

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)



شماره ۳

جلد ۹

Vol. 9

No. 3

پاییز ۱۳۹۶

Fall 2017

Journal of Agroecology (Quarterly)

ISSN: 2008-7713

(شماره پیاپی ۳۳)

عنوان مقالات

- مطالعه تغییرات جمعیت و باتک بذر علف‌های هرز و عملکرد سویا تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی ۵۷۵
رویا مؤمن یساقی، آسیه سیاهمرگویی، ابراهیم زینلی، فرشید قادری فر و بهنام کامکار
- ارزیابی تنوع زیستی علف‌های‌هرز در بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و پرنهاده برنج (*Oryza sativa* L.) ۵۹۳
سید یوسف موسوی طغانی، پرویز رضوانی مقدم، مهدی نصیری محلاتی و محمدرضا دماوندیان
- بررسی تأثیر بستر، وزن و زمان برداشت بنه بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.) ۶۰۷
عبداله ملا فیلائی، علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم و مهدی نصیری محلاتی
- راهبردهای گذار از کشاورزی رایج به پایدار در ایران: I- بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها ۶۱۸
علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، روح اله مرادی و حامد منصوری
- اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر جمعیت و تنوع علف‌های هرز در مزرعه اسفناج (*Spinacia oleraceae* L.) ۶۳۸
سرور خرم دل، رضا قربانی، قربانعلی اسدی و روح اله آفریکان
- اثر نظام‌های مختلف کوددهی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی) بر غلظت عناصر، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد چای توش (*Hibiscus sabdariffa* L.) ۶۵۲
رقیه محمدپور وشوایی، احمد قبری و براتعلی فاخری
- مقایسه تولید علوفه آمارانت (*Amaranthus* spp. L.) تحت تأثیر مدیریت کودهای ارگانیک و شیمیایی ۶۷۵
امیر آینه بند، محمدرضا محمدی تودشکی و اسفندیار فاتح
- انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان: II- محصولات باغی ۶۸۹
نسبیه پورقاسمیان و روح الله مرادی
- مطالعه جنبه‌های زراعی و بوم‌شناختی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr.) ۷۰۵
عیسی پیری، بتول زنده دل و ابوالفضل توسلی
- تأثیر هم‌زیستی میکوریزایی و کاربرد/زوتوپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) ۷۲۲
بهروز امروایی، محمدرضا اردکانی، مسعود رفیعی، فرزاد پاک‌نژاد و فرهاد رجایی
- اثر کودهای آلی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد غده و برخی صفات کیفی سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) ۷۳۴
روح اله امینی عادل دباغ محمدی نسب و شهرام مهدوی
- مطالعه تأثیر وزن اولیه غده بذری و کود دامی بر زادآوری و عملکرد موسیر (*Allium altissimum* Regel.) در شرایط آب و هوایی شیروان ۷۴۹
مونا عارفخانی، محمد خیرخواه، محمود قربانزاده نقاب و مهدی بابائیان
- خلا‌ عملکرد سویا (*Glycine max* L. Merr.) در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول با استفاده از روش آنالیز خط مرزی ۷۶۰
علیرضا نهبندان، افشین سلطانی، ابراهیم زینلی، فریما حسینی، علی شاه‌حسینی و منیم مهباندویی
- امکان‌سنجی کشت چاودم (*Triticum secale wittmak. X*) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان با استفاده از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ۷۷۷
مارال نیازمرادی، حسین کاظمی و فرشید قادری‌فر

ادامه فهرست داخل جلد

Contents

- The Study of Weed Population and Seed Bank Dynamic and Soybean Yield under Different Tillage Methods 291
R. Momen-Yesaghi, A. Siahmarguee, E. Zeinali, F. Ghaderi far and B. Kamkar
- Evaluation of Weed Biodiversity on Rice (*Oryza sativa* L) Agro-ecosystems (Organic and High-input) 605
S.Y. Mousawi Toghani, P. Rezvani Moghaddam, M. Nassiri Mahallati and M.R. Damavandian
- Effects of Bed Type, Corm Weight and Lifting Time on Quantitative and Qualitative Criteria of Saffron (*Crocus sativus* L.) 616
A. Mollafilabi, A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and M. Nassiri Mahallati
- Strategies of Transition to Sustainable Agriculture in Iran I- Improving Resources Use Efficiency 636
A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, R. Moradi and H. Mansoori
- Effect of Non-chemical Weed Management Strategies on Population and Diversity Index for Weeds in Spinach 650
S. Khorramdel, R. Ghorbani, G.A. Asadi and R. African
- Effect of Different Fertilization Systems (Chemical, Biological and Integrated) on Nitrogen and Phosphorus Concentration, Biochemical Attributes and Sepals Dry Weight of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) 673
R. Mohammadpour Vashvaei, A. Ghanbari and B.A. Fakheri
- Fodder Production of two Amaranth (*Amaranthus* spp. L.) Cultivars Affected by Organic and Chemical Fertilizer Management 687
A. Aynehband, M.R. Mohammadi and E Fateh
- Greenhouse Gases Emission and Global Warming Potential as Affected by Chemical Inputs for Main Cultivated Crops in Kerman Province: II- Horticultural Crops 703
N. Pourghasemian and R. Moradi
- Study of Agronomical and Ecological Parameters of Additive and Replacement Intercropping Systems of Corn (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr.) 720
I. Piri, B. Zendehtdel and A. Tavassoli
- Effect of Mycorrhizal Symbiosis and *Azotobacter* Application on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Qualitative Traits under Dry Condition of Khorramabad 732
B. Amraei, M.R. Ardakani, M. Rafiei, F. Paknejad and F. Rejali
- Effect of Organic Fertilizers in Combination with Chemical Fertilizer on Tuber Yield and Some Qualitative Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L.) 747
R. Amini, A. Dabbagh Mohammadi-Nasab and S. Mahdavi
- Effect of Initial Weight of Shallot Bulb and Farm Manure on Reproduction and Shallot Yield (*Allium altissimum*Regel.) in Shirvan Climate 758
M. Arefkhani, M. Kheirkhah, M. Ghorbanzadeh Naghab and M. Babaeian
- Soybean (*Glycine max* L. Merr.) Yield Gap Analysis using Boundary Line Method in Gorgan and Aliabad Katul 775
A.R. Nehbandani, A. Soltani, E. Zeinali, F. Hoseini, A. Shahhoseini and M. Mehmandoei
- Feasibility of Triticale (*Triticum secale wittmak. X*) Cropping in Agricultural Lands of Gorgan County by Spatial Analysis Tools 792
M. Niazmoradi, H. Kazemi and F. Ghaderifar
- 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 ۹ شماره ۳ پاییز ۱۳۹۶

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

سر دبیر: دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیات 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 محمدی نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر احمد زارع فیض آبادی، 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 نصیری محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم دل، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۲۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

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 پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۵۷۵ مطالعه تغییرات جمعیت و بانک بذر علف‌های هرز و عملکرد سویا تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی
رویامؤمن یساقی، آسیه سیاهمرگویی، ابراهیم زینلی، فرشید قادری فر و بهنام کامکار
- ۵۹۳ ارزیابی تنوع زیستی علف‌های هرز در بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و پرنهاده برنج (*Oryza sativa* L.)
سید یوسف موسوی طغانی، پرویز رضوانی مقدم، مهدی نصیری محلاتی و محمدرضا دماوندیان
- ۶۰۷ بررسی تأثیر بستر، وزن و زمان برداشت بنه بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.)
عبداله ملا فیلابی، علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم و مهدی نصیری محلاتی
- ۶۱۸ راهبردهای گذار از کشاورزی رایج به پایدار در ایران: I- بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها
علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، روح اله مرادی و حامد منصوری
- ۶۳۸ اثر روش‌های مدیریت غیر شیمیایی بر جمعیت و تنوع علف‌های هرز در مزرعه اسفناج (*Spinacia oleraceae* L.)
سرور خرم دل، رضا قربانی، قربانعلی اسدی و روح اله آفریکان
- ۶۵۲ اثر نظام‌های مختلف کوددهی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی) بر غلظت عناصر، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد چای ترش
(*Hibiscus sabdariffa* L.)
رقیه محمدپور وشوایی، احمد قنبری و براتعلی فاخری
- ۶۷۵ مقایسه تولید علوفه آمارانت (*Amaranthus* spp. L.) تحت تأثیر مدیریت کودهای ارگانیک و شیمیایی
امیر آینه بند، محمدرضا محمدی تودشکی و اسفندیار فاتح
- ۶۸۹ انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان: II- محصولات باغی
نسبیه پورقاسمیان و روح الله مرادی
- ۷۰۵ مطالعه جنبه‌های زراعی و بوم‌شناختی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr.)
عبسی پیری، بتول زنده دل و ابوالفضل توسلی
- ۷۲۲ تأثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد ازتوباکتر بر خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط
دیم منطقه خرم‌آباد
بهروز امرایی، محمدرضا اردکانی، مسعود رفیعی، فرزاد پاکنژاد و فرهاد رجالی
- ۷۳۴ اثر کودهای آلی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد غده و برخی صفات کیفی سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)
روح اله امینی عادل دباغ محمدی نسب و شهرام مهدوی
- ۷۴۹ مطالعه تأثیر وزن اولیه غده بذری و کود دامی بر زادآوری و عملکرد موسیر (*Allium altissimum* Regel.) در شرایط آب و
هوایی شیروان
مونا عارفخانی، محمد خیرخواه، محمود قربانزاده نقاب و مهدی بابائیان
- ۷۶۰ خلا عملکرد سویا (*Glycine max* L. Merr.) در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول با استفاده از روش آنالیز خط مرزی
علیرضا نه‌بندانی، افشین سلطانی، ابراهیم زینلی، فریما حسینی، علی شاه‌حسینی و میثم مهماندویی
- ۷۷۷ امکان‌سنجی کشت چاودم (*Triticum secale wittmack. X*) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان با استفاده از تحلیل‌های مکانی
سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)
مارال نیازمرادی، حسین کاظمی و فرشید قادری‌فر

- ۷۹۴ بررسی اثر کیفیت بقایای گیاهی بر روند معدنی شدن نیتروژن در خاک در شرایط رطوبتی متفاوت
الهه برومند رضا زاده، علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم، مهدی نصیری محلاتی و امیر لکزیان
- ۸۰۵ تأثیر کاربرد ورمی کمپوست، محلول پاشی برگ‌گی چای کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)
مریم صفائی، اصغر رحیمی، بنیامین ترابی و آزاده خرم قهفرخی
- ۸۲۱ پهنه‌بندی اقلیمی پتانسیل کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) استان گلستان
افروغ سادات بنی‌عقیل، علی راحمی کاریزکی، عباس بیابانی، حسن فرامرزی
- ۸۳۴ تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی برگ‌گی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.)
اصغر رحیمی و علی اکبر پورمحمدی
- ۸۴۸ تأثیر مدیریت توزیع نیتروژن بر جذب و کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای *Sorghum bicolor* L. (Moench)
علیرضا بهشتی و احسان سید کابلی
- ۸۶۲ تأثیر مصرف ورمی کمپوست و عناصر کم مصرف بر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)
علیرضا کریمی، محمد علی بهدانی، محمد حسن فتحی و سید وحید اسلامی
- ۸۷۸ اثر کاربرد همزمان پلیمر آبدوست رطوبت، سایه‌انداز و خاک‌پوش بر عملکرد کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط کم آبیاری
مریم بستانی، مهدی صیدی و زهرا طهماسبی

اسامی ارزیابان جلد ۹ شماره ۳ (پاییز ۱۳۹۶) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر محمد آرمین	دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار	دکتر آسیه سیاهمرگوئی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی	دکتر سید محمد سیدی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر حجت امامی	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر محمود شور	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر شهرام امیرمرادی	دانشگاه پیام نور خراسان رضوی	دکتر رضا صدرآبادی حقیقی	دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
دکتر افسانه امین غفوری	دانشگاه پیام نور خراسان رضوی	دکتر حامد ظریف کتابی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر محمد بهزاد امیری	مجتمع آموزش عالی گناباد	دکتر الهام عزیزی	دانشگاه پیام نور خراسان رضوی
دکتر زینب اورسجی	دانشگاه گنبد کاووس	دکتر ریحانه عسگرپور	دانشگاه پیام نور تهران
دکتر الهه برومند رضا زاده	شرکت فناوران بذر یکتا	دکتر یاسر علیزاده	دانشگاه ایلام
دکتر محمد علی بهدانی	دانشگاه بیرجند	دکتر حمیدرضا فلاحي	دانشگاه بیرجند
دکتر حمیدرضا توکلی کاخکی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی	دکتر حسن فیضی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر محمد جواد ثقه الاسلامی	دانشگاه آزاد بیرجند	دکتر محمود قربان زاده	دانشکده کشاورزی شیروان
دکتر محسن جهان	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر حسین کاظمی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر فاطمه حسن زاده اول	پژوهشکده بوعلی	دکتر امیر لکزیان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر المیرا محمدوند	دانشگاه گیلان
دکتر علیرضا دادخواه	دانشکده کشاورزی شیروان	دکتر روح اله مرادی	دانشگاه کرمان - واحد بردسی
دکتر مهدی دهمرده	دانشگاه زابل	دکتر حامد منصوری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان
دکتر رضا دیهیم فرد	دانشگاه شهید بهشتی - پژوهشکده علوم محیطی	دکتر سمانه نجیب نیا	آموزش و پرورش واحد خراسان رضوی
دکتر حمید رضا ذبیحی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی	دکتر امید نوری	دانشگاه شهید بهشتی
دکتر فائز رئیسی	دانشگاه شهرکرد		
دکتر محمود سلوکی	دانشگاه زابل		
دکتر سارا سنجانی	موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج		

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 provide 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 تدوام 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 تردید 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 کارایی و بهره‌وری نهاده‌ها، جایگزینی عملیات و نهاده‌های بوم سازگار و در نهایت، مرحله تجدید ساختار بوم‌نظام را دربردارد. به نظر می‌رسد که پیمودن چنین راهی جز با تغییر نگرش‌ها و بازتعریف مفاهیم رایج در فرآیندی تدریجی میسر نخواهد بود.

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

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

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی



به نام 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 قابل توجه 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. به همین 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 به اصطلاح اکوسیستم (بوم‌نظام) نامیده می‌شود، میسر نخواهد بود و بدین ترتیب 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، به عنوان 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 نه تنها 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. به همین دلیل در مقطع زمانی کنونی برای سامان بخشیدن به این یافته‌های علمی در قالب یک مجموعه تخصصی، ضرورت انتشار مجله‌ای علمی تحت عنوان «بوم‌شناسی کشاورزی» بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. چون نقطه ثقل چنین مجله‌ای «بوم‌شناسی» 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 حداقل اتکاء به نهاده‌های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره‌برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمی 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 اگر و اکولوژیکی
- 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 فرآورده‌های 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 آنجایی که 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 نرم‌افزار 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 حداکثر 20 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، نتیجه‌گیری، 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 600-700 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 متناسب 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 نتیجه‌گیری 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 پراکنش 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 عنوان‌های جدول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملاً 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 صورتی که 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- کنفرانس‌های 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/SAFEWexecsumfinalreport.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 افزارهای 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، دفتر مجله بوم‌شناسی کشاورزی

صندوق پستی: 91775-1163

تلفن: 051-38804654 نمابر: 051-38787430 E-mail: Agroecology@um.ac.ir

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

از آنجائیکه نشریه بوم‌شناسی 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.



مطالعه تغییرات جمعیت و بانک بذر علف‌های هرز و عملکرد سویا تحت تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی

رویا مؤمن یساقی^۱، آسیه سیاهمرگویی^{۲*}، ابراهیم زینلی^۳، فرشید قادری فر^۳ و بهنام کامکار^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۸

مؤمن یساقی، ر.، سیاهمرگویی، آ.، زینلی، ا.، قادری فر، ف.، و کامکار، ب. ۱۳۹۶. مطالعه تغییرات جمعیت و بانک بذر علف‌های هرز و عملکرد سویا تحت تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۵۷۵-۵۹۲.

چکیده

به منظور بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی (متداول، کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی) بر جمعیت علف‌های هرز و بانک بذر آن‌ها، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در سه قطعه زمین تحت کشت سویا (*Glycin max* L.) (رقم دی‌پی‌ایکس) هر یک به مساحت ۲۵۰۰ مترمربع در شهرستان علی‌آبادکنول اجرا گردید. نمونه‌برداری از فلور علف‌های هرز در ابتدای فصل رشد سویا (قبل از کنترل علف‌های هرز)، به‌روی شبکه‌های مربعی شکل به ابعاد ۵×۵ متر و درکادری به ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر انجام گرفت. جهت مطالعه بانک بذر نیز از سه عمق ۵-، ۱۵- و ۳۰- سانتی‌متر نمونه‌برداری گردید. نتایج آزمایش این قسمت حاکی از فراوانی بالای بذر علف‌هرز خرفه (*Portulaca oleraceae* L.) در بانک بذر بود. از این‌رو در مرحله بعد به بررسی روند جوانه‌زنی و قدرت حیات بذرهای خرفه مستخرج از اعماق مختلف خاک، تحت تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی پرداخته شد. به‌طور کلی تعداد گونه‌های مشاهده شده در تیمارهای خاک‌ورزی متداول، کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۳، ۵ و ۵ گونه بود. در هر سه تیمار نیز، گونه غالب جگن (*Cyperus* sp.) بود. میانگین تراکم و درصد نقاط عاری از این گیاه در تیمار خاک‌ورزی متداول ۱۹۱/۲ بوته در مترمربع و ۱۳/۴ درصد، در تیمار کم خاک‌ورزی ۳۸۵/۹ بوته در مترمربع و ۱۰/۳ درصد و در تیمار بدون خاک‌ورزی ۱۹۱/۷ بوته در مترمربع و ۲۹/۳ درصد بود. تراکم بذر علف‌های هرز در روش خاک‌ورزی متداول در هر سه عمق نمونه‌برداری کمتر از دو روش دیگر بود. همچنین در هر سه روش خاک‌ورزی، تعداد بذرهای مشاهده شده در لایه ۵- سانتی‌متری خاک بیشتر از دو لایه دیگر بود. بیشترین مقدار شاخص تنوع شانون در تیمار بدون خاک‌ورزی و در اعماق نمونه‌برداری ۵- و ۱۵- سانتی‌متر مشاهده شد. کمترین مقدار این شاخص نیز در همین تیمار و در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. میزان متوسط جوانه‌زنی بذور خرفه جدا شده از خاک در تیمارهای خاک‌وری متداول، کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۴۳، ۵۹ و ۴۳ درصد بود. نتایج تست تترازولیوم نشان داد که تمامی بذور جوانه نرزه مرده بودند. در هر سه روش خاک‌ورزی، بیشترین درصد جوانه‌زنی در بذور مستخرج از لایه ۱۵-۵ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. اما کمترین مقدار این فاکتور در تیمار خاک‌ورزی متداول و بدون خاک‌ورزی در لایه ۳۰-۱۵ سانتی‌متر و در تیمار کم خاک‌ورزی در عمق ۵- سانتی‌متری خاک دیده شد. عملکرد دانه نیز نشان داد که بیشترین عملکرد در شرایط بدون خاک‌ورزی به‌دست آمد. با توجه به نکات اشاره شده، در این تحقیق کارایی روش بدون خاک‌ورزی در مقایسه با تیمار کم خاک‌ورزی و متداول بالاتر بود.

واژه‌های کلیدی: بدون خاک‌ورزی، تترازولیوم کلراید، تنوع گونه‌ای، درصد جوانه‌زنی، نیمرخ خاک

مقدمه

انرژی‌خواه در کشاورزی است که تقریباً ۵۰ درصد انرژی کل مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد (Yonesi-Alamoti et al., 2015). عملیات خاک‌ورزی در اکثر مناطق ایران به‌وسیله گاواهن برگردان‌دار انجام می‌شود. توانایی این گاواهن در برگرداندن خاک، امکان دفن بقایای گیاهی را در عمقی پایین‌تر از عمق بستر بذر را فراهم و با زیر و رو کردن خاک، امکان هوادهی و اختلاط مواد غذایی با لایه توسعه

خاک‌ورزی و آماده‌سازی اولیه بستر کاشت یکی از عملیات‌های

۱، ۲، ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد علف‌های هرز، استادیار، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*) نویسنده مسئول: Email: siahmarguee@gau.ac.ir

ریشه را امکان‌پذیر می‌سازد. علاوه بر این برگرداندن خاک همچنین با دفن بذور علف‌های هرز، تأثیر به‌سزایی در کاهش جمعیت علف‌های هرز در کشت محصول بعدی ایفا می‌نماید.

علی‌رغم همه مزایایی که گاواهن برگردان‌دار نسبت به بقیه گاواهن‌ها دارد، استفاده دائمی از آن مخصوصاً در مناطق خشک مشکلاتی را نیز به همراه داشته است. آلمن (Aleman, 2001) با اشاره به معایب خاک‌ورزی متداول، عنوان نمود که این نوع خاک‌ورزی، باعث کاهش مواد آلی خاک و عناصر غذایی شده و نیاز به نهاده‌هایی مثل کود، آفت‌کش و آب را برای حفظ کمیت و کیفیت تولید را افزایش می‌دهد. از این رو توجه و ترویج سایر روش‌های خاک‌ورزی مانند خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی^۱ و بدون خاک‌ورزی^۲)، می‌تواند بسیار مفید باشد. نتایج بسیاری از آزمایشات صورت گرفته در این زمینه نشان داد که سیستم بدون خاک‌ورزی در مقایسه با سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم، باعث افزایش رطوبت خاک، کاهش فشرده‌گی و افزایش عناصر غذایی خاک (Yonesi-Alamoti, 2015; Derpsch et al., 2014) و در نتیجه افزایش عملکرد را به‌همراه داشته است (Ghanbaryan et al., 2013). در این راستا صفری و همکاران (Safari et al., 2013) با بررسی خصوصیات فیزیکی خاک تحت تأثیر نوع خاک‌ورزی در لایه‌های ۵-۱۵، ۱۵-۲۵ سانتی‌متری خاک دریافتند که مقدار رطوبت وزنی خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی در هر سه لایه خاک تفاوت معنی‌داری نداشت. اما در روش خاک‌ورزی مرکب (چیزل با تیغه‌های قلمی در دو مرحله) و متداول (گاواهن برگردان‌دار + دیسک)، میزان رطوبت وزنی در لایه ۵-۱۰ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری کمتر از دو لایه دیگر بود. در این رابطه نتایج مطالعه سردار و همکاران (Sardar et al., 2015) نشان داد که استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی تأثیر به‌سزایی در بهبود رشد گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد از طریق حفظ رطوبت خاک خواهد داشت.

علاوه بر موارد اشاره شده، شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی از طریق تغییر در شرایط فیزیکی بستر بذر می‌توانند بر نحوه جوانه‌زنی و سبز شدن بذر اثرگذار باشند (Arshadi-Khamse et al., 2012). روش‌های مختلف خاک‌ورزی از طریق تأثیر بقایای گیاهی بر محیط

جوانه‌زنی بذر، تغییر رطوبت و دمای خاک و همچنین تغییر توزیع بذر علف‌های هرز در خاک باعث تغییرات قابل توجهی در فلور علف‌های هرز می‌شود (Anderson et al., 1998; Buhler & Oplinger, 1990; Clements et al., 1996; Derksen et al., 1993; Singh et al., 2015; Liebman et al., 1996). در این راستا بوهر و آپلینگر (Buhler & Oplinger, 1990) گزارش کردند که در مقایسه با گاواهن برگردان‌دار، گاواهن چیزل منجر به افزایش تراکم گیاهچه‌های گیاهان با بذر ریز مثل سلمه‌تره (*Chenopodium album* L. و تاج خروس (*Amaranthus* sp.) می‌شود. آلمن (Aleman, 2001) نیز نشان داد که تراکم این گیاهان در سیستم بدون خاک‌ورزی بیش از خاک‌ورزی حداقل و متداول بود. سردار و همکاران (Sardar et al., 2015) دریافتند که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر به‌سزایی در تراکم و ترکیب علف‌های هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) دارد. به‌نحوی که در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، تراکم علف‌های هرز باریک برگ افزایش و تراکم علف‌های هرز پهن برگ، کاهش یافته است.

همچنین خاک‌ورزی حفاظتی توزیع عمودی بذر علف‌های هرز در خاک را تحت تأثیر قرار داد و موجب تمرکز حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد بذر علف‌های هرز در سطح خاک (لایه ۵-۱۰ سانتی‌متری سطح خاک) می‌شود (Swanton et al., Koocheki & Bromand, 2009; Gillespie, 2006; Nalewaja, 2003). اگرچه در شرایط خاک‌ورزی کاهش یافته تعداد بذر بیشتری در سطح خاک متمرکز می‌شود، اما فاکتورهای دیگری مانند نوع خاک (Vanasse & Leroux, 2000)، نوع بیوتیپ علف‌هرز و اندازه بذر (Grundy et al., 2003)، تناوب زراعی (Cardina et al., 2002) و نوع اقلیم نیز می‌توانند در تنظیم بانک بذر بسیار مؤثر باشند. نتایج تحقیق کارتر و ایوانی (Carter & Ivany, 2006) نشان داد که بذر علف‌های هرز در روش خاک‌ورزی با گاواهن برگردان‌دار به‌طور یکنواخت بین دو عمق ۱۰-۲۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متری خاک توزیع شده بودند، ولی در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی، بیشتر بذور در لایه ۲۰-۱۰ سانتی‌متری خاک متمرکز شده بودند. از طرفی روش‌های مختلف خاک‌ورزی با تغییر شرایط محیطی می‌توانند بر رکود یا حیات جمعیت بذر تأثیرگذار باشند. قوشه و الحاجاج (Ghosheh & Al-Hajaj, 2004) اظهار داشتند که تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی،

۱- Minimum tillage

۲- No-tillage

عمق قرارگیری بذر در خاک و در نتیجه رفتار جوانه‌زنی بذر علف‌هرز دستخوش تغییرات اساسی خواهد شد.

با توجه به تغییر نگرش در استفاده از روش خاک‌ورزی متداول و تأکید بر استفاده از روهای خاک‌ورزی حفاظتی، این آزمایش با هدف بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی بر تنوع و تراکم علف‌های هرز و بانک بذر در شرایط زراعی انجام شده است. علاوه بر این، توزیع بذر علف‌های هرز در نیمرخ خاک و قابلیت جوانه‌زنی و قابلیت حیات بذر علف‌های هرز موجود در اعماق مختلف خاک تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی از جمله شاخص‌های مورد بررسی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی در سه قطعه زمین هر یک به مساحت ۲۵۰۰ مترمربع (واقع در شهرستان علی‌آبادکنول با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۴ دقیقه شمالی) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد.

شایان ذکر است تناوب هر یک از قطعات گندم (*Triticum aestivum* L. سویا بوده و قطعات در کنار هم قرار داشتند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و همچنین خلاصه عملیات زراعی انجام شده در هریک از قطعات در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. نمونه‌برداری از فلور علف‌های هرز و بانک بذر در ابتدای فصل رشد سویا و قبل از کنترل علف‌های هرز انجام شد. به‌منظور

نمونه‌برداری از فلور علف‌های هرز، هر یک از سه قطعه زمین به شبکه‌های مربعی به ابعاد ۵×۵ متر تقسیم‌بندی شدند. درمحل هر تقاطع میخ‌های چوبی کوبیده شد. سپس در محل هر میخ چوبی، کادری با ابعاد ۰/۲۵ مترمربع نصب و تراکم علف‌های هرز در مجموع و به تفکیک گونه، جداگانه ثبت شد.

جهت بررسی توزیع عمودی بانک‌بذر علف‌های هرز در نیمرخ خاک، ابتدا هر قطعه آزمایشی به‌صورت عرضی به پنج قطعه تقسیم شد. سپس در هر قسمت بر اساس الگوی W (از پنج نقطه در رئوس الگوی) از سه عمق ۵-، ۱۵- و ۳۰-۱۵ سانتی‌متر نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل شد. برای ارزیابی بانک بذر از روش جداسازی که توسط سیاهمرگویی و همکاران (Siahmarguee et al., 2011) ارائه شده است، استفاده شد. بعد از نرم کردن کلوخه‌ها به روش دستی و اختلاط کامل آن‌ها با هم از هر نمونه، ۱۰۰ گرم جدا و درون پارچه‌های توری سه لایه ریخته و در نهایت با فشار ملایم آب شسته شدند. بعد از شستشوی کامل، محتویات درون هر پارچه (که شامل بقایای گیاهی، سنگ‌ریزه، بذر گیاهان مختلف و ... بودند)، بعد از خشک شدن درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته شدند. در مرحله بعد نیز با استفاده از استرومیروسکوپ دو چشمی، بذر علف‌های هرز از سنگ‌ریزه‌ها جدا شده و در نهایت نسبت به شمارش و شناسایی آن‌ها در حد گونه اقدام گردید. در مرحله شناسایی، بذرهایی که تحت فشار پوک نبوده و مقاومت نشان دادند، به عنوان بذر سالم در نظر گرفته شدند (Boguzas et al, 2004).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر تحت تیمارهای مختلف خاک‌ورزی
Table 1- Chemical and physical soil properties in 0-30 cm depth under different tillage systems

بافت Texture	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable K (mg.kg ⁻¹)	نیترژن کل (درصد) Total N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
سیلتی رسی لومی Si-C-L	1.29	16.10	240.00	0.130	7.90	1.10
خاک‌ورزی متداول Conventional T.	1.37	17.00	240.00	0.130	7.90	1.00
کم‌خاک‌ورزی Minimum T.	1.31	23.00	280.00	0.130	7.90	1.00
بدون خاک‌ورزی No-Tillage						

جدول ۲- مدیریت‌های زراعی روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 2- Agronomic management for different tillage systems

بدون خاک‌ورزی No. tillage	خاک‌ورزی کم Minimum tillage	خاک‌ورزی متداول Conventional tillage	تناوب Rotation
گندم-سویا Wheat-Soybean	گندم-سویا Wheat-Soybean	گندم-سویا Wheat-Soybean	تناوب Rotation
بقایای گندم دست نخورده باقی ماند* residuals of wheat undisturbed	دوبار دیسک Disk (2 times)	گاواهن + دوبار دیسک Moldboard plow+ Disk (2 times)	روش آماده‌سازی بستر Seedbed preparation method
ردیف‌کار پنوماتیک مترمک Maternacc penomatic row-planter	ردیف‌کار چیزل Chizel row-planter	ردیف‌کار Row-planter	روش کاشت Planting method
دی پی ایکس DPX	دی پی ایکس DPX	دی پی ایکس DPX	رقم Variety
۹۴/۳/۳۱ 21-6-2015	۹۴/۳/۳۱ 21-6-2015	۹۴/۳/۳۱ 21-6-2015	تاریخ کاشت Planting date
۲مرحله (همراه با کشت و بعد از سبز شدن) و در هر مرحله ۵۰ کیلو درهکتار Urea fertilizer was applied in two stages (in planting time and post emergence) and at each stages 50kg/ha.	۲مرحله (همراه با کشت و بعد از سبز شدن) و در هر مرحله ۵۰ کیلو درهکتار Urea fertilizer was applied in two stages (in planting time and post emergence) and at each stages 50kg/ha.	۲مرحله (همراه با کشت و بعد از سبز شدن) و در هر مرحله ۵۰ کیلو درهکتار Urea fertilizer was applied in two stages (in planting time and post emergence) and at each stages 50kg/ha.	مقدار و نوع کود (اوره) Amount and kind of fertilizer (Urea)
بنتازون، ۲/۵ لیتر در هکتار bentazone sodium, 2.5 lit/ha	بنتازون، ۲/۵ لیتر در هکتار bentazone sodium, 2.5 lit/ha	بنتازون، ۲/۵ لیتر در هکتار bentazone sodium, 2.5 lit/ha	نوع علف‌کش Kind of herbicide
۵ نوبت 5 times	۵ نوبت 5 times	۵ نوبت 5 times	آبیاری Irrigation

$$G = \frac{G_{\max}}{1 + \exp\left(-\frac{X - T_{50}}{G_{rate}}\right)} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، $G_{\max}$: حداکثر جوانه‌زنی، T_{50} : زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی و G_{rate} : شیب در نقطه T_{50} را نشان می‌دهند.

در این مطالعه شاخص تنوع شانون و غنای گونه‌ای نیز به عنوان سنجه‌هایی از تنوع گونه‌ای محاسبه شدند. غنای گونه‌ای معادل تعداد گونه‌های ثبت شده در هر تیمار در نظر گرفته شد. برای محاسبه شاخص تنوع شانون (Magurran, 1988) از معادله ۲ استفاده شد.

$$H = -\sum (n_i / N * \ln (n_i / N)) \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن، N : فراوانی کل گونه‌ها و n_i : فراوانی گونه i ام می‌باشد. میزان شباهت گونه‌ای بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی نیز بر اساس شاخص تشابه سورنسون (Magurran, 1988) تعیین شد (معادله ۳).

$$S = 2W / (C + J) \quad \text{معادله (۳)}$$

از آنجایی که نتایج حاکی از فراوانی بالای بذر علف‌هرز خرفه در بانک بذر بود، در مرحله بعد به بررسی روند جوانه‌زنی و قدرت حیات بذرهای خرفه به‌دست آمده از اعماق مختلف خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی پرداخته شد. در ابتدا بذور با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد ضدعفونی شدند. سپس کل بذرهای استحصال شده از هر عمق در هر سه روش خاک‌ورزی، جداگانه درون یک پتريدش به‌روی کاغذ صافی قرار داده شد و بعد از اضافه شدن پنج میلی لیتر آب مقطر درون انکوباتوری با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (Portosi et al., 2008) قرار گرفت. روند جوانه‌زنی بذور، روزانه ثبت گردید. بعد از ثابت شدن روند تغییرات جوانه‌زنی (سه روز متوالی)، زنده‌مانی بذور جوانه نژده با استفاده از محلول تترازولیوم کلراید (پنج درصد) تعیین شد (Conn & Werdin-Pfisterer, 2010).

الگوی جوانه‌زنی بذور خرفه در طی زمان با استفاده از معادله سیگموئیدی سه پارامتره (رابطه ۱) مورد ارزیابی قرار گرفت (Singh et al., 2015).

به‌طور کلی تعداد گونه‌های مشاهده شده در تیمارهای خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به ترتیب سه، پنج و پنج گونه بود. در هر سه تیمار نیز، گونه جگن (*Cyperus sp.*)، مهمترین گونه مشاهده شده بود. میانگین تراکم و درصد نقاط عاری از این گیاه در تیمار خاک‌ورزی متداول ۱۹۱/۲ بوته در مترمربع و ۱۳/۴ درصد، در تیمار کم‌خاک‌ورزی ۳۸۵/۹ بوته در مترمربع و ۱۰/۳ درصد و در تیمار بدون خاک‌ورزی ۱۹۱/۷ بوته در مترمربع و ۲۹/۳ درصد بود. با توجه به این که در روش آماده‌سازی بستر در تیمار کم‌خاک‌ورزی از دو بار دیسک به عمق ۱۰ سانتی‌متر استفاده شده بود، این امر سبب قرار گیری اندام‌های تکثیر رویشی و زایشی در عمق مطلوب شده که نتیجه آن افزایش قابل توجه تراکم و دامنه گسترش این گیاه در تیمار کم‌خاک‌ورزی است. درصد نقاط عاری از جگن در تیمار بدون خاک‌ورزی بیش از دو تیمار دیگر بود. نتیجه حاصله دور از انتظار نیست، زیرا خاک‌ورزی مهمترین عامل جابجایی و انتشار اندام‌های تکثیر (به‌خصوص اندام‌های تکثیر رویشی) گونه‌های مختلف علف‌هرز است. بنابراین در شرایط بدون خاک‌ورزی به‌دلیل عدم جابجایی اندام‌های تکثیر این گیاهان، لکه‌های مربوط به آن‌ها در سطح مزرعه کوچکتر خواهند بود که نتیجه آن افزایش درصد نقاط عاری از علف‌هرز است. نتایج تحقیق کاردینا و همکاران (Cardina et al., 1991) و اسپاندل و همکاران (Spandl et al., 1999) نشان داد که تحت شرایط کم‌خاک‌ورزی، تراکم گیاهچه علف‌هرز افزایش یافت. بوهرلر (Buhler, 1995) دلیل این امر را توزیع بذر علف‌های هرز در لایه‌های سطحی خاک، جایی که شرایط برای جوانه‌زنی آن‌ها مساعد است، عنوان نمود. ناکاماتو و همکاران (Nakamoto et al., 2006) اظهار داشتند که در شرایط کم‌خاک‌ورزی به‌دلیل تخریب کمتر اندام‌های رویشی علف‌های هرز چندساله، در مقایسه با خاک‌ورزی متداول، جمعیت علف‌های هرز چندساله افزایش خواهد یافت. نتایج تحقیقات لطیفی و همکاران (Latifi et al., 2009) نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر به‌سزایی در تراکم و ترکیب علف‌های هرز پنبه دارد. آن‌ها نشان دادند که در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر علف‌های هرز چندساله به‌خصوص اویارسلام (*Cyperus sp.*) غالب بود اما در روش شخم مرسوم بیشتر علف‌های هرز یک‌ساله از قبیل عروسک پشت‌پرده (*Physalis alkekengi L.*)، تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum L.*) و تاج خروس (*Amaranthus sp.*) غالبیت داشتند و در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی علف‌های هرز چندساله فراوان

که در آن، S: شاخص تشابه، W: تعداد گونه‌های مشترک در دو شرایط، C و J: به ترتیب تعداد گونه‌های موجود در هر یک از دو شرایط می‌باشند. مقدار S بین صفر تا یک متغیر بوده و $S = 1$ نشان دهنده تشابه کامل می‌باشد.

میانگین تراکم بوته (بذر) از تقسیم مجموع بوته‌های (بذرهای) مشاهده شده در تعداد کواردهای پرتاب شده به‌دست آمد (Minbashi Moeini et al., 2012).

$$DK_i = \frac{\sum K_i}{N} \quad \text{معادله (۴)}$$

$\sum K_i$: نشان‌دهنده تراکم کل گونه K_i در همه کواردهای نمونه‌برداری شده و N: تعداد کل کواردهای پرتاب شده می‌باشد. تراکم نسبی گونه (RD_{ki}) : بیانگر سهم یک گونه از کل گونه‌های مشاهده شده در سطح مزارع است که با استفاده از معادله ۵ محاسبه شد. (Minbashi Moeini et al., 2012)

$$RD_{ki} = \frac{D_{ki}}{\sum D_{total}} \times 100 \quad \text{معادله (۵)}$$

RD_{ki} : میانگین تراکم گیاهچه گونه K_i ، D_{total} : میانگین تراکم کل گونه‌ها.

برای محاسبه درصد نقاط عاری از علف‌هرز، ابتدا تعداد کواردهایی که در آن گونه مورد نظر مشاهده نشده بود، تعیین و سپس با تقسیم آن بر کل کواردهای پرتاب شده بر اساس رابطه ۶ محاسبه گردید (Siahmargue et al., 2011).

$$PWF\% = \frac{PWF_{K_i}}{N} \times 100 \quad \text{معادله (۶)}$$

PWF_{K_i} : بیانگر تعداد کواردهای عاری از گونه K_i و N: تعداد کل کواردهای مورد بررسی می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به توزیع عمودی بذر به صورت تجزیه مرکب در مکان با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد. لازم به ذکر است قبل از تجزیه داده‌ها آزمون لونی (Levene) جهت بررسی یکنواختی واریانس انجام گرفت که از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

نتایج و بحث

تراکم، تراکم نسبی و درصد نقاط عاری از گیاهچه علف‌هرز در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در جدول ۳ نشان داده شده است.

خروس، خرفه و کنجد شیطان (*Cleomea viscosa* L.) مهمترین گونه‌های مشاهده شده در هر دو عمق نمونه‌برداری (۱۰-۲۰ و ۱۰-۱۰ سانتی‌متر) بودند. برارپور و اولیور (Bararpour & Oliver, 1998) و همچنین بوهلر و آپلینگر (Buhler & Oplinger, 1990) نشان دادند که خاک‌ورزی سنتی باعث کاهش تراکم علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، دم روباهی سبز (*Setaria faberi* Herrm.) و تاج‌ریزی (*Solanum nigrum* L.) شد اما تراکم علف‌های هرز برگ مخملی (*Senna obtusifolia* L.) و توق (*Xanthium strumarium* L.) که دارای بذره‌های بزرگ‌تری هستند، افزایش یافت.

بذره‌های موجود در بانک بذر متعلق به ۱۰ گونه بود. که از این تعداد هفت گونه پهن برگ، سه گونه باریک برگ، نه گونه یک‌ساله، یک گونه چندساله، همچنین از این تعداد سه گونه مسیری فتوسنتزی چهار کربنه و هفت گونه مسیر فتوسنتزی سه کربنه را دارا بودند. در بین گونه‌های مشاهده شده در بانک بذر، بیشترین فراوانی بذر متعلق به خرفه و تاج خروس (*Amaranthus* sp.) بود (جدول ۴). غالبیت گونه‌های یک‌ساله و پهن‌برگ، در بانک بذر در بسیاری از تحقیقات مورد تأیید قرار گرفته است. از جمله سهرابی‌راد و همکاران (Sohrabi-Rad et al., 2017) با مطالعه بانک بذر مزارع سویا در شهرستان کلاله واقع در استان گلستان دریافتند که گونه‌های تاج

جدول ۳- تراکم، تراکم نسبی گیاهچه‌های مختلف علف‌هرز در روش‌های مختلف خاک‌ورزی
Table 3- Density, relative density of different seedling of weeds in different tillage methods

Table 3- Density, relative density of different seedling of weeds in different tillage methods								
خاک‌ورزی Tillage	نام Name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	تراکم گیاهچه (تعداد در متر مربع)			تراکم نسبی گیاهچه (درصد) Relative density of seedling (%)	درصد نقاط عاری از علف هرز Weed free area (%)
				حداقل Seedling density (per m²)	حداکثر	میانگین		
				Min	Max	Mean		
خاک‌ورزی متداول Conventional T.	جگن	<i>Cyperus</i> sp.	جگنیان Cyperaceae	0	2720	191.23	95.67	13.49
	سوروف	<i>Echinochloa crusgalli</i>	گندمیان Poaceae	0	128	7.74	3.87	77.77
	نیلوفر	<i>Ipomoea</i> sp.	پیچکیان Convolvulaceae	0	64	0.88	0.44	97.61
کم خاک‌ورزی Minimum T.	جگن	<i>Cyperus</i> sp.	جگنیان Cyperaceae	0	1600	385.96	96.08	10.31
	سوروف	<i>Echinochloa crusgalli</i>	گندمیان Poaceae	0	320	14.22	3.54	73.80
	نیلوفر	<i>Ipomoea</i> sp.	پیچکیان Convolvulaceae	0	16	0.38	0.094	97.61
	شیرین بیان	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	بقولات Fabaceae	0	16	0.25	0.063	98.41
	خریزه وحشی	<i>Cucumis melo</i>	کدوئیان Cucurbitaceae	0	64	0.88	0.22	96.82
بدون خاک‌ورزی No-tillage	جگن	<i>Cyperus</i> sp.	جگنیان Cyperaceae	0	1760	191.74	91.45	29.36
	سوروف	<i>Echinochloa crusgalli</i>	گندمیان Poaceae	0	160	16.25	7.75	63.49
	نیلوفر	<i>Ipomoea</i> sp.	پیچکیان Convolvulaceae	0	48	1.14	0.54	96.82
	خریزه وحشی	<i>Cucumis melo</i>	کدوئیان Cucurbitaceae	0	16	0.38	0.18	97.61
	تاج خروس	<i>Amaranthus</i> sp.	تاج خروسیان Amaranthaceae	0	16	1.126	0.06	99.206

جدول ۴- تراکم نسبی بذر علف‌هرز در اعماق مختلف پروفیل خاک (سانتی‌متر) تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 4- Relative density of weeds seed in different depth of soil profile in different tillage systems

نام Name	خانواده Family	خاک‌ورزی متداول Conventional T.			کم خاک‌ورزی Minimum T.			بدون خاک‌ورزی No-tillage		
		0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30
خرفه <i>Portulaca oleracea</i> L.	خرفه Portulacaceae	75	71	81	72	79	79	65	75	75
تاج خروس <i>Amaranthus</i> sp.	تاج خروسیان Amaranthaceae	10	23	15	20	6	13	21	16	15
گندمک <i>Stellaria media</i>	میخک Caryophyllaceae	8	2	0	3	5	0	1	0	0
خردل وحشی <i>Sinapis arvensis</i>	چلیپائیان Brassicaceae	2	0	0	0	3	2	0	2	1
سبزاب <i>Veronica persica</i>	گل میمون Scrophulariaceae	0	0	0	0	1	0	0	0	0
شاهپسند <i>Verbena bipinnatifida</i>	شاهپسند Verbenaceae	0	0	0	0	0	0	0	4	2
سوروف <i>Echinochloa crusgalli</i>	گندمیان Poaceae	0	2	2	0	0	0	8	1	3
اویارسلام <i>Cyperus</i> sp.	جگتیان Cyperaceae	0	2	3	0	0	2	0	0	0
دم روپاهی سبز <i>Setaria viridis</i>	گندمیان Poaceae	0	0	0	3	3	2	0	0	2

ترتیب ۹۹/۹، ۴۰/۶ و ۲۱۰/۶ گیاهچه دیده شد. پایین‌تر بودن تعداد گیاهچه و همچنین تعداد بذر در بانک بذر قطعه تحت تیمار خاک‌ورزی متداول، حاکی از نقش این روش خاک‌ورزی در کاهش جمعیت علف‌هرز و ذخیره بانک بذر آن‌ها است. علی‌رغم دو برابر بودن تعداد گیاهچه مشاهده شده در تیمار کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش بدون خاک‌ورزی، تعداد بذر موجود در بانک بذر لایه ۵-۰ سانتی‌متری این دو تیمار، تفاوت زیادی با هم نداشتند. با توجه به آمار ارائه شده در مورد تعداد گیاهچه سبز شده در روش کم‌خاک‌ورزی و همچنین با توجه به بالا بودن تراکم بذر علف‌های هرز در این تیمار، آلودگی بالای این قطعه به علف‌هرز مورد تأیید قرار می‌گیرد، زیرا در روش کم‌خاک‌ورزی، لایه‌های سطحی خاک که مناسب برای استقرار گیاهان مختلف از جمله علف‌های هرز است تحت تأثیر قرار گرفته و به این ترتیب شرایط برای ظهور گونه‌های مختلف و در نتیجه امکان تولید بذر توسط گیاهان باقی مانده از تیمار کنترل علف‌های هرز، فراهم خواهد شد.

