	70.83^{bc}	9.5^{cd}	12.44^{b}	1.65^{d}
M_3	8.03^{c}	40.33^{b}	22.43^{bc}	71.51^{b}	11.16^{bc}	12.30^{c}	1.91^{c}
M_4	9.41^{b}	38.16^{b}	22^{b}	72.77^{b}	12.16^{ab}	12.56^{a}	2.05^{b}
C	15.46^{a}	24.50^{c}	20.06^{c}	75.48^{a}	13.16^{a}	-	4.72^{a}
LSD (%)	1.23	6.70	2.39	2.03	0.76	5.38	8.58

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

*Means in each column followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

M: کشت خالص ذرت، M_1: ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۵ درصد لوبیا، M_2: ۱۰۰ درصد ذرت + ۳۰ درصد لوبیا، M_3: ۱۰۰ درصد ذرت + ۴۵ درصد لوبیا، M_4: ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا و C: تیمار خالص لوبیا چشم‌بلبلی

M: 100% maize, M_1: 100% maize + 15% cowpea, M_2: 100% maize + 30% cowpea, M_3: 100% maize + 45% cowpea, M_4:100% maize + 60% cowpea and C: 100% cowpea

عملکرد نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثـر تیمارهـای مختلـف

کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بر عملکرد ماده خشک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴) بیشترین عملکرد علوفه خشک ذرت در کشت مخلوط از نسبت کاشت ۱۰۰ درصد ذرت و ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی با ۱۲/۵۶ و کمترین علوفه خشک آن از کشت خالص با ۱۱/۶۳ تن در هکتار به‌دست آمد. بیشترین عملکرد علوفه خشک لوبیا از کشت خالص با ۴/۷۲ تن در هکتار از کشت خالص حاصل شد. با افزایش تراکم لوبیا، حداکثر تا ۹ بوته (۴۵ درصد) در متر مربع، عملکرد لوبیا افزایش به طور معنی‌داری افزایش یافت، عملکرد ۱۲ بوته (۶۰ درصد) با تفاوت کمتر افزایش یافت. کاهش عملکرد نسبت ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی می‌تواند به علت رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای در کشت مخلوط باشد. بیشترین مجموع عملکرد دو گونه از تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا با ۱۴/۶۱ تن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). در مطالعات کشت مخلوط ذرت و باقلا- گندم و باقلا نشان دادند که کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی گونه‌ها محصول بیشتری تولید می‌کند و همچنین پایداری بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند درصد ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، ظرفیت کاتیون تبادلی و فعالیت‌های آنزیمی خاک را بیشتر حفظ می‌کند (Wang et al., 2015). در پژوهش حاضر نیز، تفاوت در پتانسیل تولیدی علوفه خشک گونه‌ها مشاهده شد. از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد استفاده بهتر از منابع (جذب نور و آب) و افزایش جذب عناصر غذایی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. در سیستم‌های کشت مخلوط احتمالاً تراوش اسیدهای آلی از ریشه دو گیاه موجب انحلال فسفات‌های نامحلول خاک شده و در نتیجه فسفر قابل جذب در دسترس گیاه ذرت قرار گرفته است. مزیت کشت مخلوط برای غلات از طریق مکانیسم‌های تسهیل شده توسط لگوم که مسئول دسترسی به فسفر معدنی توسط اسیدی شدن ریزوسفر طی تثبیت N_2 است. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است، عملکرد دانه ذرت در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به کشت خالص ذرت افزایش یافت (Latati et al., 2014). نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که وزن خشک، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط با ذرت افزایش یافت (Maurice et al., 2010).

یکی از شاخص‌های مهم در تعیین کیفیت علوفه نسبت دانه به کل بیوماس می‌باشد. گیاهانی مانند سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و ذرت در اواخر دوره رشد نسبت دانه به علوفه آن‌ها افزایش می‌یابد، نسبت دانه به کل زیست‌توده بخش عمده‌ای از تولید را به خود اختصاص می‌دهد (Young et al., 1996). برداشت ذرت در مرحله خمیری عمدتاً دانه‌ها دارای ترکیبات قابل هضمی مانند نشاسته و پروتئین هستند، باعث افزایش کیفیت علوفه می‌شود و هچنین ذرت در مرحله خمیری حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد رطوبت دارد، سیلو کردن آن با گیاهان خانواده لگوم به‌نحو مطلوب انجام می‌شود. فرآیند سیلو کردن گیاهان خانواده لگوم به‌تنهایی به‌دلیل مقدار اندک محصول و گلوسیدهای محلول به آسانی انجام نمی‌شود، از طرفی، سیلو خالص ذرت محتوای پروتئین و قابلیت هضم پایین‌تری برخوردار است. از این رو، بهتر است سیلو گیاهان لگوم همراه با ذرت انجام شود که در کشت مخلوط این امکان فراهم شد.

ارزیابی کشت مخلوط

برای محاسبه سودمندی کشت مخلوط و مقایسه آن با کشت خالص از شاخص LER استفاده شد، نسبت برابری زمین در سیستم‌های کشت مخلوط بالاتر از یک به‌دست آمد (جدول ۶). در کشت مخلوط علی رغم اینکه دو گونه باهم به رقابت می‌پردازند باعث افزایش عملکرد می‌شود بیشترین LER =۱/۵۱ از تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد. معادل ۵۱ درصد افزایش بهره‌برداری از زمین نسبت به کشت خالص نشان داد. در رابطه با شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط کنجد و بادام زمینی گزارش شد، مخلوط ۶۶ درصد کنجد- ۳۳ درصد بادام زمینی بالاترین LER در مقایسه با تیمارهای دیگر دارد (Haruna et al., 2013). در مطالعه کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی با اثر فاصله ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، بیشترین عملکرد بادام زمینی از فاصله ردیف کمتر به‌دست آمد، دلیل این امر را افزایش تعاملات بین گونه‌ای در مخلوط ۵۰ درصد ذرت – ۵۰ درصد بادام زمینی و تسهیل در استفاده از نور، آب و منابع دیگر نسبت داده و نتیجه گرفتند که در یک سیستم کشت مخلوط علاوه بر تفاوت‌های مورفولوژیکی و ساختار اجزای تشکیل‌دهنده، فواصل مطلوب بین ردیف‌های کاشت از عوامل مؤثر بر شاخص‌های رقابتی و سودمندی کشت مخلوط محسوب می‌شوند (Rajaii et al., 2014).

جدول ٦- مقادیر عملکرد نسبی و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی
Table 6- Relative yield and land equivalent ratio in intercropping maize with cowpea

سیستم‌های کاشت Planting systems	عملکرد ذرت در کشت مخلوط/ عملکرد ذرت در کشت خالص Ymc/Ymm	عملکرد لوبیا در کشت مخلوط/ عملکرد لوبیا در کشت خالص Ycm/Ycc	نسبت برابری زمین LER
M_1	1.05	0.19	1.24
M_2	1.07	0.34	1.41
M_3	1.05	0.40	1.45
M_4	1.08	0.43	1.51

Ymc: محصول ذرت در کشت مخلوط، Ymm: محصول ذرت در تک‌کشتی، Ycm: محصول لوبیا در کشت مخلوط، Ycc: محصول لوبیا در تک‌کشتی، Total LER : نسبت برابری کل

Ymm and Ycc: are yields of pure stands of maize and cowpea, Ymc and Ycm: are yields of maize and cowpea in the intercropping system, respectively. LER: land equivalent ratio

M_1: ۱۰۰٪ ذرت + ۱۵٪ لوبیا، M_2: ۱۰۰٪ ذرت + ۳۰٪ لوبیا، M_3: ۱۰۰٪ ذرت + ۴۵٪ لوبیا، M_4: ۱۰۰٪ ذرت + ۶۰٪ ذرت

M_1: 100% maize + 15% cowpea, M_2: 100% maize + 30% cowpea, M_3: 100% maize + 45% cowpea, M_4:100% Maize + 60% Cowpea

نتیجه‌گیری

نتایج کلی آزمایش نشان داد کـه LER در سیسـتم‌هـای کشـت مخلوط بالاتر از یک به‌دست آمد، اجرای کشت مخلوط در مقایسه بـا کشت خالص سودمند بود، افزایش LER بیانگر بهره‌بـرداری مـؤثر از منابع، به‌ویژه آب و تابش خورشـیدی اسـت. عـلاوه بـر ایـن، کشـت مخلوط سبب افزایش کیفیت علوفه شد. نظر به اینکه از عوامـل مهـم تولید در مدیریت گیاهان علوفه‌ای بالا بودن کیفیت علوفه مـی‌باشـد. استفاده از کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی سبب افزایش کیفیت علوفه از لحاظ محتوی پروتئینی شد، به نحوی‌که از تیمار ۱۰۰ درصد ذرت+ ۶۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بـالاترین عملکـرد علوفـه خشـک، درصد پروتئین و قابلیت هضم ماده خشک حاصل شد. بنابراین، کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی را می‌توان به‌عنوان یکی از راهکارهای افزایش امنیت غذایی، تلفیق زراعت و دامپروری در مناطق گرمسیری و اراضی کم بازده مورد استفاده قرار داد.

سپاسگزاری

بـدین‌وسـیله از مسـئولین آزمایشـگاه تحقیقـات و پژوهشـکده کشاورزی دانشگاه زابل به‌جهت همکاری تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary)

Albayrak, S., Turk, M., Yukel, O., and Yilmaz, M. 2011. Forage yield and quality of perennial legume – grass mixtures under rainfed conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici 39(1): 114-118.

Anil, L., Park, J. and Phipps, R.H. 2000. The potential of forage- maize intercrops in ruminant nutrition. Animal Feed Science and Technology 85: 157-164.

Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.

Aydın, N., Mut, Z., Mut, H., and Ayan, I. 2010. Effect of autumn and spring sowing dates on hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes. Journal of Animal and Veterinary Advances 9(10): 1539-1545.

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)

Eskandari, H., and Javanmard, A. 2013. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize (*Zea*

mays) and cow pea (*Vigna sinensis*). Journal of Agricultural Science 23(4): 102-110.

Frankow-Lindberg, B.E., and Dahlin, A.S. 2013. N_2 fixation, N transfer, and yield in grassland communities including a deep-rooted legume or non-legume species. Plant and Soil 370: 567-581.

Ghanbari, S., Moradi Telavat, M.R., and Siadat, S.A. 2016. Effect of manure application on forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 17(4): 315-328. (In Persian with English Summary)

Ghanbari-Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean as a low-input forage. Wye College. University of London. PhD dissertation, London, England.

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: effect of nitrogen on forage yield and quality. Journal of Agricultural Science 138: 311-314.

Haruna, M., Aliyu, L., and Maunde, S.M. 2013. Competitive behavior of groundnut in sesame/groundnut intercropping system under varying poultry manure rates and planting arrangement. Sustainable Agricultural Research 2(3): 22-26.

Javanmard, A., and Eskandari, H. 2014. Investigation of some competition and forage quality indices in different intercropping patterns of maize with vetch, common bean, bitter vetch and berseem clover. Journal of Crop Production 7(3): 89-108. (In Persian with English Summary)

Jensen, E.S. 1996. Grain yield, symbiotic N_2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea of barley intercrops. Plant and Soil 182: 25-38.

Karimi, H. 1996. Forage Crops Breeding and Cultivation. Tehran University Publications, Tehran, Iran. (In Persian)

Khatamipour, M., Asgharipour, M.R, and Sirousmehr, A. 2014. Intercropping benefits of foxtail millet (*Setaria italica*) with Mungbean (*Vigna radiata*) as influenced by application of different manure levels. Journal of Agricultural Science 24(3): 76-90.

Kiani, S., Siadat, S.A., Moradi-Telavat, M.R., Abdali-Mashhadi., A.R., and Sari, M. 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on forege yield and of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 16(2): 77-90. (In Persian with English Summary)

Kirksey, R.E., and Laurialt, L.M. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern high plains, USA. Journal of American Society of Agronomy 96: 352-358.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology 1(1): 13-23. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Solouki, H., and Karbor, S. 2016 .Evaluation of radiation absorption and use efficiency in substitution intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Vigna radiata* L.). Advances in Plants and Agriculture Research 3(5): 109-124.

Latati, M., Blavet, D., Alkama, N., Laoufi, H., Drevon, J.J., Gérard, F., Pansu, M., and Ounane, S.M. 2014. The intercropping cowpea–maize improves soil phosphorus availability and maize yields in an alkaline soil. Plant and Soil 85: 181-191.

Lemlem, A. 2013. The effect of intercropping maize with cowpea and lablab on crop yield. Herald International Journal of Agriculture and Forestry 2(5): 156-170.