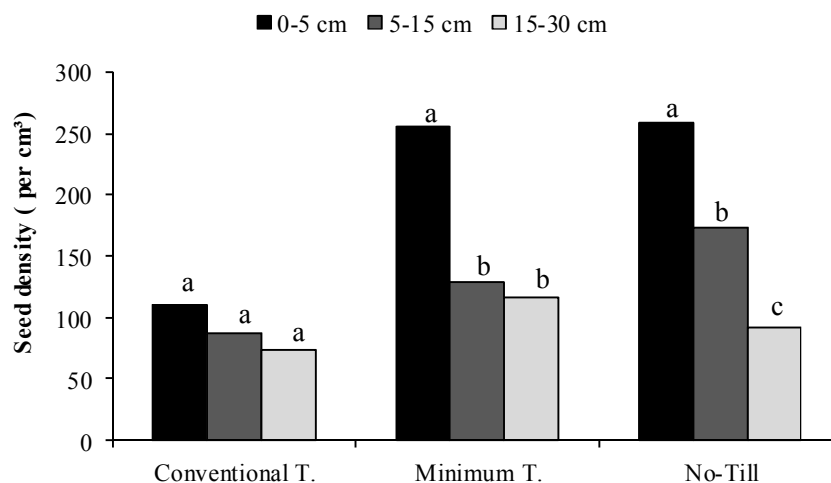
قسمت زیادی از بذور در روش بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی، در لایه‌های سطحی خاک مشاهده شد. به نحوی که در تیمار بدون خاک‌ورزی، ۴۹، ۳۳ و ۱۸ درصد و در تیمار کم‌خاک‌ورزی ۵۱/۱، ۲۵/۷ و ۲۳/۱ درصد کل بذور جلا سازی شده در لایه‌های ۵-۰، ۵-۱۵ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متر دیده شد (شکل ۱). براساس نتایج

از این گزارش‌ها چنین برمی‌آید که در روش‌های بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل، در مقایسه با خاک‌ورزی سنتی، فراوانی علف‌های هرز بذر ریز بیشتر و فراوانی علف‌های هرز بذر درشت کمتر می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که خاک‌ورزی، عمق نمونه‌برداری و اثر متقابل بین این دو، اثر معنی‌داری بر تراکم بذر علف‌های هرز داشت. به‌طور کلی، تراکم بذر علف‌های هرز در روش خاک‌ورزی متداول در هر سه عمق نمونه‌برداری کمتر از دو روش دیگر بود. در ضمن در هر سه روش خاک‌ورزی، تعداد بذرهای مشاهده شده در لایه ۵-۰ سانتی‌متری خاک بیشتر از دو لایه دیگر بود. همان‌طور که از شکل ۱ مشخص است که تفاوت عمده بین روش‌های خاک‌ورزی متداول و حفاظتی، مربوط به تعداد بذرهای موجود در لایه‌های سطحی به‌خصوص لایه ۵-۰ سانتی‌متر است، به نحوی که فراوانی بذر موجود در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی تقریباً ۲/۵ برابر روش خاک‌ورزی متداول است. به‌نظر می‌رسد در روش خاک‌ورزی متداول به‌دلیل جابه‌جایی حجم زیادی از خاک، شرایط برای جوانه‌زنی بذور موجود در خاک مساعدتر شده که نتیجه آن خروج بذر از خاک از طریق فرآیند جوانه‌زنی باشد. با توجه به جدول ۳، به‌طور متوسط در هر مترمربع از اراضی تحت تیمار روش‌های خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به-

شرایط خاک‌ورزی کاهش یافته نسبت به خاک‌ورزی سنتی از تعداد بذر بیشتری برخوردار بود اما به عقیده آن‌ها مشکلات ایجاد شده در مهار علف‌های هرز در سامانه‌های با خاک‌ورزی کاهش یافته، را با راهکارهایی چون؛ مدیریت مناسب پسماندها، استفاده از گیاهان پوششی، تناوب زراعی، تناوب خاک‌ورزی کاهش یافته و سنتی و در نهایت کاربرد بهینه علف‌کش‌ها با علم بر اکولوژی علف‌های هرز، قابل رفع است. کلتون و همکاران (Kelton et al., 2011) نیز استفاده از گیاهان پوششی را در تلفیق با خاک‌ورزی حفاظتی در جهت کنترل مؤثر علف‌های هرز و کاهش نیاز به علف‌کش در مهار این گیاهان، توصیه نمودند.

مطالعات انجام شده، شخم حفاظتی توزیع عمودی بذر علف‌های هرز در خاک را تحت تأثیر قرار داده و موجب تمرکز حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد بذر علف‌های هرز در سطح خاک (لایه صفر تا پنج سانتی‌متری سطح خاک) می‌شود (Swanton et al., 2000; Nalewaja, 2003; Gillespie, 2006). کاردینا و همکاران (Cardina et al., 2002) گزارش کردند که در شرایط بدون خاک‌ورزی، تراکم بذر یافت شده در عمق ۵-۱۰ سانتی‌متر به ترتیب چهار و شش برابر اعماق ۱۰-۵ و ۱۵ سانتی‌متر بود اما در تیمار خاک‌ورزی متداول بین اعماق نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود نداشت که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. ناکاماتو و همکاران (Nakamoto et al., 2006) اعلام نمودند که بانک بذر در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری، در



شکل ۱- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری بر فراوانی بذر موجود بانک بذر علف‌های هرز در خاک

میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Fig. 1- Effect of different tillage and sampling depth on weeds seed density of soil seed bank
Means with the same letters are not significantly different at 1% level of probability based on LSD.

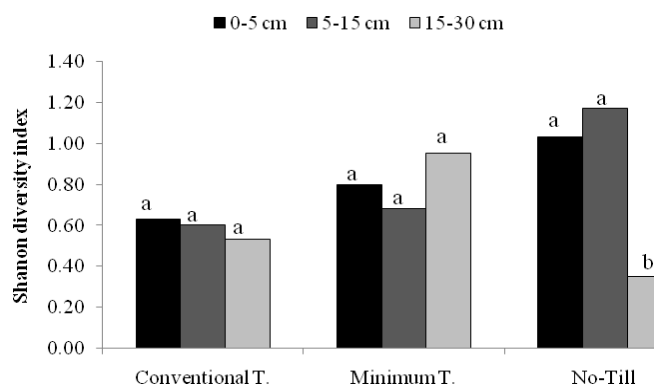
(شکل ۲). تفاوت این شاخص در لایه‌های مختلف خاک تیمارهای خاک‌ورزی متداول و کم‌خاک‌ورزی معنی‌دار نبود. ماس و ورداو (Mas & Verdú, 2003) در مطالعه چهار ساله خود بر روی اثر خاک‌ورزی بر جمعیت علف‌های هرز، بیشترین مقدار شاخص تنوع شانون را در روش بدون خاک‌ورزی مشاهده نمودند.

اثر متقابل روش خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری بر شاخص تنوع شانون از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین مقدار شاخص تنوع شانون در تیمار بدون خاک‌ورزی در اعماق نمونه‌برداری ۵-۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر و کمترین مقدار آن نیز در همین تیمار و در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک مشاهده شد.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تراکم بذر، شاخص تنوع شانون و غنای گونه‌ای بانک بذر در تیمارهای مختلف آزمایشی
Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of seed density, Shannon diversity index and species richness of seed bank in different experimental treatments

		تراکم بذر Seed density	شاخص تنوع شانون Shannon diversity index	غنای گونه‌ای Species richness
خاک‌ورزی Tillage	2	29292.123**	0.291*	7.560**
خاک‌ورزی*تکرار Tillage*rep	12	9108.310	0.053	0.729
عمق Depth	2	39232.423**	0.1026 ^{ns}	2.123 ^{ns}
خاک‌ورزی*عمق Tillage*Depth	4	6463.208*	0.300*	1.359 ^{ns}
خطا Error	20	2010.833	1.366	0.885
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		32.47	32.80	31.11

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns به معنای غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.
* and ** significant at 5 and 1% levels of probability, respectively; ns not significant.



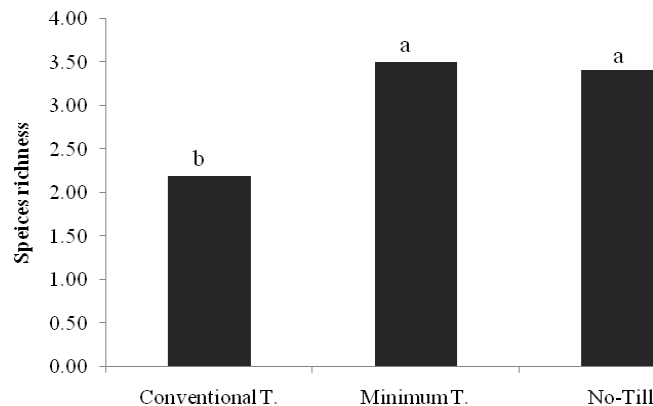
شکل ۲- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری بر شاخص تنوع شانون بذر موجود در بانک بذر علف‌های هرز در خاک

میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Fig. 2- Effect of different tillage systems and sampling depth on Shannon diversity index of soil seed bank
Means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability based on LSD.

از اهداف مهم مدیریت علف‌های هرز، جلوگیری از غالبیت تعداد محدودی از گونه‌هاست، به نظر می‌رسد روش بدون خاک‌ورزی بهتر از دو روش خاک‌ورزی دیگر باشد. به منظور مطالعه شباهت فلور و بانک بذر علف‌های هرز در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، شاخص تشابه سورنسون محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل تنوع گونه‌ای علف‌های هرز موجود و بانک بذر آن‌ها حاکی از وجود شاخص تشابه نسبتاً بالایی بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی بود (جدول ۶).

غنای گونه‌ای بانک بذر علف‌های هرز، تنها تحت تاثیر روش خاک‌ورزی قرار گرفت ($p \leq 0.01$). بر اساس شکل ۳ بیشترین مقدار غنای گونه‌ای در تیمار خاک‌ورزی حداقل مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون خاک‌ورزی نداشت. کمترین مقدار این شاخص نیز در تیمار خاک‌ورزی متداول دیده شد. ماس و ورداو (Mas & Verdú, 2003) نیز دریافتند که در روش بدون خاک‌ورزی غنای گونه‌ای و یکنواختی گونه‌ای بیش از روش‌های خاک‌ورزی متداول و کم‌خاک‌ورزی بود. نامبردگان اظهار داشتند که با توجه به اینکه یکی



شکل ۳- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص غنای گونه‌ای بانک بذر علف‌های هرز

میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Fig. 3- Effect of different tillage on species richness of soil seed bank

Means with the same letters are not significantly different at 1% level of probability based on LSD.

علف‌های هرز مزارع گندم در شرق مشهد، وجود دارد. نامبردگان اختلاف در شیوه مدیریت زراعی را مهمترین عامل تعیین‌کننده ترکیب گونه‌های علف‌هرز و در نتیجه تنوع آن‌ها عنوان نمودند. کوچکی و نصیری (Koocheki & Nassiri, 2005) با مطالعه شاخص تشابه سورنسون بانک بذر علف‌های هرز در نظام‌های پرنهاده، متوسط نهاده و کم‌نهاده در دو مرحله نمونه‌برداری (ابتدا و انتهای فصل رشد) دریافتند که بیشترین و کمترین تشابه بین دو مرحله به ترتیب در نظام‌های متوسط نهاده و پرنهاده مشاهده شد.

بیشترین شاخص تشابه فلور و بانک بذر در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی به ترتیب با ۰/۸۰ و ۰/۸۹ درصد دیده شد. با توجه به این که در انواع مختلف خاک‌ورزی، با توجه به میزان به همزدگی خاک، توزیع عمودی بذر علف‌های هرز در پروفیل خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Blackshaw et al., 1994)، جوانه‌زنی بذور و در نتیجه تراکم گیاهچه‌های این گیاهان دستخوش تغییرات اساسی خواهد شد. جهانی‌کندری و همکاران (Jahani-Kondori et al., 2012) اظهار داشتند که شاخص تشابه سورنسون پایینی بین فلور

جدول ۶- شاخص تشابه سورنسون فلور و بانک بذر علف‌های هرز تحت تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 6- Sorenson similarity index of seedling and seed bank in different tillage systems

		خاک‌ورزی متداول Conventional T.	خاک‌ورزی حداقل Minimum T.	بدون خاک‌ورزی No-Tillage
فلور Flora	خاک‌ورزی متداول Conventional T.	1		
	کم خاک‌ورزی Minimum T.	0.67	1	
	بدون خاک‌ورزی No-Till	0.75	0.80	1
بانک بذر Seed bank	خاک‌ورزی متداول Conventional T.	1		
	کم خاک‌ورزی Minimum T.	0.76	1	
	بدون خاک‌ورزی No-Till	0.77	0.89	1

از بیشترین فراوانی برخوردار بود. از این رو در مرحله بعدی به بررسی

در بین گونه‌های مختلف مشاهده شده در بانک بذر خاک، خرفه

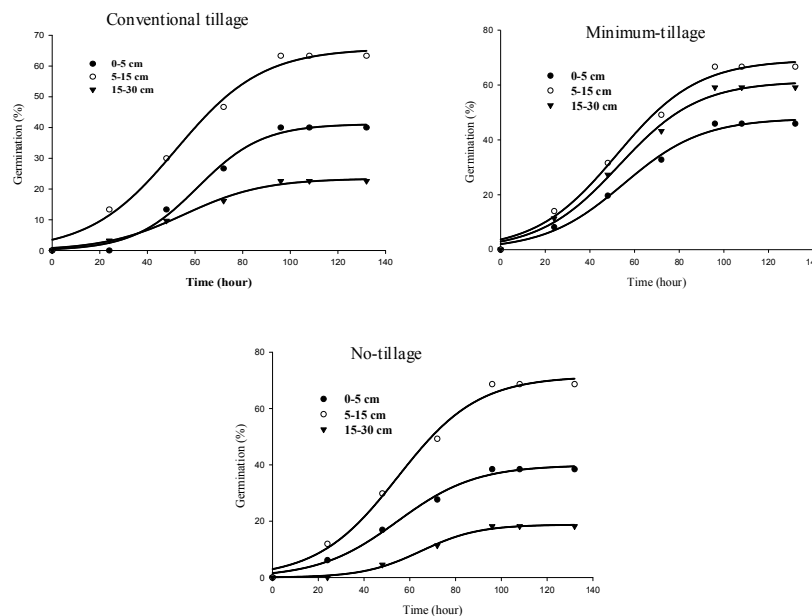
قابلیت جوانه‌زنی بذرهای این گونه که از اعماق مختلف نیمرخ خاک در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی استخراج شده بودند، پرداخته شد. مدل سیگموئیدی سه پارامتره برازش خوبی به داده‌های درصد جوانه‌زنی تجمعی این گیاه در برابر زمان نشان داد (شکل ۴). حداکثر درصد جوانه‌زنی بذر مستخرج از خاک تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی در اعماق مختلف خاک، بسیار متفاوت بود. به‌طور متوسط در تیمارهای خاک‌وری متداول، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۴۳، ۵۹ و ۴۳ درصد بذر قابلیت جوانه‌زنی داشتند. نتایج تست تترازولیوم نشان داد که تمامی بذر جوانه نزده، مرده و فاقد قابلیت حیات بود (جدول ۷).

در هر سه روش خاک‌ورزی، بیشترین درصد جوانه‌زنی در بذر مستخرج از لایه ۱۵-۵ سانتی‌متری خاک مشاهده شد (شکل ۵). در تأیید این نتیجه استیکل و همکاران (Steckel et al., 2007) نیز گزارش کردند که اگرچه نوع خاک‌ورزی اثری بر جوانه‌زنی بذر مستخرج از لایه‌های مختلف خاک نداشت، اما در کل بذر علف‌هرز که از لایه‌های ۰-۲ و ۶-۲ سانتی‌متری خاک خارج شده بودند، در مقایسه با بذر مستخرج از اعماق ۱۲-۶ و ۲۰-۱۲ سانتی‌متری نیمرخ خاک، از جوانه‌زنی کمتری برخوردار بودند. لوتمن و همکاران (Lutman et al., 2002) نیز اظهار داشتند که با افزایش عمق دفن، پایداری بذر در خاک افزایش می‌یابد. روبرت و فیاست (Roberts & Feast, 1972) بعد از پنج سال مطالعه روی زنده‌مانی بذر تعدادی از علف‌های هرز یک‌ساله، دریافتند که قدرت حیات بذر دفن شده در عمق پنج سانتی‌متر فقط شش درصد بود. در حالی که بذر دفن شده در عمق ۱۵ سانتی‌متر، بیش از ۱۰ درصد قدرت زنده‌مانی داشتند.

کمترین مقدار درصد جوانه‌زنی در تیمار خاک‌ورزی متداول و بدون خاک‌ورزی در لایه ۳۰-۱۵ سانتی‌متر و در تیمار کم‌خاک‌ورزی در عمق ۵-۰ سانتی‌متری خاک دیده شد (شکل ۵). در این زمینه نتایج مختلفی ارائه شده است. از جمله کارتر و ایوانی (Carter & Ivany, 2006) با مقایسه روند جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز از لایه‌های ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متری خاک تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی دریافتند که درصد جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر کمتر بود. این درحالی بود که درصد جوانه‌زنی بذر در شرایط تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی بیشتر از تیمار خاک‌ورزی متداول بود، اما فنیمور و جکسون (Fennimore & Jackson, 2003) و ناکاماتو و همکاران (Nakamoto et al., 2006) در تحقیق خود دریافتند که درصد بذر مرده در تیمار کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول بالاتر بود. نامبردگان بالا بودن درصد بذر مرده در روش خاک‌ورزی کاهش یافته (خاک‌ورزی با روتواتور با عمق کار سه سانتی‌متر) را بالا بودن محتوی مواد آلی و در نتیجه فعالیت بالای میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا عنوان نمودند.

با توجه به اینکه شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی از طریق تغییر در شرایط فیزیکی بستر بذر، یعنی ویژگی‌های حرارتی و رطوبتی می‌توانند بر نحوه جوانه‌زنی و سبز شدن بذر اثرگذار باشد (Arshadi Khamse et al., 2012) و با عنایت به این امر که مقدار رطوبت وزنی خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی و متداول در لایه‌های ۲۵-۱۵ سانتی‌متری خاک بالاتر است (Safari et al., 2013)، به‌نظر می‌رسد شرایط محیطی برای فعالیت میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، در لایه‌های پایین‌تر خاک مساعدتر از لایه‌های سطحی‌تر خاک باشد که این امر بر قوه نامیه و درصد جوانه‌زنی بذر مستخرج از این لایه‌ها تأثیرگذار بوده است. اگرچه منان و زندسترا (Mennan & Zandstra, 2006) نظر دیگری داشته و عنوان نمودند که میزان زنده‌مانی بذر علف‌های در لایه‌های سطحی خاک به‌دلیل قرار داشتن بذر این لایه در معرض نوسانات شدید دمای، تفاوت در طول موج‌های نور رسیده به سطح خاک، میزان فعالیت میکروبی این لایه و سایر فاکتورهای خاکی به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر از لایه‌های عمیق‌تر خاک است.

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد زیستی و دانه سویا در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود کمترین عملکرد زیستی سویا مربوط به تیمار کم‌خاک‌ورزی بود و تفاوت معنی‌داری از این نظر بین تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول مشاهده نشد. بیشترین عملکرد دانه در روش بدون خاک‌ورزی به میزان ۲۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که ۲/۵ برابر عملکرد دانه در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی بود. علی‌رغم بالا بودن عملکرد زیستی، عملکرد دانه به‌خصوص در تیمارهای خاک‌ورزی متداول و کم‌خاک‌ورزی بسیار پایین بود. متأسفانه در چند سال اخیر پدیده عدم غلاف‌بندی در سویا (علوفه‌ای شدن سویا) به‌عنوان چالشی بزرگ برای کشاورزان سویاکار استان گلستان در آمده است. علل ایجاد این پدیده همچنان مجهول بوده و مطالعه آن از اولویت‌های تحقیقاتی استان به‌شمار می‌آید.



شکل ۴- روند جوانه‌زنی بذور خرفه تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری
Fig. 4- Seed germination trend of Common Purslane in different tillage systems and sampling depth

جدول ۷- ضرایب برآورد و روش‌های شده معادله سیگموئیدی سه پارامتره برای توصیف روند تغییرات درصد جوانه‌زنی بذور خرفه در اعماق مختلف نمونه‌ورزی برداری مختلف خاک

Table 7- The estimated coefficients of three sigmoid, 3 parameters equation to describe the change procedure of Common Purslane seeds germination percentage under different sampling depths in different tillage systems

خاک‌ورزی Tillage	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	A*±se	B*±se	C*±se	ضریب تبیین R ²	معنی‌داری P value
خاک‌ورزی متداول Conventional T.	0-5	41.15±1.67	61.14±2.82	13.53±2.32	0.99	<0.0001
	5-15	65.72±2.59	52.04±3.15	18.07±2.01	0.99	<0.0001
	15-30	23.41±0.79	55.39±2.59	16.69±2.15	0.99	<0.0001
کم خاک‌ورزی Minimum T.	0-5	47.86±1.82	55.07±2.95	17.63±2.43	0.99	<0.0001
	5-15	69.17±2.73	52.04±3.15	18.07±2.63	0.99	<0.0001
	15-30	61.32±2.30	52.99±2.96	17.73±2.47	0.99	<0.0001
بدون خاک‌ورزی No-tillage	0-5	39.89±1.39	54.58±2.69	17.08±2.24	0.99	<0.0001
	5-15	71.45±2.64	54.75±2.86	17.47±2.36	0.99	<0.0001
	15-30	18.78±0.60	64.89±2.12	12.58±1.77	0.99	<0.0001

* A: حداکثر جوانه‌زنی (درصد)، B: زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی و C: شیب در نقطه B

A: Maximum germination (%)

B: Time required to reach 50% maximum germination .

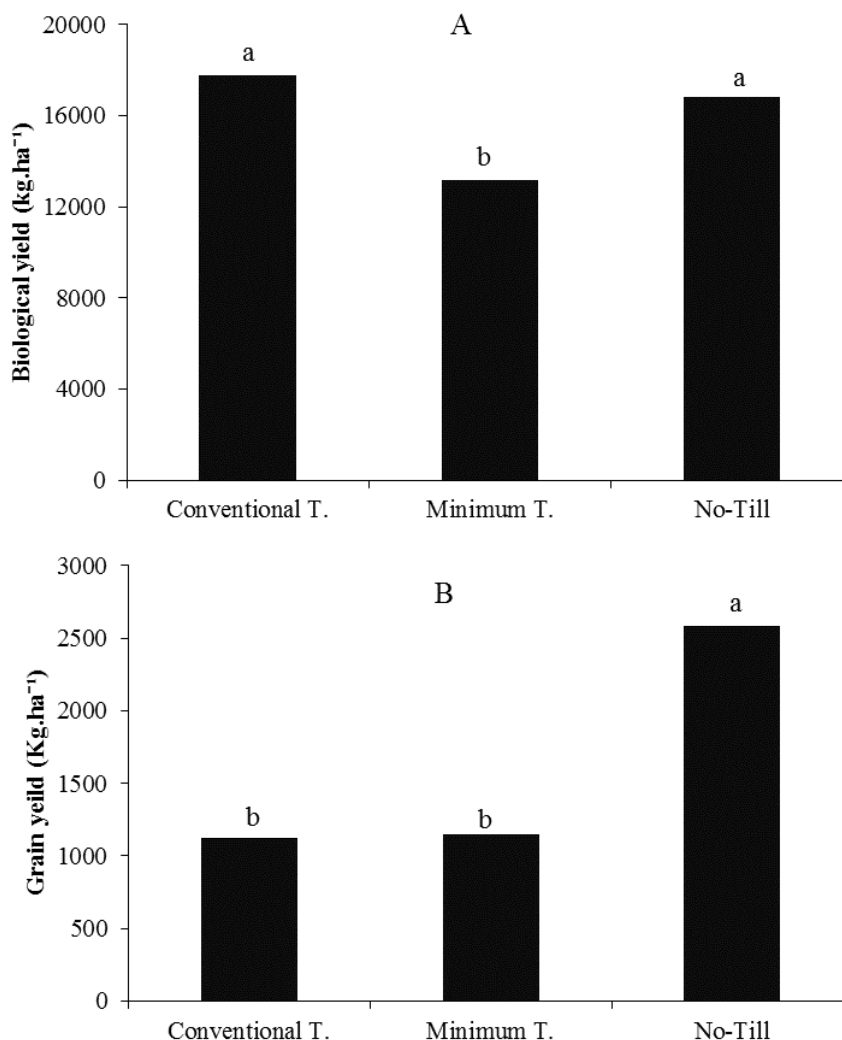
C: Slope of the curve in B point.

مقایسه با دو تیمار دیگر کمتر بود. این که چرا در این تیمار، خسارت ناشی از عدم غلاف‌بندی کمتر است، به‌طور دقیق مشخص نیست و نیاز به آزمایشات دیگر برای اثبات فرضیه‌های مرتبط با آن می‌باشد. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که عملکرد دانه در شرایط بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهش یافته به‌دلیل افزایش

لازم به ذکر است که در سال اجرای آزمایش مساحت بسیار زیادی از مزارع تحت کشت سویا در شهرستان علی‌آبادکتول دچار پدیده عدم غلاف‌بندی شدند (این آزمایش نیز کاملاً در شرایط زارع و مجموعاً در سطح ۷۵۰۰ مترمربع انجام گردید). با این حال شدت عارضه عدم غلاف‌بندی در قطعه تحت تیمار بدون خاک‌ورزی در

میلی‌متر) بر روش‌های خاک‌ورزی متداول ارجحیت دارند و در سال‌های پرباران عملکرد گندم زمستانه در شرایط خاک‌ورزی متداول به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های خاک‌ورزی می‌باشد.

محتوی آب و کاهش فرسایش بالاتر است (Rashidi & Lopez, 2008). اگرچه لویز-بلیدو و همکاران (Bellido et al., 1996) معتقدند که روش‌های بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهش یافته در سال‌های کم بارش (کمتر از ۲۵۰



شکل ۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد زیستی (A) و دانه (B) سویا

میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Fig. 5- Effect of different tillage on biological (A) and grain (B) yield of soybean

Means with the same letters are not significantly different at 1% level of probability based on LSD.

در سطح مزارع داشت. با توجه به نتایج ارائه شده جگن، مهمترین گونه مشاهده شده در سطح مزرعه بود. تراکم این گیاه در تیمار کم‌خاک‌ورزی (دو بار دیسک) به میزان قابل توجهی بیش از دو تیمار

نتیجه‌گیری

خاک‌ورزی اثر قابل توجهی بر تراکم بذر و چگونگی پراکنش آن

فعالیت میکروارگانیسم‌ها، دمای خاک، میزان نوسانات دمایی به وجود آمده به‌خصوص در لایه‌های سطحی خاک و حتی طول موج‌های نوری که به سطح زمین می‌رسد، می‌تواند بر جوانه‌زنی، مرگ و میر و حتی شکار بذره‌های موجود در بانک بذر تأثیر به‌سزایی داشته باشد. با توجه به اینکه بذور موجود در بانک بذر عامل اصلی حمایت‌کننده حضور گیاهچه علف‌هرز در سطح مزرعه است، لازم است در ارزیابی روش‌های مختلف خاک‌ورزی فاکتورهایی مانند کاهش تراکم و دامنه گسترش علف‌هرز، جلوگیری از غالبیت یک گونه علف‌هرز در مزرعه و کاهش ذخیره بانک بذر در خاک مد نظر قرار گیرد. بررسی عملکرد دانه نیز نشان داد که بیشترین عملکرد در شرایط بدون خاک‌ورزی به‌دست آمد. با توجه به نکات اشاره شده، در این تحقیق کارایی روش بدون خاک‌ورزی در مقایسه با تیمار کم خاک‌ورزی و متداول بالاتر بود.

دیگر بود که به‌دلیل قرارگیری اندام‌های تکثیر رویشی و زایشی این گیاه در عمق مطلوب بود. بررسی داده‌های مربوط به بانک بذر، غالبیت گونه‌های یک‌ساله را مورد تأیید قرار داد. در بین گونه‌های مشاهده شده در بانک بذر، خرفه بیشترین فراوانی بذر را دارا بود. بذور در خاک‌ورزی متداول به شکل یکنواختی بین لایه‌های مختلف خاک توزیع شده بود، اما در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی، بیشتر بذور در لایه‌های ۵-۰ سانتی‌متر خاک مشاهده شد. بیشترین مقدار شاخص تنوع شانون و غنای گونه‌ای در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی مشاهده شد. با توجه به اینکه یکی از اهداف مهم مدیریت علف‌های هرز، جلوگیری از غالبیت تعداد محدودی از گونه‌هاست، به‌نظر می‌رسد روش بدون خاک‌ورزی بهتر از دو روش خاک‌ورزی دیگر باشد. این امر نشان می‌دهد روش‌های مختلف خاک‌ورزی با تغییر شرایط محیطی و خاکی از جمله میزان بقایای گیاهی باقی‌مانده از تیمار خاک‌ورزی، محتوی مواد آلی و در نتیجه

منابع

- Aleman, F. 2001. Common bean response to tillage intensity and weed control strategies. *Agronomy Journal* 93: 556-563.
- Anderson, R.L., Tanaka, D.L., Black, A.L., and Schweizer, E.E. 1998. Weed community and species response to crop rotation, tillage and nitrogen fertility. *Weed Technology* 12: 531-536.
- Arshadi Khamse, A., Almasi, M., Reshad Sedgi, A., and Ahmadi adli, R. 2012. Effect of conservation tillage on irrigation scheduling and rapeseed yield. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 22(1): 105-115. (In Persian with English Summary)
- Bararpour, M.T., and Oliver, L.R. 1998. Effect of tillage and interference of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) sickle pod (*Senna obtusifolia*) population, seed production and seed bank. *Weed Science* 48: 424-431.
- Blackshaw, R.E., Larney, F.O., Lindwall, C.W., and Kozub, G.C. 1994. Crop rotation and tillage effects on weed population on the semi-arid condition prairies. *Weed Technology* 8: 231-237.
- Boguzas, V., Marcinkeviciene, A., and Kairyte, A. 2004. Quantitative and qualitative evaluation of weed seed bank in organic farming. *Agronomy Research* 2: 13-22.
- Buhler, D.D., and Oplinger, E.S. 1990. Influence of tillage systems on annual weed densities and control in solid-seeded soybean (*Glycine max*). *Weed Science* 38: 158-164.
- Buhler, D.D. 1995. Influence of tillage system on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA. *Crop Science* 35: 1247-1258.
- Cardina, J., Herms, C.P., and Doohan, D.J. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science* 50: 448-460.
- Cardina, J., Regnier, E., and Harrison, K. 1991. Long-term tillage effects in seed banks in three Ohio soils. *Weed Science* 39: 186-194.
- Carter, M.R., and Ivany, J.A. 2006. Weed seed bank composition under three long-term tillage. Regimes on a fine sandy loam in Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research* 90: 29-38.
- Clements, D.R., Benoit, D.L., Murphy, S.D., and Swanton, C.J. 1996. Tillage effects on weed seed return and seed bank composition. *Weed Science* 44: 314-322.
- Conn, J.S., and Werdin-Pfisterer, N.R. 2010. Variation in seed viability and dormancy of 17 weed species after 24.7 years of burial: The concept of buried seed safe sites. *Weed Science* 58(3): 209-215.

- Derksen, D.A., Lafond, G.P., Thomas, A.G., Loeppky, H.A., and Swanton, C.J. 1993. Impact of agronomic practices on weed communities: tillage systems. *Weed Science* 41: 409-417.
- Derpsch, R., Franzluebbers, A.J., Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sa, J.C.M., and Weiss, K. 2014. Why do we need to standardize no-tillage research? *Soil and Tillage Research* 137: 16-22.
- Fennimore, S.A., and Jackson, L.E. 2003. Organic amendment and tillage effects on vegetable field weed emergence and seed banks. *Weed Technology* 17: 42-50.
- Ghanbaryan, H.R., Ahmadi Chenarbon, H., and Zand, B. 2013. Effect of different tillage methods on soil physical properties and yield of two varieties of forage maize in Varamin province. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 6(15): 1092-1098.
- Ghosheh, H.Z., and Al-Hajaj, N.A. 2004. Impact of soil tillage and crop rotation on barley (*Hordeum vulgare*) and weeds in a semi-arid environment. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: 374-380.
- Gillespie, S. 2006. Weed management in reduced-input-no-till flax production. MSc Thesis. University of Manitoba, Winnipeg, MB.
- Grundy, A.C., Mead, A., and Burston, S. 2003. Modelling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape. *Journal Applied of Ecology* 40: 757-770.
- Hermowan, B., and Cameron, K.C. 1993. Structural changes in a silt loam under long-term conventional or minimum tillage. *Soil and Tillage Research* 26: 139-150.
- Horne, D.J., Ross, C.W., and Hughes, K.A. 1992. Ten years of maize-oats rotation under three tillage system on a silt loam in New Zealand, I: A comparison of sole soil properties. *Soil and Tillage Research* 22: 131-143.
- López-Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J.E., López-Garrido, F.J., and Fernández, E.J. 1996. Long-term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 88: 783-791.
- Jahani-Kondori, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. Study of weed species diversity in wheat fields of Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 10(3): 468-475. (In Persian with English Summary)
- Kelton, J.A., Price, A.J., Santen, E.V., Balkcom, K.S., Arriaga, F.J., and Shaw, J.N. 2011. Weed seed bank density and composition in a tillage and landscape variability study. *Communications in Biometry and Crop Science* 6(1): 21-30.
- Kladivko, E.J., Giffith, D.R., and Mannering, J.V. 1986. Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soybean in Indiana. *Soil and Tillage Research* 8: 277-287.
- Koocheki, A., and Nassiri, M. 2005. Effects of different input levels on weed seed bank in wheat fields of Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3(1): 89-102. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A.R., and Boroumand Rezazadeh, Z. 2009. *Soil Tillage in Agroecosystems*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 440 p. (In Persian)
- Latifi, N., Siahmarguee, A., Akram-Ghaderi, F., and Yones-Abadi, M. 2009. Effects of tillage systems on weeds population dynamics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) followed by rapeseed (*Brassica napus*). *Iranian Journal of Agricultural Research* 7(1): 195-203. (In Persian with English Summary)
- Liebman, M., Drummond, F., Corson, A., and Zhang, J. 1996. Tillage and rotation crop effects on weed dynamics in potato production systems. *Journal of Agronomy* 88: 18-26.
- Lutman, P.J.P., Cussans, G.W., Wright, K.J., Wilson, B.J., Wright, G. Mc, N., and Lawson, H.M. 2002. The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. *Weed Research* 42: 231-241.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press. New Jersey, United States 179 pp.
- Mas, M.T., and Verdú, A.M.C. 2003. Tillage system effects on weed communities in a 4-year crop rotation under Mediterranean dryland conditions. *Soil and Tillage Research* 74: 15-24.
- Mennan, H., and Zandstra, B.H. 2006. The effects of depth and duration of seed burial on viability, dormancy, germination, and emergence of ivyleaf speedwell (*Veronica hederifolia*). *Weed Technology* 20: 438-444.
- Nakamoto, T., Yamagishi, J., and Miura, F. 2006. Effect of reduced tillage on weeds and soil organisms in winter wheat and summer maize cropping on Humic Andosols in Central Japan. *Soil and Tillage Research* 85: 94-106.
- Nalewaja, J.D. 2003. Weeds and Conservation Agriculture. L. Garcia-Torres et al. (Eds.), *Conservation Agriculture*. Kluwer Academic Publishers p. 201-210.
- Opoku, G., and Vyn, T.J. 1997. Wheat residue management options for no-till corn. *Canadian Journal of Plant*

- Science 77: 207-213.
- Poortoosi, N., Rashed Mohassel, M.H., and Izadi-Darbandi, E. 2008. Germination characteristics and cardinal temperatures of lambsquarter, purselane and crabgrass. *Iranian Journal of Agricultural Research* 6(2): 255-261. (In Persian with English Summary)
- Puricelli, E., and Tuesca, D. 2005. Weed density and diversity under glyphosate-resistant crop sequences. *Crop Protection* 24: 533-542.
- Rashidi, M., and Keshavarzpour, F. 2008. Effect of different tillage methods on soil physical properties and crop yield of Melon (*Cucumis melo*). *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science* 3(1): 43-48.
- Roberts, H.A., and Feast, P.M. 1972. Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Research* 12: 316-324.
- Sardar, M., Behdani, M.A., Eslami, S.V., and Mahmodi, S. 2015. Effects of tillage systems and chemical control on weeds density and diversity in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) followed by wheat. *Journal of Agroecology* 7(2): 254-266. (In Persian with English Summary)
- Safari, A., Asoodar, M.A., Ghasemi nejad, M., and Abdali, A. 2013. Effect of residue management, different conservation tillage and seeding on soil physical properties and wheat grain yield. *Agricultural Science and Persistence Production* 23(2): 49-59. (In Persian with English Summary)
- Siahmarguee, A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Mahghani, S. 2011. The effect of integrated weed management on seed bank dynamic in sugarbeet fields. *Journal of Agroecology* 3(2): 151-162. (In Persian with English Summary)
- Singh, M., Bhullar, M.S., and Chauhan, B.S. 2015. Seed bank dynamics and emergence pattern of weeds as affected by tillage systems in dry direct-seeded rice. *Crop Protection* 67: 168-177.
- Sohrabi-Rad, E.M., Siahmarguee, A., Kazemi, H., Ghaderi-far, F., and Gherekhloo, J. 2017. Influence of crop management practices and soil characteristics on weed population and soil seed bank in soybean fields. *Journal of Agroecology* 7(1): 155-172. (In Persian with English Summary)
- Spand, E., Durgan, B.R., and Forcella, F. 1999. Foxtail (*Setaria* spp.) seedling dynamics in spring wheat (*Triticum aestivum*) are influenced by seeding date and tillage regime. *Weed Science* 47: 156-160.
- Steckel, L.E., Sprague, C.L., Stoller, E.W., Wax, L.M., and Simmons, F.W. 2007. Tillage, cropping system, and soil depth effects on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) seed-bank persistence. *Weed Science* 55: 235-239
- Swanton, C.J., Shrestha, A., Kenzevic, S.Z., Roy, R.C., and Ball-Coelho, B.R. 2000. Influence of tillage type on vertical weed seedbank distribution in a sandy soil. *Canadian Journal of Plant Sciences* 80: 455-457.
- Yonesi Alamoti, M., Solh-Jo, A.A. Sharifi, A., Javadi, A., Ashrafi Zadeh, S.R., and Taki, O. 2015. Conservation Tillage and Application Guide. Agricultural Education Publication. Mahdasht, Iran 77 p. (In Persian)
- Vanasse, A., and Leroux, G.D. 2000. Floristic diversity, size, and vertical distribution of the weed seedbank in ridge and conventional tillage systems. *Weed Science* 48: 454-460.



The Study of Weed Population and Seed Bank Dynamic and Soybean Yield under Different Tillage Methods

R. Momen-Yesaghi¹, A. Siahmarguee^{2*}, E. Zeinali³, F. Ghaderi far³ and B. Kamkar³

Submitted: 12-11-2016

Accepted: 28-12-2016

Momen-Yesaghi, R., Siahmarguee, A., Zeinali, E., Ghaderi far, F., and Kamkar, B. 2017. The study of weed population and seed bank dynamic and soybean yield in different tillage methods. Journal of Agroecology 9(3): 575-592.

Introduction

An integrated weed management approach requires alternative management practices for herbicide use, tillage, crop rotations and cultural controls to reduce soil weed seed banks. Tillage is often used as a weed control system, but the effects of tillage on weed dynamics go far beyond the physical removal of growing weeds. Changes in tillage practices can cause shifts in weed species and densities. Tillage operations can have a major impact on the distribution of weed seeds in the soil and on seed survival. Seed depth in the soil profile has an impact on soil environmental conditions that influence secondary dormancy. The aim of this study was to investigate the effect of tillage systems on weed and seed bank populations.

Material and Methods

A survey was conducted to study the effects of different tillage methods (Conventional tillage, Minimum tillage and no tillage) on the population and seed bank of weeds. An experiment was conducted in three fields of soybean (DPX Cultivar) in Ali_Abad Katool County at 2015. Sampling from weed populations (seedling) and seed bank was carried out at the beginning of soybean growth (before exerting control operation). Weeds were identified and counted at 126 points of field based on a 5× 5 m grid in 0.5×0.5m fixed micro plots. Sampling of soil seed bank was conducted based on W method in 0.5×0.5m quadrates at 0-5 and 5-15 and 15-30 cm depths, respectively. The results are shown as the high frequency of *Portulaca oleracea* in soil seed bank, so in the next stage investigated the germination and viability of *Portulaca oleracea* seeds from different depths of soil under the different tillage methods.

Results and Discussion

Generally, the observed species in the conventional, minimum and no tillage treatments were 3, 5 and 5 respectively. In every treatment, the *Cyperus* sp is the most importance observed species. The average of density of this herb in the conventional, Minimum and no tillage treatments were 191.23, 385.96 and 191.74 plant/m², respectively. Weed free area percent of *Cyperus* sp in the conventional, Minimum and no tillage treatments were 13/49%, 10.31% and 29.36%, respectively. Weeds seed density in the conventional tillage method (in three sampling depths) was lowest than the other two methods. The highest seed density was obtained in 0-5 cm depth in every three tillage methods. The maximum shanon diversity index was observed in no tillage treatment and in samples was taken in 0-5 and 5-15cm depth. The minimum shanon diversity index has seen in this treatment and in depth of 15-30 cm. There were different maximum germination percent of *Portulaca oleracea* seeds that it's extracted from different tillage methods and depths. In average, maximum germination percent of this herb in the conventional, minimum and no tillage treatments were 43, 59 and 43%, respectively. In three tillage methods, the maximum germination percent was seen in the extracted seeds from 5-15 cm depth. But the

1, 2 and 3- MSc Student of Weed Science, Assistant Professor, Associated Professor and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Crop Protection, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Siahmarguee@gau.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.60119

minimum germination percent were observed in 15-30 cm depth in the conventional tillage and no tillage treatments, and 0-5 cm depth in no tillage treatment. Results showed highest grain yield of soybean was obtained in no tillage method.

Conclusion

We studied the influence of different tillage methods on weed seedling population, distribution of seed bank in soil profile, diversity and germination of seeds that extracted from different depths of soil. Result of this study showed the tillage, played a significant role in weeds and soil seed bank populations. Weeds seed density in the conventional tillage method was lowest than the other two methods. The highest seed density observed in 0-5 cm depth in every three tillage methods. Results showed death seeds percent in conventional and no tillage methods were lower than minimum tillage. The maximum shanon diversity index was observed in no tillage treatment. As one of the main goals in weed management is to prevent the domination of the weed flora by only a few species, thus the no tillage method seemed better than the minimum and conventional methods.

Keywords: Germination, No tillage, Soil profile, Species diversity, Tetrazolium chloride



ارزیابی تنوع زیستی علف‌های هرز در بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و پرنهاده برنج (*Oryza sativa* L.)

سید یوسف موسوی طغانی^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*}، مهدی نصیری محلاتی^۲ و محمدرضا دماوندیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۳

موسوی طغانی، س.ی.، رضوانی مقدم، پ.، نصیری محلاتی، م.، و دماوندیان، م.ر. ۱۳۹۶. ارزیابی تنوع زیستی علف‌های هرز در بوم‌نظام‌های زراعی ارگانیک و پرنهاده برنج. (*Oryza sativa* L.) بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۵۹۳-۶۰۶.