Li, L., Zhang, F., Li, X., Christie, P., Sun, J., Yang, S., and Tang, C. 2003. Interspecific facilitation of nutrient uptake by intercropped maize and faba bean. Nutrient Cycling in Agroecosystems 65(1): 61-71.

Majnoon Hoseini, N. 2008. Culture and Production Leguminous, Tehran University Publication Jahad, Tehran. Iran. (In Persian)

Maurice, G., Albert, N., and Isidore, T. 2010. Altering time of intercropping cow pea (*Vigna unguinculata* L.) relative to maize (*Zea mays* L.): A food Production strategy to increase crop yield attributes in Adamawa-Cameroon. Journal of Agricultural Science 6: 437-458.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Press of Tehran University. Tehran, Iran 160 pp. (In Persian)

Mazaheri, D., Madani, A., and Oveysi, M. 2006. Assessing the land equivalent ratio (LER) of two corn (*Zea mays* L.) varieties intercropping at various nitrogen levels in Karaj, Iran. European Journal of Agriculture 7(2): 359-364.

Mehmet, S.O., Sezgin, U., and Ali, G. 2007. The effect of light interception and light use efficiency with different sowing time of bean (*Vicia faba*). International Journal and Engineering Sciences 2(1): 87-91.

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)

Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Oustan, S. 2012. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. Journal of Crop Production 23(1): 101-113. (In Persian with English Summary)

Nour Mohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2007. Cereal Production: Ahvaz Shahid Chamran University Press, Ahvaz, Iran. (In Persian)

Raei, Y., Bolandnazar, S.A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142.

Rajaii, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Mousavi Nik, S.M. 2014. Evaluation of the effects of density and weeds control on corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices. Journal of Agroecology 7(4): 473-487. (In Persian with English Summary)

Singh, B., and Usha, K. 2003. Nodulation and symbiotic nitrogen fixation of cowpea genotypes as affected by fertilizer nitrogen. Jorurnal of Plant Nutrition 26(2): 463-473.

Stoltz, E., and Nadeau, E. 2014. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) Field Crops Research 169: 21-29.

Tsubo, M., and Walker, S. 2005. A model of radiation interception and use by a maize /bean intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 110: 203-215.

Van Soest, P.J. 1991. Methods of fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.

Vander Meer, J.H. 1992. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, New York, USA.

Vander Meer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press Cambridge, UK.

Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. Physics and Chemistry of the Earth 28: 919-926.

Wang, Z., Bao, X., Li, X., Jin, X., Zhao, J., Sun, J., Christie P., and Li, L. 2015. Intercropping maintains soil fertility in terms of chemical properties and enzyme activities on a timescale of one decade. Plant and Soil 391: 265-282.

Willey, R.W. 1979. Intercropping: its importance and research needs. Competition and yield advantages. Journal of Crop Science 32: 1-10.

Yahuza, I. 2011. Wheat /faba bean intercropping system in perspective. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 6(1): 62-69.

Young, M.A., Dake, B.S., Sonon, R.N., Holthaus, D.L. and Bolsen, K.K. 1996. Effect of grain content on the nutritive value of whole–plant grain sorghum silage.Rep. Prog.756. Kansas Agricultural Experiment Station. Kansans State University, Manhattan, KS.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 267-280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۸۰-۲۶۷

Evaluation of the Ecophysiological Aspects and Forage Quality Indices in the Intercropping of Maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.)

M. Sharif Nejad[1], A. Ghanbari[2] and A.R. Sirousmehr[3*]

Submitted: 07-01-2017
Accepted: 26-02-2017

Sharif Nejad, M., Ghanbari, A., and Sirousmehr, A.R. 2018. Evaluation of the ecophysiological aspects and forage quality indices in the intercropping of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Journal of Agroecology 10(1): 267-280.

Introduction

Intercropping is a crop management system involving two or more crop species grown together for at least portion of their respective productive cycle and planted sufficiently close to each other so that inter specific competitions occurs. The reason of yield advantage of intercropping are mainly that environmental resources such as water, light and nutrients can be utilized more efficiently in intercropping than in the respective sole cropping systems. Intercropping system is one the efficient crop production managements with minimum adverse effects on the environment, using the principles of ecological agriculture.

Materials and Methods

In order to study the ecophysiological aspects and forage quality intercropping maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.), an experiment was conducted based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the Research Farm, University of Zabol in 2015. The experimental treatments were: sole cropping of maize, 100% maize + 15% cowpea, 100% maize + 30% cowpea, 100% maize + 45% cowpea, 100% maize + 60% cowpea and sole cropping of cowpea. Each plot consisted of five rows planting, with a distance of 60 cm length was formed five meters. Maize and cowpea seeds were simultaneously sown. Photosynthesis active radiation (PAR) was measured between 12-13 hours on occasions. Mean values for each plot were then used to calculate the percentage of PAR interception by plant canopy as follows:

$$\%PARi = [1- (PARb / PARa)] \times 100$$

Where the subscript i designates intercepted PAR, a and b subscripts designate PAR above and below the plant canopy, respectively. Corn in the dough stage of grain and cowpea were at physiological maturity stage, harvest was carried out simultaneously. Samples dried at 70°C for 48 h and weighed.

The crude protein content was calculated by multiplying the Kjeldahl nitrogen concentration by 6.25. ADF (acid detergent fiber) and NDF (neutral detergent fiber) concentrations were measured. Digestible dry matter (DDM) were estimated. DDM = 88.9-(0.779 x ADF % dry matter basis)

Intercropping advantage and competition between maize and cowpea in intercrops were calculated LER was used to quantify the efficiency of the intercropping treatments: LER = Ymm/ Ybb + Ymb/ Ycc where Ymm and Ycc are yields of pure stands of maize and cowpea, Ymc and Ycm are yields of maize and cowpea in the intercropping system, respectively (Willey, 1979). Statistical computations using SAS software and comparison of means were tested by LSD at $P<0.05$ level.

Results and Discussion

Physiological and morphological differences between intercrop components affect their ability of using environmental resources, light interception and water. The results showed that intercropping systems had a significant effect on environmental resources consumption, where intercropping systems had more light interception and water compared to sole crops. Maximum absorption of photosynthesis active radiation in the canopy cropping system 100% maize + 60% cowpea and the cropping systems also mixed, soil temperature was lower compared to sole cropping. Crude protein concentration and maize ash mixed with cowpea increased, cell wall concentrations and acid detergent fiber (ADF) maize reduced. The highest protein content (%9.41), dry matter digestibility (72.77), and ash (12.16) obtained in mixed 100% maize + 60% cowpea. The highest neutral

1, 2 and 3- Former MSc student, Professor, and Asistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: asirousmehr@uoz.ac.ir)

detergent fiber (46.66%) and ADF (26.66%) obtained from sole cropping maize. Due to the negative correlation between the ADF and DMD, ADF Reducecaused increase DMD. The highest dry matter yield of treatment 100% maize + 60% cowpea With (14.61 t ha^{-1}), while the least yield obtained from the culturing of cowpea (0.93 $t.ha^{-1}$). Intercropping systems showed superiority over pure cultures in terms of qualitative and quantitative production of forage.

Conclusion

The results of this study showed that the total yield of forage can be improved by adding cowpea ratios to the maize pure stand. The calculated LER exceeded unity the intercrops, showed that resources such as water, light and nutrients utilized more efficiently in intercropping than in the respective sole cropping systems. Based on the overall results of the experiment considering total forage yield and quality, 100M+60 C intercrop could be suggested farmers to produce acceptable higher amount of forage in quality than sole cropping of maize.

Keywords: Cropping systems, Crude protein, Dry matter production, Soil temperature, Sources growth

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص.۲۹۸-۲۸۱

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p 281-298

ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در خراسان جنوبی

سید محمد جعفر اصفهانی[۱]، کریم نادری مهدیی*[۲]، حشمت اله سعدی[۲] و آرش دوراندیش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۳

اصفهانی، س.م.ج.، نادری مهدیی، ک.، سعدی، ح.ا.، و دوراندیش، آ. ۱۳۹۷. ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در خراسان جنوبی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۹۸-۲۸۱.

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در استان خراسان جنوبی انجام شده برای این منظور از رویکرد ارزیابی چرخه حیات (LCA) استفاده و برای ارائه نتایج کاربردی‌تر و همچنین تخمین ظرفیت کاهش اثرات زیست محیطی با تکنیک تحلیل فراگیر داده‌ها ترکیب شد. اطلاعات مورد نیاز با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه رو در رو با کشاورزان و کارشناسان کشاورزی گردآوری و با استفاده از بسته نرم‌افزاری DEAP 2.1 , Simapro 7 تجزیه و تحلیل شد. اثرات زیست‌محیطی برای تولید یک تن ذرت علوفه‌ای و با استفاده از روش IMPACT 2002^{+} که ۱۵ شاخص اثر میانی و چهار شاخص اثر پایانی را شامل می‌شود، ارزیابی شد. نتایج کارایی نشان داد میانگین کارایی فنی و کارایی خالص فنی و کارایی مقیاس به‌ترتیب ۰/۸۰، ۰/۹۳ و ۰/۸۶ است. نتایج ارزیابی چرخه حیات نشان داد که بیشترین بار محیطی در کشت ذرت علوفه‌ای مربوط به شاخص مواد آلی غیر تنفسی و پس از آن شاخص‌های اثر گرمایش جهانی، انرژی تجدیدناپذیر و مواد سرطان‌زا در رده‌های بعد قرار دارند. ارزیابی طبقات آسیب نشان داد که بیشترین تأثیر بر روی شاخص سلامتی انسان بوده و شاخص تغییرات اقلیم و منابع در رده‌های بعدی قرار دارند. نتایج شاخص‌های اثر در صورتی‌که واحدهای ناکارا با اصلاح الگوی مصرف خود را به مرز کارایی برسانند، بین ۳/۲۸ درصد (اثر مواد سرطان‌زا) تا ۲۸/۲۵ (مسمومیت خاکی) درصد کاهش خواهند یافت. شاخص‌های اثر استخراج مواد معدنی با ۲۵/۰۱ درصد کاهش و اشغال زمین و امواج یونیزه کننده با ۲۰/۸۱ درصد پس از شاخص اثر مواد سرطان‌زا بیشترین میزان کاهش را نشان دادند. همچنین در بین نهاده های تولید الکتریسیته، کود حیوانی و انتشار دورن سیستمی مهمترین نقش را در تأثیرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه داشتند. اصلاح نظام آبیاری و سیستم پمپاژ آب به منظور کاهش مصرف آب و الکتریسیته و همچنین ترغیب و آگاهی بخشی به کشاوزان در جهت استفاده بهینه از کودهای شیمیایی و استفاده از کود سبز به جای سایر کودها به منظور کاهش اثرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه حیات، تحلیل پوششی داده‌ها، طبقات آسیب

مقدمه

در سال‌های گذشته بحث در مورد پایداری زیست‌محیطی، تولیدات کشاورزی را نیز شامل شده است. هرچند توسعه کشاورزی در مواجه با نیاز روزافزون غذا برای جمعیت در حال رشد امری اجتناب-ناپذیر است، ولی در کنار آن پیامدهای ناطلوب زیست محیطی رخ می‌دهد که نیازمند چاره‌جویی و اصلاح است (Aghasafari & Ghorbani, 2014). جهت دستیابی به پایداری در این بخش لازم است تا منابع تولید به بهترین وجه ممکن استفاده شوند تا ضمن کاهش مصرف منابع، سودآوری و رفاه کشاورزان نیز افزایش یابد (Rahmani et al., 2016). در مواجه با نیازهای پیچیده این چنینی، محققان در سراسر جهان ابزارهای پژوهشی مختلفی را توسعه داده‌اند تا چرخه حیات محصول را تحلیل کرده و و اثرات ایجاد شده در فرآیند تولید محصول را اندازه‌گیری کند و پیشنهاداتی برای بهبود تمام مراحل تولید به جهت ارتقاء کاریی زیست محیطی داشته باشد

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار، بخش کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، دانشیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان و دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: kndery@basu.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v10i1.60850