چکیده

این تحقیق جهت مقایسه تنوع زیستی علف‌های هرز بوم‌نظام‌های برنج (*Oryza sativa* L.) شهرستان‌های بابل و بابلسر انجام گردید. نمونه‌ها از شش مزرعه دو نظام مدیریتی (ارگانیک و پرنهاده)، در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، جمع‌آوری شد. داده‌ها (شامل تعداد گونه‌های علف‌هرز و فراوانی هر یک) از نه کوادرات (یک×یک متر) هر مزرعه، طی چهار مرحله (پنجه‌زنی، ساقه‌روی، پرشدن دانه و پس از برداشت) به‌دست آمد. مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی دو نظام مدیریتی، نشان داد که علی‌رغم افزایش مقادیر شاخص‌های تنوع در نظام ارگانیک، اختلاف معنی‌داری بین دو نظام قابل مشاهده نبود. مقایسه مراحل مختلف نمونه‌برداری بر اساس میانگین دو نظام، حاکی از کاهش تنوع و یکنواختی علف‌های هرز در مرحله چهارم (پس از برداشت) بود. ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی دو نظام پرنهاده و ارگانیک نیز حاکی از کاهش معنی‌دار شاخص‌های تنوع زیستی علف‌های هرز در مرحله چهارم نسبت به مراحل قبلی بود. این نتیجه می‌تواند به‌علت تخریب ایجاد شده در بوم‌نظام‌های برنج، ناشی از برداشت محصول و فراهم شدن زمینه برای ظهور گونه‌های مختلف علف‌هرز باشد. علی‌رغم اینکه در این شرایط انتظار افزایش تنوع می‌رود، اما به‌واسطه وجود تنش خشکی در مرحله برداشت، گونه‌های مقاوم به تنش ظاهر شده و مستقر گردیدند. برتری تنوع در نظام ارگانیک، به‌ویژه در مرحله چهارم را می‌توان به ظهور و استقرار علف‌های هرز مقاوم به شرایط تخریب و تنش مانند علف انگشتی (*Digitaria* spp.)، توق (*Xanthium strumarium* L.) و اکلپتا (*Eclipta prostrata* L.) (گونه-های شرایط غیرغرقاب) علاوه بر علف‌های هرز رایج (گونه‌های شرایط غرقاب) بوم‌نظام برنج مانند سوروف (*Echinochloa crusgalli* P. Beauv) و گونه‌های اویارسلام (*Cyperus* spp.) نسبت داد. نتیجه این که در مجموع، شاخص‌های تنوع زیستی (تنوع و یکنواختی) علف‌های هرز در نظام ارگانیک نسبت به رایج برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: اویارسلام، سوروف، مدیریت، یکنواختی

مقدمه

نظام‌های زراعی در راستای تولیدات زراعی سازماندهی شده و تولید آن‌ها مبتنی بر نهاده‌های خارجی است (Jahani et al., 2012). تنوع زیستی از معیارهای مهم ارزیابی میزان پایداری، در نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شود (Hashemi et al., 2010). توافق عمومی بر آن است که افزایش تنوع گونه‌ها، پیچیدگی بوم‌نظام‌های زراعی را افزایش داده، بدین ترتیب موجب بهبود کارکردهای آن می‌شود. از بین رفتن تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی، تهدیدی برای بقای آن‌ها به شمار می‌رود، بنابراین، می‌توان گفت که جایگاه علف-

تنوع، شاخص پیچیدگی یک نظام بوده و بیانگر توان آن در حفظ کارکرد پایدار است (Nassiri et al., 2009). در واقع، کارکرد بوم-

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته دکتری اکرواکولوژی، استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*)- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v9i3.26068

تنوع علف‌های هرز (Romero et al., 2008; Salonen et al., 2001)، فراوانی (Salonen et al., 2001) و غنای آن‌ها (Hyvonen, 2004) و همچنین تراکم علف‌های هرز در نظام ارگانیک بالاتر از رایج بود، اما نتایج برخی مطالعات، عکس این حالت را نشان داد (Buhler, 2005). یافته‌ها حکایت از آن دارد که تعداد گونه‌های موجود در مزارع، همگام با افزایش عملیات مدیریتی جایگزین افزایش یافت، اما تأثیر آن بر ساختار جامعه چندان معنی‌دار نبود، به‌طوری‌که گونه‌های غالب قبلی، در نظام زراعی جدید نیز حضور داشتند (Clements et al., 1994). مدیریت علف‌های هرز با هدف ریشه‌کنی آن‌ها، به علت اختلال در تعادل بین گونه‌های زراعی و علف‌های هرز، به‌واسطه کنترل شدید آن‌ها، استقرار و توسعه بیشتر علف‌های هرز سمج را در پی دارد. افزایش تنوع علف‌های هرز، رقابت بین آن‌ها را افزایش می‌دهد، که در این شرایط کنترل مکانیکی آن‌ها ساده‌تر بوده و رقابت بین آن‌ها و گیاه زراعی نیز کاهش می‌یابد (Koocheki et al., 1994)؛ اما ریشه‌کنی علف‌های هرز سبب کاهش تنوع زیست-شناختی علف‌های هرز و عدم بهره‌مندی از سایر مزایای آن‌ها می‌گردد. با توجه به اینکه بوم‌نظام برنج (*Oryza sativa* L.) در طول دوره رشد و پس از آن، به تناسب نوع مدیریت و اقلیم، می‌تواند شامل زیر-زیستگاه‌های متعددی باشد، از این‌رو در هر زیرزیستگاه به تناسب شرایط، گونه‌های سازگار ظاهر و مستقر می‌شوند. به‌طور کلی سه زیرزیستگاه آبی، نیمه‌خشک و خشک در یک فصل زراعی وجود دارد که در هر یک علف‌های هرز خاصی حضور دارند. شواهد نشان می‌دهد که طی دوره زهکشی آخر فصل (هنگام رسیدگی) علف‌های هرز رطوبت‌پسند علاوه بر انواع آب‌زی، به‌تدریج همگام با خشک شدن خاک از بین می‌روند و علف‌های هرز خشکی‌پسند روی مرزها به‌آرامی وارد مزرعه می‌شوند (Bambaradeniya et al., 2004). با توجه به این که علف‌های هرز به‌عنوان یکی از زیستگاه‌های بندپایان ساکن شالیزار محسوب می‌شوند، بر این پایه عملیات زراعی مختلف از جمله کاربرد علف‌کش و غرقاب که کاهش جمعیت علف‌های هرز یا حذف آن‌ها را به‌دنبال دارد، جمعیت فون و فلور شالیزار را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bambaradeniya et al., 1998). بنابراین در راستای بهره‌گیری از مزایای تنوع علف‌های هرز، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر نظام‌های مدیریتی (ارگانیک و پرنهاده) بر تنوع زیستی علف-های هرز شالیزار در شهرستان‌های بابل و بابلسر (دارای اقلیم مشابه) انجام گردید.

های هرز یا گونه‌های مهاجم و خطرناک خارجی در بوم‌نظام‌های زراعی رایج به‌وسیله گونه‌های مفید در بوم‌نظام‌های زراعی متنوع، اشغال می‌شود (Jahani et al., 2012). در این شرایط می‌توان از کارکرد گونه‌های مفید جهت ارتقای بهره‌وری بوم‌نظام استفاده کرد. از آن‌جایی که علف‌های هرز، یکی از اجزای مکمل بوم‌نظام‌های کشاورزی و جزء غیرقابل تفکیک آن‌ها، به شمار می‌آیند، بنابراین شناخت خصوصیات و پراکنش مکانی و زمانی اجزای تنوع زیستی بوم‌نظام‌های کشاورزی، در راستای حفاظت و بهره‌برداری مطلوب از آن‌ها در همه سطوح ضروری می‌نماید (Koocheki et al., 2004). ترکیب گونه‌ای جوامع علف‌های هرز، تحت تأثیر تغییرات فصلی، چرخه‌های زراعی و نوسانات بلندمدت محیطی (مانند فرسایش خاک و تغییر اقلیم) می‌باشد. نوع مدیریت، مانند شیوه شخم، انتخاب گونه زراعی، روش کنترل علف‌های هرز و روند تغذیه بر فرآیندهای کلونی طبیعی جوامع گیاهی و الگوهای تخریب، تأثیر می‌گذارد (Matinzadeh et al., 2011). با توجه به اینکه بوم‌نظام‌های زراعی، حالت ویژه‌ای از توالی ثانویه محسوب می‌شوند (Koocheki et al., 1994)، بنابراین تخریب منظم و متوالی در آن‌ها، سازگاری برخی علف‌های هرز ویژه را موجب می‌شود (Elahi et al., 2010). استفاده از یک الگوی توالی معین، بهبود مدیریت علف‌های هرز را در پی داشت (Douglas et al., 1993). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که ترکیب جمعیتی علف‌های هرز با توجه به نوع عملیات زراعی و نظام کاشت در سال‌های مختلف، متفاوت بود (Gabriel et al., 1993; Derksen et al., 2006). با توجه به اینکه جمعیت علف-های هرز، تحت تأثیر عوامل مدیریتی، از جمله مصرف نیتروژن و فسفر (Mohammaddoust et al., 2006)، مصرف آفت‌کش‌ها (Li & Qiang, 2009) و علف‌کش‌ها (Koocheki et al., 1994) تغییر می‌یابد. به نظر می‌رسد ساختار و کارکرد بوم‌نظام‌های تحت مدیریت-های مختلف، متفاوت باشد. ترکیب جمعیتی علف‌های هرز، تحت تأثیر مقادیر کودها و نیز نوع ترکیب کودی تغییر می‌یابد، بنابراین انتظار می‌رود در این بوم‌نظام‌ها غالبیت علف‌های هرز خاصی مشهود باشد؛ چنان‌که در بوم‌نظام‌های رایج، تحت شرایط دریافت نیتروژن، جمعیت علف‌های هرز برگ باریک، افزایش یافت، اما کاربرد فسفر و پتاسیم، برتری برگ‌پهن‌ها را در پی داشت (Mohammaddoust et al., 2006). به همین ترتیب، افزایش تنوع علف‌های هرز در بوم‌نظام‌های ارگانیک، مورد انتظار خواهد بود، همچنان‌که شواهد حاکی از افزایش

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزارع تحت مطالعه
Table 1- Soil physical and chemical characteristics of studying fields

ویژگی Characteristic	مدیریت Management	
	پرنهاده High input	ارگانیک Organic
بافت Texture	سیلتی لوم Silty loam	رسی Clay
ماده آلی Organic matter	2.49	3.06
ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity ($\text{meq.10}^{-2}\text{g. soil}$)	27.78	34.4

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی نقش مدیریت بوم‌نظام‌های برنج بر تنوع و جمعیت علف‌های هرز آن، مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۱ در دو بوم‌نظام برنج تحت مدیریت متفاوت (ارگانیک و پرنهاده) در شهرستان‌های بابل و بابلرس انجام گردید (شکل ۱). نکته قابل ذکر این که فاصله بین دو بوم‌نظام رایج (بابل) و ارگانیک (بابلرس) از نظر مکانی حدود ۱۵ کیلومتر بوده و دارای اقلیم مشابه هستند، بنابراین در واقع یک مکان محسوب می‌شوند. استان مازندران، یکی از سه استان شمالی کشور است که سطح زیر کشت برنج آن بالغ بر ۲۳۰ هزار هکتار می‌باشد. اقلیم منطقه از نوع معتدل خزری است، که به واسطه وجود رشته کوه البرز، دارای رطوبت بالایی (حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد) است. متوسط دمای سالانه حدود ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد بوده و متوسط میزان بارش سالانه آن بالغ بر ۹۷۷ میلی‌متر است. با توجه به انتخاب بوم-نظام‌ها در شرایط واقعی و نبود تکرار برای آن‌ها به‌ویژه نظام ارگانیک، به‌ناچار تکرار در داخل هر بوم‌نظام در نظر گرفته شد، به عبارت دیگر سه مزرعه ارگانیک در داخل بوم‌نظام ارگانیک در مجاورت هم و همچنین سه مزرعه رایج در داخل بوم‌نظام رایج در کنار یکدیگر تحت بررسی قرار گرفتند. بنابراین در هر شهرستان از هر شیوه مدیریتی، سه مزرعه برنج، انتخاب شد که دامنه مساحت آن‌ها از ۰/۳ تا ۰/۵ هکتار متغیر بود. به‌منظور تعیین خصوصیات خاک بوم‌نظام‌ها و بررسی احتمال وجود ارتباط بین ویژگی‌های خاک و تنوع زیستی بوم‌نظام‌ها، نمونه‌برداری خاک، طی زمستان از لایه زراعی (عمق ۲۵-۳۰ سانتی-متر)، به روش زیگزاک انجام و نمونه‌ها جهت تعیین خصوصیات خاک به آزمایشگاه ارسال گردید (جدول ۱). در هر مزرعه ۹ کوادرات (۱×۱)

متر) به‌صورت تصادفی مشخص شده و علف‌های هرز در هر کادر، شمارش و با استفاده از منابع معتبر، حتی‌الامکان به تفکیک گونه شناسایی شدند. این روند در چهار مرحله (پنجه‌زنی، ساقه‌روی، پرشدن دانه و پس از برداشت) انجام شد. تیمارها شامل دو نوع مدیریت مصرف نهاده‌ها بود که مبتنی بر آن‌ها دو نظام ارگانیک و پرنهاده تعریف گردید (جدول ۲). میزان تنوع و یکنواختی علف‌های هرز در مزارع تحت مطالعه و میانگین آن در نظام‌های مدیریتی، با استفاده از شاخص‌های مربوط تعیین شد (جدول ۳). تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی دو جامعه در قالب آزمون t (مقایسه میانگین مستقل^۲) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 انجام گردید، رسم نمودارها نیز با همین نرم‌افزار انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، علف‌های هرز مشاهده شده متعلق به چهار خانواده گرامینه^۳، جگن‌ها^۴، بارهنگ^۵ و کاسنی^۶ بود، از این مجموعه هشت گونه تک‌لپه (خانواده‌های گرامینه، جگن‌ها و بارهنگ) و دو گونه دولپه (خانواده کاسنی) بود. از ۱۰ گونه موجود، چهار علف‌هرز توق، اکلیپتا، علف انگشتی و جگن (*Cyperus spp.*) تنها در نظام مدیریتی ارگانیک و گونه قاشق‌واش (*Alisma Plantago aquatica L.*) تنها در نظام مدیریتی پرنهاده مشاهده شد (جدول ۴).

در مطالعه سالونن و همکاران (Salonen et al., 2005) تأثیر مدیریت بر ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز نشان داد که تعداد گونه علف‌هرز در ارگانیک ۱۸ و در روند رایج ۱۰ بود. همچنین برخی گونه‌های علف‌هرز در هر دو نظام فراوانی بالایی داشتند. از نظر تعداد گونه علف‌هرز، خانواده جگن با چهار گونه، فراوانی بیشتری نسبت به خانواده گرامینه داشت. بررسی مقایسه‌ای ترکیب جامعه علف‌های هرز، در دو شرایط آبی و دیم، نیز نتیجه مشابهی را در پی داشت (Bhatte

۱- One-Way classification Anova

۲- Independent-Sample t-test

۳- Poaceae

۴- Cyperaceae

۵- Plantaginaceae

۶- Asteraceae

جدول ۲- مشخصات مزارع تحت بررسی
Table 2- Characteristics of evaluated fields

Table 2- Field activities of evaluated trials									
مدیریت Management	مساحت (هکتار) Area (ha)		مکان Site	مختصات جغرافیایی Geographic coordinates	مدیریت Management				
	کل Total	مزرعه Field			تغذیه Nutrition		آفات و بیماری ها Pests and diseases		عملیات Activities
					مقدار (کیلوگرم) Measure (kg)	نوع Type	دفعات Times	نوع Type	
پرنهاده High Input	1	0.30	بابل	LT: *LN: 52 57 650 *36 52 750	بیشتر از ۴۰۰ More than 400	کود شیمیایی (NPK) Fertilizers	بیشتر از سه بار More than three times	سموم شیمیایی Agrochemicals	یک بار وچین دستی 1+2 weeding
	2	0.35	Babol	LT: LN: 52 57 696 36 52 750					علف کش دستی + وچین Weeding+ Herbicide
	3	0.40		LT: LN: 52 57 761 36 52 754					
ارگانیک Organic	1	0.50	بابل	LT: LN: 52 57 831 36 62 142	متغیر Variable	کودهای آلی (کاه و کاش، کود حیوانی) Organic Manure (straw & stubble, dung)	زنبور تریکوگراما + تله فرومونی Trichogramma+ Pheromon traps	روش های بیولوژیک Biological methods	یک بار وچین دستی 1 Weeding
	2	0.45	Babol	LT: LN: 52 57 816 36 62 200					وچین دستی + بارک Duck+ Weeding
	3	0.40		LT: LN: 52 57 801 36 62 255					

نکته: کوآدرات‌ها وچین نشدند. LT و LN به ترتیب به معنی طول و عرض جغرافیایی است.
Note: Quadrates didn't weeding. LN and LT mean longitude and latitude, respectively.

جدول ۳- شاخص‌های تنوع زیستی
Table 3- Biodiversity indices

شاخص Index	فرمول Formula	توضیحات Descriptions	منبع Reference
سیمپسون Simpson	$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$	S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه، n_i : تعداد افراد گونه i ام، N : تعداد کل افراد در نمونه، P_i : نسبت افراد گونه i ام در جامعه، دامنه تغییر از صفر (بدون تنوع) تا تقریباً یک ($1 - 1/s^2$)، حساس به گونه‌های غالب در نمونه S: Number of species in the sample, n_i : Number of individuals of species i in the community	Simpson (1949)
شانون-ویلنر Shannon-Wiener	$H' = - \sum_{i=1}^s P_i (\log_e P_i)$	P_i : نسبت افراد در گونه i ام نسبت به کل نمونه که به‌صورت n_i/N تعریف می‌شود. S: تعداد گونه‌ها، واحد H' بیت به‌ازای فرد Pi: Proportion of total sample belonging to i th species (it's introduced by n_i/N). S: Number of species, The unit of H' is "bits.individual ⁻¹ "	Margalef (1958)
کامارگو Kamargo	$E' = 1 - \left(\sum_{i=1}^s \sum_{j=i+1}^s \left[\frac{P_i - P_j}{S} \right] \right)$	S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه، P_i : نسبت افراد گونه i ام در نمونه، P_j : نسبت افراد گونه j ام در نمونه S: Number of species in the sample, P_i and P_j : Proportion of individuals of species i and j in total sample, respectively.	Kamargo (1993)
اسمیت-ویلسون Smith-Wilson	$E_{\text{var}} = 1 - \left(\frac{2}{n} \left[\arctan \left\{ \frac{\sum_{i=1}^s (\log_e(n_i) - \sum_{j=1}^s \log_e(n_j)/s)^2}{S} \right\} \right] \right)$	n_i : تعداد افراد گونه i در نمونه ($i=1, 2, 3, \dots, S$)، $(i=1, 2, 3, \dots, S)$: تعداد افراد گونه j در نمونه ($j=1, 2, 3, \dots, S$) n_i : Number of species i in sample ($i=1, 2, 3, \dots, S$), n_j : Number of species j in sample ($j=1, 2, 3, \dots, S$), S: Number of species in entire sample	Smith & Wilson (1996)



شکل ۱ - نقشه هوایی بوم‌نظام‌های برنج تحت بررسی، سمت راست نظام ارگانیک (بابلسر) و سمت چپ نظام پرنهاده (بابل)
Fig. 1- The map of studying rice agroecosystems, right: organic field (Babolsar) and left: high Input field (Babol)

تنوع زیستی علف‌های‌هرز

الف. مقایسه مکانی (نظام‌های مدیریتی)

نتایج حاصل از آزمون t میانگین شاخص‌های تنوع زیستی، در دو نظام مدیریتی ارگانیک و پرنهاده، نشان از فقدان اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۵). با این وجود مقادیر تنوع زیستی در نظام ارگانیک از منظر تمام شاخص‌های تنوع و یکنواختی بالاتر بود (شکل ۲). نتیجه مزبور می‌تواند به تشابه خصوصیات دو زیستگاه و زیرزیستگاه‌های^۷ ایجاد شده در آن‌ها مربوط باشد.

شواهد نشان می‌دهد که ترکیب جوامع گیاهی و جانوری و ساختار شبکه‌های غذایی کشت‌بوم‌های برنج، در نقاط مختلف، شباهت بسیاری با یکدیگر دارند (Bambaradeniya et al., 2004). نتیجه یک تحقیق در فنلاند نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر آلودگی به گونه‌های غالب علف‌های‌هرز در نظام‌های ارگانیک و رایج تحت بررسی وجود نداشت (Salonen et al., 2001). بررسی مقایسه‌ای تنوع علف‌های‌هرز در جوامع رایج و بوم‌نظام‌های تحت مدیریت جایگزین نشان داد که اگر چه تنوع گونه‌های علف‌هرز در این روند سیر صعودی داشت، اما افزایش تنوع بر ساختار جامعه چندان معنی‌دار نبود، به‌طوری‌که گونه‌های غالب نظام رایج در نظام جدید نیز حضور داشتند (Clementes et al., 1994). معنی‌داری آماری تنوع

زیستی یا فقدان آن در شاخص‌های مختلف، اعم از تنوع یا یکنواختی، می‌تواند مربوط به میزان تأثیرپذیری آن‌ها از فراوانی یا غنای گونه‌های بوده، یا به عبارت دیگر به میزان حساسیت آن‌ها به فراوانی گونه‌ها (گونه‌های نادر یا غالب) بستگی داشته باشد. به عنوان مثال شاخص یکنواختی کامارگو^۸، تحت تأثیر غنای گونه‌ای قرار نداشته و همچنین گونه‌های نادر بر آن اثری ندارند، در حالی‌که شاخص یکنواختی سیمپسون^۹ علی‌رغم اینکه تحت تأثیر غنای گونه‌ای است، تقریباً تحت تأثیر گونه‌های نادر قرار نمی‌گیرد. از طرفی شاخص یکنواختی اسمیت-ویلسون^{۱۰} و اصلاح‌شده نی^{۱۱}، هر دو مستقل از غنای گونه‌ای بوده و به گونه‌های نادر و معمول در جامعه حساس هستند (Ejtahadi et al., 2009; Krebs, 1999).

در مورد شاخص‌های تنوع نیز چنین خصوصیتی مصداق دارد، به عنوان مثال، شاخص سیمپسون، به شدت متوجه گونه‌های غالب در نمونه است، اما به غنای گونه‌ای حساسیت کمی دارد.

۸- Kamargo

۹- Simpson

۱۰- Smith-Wilson

۱۱- Modified Ni

۷- Sub-habitates

جدول ۴- پراکنش گونه‌های علف‌های هرز در نظام‌های مدیریتی طی مراحل نمونه‌برداری
Table 4- Weed species dispersion in agro-ecosystems management in sampling stages

جنس یا گونه علف‌هرز Weed genus/species	خانواده Family	مدیریت بوم‌نظام Agroecosystem management							
		ارگانیک Organic				پرنهاده High input			
		مرحله نمونه‌برداری Sampling stage				مرحله نمونه‌برداری Sampling stage			
		پنجه‌زنی Tillering	ساقه‌روی Stem elongation	پرشدن دانه Grain filling	پس از برداشت After harvest	پنجه‌زنی Tillering	ساقه‌روی Stem elongation	پرشدن دانه Grain filling	پس از برداشت After harvest
1 بندواش <i>Paspalum distichum</i> L.	غلات Poaceae	+	+	+		+	+	+	+
2 سوروف <i>Echinochloa crusgalli</i> P. Beauv	غلات Poaceae	+	+	+	+	+	+	+	+
3 علف انگشتی <i>Digitaria</i> spp.	غلات Poaceae				+				
4 اویارسلام بذری <i>Cyperus difformis</i> L.	جگن‌ها Cyperaceae	+	+	+		+	+		
5 اویارسلام ارغوانی <i>Cyperus rotundus</i> L.	جگن‌ها Cyperaceae				+				+
6 اویارسلام <i>Cyperus</i> spp.	جگن‌ها Cyperaceae				+				
7 پیژر <i>Scirpus juncoides</i> Roxb.	جگن‌ها Cyperaceae	+				+	+	+	+
8 اکلیپتا <i>Eclipta prostrata</i> L.	کاسنی Asteraceae				+				
9 توق <i>Xanthium strumarium</i> L.	کاسنی Asteraceae				+				
10 قاشق‌واش <i>Alisma plantago aquatic</i> L.	بارهنگ Alismaceae						+		

جدول ۵- نتایج آزمون t شاخص‌های تنوع زیستی در دو نظام مدیریتی
Table 5- T-test results of weed species indices on mean of two management systems

	اسمیت-ویلسون Smith-Wilson	کامارگو Kamargo	شانون-واینر Shannon-Wiener	سیمپسون Simpson
t مقدار	0.381 ^{ns}	0.447 ^{ns}	0.982 ^{ns}	1.301 ^{ns}
t value				

در مقابل شاخص‌های شانون-واینر^۱ و بریلوین^۱ به گونه‌های نادر

شوند، بنابراین می‌توان گفت که فراوانی نسبی هر گونه در مخلوط علف‌های هرز ممکن است به تناسب نوع گیاه زراعی یا محیط کشت تغییر نماید (Koocheki et al., 1994).

۲. نظام مدیریتی پرنهاده

نتایج به‌دست آمده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان از وجود اختلاف معنی‌دار در تمام موارد داشت (جدول ۶). بدین ترتیب که شاخص‌های تنوع و یکنواختی علف‌های هرز در مرحله پس از برداشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۷). این نتیجه نشان از شرایطی دارد که در آن برخی گونه‌های علف‌هرز به تناسب زیستگاه به‌صورت غالب درمی‌آیند. یافته‌ها حاکی از آن است که جمعیت علف‌های هرز تحت تأثیر عوامل مدیریتی یا شرایط محیطی تغییر پیدا می‌کند (Mohammadoust et al., 2006). به این دلیل که زمین‌های زراعی، به‌واسطه تخریب دائم، حالت خاصی از توالی ثانویه محسوب شده، از منظر تکاملی بسیاری از علف‌های هرز بوم‌نظام‌های رایج، خصوصیات مشترک گیاهان رقابت‌کننده و فرارکننده را کسب کرده‌اند (Koocheki et al., 1994).

۳. نظام مدیریتی ارگانیک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس یک‌طرفه، هر دو گروه شاخص‌های تنوع و یکنواختی علف‌های هرز در نظام ارگانیک، نشان از اختلاف معنی‌دار بین مراحل مختلف نمونه‌برداری داشت (جدول ۶). بدین ترتیب که همانند نظام پرنهاده در مرحله پس از برداشت، تنوع و یکنواختی کاهش قابل توجهی را نشان داد (جدول ۷). نتایج برخی بررسی‌ها از جمله سالون و همکاران (Salonen et al., 2001) و گابریل و همکاران (Gabriel et al., 2006) مؤید این نتیجه می‌باشد. افزایش تنوع در نظام ارگانیک، علی‌رغم وجود اردک به‌عنوان یک عامل قدرتمند در کنترل علف‌های هرز (Mohammadi et al., 2012) را می‌توان به کارایی کم اردک به‌واسطه تعداد کم آن در نظام ارگانیک (حدود ۱۰۰ قطعه در هر هکتار) در قیاس با حالت معمول (۲۵۰ قطعه در هکتار) نسبت داد. با این توجه که شرایط تخریب و تنش، زمینه را برای حضور و استقرار گونه‌های مقاوم علف‌هرز، به‌ویژه انواع شرایط دیم مانند علف انگشتی، توق و اکیپتا (جدول ۴) علاوه بر گونه‌های علف‌هرز شرایط غرقاب ((اویارسلام بذری (Cyperus difformis L.)، اویارسلام ارغوانی (Cyperus rotundus L.) و

نادر حساس هستند، در حالی که شاخص تنوع هیل^۱ (N1) گونه‌های دارای فراوانی متوسط را در نظر می‌گیرد (Ejtahadi et al., 2009). با توجه به اینکه هر شاخصی ویژگی منحصر به‌فرد خود را داشته و بخشی از خصوصیت یک زیستگاه را مبتنی بر برخی صفات معین، بیان می‌کند، بنابراین استفاده از شاخص‌های متعدد برای بیان یک ویژگی از یک بوم‌نظام توجیه می‌یابد. از این منظر در این مطالعه برای بیان میزان

تنوع از دو شاخص سیمپسون و شانون-واینر و جهت نشان دادن مقدار یکنواختی از شاخص‌های کامارگو و اسمیت-ویلسون بهره گرفته شده است.

ب. مقایسه زمانی (مراحل نمونه‌برداری)

۱. میانگین دو نظام مدیریتی

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی علف‌های هرز دو نظام مدیریتی طی مراحل مختلف نمونه‌برداری، بر اساس کلیه شاخص‌ها حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین دو نظام بود (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی دو نظام طی مراحل مختلف نمونه‌برداری نشان از کاهش شاخص‌های تنوع و یکنواختی در مرحله پس از برداشت داشت (جدول ۷). کاهش تنوع و یکنواختی طی مرحله پس از برداشت در مقایسه با سایر مراحل، می‌تواند حمل بر غالبیت باشد. این یافته می‌تواند به‌واسطه برداشت برنج و ایجاد شرایط تخریب و تنش در بوم‌نظام‌های برنج حاصل شود. با توجه به اینکه شواهد نشان می‌دهد در این شرایط (تخریب و تنش) تنها برخی گونه‌ها (به ویژه انواع مقاوم) غالبیت می‌یابند (Romero et al., 2008). مضاف بر اینکه در مدل تحمل، گونه‌های کم‌توقع (دارای آر استار^۳ پایین) علی‌رغم وجود گونه‌های فرصت‌طلب، هجوم آورده و به‌واسطه تحمل سطوح پایین‌تر منابع، رشد کرده، بالغ می‌شوند. با توجه به اینکه معمولاً گونه‌های مشخصی از علف‌های هرز در یک شرایط محیطی معین غالبیت داشت، در صورت تغییر شرایط، تراکم آن‌ها کم شده و یا ناپدید می‌-

۱- Briluiue

۲- Hill

۳- R star: این ویژگی بیانگر میزان توقع موجود زنده از منظر منابع در دسترس است.

سوروف (*E. crussgalli* P. Beauv) فراهم نمود.

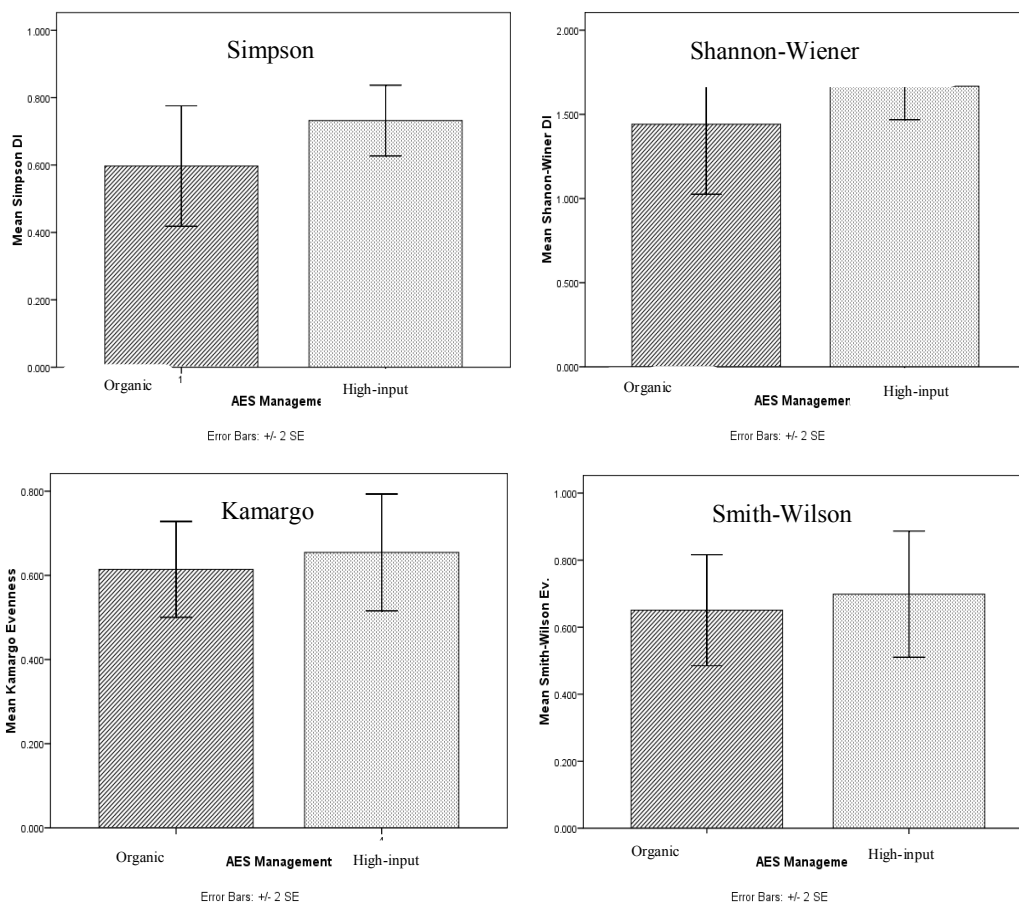
جدول ۶- تجزیه واریانس یک‌طرفه مراحل نمونه‌برداری بر اساس میانگین دو نظام مدیریتی، نظام پرنهاده و ارگانیک

Table 6- One-way anova of sampling stages on mean of two systems, high input and organic

شاخص Index	درجه آزادی Degree of freedom	مقدار F F value		
		نظام ارگانیک Organic system	نظام پرنهاده High input system	میانگین دو نظام Mean of two systems
سیمپسون Simpson	3	6.46**	69.47**	16.82**
شانون-واینر Shannon-Wiener	3	4.90**	28.42**	7.83*
کامارگو Kamargo	3	55.72**	30.70**	74.43**
اسمیت-ویلسون Smith-Wilson	3	87.28**	60.09**	137.11**

ns، * و **: به ترتیب به مفهوم فقدان اختلاف معنی‌دار، اختلاف در سطح پنج و یک درصد است.

ns, *, **: are no significant, significantly at 5 and 1 percent, respectively.



شکل ۲- مقایسه شاخص‌های تنوع (سیمپسون و شانون-واینر) و یکنواختی (کامارگو و اسمیت-ویلسون) در دو نظام مدیریتی (ارگانیک و پرنهاده)

Fig. 2- Comparison of diversity indices, (Simpson and Shannon-Wiener) and evenness indices (Kamargo and Smith-Wilson), in two agro-ecosystems (AES) management (organic and high input)

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی طی مراحل مختلف نمونه‌برداری
Table 7- Mean comparison of biodiversity indices during different sampling stages

شاخص Index	نظام ارگانیک Organic system				نظام پرنهاده High input system				میانگین دو نظام Mean of two systems			
	2		3		2		3		2		3	
	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
سینچسون Simpson	0.8247 ^{a*}	0.7110 ^{ab}	0.8890 ^a	0.5033 ^b	0.7813 ^a	0.7643 ^a	0.7490 ^a	0.9367 ^b	0.8030 ^{a*}	0.7377 ^a	0.8190 ^a	0.2985 ^a
شانن-وینر Shannon-Wiener	1.9423 ^a	1.3743 ^b	1.9207 ^a	1.3743 ^b	2.0253 ^a	1.8810 ^{ab}	1.5117 ^b	0.3463 ^b	1.9838 ^a	1.6277 ^a	1.7162 ^a	0.8893 ^b
کامارگو Kamargo	0.7590 ^a	0.7443 ^a	0.8443 ^a	0.2703 ^b	0.6820 ^a	0.7233 ^a	0.7483 ^a	0.3037 ^b	0.7205 ^a	0.7338 ^a	0.7963 ^a	0.2870 ^b
اسمیت-ویلسون Smith-Wilson	0.8510 ^a	0.8360 ^a	0.9367 ^a	0.1700 ^b	0.7760 ^a	0.7907 ^a	0.8483 ^a	0.1877 ^b	0.8135 ^a	0.8133 ^a	0.8925 ^a	0.1788 ^b

*: اعداد دارای حروف مشابه نشان از فقدان اختلاف معنی‌دار بین مراحل نمونه‌برداری (۱. پشته‌زنی، ۲. ساقه‌روی، ۳. پرشش دانه و ۴. پس از برداشت) دارد.

*: Means with the same letters haven't significant difference between sampling stages (1. Tillering, 2. Stem elongation, 3. Grain filling and 4. After harvest).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع زیستی دو نظام مدیریتی، علی‌رغم افزایش تنوع در نظام ارگانیک، اختلاف موجود معنی‌دار نبود. اگرچه در روند مقایسه دو نظام و بررسی جداگانه نظام‌های ارگانیک و پرنهاده مبتنی بر میانگین مراحل نمونه‌برداری، کاهش تنوع و یکنواختی در مرحله پس از برداشت، نسبت به سایر مراحل بارز بود. کاهش تنوع در مرحله چهارم به علت تخریب ایجاد شده در بوم‌نظام‌های برنج در اثر برداشت برنج و فراهم شدن زمینه برای گونه‌های علف‌هرز بود که البته تحت این شرایط انتظار می‌رود تنوع افزایش یابد، اما با توجه به وجود تنش خشکی در مرحله

برداشت، گونه‌های مقاوم به تنش ظاهر شده و مستقر گردیدند. در نظام ارگانیک میزان تنوع بیشتر از نظام پرنهاده بود که در واقع به واسطه ظهور گونه‌های مقاومی چون علف انگستی، توق و اکلپتا (گونه‌های شرایط غیرغرقاب) علاوه بر علف‌های هرز رایج (گونه‌های شرایط غرقاب) بوم‌نظام برنج مانند سوروف و گونه‌های اویارسلام عارض گردید. از این منظر می‌توان گفت پایداری بیشتر نظام‌های ارگانیک نسبت به رایج، به‌طور عمده ناشی از تنوع بیشتر آن‌ها است؛ چراکه تنوع علف‌های هرز، تنوع سایر موجودات ساکن شالیزار از جمله بندپایان را نیز در پی دارد، که خود معیاری از پایداری به شمار می‌آید.

منابع

- Bambaradeniya, C.N.B., Eridisinghe, J.P., De Silva, D.N., Gunatilleke, C.V.S., Ranawana, K.B., and Wijekoon, S. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation* (13): 1715-1753.
- Bambaradeniya, C.N.B., Fonseka, K.T., and Ambagahawatte, C.L. 1998. A preliminary study of fauna and flora of a rice field in Kandy, Sri Lanka. *Ceylan Journal of Sciences, (Biological Sciences)* (25): 1-22.
- Bhatt, M.D., Tewari, A., and Singh, S.P. 2009. Floristic composition of weeds in paddy fields in Mahendranagar, Nepal. *Ecological Society (Nepal)* (16): 15-19.
- Buhler, R.S. 2005. Influence of management practices on weed communities in organic cereal production systems of Saskatchewan. MSc. Thesis, Department of Plant Science, University of Saskatchewan, USA-Clements, D.R., Weise S.F., and Swanon, C.J. 1994. Integrated weed management and weed species diversity. *Phytoprotection* 75(1): 1-18.
- Douglas, A., Derksen, G.P., Lafond, A., Gordon, Heather, A.L., and Clarence, J.S. 1993. Impact of Agronomic practices on weed communities: Tillage Systems. *Weed Science* (41): 409-417.
- Ejtehadi, H., Sepehry, A. and Akkafi, H.R. 2009. Methods of measuring biodiversity. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Elahi, S., Sadrabadi Haghighi, R., and Alimoradi, L. 2010. Evaluation Species, structural and functional diversity for weed communities in pistachio (*Pistachia vera* L.) orchards in Bardaskan. *Journal of Agroecology* 2(4): 574-586. (In Persian with English Summary)
- Gabriel, D., Roschewitz, I., Tscharncke, T., and Thies, C. 2006. Beta diversity at different spatial scale: Plant communities in organic and conventional agriculture. *Ecological Applications* 16(5): 2011-2021.
- Hashemi Shadegan, F., Khoshbakht, K., Mahdavi Damghani, A., Veysi, H., and Liaghati, H. 2010. Evaluation of agrobiodiversity for Gachsaran and effects of climate factors upon. *Journal of Agroecology* 2(1): 1-11. (In Persian with English Summary)
- Hyvonen, T. 2004. Temporal and spatial variation in weed community composition of spring cereal fields. Academic Dissertation. Department of Applied Biology, University of Helsinki, Finland.
- Jahani Kondori, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Rezvani Moghaddam, P. 2012. Evaluation of weed species diversity in wheat fields of the east of Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 10(3): 468-475. (In Persian with English Summary)
- Kheirodin, A., Damavandian, M.R., and Sarailoo, M.H. 2012. Mineral oil as arepellent in comparison with other control methods for citrus brown snail, *Caucasotachea lencoranea*. *African Journal of Agricultural Research* 7 (42): 5701-

5707.

- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Zareh Feyzabadi, A., and Jahanbin, M. 2004. Evaluation of diversity in Iran agroecosystems. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 63: 70-83. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Rahimian Mashhadi, H., Nassiri Mahallati, M., and Khiabani, H. 1994. *Weed Ecology*. Ferdowsi University of Mashhad Publication. (In Persian)
- Krebs, J.C. 1999. *Ecological Methodology* (2th ed.). Addison-Welsey Educational Publishers, Inc.
- Li, R.H., and Qiang, S. 2009. Composition of floating weed seeds in lowland rice fields in China and the effects of irrigation frequency and previous crops. *Weed Research* (49): 417-427.
- Matinzadeh, H., Alimoradi, L., and Bahari Kashani, R. 2011. Evaluation of species, functional and structural weed of apple orchards of Fariman. *Weed Ecology* 2(1): 19-31. (In Persian with English Summary)
- Mohammadi, M., Pirdashti, H., Aghajani Mazandarani, G., and Mousawi Toghani, S.Y. 2012. Assessing of duck efficiency as biological factor affecting on diversity and density of weed in rice-duck mixed culture. *Journal of Agroecology* 4(4): 335-346. (In Persian with English Summary)
- Mohammaddoust, H.R., Baghestani, M.A., and Mikhailovic, A. 2006. The impact of agronomic practices on weed community in winter rye. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 12(4): 281-291.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A.R. 2009. *Agroecology* (4th edit.). Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Romero, A., Chamoro, L., and Xavier, S.F. 2008. Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crop in NE Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124: 97-104.
- Salonen, J., Hyvonen, T., and Jalli, H. 2005. Weed flora and weed management of field peas in Finland. *Agricultural and Food Science* 14: 182-201.
- Salonen, J., Hyvonen, T., and Jalli, H. 2001. Weed flora in organically grown spring cereals in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland* 10: 231-242.



Evaluation of Weed Biodiversity on Rice (*Oryza sativa* L) Agro-ecosystems (Organic and High-input)

S.Y. Mousawi Toghani^{1*}, P. Rezvani Moghaddam², M. Nassiri Mahallati² and M.R. Damavandian³

Submitted: 21-09-2013

Accepted: 25-08-2014

Mousawi Toghani, S.Y., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Damavandian, M.R. 2017. Evaluation of weed biodiversity on rice agro-ecosystems (organic and high-input). Journal of Agroecology 9(3): 593-606.

Introduction

Weeds are one of the complementary components of agricultural ecosystems and inseparable part of them. So, it is essential to understand the composition and structure of them in agricultural ecosystems, to conservation and optimal utilization of ecosystems components. The agro-ecosystems are special case of secondary succession, so regular and consecutive disturbance to them, causing the compatibility of specific weeds. This study was conducted to comparison the biodiversity of rice agro-ecosystems' weeds in Mazandaran province.

Material and Methods

Three fields inside the ecosystems (range from 0.30 to 0.50 ha) were replications of the experiment. In each field nine quadrates (1m ×1m) was randomly determined. The weeds species and their frequency in each quadrate were counted in four phases (tillering, stem elongation, grain filling and post-harvest). Identification was performed using reliable sources, as much as possible at the species level. The diversity and evenness of weeds in the studied fields and its average in management systems were determined using relevant indicators. Data analysis was performed by comparing the mean of biodiversity indices of the two communities with method of one-way ANOVA using SAS 9.1 software.

Results and Discussion

Based on the results of this study, weed species belong to four plant families (*Poaceae*, *Cyperaceae*, *Plantaginaceae* and *Asteraceae*). From this collection, there were eight weed species which belong to monocotyledone (*Gramineae*, *Cyperaceae* and *Plantaginaceae*) and two dycotyledone (*Asteraceae*). Of the 10 species available, four weed species (*Xanthium strumarium*, *Eclipta prostrata*, *Digitaria* spp., and *Cyperus* spp.) only exist in the organic management system and the *Alisma plantagoaquatica* species only in the high input system was observed. Comparison of the mean of biodiversity indicators of the two management systems showed that despite increasing the amount of diversity indices in the organic system, there was no significant difference between the two systems. Confirmations suggest that the combination of plant and animal communities and the structure of food webs in rice agro-ecosystems are very similar in different parts of the world. Comparison of different stages of sampling based on the average of the two systems revealed a decline in diversity and evenness of weeds in the fourth stage (after harvest). The evaluation of biodiversity indicators of both organic and high input systems also showed a significant reduction in weed biodiversity indices in the fourth stage compared to the previous stages. This result could be due to the disturbance of rice agro-ecosystems affected by harvesting and soil preparation for the emergence of various weed species. As regards that evidences suggest that in these conditions (disturbance and stress) only certain species (especially resistant species) are dominant. Despite the anticipation of increasing diversity in these conditions, because of drought stress at the harvesting stage, resistant species to stress emerged and established. In the tolerance model, despite the existence

1, 2 and 3- Former PhD Student of Agroecology, Professor in Agronomy and Plant Breeding, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agronomy Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.26068

of opportunistic species, low-expected species (low R^*) are grown and mature at lower resource levels. The superiority of diversity in the organic system, especially in the fourth stage, can be related to the emergence and establishment of resistant weeds to disturbance and stress conditions such as *Digitaria* spp. *X. strumarium*, and *E. prostrata* (species of non-flooding conditions) in addition to common weeds of the rice agro-ecosystems, such as *Echinochloa crusgalli* and *Cyperus* spp. (species of flooding conditions).

Conclusion

The results showed that in general, biodiversity (diversity and evenness) indices of weeds were higher in the organic system compared to the conventional one. From this viewpoint, it can be said that the sustainability of organic systems rather than the conventional ones is mainly due to their greater diversity. Because of the greater diversity of weeds, the higher the diversity of other living organisms, including arthropods, is also a measure of sustainability.

Keywords: Biodiversity index, Biversity, Evenness, Management, Rice agro-ecosystem

۱- This feature represents the expectation of the living creature from the perspective of available resources.



بررسی تأثیر بستر، وزن و زمان برداشت بنه بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.)

عبداله ملا فیلابی^۱، علیرضا کوچکی^{۲*}، پرویز رضوانی مقدم^۲ و مهدی نصیری محلاتی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۱۴

ملا فیلابی، ع.، کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ.، و نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر بستر، وزن و زمان برداشت بنه بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۶۰۷-۶۱۷.

چکیده

به منظور مطالعه اثر وزن و زمان برداشت بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در بسترهای کشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مجتمع تحقیقات کشاورزی فدک و پژوهشکده علوم و صنایع غذایی در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: دو وزن بنه (هشت تا ۱۰ گرم و ۱۰ گرم به بالا)، دو بستر کاشت (پشم سنگ و پیت ماس) و شش زمان برداشت (نیمه دوم خرداد، نیمه اول و دوم تیر، نیمه اول و دوم مرداد و نیمه اول شهریور ماه). بنه‌ها با تراکم ۴۵۷ بنه در متر مربع و به مدت ۹۰ روز در انکوباسیون با رطوبت نسبی ۸۵ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی قرار داده شد. سپس بنه‌ها به اتاق رشد با دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت تاریکی منتقل شدند. فاکتورهای مورد مطالعه عبارت بودند از تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک گل، وزن تر و خشک کلاله، وزن تر و خشک خامه، وزن کلاله به علاوه وزن خشک و تر خامه و محتوی پیکروکروسین، سافرانال و کروسین زعفران. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن بنه، نوع بستر و زمان برداشت بنه بر عملکرد اقتصادی زعفران بر اساس مقدار گل و وزن خشک کلاله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. بیشترین عملکرد اقتصادی از اثرات متقابل وزن بنه ۱۰ گرم به بالا، بستر کاشت پیت ماس و زمان برداشت بنه در نیمه دوم خرداد ماه به مقدار ۵/۲ گرم در متر مربع به دست آمد. این عملکرد ۱۱ برابر بیشتر از میانگین عملکرد مزارع ایران می‌باشد. محتوی پیکروکروسین، سافرانال و کروسین در بستر کاشت پیت ماس و پشم سنگ تحت شرایط کنترل شده در مقایسه با استاندارد ملی ۲۵۹-۲ جزء زعفران رشته‌ای ممتاز درجه‌بندی شد.

واژه‌های کلیدی: تراکم بنه، سافرانال، عملکرد زعفران، کلاله خشک، گلدهی

مقدمه

باشد (Molina et al., 2004; Sadeghi, 2008). علی‌رغم قیمت بالای این محصول در بازارهای جهانی افزایش هزینه‌های کارگری باعث افت شدید تولید در دهه‌های گذشته در کشور اسپانیا، یونان و ایتالیا شده است (Neghi, 1999). یکی از دلایل پایین بودن عملکرد در مزارع سنتی ایران استفاده از بنه‌های کوچک مزارع قدیمی است (Hemmati Kakhki, 2003)، در حالی‌که در اسپانیا از بنه‌های درشت و سالم استفاده می‌شود (Rashed Mohassel et al., 1989). از آن‌جا که درصد سبز شدن، تعداد برگ‌ها و درصد گل‌های تولیدی، تابع قطر بنه‌ها است، لذا برای کشت، بنه‌های درشت انتخاب می‌شوند. بدین ترتیب، کشت بنه‌هایی با قطر سه سانتی‌متر به بالا با وزن تقریبی ۱۰ گرم توصیه شده است (Pandy & Srivastar, 2004).

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان مهمترین محصول کشاورزی و دارویی در جهان (Koocheki et al., 2011) دارای خواص درمانی از جمله آرام‌بخش، تحریک‌کننده معده، ضدسرطان و ضد التهاب، برطرف‌کننده اسپاسم است (Giaccio, 2004; Abdullaer et al., 2004; Xi et al., 2007). تولید زعفران نیازمند نیروی کار زیاد به‌ویژه برای جمع‌آوری گل و جداسازی کلاله‌ها می‌-

۱ و ۲- به ترتیب استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir

نسبت به پشم سنگ این مزیت را دارد که بسیار ارزان‌تر است (Guler et al., 1999). مولینا و همکاران (Molina et al., 2009) با استفاده از بستر پشم سنگ و بنه‌های درشت با تراکم ۴۵۷ بنه در هر متر مربع تحت شرایط کنترل شده در یک دوره چهار ماهه ۶۷/۲ گرم زعفران در هر متر مربع تولید نموده‌اند. بنه زعفران را می‌توان از زمان شروع خواب در اوایل خرداد که همزمان با شروع زرد شدن برگ‌های گیاه است تا اوایل مهر ماه منتقل و در زمین کاشت. در مناطق زعفران‌خیز ایران بیشتر در فاصله مرداد تا پایان شهریور صورت می‌گیرد (Abrishami, 2009).

مراحل رشد و نمو و تکامل گل زعفران را به سه مرحله، رکود (اوایل خرداد تا ۱۰ تیر) دوره خواب کامل بنه، رشد رویشی (۱۰ تیر تا ۱۰ مرداد) تکوین برگ‌های اولیه و مرحله رشد زایشی (۱۰ مرداد تا اواخر مرداد) (Kafi et al., 2002; Molina et al., 2010). نتایج تحقیق دو ساله‌ای نشان داد که بهترین زمان کاشت و انتقال بنه به مزارع جدید اواخر اردیبهشت و خرداد ماه می‌باشد (Sadeghi, 1996). تحقیقات دیگر نشان داده است که بهترین زمان انتقال در زمان رکود بنه (فاصله بین اردیبهشت تا تیر ماه) می‌باشد (Mollafilabi, 2004). نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) نیز به این نتیجه رسیدند که برای حصول عملکرد بالاتر لازم است که کشت بنه‌ها بلافاصله پس از برداشت آن‌ها انجام شود.

گل زعفران قبل از هر اندام هوایی دیگر ظاهر می‌شود و تعداد گل و عملکرد اقتصادی در هر سال وابسته به تراکم اولیه بنه‌ها و ذخیره مواد فتوسنتزی در بنه زعفران سال قبل می‌باشد، به‌طوری‌که بنه‌ها در سال بعد مواد فتوسنتزی مازاد خود را جهت تشکیل بنه‌های جدید و نیز آغازش و تکامل گل به اندام‌های زیرزمینی منتقل می‌کنند (Kafi et al., 2002)، از آن‌جا که تولید نیازمند نیروی کار زیادی می‌باشد، یکی از راهکارها برای تولید سودمند زعفران کشت این گیاه تحت شرایط کنترل شده می‌باشد (Molina et al., 2004).

علی‌رغم کشت زعفران در مقایسه با بسیاری از محصولات زراعی رایج در کشور این گیاه سهم کمتری از فناوری‌های نوین را به خود اختصاص داده و تولید آن عمدتاً بر دانش بومی متکی بوده است (Koocheki, 2004). لذا این پژوهش با بررسی اثر وزن بنه، بسترهای کشت هیدروپونیک در سطح تجاری و تعیین بهترین زمان خروج بنه از مزرعه و انتقال آن برای تولید و اثرات متقابل آن‌ها تحت شرایط کنترل شده بر میزان عملکرد و سایر خصوصیات زراعی گیاه

(1979). نتایج تحقیقات مانا (Mana, 2003) نشان داده است که وزن بنه زعفران به طور معنی‌داری گل‌دهی و عملکرد را تحت تأثیر قرار داد. بنه‌های درشت علاوه بر افزایش محصول در سال اول، از طریق تولید بنه‌های دختری بزرگتر محصول سال بعد رانیز افزایش می‌دهند (Sadeghi, 1993).

نتایج تحقیقات نشان داده است که با افزایش وزن بنه تعداد گل‌ها نیز اضافه شد، به‌طوری‌که بیشترین گل‌دهی برای بنه‌های ۲۲/۵، ۲۳/۵، ۲۶/۵ گرم به‌ترتیب با تولید ۲/۲، ۳/۴ و ۲/۶ گل به‌ازای بنه در سال‌های اول تا سوم به‌دست آمد (Mashayekhi et al., 2006). در پژوهشی دیگر گزارش شد که استفاده از بنه‌های مادری با وزن بالای نه گرم اثرات مثبتی بر گل‌آوری و افزایش عملکرد زعفران دارد (Nassiri Mahallati et al., 2008). نتایج برخی دیگر از تحقیقات نیز با بررسی ارتباط بین اندازه بنه مادری و عملکرد زعفران، تأثیر مثبت بنه‌های درشت در تولید بنه‌های دختری بزرگتر و بهبود عملکرد این گیاه را مورد تأیید داده است (Badiyala & Saroch, 1997; Kaushal & Upadhyay, 2002; Omidbaigi et al., 2002; Nassiri Mahallati et al., 2008).

کشت بدون خاک و بسترهای هیدروپونیک روشی نوین برای پرورش گیاهان است که در آن از خاک زراعی استفاده نمی‌شود که برای تغذیه گیاه از محلول حاوی عناصر غذایی لازم و اساسی استفاده می‌شود. بسترهای رایج در کشت بدون خاک از مواد جامدی هستند که به جای خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. از بسترهای رایج می‌توان به پیت ماس، پرلیت، ورمی‌کولیت، پشم سنگ و ترکیب شن و خاک‌اره اشاره کرد (Schwaz, 1999). به‌دلیل مدیریت صحیح برکود، بذر، آب مصرفی و تراکم بالای بوته انتظار عملکرد بالاتری را در کشت هیدروپونیک می‌رود، همچنین در بسیاری از نقاط دنیا برای کوتاه کردن دوره رشد و افزایش تولید از این سیستم استفاده می‌شود (Papadopoulos et al., 1999).

در تحقیقی تحت عنوان امکان رشد بنه زعفران در بسترهای مختلف کشت در سیستم‌های بدون خاک مشخص شده است که بستر کوکوپیت و پرلیت موجب افزایش وزن خشک بنه زعفران می‌گردد (Helalbeigi et al., 2009). در یک سیستم باز عملکرد و کیفیت خربزه (*Cucumis melo* L.) در سه بستر کاشت شن، پرلیت و پشم سنگ مورد بررسی قرار گرفته‌است. پرلیت و پشم سنگ از لحاظ تأثیر بر رشد و عملکرد نتایج مشابهی را نشان دادند، اما پرلیت

ارزشمند زعفران مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مجتمع تحقیقات کشاورزی فدک و پژوهشکده علوم و صنایع غذایی در سال ۱۳۸۹ انجام شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از وزن بنه در دو سطح (۸-۱۰ و ۱۰ گرم به بالا)، دو بستر کاشت (پشم‌سنگ و پیت ماس) و شش زمان برداشت بنه (نیمه دوم خرداد، نیمه اول و دوم تیر، نیمه اول و دوم مرداد و نیمه اول شهریور) بنه‌ها از مزارع هشت ساله زارعین شهرستان زاوه تربت حیدریه تهیه شد. بنه‌ها پس از خارج شدن از زمین تمیز و پوشش بنه جدا و برای پیشگیری از خسارت قارچ‌های خاکزی مانند *فوزاریوم* و *پنی‌سیلیوم* توسط محلول دو در هزار بنومیل در حمام آب به مدت بیست دقیقه ضدعفونی و در نهایت به مدت ۴-۵ ساعت در هوای آزاد خشک شد. بنه‌ها در جعبه‌های پلاستیکی به ابعاد ۲۵ سانتی‌متر در ۳۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر با تراکم ۴۵۷ بنه در متر مربع قرار داده شد. جهت گل‌انگیزی و تبدیل جوانه‌های رویشی زعفران به جوانه‌های زایشی بنه‌ها به مدت ۹۰ روز در انکوباسیون (رطوبت نسبی ۸۵ درصد و حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تاریکی) قرار داده شد. بعد از پایان این مرحله روی بنه‌ها یک لایه خاک رس به ضخامت چهار تا پنج سانتی‌متر پوشانده و جهت ظهور گل به اتاق رشد با دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. در اتاق رشد سطح خاک مرتباً با محلول غذایی هوگلند به صورت پاشش آبیاری و خیس نگه‌داشته شدند. همزمان با ظهور گل‌ها از سطح خاک شرایط روشنایی با لامپ‌های فلورسنت با فتوپریود هشت ساعت روشنایی، شانزده ساعت تاریکی انجام شد (Molina et al., 2004; Molina et al., 2010; et al., 2005). شروع گل‌دهی ۱۸ آبان ماه و خاتمه گل‌دهی ۱۰ دی ماه بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل تعداد گل، وزن خشک گل، وزن تر و خشک کلاله، وزن تر و خشک خامه و وزن کلاله به علاوه وزن خشک و تر خامه بود. هر روزه تعداد گل برداشت شده شمارش و بلافاصله گل‌ها و اجزا آن با ترازوی مدل سارترس با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم وزن و هر تیمار جداگانه جهت توزین اجزا عملکرد خشک در ظروف شیشه‌ای جمع‌آوری و در پایان گل‌دهی توزین شد. جهت تعیین کیفیت نمونه زعفران بسترهای کشت با هم مخلوط و نمونه‌ای انتخاب و توسط روش‌های طیفی

فوتومتری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV ۱۶۰) با توجه به روش آزمون استاندارد ملی ۲-۲۵۹ در آزمایشگاه با حداکثر جذب یک درصد محلول آبی زعفران در طول موج ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر براساس ماده خشک حداقل اندازه‌گیری شد تا بتوان پیکروکروستین، سافرانال و کروستین موجود در رشته‌های زعفران حاصل از بسترهای کشت را مشخص نمود (Molina et al., 2004; Molina et al., 2010).

در تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش نشان داد که وزن بنه تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری اجزای زعفران را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. همچنین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر اثرات ساده نوع بستر به جز وزن خشک خامه و زمان برداشت بنه قرار گرفت. تعداد گل و وزن تر گل علاوه بر اینکه در سطح یک درصد تحت تأثیر تیمار اثرات ساده وزن بنه، نوع بستر و زمان برداشت بنه بود. اثرات متقابل وزن بنه و نوع بستر، وزن بنه و زمان برداشت، نوع بستر بر زمان برداشت بنه و اثرات سه جانبه وزن بنه بر نوع بستر و زمان برداشت بنه از مزرعه نیز بر روی تعداد گل و وزن تر گل در سطح یک درصد معنی‌دار بود. وزن خشک گل به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل نوع بستر و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین تعداد گل و وزن تر گل و کلاله خشک در واحد سطح از تیمار بنه ۱۰ گرم به بالا به دست آمد (جدول ۲). دلیل این امر به اندوخته بیشتر مواد غذایی در بنه‌های درشت مربوط است که به عنوان منشأ اصلی مواد ذخیره‌ای برای تشکیل و تکوین گل‌ها به عنوان سازنده مواد فتوسنتزی مطرح می‌باشد. نتایج اثر وزن بنه بر اجزاء عملکرد گل با تحقیقات برخی محققان مطابقت دارد. بنه‌های با اندازه بزرگتر گل بیشتری تولید و از عملکرد اقتصادی بالاتری برخوردارند (Pandy & Srivastar, 1979; Sadeghi, 1993; Mana, 2003; Mashayeki, 2006; Nassiri, 2010; Mahallati et al., 2008; Molina et al., 2010). تفاوت اندازه بنه می‌تواند به افزایش تولید زعفران به میزان سه برابر بیانجامد. تمایز بین وزن‌های متفاوت بنه از طریق تغییر قطر یکی از توصیه‌های زراعی مفید می‌باشد، زیرا اجازه می‌دهد تا سطوح دیگر مرتبط با

زیست‌توده مواد تکثیری تغییر یابد (Molina et al., 2010).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر زمان برداشت نوع بستر، وزن بنه بر پارامترهای کمی زعفران
 Table 1- Variance analysis (mean of squares) for the effects of time of corm lifting, bed type and weight of corm on the quantitative characteristics of saffron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Flower number	وزن تر گل Fresh weight of flower	وزن تر کلاله + خامه Fresh weight of stigma+ style	وزن تر کلاله Fresh weight of stigma	وزن تر خامه Fresh weight of style	وزن خشک گل Dry weight of flowers	وزن خشک کلاله + خامه Dry weight of stigma+ style	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma	وزن خشک خامه Dry weight of style
وزن بنه (a) Corm weight (a)	1	50260.4**	50901.8**	534.06**	230.33**	47.15**	369.85**	22.23*	12.22*	0.6*
نوع بستر (b) Bed type (b)	1	8760.4**	10269.8**	81.68**	38**	15.89**	149.69**	21.51*	5.77*	0.02 ^{ns}
زمان برداشت بنه (c) Time of corm lifting (c)	5	43661.4**	10181.9**	66.68**	30.01**	9.95**	281.35**	6.09*	0.77*	0.39*
نوع بستر × وزن بنه a×b	1	38760.4**	17789.4**	169.85**	68.95**	36.36**	814.9*	9.99*	9.14*	0.11 ^{ns}
c×a	4	16627.6**	2780.28**	14.64**	8**	1.72**	14.94 ^{ns}	1.65**	1.59*	0.09 ^{ns}
c×b	4	14567.7**	2620.03**	33.25**	13.95**	4.87**	23.3*	8.14 ^{ns}	1.47 ^{ns}	0.15 ^{ns}
c×b×a	4	28799.4**	8904.41**	89.25**	35.31**	9.44**	280.25**	3.63 ^{ns}	1.95 ^{ns}	0.2 ^{ns}
خطا Error	40	1358.6	224.2	2.65	1.94	0.31	10.04	5.86	1.28	0.07

*, **, ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

*, **, and ns: are significant at the 0.05 and 0.01 probability levels and non significant, respectively.

کاشت از قبیل مقدار مناسب آب قابل دسترس به همراه تأمین هوای کافی نسبت داد (Savvas, 2003).

اثر زمان انتقال بنه بر تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن تر کلاله، وزن تر خامه، وزن تر کلاله به‌علاوه خامه، وزن خشک خامه، وزن خشک کلاله و وزن خشک کلاله به‌علاوه خامه معنی‌دار بود (جدول ۱). نیمه دوم خرداد زمان مناسب برداشت و انتقال بنه برای حصول عملکرد گل (تعداد و وزن تر گل)، وزن کلاله خشک به ترتیب با ۴۳۴/۸۶ گل در متر مربع، ۱۶۶/۸ گرم گل تر در متر مربع و ۲/۹۳ گرم کلاله خشک در متر مربع بود (جدول ۲). دلیل این امر مربوط به خواب کامل بنه زعفران از اوایل خرداد تا ششم تیر ماه می‌باشد. بنه‌ها طی این زمان معمولاً دوره رکود و خواب حقیقی را می‌گذرانند، در حالی که در سایر تیمارهای زمان برداشت، بنه در حال فعالیت بوده و مراحل تکوینی رشد رویشی و زایشی خود را طی می‌کند (Kafi et

همچنین گزارش شده است که وزن بنه، اثر چشم‌گیری بر تولید بنه‌های دختری و متعاقب آن عملکرد گل در زعفران دارد (Kumar et al., 2009). استفاده از بنه‌های مادری درشت باعث تولید تعداد بنه دختری بیشتری شده در نتیجه بر تولید گل در گیاه زعفران اثر می‌گذارد (De Mastro & Ruta, 1993). در مطالعات دیگری نیز اثر استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر بر گل‌آوری زعفران مثبت گزارش شده است (Singh et al., 1994; Nassiri Mahallati et al., 2008).

میانگین وزن خشک کلاله به‌علاوه خامه و وزن خشک کلاله در بستر پیت ماس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و به ترتیب ۷۴/۷ و ۹۵ درصد نسبت به بستر پشم سنگ در واحد سطح افزایش یافت (جدول‌های ۱ و ۲). این مسئله را می‌توان به اختلاف بسترهای کاشت در نگهداری و رهاسازی عناصر غذایی و ویژگی‌های فیزیکی بستر

al., 2003) و هر گونه جابجایی موجب تقلیل عملکرد می‌گردد. در این آزمایش بنه‌هایی که در نیمه اول شهریور از زمین خارج شدند و در شرایط مشابه با سایر تیمارها تحت شرایط کنترل شده نگهداری شدند، هیچ‌گونه گلی تولید نکردند. لذا این تیمار از آزمایش حذف گردید.

بیشترین وزن تر گل و وزن خشک کلاله از تیمار نیمه دوم خرداد به ترتیب ۱۶۶/۸ و ۲/۹۳ گرم در متر مربع و کمترین آن از تیمار نیمه دوم مرداد به ترتیب به میزان ۶۲/۳۸ و ۱/۲۴ گرم در متر مربع به-دست آمد که ۵۰/۸۵ درصد کاهش محصول کلاله خشک (عملکرد اقتصادی) در این تیمار نسبت به تیمار برتر مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده زعفران، بستر کاشت، وزن و زمان برداشت بنه در شرایط کنترل شده
Table 2- Mean comparison of characters in bed type, corm weight and times of lifting of saffron under controlled conditions

تیمارها Treatments	وزن خشک خامه (گرم در متر مربع) Dry weight of style (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله + خامه (گرم در متر مربع) Dry weight of stigma+ style (g.m ⁻²)	وزن خشک گل (گرم در متر مربع) Dry weight of flowers (g.m ⁻²)	وزن تر خامه (گرم در متر مربع) Fresh weight of style (g.m ⁻²)	وزن تر کلاله (گرم در متر مربع) Fresh weight of stigma (g.m ⁻²)	وزن تر کلاله + خامه (گرم در متر مربع) Fresh weight of stigma+ style (g.m ⁻²)	وزن تر گل (گرم در متر مربع) Fresh weight of flower (g.m ⁻²)	تعداد گل (تعداد در متر مربع) Flower number (number.m ⁻²)	وزن بنه (گرم) Corm weight (g)
وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	0.38 ^a	0.94 ^b	1.32 ^a	6.2 ^b	1.82 ^b	5.72 ^b	7.54 ^b	171.38 ^b	8-10
	0.6 ^a	1.58 ^a	1.64 ^a	20.1 ^a	5.0 ^a	12.8 ^a	17.80 ^a	171.92 ^a	10<
بستر کاشت Bed type	0.38 ^a	1.2 ^b	1.58 ^b	12.8 ^b	1.52 ^b	7.76 ^b	9.28 ^b	93.92 ^b	پشم سنگ Stone wool
	0.42 ^a	2.34 ^a	2.76 ^a	18.50 ^a	4.34 ^a	10.74 ^a	15.08 ^a	142.36 ^a	پیت ماس Peat mass
نیمه دوم نیمه اول	0.64 ^a	2.93 ^a	3.57 ^a	17.14 ^b	3.66 ^b	12.12 ^a	15.78 ^a	166.8 ^a	خرداد Mid June
	0.24 ^{ab}	1.6 ^b	2.89 ^{ab}	5.82 ^c	2.52 ^c	6.4 ^c	8.92 ^b	75.86 ^c	تیر Early July
زمان برداشت بنه	0.46 ^{ab}	1.7 ^b	2.34 ^{ab}	17.82 ^b	4.34 ^{ab}	10.06 ^{ab}	14.40 ^a	135.5 ^b	نیمه دوم تیر Mid July
	0.52 ^{ab}	1.84 ^b	2.36 ^{ab}	25.82 ^a	5.02 ^a	10.28 ^{ab}	15.30 ^a	150.366 ^b	نیمه اول مرداد Early August
	0.12 ^b	1.24 ^b	1.36 ^b	7.76 ^c	1.6 ^d	7.70 ^c	8.86 ^b	62.38 ^c	نیمه دوم مرداد Mid August

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری ندارند ($p \leq 0.05$).

* Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% probability level based on Duncan's test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر وزن بنه، بستر کاشت و زمان برداشت بر خصوصیات زایشی و عملکرد زعفران

Table 3- Mean comparison of corm weight, bed type and times of corm lifting on quantitative characteristics and yield of saffron

تیمارها Treatments	وزن خشک کلاله وخامه (گرم بر متر مربع) Dry weight of stigma and style (g.m ⁻²)	وزن خشک خامه (گرم بر متر مربع) Dry weight of style (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله (گرم بر متر مربع) Dry weight of stigma (g.m ⁻²)	وزن تر گل (گرم بر متر مربع) Fresh weight flower (g.m ⁻²)	تعداد گل (تعداد در متر مربع) Flower number (No.m ⁻²)
a ₁ b ₁	2.06 ^b	0.26 ^b	1.8 ^b	78.6 ^c	213.2 ^c
a ₁ b ₂	0.84 ^c	0.14 ^b	0.70 ^b	51.86 ^d	129.6 ^d
a ₂ b ₁	1.70 ^b	0.50 ^b	1.2 ^b	109.2 ^b	317.3 ^b
a ₂ b ₂	4.66 ^a	0.70 ^b	3.96 ^a	232.84 ^a	493.6 ^a
a ₁ c ₁	1.18 ^{bc}	0.14 ^b	1.04 ^c	77.7 ^e	205.7 ^e
a ₁ c ₂	0.58 ^c	0.14 ^b	0.44 ^c	34.04 ^f	79.98 ^f
a ₁ c ₃	1.96 ^{bc}	0.32 ^{ab}	1.14 ^{bc}	87.79 ^{de}	190.34 ^{de}
a ₁ c ₄	1.46 ^{bc}	0.28 ^b	1.18 ^{de}	77.7 ^e	213.2 ^{de}
a ₁ c ₅	2.2 ^b	0.1 ^b	0.92 ^{cde}	45.7 ^f	167.5 ^e
a ₂ c ₁	3.44 ^a	1.26 ^a	2.18 ^{abc}	255.92 ^a	674.08 ^a
a ₂ c ₂	4.78 ^a	0.36 ^{ab}	4.92 ^a	117.44 ^d	266.66 ^{cd}
a ₂ c ₃	2.88 ^b	0.6 ^a	2.28 ^{ab}	183.26 ^c	422.72 ^a
a ₂ c ₄	2.96 ^b	0.78 ^{ab}	2.18 ^{abc}	219.14 ^b	377.02 ^b
a ₂ c ₅	1.72 ^{bc}	0.16 ^b	1.56 ^{bed}	79.06 ^e	285.62 ^c
b ₁ c ₁	2.48 ^b	1.06 ^a	1.42 ^{ab}	169.1 ^b	502.7 ^a
b ₁ c ₂	0.96 ^c	0.16 ^{abc}	0.8 ^b	49.12 ^f	133.22 ^e
b ₁ c ₃	2.14 ^b	0.4 ^{ab}	1.74 ^{ab}	130.48 ^{cd}	331.32 ^c
b ₁ c ₄	2.46 ^b	0.28 ^{bc}	1.18 ^b	81.34 ^e	213.2 ^{de}
b ₁ c ₅	1.6 ^{bc}	0.8 ^c	0.8 ^b	39.3 ^f	144.64 ^e
b ₂ c ₁	3.26 ^{ab}	0.78 ^{ab}	2.48 ^{ab}	213.14 ^a	377.02 ^b
b ₂ c ₂	4.38 ^a	0.34 ^{abc}	4.04 ^a	102.36 ^{de}	213.2 ^{de}
b ₂ c ₃	2.20 ^b	0.52 ^{ab}	1.68 ^{ab}	140.52 ^{bc}	281.74 ^{cd}
b ₂ c ₄	2.08 ^b	0.36 ^{abc}	1.78 ^{ab}	164.52 ^{bc}	377.02 ^b
b ₂ c ₅	1.86 ^{bc}	0.18 ^{abc}	1.68 ^{ab}	85.68 ^e	308.48 ^{bc}

a₁ و a₂: به ترتیب وزن ۱۰-۸ و >۱۰ گرم، b₁ و b₂: به ترتیب پشم سنگ و پیت ماس و c₁، c₂، c₃، c₄ و c₅: به ترتیب نیمه دوم خرداد، نیمه اول تیر، نیمه دوم تیر، نیمه اول

مرداد و نیمه دوم مرداد می باشند.

A₁ and a₂: are corms with 8-10 and >10 g, b₁ and b₂: stone wool and peat mass and c₁, c₂, c₃, c₄ and c₅: mid June, early July, mid July, early August and mid August, respectively.

* میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری (p≤5%) بر اساس آزمون دانکن از نظر آماری ندارند.

* Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5 % probability level based on Duncan's test.

نیمه دوم خرداد با ۲۱۹/۱۴ گرم وزن گل تازه و بستر کاشت پیت ماس و زمان خروج نیمه اول تیر با ۴/۰۴ گرم کلاله خشک نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند (جدول ۳).

مقایسه میانگین ها اثرات متقابل سه جانبه نشان داد که بیشترین عملکرد وزن گل تازه و کلاله خشک از تیمار بنه ۸ تا ۱۰ گرم در بستر کاشت پیت ماس و زمان برداشت بنه در نیمه دوم خرداد با ۴۳۸/۵ و ۵/۲۸ گرم در متر مربع به دست آمد.

نتایج آنالیز کیفی کلاله خشک زعفران در بسترهای پیت ماس و پشم سنگ به روش آزمون استاندارد ملی ۲۵۹-۲ نشان داد که پیکروکروسین، سافرانال و کروسین نمونه های آزمایشی بیشتر از استاندارد ملی ۲۵۹-۲ بوده و جزء زعفران رشته ای بریده ممتاز درجه - بندی شدند (جدول ۴). دلیل کیفیت برتر کنترل عوامل محیطی و

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بالاترین صفات شامل تعداد گل با ۴۹/۳۶ گل در متر مربع، وزن تر گل ۲۳۲/۸۴ گرم در متر مربع و وزن کلاله خشک با ۳/۹۶ گرم در متر مربع برای تیمار بنه های ۱۰ گرم به بالا در بستر کاشت پیت ماس حاصل گردید. کمترین عملکرد از تیمار بنه ۸ تا ۱۰ گرم در بستر کاشت پشم سنگ به دست آمد (جدول ۳). همچنین بهترین صفات برای تیمار وزن بنه ۱۰ گرم به بالا و زمان خروج بنه در نیمه دوم خرداد به شرایط کنترل شده با ۶۷۴/۰۸ گل در متر مربع، وزن تر ۲۵۴/۹۲ گرم بر متر مربع و وزن خشک کلاله ۴/۴۳ گرم در متر مربع حاصل گردید و تیمار بنه های ۸ تا ۱۰ گرم و زمان خروج بنه نیمه اول تیر ماه از کمترین عملکرد برخوردار بود. این برتری به ترتیب برابر با ۷۴۳، ۶۵۱ و ۳۹۵ درصد بود (جدول ۳). تیمار بستر کاشت پیت ماس و زمان خروج بنه

مدیریت تغذیه‌ای در شرایط بسترهای هیدروپونیک است.

جدول ۴- نتایج آنالیز کیفی زعفران در بسترهای کشت زعفران
Table 4- Result analysis the effect of bed type on the quantitative characteristics of saffron

ویژگی‌ها Characteristics	بستر پیت ماس Peat moss	بستر پشم سنگ Stone wool	زعفران رشته‌ای بریده ممتاز براساس آزمون استاندارد ملی ۲-۲۵۹ Excellent thread saffron (National Standard 259-2)
رطوبت و مواد فرار (درصد چربی) حداکثر Maximum moisture %	10	10	10
پیکروکروسین حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر براساس وزن خشک حداقل Picrocrocin/ 257 nmometer	101.31	99.35	85
سافرانال حداکثر جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر براساس وزن خشک حداقل Safranal/ 330 nmometer	34.2	36.17	20-50
کروسین حداکثر جذب در طول موج ۴۴۰ نانومتر براساس وزن خشک حداقل Crocin/ 440 nanometer	269	263.4	220

نتیجه‌گیری

بنه به‌طور معنی‌داری خصوصیات رشد و عملکرد گل و کلاله زعفران را تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که نیمه دوم خرداد به عنوان بهترین زمان برداشت و انتقال بنه برای حصول عملکرد گل، وزن کلاله خشک تعیین شد. نتایج آنالیز کیفی کلاله خشک نیز نشان داد که پیکروکروسین، سافرانال و کروسین بیشتر از استاندارد ملی ۲-۲۵۹ بوده و جزء زعفران رشته‌ای بریده ممتاز درجه‌بندی شدند. بدین ترتیب، برای حصول عملکرد بالاتر زعفران از نظر کمی و کیفی تحت شرایط آزمایش برداشت بنه از مزارع در خرداد ماه و کشت بنه‌هایی با وزن بیشتر از ۱۰ گرم در بستر کاشت پیت ماس توصیه می‌گردد.

زعفران نیز همانند سایر گیاهان برای استفاده بهینه از پتانسیل محیط و دستیابی به حداکثر عملکرد و افزایش طول دوره بهره‌برداری از مزارع نیاز به مدیریت مناسب زراعی دارد. وزن بنه تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری اجزای زعفران را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد گل و وزن تر گل و کلاله خشک در واحد سطح از تیمار بنه ۱۰ گرم به بالا به‌دست آمد. اثر بستر کاشت بر خصوصیات رشدی و عملکرد زعفران معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بالاترین میزان برای بستر کاشت پیت ماس حاصل شد. زمان انتقال

منابع

- Abdullaer, F., and Espinosa-Agirre, J.J. 2004. Biomedical properties of saffron and its potential use in cancer therapy and chemoprevention trials cancer detection and prevention. *Cancer Detection and Prevention* 23: 426-432.
- Abrishami, M. 2004. *Knowing Iran's Saffron*. Tosan Press, Tehran, Iran. (In Persian)
- Badiyala, D., and Soroeh, K. 1997. Effect of seed corm size and planting geometry on saffron (*Crocus sativus* L.) under dry temperate conditions of Himachal Pradesh. *Iranian Journal of Perfumer* 41: 147-169.
- De Mastor, G., and Ruta, C. 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. *Acta Horticulture* 344: 512-517.
- Gioccio, M. 2004. Crocetin from saffron: an active component of an ancient spice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44: 155-172.
- Guler, H.G., Olympios, C., and Gerasopoulos, D. 1995. The effect on the fruit quality of hydroponically grown melons (*Cucumis melo* L.). *Acta Horticulturae* 379: 261-295.
- Helalbeigi, Y., Khoshgoftarmanesh, A.H., Shamsi, F., and Zamani, N. 2009. Possibility of saffron corm growth in different bed of cultivation in soilless system. *Proceedings of 1st Congress of Hydroponic in Greenhouse Production*.

Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian with English Summary)

Hemmati Kakhki, A. 2003. A review on 15 years saffron Research. Khorasan Research Institute For food Science and Technology, Mashhad, Iran 125 pp. (In Persian)

Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Technology. Cultivation and Processing. Center of Excellence for Special Crops. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. (In Persian)

Kaushal, S.K., and Upadhyay, R.G. 2002. Studies on variation in corm size and effect on corm production and flowering in saffron (*Crocus sativus* L.) under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. Research on Crops 3: 126-128.

Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A. 2011. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. Agroecology 3: 36-40. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A. 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference to saffron production in Iran. Acta Horticulturae 650: 175-182.

Kumar, R., Virendra, S., Kiran, D., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuya, P.S. 2009. State of art saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy, a comprehensive review. Food Reviews International 25: 44-85.

Mana, K.R. 2003. Growing saffron-the world's most expensive spice. New Zealand Institute for Crop and Food Research Ltd A Crown Research Institute.

Mashayekhi, K., Soltani, A., and Kamkar, B. 2006. The relationship between corm weight and total flower numbers in saffron. Proceeding of the 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran. 28-30 October p. 93-96.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, y., Garcia- Luis, A., and Guardiola, J.L. 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature of flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 79-91.

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

Molina, R.V., Renav-morata, B., Nebauer, S.G., Garcia- Luis, A., and Guardiola, J.L. 2010. Green gouse saffron culture- temperature effects on flower emergence and vegetative growth the plants. Acta Horticulturae 850: 91-94.

Nassiri Mahallati, M., Koochecki, A., Boroumand Rezazade, 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(1): 155-166. (In Persian with English Summary)

Negbi, M. 1999. Saffron cultivation: past. Present and future prospects. In: Negbi, M. (Ed). Saffron (*Crocus sativus* L.) Harwood Academic Publishers, Australia pp. 1-18.

Omidbaigi, R., Betti, G., Sadeghi, B., and Ramezani, A. 2002. Influence of the bulb weight on the productivity of Saffron (*Crocus sativus* L.) results of a cultivation study in Khorasan (Iran). Journal of Medicinal and Spice Plant 7: 38-40. (In Persian with English Summary)

Pandy, D., and Srivastava, R.P. 1979. A not on the effect of size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Progressive Horticulturae 6: 89-92.

Papadopoulos, A.P., Hao, X., Tu, J.C., and Zhang, J. 1999. Tomato production in open or closed rock wool culture system. Acta Horticulturae 481.

Poggi, L.M., Portela, A.Y., Pontin, M.A., and Molina, R.V. 2010. Corm size and incubation effects on time to flowering and threads yield and quality in saffron production in Argentina. Acta Horticulturae 850: 193-198.

Rashed Mohassel, M.H., Hemmati Kakhki, A., Bagheri, A.R., and Sadeghi, B. 1991. The mission report of Iranian Experts to Spain. I.R.O.S.T. Mashhad Center. Mashhad, Iran. (In Persian)

Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. I.R.O.S.T. Mashhad Center. Mashhad, Iran. (In Persian)

Sadeghi, B. 1996. Effects of storage and planting date on flower production saffron. Annual Report of Scientific and Industrial Research organization of Khorasan, Mashhad, Iran. (In Persian)

Sadeghi, B. 2008. Fundamentals of sustainable cultivation of Iranian saffron. Publication of Khorasan- Razavi, Department of Jihad Agriculture, Mashhad, Iran 26 pp. (In Persian)

Savvas, D. 2003. Hydroponics: a modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. Journal of Food Agriculture and Environment 1: 80-86.

Schwas, M. 1994. Soilless Culture Management. Springer Vera Lag. Germany.

Singh, C., Ram, G., and Kaul, B.L. 1994. Saffron studies in Kishtwar: effect of corm size at planting on control production and flower yield in Saffron (*Crocus sativus* L.). Indian Perfumer 38: 82-84.

Xi, L., Aian, Z., Xu, G., Zheng, S.H., Sun, S., Wen, N., Sheng, L., Shi, Y., and Zhang, X. 2007. Beneficial impact of concern, a Carotenoid from saffron, on insulin sensitivity in fructose-fed rats. Journal of Nutritional Biochemistry 18: 64-72.



Effects of Bed Type, Corm Weight and Lifting Time on Quantitative and Qualitative Criteria of Saffron (*Crocus sativus* L.)

A. Mollafilabi¹, A. Koocheki^{2*}, P. Rezvani Moghaddam² and M. Nassiri Mahallati²

Submitted: 12-10-2013

Accepted: 05-12-2013

Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2017. Effects of bed type, corm weight and lifting time on quantitative and qualitative criteria of saffron (*Crocus sativus* L.), Journal of Agroecology 9(3): 607-617.

Introduction

Saffron (*Crocus sativus* L.) as the most important medicinal and agricultural crop of the world has therapeutic properties including laxative, stomach stimulant, anti cancer, anti inflammation and against spasm. One of the reasons of lower yield in traditional farms of Iran is using small corms of old farms. Combining the date of corm lifting and the duration of 25°C incubation, corms could be flowered from early September to mid-December. The results showed that corm weight of saffron affects significantly on flowering and yield. Soils covered by mulch or surface mulch compared with soils lack of mulch have a higher thermal adjustment so that in higher ambient temperature the soil can be warm later and at night they lose their warmth later. This research was conducted to find the effects of corm weight, planting beds under hydroponics at commercial level and determination of the best time of corm lifting from farm and its transfer for production and their interaction under controlled conditions on yield and other characters of this precious crop.

Material and Methods

In order to study effects of corm weight and time of its lifting from farm in planting beds an experiment was conducted as factorial in the form of RCBD in three replicates at the agric. Research complex of Fadak and Research Institute of Food Science and Technology (RIFST) in 2010. Factors under study were: two corm weights (8 to 10 and more than 10 g), two planting beds (stone wool and peat moss) and six lifting times (mid June, early July, mid July, early August, mid August and early October). For 40 days, 457 corms per m² were stored in incubation with 85% relative humidity and 25°C temperature at the darkness. Then, saffron corms were transferred in growth chamber with 17° C in 8/16 h light and dark. Characteristics such as number of flower, fresh weight of flower, dry weight of flower, fresh and dry weight of stigma, fresh and dry weight of style, fresh and dry weight of stigma+style and Picrocrocin, Safronal and Crocin contents of saffron were measured. Statistical analysis of data was conducted by SAS 9.1 and mean comparisons by Duncan's multiple range test at 5%.

Results and Discussion

Results showed that the corm weight, bed type and time of corm lifting were significant effects on economical yield of saffron such as picked flowers, dry weight of stigma and fresh weight of flowers. The highest saffron economical yield was obtained in interaction of corm weight, 10 g, peat moss and lifting time in mid June as much as 5.2 g.m². This yield is 11 fold of average yield of Iranian forms. Growth period of all treatments was in the limit of 115 to 120 days from the time of lifting corms from the soil up to end of flowering except to the treatment corm in the late august with respect to the waiting time of 30 days in the room of flower

1 and 2- Assistant professor, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST) and Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.26955

formation was not able to flower. Incubation period of all treatments was determined as 90 days. Picrocrocin, Safranal and Crocin contents in peat moss under controlled conditions was graded as excellent thread compared with National Standard of 259-2. Results obtained are corresponded with other researchers.

Conclusion

It is concluded that the highest saffron economical yield was obtained in interaction of corm weight, 10 g, peat moss and lifting time in mid June as much as 5.2 g.m⁻² that is recommended to farmers to apply to increase saffron yield under controlled conditions as much as possible. It seems that time of lifting corms from the soil in addition to effect of temperature through moisture availability, has affected on flowering period of saffron.

Keywords: Corm density, Dry stigma, Safranal- flowering, Yield saffron



راهبردهای گذار از کشاورزی رایج به پایدار در ایران:

I- بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها

علیرضا کوچکی^{1*}، مهدی نصیری محلاتی¹، روح‌اله مرادی² و حامد منصوری³

تاریخ دریافت: 1392/07/20

تاریخ پذیرش: 1392/09/21

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، مرادی، ر.، و منصوری، ح. 1396. راهبردهای گذار از کشاورزی رایج به پایدار در ایران: I- بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(3): 618-637.

چکیده

بهبود کارایی مصرف نهاده‌های کشاورزی اولین مرحله برای گذار از کشاورزی رایج به کشاورزی پایدار می‌باشد. در این راستا مطالعه حاضر جهت بررسی وضعیت موجود کارایی استفاده از نهاده‌های مختلف و ارائه راهکارهایی به منظور افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی کشور صورت گرفت. بدین منظور، مطالعات انجام گرفته شامل 177 پژوهش در زمینه میزان و کارایی استفاده از نهاده‌های مختلف از منابع اطلاعاتی متنوع موجود استخراج و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که به‌طور کلی با افزایش میزان مصرف نهاده‌های مختلف در گروه‌های مختلف گیاهان زراعی، کارایی زراعی استفاده از نهاده‌ها کاهش یافت. شیب کاهش کارایی مصرف نیتروژن به‌ازای افزایش یک کیلوگرم از این نهاده برای گیاهان زراعی مختلف از 1/2 در گیاه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) تا 0/12 در گروه حبوبات متفاوت بود. این روند برای کارایی مصرف آب از 10/62 برای سیب‌زمینی تا 0/27 در چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) حاصل شد. در منابع مختلف راهکارهای متفاوتی برای افزایش مصرف نهاده‌ها ارائه شده است. در زمینه بهبود کارایی مصرف نیتروژن، راهکارهایی همچون مدیریت نوع منبع کودی مورد استفاده، تقسیم کاربرد نیتروژن و همچنین محلول‌پاشی گزارش شده است. برای بهبود کارایی مصرف آب نیز به تغییر روش‌های آبیاری رایج به سمت آبیاری تحت فشار، استفاده از خاکپوش‌ها و شخم کاهش یافته اشاره شده است. تغییر در تراکم و آرایش کاشت به منظور دریافت حداکثر تشعشع نیز به عنوان روش‌های بهبود کارایی جذب نور بیان گردید. برای بهبود کارایی مصرف سایر نهاده‌های شیمیایی و به‌ویژه علف‌کش‌ها استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته، تقسیم زمان مصرف و ترکیب آن‌ها با افزودنی‌هایی همچون مویان‌ها و روغن‌ها پیشنهاد شده است. با توجه به نتایج این بررسی، بین کارایی مصرف آب و نیتروژن رابطه مثبت ولی ضعیف با ضریب تبیین 0/049 مشاهده شد، در صورتی که بین کارایی سایر نهاده‌ها رابطه مشخصی مشاهده نشد. به‌طور کلی علی‌رغم این‌که مطالعات و پژوهش‌هایی در این زمینه در سطح کشور انجام گرفته است و راهکارهایی جهت بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها ارائه شده است ولی اتخاذهای لازم در جهت انتقال این راهکارها به کشاورزان در سطح کشور مورد نیاز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کاشت، بهره‌وری، بوم سازگار، تقسیم، خاکپوش، مویان

مقدمه

گرچه نظام‌های زراعی رایج در طی نیم‌قرن گذشته با اتکا به نهاده‌های شیمیایی، به‌نژادی گیاهی و بهره‌گیری از فن‌آوری‌های مکانیزاسیون در تولید مواد غذایی در جهان نقش به‌سزایی ایفا کرده اند، ولی تبعات ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه از منابع پایه کشاورزی و

1 و 2- به ترتیب استاد، دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی (استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان) و دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی (استادیار، مؤسسه تحقیقات چغندر قند، همدان)، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی

مشهد

طراحی شوند (Gliessman & Rosemeyer, 2010). بدون تردید لازم است پژوهش‌های کشاورزی، هم از نظر ساختاری و هم از نظر کارکردی متناسب با مبانی بوم‌شناسی طراحی و اجرا شوند که در این مورد می‌توان پژوهش‌های درون مزرعه را نمونه‌ای از آن ذکر کرد. در همین راستا ضروری است که آموزش و ترویج کشاورزی پایدار نیز متناسب با تفکر کشاورزی پایدار طراحی و اجرا شود (Koocheki, 1998).

گرچه موضوع افزایش عملکرد و تولید بیشتر محصول مهم‌ترین هدف در فعالیت‌های کشاورزی است، ولی لازم است اولاً برای حصول چنین هدفی، هدف‌های مهم دیگری مانند حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی نادیده گرفته نشود، ثانیاً عملکرد مطلوب در دراز مدت مورد نظر باشد و نه لزوماً عملکرد زیاد در کوتاه مدت و ثالثاً ضروری است خدمات دیگری از قبیل چرخه آب و عناصر غذایی، ترسیب کربن، تنوع زیستی و تلطیف محیط و چشم اندازها که می‌تواند از فعالیت‌های کشاورزی متکی بر اصول بوم‌شناختی حاصل شود نیز به‌صورت کمی در محاسبات وارد شوند و به‌عبارت دیگر، به جای عملکرد شاخص دیگری به نام کارکرد، که عملکرد می‌تواند بخشی از آن باشد، به‌کار گرفته شوند و بدین ترتیب کشاورزی از حال تک کارکردی به وضعیت چند کارکردی⁴ ارتقاء داده شود (Nassiri, 2007).

برای بسیاری از کشاورزان روی آوردن سریع به عملیات و الگوهای کشاورزی پایدار امکان پذیر نمی‌باشد. بنابراین برای رسیدن به پایداری کامل در بوم‌نظام‌های کشاورزی که سازگار با محیط باشند، باید تغییر از کشاورزی رایج به پایدار با گام‌های آهسته‌تری صورت پذیرد. برای این منظور سه گام مؤثر معرفی شده است (Gliessman & Rosemeyer, 2010): سطح اول شامل افزایش کارایی نهاده‌ها از قبیل کود و سموم شیمیایی است که در حال حاضر در کشاورزی رایج مورد استفاده قرار می‌گیرند. سطح دوم مربوط به جایگزینی نهاده‌های رایج با نهاده‌ها و عملیات بوم سازگار بوده و سطح سوم نیز طراحی مجدد بوم‌نظام‌های کشاورزی به نحوی است که کارکرد آن بر مجموعه ای از فرآیندهای اکولوژیکی استوار باشد. به‌عبارت دیگر، برای دستیابی به نظام‌های پایدار کشاورزی باید کارایی عملیات، فرآیندها و نهاده‌ها را افزایش داد، نهاده‌های بوم سازگار را جایگزین نهاده‌ها و

آسیب‌های زیست‌محیطی حاصله موجب نگرانی بشر شده است (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008). در حال حاضر بیش از 6/5 میلیارد تن فرآورده کشاورزی در سطح جهان تولید می‌شود. علی‌رغم این حجم زیاد تولید هنوز نزدیک به یک میلیارد نفر در معرض گرسنگی قرار دارند و این درحالی است که حدود همین تعداد در معرض بیش غذایی بوده و با بیماری‌هایی چون چاقی، دیابت و سکنه مواجه هستند (FAO, 2009). بدین ترتیب به‌نظر می‌رسد تولید مواد غذایی به شکل فعلی نتوانسته است مشکل غذا در سطح جهان را حل نماید و بازنگری در بینش‌های رایج از یک طرف و نگاه همه‌جانبه به نظام‌های تولید از طرف دیگر ضرورتی انکار ناپذیر خواهد بود (Gliessman & Rosemeyer, 2010).