(Cederberg & Mattsson, 2000). ارزیابی چرخه حیات[1] (LCA) یک روش قوی و مفید برای ارزیابی اثرات زیست محیطی یک جریان تولیدی است که با یک رویکرد جامع تمام مراحل چرخه زندگی تولید را بررسی می‌کند (Nikkhah et al.,2014). ارزیابی چرخه حیات روشی استاندارد شده به‌وسیله ISO[2] است که با استفاده از سیاهه مواد، نهاده‌ها و انتشار متناظر با هر مرحله از چرخه زندگی تولید را تعیین و در غالب سهم کمی آنها در طبقه اثر خاص بیان می‌کند (Pérez Gil et al., 2013) و شامل چهار مرحله تعریف محدوده، تحلیل و جمع-آوری داده‌ها، ارزیابی اثرات و تفسیر است (Khoshnevisan et al., 2013). یکی از خصوصیات منحصر به فرد LCA این است که تمام اثرات زیست محیطی محصول یا خدمت را در طول چرخه حیات پیگیری می‌کند و تمامی اثرات زیست محیطی ممکن که در تمامی مراحل تولید محصول مورد توجه قرار می‌گیرد (Mohammadi et al., 2013). از سوی دیگر، ترکیب روش ارزیابی چرخه حیات با دیگر روش‌های مدیریتی مثل تحیل فراگیر داده‌ها (DEA)[3] به تصمیم-گیرندگان کمک خواهد کرد تا بتوانند نتایج کاربردی‌تر و تفسیر پذیرتر از تحقیقات ارائه کنند(Khoshnevisan et al., 2015) . این روش پس از محاسبه کارایی واحدهای تولیدی، اثرات زیست‌محیطی تولید محصول را در حالتی نشان می‌دهد که تمامی واحدها با تعدیل مقدار مصرف نهاده به صورت کارا عمل کنند. در سال‌های گذشته مطالعاتی در زمینه ترکیب روش DEA و LCA انجام شده است که به طور نمونه می‌توان به مطالعات (Mohammadi et al., 2015; Vazquez-Rowe et al., 2012; Mohammadi et al., 2013; Iribarren et al., 2010; Iribarren et al., 2011; Iribarren et al., 2013; Vázquez-Rowe & Iribarren, 2011; Khoshnevisan et al., 2015) اشاره کرد. خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2015) با استفاده از ترکیب دو روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) نشان دادند که در صورت استفاده کارآمد از منابع، اثرات زیست‌محیطی تولید خربزه (*Cucumis melo* L.) در ایران تا هشت درصد کاهش خواهد یافت (Khoshnevisan et al., 2015). با ترکیب روش DEA با LCA ظرفیت کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در ایران را تا ۲۵ درصد تخمین زدند (Mohammadi et al., 2015). ظرفیت کاهش اثرات زیست‌محیطی مزارع دامپروری در اسپانیا با استفاده از ترکیب LCA و DEA، ۳۰ درصد گزارش شده است (Iribarren et al., 2011).

هر چند در ایران نیز طی سال‌های گذشته مطالعاتی در زمینه ارزیابی چرخه حیات در بخش کشاورزی انجام شده است، ولی این مطالعات اولاً طیف محدودی از طبقه‌بندی اثرات را لحاظ کرده‌اند و ثانیاً تمرکز آن‌ها اغلب در منطقه شمال و غرب کشور بود و شرق ایران که آب و هوایی متفاوت دارد کمتر در نظر گرفته شده است.

استان خراسان جنوبی به عنوان شرقی ترین استان کشور، قابلیت‌هایی در زمینه کشاورزی دارد و بخش عمده از درآمد و اشتغال در این منطقه مربوط به بخش کشاورزی است. بروز پدیده خشکسالی و بالا رفتن قیمت علوفه در این منطقه سبب شده تا کاشت ذرت علوفه‌ای در این استان جاذبه اقتصادی بالایی داشته باشد و سطح زیر کشت و میزان تولید آن افزایش پیدا کند (Anon, 2015). لذا با توجه به اهمیت پایداری زیست‌محیطی در تولیدات کشاورزی لازم است تا در کنار مسائل اقتصادی، تولید این محصول از منظر زیست‌محیطی نیز به صورت جامع مورد ارزیابی قرار گیرد تا شناخت جامع‌تری نسبت به تولید این محصول به‌دست آید. بنابراین، در این مطالعه سعی شده است تا با استفاده از ترکیب روش LCA و DEA اثرات زیست-محیطی تولید این محصول مورد بررسی قرار گیرد تا با شناخت بهتر از تولید محصول راهکارهایی جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی ارائه شود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه و جمع آوری داده‌ها

استان خراسان جنوبی شرقی‌ترین استان ایران با میانگین بارندگی سالانه ۱۳۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه، ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد است. این استان بین ۵۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. بخش کشاورزی در این استان سهم مهمی در اشتغال و درآمد ساکنان آن دارد و اخیراً با توجه به بروز پدیده خشکسالی و افزایش قیمت علوفه، تولید ذرت علوفه‌ای در این منطقه افزایش داشته است. شهرستان سرایان یکی از مهمترین مناطق کشاورزی استان در شمال غربی این استان به عنوان نمونه انتخاب و اطلاعات مورد نیاز این پژوهش از کشاورزان و کارشناسان کشاورزی

1- Life cycle assessment
2- International organization for standardization
3- Data envelopment analyze

با استفاده از ابزار پرسشنامه و مصاحبه رودرو جمع آوری شد. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران تخمین زده شد (Salehi et al., 2014). نهایتاً ۴۲ کشاورز به عنوان نمونه انتخاب شدند و اطلاعات مربوطه از آن‌ها جمع آوری شد و این اطلاعات با استفاده از نرم افزارهای DEAP 2.1 و Simapro تجزیه تحلیل شدند.

تحلیل فراگیر داده‌ها

هدف DEA اندازه‌گیری کارایی نسبی هر واحد تصمیم گیری (DMU)[1] است که با مصرف مقادیر متفاوت نهاده‌های مشابه به تولید محصولات مشابه در مقادیر متفاوت می‌پردازند (Galanopoulos et al., 2006). DEA شامل دو مدل مجزاست که به مدل‌های CCR، BCC شناخته می‌شوند (Khoshnevisan et al., 2015). مدل CCR توسط چارنز و همکاران (Charnes et al., 1978) معرفی شده و کارایی فنی (TE)[2] را در حالت بازدهی ثابت به مقیاس (CRS)[3] اندازه‌گیری می‌کند. مدل BCC نیز که توسط بنکر و همکاران (Banker et al., 1984) توسعه داده شد،کارایی فنی را به دو قسمت کارایی فنی خالص (PTE)[4] و کارایی مقیاس (SE)[5] تقسیم می‌کند. کارایی فنی خالص، کارایی فنی است که اثر مقیاس فعالیت از آن حذف شده باشد (Mousavi-Avval et al., 2011). این مدل کارایی واحدها را با فرض بازدهی متغیر به مقیاس (VRS)[6] اندازه‌گیری می‌کند و مهمترین مزیت این مدل این است که مقیاس مزارع ناکارا تنها با مزارع کارا با اندازه مشابه مقایسه می‌شود (Ebrahimi & Salehi, 2015).

شکل کلی مدل CCR به صورت معادله ۱ است (Azizi & Wang, 2013).

$$MaxE = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} \qquad \text{معادله (۱)}$$

$$st:$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1$$

$$u_r \ge 0, v_r \ge 0$$

که در این معادله، y و x: نشان‌دهنده ستانده و نهاده و u و v: هم نشان‌دهنده وزن متناظر با هر کدام از ستاده‌ها یا نهاده‌ها است. مدل بالا می‌تواند به شکل زیر تبدیل شود.

$$MaxE = \sum u_r y_{ro}$$

$$s.t: \qquad \text{معادله (۲)}$$

$$\sum u_r y_{rj} - \sum v_i x_{ij} \le 0$$

$$\sum_{r=1}^{s} v_i x_{io} = 1$$

$$u_r \ge 0, v_i \ge 0$$

در صورتی‌که مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت برای ستاده و نهاده یک واحد وجود داشته باشد که E=1 باشد می‌گوییم آن واحد کاراست و در غیر این صورت آن واحد ناکارا خواهد بود (Azizi & Fathi ajirloo, 2010). به منظور حل ساده‌تر معادله ۲ می‌توان از شکل دوگان آن به صورت زیر استفاده کرد.

$$MinE = \theta$$

$$s.t: \qquad \text{معادله (۳)}$$

$$Y\lambda \ge Y_0$$

$$\theta X_0 - X\lambda \ge 0$$

$$\theta free, \lambda \ge 0$$

شکل کلی مدل BCC: نیز مشابه مدل CCR است ولی در این مدل یک قید تحدب $\sum_{j=1}^{j} \lambda_{j=1}$ به معادله ۳ اضافه می‌شود و کارایی را در وضعیت بازدهی متغیر به مقیاس نشان می‌دهد (Heidari et al., 2012). BCC کارایی فنی را به دو قسمت کاریی فنی خالص ناشی از عوامل مدیریتی و کارایی مقیاس برای عوامل مقیاس تجزیه می‌کند (Mousavi-Avval et al., 2011).

بر مبنای کارایی فنی و کارایی فنی خالص و روابط بین آن‌ها، کارایی مقیاس به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Bolandnazar et al., 2014).

$$SE= TE_{CCR} /TE_{BCC} \qquad \text{معادله (۴)}$$

کارایی مقیاس نشان می‌دهد که بخشی از ناکارایی به اندازه

1- Decision making unit
2- Technical efficiency
3- Constant return to scale
4- Pure technical efficiency
5- Scale efficiency
6- Variable return to scale

نامناسب واحد برمی‌گردد و اگر واحدها به سمت اندازه بهینه حرکت کنند می‌توانند کارایی کلی را بهبود بخشند (Ebrahimi & Salehi, 2015).

ارزیابی چرخه حیات

هر پروژه ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله الزامی شامل تعریف هدف و دامنه، تحلیل سیاهه، ارزیابی تأثیرات چرخه زندگی و تحلیل نتایج است. در مرحله تعریف هدف و دامنه[1] چهارچوب کلی کار که شامل واحدهای کارکردی (جریان‌های مرجع)، مرزهای سامانه، تخصیص منابع و انتخاب بخش‌های اثر[2] است، مشخص می‌شود (Suh et al., 2004; Phong et al., 2011). تمرکز این مطالعه بر روی مرحله تولید و فرآیندهای صورت گرفته درون مزرعه گذاشته شده و اصطلاحاً دروازه مزرعه به عنوان مرز سامانه تعیین شده است. یکی دیگر از مراحلی که در یک پروژه ارزیابی چرخه زندگی یک فرایند یا محصول باید صورت پذیرد، تعیین واحد کارکردی[3] است. واحد کارکردی مبنایی است که تمامی محاسبات در طول چرخه حیات محصول بر اساس آن انجام می‌پذیرد. نمکک و همکاران (Nemecek et al., 2011) سه واحد کارکردی متفاوت برای ارزیابی محصولات زراعی پیشنهاد کرده‌اند. (۱) بر اساس واحد سطح، (۲) بر اساس واحد پول و (۳) بر اساس وزن ماده تولیدی. معمولاً واحد سطح مبنا و توده مبنا در مطالعات LCA در بخش کشاورزی عمومیت بیشتری دارد (Knudsen et al., 2010; Dalgaard et al., 2008; Iriarte et al., 2010; Heller & Keoleian, 2011). در این مطالعه واحد کارکردی به صورت یک تن محصول تولیدی در نظر گرفته شده است، بدین معنا که تمامی آلاینده‌های انتشار یافته بر پایه نهاده‌های مصرفی برای تولید یک تن ذرت علوفه‌ای محاسبه و گزارش می‌شود.

در مرحله تحلیل سیاهه منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها در کل یا بخشی از دوره زندگی محصول که با توجه به مرزهای سامانه تعیین می‌شوند، در نظر گرفته می‌شود. این مرحله یکی از مهمترین مراحل ارزیابی چرخه حیات است که نتایج آن در مرحله ارزیابی تأثیرات چرخه حیات استفاده می‌شود (Khoshnevisan et al., 2014). این مرحله شامل چند گام اختیاری و چندگام اجباری است. مرحله اجباری شامل انتخاب بخش‌های اثر بوده و نرمال‌سازی و وزن‌دهی جزء مراحل اختیاری این گام از مطالعه محسوب می‌شوند. روش‌های متعددی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی از سوی نهادها و کشورهای مختلف ارائه شده است. یکی از این روش‌ها، روش IMPACT 2002+ بوده که ترکیبی از سه روش IMPACT 2002 (Pennington et al., 2005)، Eco-Indicater 99 (Goedkoop & Spriensma, 2001) و روش CML (Khoshnevisan et al., 2014) است. این روش تعداد ۱۵ شاخص اثر را مورد ارزیابی قرار داده و با ترکیب این شاخص‌های اثر، چهار شاخص پایانی رده (شاخص‌های ارزیابی آسیب) را نیز مورد ارزیابی قرار می‌دهد (Humbert et al., 2012).

برای محاسبه هر کدام از طبقات تأثیر، نیازمند فاکتور مشخص‌سازی هر کدام از آلاینده‌ها هستیم. فاکتورهای مشخص‌سازی معمولا به عنوان فاکتورهای هم‌ارزی خوانده می‌شوند و ارائه کننده یک روش برای مقایسه مستقیم نتایج LCI با هرکدام از دسته‌های تأثیر می‌باشد. به عبارت دیگر، فاکتورهای مشخص‌سازی ورودی‌های منابع مختلف را به شاخص های تأثیر قابل مقایسه ترجمه می‌کنند (Brentrup et al., 2004). برای مثال، تمام گازهای گلخانه‌ای را می‌توان به صورت معادل‌های CO_2 بیان نمود که با ضرب نتایج مربوط LCI در فاکتورهای مشخص‌سازی CO_2 و سپس ترکیب آن‌ها شاخص‌های تاثیر به‌دست می‌آیند تا بتوانند یک شاخص کلی از توان بالقوه گرمایش جهانی ارائه دهند (Nguyen & Hermansen, 2012). فاکتور مشخص‌سازی برای هر کدام از طبقات تأثیر در روش IMPACT 2002^+ از نتایج بیش ۱۵۰۰ مطالعه مختلف ارزیابی سیاهه چرخه حیات (LCI) به‌دست آمده و در نرم‌افزار Simapro گردآوری شده است (PRé, 2016).

شاخص سمیت انسان در روش IMPACT 2002^+ به دو زیر بخش سرطان‌زا و غیر سرطان‌زا تقسیم‌بندی شده است. این طبقه تمامی اثرات مربوط به سلامتی انسان به جز اثرات تنفسی به‌وسیله مواد غیرآلی، تشعشات یونیزه کننده، تخلیه لایه ازون و اکسیداسیون فتوشیمیایی را در بر گرفته و اثر سمی تجمعی مواد شیمیایی منتشر شده در محیط‌زیست را نشان می‌دهد که به صورت ماده مرجع کلرو اتیلن[4] منتشر شده در هوا بیان می‌شود (Pennington et al.,

1- Goal and scope definition
2- Impact categories
3- Functional unit

4- Chloroethylene

(2006. اثر تنفسی اشاره به اثرات تنفسی ایجاد شده به‌وسیله مواد غیرآلی دارد که به‌صورت ذرات ریز منتشر شده در هوا بیان می‌شود و موادی مثل SO_2، NOx و CO در ایجاد این اثر تأثیر گذارند (Humbert et al., 2011). تشعشات یونیزه کننده مربوط به انتشار آلاینده‌ها در آب و خاک است. تاکنون فاکتور مشخص‌سازی برای انتشار آلاینده‌ها در خاک برای این طبقه اثر تعریف نشده است و واحد مرجع آن انتشار کربن-۱۴در هوا[1] است (Humbert et al., 2012). تخلیه لایه ازون تنها انتشار آلاینده‌ها در هوا را شامل می‌شود و به صورت واحد مرجع معادل کیلوگرم CFC-11 منتشر شده در هوا بیان می‌شود (Goedkoop & Spriensma, 2001). اکسیداسیون فتوشیمیایی در دو شاخص آسیب سلامت انسان و کیفیت اکوسیستم تأثیرگذار است. شاخص اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی که بر سلامت انسان تأثیرگذار است بیشتر به اثر تنفسی آلی مربوط شده و به صورت اتیلن منتشر شده در هوا بیان می‌شود (Humbert et al., 2012. فاکتورهای مشخص‌سازی برای محاسبه سمیت آبی مربوط به انتشار آلاینده‌ها به هوا، آب و خاک است و سمیت را در آب‌های سطحی و آب‌های جاری نشان می‌دهد به صورت انتشار تری گلیکون به آب محاسبه می‌شود[2]. شاخص سمیت خاکی نیز مانند سمیت آبی به انتشار فلزات سنگین در آب، خاک و هوا مربوط می‌شود و به صورت معادل تری اتیلین گلیکون در خاک[3] محاسبه می‌شود. اسیدی‌سازی آبی از انتشار آلاینده‌ها به آب، خاک و هوا ناشی شده و به صورت معادل SO_2 منتشر شده به هوا بیان می‌شود (Guinée et al., 2002). فاکتورهای مشخص سازی برای یوتریفیکاسیون آبی از انتشار آلاینده‌ها به آب، خاک و هوا به‌دست آمده و محاسبه آن به صورت معادل PO_4 منتشر شده در آب است. فاکتورهای مشخص‌سازی اسیدی‌سازی خاکی تنها بر اساس آلاینده‌های منتشر شده در هوا بوده و به صورت SO_2 منتشر شده در هوا محاسبه می‌شود. شاخص اشغال زمین در روش IMPACT 2002+ مستقیماً از روش Eco- indicator99 اقتباس شده است و اشاره به زمین‌های قابل کشت اشغال شده و همچنین تغییر کاربری زمین دارد. این شاخص تأثیر کاهش گونه‌های گیاهی در اثر انتشار مربوط به کودهای شیمیایی و سموم را نیز در بر می‌گیرد که به صورت زمین قابل کشت بر حسب مترمربع بیان می‌شود. فاکتورهای مشخص‌سازی شاخص گرمایش جهانی برای انتشار آلاینده‌ها به هوا تعریف شده و به صورت معادل CO_2 بیان می‌شود (IPCC, 2007). تخلیه منابع غیر-زنده مانند سوخت‌های فسیلی یا مواد معدنی به کاهش مداوم و عدم در دسترس بودن آن‌ها برای نسل‌های آینده می پردازد. برای مطالعات LCA در تولید محصول زراعی مصرف سوخت های فسیلی و مواد معدنی از قبیل فسفات، پتاس و زیر مجموعه آهک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Guinée, 2001).

برای تکمیل این مرحله از مطالعه، دو سری از داده‌ها مورد نیاز است. این دو سری از داده‌ها با عنوان داده‌های پس‌زمینه[4] و پیش-زمینه[5] شناخته می‌شوند. و داده‌های پیش‌زمینه شامل میزان مواد مصرفی و فرآیندهای صورت گرفته در مرز مورد مطالعه بر اساس پرسشنامه و مصاحبه رودرو با کشاورزان و کارشناسان کشاورزی در منطقه مورد بررسی تهیه شده است. این اطلاعات شامل تمامی نهاده‌های مورد مصرف کشاورزان از جمله میزان و نوع کودهای شیمیایی، کود حیوانی، ساعات کار و نوع ماشین‌آلات و تجهیزات آن-ها، آب، سوخت و الکتریسیته برای تولید یک تن محصول است. انتشار درون مزرعه را می‌توان بر اساس کاربرد هر کدام از نهاده‌ها محاسبه کرد که در بخش بعدی توضیح داده شده است و انتشار خارج از مزرعه نیز بر اساس داده‌های پس‌زمینه شامل تولید هریک از نهاده‌های مصرفی از پایگاه داده اکواینونت[6] و نرم‌افزار Simapro و استخراج شده (PRé, 2016).

پس از تعیین شاخص طبقه‌بندی هر گروه تأثیر برای درک بهتر از اهمیت مقادیر به‌دست آمده از مرحله نرمال‌سازی و شاخص طبقه-بندی هر گروه با شاخص‌های مرجع مقایسه می‌شود. در واقع هدف این مرحله بی بعد کردن داده‌ها است(Brentrup et al., 2004) . در مرحله نرمال‌سازی سهم تأثیرات زیست‌محیطی سامانه مورد مطالعه در کل آثار زیست‌محیطی یک منطقه تعیین می‌شود. شاخص نرمال-سازی هر گروه تأثیر از معادله ۵ محاسبه شد.

$$N_i = ICI_i \div NV_i \quad \text{معادله (۵)}$$

که در این رابطه ICI: شاخص طبقه‌بندی گروه تأثیر، i: که در مرحله قبل محاسبه شده و NV: فاکتور نرمال‌سازی برای منطقه

1- Carbon-14
2- Triethylene glycol into water
3- Triethylene glycol into soil
4- Background
5- Foreground
6 - Ecoinvent

مرجع برای هر گروه تأثیر i و Ni: شاخص نرمال‌سازی گروه تاثیر i است. در واقع، هدف این مرحله بی بعد کردن داده‌هاست (Rafiee et al., 2016). شاخص نرمال‌سازی برای هر کدام از طبقات تأثیر و اثرگذاری آن‌ها در هر کدام از طبقات آسیب در جدول ۱ نشان داده شده است. آخرین مرحله نیز تمام نتایج به منظور نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در این مرحله مسائل مهم تعریف شده و در رابطه با تأثیر آن‌ها بر نتایج LCA مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Buonocore et al., 2015).

جدول ۱- شاخص نرمال سازی، طبقات آسیب و طبقات تاثیر مربوطه در روش Impact 2002+

Table1- Normalization factors , Damage category and related impact category in impact2002+ method

طبقات تأثیر Impact categories	واحد / تن Unit/ton	شاخص نرمال سازی Normalization factors	طبقات آسیب Damage categories
مواد سرطان‌زا Carcinogens	کیلوگرم معادل کلرو اتیلن kg C_2H_3Cl eq	45.5	سلامت انسان Human health
غیر سرطان‌زا Non-carcinogens	کیلوگرم معادل کلرو اتیلن kg C_2H_3Cl eq	173	سلامت انسان Human health
تنفسی غیر آلی Respiratory inorganics	کیلوگرم معادل ذرات جامد<۲/۵ میکرون kg PM2.5 eq	8.80	سلامت انسان Human health
تشعشعات یونیزه کننده Ionizing radiation	کیلوگرم معادل کربن- ۱۴ Bq C-14 eq	5.33E+5	سلامت انسان Human health
تخلیه لایه ازون Ozone layer depletion	کیلوگرم معادل کلروفلوئوروکربن kg CFC-11 eq	0.204	کیفیت اکوسیستم سلامت انسان Ecosystem quality Human health
مواد تنفسی آلی Respiratory organics	کیلوگرم معادل اتیلن kg C_2H_4 eq	12.4	کیفیت اکوسیستم سلامت انسان Ecosystem quality Human health
سمیت آبی Aquatic ecotoxicity	کیلوگرم تری اتیلن گلیکول آب kg TEG water	1.36E+6	کیفیت اکوسیستم Ecosystem quality
سمیت خاکی Terrestrial ecotoxicity	کیلوگرم تری اتیلین گلیکول خاک kg TEG soil	1.2E+6	کیفیت اکوسیستم Ecosystem quality
اسیدی سازی خاکی Terrestrial acid/nutri	کیلوگرم معادل دی اکسید گوگرد kg SO_2 eq	315	کیفیت اکوسیستم Ecosystem quality
اشغال زمین Land occupation	زمین قابل کشت $m_2$org.arable	3460	کیفیت اکوسیستم Ecosystem quality
اسیدی سازی آبی Aquatic acidification	کیلوگرم معادل دی اکسید گوگرد kg SO_2 eq	66.2	کیفیت اکوسیستم Ecosystem quality
یوتریفیکاسیون آبی Aquatic eutrophication	کیلوگرم معادل فسفات kg PO_4 P-lim	11.8	کیفیت اکوسیستم Ecosystem quality
گرمایش جهانی Global warming	کیلوگرم معادل دی اکسید کربن kg CO_2 eq	11600	تغییرات آب و هوایی Climate change
انرژی تجدید ناپذیر Non-renewable energy	مگاژول انرژی اولیه MJ primary	15200	تخلیه منابع Resources
تخلیه مواد معدنی Mineral extraction	مگاژول انرژی مازاد MJ surplus	5730	تخلیه منابع Resources

انتشار داخل مزرعه[1]

مصرف نهاده‌ها درون مرز سامانه‌ی مورد مطالعه سبب انتشار مستقیم آلاینده‌ها به هوا، آب و خاک خواهد شد که این انتشار باید محاسبه گردیده و در ارزیابی‌ها لحاظ گردند (Keyes et al., 2014). انتشار آمونیوم از مصرف کوده‌های شیمیایی بر اساس روابط ارائه شده توسط نمکک و همکاران (Nemecek et al., 2014) محاسبه شده است:

1- Field emissions

معادله (۶) $$NH_3 = 17.14 \times N_{min} \times (EF_a \times p + EF_b \times (1-p))$$

در این معادله، NH_3: بیانگر میزان انتشار آمونیوم ناشی از مصرف کودهای شیمیایی به‌صورت کیلوگرم به‌ازای واحد کارکردی است، N_{min}: معرف میزان نیتروژن موجود در کودهای معدنی، EFa و EFb ضرایب انتشار برای خاک با pH زیر ۷ و بالای ۷ می‌باشند (kg NH_3-N/kg N) و p: سهم خاک با pH کمتر از هفت می‌باشد که به صورت درصد بیان می‌شود.