طی سال‌های اخیر، در برنامه‌های دو موسوم توسعه کشور، ضرورت پرداختن به مسئله پایداری کشاورزی و توجه به معیارها و اصول توسعه پایدار مورد تأکید قرار گرفته‌است (Koocheki, 1998). نگرش بوم‌شناختی به تولید غذا به‌ویژه برای کشورهایی که نظام بهره‌برداری زمین در آن‌ها عمدتاً خرده مالکی بوده و مبنای تولید بر شرایط ویژه زمانی و مکانی¹ استوار است، می‌تواند از اهمیت خاصی برخوردار باشد. این نوع نگرش مغایرتی با هیچ گونه فن‌آوری نخواهد داشت و تنها لازم است به‌جای فشرده‌سازی نهاده‌های شیمیایی که از خارج از محیط (نهاده‌های خارجی) وارد می‌شود، فشرده‌سازی بوم شناختی² صورت گیرد. در این حالت گرچه عمده نهاده‌ها درونی است و در قالب فرآیندهای بوم‌شناختی و روابط بیولوژیکی و با استفاده از عملیات زراعی و الگوهای کشت مطلوب شکل می‌گیرد، ولی برخی نهاده‌های خارجی بوم‌سازگار مورد لزوم، می‌تواند از خارج از محیط کشت تأمین شود. از طرف دیگر، این نوع نظام‌ها عموماً کم‌نهاده هستند و تنظیم نهاده‌پذیری برای گیاهان زراعی مربوطه نیاز به برخی عملیات به‌نژادی و در نتیجه اصلاح ارقامی سازگار به نهاده‌های کم و به‌عبارت دیگر تیپ‌های ایده‌آل کم‌نهاده³ دارد. علاوه بر آن، با چنین دیدگاهی نمی‌توان از روش‌های رایج نظام‌های پایدار در مدیریت استفاده نمود و ضروری است کلیه ابعاد آن از جمله عملیات به‌زراعی، به‌نژادی، توزیع و بازاریابی و بالاخره فرآوری و همچنین آموزش، ترویج و پژوهش‌های مربوطه در قالب نظام‌های بوم‌شناختی و پایدار

1- Time and space specific
2- Ecological intensification
3- Low input idotype

4- Multifunctional

مصرفی و عملکرد اقتصادی ثبت شده، میزان کارایی زراعی مصرف منابع با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد.

کارایی مصرف نیتروژن (NUE):

$$NUE = \frac{Y}{N_s} \quad (1) \text{ معادله}$$

در این معادله، Y: عملکرد گیاه زراعی ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) و N_s : نیتروژن خالص مصرفی ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) می‌باشد.

کارایی مصرف آب (WUE):

$$WUE = \frac{Y}{W_s} \quad (2) \text{ معادله}$$

در این معادله، Y: عملکرد گیاه زراعی ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) و W_s : میزان آب مصرفی ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)

کارایی مصرف نور (RUE)

$$RUE = \frac{Dm}{Rc} \quad (3) \text{ معادله}$$

در این معادله، Dm: ماده خشک گیاه زراعی ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) و Rc: میزان

تشنشش تجمعی (Cumulative) دریافتی توسط کانوبی گیاه

($\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$) می‌باشد.

در مرحله بعدی پتانسیل افزایش کارایی مصرف منابع بدون افزایش نهاده‌ها و با اتکا به عملیات مدیریتی و همچنین راهکارها و راهبردهای موجود در جهت بهبود هر کدام از کارایی مصرف نهاده‌ها و منابع مصرفی بررسی و وضعیت مطالعات انجام گرفته در این زمینه در کشور به‌صورت فراتحلیل ارزیابی شد. در نهایت رابطه بین کارایی انواع نهاده‌ها با استفاده از اطلاعات مربوط در این زمینه مورد مطالعه قرار گرفت. به‌طور کلی وضعیت نظام‌های زراعی ایران از لحاظ پایداری در رابطه با کارایی مصرف نهاده‌ها با هم و بهبود آن‌ها که گام اول ورود به کشاورزی پایدار است، با استفاده از اطلاعات موجود مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

کارایی مصرف نیتروژن

نتایج بررسی مطالعات مختلف نشان داد که دامنه کارایی مصرف زراعی نیتروژن برای گیاهان مختلف در ایران متفاوت می‌باشد (جدول 1). از آنجایی که کارایی زراعی نیتروژن از نسبت بین عملکرد اقتصادی گیاه و نیتروژن مصرفی به‌دست می‌آید (Koocheki et al., 2013a)، محدوده کارایی مصرف نیتروژن در گیاهان مختلف وابستگی شدیدی به نوع اندام اقتصادی گیاهان دارد. به‌عنوان مثال،

عملیات زیان‌بار کرد و در نهایت سامانه‌های نوینی مبتنی بر اصول بوم‌شناختی ایجاد کرد (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008).

هدف از این مقاله که قسمتی است از طرح پژوهشی جامعی با عنوان بررسی وضعیت کارایی استفاده از نهاده‌های نیتروژن، آب، نور و سموم کشاورزی در ایران، ارائه راهکارهای بهبود کارایی استفاده از این نهاده‌ها به‌عنوان گام اول گذار از کشاورزی رایج به پایدار می‌باشد. گام‌های دیگر گذار به کشاورزی پایدار که به‌صورت مختصر در بالا ذکر شده است، در مقالات جداگانه‌ای بررسی و ارائه خواهد شد (Koocheki et al., 2013b).

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی وضعیت گذار از کشاورزی رایج به کشاورزی پایدار در اکوسیستم‌های زراعی کشور، منابع و تحقیقات انجام گرفته در کشور در زمینه بهبود و افزایش کارایی نهاده‌ها و منابع که در حقیقت گام اول برای گذار از کشاورزی رایج به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد، مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور 177 پژوهش انجام گرفته در سطح کشور که به‌صورت مقالات علمی پژوهشی در منابع مختلف موجود بود، در زمینه مصرف نهاده‌های مختلف و همچنین کارایی آن‌ها در محصولات مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نهاده‌های مصرفی مورد مطالعه شامل آب، نیتروژن، نور و علف کش‌ها (به‌عنوان نمونه‌ای از نهاده‌های شیمیایی غیرتغذیه‌ای) برای غلات دانه ریز (گندم (*Triticum eastivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) و دانه درشت (ذرت (*Zea mays* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، حبوبات (لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و عدس (*Lens esculinaris* L.)، گیاهان روغنی (کلزا (*Brassica napus* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.)، گیاهان دارویی، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) بودند. در این تحقیق ابتدا میانگین و دامنه کارایی مصرف نهاده‌ها در محصولات مختلف و همچنین رابطه بین افزایش مصرف نهاده‌ها با میزان کارایی مصرف آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعاتی که کارایی مصرف نهاده‌ها گزارش نشده بود، بر اساس میزان نهاده

کارایی مصرف آن به‌طور چشم‌گیری بالاتر از دیگر گیاهان مورد بررسی باشد (جدول 1).

اندام اقتصادی مورد استفاده در گیاه سیب‌زمینی غده آن با میانگین عملکرد حدود 30 تن در هکتار (Organization, 2011 Agricultural Jihad) می‌باشد و این موضوع باعث شده است که

جدول 1- دامنه و میانگین کارایی زراعی مصرف نیتروژن (NUE) گیاهان مختلف در ایران

Table 1- Range and average of NUE for various crop in Iran

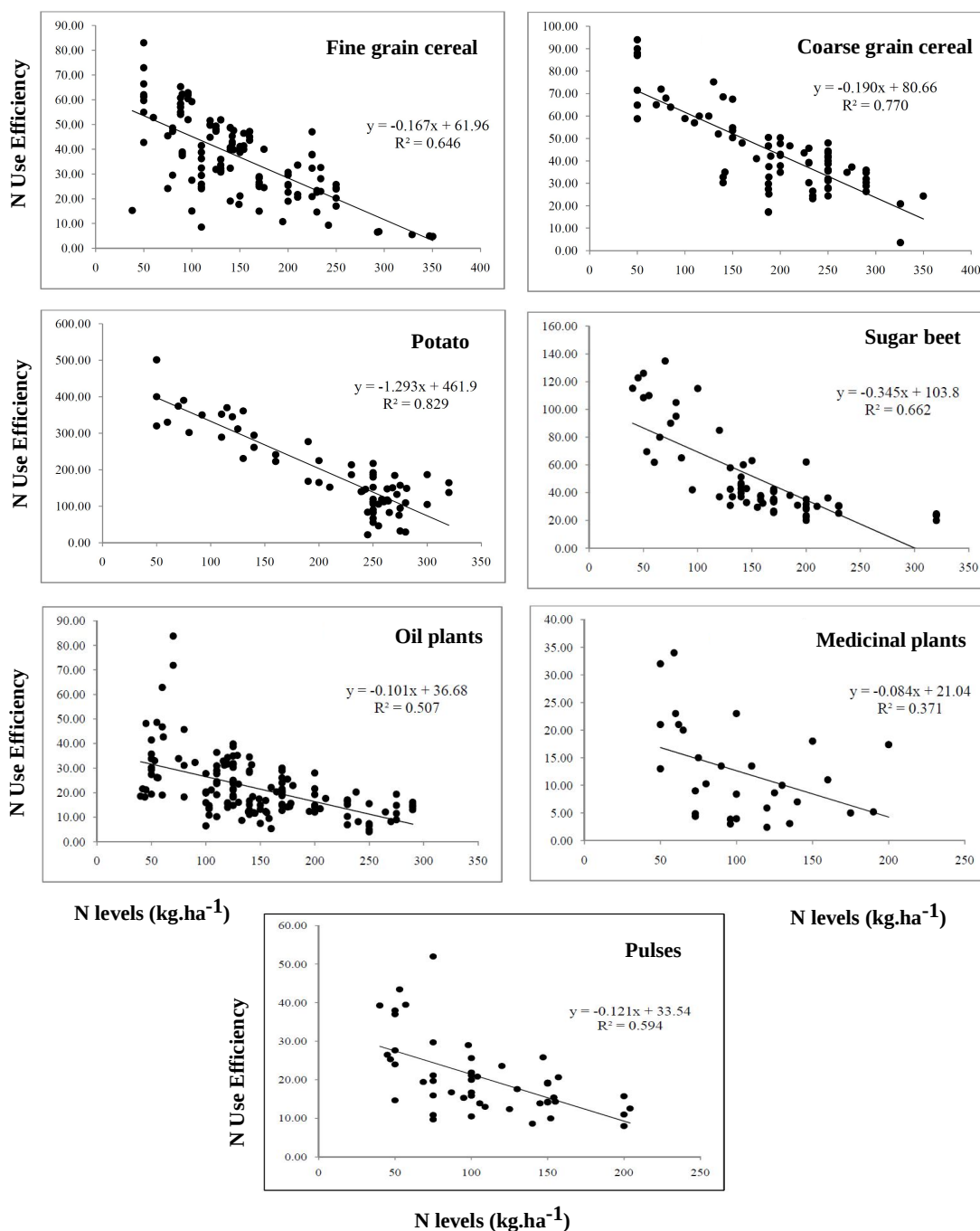
کارایی مصرف نیتروژن NUE	پنبه Cotton	حبوبات Pulses	گیاهان دارویی Medicinal plants	گیاهان روغنی Oil plants	چغندر قند Sugar beet	سیب‌زمینی Potato	غلات دانه‌درشت Coarse grain cereal	غلات دانه‌ریز Fine grain cereal
واحد Unit	kg fiber. kg ⁻¹ N	kg seed. kg ⁻¹ N	kg dry matter. kg ⁻¹ N	kg seed. kg ⁻¹ N	kg sugar. kg ⁻¹ N	kg tuber. kg ⁻¹ N	kg grain. kg ⁻¹ N	kg grain. kg ⁻¹ N
دامنه Range	9-16.8	8-52	2.4-34	4-83.7	19.8-134	22-501	3.6-94	4.76-83
میانگین Average	13.1	20.6	12.3	21.9	49.9	190	43.5	37.33

عدم واکنش زیاد این گروه از گیاهان به کود شیمیایی باشد.

رابطه کارایی مصرف نیتروژن با مقدار مصرف آن

بررسی رابطه کارایی مصرف نیتروژن با مقدار مصرف آن برای گیاهان مختلف در شکل 1 نشان داده شده‌است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در غلات دانه ریز شامل گندم، جو و برنج رابطه منفی بین افزایش سطوح نیتروژن و کارایی مصرف آن با ضریب تبیین 0/65 وجود داشت. به‌طوری‌که به ازای افزایش هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی مصرف نیتروژن آن‌ها 0/167 درصد کاهش یافت (شکل 1). در غلات دانه درشت ذرت و سورگوم نیز افزایش سطوح نیتروژن منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن در این گیاهان شد. در این گیاهان به ازای افزایش هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی مصرف نیتروژن با شیب 0/19 کاهش یافت و ضریب تبیین آن 0/77 بود (شکل 1). این خود نشان‌دهنده این مطلب است که در غلات دانه درشت، افزایش سطوح نیتروژن تأثیر منفی بیشتری بر میزان کارایی مصرف آن نسبت به غلات دانه‌ریز دارد. از آنجایی‌که غلات دانه درشت از زیست توده و ماده خشک بیشتری نسبت به غلات دانه ریز برخوردار می‌باشند، به‌نظر می‌رسد در سطوح بالای نیتروژن، بیشتر نیتروژن مصرفی به اندام‌های غیر زایشی اختصاص می‌یابد و نیتروژن افزوده شده نقشی در تولید اقتصادی نداشته که این موضوع خود منجر به کاهش بیشتر کارایی مصرف نیتروژن در این گیاهان نسبت به غلات دانه‌ریز می‌شود.

دامنه کارایی مصرف نیتروژن برای غلات دانه ریز و دانه درشت به ترتیب 4/76-83 و 3/6-94 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن با میانگین حدود 37 و 44 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد. میانگین بالاتر کارایی مصرف نیتروژن در غلات دانه درشت نسبت به غلات دانه ریز به دلیل عملکرد بالاتر غلات دانه درشت نسبت به غلات دانه ریز می‌باشد. یعنی به‌عبارتی، غلات دانه درشت برای تولید یک کیلوگرم دانه، نیتروژن کمتری را نسبت به غلات دانه ریز مصرف می‌کنند. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، گیاه سیب‌زمینی نسبت به دیگر گیاهان از کارایی مصرف نیتروژن بالاتری با میانگین 190 و دامنه 22-501 برخوردار می‌باشد (جدول 1). در این تحقیق ما برای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن گیاه چغندر قند، عملکرد شکر را به‌عنوان عملکرد اقتصادی مدنظر قرار دادیم و بر این اساس، دامنه و میانگین کارایی مصرف نیتروژن برای این گیاه در ایران به ترتیب 19/8-134 و 50 می‌باشد (جدول 1). همچنین، دامنه کارایی مصرف نیتروژن برای گیاهان روغنی و حبوبات به ترتیب 4-83/7 و 8-52 با میانگین حدود 22 و 21 به‌دست آمد (جدول 1). برای گیاه پنبه نیز، عملکرد و ش به‌عنوان مبنای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن قرار گرفت و دامنه و میانگین به ترتیب 9-16/8 و 13 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن برای این گیاه مشاهده شد. از طرفی، گیاهان دارویی دارای کمترین میانگین کارایی مصرف نیتروژن با مقدار حدود 12 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن در بین گروه‌های مختلف گیاهان مورد بررسی بود (جدول 1). به‌نظر می‌رسد، کارایی پایین مصرف نیتروژن در گیاهان دارویی به دلیل عملکرد پایین این گیاهان و نیز



شکل 1- رابطه کارایی مصرف نیتروژن (عملکرد اقتصادی بر نیتروژن مصرفی) با میزان استفاده از نیتروژن در گیاهان مختلف
 Fig. 1- Relation of NUE (economical to used N ratio) and N application rates in various crops

بالاتری با ضریب تبیین 0/83 بین کاربرد و کارایی مصرف نیتروژن نسبت به غلات مشاهده گردید. در سیب‌زمینی نیز با افزایش سطوح

برای گیاه سیب‌زمینی، کارایی مصرف نیتروژن از نسبت عملکرد غده تولیدی به نیتروژن مصرفی محاسبه شد و در این گیاه همبستگی

از نهاده‌های مختلف کشاورزی ارائه شده است. به عنوان مثال تراکم و فواصل مطلوب محصولات زراعی، استفاده از ماشین آلات مناسب، پیش‌آگاهی آفات برای استفاده کارآمد از آفت‌کش‌ها، زمان و نحوه صحیح مصرف کودهای شیمیایی و آب را می‌توان ذکر نمود (Gliessman & Rosemeyer, 2010). البته باید خاطر نشان کرد با این که بهبود کارایی استفاده از منابع، از اثرات منفی کشاورزی رایج می‌کاهد ولی قادر به قطع وابستگی به نهاده‌های خارجی نمی‌باشد.

منابع مختلف کود شیمیایی نیتروژن در ایران برای گیاهان مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. تأثیر این منابع بر بهبود عملکرد گیاهان متفاوت بوده و به تبع آن کارایی متفاوتی را شامل می‌شوند. در زراعت گیاه گندم مشاهده شده‌است که استفاده از کود نیتروژن با منبع اوره نسبت به سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم از عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن بالاتری برخوردار است (جدول 2). همچنین، نیترات آمونیوم نسبت به سولفات آمونیوم کارایی مصرف نیتروژن بالاتری را شامل شد. اخیراً در کشور کود اوره در اشکال کندرهای مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که در انواع کندرهای حلالیت کود کاهش می‌یابد، راندمان جذب و استفاده کود توسط گیاه بهبود یافته و از آسویی آن جلوگیری می‌گردد، بنابراین گیاه در بازه زمانی طولانی‌تری از کود استفاده می‌نماید (Salahi-Farahi & Faraji, 2010; Asadi et al., 2011). برخی تحقیقات نشان داده‌است که استفاده از انواع اوره کندرهای میزان کارایی استفاده از نیتروژن را نسبت به اوره عادی بهبود چشم‌گیری می‌دهد. در گیاه گندم مشاهده شد که کاربرد اوره در اشکال اوره گوگردی و فرم میزان کارایی مصرف نیتروژن را نسبت به اوره معمولی به ترتیب حدود 14 و 19 درصد افزایش داد (جدول 2). میرلوحی و همکاران (Mirlohi et al., 2001) در بررسی تأثیر انواع مختلف کود شیمیایی نیتروژن در کشت و کار گیاه برنج مشاهده نمودند که کارایی مصرف نیتروژن در زمان استفاده از اوره به ترتیب حدود 41 و 16 درصد بیشتر از سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم بود (جدول 2).

نیتروژن در هکتار، روند نزولی با شیب 1/29 درصد در میزان کارایی مصرف نیتروژن این گیاه مشاهده شد (شکل 1). این موضوع نشان‌دهنده این است که به ازای افزایش هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان کارایی مصرف آن 1/29 واحد کاهش می‌یابد. در گیاه چغندر قند نیز همبستگی منفی بین کاربرد و کارایی مصرف نیتروژن مشاهده شد. به طوری که در این گیاه به ازای افزایش هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان کارایی مصرف آن حدود 0/35 واحد با ضریب تبیین 0/66 کاهش نشان داد (شکل 1). در گروه حبوبات شامل نخود، لوبیا و عدس نیز همبستگی منفی با ضریب تبیین 0/59 بین کارایی مصرف نیتروژن و سطوح کاربرد آن مشاهده شد (شکل 1). نتایج بررسی‌ها نشان داد که در کشت و کار حبوبات در ایران، به ازای افزایش یک کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی مصرف آن حدود 0/12 واحد کاهش یافت.

در گیاهان روغنی شامل آفتابگردان، کلزا و کنجد همبستگی ضعیف‌تری با ضریب تبیین 0/51 بین کارایی مصرف و کاربرد نیتروژن نسبت به گونه‌های زراعی قبل مشاهده شد. در این گیاهان به ازای افزایش هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان کارایی مصرف آن با شیب حدود 0/10 واحد کاهش یافت (شکل 1). در بین گروه‌های گیاهی مختلف، گیاهان دارویی کمترین همبستگی را بین کاربرد و کارایی مصرف نیتروژن نسبت به دیگر گروه‌های گیاهی دارا بودند. به طوری که در این گیاهان ضریب تبیین بین کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و کارایی مصرف آن 0/37 واحد بود و به ازای هر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان کارایی مصرف نیتروژن حدود 0/08 واحد کاهش نشان داد (شکل 1).

بهبود کارایی مصرف نیتروژن

همان‌طور که ذکر شد، برای گذار از کشاورزی رایج به کشاورزی پایدار، اولین گام افزایش کارایی عملیات رایج به منظور کاهش استفاده از نهاده‌های پرهزینه، کمیاب یا نهاده‌هایی که خسارت زیست‌محیطی دارند، می‌باشد (Gliessman & Rosemeyer, 2010). هدف اصلی در این مرحله استفاده از نهاده‌ها با کارایی بالاتر می‌باشد، به صورتی که علاوه بر عملکرد اقتصادی فواید زیست‌محیطی هم مدنظر قرار می‌گیرد. با بهبود کارایی استفاده از نهاده‌ها، مقدار استفاده از آن و به تبع آن اثرات منفی آن‌ها بر محیط زیست کاهش خواهد یافت. روش‌های مختلفی برای بهبود و افزایش کارایی استفاده

جدول 2- کارایی استفاده از نیتروژن تحت تأثیر منابع مختلف نهاده‌های نیتروژن در برخی گیاهان

Table 2- Effect of different resources of nitrogen on NUE in various crops

نوع کود Fertilizer type	کلزا Canola	سیب زمینی Potato	برنج Rice	گندم Wheat
اوره Urea	27.66	168.4	32.63	47.04
سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	18.78	134.2	22.98	32.34
نیتрат آمونیوم Ammonium nitrate	22.90	142.02	28.09	37.75
اوره با پوشش گوگردی Sulfur urea	34.65	20.2.6	—	53.63
اوره فرم Urea-formaldehyde	—	217.3	—	56.44
منبع Reference	طاهرخانی و همکاران (Taherkhani et al., 2005)	ضیائی و کشاورز (Ziaieian & Keshavarz, 2010)	میرلوی و همکاران (Mirlohi et al., 2001)	مصطفوی‌راد و همکاران (Mustafavi-rad et al., 2007)، نورقلی‌پور و همکاران (Nurgholi-Pur et al., 2008)

بر صدمات زیست محیطی، گیاه برای ادامه رشد با کمبود نیتروژن مواجه می‌شود. حال اگر به‌جای مصرف یک‌باره نیتروژن در ابتدای فصل رشد، این عنصر در زمان‌های مختلف به خاک افزوده شود، گیاه به‌تدریج آن را جذب نموده و از آشفته‌ی نیتروژن جلوگیری می‌گردد. بررسی مطالعات مختلف در مورد گیاه گندم نشان داد که به‌طور میانگین تقسیم دو مرحله ای کود نیتروژن، کارایی مصرف آن را نسبت به شرایط کاربرد کل کود نیتروژن در زمان کاشت (عدم تقسیم) حدود شش درصد بهبود بخشید و این افزایش در تقسیم سه مرحله‌ای در گندم حدود 12 درصد بود (جدول 3). این موضوع خود به‌خوبی نشان‌دهنده افزایش کارایی مصرف نیتروژن در شرایط کاربرد چندمرحله‌ای آن به‌جای کاربرد یک‌باره می‌باشد. همچنین، در گیاه برنج نیز کاربرد چندمرحله‌ای کود نیتروژن باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن در این گیاه نسبت به کاربرد یک‌باره آن شد (جدول 3). به‌نظر می‌رسد از آن‌جایی که گیاه برنج در شرایط غرقابی و در حضور آب رشد می‌کند، آشفته‌ی نیتروژن در زراعت آن از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد و کاهش میزان آشفته‌ی نیتروژن و دیگر عناصر نقش مهمی در بهبود عملکرد و همچنین کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی ورود نیتروژن به رودخانه‌ها و دریا می‌گردد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داد که تقسیم دو مرحله‌ای و سه مرحله‌ای نیتروژن در کشت و کار برنج، میزان کارایی مصرف نیتروژن را به ترتیب حدود

ضیائی و کشاورز (Ziaieian & Keshavarz, 2010) نیز اثر انواع مختلف کود شیمیایی نیتروژن را بر عملکرد سیب‌زمینی مورد بررسی قرار دادند. بررسی کارایی مصرف نیتروژن در این تحقیق نیز نشان می‌دهد که کود اوره نسبت به سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم از کارایی مصرف نیتروژن بالاتری برخوردار بود و همچنین از این نظر، کود نیترات آمونیوم نسبت به سولفات آمونیوم برتری نشان داد (جدول 2). همچنین بررسی‌ها نشان داد که کاربرد کود اوره در اشکال اوره با پوشش گوگردی و فرم میزان کارایی مصرف نیتروژن در گیاه سیب‌زمینی را نسبت به اوره عادی به ترتیب حدود 20 و 29 درصد بهبود بخشید (جدول 2). در مورد گیاه کلزا نیز روند مشابه با گیاهان مذکور مشاهده شد (جدول 2)، به‌طوری‌که استفاده از اوره میزان کارایی مصرف نیتروژن را در این گیاه به ترتیب حدود 47 و 20 درصد نسبت به استفاده از سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم افزایش داد و استفاده از اوره با پوشش گوگردی میزان این کارایی را حدود 25 درصد نسبت به اوره معمولی بهبود بخشید.

یکی از عوامل مهم دیگر که در بهبود کارایی مصرف نیتروژن نقش دارد، تقسیم آن می‌باشد. از آن‌جایی که کود نیتروژن دارای حلالیت بالایی می‌باشد، با مصرف یک‌باره آن در ابتدای فصل رشد، گیاه قادر نمی‌باشد که تمام نیتروژن موجود در خاک را طی زمان محدود جذب کرده و این موضوع باعث آشفته‌ی نیتروژن شده و علاوه

12 و 16 درصد نسبت به کاربرد کل کود در زمان انتقال نشاء افزایش داد (جدول 3)، که این موضوع از طرفی مربوط به کاهش آبشویی نیتروژن و از طرف دیگر بهبود عملکرد برنج در شرایط تقسیط بود.

جدول 3- تأثیر زمانبندی کوددهی بر میزان کارایی استفاده از نیتروژن در برخی گیاهان

Table 3- Effect of splitting of fertilization on NUE in various crops

نوع تقسیط Form of split	نخود Chickpea	بابونه Chamomile	گلرنگ Safflower	سویا Soybean	سیب زمینی Potato	ذرت Maize	برنج Rice	گندم Wheat
عدم تقسیط No-split	10.12	3.82	13.42	10.84	198.4	26.36	38.86	34.24
دو مرحله‌ای Two stage	18.93 (87.05%)*	3.94 (3.14%)	16.55 (23.32%)	13.82 (27.49%)	222.9 (12.33%)	31.94 (21%)	43.65 (12.33%)	36.18 (5.66%)
سه مرحله‌ای Three stage	—	3.10 (-18.85%)	17.07 (27.19%)	15.75 (43.63%)	241.3 (21.58%)	32.11 (22%)	45.13 (16.13%)	38.25 (11.71%)
منبع Reference	کشفی و همکاران (Kashfi et al., 2011)	میرلوی و همکاران (Mirlohi et al., 2009)	صلاحی فرجی و فرجی (Salahi-Faraji & Faraji, 2010)	میرشکاری و همکاران (Mirshekari et al., 2007), دادنیا و خداینده (Dadnia & Khodabande, 1998)	جامی معینی و همکاران (Jami Moeini et al., 2009)	بهرانی و سیدی (Bahrani & Seyyedi, 2005)	علی عباسی و اصفهانی (Aliabasi & Esfahani, 2007), علی عباسی و همکاران (Aliabasi et al., 2009), میرلوی و همکاران (Mirlohi et al., 2001)	آنقلی و همکاران (Anaghali et al., 2006), بهرانی و طهماسبی (Bahrani & Tahmasebi Sarvestani, 2005), لام و تروین (Lamm & Trooien, 2003)

*اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده درصد افزایش کارایی مصرف نیتروژن نسبت به شرایط عدم تقسیط می‌باشد.

*The numbers in parentheses indicate a percentage increase in nitrogen consumption efficiency relative to non-split condition.

موضوع به نظر می‌رسد به دلیل کودپذیری پایین این گروه گیاهان باشد. بنابراین، باید در زراعت گیاهان دارویی از سطوح پایین کودهای شیمیایی استفاده نمود. به عنوان مثال، مطالعه نتایج میرشکاری و همکاران (Mirshekari et al., 2007) نشان داد که در گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) اعمال نیتروژن در دو مرحله کاشت و ساقه روی میزان کارایی مصرف نیتروژن را تنها حدود سه درصد نسبت به مصرف کل کود در مرحله کاشت بهبود بخشید و از طرف دیگر، تقسیط سه مرحله‌ای نیتروژن منجر به کاهش حدود 19 درصدی کارایی مصرف نیتروژن نسبت به شرایط عدم تقسیط شد (جدول 3).

محلول‌پاشی نیتروژن به عنوان یکی دیگر از روش‌های مؤثر افزایش کارایی این عنصر گزارش شده است (Asadi et al., 2011; Salahi-Faraji & Faraji, 2010; Tusi et al., 2012; Musazade & Baradaran, 2011). در روش محلول‌پاشی، برگ‌ها مهم‌ترین اندام جذب کننده نیتروژن محسوب شده و مزیتی که

در گیاه ذرت تقسیط نیتروژن تأثیر بیشتری بر بهبود کارایی مصرف آن نسبت به گندم و برنج داشت، به طوری که تقسط دو مرحله‌ای نیتروژن میزان این کارایی را حدود 21 درصد و تقسیط سه مرحله‌ای حدود 22 درصد نسبت به شرایط عدم تقسیط افزایش دادند (جدول 3). افزایش کارایی مصرف نیتروژن در گیاه سیب زمینی با تقسیط دو مرحله‌ای و سه مرحله‌ای نیتروژن نسبت به عدم تقسیط به ترتیب حدود 12 و 22 درصد مشاهده شد (جدول 3). نتایج بررسی‌ها نشان داد که در گیاه سویا (*Glycine max* L.) نیز تقسیط نیتروژن باعث بهبود کارایی مصرف آن نسبت به عدم تقسیط شد و تقسیط دو مرحله‌ای کارایی مصرف نیتروژن را حدود 27 درصد افزایش داد و تقسیط سه مرحله‌ای تا 44 درصد این صفت را نسبت به کاربرد کل کود در زمان کاشت بهبود بخشید (جدول 3). گیاه گلرنگ و نخود نیز بهبود کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تقسیط را نسبت به عدم تقسیط نشان دادند (جدول 3). به نظر می‌رسد در گیاهان دارویی تقسیط نیتروژن تأثیر چندانی بر بهبود کارایی مصرف نیتروژن ندارد. این

محلول‌پاشی نیتروژن می‌تواند به‌عنوان تکمیل‌کننده کود مصرف شده در خاک داشته باشد، جذب و انتقال سریع و کارآمد نیتروژن به وسیله گیاه با بیش از 80 درصد بازیافت از نیتروژن مصرف شده می‌باشد (Musazade & Baradaran, 2011). مطالعات مختلفی در ایران نقش محلول‌پاشی کود نیتروژن را بر بهبود عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن گیاهان بررسی کرده‌اند. به‌عنوان مثال، طوسی و همکاران (Tusi et al., 2012) تأثیر محلول‌پاشی کود نیتروژن را در زمان‌های مختلف بر کارایی مصرف نیتروژن مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که محلول‌پاشی نیتروژن منجر به افزایش کارایی مصرف آن نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی آن شد. موسی زاده و برادران (Musazade & Baradaran, 2011) نیز تأثیر محلول‌پاشی کود اوره را در زمان‌های مختلف بر عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) مورد بررسی قرار داده و تأیید نمودند که محلول‌پاشی در دوره گلدهی این گیاه منجر به بهبود عملکرد و در نتیجه کارایی مصرف نیتروژن این گیاه نسبت به عدم محلول‌پاشی شد. همچنین نتایج مشابه برای گیاه کلزا توسط صلاحی فراهی و فرجی (Farahi & Faraji, 2010) گزارش شده است. اسدی و همکاران (Asadi et al., 2011) نیز افزایش عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن برنج را در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن گزارش نمودند.

کارایی مصرف آب

روند تغییرات کارایی مصرف آب نشان داد که بر اساس گزارش نویسندگان افزایش مقدار مصرف آب اضافی در تمام محصولات مورد مطالعه تأثیر منفی بر کارایی مصرف آن داشت، به‌طوری‌که افزایش مصرف آب باعث کاهش کارایی مصرف آب در تمام محصولات شده است. شیب کاهش کارایی مصرف آب با میزان آب مصرفی در محصولات مختلف متفاوت بود که بیشترین کاهش مربوط به گیاه سیب‌زمینی با شیب 10/6- و کمترین کاهش در گیاه چغندر قند با شیب 0/27- بود، به‌عبارت دیگر در گیاه سیب‌زمینی با مصرف هر سانتی‌متر آب در هکتار، کارایی مصرف آب در این گیاه به میزان 10/6 واحد کاهش یافت، در صورتی که در گیاه چغندر قند با مصرف هر سانتی‌متر آب، کارایی مصرف آن به میزان 0/27 واحد کاهش یافت (شکل 2). دامنه کارایی مصرف آب گزارش شده برای سیب‌زمینی و چغندر قند به ترتیب برابر با 767-101 و 77-30 کیلوگرم به‌ازای مصرف هر سانتی‌متر آب آبیاری می‌باشد. شیب کاهش کارایی

مصرف آب به ازای یک سانتی‌متر آب اضافی مصرفی در هکتار برای غلات دانه ریزی چون گندم و جو تقریباً برابر با 4/43- به‌دست آمد، در صورتی‌که این شیب کاهش برای غلات دانه درشت (ذرت و سورگوم) در حدود 1/33- بود (شکل 2). به‌عبارتی مصرف هر واحد آب در غلات دانه درشت، کاهش کمتری در کارایی مصرف آب را در مقایسه با غلات دانه ریز به‌همراه داشت. کارایی مصرف آب محاسبه شده در منابع مختلف برای غلات دانه ریز بین 199-19 کیلوگرم به‌ازای مصرف هر سانتی‌متر آب آبیاری و برای غلات دانه درشت بین 199-30 گزارش شده است. رگرسون خطی به‌دست آمده بین میزان آب مصرفی و کارایی مصرف آب در گیاهان روغنی مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد که شیب این خط برابر با 0/69- بود که این موضوع بیانگر کاهش 0/69 واحدی کارایی مصرف آب به‌ازای یک واحد آب اضافی مصرفی در گیاهان روغنی می‌باشد (شکل 2)، هم‌چنین کارایی مصرف آب برای گیاهان روغنی در منابع مختلف بین 111-15 کیلوگرم به‌ازای مصرف هر سانتی‌متر آب آبیاری گزارش شده است. شیب محاسبه شده از رگرسون بین میزان آب مصرفی و کارایی مصرف آب در حبوبات و پنبه نیز به‌ترتیب برابر با 0/73- و 0/54- بود (شکل 2). دامنه کارایی گزارش شده برای حبوبات و پنبه نیز به‌ترتیب بین 82-17 و 87-27 کیلوگرم به‌ازای مصرف هر سانتی‌متر آب آبیاری بود. بنابراین، ترتیب کاهش کارایی مصرف آب به‌ازای آب مصرفی در گیاهان مختلف به صورت زیر می‌باشد:

سیب‌زمینی < غلات دانه ریز < غلات دانه درشت < حبوبات < گیاهان روغنی < پنبه < چغندر قند

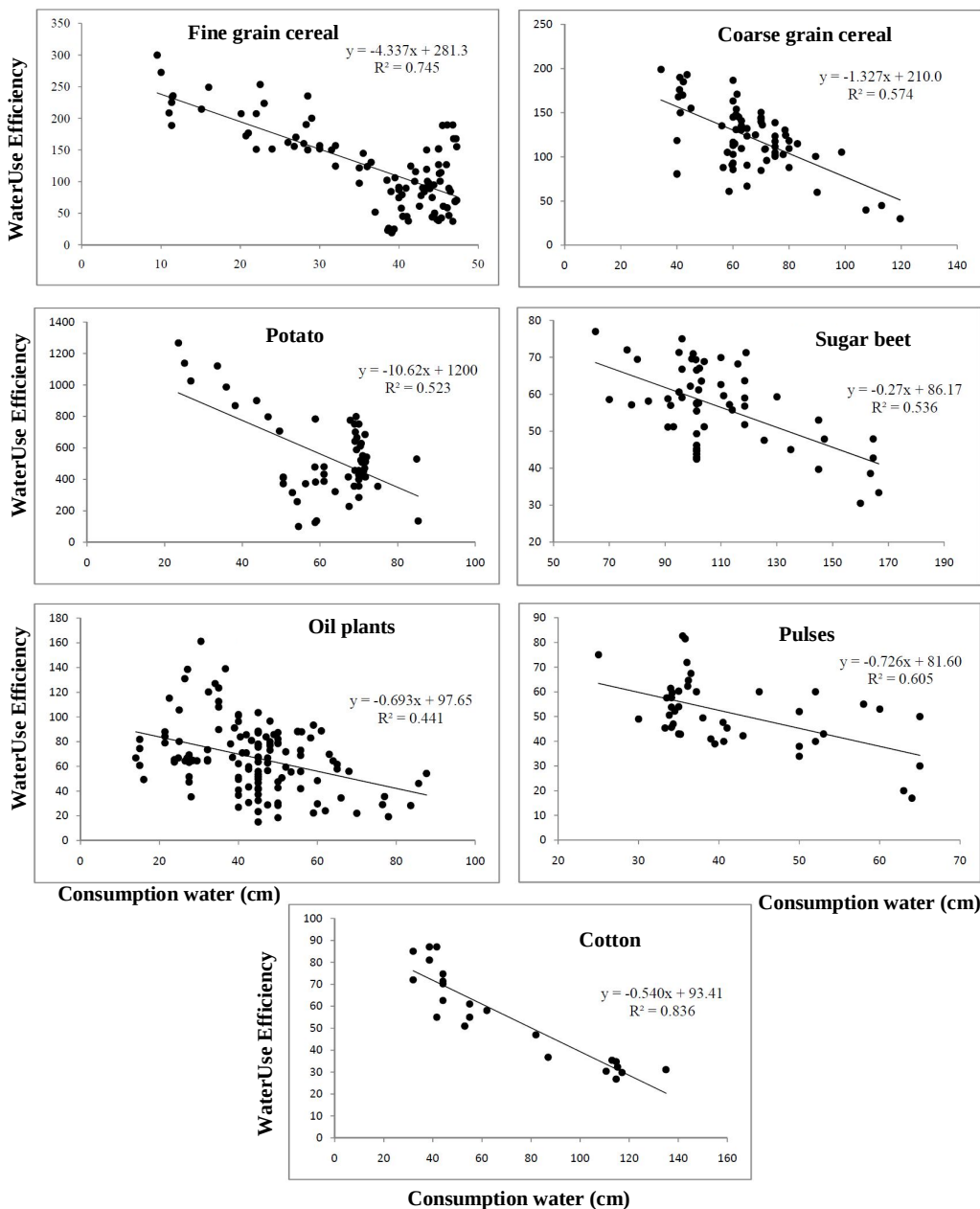
بیشترین میانگین کارایی مصرف آب در بین گیاهان مورد مطالعه مربوط به گیاه سیب‌زمینی با میانگین 546 کیلوگرم غده به‌ازای هر سانتی‌متر آب و کمترین کارایی مربوط به حبوبات با میانگین 51 کیلوگرم دانه به‌ازای هر سانتی‌متر آب مصرفی می‌باشد (شکل 3). کارایی مصرف آب برای غلات (124 کیلوگرم دانه به‌ازای هر سانتی‌متر آب) بیشتر از گیاهان روغنی (67 کیلوگرم دانه به‌ازای هر سانتی‌متر آب)، چغندر قند (57 کیلوگرم قند به‌ازای هر سانتی‌متر آب) و پنبه (55 کیلوگرم وش به‌ازای هر سانتی‌متر آب) بود (شکل 3). مهم‌ترین دلیل در بالا بودن کارایی مصرف آب سیب‌زمینی، عملکرد بالای غده این گیاه بود.

بهبود کارایی مصرف آب

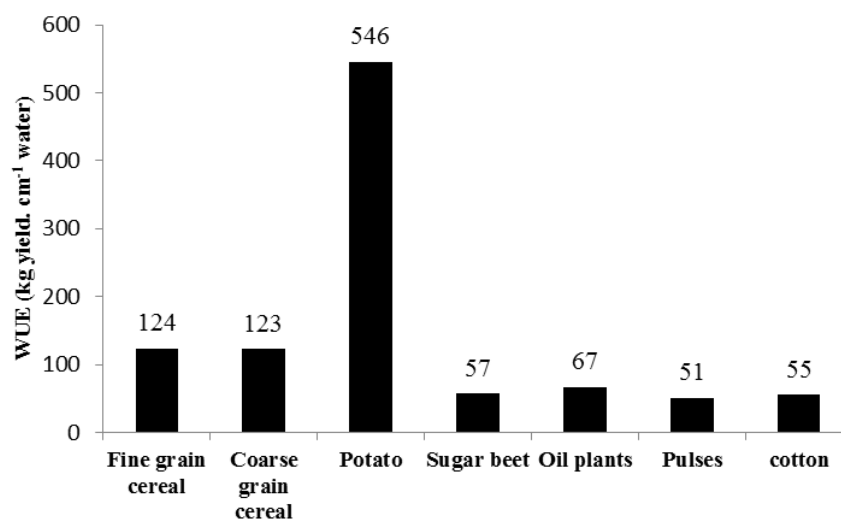
با توجه به نتایج فوق می‌توان بیان کرد که با وجود اینکه افزایش

محدودیت آب مواجه است، بنابراین اهمیت این موضوع بیشتر نمود پیدا می‌کند و معمولاً آب در چنین مناطقی مهمترین عامل تولید می‌باشد و مدیریت آب و افزایش کارایی آن مهمترین و اساسی‌ترین گام در راستای نیل به سمت سطوح بالای پایداری در کشاورزی می‌باشد.

مصرف آب در گیاهان مختلف باعث افزایش عملکرد اقتصادی این گیاهان می‌شود ولی باید توجه داشت که این افزایش عملکرد با کاهش کارایی مصرف آب همراه است. به عبارت دیگر، در سطوح بالای مصرف آب، برای تولید یک واحد عملکرد اقتصادی از گیاهان، میزان آب بیشتری باید مصرف شود. از طرف دیگر، با توجه به اینکه کشور ایران دارای اقلیم گرم و خشک بوده و در اکثر مناطق با



شکل 2- رابطه کارایی مصرف آب (نسبت عملکرد اقتصادی بر آب مصرفی) با میزان آب مصرفی در گیاهان مختلف
Fig. 2- Relation of WUE (economical yield to used water ratio) and amount of water usage in various crops



شکل 3- میزان کارایی مصرف آب (کیلوگرم محصول بر سانتی متر آب مصرفی) در برخی گیاهان
Fig. 3- WUE (kg yield. cm⁻¹ water) in various crops

یکی از بهترین راهکارهای موجود برای افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان می باشد که از بین روش های مختلف آبیاری، آبیاری قطره ای به عنوان یکی از بهترین روش های آبیاری برای افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان می باشد که البته باید انرژی مصرفی آن که رابطه معکوسی با پایداری دارد مدنظر قرار گیرد.

همان طور که در قبل نیز اشاره شد، افزایش کارایی منابع اولین مرحله برای گذار از کشاورزی رایج به سمت کشاورزی پایدار می باشد ولی متأسفانه تحقیقات اندکی در زمینه افزایش کارایی مصرف آب به عنوان یکی از منابع مهم و اساسی کشاورزی در ایران صورت گرفته و اکثر مطالعات انجام شده در راستای افزایش عملکرد گیاهان بدون توجه به افزایش کارایی مصرف آب بوده است. تغییر روش آبیاری

جدول 4- تأثیر روش های آبیاری مختلف بر کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) در گیاهان مختلف
Table 4- Effect of irrigation methods on WUE (kg. m⁻³) in various crops

گیاه Plant	روش آبیاری Irrigation method			منبع Ref.
	قطره ای زیر سطحی Subsurface drip	قطره ای drip	شیاری Row	
سیب زمینی (غده) Potato (Tuber)	3.84	1.37	1.36	نجفی (Najafi, 2006)
گوجه فرنگی (میوه) Tomato (Fruit)	13.15	10.7	6.51	نجفی (Najafi, 2006)
بادمجان (میوه) Eggplant (Fruit)	11.64	8.38	5.38	نجفی (Najafi, 2006)
پنبه (وش) Cotton (Fiber)	-	52.0	0.34	افشار و مهرآبادی (Afshar & Mehrabadi, 2008)
ذرت (دانه) Maize (Grain)	-	1.23	0.6	افضلی گروه و همکاران (Afzali Gorouh et al., 2012)

تأثیر آبیاری شیاری و قطره ای گزارش کرد که استفاده از آبیاری قطره ای در هر سه گیاه مورد مطالعه کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به آبیاری شیاری حاصل شد، به طوری که آبیاری قطره ای در

نجفی (Najafi, 2006) در مقایسه کارایی مصرف آب گیاهان سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و بادمجان (*Solanum melongena* L.) تحت

گیاهان سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و بادمجان به ترتیب باعث افزایش 182، 102 و 116 درصدی کارایی مصرف آب در مقایسه با آبیاری شیاری شد (جدول 4). همچنین نامبردگان گزارش کرد که کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای در عمق 15 سانتی‌متری خاک در مقایسه با آبیاری قطره‌ای سطحی و همچنین آبیاری قطره‌ای در عمق 30 سانتی‌متری بیشتر بود (Najafi, 2006). بنابراین، در بهبود کارایی مصرف آب باید عمق آبیاری قطره‌ای را نیز به عنوان یک مؤلفه مؤثر مدنظر قرار داد. لم و تروئین (Lamm & Trooien, 2003) بیان داشتند که با مدیریت صحیح آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، نیاز آبیاری ذرت تا 25 درصد کاهش و در نتیجه کارایی مصرف آب افزایش یافت. صادقی پور و فرامرزی (Sadeghipur & Faramarzi, 2008) در بررسی تأثیر روش‌های آبیاری بر میزان کارایی مصرف آب در گیاه لوبیا بیان کردند که با مدیریت مناسب و انتخاب روش آبیاری مناسب می‌توان کارایی مصرف آب را نسبت به روش معمول آبیاری افزایش داد، به‌طوری‌که آبیاری یک در میان تناوبی جوی‌ها و یک در میان ثابت جوی‌ها به ترتیب باعث افزایش 24/4 و 22/7 درصدی در کارایی مصرف آب در مقایسه با آبیاری معمول در گیاه لوبیا شد. افشار و مهرآبادی (Afshar & Mehrabadi, 2008) در مقایسه دو روش آبیاری شیاری و قطره‌ای در گیاه پنبه گزارش کردند که استفاده از آبیاری قطره‌ای باعث افزایش معنی‌داری در کارایی مصرف آب در مقایسه با آبیاری شیاری شد، به‌طوری‌که کارایی مصرف آب در آبیاری شیاری برابر با 0/34 کیلوگرم بر مترمکعب و در آبیاری قطره‌ای برابر 0/52 کیلوگرم بر مترمکعب بود که نسبت به آبیاری شیاری افزایش 53 درصدی در کارایی مصرف آب را در گیاه پنبه شامل شد (جدول 4). افزالی و همکاران (Afzali et al., 2012) نیز بهبود کارایی مصرف آب در تولید گیاه ذرت را تحت تأثیر شیوه آبیاری بیان نموده و گزارش کردند که آبیاری قطره‌ای باعث افزایش 105 درصدی کارایی مصرف آب در مقایسه با آبیاری شیاری می‌شود (جدول 4).