یکی دیگر از منابع انتشار NH_3 مصرف کودهای حیوانی است. برای محاسبه میزان آمونیوم منتشر شده در اثر مصرف کوده‌های حیوانی از معادله (۷) استفاده شده است:

معادله (۷) $$NH_3\text{-N} = TAN \times (er + c_app) \times cx$$

در این رابطه NH_3-N: بیانگر میزان نیتروژن منتشر شده به فرم NH_3 و با واحد کیلوگرم به ازای واحد کارکردی می‌باشد. TAN معرف آمونیوم نیتروژن کل بوده که معادل محتوای نیتروژن محلول بوده و به صورت حاصل ضرب میزان کود حیوانی در محتوای نیتروژن محلول به‌دست می‌آید (Nemecek et al., 2014). er: نرخ انتشار بوده که با توجه به نوع کود حیوانی مصرفی تعیین می‌شود. c_app: ضریب تصحیح بوده که به میزان کود مصرف شده و میزان رقت آن بستگی دارد (برای کودهای مایع). همچنین cx: به پارامترهای متعددی مانند فصل پخش کود حیوانی و فاصله زمانی پخش و اختلاط با خاک وابسته است. (Nemecek & Schnetzer, 2011).

برای محاسبه میزان NO_x منتشر شده ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و حیوانی، ضریب انتشار ۰/۰۱۲ kg NO_x-N در نظر گرفته شده است (Rafiee et al., 2016) . برای محاسبه میزان منواکسید نیتروژن از معادله زیر استفاده شده است (IPCC, 2006; Nemecek et al., 2014; Faist Emmenegger et al., 2009):

معادله (۸)
$$\begin{bmatrix} N_2O = 44.28 \times (0.01 \times \\ (N_{tot} + N_{cr} + 14/17 \times NH_3 + \\ 14.46 \times NO_x) \\ + 0.0075 \times 14.62 \times NO_3) \end{bmatrix}$$

در معادله (۸)، N_2O: بیانگر میزان انتشار به‌ازای واحد کارکردی، N_{tot}: بیانگر میزان نیتروژن کل موجود در کودهای آلی و معدنی، N_{cr}: معرف میزان نیتروژن موجود در بقایای گیاهی و NO_3: بیانگر میزان نیتروژن از دست رفته به شکل نیترات می‌باشد. میزان انتشار نیترات به آب نیز طبق مدل SQCB-NO_3 ارائه شده توسط نمکک و همکاران (Nemecek et al., 2014) محاسبه شد.

مصرف کود اوره سبب انتشار مستقیم CO_2 به هوا می‌شود. برای این منظور پیشنهاد شده است تا به ازای هر کیلو نیتروژن موجود در کود اوره (Urea-N) ضریب انتشار ۱/۵۷ در نظر گرفته شود (Nemecek et al., 2014; Rafiee et al., 2016). جهت محاسبه میزان انتشار فسفات به آب‌های زیر زمینی از ضریب انتشار ۰/۰۷ استفاده شده است (Nemecek & Kagi, 2007).

مصرف سوخت دیزل در موتور تراکتور و سایر ماشین‌های کشاورزی سبب انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی مختلفی به هوا خواهد گردید. خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2014) در مطالعه خود با مقایسه انتشار ناشی از احتراق سوخت دیزل در دو پایگاه داده مختلف نشان دادند که پایگاه اطلاعات اکوینونت[1] طبقات بیشتری از انتشار را در بر می‌گیرد. لذا در این مطالعه انتشار ارائه شده در پایگاه داده اکوینونت استفاده شد.

نتایج و بحث

تحلیل کارایی

میانگین کارایی واحدها در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طورکه در این جدول مشاهده می‌شود میانگین کارایی فنی و کارایی خالص فنی و کارایی مقیاس به‌ترتیب ۰/۸۰، ۰/۹۳ و ۰/۸۶ است. در حالت بازدهی ثابت به مقیاس ۱۳ واحد و در حالت بازدهی متغیر به مقیاس ۲۲ واحد کارا هستند. کارایی فنی در بازه ۰/۳۳ و ۱ با انحراف معیار ۰/۲۰ قرار داشت. کمترین مقدار کارایی فنی خالص ۰/۶۴ بود.

گزارش واسکوئزه و همکاران (Vazquez-Rowe et al., 2012) برای تولید انگور (*Vitis vinifera* L.) در اسپانیا نشان داد که ۶۰ درصد تولید کنندگان به صورت کارا عمل می‌کنند و درجه کارایی برای کشاورزان ناکارا بین ۳۶ تا ۷۱ درصد است. نبوی پله سرایی و همکاران (Nabavi-Pelesaraei et al., 2014) میانگین کارایی فنی، خالص و مقیاس را برای تولید پرتقال (*Citrus sinensis* L.) را به‌ترتیب ۰/۸۹۴، ۰/۹۲۵ و ۰/۹۲۲ گزارش کردند. با توجه به روابط میان انواع کارایی، به نظر می‌رسد کارایی فنی پایین در این مطالعه نسبت به سایر مطالعات انجام شده در بخش کشاورزی بیشتر

1- Ecoinvent

معلول پایین بودن کارایی مقیاس باشد. لذا تعیین اندازه بهینه مزرعه باشد. می‌تواند از عوامل مؤثر در ارتقاء کارایی و استفاده بهینه از عوامل تولید

جدول ۲- آمار توصیفی کارایی مزارع ذرت علوفه‌ای
Table 2- Descriptive statistics for efficiency scores of corn silage farms

	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار S.E	تعداد واحدهای کارا Efficient DMU	درصد واحدهای کارا Efficient DMU (%)
کارایی فنی TE	0.33	1.00	0.80	0.20	13	31
کارایی فنی خالص PTE	0.64	1.00	0.93	0.10	22	52
کارایی مقیاس STE	0.36	1.00	0.86	0.18	15	36

ارزیابی طبقات تأثیر

شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه شده برای کشت محصول ذرت علوفه‌ای در دو وضعیت مصرف نهاده‌ها در شرایط کنونی و بهینه در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد، اگر واحدهای ناکارا با اصلاح الگوی مصرف خود را به مرز کارایی برسانند نتایج شاخص‌های اثر بین ۳/۲۸ درصد تا ۲۸/۲۵ درصد کاهش خواهند یافت. کمترین میزان کاهش با ۳/۲۸ درصد برای شاخص اثر مواد سرطان‌زا مشاهده شد و بیشترین میزان کاهش با مقدار ۲۸/۲۵ درصد به شاخص اثر مسمومیت خاکی تعلق داشته است و پس از آن شاخص‌های اثر استخراج معدنی با ۲۵/۰۱ درصد کاهش و اشغال زمین و امواج یونیزه کننده با ۲۰/۸۱ درصد بیشترین میزان کاهش را نشان دادند.

نتایج نرمال شده نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. از آن‌جا که این شاخص‌ها بی بعد شده‌اند، لذا این امکان وجود دارد تا بزرگی آن‌ها با هم مقایسه گردد. همان‌گونه که دیده می‌شود، شاخص مواد تنفسی غیرآلی بیشترین بار محیطی را در کشت ذرت سیلویی از خود نشان داده و پس از آن شاخص اثر گرمایش جهانی، انرژی تجدیدناپذیر و مواد سرطان‌زا در رده‌های بعد قرار دارند.

همان‌طور که در شکل ۲ و ۳ مشاهده می‌شود در پنج شاخص اثر (شامل بخش‌های اثر مواد سرطان‌زا، مواد غیر سرطان‌زا، مسمومیت آبی، گرمایش جهانی و انرژی‌های تجدیدناپذیر)، بار محیطی ناشی از تولید الکتریسیته در نیروگاه بیشترین تأثیر را در آلایندگی محیط به همراه داشته است. پس از آن، آلایندگی ناشی از تولید کود حیوانی بیشترین بارهای محیطی را در چهار بخش اثر (شامل بخش‌های اثر تشعشعات یونیزه کننده، مواد آلی تنفسی، مسمومیت خاکی، اشغال زمین و استخراج مواد معدنی) به محیط تحمیل نموده است.

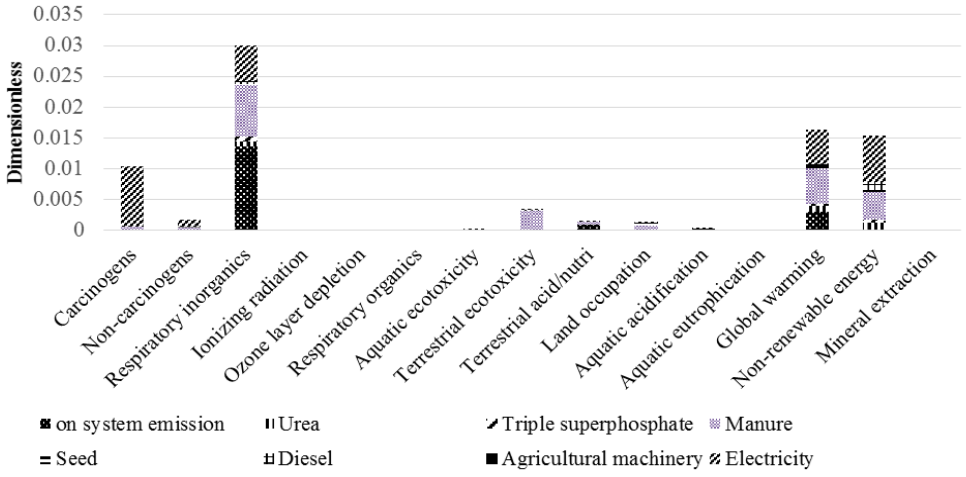
الکتریسیته، کود حیوانی و انتشار دورن سیستمی مهمترین نقش را در تأثیرات زیست‌محیطی تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه دارد (شکل ۳). خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2015; Khoshnevisan et al., 2013) نیز در مطالعه خود به نقش کلید الکتریسیته در اثرات زیست‌محیطی تولیدات کشاورزی در ایران اشاره کردند. پمپاژ آب‌های زیرزمینی مهمترین مورد مصرف الکتریسیته در تولید است. بنابراین، بهبود کارایی مصرف آب[1] می‌تواند سهم قابل توجهی در کاهش انتشار و اثرات زیست‌محیطی داشته باشد. در منطقه مورد مطالعه به‌نظر می‌رسد به سبب استفاده از روش آبیاری غرقابی و تجهیزات فرسوده، کارایی مصرف آب پایین باشد. لذا ترغیب کشاورزان در جهت تغییر سیستم آبیاری و استفاده از روش‌های نوین آبیاری بارانی تا حد زیادی می‌تواند به افزایش کارایی مصرف آب و به علاوه کاهش مصرف آب و الکتریسیته منجر شود. این مسئله در مطالعات دیگر نیز تأیید شده است (Mohammadi et al., 2014).

1- Water use efficiency

جدول ۳ - مقایسه شاخص‌های اثر برای کشت ذرت سیلویی در شرایط کنونی و بهینه مصرف نهاده‌ها

Table 3- Comparisons of results of impact indicators for corn silage cultivation under current conditions and optimum input use

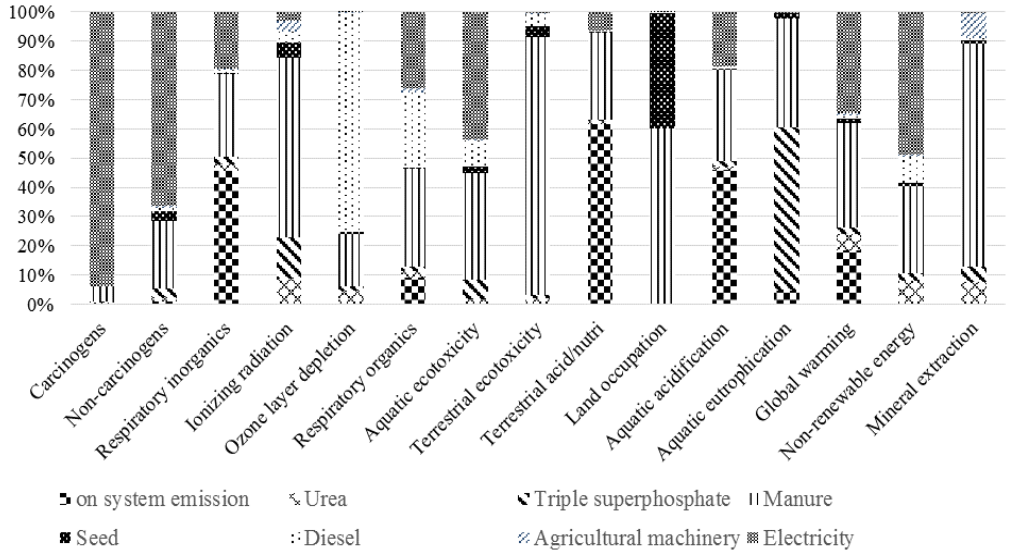
شاخص‌های اثر Impact indicators	واحد / تن Unit/ton	شرایط جاری Current condition	شرایط بهینه Optimum condition	بهبود (درصد) Improvement (%)
مواد سرطان‌زا Carcinogens	کیلوگرم معادل کلرو اتیلن kg C_2H_3Cl eq.	26.40	25.53	3.28
غیر سرطان‌زا Non-carcinogens	کیلوگرم معادل کلرو اتیلن kg C_2H_3Cl eq.	4.34	3.96	8.81
تنفسی غیر آلی Respiratory inorganics	کیلوگرم معادل ذرات جامد<۲/۵ میکرون kg PM2.5 eq.	0.30	0.27	12.04
تشعشعات یونیزه کننده Ionizing radiation	کیلوگرم معادل کربن- ۱۴ Bq C-14 eq.	1034.52	819.23	20.81
تخلیه لایه اوزن Ozone layer depletion	کیلوگرم معادل کلروفلوئوروکربن kg CFC-11 eq.	0.00	0.00	9.26
مواد تنفسی آلی Respiratory organics	کیلوگرم معادل اتیلن kg C_2H_4 eq.	0.09	0.08	12.72
سمیت آبی Aquatic ecotoxicity	کیلوگرم تری اتیلن گلیکول آب kg TEG water	19208.01	16721.88	12.94
سمیت خاکی Terrestrial ecotoxicity	کیلوگرم تری اتیلین گلیکول خاک kg TEG soil	5851.00	4197.86	28.25
اسیدی سازی خاکی Terrestrial acid/nutri	کیلوگرم معادل دی اکسید گوگرد kg SO_2 eq.	19.78	17.14	13.37
اشغال زمین Land occupation	زمین قابل کشت $m_2$org.arable	16.07	12.72	20.81
اسیدی‌سازی آبی Aquatic acidification	کیلوگرم معادل دی اکسید گوگرد kg SO_2 eq.	3.34	2.90	13.19
یوتریفیکاسیون آبی Aquatic eutrophication	کیلوگرم معادل فسفات kg PO_4 P-lim	0.13	0.11	13.47
گرمایش جهانی Global warming	کیلوگرم معادل دی اکسید کربن kg CO_2 eq.	161.72	140.41	13.18
انرژی تجدیدناپذیر Non-renewable energy	مگاژول انرژی اولیه MJ primary	2336.51	2077.24	11.10
تخلیه مواد معدنی Mineral extraction	مگاژول انرژی مازاد MJ surplus	2.57	1.93	25.01



شکل ۱- شاخص‌های اثر نرمال شده در کشت ذرت سیلویی

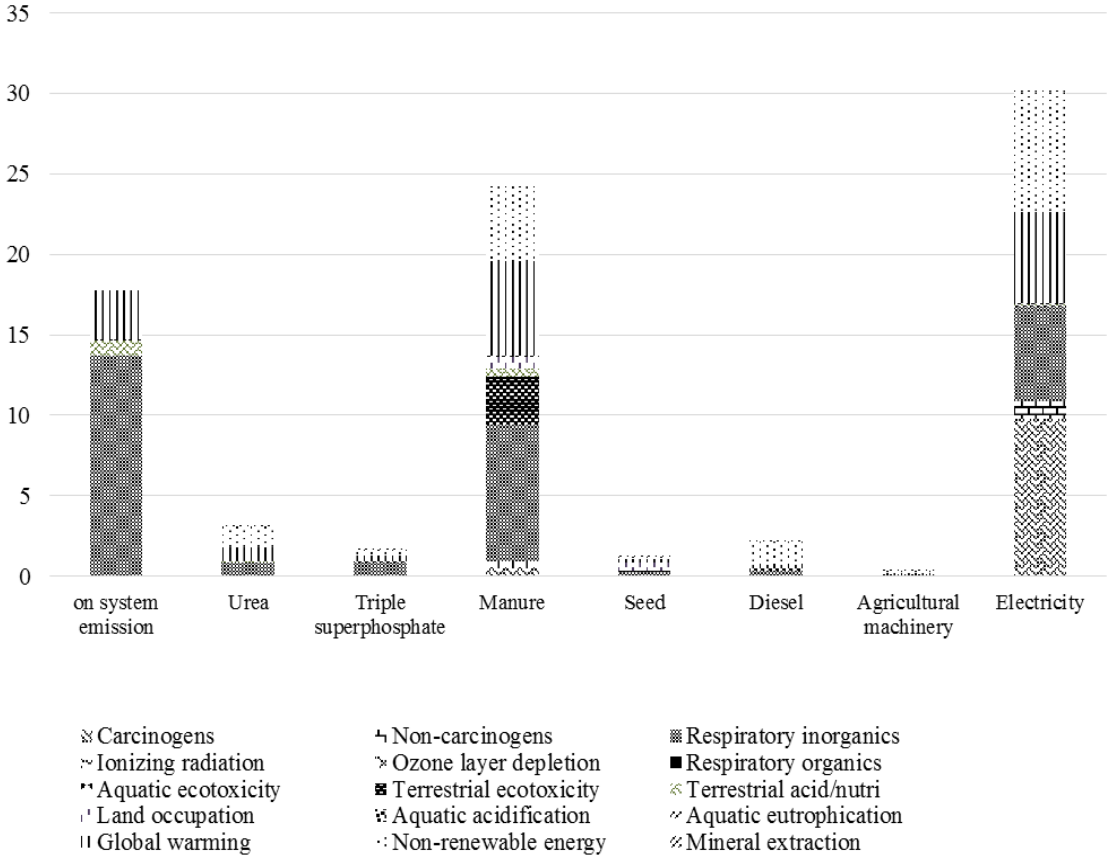
Fig. 1- Normalized impact indicators studied for corn silage production

یکی دیگر از عوامل مصرف بالای الکتریسیته استفاده از پمپ-های فرسوده و با کارایی پایین است که تغییر این پمپ‌ها نیز سبب کاهش اثرات زیست محیطی خواهد شد (Tabatabaie et al., 2012; Nabavi-Pelesaraei et al., 2014). در زمینه کود حیوانی باید گفت چون کود حیوانی به عنوان محصول فرعی در بخش دامپروری تولید می‌شود، می‌توان اثرات زیست‌محیطی آن را مربوط به بخش دامپروری دانست و از محاسبه آن در تولید ذرت علوفه‌ای چشم‌پوشی کرد (Knudsen et al., 2010). ذکر این نکته ضروری است که هر چند کود حیوانی نسبت به کودهای شیمیایی سازگاری بیشتری با محیطزیست دارد، ولی باید توجه داشت که مصرف این نهاده در مزرعه سبب انتشار برخی آلاینده‌ها در مرز سیستم می‌شود که استفاده بهینه از این کود را ضروری می‌سازد. عمده انتشار درون سیستمی نیز ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، کود حیوانی و سوخت بوده که استفاده بهینه از این نهاده‌های می‌تواند منجر به کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی شود. نتایج مطالعه انجام شده در بخش کشاورزی ایران نیز بر مصرف بالا و ناکارآمد و اهمیت اصلاح الگوی مصرف کودهای شیمایی تأکید کرده است (Mobtaker et al., 2012; Yousefi et al., 2014; Soltani et al., 2013). بهبود استفاده از کودهای شیمیایی باید در موازات حفظ کیفیت و کمیت محصول بوده و سبب کاهش آن‌ها نشود، بنابراین برنامه‌ریزی باید به سمت استفاده کارآمد از این نهاده انجام گیرد. ذکر این نکته قابل توجه است که تنها درصد کمی از نیتروژن معدنی استفاده شده توسط گیاه جذب می‌شود که میزان دقیق آن به بافت خاک، درجه حرارت و میزان بارندگی بستگی دارد. تکنیک‌ها و روش‌های دقیق کشاورزی، تناوب زراعی و بهبود مدیریت آب می‌تواند نقش مؤثری در بهبود کارایی کودهای کشاورزی و کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از آن داشته باشد (Safa & Samarasinghe, 2012). کمبود دانش کشاورزان از نحوه به‌کارگیری کودهای شیمیایی و همچنین عدم انجام آزمایش خاک به منظور تعیین دقیق میزان مصرف کود از عوامل استفاده ناکارامد از کودهای شیمیایی عنوان شده که این موارد کاهش مصرف و اثرات زیست محیطی مربوط به کودهای شیمیایی را به دنبال خواهد داشت (Tabatabaie et al., 2013; Pishgar-Komleh et al., 2012). همچنین استفاده از کودهای سبز و گیاهان پوششی با ظرفیت جذب نیترات بالا به عنوان راهی جهت تأمین نیتروژن خاک توصیه می‌شود (Pishgar Komleh et al., 2011; Keyes et al., 2014). استفاده از کود سبز به سبب این‌که قادر است نیتروژن اتمسفر را تثبیت کند، در بسیاری از نظام‌های زراعی به عنوان یک منبع نیتروژن استفاده می‌شود (Faist Emmenegger et al., 2009; Mohammadi et al., 2015).



شکل ۲- شاخص‌های اثر مورد مطالعه در کشت ذرت سیلویی و میزان تأثیر نهاده‌های مختلف بر روی هر یک از شاخص‌ها

Fig. 2- Impact categories studied for corn silage production and the extent of different inputs' effect on each category



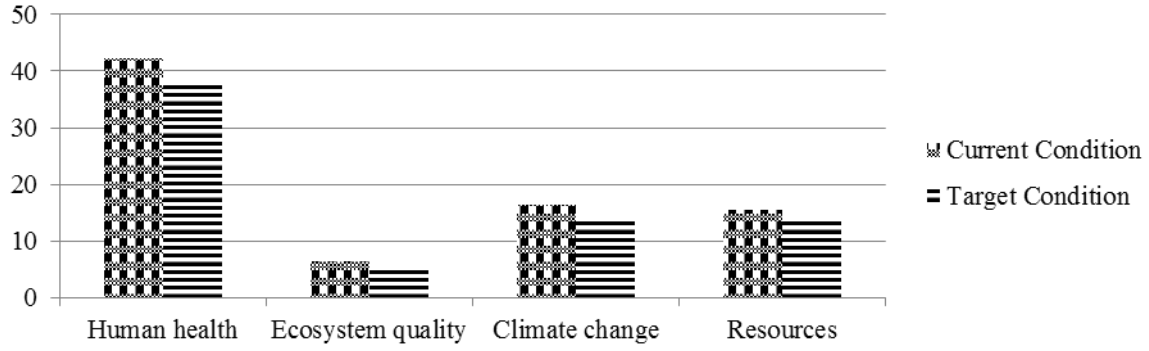
شکل ۳- تأثیر هر یک از نهاده‌ها بر روی شاخص‌های اثر مورد ارزیابی در کشت ذرت سیلویی

Fig. 3- Effect of each input on the assessed impact indicators in corn silage production

طبقات آسیب[1]

نتایج تجمیع شده شاخص‌های اثر، در چهار شاخص ارزیابی طبقات آسیب شامل سلامتی انسان[2]، کیفیت اکوسیستم[3]، تغییرات اقلیم[4] و منابع[5] در شکل ۴ به‌صورت نرمال شده در حالت جاری و بهینه تولید نشان داده شده است. همان‌طور که به وضوح دیده می‌شود، کشت ذرت سیلویی در منطقه و تحت شرایط کنونی مصرف نهاده‌ها دارای بیشترین تأثیر بر روی شاخص آسیب سلامتی انسان بوده و پس از آن بیشترین تأثیر متعلق به شاخص‌های آسیب اثرات تغییرات اقلیم و منابع است. طبقات اثر سرطانی و غیر سرطانی، سمیت، تشعشعات یونیز، تخلیه لایه ازون و مواد تنفسی آلی و غیرآلی بر شاخص آسیب سلامتی انسان اثرگذار هستند که برنامه‌ریزی و شناخت بیشتر عوامل مؤثر در این طبقات اثر می‌تواند نقش کلیدی در کاهش شاخص آسیب سلامتی انسان داشته باشد. با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که از بین این طبقات تأثیر بیشترین اثر را مواد تنفسی غیر آلی و مواد سرطان‌زا دارند. رجایی فر و همکاران (Rajaeifar et al., 2015) و رفیعی و همکاران (Rafiee et al., 2016) نیز نتایج مشابهی به‌دست آوردند. در مواد تنفسی غیر آلی به‌ترتیب انتشار درون سیستمی، کود حیوانی و الکتریسیته بیشترین اثر را داشتند و در مواد سرطان‌زا الکتریسیته بیشترین اثر را داشت. در مطالعه رفیعی و همکاران (Rafiee et al., 2016) انتشار درون سیستمی و الکتریسیته را برای طبقه تأثیر مواد تنفسی غیر آلی و الکتریسیته در طبقه تأثیر مواد سرطان‌زا بیشترین اثر را داشته است. در مطالعه خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2014) کودهای شیمیایی اوره و فسفات بیشترین اثر را در شاخص سمیت انسان داشتند. با توجه به این‌که تولید کود دامی در دامپروری‌ها به عنوان یک محصول فرعی انجام می‌گیرد، لذا می‌توان اثرات زیست‌محیطی تولید کود دامی را نیز مربوط به همان بخش دانست، ولی باید به این نکته توجه داشت که کاربرد کود دامی در مزرعه سبب انتشار برخی آلاینده ها می‌شود که به سبب جلوگیری از این اثرات زیست‌محیطی باید نسبت به استفاده کارآمد و بهینه از کود دامی در مزرعه توجه داشت. دومین عاملی که در شاخص آسیب سلامتی انسان نقش مهمی دارد، الکتریسیته است که بهبود روش‌های آبیاری و کاهش مصرف آب مهمترین روش برای صرفه‌جویی در مصرف الکتریسیته محسوب می‌شود.