از طرف دیگر بهینه‌سازی و افزایش کارایی مصرف منابع آبی در صورتی مطلوب خواهد بود که در افزایش کارایی مصرف آب، گیاه زراعی به عنوان مسیر اصلی خروج آب از خاک باشد، به عبارتی مدیریت بر کاهش تبخیر و افزایش جریان آب از طریق تعرق متمرکز شود، بنابراین عملیات زراعی که در جهت اصلاح این نوع حرکت آب صورت گیرد از جمله اجزای مهم افزایش کارایی مصرف آب در اکوسیستم‌های زراعی می‌باشد (Gliessman & Rosemeyer, 2001). چنانچه سایر عوامل تولید محدودکننده نباشند، مقدار آب مورد نیاز برای تولید یک واحد ماده خشک از یک محصول زراعی یا وارپته‌ای از آن یا به عبارتی کارایی مصرف آب آن در یک اقلیم معین تقریباً ثابت است، این امر نشان می‌دهد که توجه به کنترل تبخیر از سطح خاک بازده بیشتری خواهد داشت (Nassiri Mahallati et al., 2007). از مهم‌ترین راهکارها برای افزایش کارایی مصرف آب از طریق کاهش تبخیر می‌توان استفاده از خاکپوش‌ها، بقایای گیاهی و همچنین شخم کاهش یافته را بیان کرد که متأسفانه مطالعات و کارهای تحقیقاتی اندکی در این زمینه صورت گرفته است. نورجو و همکاران (Noorju et al., 2010) در بررسی تأثیر خاکپوش بر کارایی مصرف آب در گیاه گوجه‌فرنگی بیان نمودند که استفاده از خاکپوش افزایش 74 درصدی در کارایی مصرف آب را در مقایسه با شرایط عدم استفاده از خاکپوش به همراه داشت، که دلیل این امر را کاهش تبخیر از سطح خاک و کاهش مصرف آب بیان کردند و استفاده از خاکپوش را به عنوان یک راهکار اساسی در استفاده بهینه از منابع آبی و افزایش کارایی مصرف آب عنوان کردند. افزایش کارایی مصرف آب به میزان 30 درصد با استفاده از خاکپوش در مقایسه با تیمار شاهد توسط جلینی (Jolaini, 2011) نیز گزارش شده است. در مطالعه‌ای دیگر استفاده از مالچ پلاستیکی سفید و سیاه به ترتیب باعث بهبود 34 و 25 درصدی در کارایی مصرف آب در تولید گیاه پنبه نسبت به شاهد شد (Afshar et al., 2013). بهبود کارایی مصرف آب در صورت استفاده از شخم حداقل در کشت ذرت در مقایسه با شخم رایج و بدون شخم توسط افزالی و همکاران (Afzali et al., 2012) گزارش شده است که به ترتیب باعث افزایش 10 و 46 درصدی کارایی شده است.

بهبود کارایی مصرف نور

نور خورشید نخستین منبع انرژی در اکوسیستم‌ها می‌باشد. نور از طریق فرآیند فتوسنتز توسط گیاه گرفته شده و انرژی آن به صورت ماده خشک در گیاهان ذخیره می‌شود. میانگین کارایی مصرف نور در برخی محصولات زراعی در شکل 4 نشان داده شده است که بیشترین آن در بین گیاهان مورد مطالعه، مربوط به گیاه ذرت با میانگین 2/6 گرم بر مگاژول و کمترین کارایی مربوط به گیاه کنجد با میانگین 0/96 گرم بر مگاژول بود. بعد از گیاه ذرت، گیاه کلزا از میانگین کارایی مصرف نور بالاتری نسبت به سایر گیاهان مورد بررسی

از طرف دیگر بهینه‌سازی و افزایش کارایی مصرف منابع آبی در صورتی مطلوب خواهد بود که در افزایش کارایی مصرف آب، گیاه زراعی به عنوان مسیر اصلی خروج آب از خاک باشد، به عبارتی مدیریت بر کاهش تبخیر و افزایش جریان آب از طریق تعرق متمرکز شود، بنابراین عملیات زراعی که در جهت اصلاح این نوع حرکت آب صورت گیرد از جمله اجزای مهم افزایش کارایی مصرف آب در اکوسیستم‌های زراعی می‌باشد (Gliessman & Rosemeyer, 2001).

برخوردار بود که دارای کارایی معادل $1/6$ گرم بر مگاژول بود (شکل 4). اختلاف چندانی بین کارایی مصرف نور گیاهان پنبه، سیب‌زمینی، چغندرقد و گندم وجود نداشت و گیاه لوبیا نیز دارای کارایی مصرف نوری برابر 1 گرم بر مگاژول بود که بعد از کنجد، کمترین کارایی مصرف نور را داشت (شکل 4).

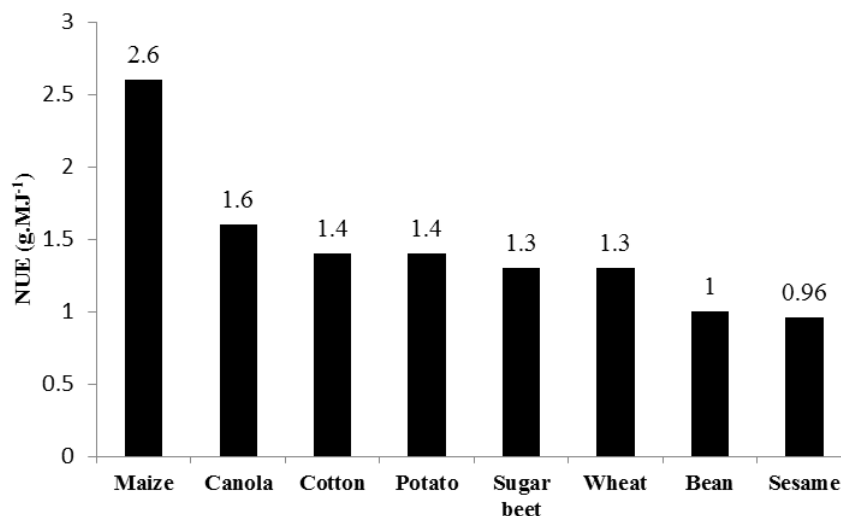
به نظر می‌رسد افزایش کارایی مصرف نور در گیاهان در کشورما که در یک اقلیم گرم و خشک قرار دارد به اندازه افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن اهمیت نداشته باشد، زیرا به طور کلی، در مناطق گرم و خشک نور عامل محدود کننده تولید نیست و در این مناطق عامل مهم برای تولید محصولات معمولاً قابلیت دسترسی به آب است و نه نور. بنابراین، نور عمدتاً در مناطق مرطوب یک عامل محدود کننده محسوب می‌شود و در این مناطق مدیریت برای افزایش و کسب حداکثر بهره‌وری از نور عامل مهمی می‌باشد و در مناطق خشک که نور عامل محدود کننده نیست، مدیریت در جهت استقرار سیستمی است که بتواند نور زیادی را جذب کند. بر همین اساس نیز، معمولاً بیشتر تحقیقات انجام گرفته در زمینه افزایش کارایی مصرف نور در گیاهان، تغییر در تراکم و آرایش کاشت به منظور دریافت حداکثر تشعشعات بوده است. اطلسی و همکاران (Atlasi et al., 2006) به منظور افزایش کارایی مصرف نور در گیاه کلزا، کاهش فاصله ردیف‌های کشت را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که کاهش فاصله ردیف کاشت از 50 سانتی‌متر به 30 سانتی‌متر باعث افزایش 30 درصدی و کاهش فاصله ردیف کاشت به 15 سانتی‌متر باعث افزایش 40/8 درصدی کارایی مصرف نور در مقایسه با ردیف کاشت 50 سانتی‌متری شد. افزایش تراکم چغندرقد از 60 هزار بوته در هکتار به 100 هزار بوته در هکتار باعث افزایش کارایی مصرف نور از $1/36$ گرم بر مگاژول به $1/62$ گرم بر مگاژول شد که بهبود 19 درصدی کارایی مصرف نور را در گیاه چغندر باعث گردید (Sadeghzade et al., 2009). نکته قابل توجه در مدیریت تراکم در راستای بهبود کارایی مصرف نور آن است که افزایش تراکم نباید باعث ایجاد رقابت درون گونه‌ای شدید شود و در نهایت منجر به کاهش کارایی گردد. در بررسی اثر تراکم بر بهبود کارایی مصرف نور در گیاه کلزا گزارش شده است که افزایش تراکم از 60 بوته در متر مربع (کارایی مصرف نور برابر $1/85$ گرم بر مگاژول) تا 80 بوته در متر مربع (کارایی مصرف نور برابر $2/02$ گرم بر مگاژول) باعث بهبود و افزایش کارایی مصرف نور شد. در صورتی که بالا بردن تراکم تا

100 بوته در مترمربع (کارایی مصرف نور برابر $1/63$ گرم بر مگاژول) نه تنها باعث افزایش کارایی نور نشده بلکه باعث کاهش کارایی نیز شده است و بیان کردند که در تراکم 100 بوته در مترمربع رقابت بین گیاهان مجاور مانع از آرایش مناسب برگ‌ها در جامعه گیاهی و جذب مؤثر نور شده و در نتیجه کارایی مصرف نور کاهش یافته است (Atlasi et al., 2006). همان‌طور که اشاره شد، آرایش کاشت نیز می‌تواند در بهبود کارایی مصرف نور به عنوان یک عامل مهم باعث آرایش مناسب برگ‌ها، توزیع بهتر جریان تشعشع در طول کانوپی و در نتیجه جذب مؤثر نور گردد، به‌طوری‌که بهشتی و همکاران (Beheshti et al., 2002) در بررسی تأثیر آرایش کاشت بر جذب و راندمان مصرف نور در کانوپی ذرت به این نتیجه رسیدند که آرایش کاشت مربع نسبت به دو آرایش کاشت لوزی و مستطیل از کارایی مصرف نور بالاتری برخوردار بود. که این سه روش به‌ترتیب دارای کارایی معادل $3/16$ ، $3/1$ و $2/9$ گرم بر مگاژول بودند.

یکی دیگر از عواملی که تأثیر زیادی بر کارایی مصرف نور دارد، میزان نیتروژن موجود در خاک می‌باشد. گزارش شده است که با افزایش غلظت نیتروژن در گیاه به دلیل افزایش میزان فتوسنتز، کارایی مصرف نور در گیاه افزایش می‌یابد (Muurinen & Peltonen-Sainio, 2006). اکمل و جانسون (Akmal & Janssens, 2004) با بررسی سطوح مختلف نیتروژن بر روی نوعی علف چمنی لولیوم (*Lolium multiflorum* L.) گزارش کردند که افزایش نیتروژن باعث افزایش کارایی مصرف نور می‌شود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013a) کارایی مصرف نور در سطوح مختلف نیتروژن را در دو گیاه ذرت و پنبه مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که افزایش میزان مصرف نیتروژن در هر دو گیاه باعث افزایش کارایی مصرف نور می‌گردد، به‌طوری‌که مصرف نیتروژن به مقدار 150 کیلوگرم در هکتار باعث بهبود کارایی مصرف نور به میزان 58 درصد در گیاه ذرت و 69 درصد در گیاه پنبه نسبت به شرایط عدم مصرف نیتروژن شد.

بهبود کارایی علف‌کشاها

علی‌رغم اینکه اصولاً در کشاورزی پایدار بنا نیست از سموم شیمیایی استفاده گردد، ولی چون در گام نخست ورود به کشاورزی پایدار کارایی استفاده از منابع مورد استفاده مطرح است، عملاً بالا بردن کارایی سموم می‌تواند توجیه‌پذیر باشد.



شکل 4- میزان کارایی مصرف نور در برخی گیاهان زراعی
Fig. 4- Radiation use efficiency for various crops

افزودنی دارای سمیت بسیار پایین بوده و در اغلب موارد از مواد تجدیدشونده استخراج می‌شوند (Brausch & Smith, 2007). بنابراین، جایگزینی مقداری از علف‌کش با این گونه مواد از نظر اکولوژیکی امری بسیار پسندیده است. راشد محصل و همکاران (Rashed Mohassel et al., 2012) برای افزایش کارایی علف‌کش شوالیه در کنترل یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) گزارش کرد که استفاده از مویان فریگیت با غلظت 0/1 درصد حجمی باعث افزایش 36 درصدی کارایی علف‌کش شوالیه در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی گردید. استفاده از مویان سیتوگیت با غلظت 0/2 درصد حجمی و همچنین روغن کرچک با غلظت 0/2 درصد حجمی در ترکیب با علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل باعث افزایش کارایی این علف‌کش به ترتیب به میزان 68 درصد و 36 درصد در کنترل علف‌هرز علف - قناری (*Phalaris canariensis* L.) در مقایسه با کاربرد خالص این علف‌کش شد (Kargar et al., 2009).

زمان مصرف به موقع علف‌کش نیز از دیگر راهکارهای مؤثر در افزایش کارایی مصرف علف‌کش می‌باشد که در این زمینه نیز مطالعات جسته گریخته‌ای در کشور صورت گرفته‌است. باغستانی و همکاران (Baghestani et al., 2012) کاربرد علف‌کش سولفوسولفون در مرحله دو و چهار برگی را به‌عنوان راهکاری برای افزایش کارایی این علف‌کش در کنترل گونه‌های مختلف علف‌هرز جو

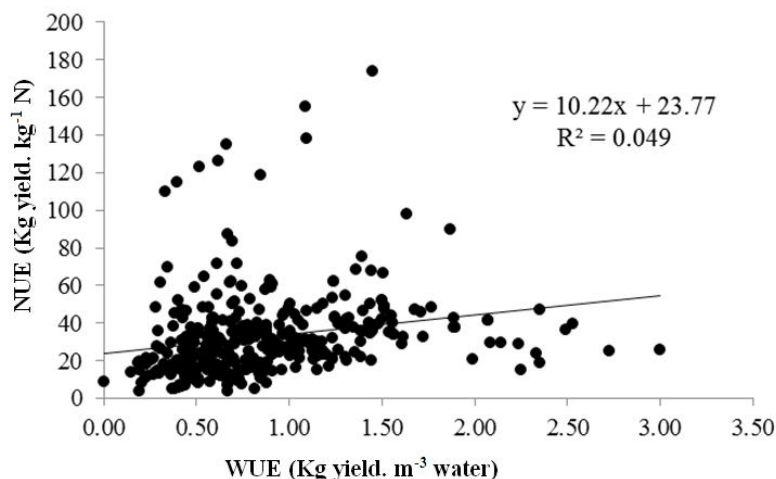
علف‌کش‌ها بیشترین آفت‌کش‌های به کار برده شده در کشاورزی می‌باشند که شامل انواع بسیار متفاوتی از مواد شیمیایی هستند که عملکرد گیاه زراعی را به وسیله کاهش تراکم علف‌های هرز بهبود می‌بخشند. علف‌کش‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های شیمیایی آلوده‌کننده محیط می‌باشند و افزایش بهره‌وری و کارایی آن‌ها در سیستم‌های کشاورزی به عنوان اولین سطح گذار به کشاورزی پایدار امری ضروری می‌باشد (Gliessman & Rosemeyer, 2010). از جمله راهکارهای افزایش مصرف علف‌کش‌ها در سیستم‌های کشاورزی می‌توان به استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته (سمپاش‌های الکترواستاتیک و سمپاش‌های هوشمند)، زمان‌بندی مصرف علف‌کش، تقسیم مصرف و همچنین استفاده از افزودنی‌ها همچون مویان‌ها و روغن‌ها در ترکیب علف‌کش‌ها اشاره کرد (Krogh et al., 2003). متأسفانه در کشورمان مطالعاتی در زمینه استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در راستای کاهش مصرف و افزایش کارایی علف‌کش‌ها صورت نگرفته و بیشتر تحقیقات بر سایر روش‌های بهبود کارایی علف‌کش‌ها متمرکز شده است. در این میان، مواد افزودنی از مهم‌ترین عوامل کاهش میزان مصرف علف‌کش‌ها و افزایش کارایی آن‌ها می‌باشند. مواد افزودنی خواه از طریق افزایش فعالیت علف‌کش‌ها یا از طریق مرتفع کردن تأثیر شرایط نامناسب کاربرد آن‌ها سبب کاهش میزان مصرف علف‌کش‌ها می‌شوند (Penner, 2000). از طرفی، مواد

آیا ارتباطی بین کارایی مصرف منابع وجود دارد یا نه و در صورت وجود رابطه بین این کارایی‌ها می‌توان با مدیریت در راستای بهبود یک کارایی، کارایی منبع و نهاده دیگر را نیز بهبود بخشید، همچنین میزان رابطه بین کارایی‌ها محاسبه شده و میزان کمی بهبود کارایی یک منبع به ازای افزایش یک واحد در کارایی منبع دیگر قابل برآورد خواهد بود. در این تحقیق رابطه‌ای بین کارایی جذب نور با سایر منابع تولید مشاهده نشد. با توجه به شکل 5 رابطه ضعیفی نیز بین کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن مشاهده شد، به‌طوری‌که ضریب تبیین برابر 0/05 بود. به عبارتی دیگر، بهبود کارایی مصرف آب لزوماً باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن نمی‌شود، هر چند رابطه مثبت ضعیفی بین این دو نوع کارایی وجود دارد و شیب آن 10/22 بود. این موضوع بدین مفهوم است که افزایش یک واحد کارایی مصرف آب باعث بهبود کارایی مصرف نیتروژن به میزان 10/22 می‌شود، اما همان‌طور که گفته شد، رابطه قوی بین این کارایی‌ها وجود ندارد.

وحشی (*Hordeum murinum* L.) در مقایسه با زمان مصرف در مرحله 6، 8 و 10 برگی بیان کردند. منصوریان و همکاران (Mansourian et al., 2008) نیز مصرف علف‌کش متری بوزین به صورت پس‌رویشی را باعث افزایش کارایی این علف‌کش در کنترل علف‌های هرز مزرعه گندم در مقایسه با مصرف پیش‌رویشی این علف‌کش گزارش نمودند. بهترین زمان مصرف علف‌کش شوالیه و ایلوکسان+گرانستار در کنترل علف‌های هرز گندم در مرحله سه‌برگی گندم گزارش شد که نسبت به زمان مصرف در مرحله پنجه‌زنی، ساقه رفتن و ظهور سنبله باعث افزایش کارایی این علف‌کش‌ها به ترتیب به میزان 67، 70 و 86 درصد گردید (Ebrahim Pour et al., 2011).

رابطه بین انواع کارایی مصرف منابع

با توجه به نتایج به‌دست آمده برای بهبود کارایی‌ها می‌توان نهایت به وجود و یا عدم وجود ارتباط بین کارایی‌ها پرداخت و اینکه



شکل 5- رابطه بین کارایی مصرف آب و نیتروژن در گیاهان مختلف
Fig. 5- Relation of WUE and NUE in various crops

مطالعات مختلفی در جهت بهبود کارایی مصرف نهاده‌های مختلف، خصوصاً آب و نیتروژن انجام گرفته است. استفاده از کود اوره نسبت به سولفات و نترات آمونیوم از کارایی بالاتری برخوردار است و از طرفی کاربرد کودهای کندرها باعث افزایش بیشتر کارایی استفاده از این نهاده نسبت به فرم رایج اوره می‌شود. همچنین، از آنجایی‌که کود نیتروژن دارای حلالیت بسیار بالایی می‌باشد، هنگامی کود

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج بررسی‌های صورت گرفته در زمینه وضعیت کارایی نهاده‌های مختلف کشاورزی در ایران مشاهده می‌شود که در کلیه گیاهان مورد مطالعه، با افزایش مصرف نهاده‌ها میزان کارایی مصرف هر نهاده کاهش نشان داد، که شیب این کاهش برای محصولات مختلف متفاوت بود. بررسی‌ها نشان داد که در کشور

منظور دریافت تشعشع بیشتر توسط کانوپی می‌باشد. به‌طور کلی، با افزایش کارایی منابع و نهاده‌ها می‌توان از هدر رفت آن‌ها جلوگیری نمود و با افزایش عملکرد و به‌تبع آن مقدار کلی تولید از این منابع به‌صورت بهینه‌ای استفاده کرد و در عمل راه را برای گام دوم و سوم ورود به کشاورزی پایدار هموار نمود.

سپاسگزاری

هزینه این پژوهش از محل پژوهش شماره 1/20739 مورخه 1390/12/2 معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است. از مساعدت‌های معاونت پژوهشی و فناوری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در اجرای این طرح سپاسگزاریم.

نیترژن تقسیم شده و در زمان‌های مختلف رشد گیاه به خاک افزوده می‌شود، از کارایی بیشتری نسبت به استفاده کل کود در زمان کاشت برخوردار بود. علاوه بر این، در مطالعات مختلف محلول‌پاشی کود نیترژن به‌عنوان دیگر راهکار مؤثر در بهبود کارایی استفاده از نیترژن گزارش شده است. برای افزایش کارایی مصرف آب نیز راهکارهای مختلفی از قبیل آبیاری تحت فشار، استفاده از خاکپوش برای کاهش تبخیر و هدر رفت آب و همچنین انواع شخم‌های کاهش یافته در آزمایشات مختلف بیان شده است. آبیاری قطره‌ای به‌عنوان یکی از مؤثرترین راهبردهای افزایش کارایی مصرف آب در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری شناخته شده است. استفاده از خاکپوش نیز به‌دلیل هدایت مسیر خروج آب از طریق گیاه (تعرق) به‌جای تبخیر از سطح خاک باعث بهبود کارایی مصرف آب در بوم‌نظام‌های مختلف کشاورزی می‌شود. راهکارهای ارائه شده برای افزایش کارایی استفاده از نور شامل تغییر الگوی کاشت و همچنین افزایش تراکم گیاهی به-

منابع

- Afshar, H., and Mehrabadi H. 2008. Investigation on yield and yield components of cotton in drip and furrow irrigation methods. *Seed and Plant Improvement Journal* 23: 557-570. (In Persian with English Summary)
- Afshar, H., Sadrghaen, S.H., and Mehrabadi, H.R. 2013. Evaluation of application of plastic mulch on water used and seed cotton yield. *Journal of Water and Soil* 26: 1421-1427. (In Persian with English Summary)
- Afzali Gorouh, H., Asoodar, M.A., and Khodarahmpoor, Z. 2012. Effect of irrigation method and tillage level on water use Efficiency and Corn Grain Yield (*Zea mays* L.) in Kerman. *Journal of Science of Water and Soil* 22: 47-58. (In Persian with English Summary)
- Akmal, M., and Janssens, M.J.J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crops Research* 88: 143-155.
- Aliabasi, H.R., and Esfahani, M. 2007. Effect of level and splitting of nitrogen fertilizer on rate and length of rice seed filling. *Science Journal of Agriculture* 30: 25-28. (In Persian with English Summary)
- Aliabasi, H.R., Kavusi, M., Esfahani, M., and Rabiei, B. 2009. Effect of level and splitting of nitrogen fertilizer on NUE of rice (Khazar cultivar). *Iranian Journal of Crop Science* 40: 1-11. (In Persian with English Summary)
- Anaghohi, A., Kashiri, M., Zeinali, E., and Ezat-Ahmadi, M. 2006. Influence of the amount and time of nitrogen application on yield and yield components in wheat (cv. Zagroos) under rainfed condition. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 13: 7-14. (In Persian with English Summary)
- Asadi, S., Zavareh, M., Shokri Vahed, H., and Shahin Rokhsar, P. 2011. Effect of supplement foliar application of nitrogen and potassium on yield, grain quality and nitrogen utilization efficiency of hybrid rice c.v. Bahar-1. *Electronic Journal of Crop Production* 4: 175-190. (In Persian with English Summary)
- Atlasi, V., Mamghani, R., Meskarbashi, M., and Nabipur, M. 2006. Effect of planting design on radiation use efficiency and dry mater cumulation in canopy of three cultivar of spring canola. *Journal of Science Agriculture* 152: 129-139. (In Persian with English Summary)
- Baghestani, M.A., Zand, E., Lotfifar, A., Atri, A., and Mottaghi, S. 2012. Response of different varieties of wild barley to time and dose of herbicide application. *Journal of Plant Protection* 26: 243-251. (In Persian with English Summary)
- Bahrani, A., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2005. Effects of rate and time of nitrogen fertilizer on yield, yield component, and dry matter remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science*

- 36: 1263-1271. (In Persian with English Summary)
- Bahrani, M.J., and Seyyedi, A. 2005. Effect of plant density and fertilizer application method on grain yield and components yield of maize. *Journal of Science of Agriculture and Natural Resources* 12: 128-135. (In Persian with English Summary)
- Beheshti, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2002. The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. *Seed and Plant Improvement Journal* 18(4) :417-431. (In Persian with English Summary)
- Brausch, J.M., and Smith, P.N. 2007. Toxicity of three polyethoxylated tallowamine surfactant formulations to laboratory and field collected fairy shrimp (*Thamnocephalus platyurus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 52: 17-221.
- Dadnia, M.R., and Khodabande, N. 1998. Maximizing of crop yield with the best revenue of using nitrogen fertilizer and inoculation of seed with bacteria in sustainable agricultural systems in soybean (*Glycine max* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 2: 33-41. (In Persian with English Summary)
- Ebrahim Pour, F., Mousavi, S.H., Moshattati, A., and Mousavian, S.N. 2011. Effects of application time of Chevalier herbicide and mixture of Illoxan with Granstar on wheat and weed in Ahwaz. *Electronic Journal of Crop Production* 4: 31-41. (In Persian with English Summary)
- FAO. 2009. Agriculture production; <http://faostat.fao.org/faostat>. (Visited 16 May 2013)
- Gliessman, S.R., and Rosemeyer, M. 2010. *The Conversion to Sustainable Agriculture. Principle, Processes and Practice*. CRC Press. Taylor and Francis.
- Jami Moeini, M., Modarres Sanavy, A.M., Keshavarz, P., Sorooshzadeh, A., and Ganjeali, A. 2009. Influence of nitrogen rate and split application method on tuber yield and some quantitative characteristics of different potato cultivars. *Journal of Horticultural Science* 23: 46-56. (In Persian with English Summary)
- Jolaini, M. 2011. Investigation the effect of different water and plastic mulch levels on yield and water use efficiency of tomato in surface and subsurface drip irrigation method. *Journal of Water and Soil* 25: 1025- 1033. (In Persian with English Summary)
- Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.M. 2008. *Principle of Sustainable Agriculture*. Jihad Daneshgahi of Mashhad press, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Kargar, M., Rashed Mohassel, M.H., Nezami, A., and Izadi, E. 2009. Optimizing the performance of clodinafop-propargil by sitogate surfactant and castor oil on control little seed canary grass. 4thConference of Iranian Weed Science p.826-829. (In Persian with English Summary)
- Kashfi, S.M.H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 11-20. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A. 1998. Sustainable agriculture, knowledge or method? *Agricultural Economic and Development* 20: 53-72. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2013a. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research* In Press. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansoori, H. 2013b. Strategies of transition to sustainable agriculture in Iran II- Inputs replacement and designing agroecosystem. *Agroecology Journal*. In Press. (In Persian with English Summary)
- Krogh, K.A., Halling-Sorensen, B., Mogensen, B.B., and Vejrup, K.V. 2003. Environmental properties and effects of nonionic surfactant adjuvants in pesticides: A review. *Chemosphere* 50: 871-901.
- Lamm, F.R., and Trooien, T.P. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production. A review of 10 years of research in Kansas. *Irrigation Science* 22: 195-200.
- Malakuti, M.J., Baba-Akbari, M., and Nezami, S. 2009. Effect of different resources of fertilizer on yield, nitrogen use and recovery efficiency of wheat. *Journal of Science of Water and Soil* 49: 129-139. (In Persian with English Summary)
- Mansourian, S., Alizadeh, H., and Zand, E. 2008. Effect of dose and application time of Metribuzin on grain yield of different wheat varieties. *Journal of Weed Science* 4: 65-74. (In Persian with English Summary)
- Mirlohi, A.F., Haj-Abbasi, M.A., Razavi, J., and Ghanaati, A. 2001. Assessing response of different cultivar of maize to

- conventional and no-tillage in Esfahan. Journal of Science of Water and Soil 5: 117-125. (In Persian with English Summary)
- Mirlohi, A.F., Mohammadi, R., Razavi, S.J., Majidi, M.M., and Nourbakhsh, F. 2009. Effect of organic fertilizers and split application of nitrogen on yield and yield components of rice. Journal of Plant Production 16: 29-43. (In Persian with English Summary)
- Mirshekari, B., Darbandi, S., and Ejlali, L. 2007. Effect of irrigation intervals, nitrogen rate and nitrogen splitting on essence of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 9 (2):142-156. (In Persian with English Summary)
- Mobasser, H.R., Bahadori, M., and Eftekhari, A. 2007. Effects of planting date, nitrogen splitting and rhizobium bacteria on yield and yield component of soybean in Neka. Iranian Journal of Agricultural Science 4: 243-255. (In Persian with English Summary)
- Musazade, M., and Baradaran, R. 2011. Study of effect of density and time of foliar application of nitrogen on oil and essence yield of *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Field Crops Research 9: 422-427. (In Persian with English Summary)
- Mustafavi-rad, M., Mahmoodi, V.R., and Tahmasbi, Z. 2007. The effect of nitrogen fertilizer form on dry matter remobilization, yield and some of agronomic traits of three wheat cultivars. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 13: 1-8. (In Persian with English Summary)
- Muurinen, S., and Peltonen-Sainio, P. 2006. Radiation-use efficiency of modern and old spring cereal cultivars and its response to nitrogen in northern growing conditions. Field Crops Research 96: 363-373.
- Najafi, P. 2006. Effect of using sub-surface drip irrigation to increasing WUE in irrigation of some crops. Pajouhesh and Sazandegi 73: 156-162. (In Persian with English Summary)
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani, P., and Beheshti, A.R. 2007. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 459 p. (In Persian)
- Noorju, A., Hanare, M., and Hatami, S. 2010. Effect of black poly ethylene cover and planting design on yield and WUE of tomato. Iranian Journal of Irrigation and Draining 2: 242-250. (In Persian with English Summary)
- Nurgholi-Pur, F., Bagheri, Y., and Elahi, M.L. 2008. Effect of different resources of N fertilizer on yield and quality of wheat. Journal of Research in Agricultural Science 4: 120-129. (In Persian with English Summary)
- Penner, D. 2000. Activator adjuvants. Weed Technology 14: 785-791.
- Rashed Mohassel, M.H., Aliverdi, A., and Rahimi, S. 2011. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop- p-ethyl with adjuvants to control wild oat. Industrial Crops and Products 34(3): 1583-1587.
- Sadeghipur, A., and Faramarzi, A. 2008. Effect of alternative irrigation on seed yield and water use efficiency of bean cultivars. Journal of Modern Science of Agriculture 10: 73-74. (In Persian with English Summary)
- Sadeghzade, S., Taleghani, D., Kashani, A., Siadat, S., and Noormohamadi, G. 2009. Effect of sowing date, planting density and cultivar on solar radiation interception indices in sugar beet I. Radiation interception and extinction coefficient. Sugarbeet Journal 25: 53-69. (In Persian with English Summary)
- Salahi-Farahi, M., and Faraji, A. 2010. Effect of foliar application nitrogen and different irrigation levels on yield of canola (Option 500 cultivar) in Golestan. Journal of Soil Research 134: 124-127. (In Persian with English Summary)
- Soleimani, R. 2008. Effect of rate and time of nitrogen application on grain yield and its components in spring safflower (*Carthamus tinctorious* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 10(1): 47-59. (In Persian with English Summary)
- Taherkhani, M., Golchin, A., and Noormohammadi, G. 2005. The effects of different rates of sulfur coated urea and other nitrogen fertilizer sources on seed yield and quality of winter rapeseed. Journal of Agricultural Science 5: 179-191. (In Persian with English Summary)
- Tusi, P., Esfahani, M., Rabiei, M., and Rabiei, B. 2012. Effect of level and time of foliar application of N on seed yield and NUE of canola as secondary planting. Iranian Journal of Crop Science 42: 387-396. (In Persian with English Summary)
- Ziaieian, A.H., and Keshavarz, P. 2010. Increasing of NUE in potato by slow losses N fertilizers. Journal of Soil Researches 24: 107-115. (In Persian with English Summary)



Strategies of Transition to Sustainable Agriculture in Iran I- Improving Resources Use Efficiency

A. Koocheki^{1*}, M. Nassiri Mahallati¹, R. Moradi² and H. Mansoori³

Submitted: 19-10-2013

Accepted: 12-12-2014

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansoori, H. 2017. Strategies of transition to sustainable agriculture in Iran. I- Improving resources use efficiency. Journal of Agroecology 9(3): 678-637.

Introduction

Fast switch to sustainable agriculture patterns is not impossible for many farmers. However to achieve perfect sustainable in agro-ecosystems which are friendly with environment, changing conventional to sustainable agriculture should be carried slowly. For this purpose, three effective steps were mentioned: first level is increasing of inputs efficiency such as fertilizer and chemical pesticides which used in conventional agriculture now. Second level is related to changing inputs by friendly environmental inputs as alternative inputs and the final level is redesigning of the agro-ecosystems that its function is based on series of ecological process. On the other hand, achieving sustainable agriculture requires higher efficiency of inputs and many process should be replaced by friendly environmental inputs with chemical inputs and new system is designed based on ecological principles. The objective of this study was to offer approaches for improving inputs use efficiency as first step to transition from conventional to sustainable agriculture.

Material and Methods

In order to evaluate the transition status from conventional to sustainable agriculture in agro-ecosystems of Iran, scientific resource and researches that was performed about increasing of inputs efficiency as first step to transition from conventional to sustainable agriculture was studied. For this purpose, 177 studies that had been performed about using different inputs and its efficiency in various crops were assessed. Applied inputs included water, nitrogen and herbicides and studied plants included cereals (wheat, barley, rice, maize and sorghum), beans (bean, pea and lentil), oil crops (canola, sunflower, safflower and sesame), medicinal plants, potato, sugar beet and cotton. In this study, average and range of inputs use efficiency in different crops and also the relationship between increasing of inputs application with their use efficiency was assessed. In the next part of the study, the potential of increasing resource use efficiency without increase in inputs was evaluated. Management approaches was considered as main factor to increase in resource use efficiency without increasing of inputs.

Results and Discussion

Many studies have shown that the range of resource use efficiency for various crops is different in Iran. Nitrogen use efficiency for fine-grain cereals ranged from 4.76 to 83 and for coarse-grain cereals was 3.6-94 by 37 and 44 as average, respectively. The higher mean resource use efficiency in coarse-grain cereal in comparison to fine-grain cereal was due to higher yield of coarse-grain cereal. On the other hand, a coarse-grain cereal use lower nitrogen to produce one kilogram grain than fine-grain cereal. Potato has the highest nitrogen use efficiency by 190 as average and 22-510 as its ranging among other crops. Medicinal plants had the lowest mean of nitrogen use efficiency. The results of the investigations illustrated that there was a negative relation between increasing of nitrogen amount and its use efficiency in fine-grain cereal by 0.65 as determination coefficient. The

1, 2 and 3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Former PhD student of Crop Ecology (Assistance Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman) and Former PhD student of Crop Ecology (Assistance Professor, Sugar Beet Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan), Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.27137

trend of water use efficiency showed that increasing of extra water had adverse effect on its use efficiency in all crops. Reduction slope of water use efficiency by applied water amount in various crops was different and the highest decreasing was for potato as -10.6 and the lowest decreasing was -0.27 for sugar beet. Water use efficiency for oil crops was reported from 15-111 kg per cm water. Some solutions was reported to improve nitrogen use efficiency such as type of fertilizer source, split of nitrogen application and foliar application, also changing common irrigation to pressurized irrigation methods, applying mulches and reduced tillage to also improve of water use efficiency. To improve other inputs use efficiency especially herbicides, using advanced technologies, splitting application time and mixed them with additives such as adjuvant and oils was suggested. According to the findings of this study, the positive relation was observed between water and nitrogen use efficiency with 0.049 determination coefficient, whereas it was not observed the clear correlation between other inputs.

Conclusion

In general, it is necessary to adopt transferring these findings and solutions to farmers in Iran.

Keywords: Adjuvant, Ecological, Mulch, Planting Pattern, Productivity, Split



اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر جمعیت و تنوع علف‌های هرز در مزرعه اسفناج (*Spinacia oleraceae* L.)

سرور خرم دل^{۱*}، رضا قربانی^۲، قربانعلی اسدی^۱ و روح اله آفریکان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۳۰

خرم دل، س.، قربانی، ر.، اسدی، ق. ع. و آفریکان، ر. ۱۳۹۶. اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر جمعیت و تنوع علف‌های هرز در مزرعه اسفناج (*Spinacia oleraceae* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۶۳۸-۶۵۱.

چکیده

به منظور ارزیابی اثر روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز بر جمعیت، تراکم، وزن خشک و شاخص تنوع شانون-وینر علف‌های هرز در مزرعه اسفناج (*Spinacia oleraceae* L.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل آفتاب‌دهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره و شفاف، بقایای سه گونه گیاهی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و سیر (*Allium sativum* L.)، وجین دستی و شاهد (بدون کنترل علف‌های هرز) بودند. صفحات پلی‌اتیلن دو ماه قبل از کاشت اسفناج پس از آبیاری زمین در حد ظرفیت زراعی روی سطح خاک کشیده شدند. بعد از آماده‌سازی زمین، ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار از بقایای هر گونه گیاهی به خاک اضافه شد. وجین دستی علف‌های هرز طی دو نوبت در اواخر پاییز و اواخر زمستان قبل از بسته شدن کانونی اسفناج انجام شد. نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز طی سه مرحله زمان کاشت، اول اسفند ماه و قبل از برداشت اسفناج انجام گردید. صفات مورد مطالعه شامل تراکم نسبی، تراکم و وزن خشک و شاخص تنوع شانون-وینر علف‌های هرز بودند. نتایج نشان داد که طی سه نوبت نمونه‌برداری ۲۳ گونه علف هرز در مزرعه اسفناج مشاهده شد که شب‌بوئیان غالب‌ترین تیره بودند. در مرحله اول، دوم و سوم کمترین تعداد گونه علف‌هرز در تیمار آفتاب‌دهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره با دو گونه به‌دست آمد. اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر تراکم، وزن خشک و شاخص تنوع شانون-وینر علف‌های هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری کمترین تراکم علف‌های هرز در تیمار آفتاب‌دهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره (به‌ترتیب با ۸/۳، ۵/۶ و ۱۶/۷ گونه بر مترمربع) و بیشترین تراکم برای شاهد (به‌ترتیب با ۹۴/۴، ۶۳/۹ و ۱۱۶/۷ گونه بر مترمربع) مشاهده شد. همچنین اگرچه مصرف بقایای گیاهی تراکم و وزن خشک علف‌های هرز را نسبت به شاهد کاهش داد، ولی این کاهش برای بقایای جو بیش از سایر بقایای گیاهی بود. بالاترین شاخص تنوع شانون-وینر علف‌های هرز در مرحله اول، دوم و سوم برای شاهد به‌ترتیب با ۰/۷۶ و ۰/۷ و کمترین میزان در تیمار صفحات پلی‌اتیلن تیره به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آفتاب‌دهی، بقایای گیاهی، شاخص تنوع شانون-وینر، وجین دستی

مقدمه

زمینه مدیریت علف‌های هرز، برای سلامت انسان و محیط زیست نیز مشکل‌آفرین شده است. علاوه بر این، افزایش هزینه‌ها، کاهش دسترسی به علف‌کش‌های جدید و مقاومت علف‌های هرز نسبت به علف‌کش‌های شیمیایی، کاهش پایداری بوم‌نظام‌های رایج را به دنبال داشته است (Conley et al., 2001). بدین ترتیب، اگرچه علف‌های هرز به عنوان جزء جدایی‌ناپذیر بوم‌نظام‌های زراعی مطرح می‌باشند، ولی این گونه‌های ناخواسته از جمله مهمترین عوامل کاهش‌دهنده محصولات کشاورزی نیز محسوب می‌شوند. به همین دلیل، امروزه

توسعه بوم‌نظام‌های زراعی فشرده همراه با افزایش مصرف انرژی برای کنترل علف‌های هرز، عمدتاً بر مصرف علف‌کش‌های شیمیایی تأکید دارند. مصرف بی‌رویه این سموم علاوه بر ایجاد مشکلاتی در

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار، استاد و کارشناس ارشد علف‌های هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: khorramdel@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI:10.22067/jag.v9i3.29239

(Duppong et al., 2004). نتایج مطالعه فریرا و رینهارد (Ferreira & Reinhard, 2010) مؤید این مطلب است که پخش کردن بقایای گیاهی بر سطح خاک با کاهش نوسانات درجه حرارت و جلوگیری از نفوذ نور، موجب جلوگیری از جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز گردید. نتایج برخی بررسی‌ها نیز نشان داده است که کاربرد این مواد از طریق خاصیت دگرآسیبی نیز می‌تواند کاهش علف‌های هرز را موجب گردد (Machado, 2007; Dhima et al., 2005). وجود مالچ بر سطح خاک می‌تواند با ایجاد لایه خفه‌کننده و در نتیجه کاهش میزان نور رسیده به سطح زمین، رشد علف‌های هرز را کاهش دهد (Ataure Rahman et al., 2005). همچنین، وجود بقایای گیاهی می‌تواند از طریق تولید ترکیبات آللوپاتیک و برخی مواد سمی توسط میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده و تغییر اسیدیته خاک، علف‌های هرز را کنترل کند (Kember, 1973; Elliot et al., 1978). اشرفی و همکاران (Ashrafi et al., 2009) اظهار نمودند که بقایای جو (*Hordeum vulgare* L.) بر سطح خاک به دلیل دارا بودن مواد شیمیایی قابل حل مانع جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز گردد. گیسون و همکاران (Gibson et al., 1990) و ماسیاس و ریج (Macias & Ridge, 1999) گزارش نمودند که بقایای گیاهی ارقام مختلف جو حاوی چندین نوع فنول و ترپن است که موجب ممانعت از رشد علف‌های هرز شد. البته نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک اثر بیشتری بر کاهش خصوصیات جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز یک‌ساله در مقایسه با گونه‌های هرز چندساله دارد (Blackshaw et al., 2001). نوع بقایای گیاهی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز نیز تأثیر می‌گذارد. پیوتنام و دیفرانک (Putnam & Defrank, 1983) بیان داشتند تراکم و وزن خشک گونه‌های هرز در شرایط کاربرد بقایای سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، جو، یولاف (*Avena sativa* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و چاودار (*Secale cereale* L.) کاهش یافت و بیشترین میزان کاهش برای جو مشاهده شد. بدین ترتیب، مشخص است که کاربرد بقایای گیاهی نیز می‌تواند به عنوان دیگر راهکاری پایدار در مدیریت علف‌های هرز مدنظر قرار گیرد.

اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) سبزی برگ‌ی یک‌ساله از تیره چغندریان^۲ است که غنی از ویتامین‌های مختلف شامل A، B₁، B₂ و C و عناصر معدنی مختلفی از جمله آهن، کلسیم و منیزیم می‌باشد

توسعه استفاده از روش‌های غیرشیمیایی و سازگار با محیط زیست برای کنترل علف‌های هرز رو به گسترش است. از جمله این روش‌های اکولوژیک می‌توان به آفتابدهی و مالچ بقایای گیاهی اشاره نمود. آفتابدهی روشی پیش کاشت، غیرشیمیایی و سازگار با محیط زیست است که برای کنترل عوامل بیماری‌زای خاکری و علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Johnson et al., 2007). متداول‌ترین ماده مورد استفاده برای آفتابدهی، صفحات پلی‌اتیلن شفاف و تیره است. اثر اصلی صفحات پلی‌اتیلن تیره که اغلب به عنوان مالچ استفاده می‌شوند، کاهش رشد آفات و علف‌های هرز ذکر شده است (Johnson et al., 2007; Marenco & Lustosa, 2000). به‌کارگیری این روش، در نظام‌های کشاورزی ارگانیک برای کنترل آفات و علف‌های هرز به میزان زیادی مورد توجه می‌باشد (Johnson et al., 2007). نتایج بررسی‌های آربوپلیا (Arbopleya, 2009) نشان داد که استفاده از خاکورزی موجب کنترل آفات، بیماری‌های گیاهی و نامتدهای بیماری‌زا گردید. جانسون و همکاران (Johnson et al., 2007) نیز اظهار داشتند که با استفاده از این راهکار، علف‌های هرز یک‌ساله به‌طور مؤثری کنترل می‌شوند، درحالی‌که کنترل علف‌های هرز چندساله بسته به نوع گونه متفاوت می‌باشد. مورنکو و لیوستوسا (Marenco & Lustosa, 2000) مشاهده کردند که وزن خشک علف‌های هرز از ۱۱/۹ گرم بر مترمربع در شاهد به ۰/۸۹ گرم در مترمربع در کرت‌های با نه هفته آفتابدهی کاهش یافت. کاندیدو و همکاران (Candido et al., 2006) بر این عقیده‌اند که شرایط محیطی ایجاد شده در زیر صفحات پلی‌اتیلن از جمله درجه حرارت و رطوبت، مانع جوانه‌زنی بذر گونه‌های هرز می‌گردد. لذا این محققین این روش را به عنوان راهکاری پایدار در زمینه مدیریت علف‌های هرز به ویژه گونه‌هایی که با روش جنسی تکثیر می‌یابند، معرفی نمودند. بدین ترتیب، می‌توان این روش را در راستای کاهش مصرف سموم شیمیایی به عنوان راهکاری اکولوژیک سازگار با محیط زیست برای کنترل علف‌های هرز مدنظر قرار داد.