1- Damage category
2- Human health
3- Ecosystem quality
4- Climate change
5- Resources



شکل ٤- طبقات آسیب تولید ذرت علوفه‌ای در خراسان جنوبی

Fig. 4- Damage category of corn silage production in south Khorasan

دومین طبقه آسیب مربوط به تغییر اقلیم است که طبقه تأثیر گرمایش جهانی تنها عامل مؤثر در آن است. همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود الکتریسیته و کود حیوانی بیشترین اثر را در این طبقه تأثیر دارند و در صورتی‌که از نهاده‌ها به‌صورت بهینه استفاده شود می‌توان این شاخص را تا ۱۳ درصد کاهش داد. در مطالعه (Rafiee et al., 2016; Mohammadi et al., 2013) انتشار درون سیستمی و الکتریسیته مهمترین عوامل گرمایش جهانی برای تولید یونجه (*Medicago sativa* L.) و سویا (*Glycine max* L.) گزارش شده است. همچنین نقش مهم الکتریسیته در مطالعات مربوط به گرمایش جهانی در تولید محصولات کشاورزی در مطالعات مختلف گزارش شده است (Khoshnevisan et al., 2014; hoshnevisan et al., 2013; Yousefi et al., 2014).

استفاده از انرژی تجدیدناپذیر و تخلیه مواد معدنی دو جز تشکیل‌دهنده طبقه آسیب تخلیه منابع هستند که باز هم در این میان الکتریسیته مهمترین نقش را ایفا می‌کند. خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2015) نیز نشان دادند که الکتریسیته بیشترین سهم را در انرژی تجدید ناپذیردارد.

در بین طبقات آسیب کیفیت اکوسیستم کمترین مقدار را دارا بود که نتیجه این مطالعه با نتیجه مطالعه مهمد و همکاران (Mohmad et al., 2014) قابل مقایسه است. در طبقه آسیب کیفیت اکوسیستم نیز بیشترین تأثیر مربوط به مسمومیت خاکی می‌شود که در آن کود حیوانی و الکتریسیته مهمترین نقش را دارند. در مطالعه رفیعی و همکاران (Rafiee et al., 2016) انتشار دامپروری بیشترین تأثیر را در مسمومیت خاکی نشان داده است.

نتیجه‌گیری

با این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و برآورد ظرفیت کاهش این اثرات انجام شد. با استفاده از نتایج کارایی و میزان مصرف بهینه نهاده‌های تولید، نشان داده شد که در صورت استفاده کارآمد از منابع می‌توان اثرات زیست‌محیطی را بدون کاهش مقدار محصول کاهش داد. در حالت بهینه تولید کمترین میزان کاهش طبقات اثر برای شاخص اثر مواد سرطان‌زا مشاهده گردیده و بیشترین میزان کاهش به شاخص اثر مسمومیت خاکی و پس از آن شاخص‌های اثر استخراج مواد آلی و اشغال زمین و امواج یونیزه کننده تعلق داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین تأثیر تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه بر روی طبقه آسیب سلامت انسان است. به صورت کلی و با توجه به تمامی طبقات تاثیر الکتریسیته، کود حیوانی و انتشار درون سیستمی (عمدتاً انتشار مربوط به کودهای شیمیایی) بیشترین سهم را در اثرات زیست‌محیطی تولید ذرت علوفه‌ای داشتند.

با توجه به نتایج این مطالعه از یک طرف و لزوم تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه به منظور تأمین نیاز بخش دامپروی، اصلاح نظام آبیاری و سیستم پمپاژ آب به منظور کاهش مصرف آب و الکتریسیته و همچنین ترغیب کشاورزان جهت انجام آزمایش خاک جهت تعیین میزان بهینه مصرف کودهای شیمیایی همچنین افزایش آگاهی

کشاورزان در باره چگونگی به‌کارگیری این نهاده‌های شیمیایی از مهمترین عواملی است که سبب کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید ذرت علوفه‌ای در شرق ایران خواهد شد.

منابع

Aghasafari, H., and Ghorbani, M. 2015. Whether Farmers are willing to financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water? (A case study of Kashaf- Rood Basin in Mashhad). Journal of Agroecology 7(2): 202-214. (In Persian with English Summary)

Azizi, H., and Fathi Ajirloo, S. 2010. Measurement of overall performances of decision-making units using ideal and anti-ideal decision-making units. Computers and Industrial Engineering 59: 411-418.

Azizi, H., and Wang, Y. 2013. Improved DEA models for measuring interval efficiencies of decision-making units. Measurement 463: 1325-1332.

Banker, R.D., Charnes, A., and Cooper, W.W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science 30(9): 1078-1092.

Bolandnazar, E., Keyhani, A., anf Omid, M. 2014. Determination of efficient and inefficient greenhouse cucumber producers using data envelopment analysis approach, a case study: Jiroft city in Iran. Journal of Cleaner Production 79: 108-115.

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004. 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.

Buonocore, E., Vanoli, L., Carotenuto, A., and Ulgiati, S. 2015. Integrating life cycle assessment and emergy synthesis for the evaluation of a dry steam geothermal power plant in Italy. Energy 86: 476-487.

Cederberg, C., and Mattsson, B. 2000. Life cycle assessment of milk production a comparison of conventional and organic farming. Journal of Cleaner Production 8(1): 49-60.

Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research 2(6): 429-444.

Dalgaard, R., Schmidt, J., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M., and Pengue, W.A. 2008. LCA of soybean meal. International Journal of Life Cycle Assessment 13(3): 240-254.

Del Borghi, A., Gallo, M., Strazza, C., and Del Borghi, M. 2014. An evaluation of environmental sustainab ility in the food industry through Life Cycle Assessment: the case study of tomato products chain. Journal of Cleaner Production 78: 121-130.

Ebrahimi, R., and Salehi, M. 2015. Investig ation of CO_2 emission reduction and improving energy use efficiency of button mushroom production using Data Envelopment Analysis. Journal of Cleaner Production 103: 112-119.

Faist Emmenegger, M. C., Reinhard, J., and Zah, R. 2009. SQCB- sustainability quick check for biofuels. In Termediate Background Report. Dübendorf.

Galanopoulos , K., Aggelopoulos , S., Kamenidou , I., and Mattas , K. 2006. Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. Agricultural Systems 88(2-3): 125-141.

Goedkoop, M., and Spriensma, R. 2001. The Eco-Indicator99: A Damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment: Methodology Report.

Guinée, J.B. 2001. Life Cycle Assessment: An Operational Guide to the ISO Standards. Leiden: Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden, Holland.

Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A., de Oers, L.F.C.M., van Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H.A., Bruijn, H., de Duin, R., van and Huijbregts, M.A. 2002. Life Cycle Assessment: An Operational Guide to the ISO Standards. Dordrecht, The Netherlands.: Kluwer Academic Publishers.

Heidari, M.D., Omid, M., and Mohammadi, A. 2012. Measuring productive efficiency of horticultural greenhouses in Iran: A data envelopment analysis approach. Expert Systems with Applications 39(1): 1040-1045.

Heller, M.C., and Keoleian, G.A. 2011. Life cycle energy and greenhouse gas analysis of a large-scale vertically integrated organic dairy in the United States. Environmental Science and Technology 45(5): 1903-1910.

Humbert, S., De Schryver, A., Margni, M., and Jolliet, O. 2012. IMPACT 2002+: User Guide. Draft for Version Q. 2.

Humbert, S., Marshall, J.D., Shaked, S., Spadaro, J.V., Nishioka, Y., Preiss, P., McKone, T.E., Horvath, A., and Jolliet, O. 2011. Intake fractions for particulate matter: Recommendations for life cycle impact assessment. Environmental Science and Technology 45: 4808-4816.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops

under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18(4): 336-345.
Iribarren, D., Martín-Gamboa, M., and Dufour, J. 2013. Environmental benchmarking of wind farms according to their operational performance. Energy 597(61): 589.
Iribarren, D., Vázquez-Rowe, I., Moreira, M.T., and Feijoo, G. 2010. Further potentials in the joint implementation of life cycle assessment and data envelopment analysis. Science of The Total Environment 408(22): 5265-5272.
Iribarren, D., Hospido, A., Moreira, M.T., and Feijoo, G. 2011. Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. Science of The Total Environment 409(10): 1786-1798.
ISO. 2006. ISO 14040 - Environmental Management– Life Cycle Assessment– Principles and Framework. ISO.
Keyes, S., Tyedmers, P., and Beazley, K. 2014. Evaluating the environmental impacts of conventional and organic apple production in Nova Scotia, Canad a, through life cycle assessmen t. Journal of Cleaner Production 104: 40-51.
Khakbazan, M., Mohr, R.M., Derksen, D.A., Monreal, M.A., Grant, C.A., Zentner, R.P., Moulin, A.P., McLaren, D.L., Irvine, R.B., and Nagy, C.N. 2009. Effects of alternative management practices on the economics, energy and GHG emissions of a wheat–pea cropping system in the Canadian prairies. Soil and Tillage Research 104: 30-38.
Khoshnevisan, B., Bolandnazar, E., Shamshirband, S., Shariati, H.R., Anuar, N.B., and Mat Kiah, M.L. 2015. Decreasing environmental impacts of cropping systems using life cycle assessment (LCA) and multi-objective genetic algorithm. Journal of Cleaner Production 86: 67-77.
Khoshnevisan, B., Rafiee, S., and Mousazadeh, H. 2013. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. European Journal of Agronomy 50: 29-37.
Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., and Mousazadeh, H. 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 183-192.
Khoshnevisan, B., Rajaeifar, M.A., Clark, S., Shamahirband, S., Anuar, N.B., Mohd Shuib, N.L., and Gani, A. 2014. Evaluation of traditional and consolidated rice farms in Guilan Province, Iran, using life cycle assessment and fuzzy modeling. Science of The Total Environment 481: 242-251.
Knudsen, M.T., Yu-Hui, Q., Yan, L., and Halberg, N. 2010. Environmental assessment of organic soybean (*Glycine max*) imported from China to Denmark: a case study. Journal of Cleaner Production 18(14): 1431-1439.
Ministry of Agriculture Jihad of Iran. 2015. Annual Agricultural Statistics. (In Persian)
Mobtaker, H.G., Akram, A., and Keyhani, A. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 84-89.
Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Dalgaard, T., Knudsen, M.T., Nguyen, T.L.T., Borek, R., Hermansen, J.E. 2015. Joint Life Cycle Assessment and data envelopment analysis for the benchmarking of environmental impacts in rice paddy production. Journal of Cleaner Production 106: 521-532.
Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Dalgaard, T., Knudsen, M.T., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., and Hermansen, J.E. 2013. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of Life Cycle Assessment and data envelopment analysis. Journal of Cleaner Production 54: 89-100.
Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., and Nonhebel, S. 2014. Energy use efficiencyand greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 30: 724-733.
Mohamad, R.S., Verrastro, V., Cardone, G., Bteich, M.R., Favia, M., Moretti, M., and Roma, R. 2014. Optimization of organic and conventional olive agricultural practices from a Life Cycle Assessment and Life Cycle costing perspectives. Journal of Cleaner Production 70: 78-89.
Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy 36(5): 2765-2772.
Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, S., and Mobtaker, H.G. 2014. Optimization of energ y required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopme nt analysis approach. Journal of Cleaner Production 65: 311-317.
Nemecek, T., and Kagi, T. 2007. Life cycle inventories of agricultural production systems. Eco Invent Report No. 15 Dübendorf, CH. Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
Nemecek, T., and Schnetzer, J. 2011. Methods of Assessment of Direct Field Emissions for LCIs of Agricultural Production Systems. Zurich: Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART.
Nemecek, T., Bengoa, X., Lansche, J., Mouron, P., Rossi, V., and Humbert, S. 2014. Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products. Version 2.0. World Food LCA Database (WFLDB)., Zurich, Switzerland.
Nemecek, T., Huguenin-Elie, O., Dubois, D., Gaillard, G., Schaller, B., and Chervet, A. 2011. Life Cycle Assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. Agricultural Systems 104(3): 233-245.
Nemecek, T., Julian, S., and Jürgen, R. 2014. Updated and harmonised greenhouse gas emissions for crop inventories.

The International Journal of Life Cycle Assessment p. 1-18.

Nguyen, T., and Hermansen, J.E. 2012. System expansion for handling co-products in LCA of sugar cane bio-energy systems: GHG consequences of using molasses for ethanol production. Applied Energy 89(1): 254-261.

Nikkhah, A., Taheri-rad, A., Khojastehpour, M., Emadi, B., and Payman, H. 2014. Environmental impacts of peanut production in astaneh ashrafiyeh of Guilan Province. Journal of Agroecology 6(2): 373-382. (In Persian with English Summary)

Pennington, D.W., Margni, M., Amman, C., and Jolliet, O. 2005. Multimedia fate and human intake modeling: spatial versus non-spatial insights for chemical emissions in Western Europe. Environmental Science and Technology, 39(4): 1119-1128.

Pennington, D., Margni, M., Payet, J., and Jolliet, O. 2006. Risk and regulatory hazard based toxicological effect indicators in Life Cycle Assessment (LCA). Human and Ecotoxicological Risk Assessment Journal 12: 450-475.

Pérez Gil, M., Contreras Moya, A.M., and Domínguez, E.R. 2013. Life Cycle Assessment of the cogeneration processes in the Cuban sugar industry. Journal of Cleaner Production 41: 222-231.

Phong, L.T., de Boer, I.M., and de Boer, H.J. 2011. Life Cycle Assessment of food production in integrated agriculture–aquaculture systems of the Mekong Delta. Livestock Science 139: 80-90.

Pishgar Komleh, S.H., Keyhani, A., Rafiee, S., and Sefeedpary, P. 2011. Energy use and econom ic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. Energy 36: 3335-3341.

Pishgar-Komleh, S.H., Ghahderijani, M., and Sefeedpari, P. 2012. Energy consumption and CO_4 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production 33: 183-191.

PRé, V.A. 2016. SimaPro Database Manual Methods Library.

Rafiee, S., Khoshnevisan, B., Mohammadi, I., Aghbashlo, M., Mousazadeh, H., and Clark, S. 2016. Sustainability evaluation of pasteurized milk production with a Life Cycle Assessment approach: An Iranian case study. Science of The Total Environment 562: 614-627.

Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., and Hadizadeh Azghandi, M. 2016. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain). Journal of Agroecology 7(4): 443-460. (In Persian with English Summary)

Rajaeifar, M.A., Tabatabaei, M., Ghanavati, H., Khoshnevisan, B., and Rafiee, S. 2015. Comparative Life Cycle Assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 51: 886-8998.

Safa, M., and Samarasinghe, S. 2012. CO_2 emissions from farm inputs "Case study of wheat production in Canterbury, New Zealand". Environmental Pollution 171: 126-132.

Salehi, M., Ebrahimi, R., Maleki, A., and Mobtaker, H.G. 2014. An assessme nt of energy modelin g and input costs for greenho use button mushroom production in Iran. Journal of Cleaner Production 64: 377-383.

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.

Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G.J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Jolliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., Munksgaard, J., and Norris, G. 2004. System Boundary Selection in Life-Cycle Inventories Using Hybrid Approaches. Environmental Science and Technology 38: 657-664.

Tabatabaie, S.H., Rafiee, S., and Keyhani, A. 2012. Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. Energy 44(1): 211-216.

Tabatabaie, S.M., Rafiee, S., Keyhani, A., and Heidari, M. 2013. Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for pear production in Iran. Renewable Energy 51: 7-12.

Vázquez-Rowe, I., and Iribarren, D. 2011. Computation of operational and environmental benchmarks within selected galician fishing fleets. Journal of Industrial Ecology 15(5): 776-795.

Vazquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Iribarren, D., Moreira, M.T., and Feijoo, G. 2012. Joint life cycle assessment and data envelopment analysis of grape production for vinification in the Rías Baixas appellation (NW Spain). Journal of Cleaner Production 27: 92-102.

Yousefi, M., Khoramivafa, M., and Mondani, F. 2014. Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for sugar beet (*Beta vulgaris*) agroecosystems in Iran. Atmospheric Environment 92: 501-505.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p 281-298

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۲۹۸-۲۸۱

Evaluate the Environmental Impact of Silage Corn Production in South Khorasan Province

S.M.J. Esfahani[1], K. Naderi Mahdei[2*], H. Saadi[2] and A. Dourandish[3]

Submitted: 24-12-2016
Accepted: 21-02-2017

Esfahani, S.M.J., Naderi Mahdei, K., Saadi, H.A., and Dourandish, A. 2018. Evaluate the environmental impact of silage corn production in South Khorasan Province. Journal of Agroecology 10(1): 281-298.

Introduction

The discussions on environmental sustainability have eventually come to include agricultural products in recent years. LCA is an ISO-standardized method, in which an inventory is used to determine the inputs and emissions associated with each stage of production life cycle and to express their quantitative share in a specific impact category. Southern Khorasan Province is the most eastern province in Iran. Drought and increased price of forage in this province have turned the growing of silage corn into an economical attraction for this province. Consequently, it is necessary to environmentally evaluate this crop in order to have more comprehensive understanding of its production, in addition to its economical evaluation. In this study was tried to examine the environmental impacts of silage corn production by an integrated LCA and DEA method to better understand its production and to recommend approaches for mitigating its environmental impacts.

Materials and Methods

Data were collected by questionnaire and face-to-face interviews with farmers and agriculture experts and analyzed using DEAP2.1 and Simapro software. An LCA project has four phases include *goal and scope definition*, *life cycle inventory analysis*, *life cycle impact assessment*, and *Interpretation.* An important part of goal and scope definition is to select system boundaries. The focus of the present study is on production phase and on-farm processes. In fact, farm gate is selected as system boundary and all of environmental impact estimated for the production of one tone of product. Various methods have been introduced by different institutions and countries for environmental impacts assessment. One of them is IMPACT 2002+ method which is a combination of three methods of IMPACT 2002, Eco-Indicater 99andCML. This method is selected because it assesses 15 impact indicators, and it assesses four end point indicators (damage category) by combining these impact indicators. The consumption of inputs within the studied system boundary will result in direct emission of pollutants into air, water and soil. These emissions have been calculated according to the literature.

Results and Discussion

Results for efficiency showed that mean technical efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency were 0.80, 0.93, and 0.86, respectively. In CCR mode, 13 units and in BCC mode, 22 units were efficient. Technical efficiency varied in 0.33-1 range with 0.20 SE. The lowest pure technical efficiency was 0.64 with 0.10 SE. If inefficient units could approach efficiency boundary by adjusting their consumption pattern, the results for impact categories could be reduced by 3.2-28.2%. The lowest reduction (3.3%) was the indicator of carcinogens, and the highest reduction (28.2%) was terrestrial ecotoxicity followed by mineral extraction with 25.01% reduction and land occupation and ionizing radiation with 20.8% reduction. Normalized results showed that the highest environmental burden in silage corn production was related to Respiratory inorganics followed by global warming, non-renewable energy and carcinogens. Environmental burden of electricity had the highest impact on environment pollution in five impact indicators (carcinogens, non-carcinogens, aquatic toxicity, global warming, and non-renewable energies). The assessment of damage categories revealed that the highest effect was on human health and then, on climate change and resources. Electricity, manure and on system emissions

1, 2 and 3- Assistance Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University(PNU), Associate Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan and Associate Professor, Department of Agricultural Economic, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: knadery@basu.ac.ir)

also played the most important role in environmental impacts of silage corn production in this region.

Conclusion

According to the results of the present study on the one hand and the necessity for silage corn production in the region to meet livestock sector's demand on the other hand, reform in irrigation system and water pumping system to reduce water and electricity use as well as motivating farmers to analyze soil to determine the optimum fertilization rate and increasing their understanding of how to apply this input are the most important factors to reduce environmental impacts of silage corn production in the region.

Keywords*:* Data envelopment analyzes, Life cycle assessment, Silage corn, South Khorasan.

Contents

The Effect of Manure, Chemical and Biological Fertilizers on *Aloe vera* Growth in Boushehr Province 20
E. Farrokhi, A. Koocheki , M. Nassiri Mahallati and R. Khademi
Agronomic and Ecological Identification and Evaluation of Neglected Crops in Iranian Agroecosystems: Historical Dimensions of Agricultural Development 33
A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam, F. Abdollahi and L. Jafari
The Effect of Corm Weight and Soil Nutrition on Agromorphological Characteristics of *Colchicum kotschyi* Boiss. as a Medicinal Plant 46
H. Azizi, P. Rezvani Moghaddam, M. Parsa, M. Shoor and R. Khorasani
Life Cycle Assessment (LCA) for Wheat Production Systems of Iran: 2- Spatial Comparison over the Country 67
M. Nassiri Mahallati and A. Koocheki
Effect of Different Levels of Humic-Acid and Vermicompost extract on Growth, Yield, Morphological and Phytochemical Properties of *Satureja khuzistanica* JAMZAD 79
A. Alizadeh, F. Najafi, J. Hadian and P. Salehi
Reducing the Effects of Water Stress using Vermicompost and Mineral Zeolite in Sunflower (*Helianthus annus* L.) 92
H. Tahramooz and A. Ghalavand
Effect of Plant Density and Weed Controlling on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) 105
A. Tavassoli, T. Moussavi, I. Piri and M. Babaeian
Effect of Deficit Irrigation and Plant Density on Growth and Seed Yield and Some Morphological Traits of Autumn Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) 118
B.E. Mousavifar and M.A. Behdani
The Effect of Additive Intercropping on Yield and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays* L. var. Saccharata) and Mungbean (*Vigna radiata* L.) and Weed Biomass 133
A. Gholi Nejad, A. Yadavi, M. Movahhedi Dehnavi and H. Farajee
Evaluation of Yield Potential of Common Millet (*Panicum miliaceum* L.) Ecotypes under Normal and Water Deficit Conditions 144
S. Goodarzi and E.A. Tohidinejad
Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Growth and Yield of Green Basil (*Ocimum basilicum* L.) 158
M. Rahimpour and S. Fallah
Study of the Environmental Impacts of Oil Seed Crops Production in by using the Life Cycle Assessment in Ardabil Province 173
M. Dekamin, M. Barmaki, A. Kanooni and S.R. Mousavi Meshkini
Quantitative and Qualitative Comparison of Wheat Genotypes (*Triticum aestivum* L.) under Terminal Water Stress Conditions and Foliar Application of Humic Acid 184
R. Shahryari
Investigating Management Plant Nutrition (Organic and Inorganic and Blended Fertilizers): on the Accumulation and Balance Elements Macro and Micro in Wheat Seed (*Triticum aestivum* L.) 201
E. Amjadian, A. Ghanbari and I. Khamari
Assessing Effect of Climatic-Management Factors on Yield and Growth Characteristics of Henna (*Lawsonia inermis* L.) as a Medicinal-Industrial Plant in Kerman Province 216
A. Pasandi Pour, H. Farahbakhsh and R. Moradi
Comparison of Silage Corn (*Zea mays* L.) and Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Productions in Terms of Energy Consumption and Global Warming Potential in Gorgan Region 232
M.T. Feyzbakhsh and P. Alizadeh
Evaluation of Nitrogen Uptake and Productivity of Maize Cultivars (*Zea mays* L.) under Kermanshah Climate Conditions 246
M. Ahmadi, F. Mondani, M. Khoramivafa, G.R. Mohammadi and A. Shirkhani

Evaluation of CliPest Model in Simulation of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Wild Oat (*Avena ludoviciana* L.) Competition in Kermanshah 265
A. Jalilian, F. Mondani, M. Khoramivafa and A.R. Bagheri
Evaluation of the Ecophysiological Aspects and Forage Quality Indices in the Intercropping of Maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) 279
M. Sharif Nejad, A. Ghanbari and A.R. Sirousmehr
Evaluate the Environmental Impact of Silage Corn Production in South Khorasan Province 297
S.M.J. Esfahani, K. Naderi Mahdei, H. Saadi and A. Dourandish

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 10 No. 1 Spring 2018

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Prof. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Mohammad Pessarakli, Research Professor, School of Plant Sciences, the University of Arizona

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Hamid Shahandeh, Research Soil Scientist, Soil and Crop Sciences Department, Texas A & M University

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

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