امروزه کاربرد بقایای گیاهی (مالچ^۱) اهمیت زیادی در توسعه نظام‌های کشاورزی پایدار دارد. بقایای گیاهی علاوه بر تأثیری که روی بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند، می‌توانند بر جوانه‌زنی، استقرار و رشد علف‌های مؤثر بوده و در نتیجه توانایی رقابتی آن‌ها را در مقابل گیاهان زراعی تحت تأثیر قرار دهند

(Ramachandran et al., 2005). جوانمردی (Javanmardi, 2010) اظهار داشت اگرچه این گیاه دارای کانویی گسترده بر سطح زمین است که این امر می‌تواند منجر به بهبود قدرت رقابت آن در مقابله با علف‌های هرز گردد، ولی از آنجا که رشد اولیه آن نسبتاً کند است؛ لذا کنترل علف‌های هرز از جمله محدودیت‌های اساسی تولید پایدار آن محسوب می‌گردد. بدین ترتیب، از آنجا که رشد اولیه اسفناج نسبتاً کند بوده و این امر فرصت حضور علف‌های هرز را افزایش می‌دهد که در نتیجه کاهش رشد و عملکرد آن‌ها را به دنبال دارد و همچنین با توجه به تأثیر منفی علف‌کش‌های شیمیایی بر کیفیت این سبزی ارزشمند برگی، ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز در این گیاه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز بر خصوصیات فلور و جمعیت علف‌های هرز در مزرعه اسفناج در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر روش‌های مدیریت علف‌های هرز بر جمعیت، تراکم، وزن خشک و شاخص تنوع شانون-وینر علف‌های هرز، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره و شفاف، بقایای سه گونه گیاهی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و سیر (*Allium sativum* L.)، و جین دستی و شاهد (بدون کنترل علف‌های هرز) بودند. قبل از اجرای آزمایش نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی-متر خاک جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Results of soil physical and chemical

بافت Texture	میزان (درصد) Content (%)			میزان (میلی‌گرم در کیلوگرم) Content (mg.kg ⁻¹)		نیتروژن کل Total nitrogen	کربن آلی (%) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
	سیلت Silt	رس Clay	شن Sand	پتاسیم قابل دسترس Available K	فسفر قابل دسترس Available P				
سیلتی-لوم Silty-loam	49	25	27	314.57	3.65	532	0.23	7.32	1.83

طی دو نوبت در اواخر پاییز و اواخر زمستان قبل از بسته شدن کانویی انجام شد.

به منظور ارزیابی ترکیب و تراکم گونه‌های مختلف علف هرز، نمونه‌برداری در سه مرحله همزمان با کاشت اسفناج، اول اسفند ماه (همزمان با مرحله بسته شدن کانویی گیاهی) و قبل از برداشت (۲۲ فروردین ماه) با استفاده از کوادرات‌هایی به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی (سه نمونه در هر کرت) انجام شد. سپس علف‌های هرز به تفکیک گونه شناسایی و شمارش و به منظور تعیین وزن خشک پس از قرار گرفتن در آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد توزین شدند.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C تجزیه و تحلیل

به منظور اعمال تیمارهای آفتابدهی، در نیمه دوم شهریورماه پس از انجام عملیات آماده‌سازی بستر کاشت، زمین در حد ظرفیت زراعی آبیاری و سپس صفحات پلی‌اتیلن روی سطح خاک کشیده شدند. در این زمان همچنین، در تیمارهای بقایای گیاهی ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار از بقایای هر نوع گیاه به زمین اضافه و با لایه ۰-۳۰ سانتی-متری خاک مخلوط شد. به منظور یکسان بودن تیمارها، در این زمان کلیه کرت‌ها به طور همزمان و یکسان آبیاری شدند. صفحات پلی-اتیلن در نیمه دوم آبان ماه جمع‌آوری و عملیات کاشت دستی اسفناج روی چهار ردیف به فاصله ۰/۵ متر و به طول ۲/۵ متر انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۱۴ روز یک‌بار در طول فصل رشد انجام شد. عملیات وجین دستی

شدند. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)^۱ در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها نرم‌افزار Excel رسم شدند.

قابل ذکر است که نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز بر بانک بذر علف‌های هرز و خصوصیات رشد و عملکرد اسفناج در مقاله جداگانه‌ای ارائه شده است (Ghorbani et al., 2013).

نتایج و بحث

طی سه نوبت نمونه‌برداری ۲۴ گونه علف هرز در مزرعه اسفناج مشاهده شد که شامل تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، تاج‌خروس خوابیده (*A. blitoides* S.Wats.)، تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.)، خاکشیر ایرانی (*Sisymbrium sophia* L.)، خردل آبی (*Sinapis arvensis* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، دانارک (*Euclidium syriacum* L.)، زبان در قفا (*Delphinium consolida* Freyn.)، سلمه‌تره (*Fumaria officinalis* L.)، شاه‌تره (*Chenopodium album* L.)، قدومه (*Alyssum homalocarpum* Fisch. & Mey.)، کیسه‌کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، گندمک (*Stellaria media* L.) و هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.) جزو علف‌های هرز یکساله دولپه، ازملک (*Cardaria draba* L.)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، تلخه (*Acroptilon repens* L.)، کنگر صحرایی (*Cirsium arvense* L.)، شیرتیغی (*Sonchus arvensis* L.) و گل‌گندم (*Centaurea cyanus* L.) جزو علف‌های هرز چندساله دولپه، دمروباهی زرد (*Setaria glauca* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و علف خرچنگ (*Digitaria sanguinalis* L.) جزو علف‌های هرز یکساله تک‌لپه و اویار سلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.) جزو علف‌های هرز چندساله تک‌لپه بودند (جدول ۲).

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود این علف‌های هرز از ۱۱ خانواده آلاله^۲، پیچکیان^۳، تاج‌خروس^۴، چغندریان^۵، خرفه^۶، شاه‌تره-

ثیان^۷، شب‌بوئیان^۸، کاسنی^۹، گندمیان^{۱۰}، میخک^{۱۱} و هفت‌بند^{۱۲} بودند که در این میان، تیره شب‌بوئیان با شش گونه غالب‌ترین تیره علف‌های هرز بودند. در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری، تلخه، پیچک صحرایی و تاج‌خروس ایستاده با دامنه تراکم نسبی به‌ترتیب با ۶۶/۶۷-۱۱/۱۱، ۵۷/۱۴-۷/۱۴ و ۶۶/۶۷-۱۹/۰۵ درصد بیشترین تراکم نسبی را در بین گونه‌های مختلف علف هرز مشاهده شده به خود اختصاص دادند. کمترین دامنه تراکم نسبی در مرحله اول و دوم نمونه‌برداری به‌ترتیب با ۳۷/۵۰-۳/۳۳ و ۴/۳۵-۰ درصد مربوط به شیرتیغی و گندمک بود. در مرحله سوم نمونه‌برداری نیز کمترین دامنه تراکم نسبی برای پیچک صحرایی و دم‌روباهی با ۲/۳۸-۰ درصد اختصاص داشت (جدول ۲).

کمترین تعداد گونه علف هرز در مرحله اول و سوم نمونه‌برداری در تیمار آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره با دو گونه به‌دست آمد. در مرحله دوم نیز کمترین تعداد گونه علف هرز مشاهده شده به تیمارهای آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره و شفاف با دو گونه علف هرز اختصاص داشت. از طرف دیگر، بیشترین تعداد گونه علف هرز به‌ترتیب با ۷، ۹ و ۱۴ گونه در شاهد مشاهده شد. میزان این کاهش برای بقایای سیر به‌ترتیب با ۳۶، ۲۵ و ۲۴ درصد در مقایسه با شاهد بود. میزان کاهش تعداد گونه علف‌هرز در تیمار آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره و روشن و وجین دستی در مقایسه با شاهد در مرحله اول نمونه‌برداری به‌ترتیب با ۷۹، ۶۴ و ۷ درصد، در مرحله دوم به-ترتیب با ۸۳، ۷۵ و ۶۷ درصد و در مرحله سوم به‌ترتیب با ۸۲، ۷۱ و ۷۱ درصد بود. تیمار بقایای جو تعداد گونه علف‌هرز را ۵۰، ۵۹ و ۵۳ درصد نسبت به شاهد به‌ترتیب در مرحله‌های اول، دوم و سوم نمونه-برداری کاهش داد. مصرف بقایای آفتابگردان موجب کاهش به‌ترتیب با ۴۳، ۴۲ و ۳۵ درصدی تعداد گونه علف‌هرز در مقایسه با شاهد برای مراحل اول، دوم و سوم نمونه‌برداری شد. همچنین، در بین مراحل نمونه‌برداری بیشترین تعداد علف هرز با ۱۵ گونه در مرحله سوم نمونه‌برداری مشاهده شد (جدول ۳).

- 6- Portulacaceae
- 7- Fumariaceae
- 8- Brassicaceae
- 9- Asteraceae
- 10- Poaceae
- 11- Caryophyllaceae
- 12- Polygonaceae

- 1- Least Significant Difference
- 2- Ranunculaceae
- 3- Convolvulaceae
- 4- Amaranthaceae
- 5- Chenopodiaceae

جدول ۲- اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر تراکم نسبی گونه‌های علف هرز سه مرحله نمونه‌برداری در مزرعه اسفناج
Table 2- The effect of non-chemical weed management on weed relative frequency at three sampling dates in spinach field

مرحله نمونه‌برداری Sampling stage	نام گونه Species name	تیره Family	سیکل زندگی Life cycle	بقایای جو Barley residues	بقایای آفتابگردان Sunflower residues	بقایای سیب Garlic residues	پلاستیک شفاف Transparent sheet	دستین دستی Hand weeding	شاهد Control
پای First	آزبک Hoary cress	Brassicaceae	PB*	33.33	12.50	22.22	25.00	20.00	17.65
	لنجه Russian knapweed	Asteraceae	PB	16.67	25.00	11.11	25.00	16.67	20.59
	کنگ سحراری Canada thistle	Asteraceae	PB	16.67	5.25	16.67	-	16.67	11.76
	خاکستر آبی Flaxweed	Brassicaceae	AB	-	-	22.22	-	23.33	17.65
	زبان در هوا Delphinium	Ranunculaceae	AB	-	6.25	-	-	-	8.82
	سیرنچی Field milk-thistle	Asteraceae	PB	25.00	37.50	11.11	-	3.33	5.88
	گل کیم Corn flower	Asteraceae	PB	8.33	12.50	16.67	50.00	20.00	17.65
	پودک سحراری Field bindweed	Convolvulaceae	PB	11.11	7.14	-	40.00	57.14	8.70
	خاکستر آبی Flaxweed	Brassicaceae	AB	-	14.29	6.25	-	-	21.74
	خردل آبی Charlock	Brassicaceae	AB	44.44	21.43	18.75	-	-	21.74
دوم Second	سوروف Barryard grass	Poaceae	AG	-	28.75	31.25	60.00	28.57	13.04
	خردل آبی Charlock	Fumariaceae	AB	-	-	12.50	-	-	8.70
	فامیلی Alyssum	Brassicaceae	AB	-	-	-	-	-	8.70
	قزونه Shepherd's-purse	Brassicaceae	AB	22.22	21.43	25.00	50.00	14.29	4.35
	کشمک Common chickweed	Caryophyllaceae	AB	-	-	-	-	-	4.35
	هفت بند Common knotgrass	Polygonaceae	AB	22.22	7.14	6.25	-	-	8.70
	آبلیمو سلاخ ارغوانی Nut grass	Poaceae	PG	21.43	9.00	3.85	-	-	4.76
	پودک سحراری Field bindweed	Convolvulaceae	PB	-	-	-	-	-	2.38
	تاج خروسی، زیننه قورمز Common amaranth	Amaranthaceae	AB	21.43	36.36	23.08	50.00	50.00	19.05
	تاج خروسی خولیده Prostrate amaranth	Amaranthaceae	AB	-	9.09	19.23	25.00	20.00	14.29
سوم Third	تاج خروسی سه Black nightshade	Solanaceae	AB	14.29	4.55	7.69	25.00	-	2.38
	خردل آبی Charlock	Brassicaceae	AB	-	-	-	-	-	2.38
	فازگ Syrian mustard	Brassicaceae	AB	-	-	-	-	-	9.52
	دم ریاهی Blackgrass	Poaceae	AG	21.43	9.09	3.85	-	10.00	4.76
	سلفه‌تاره Common lambquarters	Chenopodiaceae	AB	-	-	-	-	-	2.38
	سوروف Barryard grass	Poaceae	AG	21.43	18.18	11.54	-	20.00	9.52
	خولیده Common purslane	Portulacaceae	AB	-	-	15.38	-	-	9.52
	علف خروچک Abyssinian finger grass	Poaceae	AG	-	13.64	15.38	-	-	-
	قزونه Alyssum	Brassicaceae	AB	-	-	-	-	-	4.76
	کشمک Shepherd's-purse	Brassicaceae	AB	-	-	-	-	-	4.76
	هفت بند Common knotgrass	Polygonaceae	AB	-	-	-	-	-	11.80

* AB: annual broad leaves, PB: perennial broad leaves, AG: annual grasses and PG: perennial grasses.

به نظر می‌رسد که شرایط محیطی ایجاد شده در زیر صفحات پلی‌اتیلن شفاف و تیره تحت تأثیر آفتابدهی به میزان زیادی بر خصوصیات مختلف خاک به‌ویژه درجه حرارت و محتوی رطوبتی مؤثر بوده که این امر از طریق کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز، کاهش تراکم نسبی آن‌ها را موجب شده است (Candido et al., 2006)، البته میزان این تأثیر برای آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره به مراتب بالاتر از صفحات شفاف بود. گیول و همکاران (Gul et al., 2013) نیز با بررسی اثرات آفتابدهی بر کنترل علف‌های هرز، تأثیر صفحات پلی‌اتیلن تیره را به مراتب بالاتر از صفحات شفاف گزارش نمودند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که در تیمارهای آفتابدهی جمعیت علف‌های هرز گونه‌های دولپه بود؛ به‌طوری‌که آفتابدهی موجب کنترل مؤثر گونه‌های هرز دولپه مانند شاه‌تره، ترشک، کنگر صحرایی و... در مقایسه با گونه‌های تک‌لپه نظیر اویار سلام ارغوانی شد. آن‌ها دلیل این امر را به استراتژی تکثیر گونه‌های تک‌لپه با استفاده از روش رویشی در مقایسه با گونه‌های دولپه که به شیوه جنسی انجام می‌گردد، نسبت دادند. همچنین با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که استفاده از بقایای گیاهی با کاهش میزان تشعشع رسیده به سطح خاک باعث ممانعت از جوانه‌زنی علف‌های هرز و به دنبال آن کاهش تراکم نسبی گونه‌های هرز شده است (Teasdale et al., 1991)؛ البته میزان این کاهش برای گونه‌های دولپه به مراتب بالاتر از گونه‌های تک‌لپه بود. دلیل این امر احتمالاً مربوط به تفاوت استراتژی تکثیر این گونه‌ها می‌باشد؛ به‌طوری‌که با توجه به تأکید بیشتر گونه‌های هرز دولپه بر تکثیر جنسی در مقایسه با گونه‌های تک‌لپه که عمدتاً با روش غیرجنسی (Gul et al., 2013) انجام می‌شود، احتمال می‌رود که بقایای گیاهی با جلوگیری از رسیدن نور باعث کاهش تحریک جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز شده که این امر در نهایت، کاهش تراکم گونه‌های هرز دولپه را در مقایسه با گونه‌های تک‌لپه به دنبال داشته است. همچنین از آن‌جا که وجین دستی، روشی غیرانتخابی برای کنترل علف‌های هرز اعم از یک‌ساله، چندساله، دولپه و تک‌لپه محسوب می‌شود (Fogelberg & Gustavsson, 1999)، لذا به‌کارگیری این روش به‌طور مؤثری کنترل علف‌های هرز را موجب گردید.

اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر تراکم علف‌های هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۳). به‌طوری‌که در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری کمترین تراکم علف‌های هرز در تیمار آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره (به‌ترتیب با ۵/۶، ۸/۳ و ۱۶/۷ گونه بر مترمربع) و بیشترین تراکم در شاهد (به‌ترتیب با ۹۴/۴، ۶۳/۹ و ۱۱۶/۷ گونه بر مترمربع) مشاهده شد. میزان کاهش تراکم علف‌های هرز تحت تأثیر تیمار پلی‌اتیلن شفاف در مقایسه با شاهد در هر سه مرحله نمونه‌برداری بیش از ۱۰۰ درصد بود اگرچه مصرف بقایای جو، آفتابگردان و سیر تراکم علف‌های هرز را در مقایسه با شاهد در مرحله اول (به‌ترتیب با ۱۸۳، ۵۳ و ۷۹ درصد)، دوم (به-ترتیب با ۱۵۶، ۶۴ و ۴۴ درصد) و سوم (به‌ترتیب با ۲۰۰، ۹۱ و ۶۲ درصد) کاهش داد، ولی میزان این کاهش برای بقایای جو بیش از سایر بقایای گیاهی بود (شکل ۱). میزان کاهش تراکم علف‌های هرز در تیمار وجین دستی در مرحله اول تنها ۱۳ درصد و در مرحله دوم و سوم بیش از ۱۰۰ درصد بود که دلیل این تفاوت وابسته به زمان اجرای این عملیات مدیریتی می‌باشد.

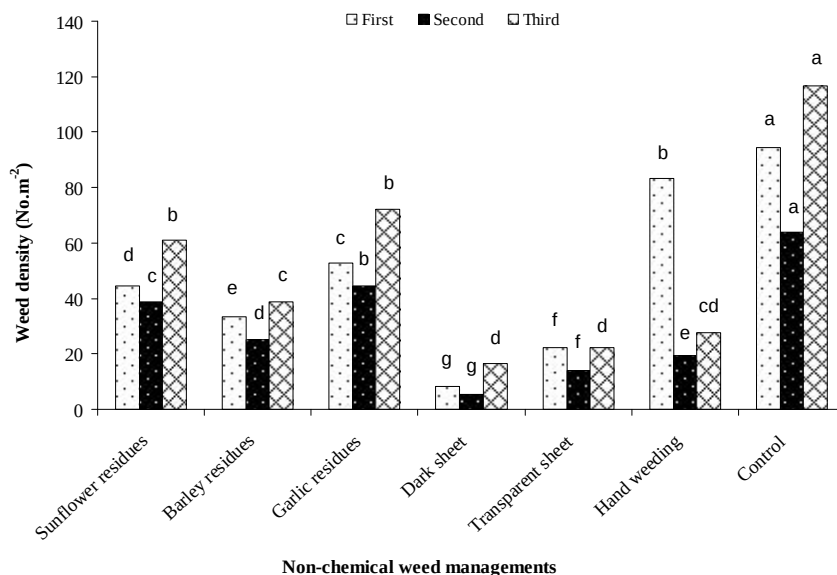
وزن خشک علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی قرار گرفت ($p \leq 0.01$) (جدول ۳). کمترین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری در تیمار آفتابدهی با پلی‌اتیلن تیره (به‌ترتیب با ۳/۴، ۳/۶ و ۱۰/۵ گرم بر مترمربع) و بیشترین میزان برای شاهد (به‌ترتیب با ۴۱/۱، ۶۵/۹ و ۹۷/۹ گرم بر مترمربع) حاصل شد. به‌کارگیری صفحات پلی‌اتیلن شفاف برای آفتابدهی، موجب کاهش بیش از ۱۰۰ درصدی وزن خشک علف‌های هرز در هر سه نوبت نمونه‌برداری در مقایسه با شاهد گردید. اگرچه کاربرد بقایای سیر، آفتابگردان و جو وزن خشک علف‌های هرز را در مقایسه با شاهد در مرحله اول (به‌ترتیب با ۵۰، ۶۳ و ۱۶۳ درصد)، دوم (به‌ترتیب با ۸۹، ۱۶۹ و ۲۶۰ درصد) و سوم نمونه-برداری (به‌ترتیب با ۶۹، ۱۱۸ و ۳۳۵ درصد) کاهش داد، ولی میزان این کاهش برای بقایای جو به مراتب بالاتر از سایر بقایای گیاهی مورد استفاده بود. اعمال وجین دستی کاهش ۱۳ درصدی وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با شاهد در مرحله اول نمونه‌برداری را به دنبال داشت؛ در حالی‌که میزان این کاهش برای مرحله‌های دوم و سوم بیش از ۱۰۰ درصد بود (شکل ۲).

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر خصوصیات رشدی و شاخص شانون- وینر علف‌های هرز طی سه مرحله نمونه‌برداری در مزرعه اسفناج

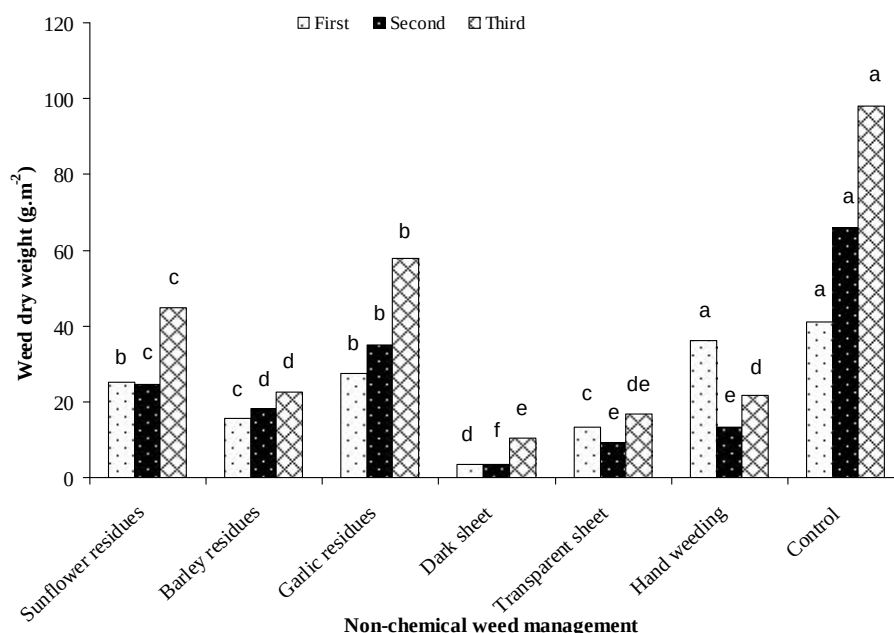
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of non-chemical weed managements on growth criteria and Shannon-Weiner index for weeds at three sampling stages in spinach field

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	مرحله اول First stage			مرحله دوم Second stage			مرحله سوم Third stage		
		تراکم Density	وزن خشک Dry weight	شاخص شانون- وینر Shannon-Weiner index	تراکم Density	وزن خشک Dry weight	شاخص شانون- وینر Shannon-Weiner index	تراکم Density	وزن خشک Dry weight	شاخص شانون- وینر Shannon-Weiner index
تکرار Replication	2	38.675	2.829	0.00001	17.665	4.872	0.00001	4.408	26.365	0.00001
تیمار Treatment	6	2946.376**	530.432**	0.22**	1214.462**	13266.075**	0.19**	3778.653**	28.625**	0.15**
خطا Error	12	16.531	11.255	0.0001	7.346	6.086	0.0001	45.554	18.188	0.0001
کل Total	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (%) C.V (%)		8.40	14.45	3.65	8.99	10.16	3.51	13.29	10.97	5.19

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
**: is significantly at 1% probability level.



شکل ۱- اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر تراکم علف‌های هرز طی سه مرحله نمونه‌برداری در مزرعه اسفناج
Fig. 1- Effect of non-chemical managements on weed density at three sampling stages in spinach field
میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر مرحله نمونه‌برداری، دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD می‌باشند ($p \leq 0.05$).
Means with the same letters haven't significant difference according to LSD ($p \leq 0.05$).



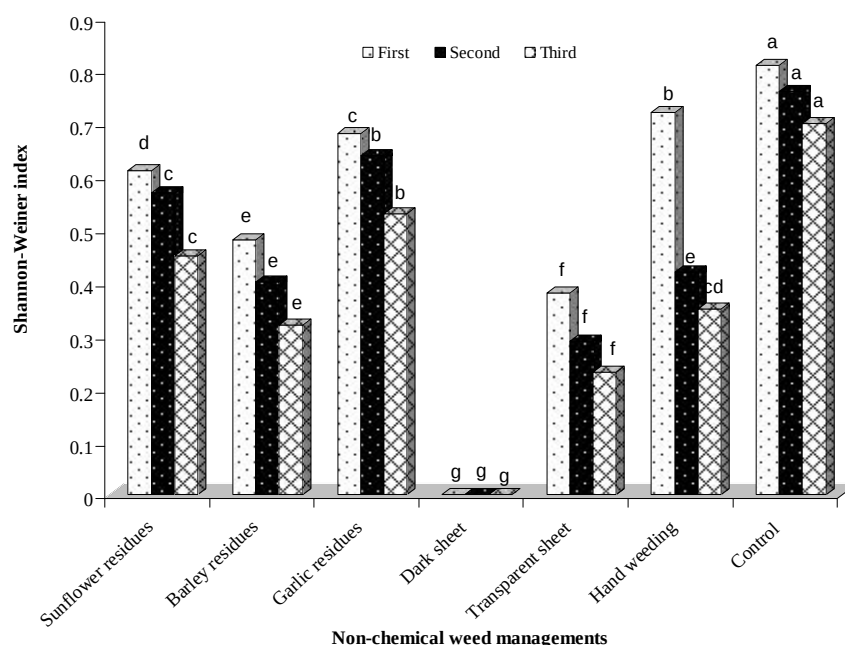
شکل ۲- اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر وزن خشک علف‌های هرز طی سه مرحله نمونه‌برداری در مزرعه اسفناج
Fig. 2- Effect of non-chemical managements on weed dry weight at three sampling stages in spinach field
 میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر مرحله نمونه‌برداری، دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD می‌باشند ($p \leq 0.05$).
 Means with the same letters haven't significant difference according to LSD ($p \leq 0.05$).

نیز مؤید کاهش خصوصیات جوانه‌زنی، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز (Putnam & Defrank, 1983) تحت تأثیر وجود مواد آللوپاتیکی در بقایای گیاهی قرار گرفته بر سطح خاک می‌باشد. نتایج برخی مطالعات (Gibson et al., 1990; Macias & Ridge, 1999) نیز مؤید این مطلب است که بقایای گیاهی ارقام مختلف جو با دارا بودن فنول و ترپن باعث جلوگیری از رشد گونه‌های مختلف علف‌هرز می‌شود. شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2013) اظهار نمودند که مصرف بقایای آفتابگردان، سیر و جو وزن خشک علف‌های هرز دولپه را به ترتیب ۷۰، ۸۷ و ۸۰ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داد؛ در حالی که میزان این کاهش برای گونه‌های هرز تک‌لپه به ترتیب ۶۰، ۸۷ و ۷۶ درصد بود. نتایج مطالعه اسدی و همکاران (Asadi et al., 2014) نشان داد که با افزایش مقدار کلش گندم از صفر تا ۱۵ کیلوگرم تراکم و به تبع آن زیست توده علف‌های هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری کاهش یافت. همچنین، اگرچه وجین دستی یکی از مؤثرترین روش‌های کنترل علف‌های هرز محسوب می‌شود، ولی از آن‌جا که این عملیات مدیریتی، هزینه‌های بالایی را به خود اختصاص می‌دهد و ممکن است باعث خسارت به گیاه اصلی به‌ویژه در مرحله گیاهچه‌ای شود (Goliaris, 1999)، لذا

اعمال آفتابدهی با استفاده از صفحات پلی‌اتیلن شفاف و تیره با کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز، کاهش تراکم و به تبع آن کاهش وزن خشک گونه‌های هرز را به دنبال داشته است. در همین راستا، هاسینگ و همکاران (Hassing et al., 2004) اظهار داشتند که آفتابدهی با ممانعت از رسیدن نور به سطح خاک، موجب کاهش جوانه‌زنی گونه‌های هرز تک‌لپه و دولپه شده که این امر کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز را موجب گردید. نتایج مطالعه گیول و همکاران (Gul et al., 2013) نشان داد که استفاده از آفتابدهی به دلیل ممانعت از رشد علف‌های هرز دولپه و تک‌لپه، موجب کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز گردید. خان و همکاران (Khan et al., 2012) اعلام نمودند که آفتابدهی موجب کاهش تراکم علف‌های هرز گردید و از این طریق وزن خشک آن‌ها را کاهش داد. این محققان آفتابدهی خاک با استفاده از صفحات پلی‌اتیلن را به عنوان روشی پایدار برای کنترل علف‌های هرز و سایر عوامل بیماری‌زای گیاهی معرفی نمودند. علاوه بر این، آزادسازی مواد آللوپاتیکی از بقایای گیاهی قرار گرفته بر سطح خاک (Wu et al., 2000) با کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز منجر به کاهش تراکم و به دنبال آن، کاهش وزن خشک علف‌های هرز شده است. نتایج برخی بررسی‌ها

مرحله اول، دوم و سوم برای شاهد به ترتیب با ۰/۷، ۰/۷۶ و ۰/۸۱ کمترین میزان در هر سه مرحله نمونه‌برداری در تیمار کاربرد صفحات پلی اتیلن تیره با صفر به دست آمد. میزان کاهش شاخص تنوع شانون-وینر در تیمارهای کاربرد صفحات پلی اتیلن شفاف، وچین دستی و کاربرد بقایای جو، آفتابگردان و سیر نسبت به شاهد به ترتیب با ۵۲، ۱۱، ۴۱، ۲۵ و ۱۶ درصد بود. میزان کاهش شاخص تنوع شانون-وینر تحت تأثیر این تیمارهای مدیریتی در مقایسه با شاهد در مرحله دوم نمونه‌برداری به ترتیب با ۶۲، ۴۵، ۴۷، ۲۵ و ۱۶ درصد و در مرحله سوم نمونه‌برداری به ترتیب با ۶۷، ۵۰، ۵۴، ۳۶ و ۲۴ درصد بود (شکل ۳).

بهتر است از سایر روش‌های مدیریتی برای کنترل علف‌های هرز در مزارع استفاده گردد. بدین ترتیب، با توجه به توصیه تیورسیوم و همکاران (Tursum et al., 2007) مبنی بر حساسیت برخی سبزیجات نظیر اسفناج برگی به‌ویژه در مراحل ابتدایی رشد نسبت به حضور علف‌های هرز، می‌توان استفاده از راهکارهای اکولوژیکی همچون آفتابدهی با استفاده از صفحات پلی اتیلن و کاربرد بقایای گیاهی را برای کنترل این گونه‌های ناخواسته مدنظر قرار داد. اثر تیمارهای مدیریت غیرشیمیایی بر شاخص تنوع شانون-وینر علف‌های هرز در مرحله‌های اول، دوم و سوم نمونه‌برداری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۳). بالاترین شاخص تنوع شانون-وینر در



شکل ۳- اثر روش‌های مدیریت غیرشیمیایی بر شاخص تنوع شانون-وینر علف‌های هرز طی سه مرحله نمونه‌برداری در مزرعه اسفناج

Fig. 3- Effect of non-chemical managements on Shannon-Weiner index for weeds at three sampling stages in spinach field

میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر مرحله نمونه‌برداری، دارای تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD می‌باشند ($p \leq 0.05$). Means with the same letters haven't significant difference according to LSD ($p \leq 0.05$).

(Ghosheh & Al-Hajaj, 2004) نیز اظهار نمودند که ممانعت از جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز تحت تأثیر به‌کارگیری روش‌های مدیریت زراعی، می‌تواند ترکیب و تنوع این گونه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. ناکاموتو و همکاران (Nakamoto et al., 2006) دلیل عمده کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز را تحت تأثیر به‌کارگیری روش‌های مدیریتی به جلوگیری از دریافت نور و تعدیل درجه حرارت خاک در تیمارهای

با توجه به نتایج مشخص است که اعمال روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز از طریق ممانعت از جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز موجب کاهش شاخص تنوع علف‌های هرز شده است. نتایج برخی تحقیقات (Hakansson, 1995; Jensen, 1995) مؤید این مطلب است که بین شدت دست‌کاری خاک و تعداد علف‌های هرز جوانه زده همبستگی منفی و خطی وجود دارد. قوشه و ال-حجاج

بیشتری بر خصوصیات رشدی و شاخص تنوع شانون- وینر علف‌های هرز در مقایسه با صفحات شفاف داشت. علاوه بر این، قرارگیری بقایای گیاهی بر سطح خاک، با ممانعت از رسیدن نور و جلوگیری از جوانه‌زنی علف‌های هرز، موجب کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز گردید. همچنین، اگرچه وجین دستی روشی مطمئن برای مدیریت علف‌های هرز محسوب می‌شود، ولی از آن‌جا که اعمال این روش ممکن است از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشد و موجب خسارت به گیاهچه گردد، لذا به کارگیری روش آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره و شفاف را می‌توان به عنوان راهکاری مؤثر برای کنترل علف‌های هرز سبزی‌های ارزشمند برگی نظیر اسفناج را مدنظر قرار داد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۲/۲۳۳۴۰ مصوب ۱۳۹۱/۰۷/۱۸ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

مدیریتی علف‌های هرز نسبت دادند. لگری و سامسون (Legere & Samson, 1999) نشان دادند که غالبیت و تنوع گونه‌ها تحت تأثیر روابط متقابل بین برنامه‌های مدیریتی علف‌های هرز قرار دارد. بلکشاو و همکاران (Blackshaw et al., 1998) دریافتند که روش‌های مدیریتی، تراکم و تنوع علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار داد. هاس و استریبگ (Haas & Streibig, 1982) نیز عملیات زراعی و مدیریت علف‌های هرز را مهمترین عامل تعیین‌کننده ترکیب و تنوع گونه‌ای معرفی نمودند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف مدیریت غیرشیمیایی به‌طور معنی‌داری تراکم، وزن خشک و شاخص تنوع شانون علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار داد. به‌طوری‌که کمترین و بیشترین تراکم، وزن خشک و شاخص شانون علف‌های هرز در تیمار آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره و شاهد مشاهده شد. آفتابدهی با صفحات پلی‌اتیلن تیره و شفاف موجب کاهش تراکم، وزن خشک و شاخص تنوع شانون علف‌های هرز شد. البته استفاده از صفحات پلی‌اتیلن تیره تأثیر منفی

منابع

- Arbopleya, J. 2009. Soil solarization on onion beds for weed and disease control in Uruguay. *Colombian Journal of Horticultural Science* 3(2): 223-236.
- Asadi, G.A., Ghorbani, R., Khorramdel, S., and Amin Ghafari, A. 2014. Effects of different levels of wheat straw and nitrogen fertilizer on combination, density and population of weeds in garlic. *Journal of Agroecology*, 4(1): 86-95. (In Persian with English Summary)
- Ashrafi, Z.Y., Sadeghi S., and Rahimian Mashhadi, H. 2009. Inhibitive effects of barley (*Hordeum vulgare*) on germination and growth of seedling quack grass (*Agropyrum repens*). *Icelandic Agricultural Sciences* 22: 37-43.
- Ataure Rahman, M., Chikushi, J., Saifizzaman, M., and Lauren, J.G. 2005. Rice straw mulching and nitrogen of no-till wheat following rice in Bangladesh. *Field Crops Research* 91: 71-81.
- Blackshaw, R.E., Moyer, J.R., Doram, R.C., and Boswell, A.L. 2001. Yellow sweet clover, green manure, and its residues effectively suppress weed during fallow. *Weed Science* 49: 406-413.
- Blackshaw, R.E., Molnar, L.J., Chevalier, D.F., and Lindwall, C.W. 1998. Factors affecting of the weed-sensing detect spray system. *Weed Science* 46: 127-137.
- Candido, V., Castronuovo, D., Lucarelli, G., Manera, C., and Miccolis, V. 2006. Herbicidal effectiveness of soil solarization in lettuce crop [*Lactuca sativa* L.; Basilicata]. [Italian Association for Plant Protection], Riccione, Rimini (Italy), 27-29 March, p. 413-420.
- Conley, S.P., Binning, L.K., Timothy R., and Connell, T.R. 2001. Effect of cultivar, row spacing, and weed management on weed biomass, potato yield, and net crop value. *American Journal of Potato Research* 78: 31-37.
- Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Eleftherohorinos, I.G., and Lithourgidis, A.S. 2005. Crop ecology and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. *Agronomy Journal* 98: 1290-1297.
- Duppong, L.M., Delate, K., Liebmen, M., Horton, R., Kraus, G., Petrich, J., and Chowdbury, P.K. 2004. The effect of natural mulches on crop performance, weed suppression and biochemical constituents of catnip and St. Johns Wort. *Crop Science* 44: 861-869.

- Elliot, L.F., McCalla, T.M., and Waiss, A. 1978. Phytotoxicity Associated with Residue Management. In: "Crop Residue Management Systems" (Ed. Oschwald, W.R.). pp. 131-146. ASA Special Publication. No. 31. Mdison.
- Ferreira, M.I., and Reinhard, C.F. 2010. Field assessment of crop residues for allelopathic effects on both crops and weeds. *Agronomy Journal* 102(6): 1593-1600.
- Fogelberg, F., and Gustavsson, A.M.D. 1999. Mechanical damage to annual weeds and carrots by in-row brush weeding. *Weed Research* 39: 469-479.
- Ghorbani, R., Khorramdel, S., Asadi, G.A., and African, R. 2013. Evaluation the effect of weed management strategies on dynamic of seed bank and spinach yield. *Iranian Journal of Weed Sciences* In Press. (In Persian with English Summary)
- Ghosheh, H.Z., and Al-Hajaj, N.A. 2004. Impact of soil tillage and crop rotation on barley (*Hordeum vulgare*) and weeds in a semi-arid environment. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190(6): 374-380.
- Gibson, M.T., Welch, I.M., Barrett, P.R.F., and Ridge, I. 1990. Barley as an inhibitor of algal growth. II: 953 Laboratory studies. *Journal of Applied Phycology* 2: 241-248
- Goliaris, A.H. 1999. Saffron Cultivation in Greece. In: "Saffron" (M. Negbi, ed.) Harwood Academic Publication, Amsterdam, Netherlands. 154 pp.
- Gul, B., Khan, I.A., Hussain, Z., and Saeed, M. 2013. IMPACTS of soil solarization combined with other weed control strategies on weed management in onion nurseries. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 19(1): 101-108.
- Haas, H., and Streibig, J.C. 1982. Changing patterns of weed distribution as a result of herbicide use and other agronomic factors. In: *Herbicide Resistance in Plants*. (Eds.: H.M. Le Baron, and J. Gressel). John Wiley and Sons, New York p. 57-79.
- Hakansson, S. 1995. Weeds in agricultural crops: I. Life- forms and occurrence under Swedish conditions. *Swedish Journal of Agricultural Research* 25: 143-154.
- Hassing, J.E., Motsenbocker, C.A., and Monlezun, C.J. 2004. Agroecoeconomic effect of soil solarization of fall-planted lettuce. *Scientia Horticulturae* (101): 223-233.
- Javanmardi, J. 2010. Organic Frming of Vegetables. Jihad Daneshgahi Publication of Mashhad, Iran. 349 pp. (In Persian)
- Jensen, P.K. 1995. Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. *Annals of Applied Biology* 127(3): 561-571.
- Johnson, W.C., Davis, R.F., and Mullinix, B.G. 2007. An integrated system of summer solarization and fallow tillage for *Cyperus esculentus* and nematode management in the southeastern coastal plain. *Crop Protection* 26: 1660-1666.
- Kember, R.W.L. 1973. Phytotoxicity from plant residue, II. The effect of time rotting straw from grasses and legumes on the growth of wheat seedlings. *Plant and Soil* 38: 348-361.
- Khan, M.A., Marwat, K.B., Amin, A., Nawaz, A., and Khan, H. 2012. Soil solarization: an organic weed management approach in cauliflower. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43(13): 1847-1860.
- Legere, A., and Samson, D.N. 1999. Relative influence of crop rotation, tillage, and weed management on weed associations in spring barley cropping systems. *Weed Science* 47: 112-122.
- Machado, S. 2007. Allelopathic potential of various plant species on downy brome. *Agronomy Journal* 99: 127-132.
- Macias, D., and Ridge, I. 1999. The relative sensitivity of algae to decomposing barley. *Journal of Applied Phycology* 1015(11): 285-291.
- Marenco, R.A., and Lustosa, D.C. 2000. Soil solarization for weed control in carrot. *Pesqui Agropecu Brasileira* 35: 2025-2032.
- Nakamoto, T., Yamagishi, J., and Miura, F. 2006. Effect of reduced tillage on weeds and soil organisms in winter wheat in summer maize cropping on humic and osols in central Japan. *Soil and Tillage Research* 85: 94-106.
- Putnam, A.R., and Defrank, J. 1983. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection* 2(2): 173-181.
- Ramachandran, A., Hrycan, W., Bantle, J., and Waterer, D. 2005. Seasonal changes in tissue nitrate levels in fall-planted spinach (*Spinacia oleracea* L.). University of Saskatchewan, Canada, Retrieved May 9, 2008, from http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/vegetable/resources/student/spinachsap_2005.pdf
- Shabahang, J., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., and Gheshm, R. 2013. Effects on management of crop residues and cover crop planting on density and population of weeds and agronomical characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research* 1(1): 57-72. (In Persian with English Summary)

- Teasdale, J.R., Beste, C.E., and Potts, W.E. 1991. Response of weeds to tillage and cover crops residue. *Weed Science* 39: 195-199.
- Tursum, N., Bukun, B., Karacan, S.C., Ngouajio, M., and Mennan, H. 2007. Critical period for weed control in leek (*Allium porrum* L.). *Horticultural Sciences* 42: 106-119.
- Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D., and Haig, T. 2000. Evaluation of seedling allelopathy in 453 wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*) by the equal-compartment-agar method. *Australian Journal of Agricultural Research* 51(7): 937-944.



Effect of Non-chemical Weed Management Strategies on Population and Diversity Index for Weeds in Spinach

S. Khorramdel^{1*}, R. Ghorbani², G.A. Asadi¹ and R. African³

Submitted: 07-12-2013

Accepted: 21-12-2013

Khorramdel, S., Ghorbani, R., Asadi, G.A., and African, R. 2017. Effect of non-chemical weed management strategies on population and diversity index for weeds in spinach. *Journal of Agroecology* 9(3): 638-651.

Introduction

Weeds are often recognized as the most serious threat to crop production especially vegetables. Competition from weeds is the most important factor that decline agricultural crop yield. Spinach is one of the most important summer vegetables. It has an extremely high nutritional value and is rich in antioxidants. This vegetable is also an excellent source of vitamin K, vitamin A, vitamin C and folic acid as well as being a good source of manganese, magnesium, iron and vitamin B₂.

The reduction in yield of some vegetables caused by the uncontrolled growth of weeds estimated 49% in cauliflower, 80% in okra and 91% in onion. Enhancing application of chemical herbicides to manage agricultural weeds is in a primary concern today. Widespread herbicide application use during the last few decades has caused serious ecological, environmental and biological hazards such as crop loss, decreasing biodiversity, reducing food quality, weed dominance and weed resistance. Therefore, all those operations of weeds which can prevent germination and surpass growth of weeds and improve crop competitiveness must be integrated to control weeds.

The objectives of this study were to evaluate different weed management methods on population, density, dry weight and Shannon-Weiner diversity index for weeds in spinach field.

Material and Methods

An experiment was performed based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2012-2013. Treatments were solarization with dark and transparent sheets, crop residues of sunflower, barley and garlic, hand weeding and control (without weeding). Polyethylene sheets were placed on the soil surface after irrigation based on field capacity at two months before planting time of spinach. After land operation, 5000 kg ha⁻¹ crop residues of each species were added to the soil. Hand weeding was carried out at the end of fall and winter before canopy closure. Weed samplings were done at three stages including planting time, 19th February and before harvest stage. Relative density, density, dry weight and Shannon-Weiner diversity of weeds were measured and calculated.

The treatments were run as an analysis of variance (ANOVA) to determine if significant differences existed among treatments means. Multiple comparison tests were conducted for significant effects using the LSD test.

Results and Discussion

The weeds flora infesting the spinach field were abyssinian finger grass, alyssum, barnyard grass, black nightshade, blackgrass, Canada thistle, charlock, common amaranth, common chickweed, common knotgrass, common lambsquarters, common purslane, corn flower, delphinium, field bindweed, field milk-thistle, flaxweed, fumitory, Hoary cress, nut grass, prostrate amaranth, Russian knapweed, shepherd's-purse and Syrian mustard that Brassicaceae was the most dominant family. The lowest weed number was obtained for dark polyethylene with two species at the first, second and third samplings. The effect of non-chemical weed management methods were significant ($p \leq 0.01$) on weed density, dry weight and Shannon-Weiner diversity index at three sampling

1, 2 and 3- Associate Professor, Professor, and MSc in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: khorramdel@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.29239

stages. The lowest weed density for the first, second and third stages were achieved in dark polyethylene (with 8.3, 5.6 and 16.7 species m^{-2} , respectively) and the highest was for control (with 94.4, 63.9 and 116.7 species m^{-2} , respectively). Although crop residues reduced weed density and dry weight for total sampling stages but, the highest decrease was for barley residues. The maximum Shannon- Weiner diversity for weeds for the first, second and third samplings were calculated in control with 0.81, 0.76 and 0.7 and the minimum was for dark polyethylene.

Conclusion

Non-chemical weed management strategies had significant effect on density, dry weight and biodiversity indices of weeds in spinach. Soil solarization with dark and transparent sheets, Cover crops and crop residues provided economic control of soil-borne pests and weeds, enhanced the physical and chemical properties of the soil, increased the yield of spinach and is cost-effective. Generally, soil solarization is a safe and effective technique for weed control that may decrease the necessity for chemical approaches to crop and soil.

Acknowledgement

This research (23340.2) was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Crop residue, Hand weeding, Shannon- Weiner diversity index, Solarization



اثر نظام‌های مختلف کوددهی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی) بر غلظت عناصر، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

رقیه محمدپور وشوایی^{۱*}، احمد قنبری^۲ و براتعلی فاخری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵

محمدپور وشوایی، ر.، قنبری، ا.، و فاخری، ب. ۱۳۹۶. اثر نظام‌های مختلف کوددهی (شیمیایی، زیستی و تلفیقی) بر غلظت عناصر، ویژگی‌های
بیوشیمیایی و عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۶۵۲-۶۷۴.

چکیده

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی و معطر نیمه‌گرمسیری از خانواده ختمی است که از کاسبرگ آن به دلیل خواص دارویی و خوراکی استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی در تلفیق با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر غلظت عناصر نیتروژن و فسفر، ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشک کاسبرگ‌های چای ترش، آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۹۱ و ۱۳۹۱-۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تغذیه گیاه با NPK (به ترتیب ۲۲۰، ۱۳۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، کود زیستی بیوفسفات، بیوفسفات+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+۵۰ درصد NPK، بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK، کود زیستی نیتروکسین، نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK، بیوفسفات+نیتروکسین، بیوفسفات+نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، بیوفسفات+نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK و عدم استفاده از کود (شاهد) بود. صفات مورد مطالعه شامل درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ، درصد فسفر برگ و کاسبرگ، درصد پروتئین برگ و کاسبرگ، محتوای آنتوسیانین، ویتامین C، درصد اسیدیته و وزن خشک کاسبرگ بودند. نتایج حاصل از تجزیه مرکب دو سال زراعی مبین آن بود که تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و تلفیق آن‌ها اثر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بر کلیه صفات مورد بررسی داشتند. برای کلیه صفات مورد مطالعه بیشترین مقادیر در تیمار نیتروکسین+بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK حاصل گردید که به جز برای درصد نیتروژن و پروتئین برگ اختلاف آن با تیمار نیتروکسین+بیوفسفات+۵۰ درصد NPK معنی‌دار نبود. جهت حصول حداکثر عملکرد و کیفیت مطلوب چای ترش بهترین تیمار "بیوفسفات+نیتروکسین+۵۰ درصد NPK" بود. بنابراین، با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی کم‌نهاد، استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات جهت حصول حداکثر کمیت و کیفیت کاسبرگ در چای ترش توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیوفسفات، صفات فیزیولوژیک، گیاهان دارویی، نیتروکسین، NPK

مقدمه

برای استفاده از برگ‌ها، بذرها، ساقه و کاسبرگ‌های آن کشت می‌گردد. کاسبرگ‌های خشک چای ترش، مهم‌ترین بخش اقتصادی گیاه بوده و برای تهیه چای، شربت، ژله، مربا و نوشیدنی و در صنعت آرایشی و بهداشتی، به عنوان یک منبع رنگ آمیزی طبیعی استفاده می‌شود (Raifa et al., 2005). کاسبرگ‌های چای ترش حاوی آنتوسیانین (۳-گلوکوزید^۵ و سیانیدین ۳-گلوکوزید^۱) است که مسئول

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی یک‌ساله متعلق به خانواده ختمی^۴ می‌باشد که در بسیاری از نواحی گرمسیری

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آگروکولوژی، استاد، گروه زراعت و دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل (*- نویسنده مسئول: Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i3.40529

۴ - Malvaceae

۵ - 3-glucoside

(Kumar et al., 2009).

افزایش هزینه نهاده‌های شیمیایی و مصرف بی‌رویه آن‌ها در کشاورزی متداول در طی چند دهه اخیر مشکلات زیست محیطی بسیار زیادی را سبب گردیده است که در این میان می‌توان به معضلاتی همچون آلودگی منابع آب و خاک، افت کیفیت محصولات غذایی، کاهش میزان حاصلخیزی خاک و برهم خوردن تعادل زیستی در محیط خاک که صدمات جبران ناپذیری به اکوسیستم‌ها وارد می‌سازد، اشاره کرد (Sharma, 2002; Kianisadr & Borna, 2008). در این راستا استفاده از فناوری‌های جدید در زمینه استفاده از کودهای زیستی به ویژه به منظور مدیریت نیتروژن و فسفر خاک اهمیت زیادی دارد که در نهایت می‌تواند ضمن بهبود بازده محصولات و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، امنیت غذایی و حفظ محیط زیست را نیز به دنبال داشته باشد. کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب برای غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید (Sharma, 2002). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ریزموجود مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار بکار می‌روند (Sharma, 2002). از طرفی تمایل به تولید گیاهان دارویی و معطر در جهان رو به افزایش است و کشت این گیاهان بر پایه کشاورزی پایدار، کیفیت آن‌ها را تضمین کرده و احتمال اثرات منفی کاربرد نهاده‌های شیمیایی روی کیفیت دارویی این گیاهان را نیز کاهش می‌دهند و به نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، حداکثر رشد و عملکرد از آن‌ها حاصل گردد (Kalra, 2003).

تحقیقات زیادی در زمینه کاربرد کودهای زیستی در تولید محصولات مختلف زراعی صورت گرفته است و نتایج ارزنده‌ای نیز به دست آمده است. ابوباکر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) در چای ترش دریافتند که اضافه نمودن کودهای بیولوژیک به ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی به طور قابل ملاحظه‌ای درصد نیتروژن برگ را نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) افزایش داده است. علاوه بر این، ترکیب ۵۰ درصد کود شیمیایی با کود زیستی تثبیت کننده ازت (NFB)^۴ و یا مخلوط کودهای زیستی همین نتیجه

رنگ قرمز می‌باشد (Khalil & Abdel-Kader, 2011). چای ترش اساساً دارای خواص ضد باکتری می‌باشد، ولی به عنوان داروی قلبی نیز مصرف می‌شود. استفاده آن به عنوان مسهل نیز مفید است (Hayat, 2007). با توجه به اثر چای ترش بر کاهش و یا تنظیم فشار خون (ضد فشار خون) بدون هیچ گونه عوارض جانبی، یک نوشیدنی بسیار محبوب و گیاه با ارزش دارویی به حساب می‌آید (Faraji & Tarkhani, 1999). همچنین بر روی عملکرد معده اثر داشته و نیز می‌تواند در برابر عفونت‌های مختلف بیماری‌های روده مقاومت ایجاد نماید (Owolabi et al., 1995). اوبی فانا و همکاران (Obiefuna et al., 1994) بیان نمودند که گل چای ترش می‌تواند برای شل شدن عضلات، درد رحم و روده مورد استفاده قرار گیرد. تاناکا و همکاران (Tanaka et al., 1993) اظهار داشتند که اسید پروتوکاتچوئیک^۲ (یک ترکیب فنلی ساده) شناسایی شده در چای ترش می‌تواند برای مبارزه با اختلالات تب و کبد مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نشان داده شده است که این ترکیب یک عامل مؤثر در کاهش عمل سرطان‌زایی دی‌اتیل‌نیتروزامین^۳ در کبد است. علاوه بر این، دانه چای ترش حاوی حدود ۱۷ درصد روغن است که خواص آن مشابه به روغن دانه پنبه است (Metwally et Ahmed, 1980; al., 2002).

اگرچه مواد مؤثره موجود در گیاهان دارویی تحت هدایت ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی عوامل اقلیمی محل رویش از جمله عناصر غذایی تأثیر به‌سزایی در کمیت و کیفیت این مواد دارند. عناصر غذایی از جمله نیتروژن با تأثیری که بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارویی دارند، باعث تغییر در عملکرد محصول می‌شوند و کمیت و کیفیت ماده مؤثره آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند (Griffe et al., 2003). این عنصر تأثیر مستقیم در فرایندهای فتوسنتزی و افزایش سطح برگ و اثر غیرمستقیم از طریق نمو و تغییر سرعت تولید برگ خواهد داشت. در بسیاری از نظام‌های کشاورزی، کمبود فسفر پس از نیتروژن به عنوان اساسی‌ترین عامل در تولید محصولات زراعی مطرح شده است (Mosali et al., 2006). این عنصر در تمام فرایندهای شیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی (ATP و ADP) و انتقال پیام‌ها دخالت دارد

۱- Cyanidin 3-glucoside

2- Protocatechuic acid

3- Diethylnitrosamine

4- Nitrogen fixing bacteria

در ابتدا میزان N، P و K در گیاه افزایش یافت. سپس با افزایش رشد گیاه میزان این عناصر در تیمارهای ترکیبی نسبت به کاربرد آن‌ها به صورت خالص کمتر شد که این مسئله به توانایی این باکتری‌ها در تثبیت ازت اتمسفری و تبدیل عناصر کم‌مصرف و پرمصرف خاک مثل P، Zn، Cu، Fe و S از شکل غیرقابل استفاده به شکل قابل استفاده برای گیاه نسبت داده شد.

با توجه به لزوم مدیریت تغذیه گیاهی در راستای افزایش و پایداری تولید و اهمیت کودهای زیستی در کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست و ضرورت کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و بهینه‌سازی مصرف آن‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی کشور، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر کودهای زیستی در تلفیق با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر غلظت عناصر نیتروژن و فسفر، ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشک کاسبرگ‌های چای ترش جهت یافتن تلفیقی مناسب از کودهای زیستی و شیمیایی به منظور کاهش مصرف و افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی برای نیل به توسعه پایدار در بخش تولید گیاهان دارویی در کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا آزاد، در سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۹۱ و ۱۳۹۱-۹۲ اجرا شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، حداکثر مطلق دما ۴۹ و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹/۲۰ درصد و میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۵۳ و ۴۰۰۰-۵۰۰۰ میلی‌متر است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ آمده است.

تیمارها شامل تغذیه گیاه با NPK (به ترتیب ۲۲۰، ۱۳۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، کود زیستی بیوفسفات، بیوفسفات+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+۵۰ درصد NPK، بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK، کود زیستی نیتروکسین، نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، نیتروکسین+۵۰ درصد NPK،

را حاصل نموده است. بالاترین درصد نیتروژن کاسبرگ از غلظت کامل کود شیمیایی به همراه ترکیب کود زیستی به‌دست آمد. بیشترین درصد فسفر از ترکیب غلظت کامل کود شیمیایی و کود زیستی تثبیت کننده ازت (NFB) حاصل شد. درصد فسفر کاسبرگ تحت تأثیر ترکیب غلظت کامل کود شیمیایی و کودهای زیستی متفاوت قرار نگرفت. حسن (Hassan, 2009) در بررسی کود شیمیایی NPK، کود زیستی ایسترن^۱ و تلقیح باکتریایی *آزوسپیریلیوم لیپوفر*، *باسیلوس پلی‌میکسا* و *سودوموناس فلورنس* و تلفیق آن‌ها بیان نمود که کاربرد مجزای تلقیح باکتریایی، کود زیستی و تلفیق آن‌ها با کود شیمیایی NPK، عملکرد کاسبرگ، محتوای آنتوسیانین کل، درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاسبرگ را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. این محقق بیان نمود که بهترین تیمار تلقیح باکتریایی به علاوه ۵۰ درصد غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK بود و با کاربرد این تیمار می‌توان با استفاده از نصف غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK به حداکثر کمیت و کیفیت چای ترش رسید. حاجی بلند و همکاران (Hajeeboland et al., 2004) گزارش کردند که به دنبال تلقیح گندم (*Triticum aestivum* L.) با/زئوباکتر، غلظت پتاسیم و نیتروژن در اندام‌های هوایی گیاه نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش یافت. اسری و همکاران (Aseri et al., 2008) طی تحقیقی روی درخت انار (*Punica granatum* L.) گزارش کردند که تلقیح آن با تثبیت کننده‌های نیتروژن (*ازتوباکتر*) و قارچ‌های میکوریزا میزان جذب عناصر غذایی پرمصرف N، P و K را افزایش داد. راویا و همکاران (Rawia et al., 2006) نشان دادند که تلقیح با *آزوسپیریلیوم*، غلظت N، P و K را به طور معنی‌داری در برگ و گل آذین گل تاج خروس تاجی (*Celosia argentea* L.) افزایش داد. درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) گزارش کردند که کاربرد کود فسفات زیستی و میکوریزا غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در دانه گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) افزایش داد. همچنین پوریوسف و همکاران (Pouryousef et al., 2007) نیز اظهار داشتند که کاربرد کود فسفات بارور، غلظت فسفر را در بذر گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) افزایش داد. داس و همکاران (Das et al., 2008) در مورد جذب عناصر غذایی N، P و K در گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) گزارش کردند که به دنبال کاربرد *آزوسپیریلیوم* (تثبیت کننده ازت) و باکتری‌های حل کننده فسفر،

نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK، بیوفسفات+نیتروکسین، ۵۰+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK و عدم استفاده از کود (شاهد) بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر
Table 1- Physical and chemical properties of soil after testing in the depth of 0-30 cm

هدایت	درصد	درصد	درصد	اسیدیته	الکتریکی	درصد	فسفر کل (میلی گرم	پتاسیم کل (میلی گرم
دسی‌زیمنس	نیترژن کل	در کیلوگرم	در کیلوگرم	pH	(دسی‌زیمنس	نیترژن کل	در کیلوگرم	در کیلوگرم
بر متر)	Total N	Total P (mg.kg ⁻¹)	Total K (mg.kg ⁻¹)		بر متر)	(%)		
EC (dS.m ⁻¹)								
رسی-لومی	0.17	12	140	7.2	1.5	0.17	12	140
Clay-Loam								

به دور از تابش مستقیم نور خورشید، اقدام به کاشت گردید. کودهای زیستی استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO^۵) و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع علف-کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مصرف نشد.

کاشت به صورت هیرم‌کاری صورت گرفت. بدین منظور ۳-۴ بذر در هر کپه با عمق سه سانتی‌متر به روش جوی و پشته در چهار ردیف پنج متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت شدند (Morton, 1987). عملیات تنک کردن در مرحله دو الی چهار برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته و با فاصله هر هفته یک بار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی صورت گرفت. کلیه عملیات زراعی به طور معمول انجام شد. ویژگی‌های درصد نیترژن برگ و کاسبرگ، درصد فسفر برگ و کاسبرگ، درصد پروتئین برگ و کاسبرگ، محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، محتوای ویتامین C کاسبرگ (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، درصد اسیدیته کاسبرگ و وزن خشک کاسبرگ (گرم در بوته) در انتهای مرحله رسیدگی در تاریخ ۲۰ مهرماه هر سال مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای نمونه‌برداری ۱۰ بوته پس از حذف اثرات حاشیه به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شدند و نشانه‌گذاری شدند و در چین‌های متفاوت برداشت شدند. درصد نیترژن برگ و کاسبرگ به روش میکروکجلدال (Bremner & Mulvany, 1982) تعیین گردید. درصد فسفر برگ و کاسبرگ به

کودهای شیمیایی مورد استفاده شامل ۲۲۰ کیلوگرم اوره (۴۶ درصد ازت)، ۱۳۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل (۲۳ درصد P₂O₅) و ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم (۴۸ درصد K₂O) بودند. کودهای سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و نصف مقدار کود اوره قبل از کاشت در زمان انجام عملیات زراعی (دیسک زدن) و باقیمانده کود اوره به صورت سرک قبل از گلدهی استفاده شدند. میزان کود مورد استفاده بر اساس تجزیه خاک و نیاز گیاه تعیین شد. نیاز کودی این گیاه ۸۰ کیلوگرم در هکتار ازت، ۵۴-۳۶ کیلوگرم در هکتار P₂O₅ و ۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K₂O می‌باشد (Duke, 1983). کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیترژن از جنس -های *ازتوباکتر کروکوکوم*^۱، *آزوسپیریوم لیپوفرورم*^۲ و حل کننده فسفات از جنس *سودوموناس پوتیدا*^۳ با ۱۰^۸ سلول زنده در هر میلی‌لیتر و کود زیستی بیوفسفات شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه‌های *باسیلوس لنتوس*^۴ که با ترشح اسیدهای آلی و *سودوموناس پوتیدا* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با ۱۰^۸ سلول زنده در هر گرم بود (Karami & Sepehri, 2013). کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات به میزان دو لیتر در هکتار به صورت بذرمال استفاده شد (Karami & Sepehri, 2013). عملیات بذرمال کردن کودها شامل قرار دادن بذور به مدت ۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی بود و بلافاصله پس از خشک شدن بذرها در سایه و

۱ - *Azotobacter chorococum*

۲ - *Azospirillum lipoferourum*

۳ - *Pseudomonas putida*

۴ - *Bacillus lentus*

جدول ۲- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر N و P، ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشک کاسبرگ چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آن‌ها (سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)
Table 2-Variance analysis for (mean of squares) N and P concentration, biochemical traits and sepal dry weight of roselle under effects of chemical and bio-fertilizers and combination of them (2012 and 2013)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیترژن برگ N Leaf	نیترژن کاسبرگ Sepal N	فسفر برگ Leaf P	فسفر کاسبرگ Sepal P	پروتئین برگ Leaf protein	پروتئین کاسبرگ Sepal protein	محتوای آنتوسیانین کاسبرگ Sepal anthocyanin content	محتوای ویتامین C کاسبرگ Sepal vitamin C content	اسیدیته کاسبرگ Sepal acidity	وزن خشک کاسبرگ Sepal dry weight
سال Year	1	0.1415**	0.1208**	0.0403**	0.0331**	6.0543**	5.0660**	85.407**	33.450**	0.0104**	49.824**
بلوک (سال) Block (Year)	4	0.0110	0.0112	0.0006	0.0047	0.4455	0.3059	7.016	2.377	0.0007	1.871
تیمار Treatment	13	1.0661**	0.9777**	0.0784**	0.3731**	41.3671**	37.7794**	1713.063**	91.765**	0.0514**	293.783**
سال×تیمار Year×Treatment	13	0.0050**	0.0077**	0.0009 ^{ns}	0.0021 ^{ns}	0.1776**	0.2558**	15.474**	0.384**	0.0006**	2.575 ^{ns}
خطا Error	52	0.0008	0.0010	0.0007	0.0014	0.0350	0.0633	4.408	0.146	0.0002	3.972
ضریب تغییرات (%) C.V (%)		2.66	1.79	5.24	7.52	2.81	2.31	2.96	1.63	2.60	6.96

* and ** are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and ns is not significant, respectively.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و ns غیر معنی‌دار

روش جکسون (Jackson, 1967) تعیین شد. محتوای آنتوسیانین کاسبرگ به روش دو و فرانسیس (Du & Francis, 1973) و محتوای ویتامین C به روش جاکوبز (Jacobs, 1951) اندازه‌گیری شد. اسیدیته کاسبرگ با توجه به روش کمیست (Chemists, 1970) تعیین شد. داده‌های هر کرت پس از میانگین‌گیری (برای ۱۰ نمونه اندازه‌گیری شده) مورد تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. همبستگی‌های ساده بین صفات و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل‌های آماری (تجزیه واریانس، مقایسه میانگین، تجزیه همبستگی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS^۱ (SAS Institute, Cary, NC, 2013) صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ تحت تأثیر ($P \leq 0.01$) تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و تلفیق آن‌ها قرار گرفتند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد نیتروژن برگ ($1/892$ درصد) از تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK به‌دست آمد که اختلاف آن با تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK ($1/566$ درصد) معنی‌دار بود. بیشترین درصد نیتروژن کاسبرگ ($2/410$ درصد) در تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK حاصل گردید (جدول ۳). این تیمار نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) به ترتیب $222/32$ و $106/34$ درصد، نسبت به تیمار NPK به ترتیب $65/10$ و $22/58$ درصد و نسبت به تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK به ترتیب $20/82$ و $2/19$ درصد، صفات درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ را بهبود بخشید. ابوباکر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) نیز در چای ترش بیان نمودند که حداکثر مقدار نیتروژن کاسبرگ در استفاده از غلظت کامل کود شیمیایی NPK در تلفیق با کودهای زیستی تثبیت کننده ازت و فسفر به‌دست آمد. اختلاف این تیمار با سایر تیمارها به جز تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK ($2/359$ درصد) معنی‌دار بود (جدول ۳).

Table 3- Mean comparisons of N and P concentration, biochemical traits and sepal dry weight of roselle under effects of chemical and bio-fertilizers and combination of them (2012 and 2013)
 جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت عناصر N و P، ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشک کاسبرگ چای ترنس تحت اثرات کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آن‌ها (سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

تیمار Treatment	درصد نیترژن برگ Leaf N (%)	درصد نیترژن کاسبرگ Sepal N (%)	درصد فسفر برگ Leaf P (%)	درصد فسفر کاسبرگ Sepal P (%)	درصد پروتئین برگ Leaf protein (%)	درصد پروتئین کاسبرگ Sepal protein (%)	محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (میلی گرم/گرم وزن خشک) Sepal anthocyanin content (mg g ⁻¹ dry weight)	محتوای ویتامین C کاسبرگ (میلی گرم/گرم وزن خشک) Sepal vitamin C content (mg g ⁻¹ dry weight)	درصد اسیدینه کاسبرگ Sepal acidity (%)	وزن خشک کاسبرگ (گرم/پوت) Sepal dry weight (g.plant ⁻¹)
شاهد Control	0.587 ^{ac}	1.168 ^g	0.280 ^j	0.227 ^j	3.77 ^f	7.43 ^h	50.31 ⁱ	16.94 ^j	0.303 ^f	16.73 ^k
مقار توصیه شده نیترژن، فسفر و پتاسیم NPK	1.146 ^d	1.966 ^b	0.536 ^d	0.566 ^b	7.16 ^d	12.28 ^{bc}	83.11 ^c	24.89 ^e	0.443 ^e	24.52 ^h
بیوفسفات Biophosphate	0.639 ^f	1.275 ^g	0.455 ^g	0.276 ^{def}	3.99 ^f	7.97 ^{gh}	52.70 ^{hi}	21.25 ^g	0.306 ^f	18.77 ^j
بیوفسفات+۲۵٪ NPK Biophosphate+25% NPK	0.678 ^f	1.681 ^{cd}	0.494 ^{ef}	0.336 ^{cd}	4.24 ^f	10.51 ^{de}	56.28 ^{gh}	24.15 ^e	0.426 ^e	21.95 ⁱ
بیوفسفات+۵۰٪ NPK Biophosphate+50% NPK	1.173 ^d	1.756 ^c	0.514 ^{de}	0.356 ^c	7.33 ^d	10.98 ^d	66.36 ^e	26.13 ^d	0.483 ^d	26.53 ^{gh}
بیوفسفات+۱۰۰٪ NPK Biophosphate+100% NPK	1.384 ^c	2.029 ^b	0.626 ^b	0.826 ^a	8.65 ^c	12.68 ^{bc}	86.13 ^{bc}	27.06 ^b	0.564 ^{ab}	29.09 ^{ef}
نیتروکسین Nitroxin	0.657 ^f	1.267 ^g	0.365 ^h	0.281 ^{def}	4.11 ^f	7.92 ^{gh}	55.70 ^{gh}	26.41 ^{cd}	0.456 ^{cd}	24.67 ^h
نیتروکسین+۲۵٪ NPK Nitroxin+25% NPK	0.621 ^f	1.325 ^f	0.441 ^g	0.355 ^c	3.88 ^f	8.28 ^g	61.19 ^f	18.22 ^j	0.543 ^{bc}	30.51 ^{de}
نیتروکسین+۵۰٪ NPK Nitroxin+50% NPK	1.397 ^c	1.946 ^b	0.526 ^{de}	0.611 ^b	8.73 ^c	12.28 ^{bc}	77.81 ^d	19.69 ^h	0.526 ^c	34.02 ^e
نیتروکسین+۱۰۰٪ NPK Nitroxin+100% NPK	1.426 ^c	2.058 ^b	0.576 ^c	0.820 ^a	8.91 ^c	12.86 ^b	90.52 ^b	27.00 ^{bc}	0.549 ^{bc}	36.52 ^b
نیتروکسین + بیوفسفات Nitroxin+ Biophosphate	0.839 ^e	1.539 ^e	0.388 ^h	0.246 ^{ef}	5.25 ^e	9.62 ^f	58.84 ^{fg}	18.37 ^h	0.523 ^c	28.33 ^g
نیتروکسین + بیوفسفات+۲۵٪ NPK	0.866 ^e	1.560 ^{de}	0.475 ^{gf}	0.301 ^{cde}	5.41 ^e	9.93 ^{ef}	60.71 ^{fg}	23.18 ^f	0.543 ^{bc}	31.90 ^d
نیتروکسین+ Biophosphate+25% NPK	1.566 ^b	2.359 ^a	0.671 ^a	0.833 ^a	9.78 ^b	14.75 ^a	99.62 ^a	28.32 ^a	0.685 ^a	38.92 ^a
نیتروکسین + بیوفسفات+۵۰٪ NPK	1.892 ^a	2.410 ^a	0.678 ^a	0.856 ^a	11.82 ^a	15.06 ^a	101.64 ^a	28.40 ^a	0.692 ^a	40.41 ^a
نیتروکسین + بیوفسفات+۱۰۰٪ NPK										
نیتروکسین+ Biophosphate+100% NPK										

*در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون نائکی می‌باشد.
 *In the each column means with similar letters indicate not significant at 0.05 probability levels in Duncan test.

این نتیجه در توافق با یافته‌های ابوباکر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) در چای ترش بود. کمترین درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۵۸۷/۰ و ۱۶۸/۱ درصد) از تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) حاصل شد.

تیمار NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) موجب بهبود معنی‌دار درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ (به ترتیب با ۹۶/۲۳ و ۶۸/۳۲ درصد) شد. اختلاف تیمار نیتروکسین + بیوفسفات +۵۰ درصد NPK با شاهد (عدم استفاده از کود) و NPK برای درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ معنی‌دار بود (جدول ۳). این تیمار نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) به ترتیب ۱۶۶/۷۸ و ۱۰۱/۹۷ درصد و نسبت به تیمار NPK به ترتیب ۳۶/۶۵ و ۱۹/۹۹ درصد، درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ را بهبود بخشید. بهبود معنی‌دار تیمارهای نیتروکسین + بیوفسفات +۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین + بیوفسفات +۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK، حاکی از آن بود که استفاده از کودهای زیستی در تلفیق با ۵۰ یا ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده NPK موجب بهبود صفات درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ شده است. نتایج مشابهی در چای ترش توسط ابوباکر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) و حسن (Hassan, 2009) گزارش شده است. حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بیان نمود که کاربرد مجزای تلقیح باکتریایی، کود زیستی و تلفیق آن‌ها با کود شیمیایی NPK، درصد نیتروژن کاسبرگ را به طور معنی‌دار افزایش داد. این محقق بیان نمود که بهترین تیمار تلقیح باکتریایی به علاوه ۵۰ درصد غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK بود. بهبود ویژگی‌های درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ در تیمارهای نیتروکسین + بیوفسفات +۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین + بیوفسفات +۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر صفات فوق بود.

جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل، رشد سیستم ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک به خصوص در ریزوسفر می‌باشد (Russel, 1977). افزودن کودهای زیستی به خاک، نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عناصر معدنی را فراهم آورده است (Das et al., 2008). کود زیستی نیتروکسین حاوی مؤثرترین

باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (ازتوباکتر و آروسپریلیوم) می‌باشد. باکتری‌های تثبیت‌کننده غیرهمزیست آروسپریلیوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن و متعادل کردن جذب عناصر غذایی اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، با تولید مواد محرک رشد (ایندول استیک اسید، جیبرلین و سیتوکنین و غیره) و ویتامین‌های گروه B، سبب بهبود رشد ریشه (افزایش پتانسیل ریشه‌زایی، طولی شدن ریشه‌ها و افزایش ریشه‌های جانبی) و متعاقب آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده است (Rodriguez & Fraga, 2000; Revilas et al., 2000; Tilak et al., 1999; 2005). عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین + بیوفسفات +۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین + بیوفسفات +۵۰ درصد NPK برای درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ گیاه چای ترش حاکی از آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب حداکثر کارایی جذب عناصر در چای ترش می‌شود. این نتایج در توافق با یافته‌های شالان و همکاران (Shalan et al., 2001) و حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بود. به عبارت دیگر، کودهای زیستی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین نموده‌اند و افزودن بیشتر کود شیمیایی نه تنها موجب افزایش معنی‌دار این صفات نمی‌شود، بلکه موجب شستشو و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد.

درصد فسفر برگ و کاسبرگ

نتایج تجزیه مرکب حاکی از آن بود که تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و تلفیق آن‌ها، اثر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بر درصد فسفر برگ و کاسبرگ داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد فسفر برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۶۷۸/۰ و ۸۵۶/۰ درصد) از گیاهان تحت تیمار نیتروکسین + بیوفسفات +۱۰۰ درصد NPK به‌دست آمد که با گیاهان تحت تیمار نیتروکسین + بیوفسفات +۵۰ درصد NPK (به ترتیب ۶۷۱/۰ و ۸۳۳/۰ درصد) اختلاف معنی‌دار نداشتند. اختلاف این تیمار با سایر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۳). این تیمار نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) و تیمار NPK بهبود معنی‌داری را برای صفات درصد فسفر برگ (به ترتیب ۱۴/۲۲ و ۴۹/۲۶ درصد) و کاسبرگ (به ترتیب ۰۹/۲۲۷ و ۴۹/۲۶ درصد) نشان داد. بهبود این تیمار نسبت به تیمار نیتروکسین + بیوفسفات +۵۰ درصد NPK برای فسفر برگ (۰۴/۱ درصد) و

فراهمی عناصر غذایی در خاک به خصوص در ریزوسفر می‌باشد (Russel, 1977). کودهای زیستی از طریق ترشح اسیدهای آلی و معدنی باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در ریزوسفر می‌شود. همچنین ریزجانداران موجود در کودهای زیستی با ترشح پیش‌ماده هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاه و کنترل پاتوژن‌های گیاهی باعث افزایش رشد ریشه گیاهان می‌شوند (Khalid et al., 2004). کود زیستی بیوفسفات حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات (سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لنتوس) می‌باشد که جنس باسیلوس با ترشح اسیدهای آلی و غیر آلی ابتدا باعث کاهش pH به صورت موضعی شده و سپس با تجزیه پیوند موجود در ساختار ترکیبات فسفات معدنی که به صورت نامحلول در خاک درآمده‌اند، آن‌ها را به شکل محلول قابل جذب توسط ریشه گیاه در می‌آورد (Singh & Kapoor, 1999). گونه‌های مختلف جنس سودوموناس موجود در این کودها، با ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفات آلی و در نتیجه معدنی شدن و قابل جذب شدن آن‌ها می‌شود. علاوه بر این، این باکتری‌ها با کنترل قارچ‌های بیماری‌زا (Pal et al., 2001) و از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی و ساخت آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند (کاهش اتیلن)، سبب رشد ریشه و در نتیجه جذب عناصر غذایی می‌شوند (Abdul-Jaleel et al., 2007). در خصوص تأثیر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات بر روی جذب عناصر غذایی راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) در پژوهشی بر روی گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf)، مشاهده نمودند که مصرف یک گونه باکتری حل‌کننده فسفات همراه با تری‌کلسیم فسفات، موجب بهبود بارز غلظت فسفر ساقه نسبت به شاهد گردید. در تحقیقی دیگر که توسط ساندر و همکاران (Sundara et al., 2002) در گیاه نیشکر (*Sacharum officinarum* L.) انجام شد، مشاهده گردید که کاربرد یک گونه از باکتری‌های حل‌کننده فسفات به نام *Bacillus megatherium* همراه با سنگ فسفات، غلظت فسفر در غلاف برگ و عملکرد ساقه نیشکر را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین تورو و همکاران (Toro et al., 1997) نیز نشان دادند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات، موجب افزایش غلظت نیتروژن و فسفر اندام رویشی نسبت به تیمار عدم مصرف گردید. این محققین بیان نمودند که کودهای زیستی با ترشح اسیدهای آلی و معدنی موجب

کاسبرگ (۲/۷۶ درصد) معنی‌دار نبود. ابوباکر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) نیز در چای ترش بیان نمودند که حداکثر مقدار فسفر برگ و کاسبرگ در استفاده از غلظت کامل کود شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی تثبیت‌کننده ازت و فسفر به‌دست آمد و بین دو تیمار تلفیق غلظت کامل کود شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت‌کننده ازت و فسفر و تلفیق ۵۰ درصد غلظت کود شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت‌کننده ازت و فسفر برای درصد فسفر برگ اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بیان نمود که کاربرد مجزای تلفیق باکتریایی، کود زیستی و تلفیق آن‌ها با کود شیمیایی NPK، درصد فسفر کاسبرگ را به طور معنی‌داری افزایش داد. این محقق بیان نمود که بهترین تیمار تلفیق باکتریایی + ۵۰ درصد غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK بود. کمترین درصد فسفر برگ و کاسبرگ به ترتیب با مقادیر ۰/۲۸۰ و ۰/۲۲۷ درصد برای گیاهان تحت تیمار عدم استفاده از کود (شاهد) حاصل شد که اختلاف آن با تیمارهای نیتروکسین + بیوفسفات + ۱۰۰ درصد NPK، نیتروکسین + بیوفسفات + ۵۰ درصد NPK و NPK معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) به ترتیب ۹۱/۴۳ و ۱۴۹/۳۴ درصد، موجب بهبود درصد فسفر برگ و کاسبرگ شد. تیمار نیتروکسین + بیوفسفات + ۵۰ درصد NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) بهبود معنی‌داری را برای صفات درصد فسفر برگ (۱۳۹/۶۴ درصد) و کاسبرگ (۲۶۶/۹۶ درصد) نشان داد. اختلاف تیمار NPK با این تیمار نیز برای درصد فسفر برگ و کاسبرگ معنی‌دار بود (جدول ۳) و نسبت به تیمار NPK موجب بهبود درصد فسفر برگ (۲۵/۱۹ درصد) و کاسبرگ (۴۷/۱۷ درصد) شد. بهبود ویژگی‌های درصد فسفر برگ و کاسبرگ در تیمارهای نیتروکسین + بیوفسفات + ۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین + بیوفسفات + ۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر این صفات بود. نتایج گزارش شده توسط میتال و همکاران (Mittal et al., 2008) مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی فسفر بر غلظت فسفر اندام‌های گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مطابقت داشت. این محققین بیان نمودند که کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی فسفر نسبت به کود فسفر موجب بهبود معنی‌دار فسفر اندام‌های گیاه نخود شد. جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل، رشد سیستم ریشه و

کاهش pH محیط ریشه و افزایش قابلیت جذب فسفر و نیتروژن در ریزوسفر و در نتیجه افزایش غلظت آن‌ها در اندام‌های رویشی می‌شوند. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای درصد فسفر برگ و کاسبرگ چای ترش مبین آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود جذب فسفر در چای ترش می‌شود. این نتایج در توافق با یافته‌های شالان و همکاران (Shalan et al., 2001) و حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بود. به عبارت دیگر، کودهای زیستی فسفر مورد نیاز گیاه را تأمین نموده و افزودن بیشتر کود شیمیایی موجب تثبیت و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد.

درصد پروتئین برگ و کاسبرگ

در تجزیه مرکب دو سال زراعی اثر تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و تلفیق آن‌ها بر درصد پروتئین برگ و کاسبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن بود که بیشترین درصد پروتئین برگ (۱۱/۸۲ درصد) در تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK حاصل شد که اختلاف آن با تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK با مقدار ۹/۷۸ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK حداکثر درصد پروتئین کاسبرگ (۱۵/۰۶ درصد) را نیز دارا بود ولی اختلاف آن با تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK (۱۴/۷۵ درصد) معنی‌دار نبود (جدول ۳). اختلاف تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK با تیمارهای شاهد (عدم استفاده از کود) و NPK برای درصد پروتئین برگ و کاسبرگ نیز معنی‌دار بود (جدول ۳). این تیمار نسبت به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به ترتیب ۲۱۳/۵۳ و ۱۰۲/۶۹ درصد، نسبت به تیمار NPK به ترتیب ۶۵/۰۸ و ۲۲/۶۴ درصد و نسبت به تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK به ترتیب ۲۰/۸۶ و ۲/۱۰ درصد، پروتئین برگ و کاسبرگ را بهبود بخشید. در تیمار عدم استفاده از کود (شاهد) کمترین درصد پروتئین برگ (۳/۷۷ درصد) و کاسبرگ (۷/۴۳ درصد) به دست آمد (جدول ۳). تیمار NPK نسبت به تیمار شاهد موجب بهبود معنی‌دار درصد پروتئین برگ (۸۹/۹۲ درصد) و کاسبرگ (۶۵/۲۸ درصد) شد. اختلاف تیمار نیتروکسین+

بیوفسفات+۵۰ درصد NPK با تیمارهای شاهد (عدم استفاده از کود) و NPK برای درصد پروتئین برگ و کاسبرگ نیز معنی‌دار بود (جدول ۳). این تیمار نسبت به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به ترتیب ۱۰۲/۶۹ و ۹۸/۵۲ درصد و نسبت به تیمار NPK به ترتیب ۲۲/۶۴ و ۲۰/۱۱ درصد، موجب بهبود درصد پروتئین برگ و کاسبرگ شد. بهبود ویژگی‌های درصد پروتئین برگ و کاسبرگ در تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK مبین تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر این صفات بود. این موضوع با نتایج رام رائو و همکاران (Ram Rao et al., 2007) در توت (*Morus alba* L.) مطابقت داشت. کاربرد کودهای زیستی با فراهمی نیتروژن مقدار تقسیت نیتروژن از سایر قسمت‌ها به برگ و کاسبرگ را در مقایسه با هیدرات‌های کربن افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن برگ و کاسبرگ و درصد پروتئین آن‌ها شده است. دلیل بالا بودن پروتئین برگ و کاسبرگ با کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به جذب سریع‌تر نیتروژن و افزایش غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی و در نتیجه انتقال بیشتر به برگ و کاسبرگ ذکر کرد (Marschner, 1995). همچنین کاربرد کودهای زیستی موجب تثبیت نیتروژن می‌گردد که این عنصر ماده اولیه تشکیل دهنده پروتئین می‌باشد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای درصد پروتئین کاسبرگ چای ترش نشان داد که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود جذب نیتروژن و تولید پروتئین در کاسبرگ‌های چای ترش می‌شود. به عبارت دیگر کودهای زیستی نیتروژن مورد نیاز گیاه برای ساخت پروتئین در کاسبرگ را تأمین نموده و افزودن بیشتر کود شیمیایی موجب تثبیت و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد.

محتوای آنتوسیانین کاسبرگ

نتایج تجزیه مرکب آزمایش حاکی از تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و تلفیق آن‌ها بر محتوای آنتوسیانین کاسبرگ بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (۱۰۱/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK به-

دست آمد و اختلاف معنی‌دار با تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK (۹۹/۶۲ میلی گرم در گرم وزن خشک) نداشت (جدول ۳). این تیمار نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) ۱۰۲/۰۳ درصد، نسبت به تیمار NPK، ۲۲/۳۰ درصد و نسبت به تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، ۲/۰۳ درصد، محتوای آنتوسیانین کاسبرگ را بهبود بخشید. کمترین محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (۵۰/۳۱ میلی گرم در گرم وزن خشک) از تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) حاصل شد. تیمار NPK نسبت تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) موجب بهبود معنی‌دار (۶۵/۲۰ درصد) محتوای آنتوسیانین کاسبرگ شد. اختلاف تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK با تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) و NPK برای محتوای آنتوسیانین کاسبرگ معنی‌دار بود (جدول ۳). این تیمار نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) ۹۸/۰۱ درصد و نسبت به تیمار NPK، ۱۹/۸۷ درصد محتوای آنتوسیانین کاسبرگ را بهبود بخشید. بهبود ویژگی محتوای آنتوسیانین کاسبرگ در تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر صفت فوق بود. این مسئله در تطابق با یافته‌های حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بود. این محقق بیان نمود که استفاده از کود زیستی یا تلقیح باکتریایی به تنهایی یا در تلفیق با کود شیمیایی محتوای آنتوسیانین کاسبرگ را به‌طور معنی‌دار بهبود بخشید. این محقق بیان نمود که باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن موجود در کود زیستی از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن موجب افزایش محتوای آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش شده‌اند.

ساخته شدن آنتوسیانین و تجمع آن در بافت‌های گیاهی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله میزان هیدرات‌های کربن موجود در بافت‌ها قرار می‌گیرد (Taiz & Zeiger, 2006). به عبارت دیگر توسعه رنگدانه‌های سلول و ساخت آنتوسیانین با بالا رفتن میزان کربوهیدرات‌ها نسبت مستقیم داشته و هر عاملی که بتواند روی افزایش، جذب یا ساخته شدن قندها مؤثر باشد، باعث افزایش میزان آنتوسیانین کل در گیاه می‌شود (Vitrac et al., 2000). به دلیل اینکه آنتوسیانین جزو ترکیبات فلاونوئیدی می‌باشد، تجمع مواد فنلی حساس به تنش عناصر غذایی بوده و میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد. بنابراین، مقادیر اضافی نیتروژن معمولاً رشد را تحریک نموده و از تولید فنل جلوگیری می‌کند

(Omidbaigi & Nobakht, 2001)، ولی از آنجایی که واحدهای سازنده فلاونوئیدها نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های فوق ضروری می‌باشد، بنابراین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن توسط ریشه چای ترش، موجب افزایش محتوای آنتوسیانین این گیاه دارویی شده‌اند (Hassan, 2009). علاوه بر این ریشه تلقیح شده با کودهای زیستی توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیک فعال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که این مواد موجب افزایش محتوای ماده آلی و هیدرات‌های کربن گیاه و در نتیجه افزایش آنتوسیانین می‌شوند (Rodriguez & Fraga, 1999). اسیدجیبرلیک یک هورمون گیاهی است که تجزیه ترکیبات ذخیره‌ای گیاه توسط آن تسهیل می‌شود. به گونه‌ای که این هورمون موجب تحریک آنزیم آلفا آمیلاز و دیگر آنزیم‌های هیدرولیزی می‌گردد که خود عامل هیدرولیز کننده برای منبع ذخیره‌ای می‌باشند. در نتیجه در افزایش مواد هیدروکربنی گیاه مؤثر بوده و میزان آنتوسیانین را افزایش می‌دهند (Liang et al., 1996). از آنجا که کودهای زیستی به جذب منیزیم و کلسیم در گیاه کمک می‌کنند، می‌توانند سنتز آنتوسیانین را افزایش دهند (Vitrac et al., 2000). عناصر معدنی مانند کلسیم باعث بالا رفتن میزان هیدرات‌های کربن شده و موجب توسعه رنگدانه‌های سلولی و سنتز آنتوسیانین می‌شود (Vitrac et al., 2000). لی و همکاران (Li et al., 2002) بیان نمودند که کلسیم با تأثیر مثبت روی آنزیم فنیل آلانین آمونیالایاز ۱ (PAL) باعث افزایش سنتز آنتوسیانین می‌شود. استفاده از کودهای زیستی در تلفیق با ۵۰ یا ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده NPK موجب بهبود درصد آنتوسیانین کاسبرگ شد. این نتیجه در توافق با یافته‌های حسن (Hassan, 2009) و عباس و علی (Abbas & Ali, 2011) در چای ترش بود. حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بیان نمود که بهترین تیمار تلقیح باکتریایی به علاوه ۵۰ درصد غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK بود. این محقق بیان نمود که باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن موجود در کود زیستی از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن موجب افزایش محتوای آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش شده‌اند. خلیل و یوسف (Khalil & Yousef, 2014) در چای

ترش بیان نمودند که بیشترین مقدار آنتوسیانین از کاربرد ۱۰۰ درصد NPK و اسیدهیومیک در مقایسه با تیمارهای دیگر به‌دست آمد. این محققین بیان نمودند که در حضور اسید هیومیک و کاهش pH در محیط ریزوسفر، نیتروژن و فسفر بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و این مسأله موجب افزایش محتوای آنتوسیانین کاسبرگ می‌شود. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای این صفت حاکی از آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی سبب بروز حداکثر پتانسیل آنتوسیانین در کاسبرگ چای ترش می‌شود. این نتیجه در توافق با یافته‌های شالان و همکاران (Shalan et al., 2001) و حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بود. به عبارت دیگر، کودهای زیستی کاستی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه برای حصول حداکثر پتانسیل این صفت را تأمین نموده‌اند و افزودن بیشتر کود شیمیایی نه تنها موجب افزایش معنی‌دار این صفت نمی‌شود، بلکه موجب شستشو و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد.

محتوای ویتامین C و درصد اسیددیده کاسبرگ

در تجزیه مرکب دو سال زراعی اثر تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و تلفیق آن‌ها بر محتوای ویتامین C و درصد اسیددیده کاسبرگ چای ترش معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای ویتامین C و درصد اسیددیده کاسبرگ ($28/40$ میلی‌گرم در گرم وزن خشک و $0/692$ درصد) از گیاهان تحت تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK به‌دست آمد که با گیاهان تحت تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK ($28/32$ میلی‌گرم در گرم وزن خشک و $0/685$ درصد) اختلاف معنی‌دار نداشتند. در تیمار عدم استفاده از کود (شاهد) کمترین محتوای ویتامین C کاسبرگ با مقدار $16/94$ میلی‌گرم در گرم وزن خشک و درصد اسیددیده کاسبرگ ($0/303$ درصد) به‌دست آمد و اختلاف آن با تیمار NPK معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) به ترتیب $46/93$ و $46/20$ درصد، محتوای ویتامین C و درصد اسیددیده کاسبرگ چای ترش را بهبود بخشید. تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) بهبود معنی‌داری را برای محتوای ویتامین C

(به‌ترتیب $67/65$ و $67/18$ درصد) و درصد اسیددیده کاسبرگ (به ترتیب $128/38$ و $126/07$ درصد) نشان دادند. اختلاف تیمار NPK با این تیمارها برای محتوای ویتامین C کاسبرگ نیز معنی‌دار بود (جدول ۳) و نسبت به تیمار NPK موجب بهبود محتوای ویتامین C (به ترتیب $14/10$ و $13/78$ درصد) و درصد اسیددیده (به ترتیب $56/21$ و $54/63$ درصد) کاسبرگ شد. بهبود ویژگی‌های محتوای ویتامین C و درصد اسیددیده کاسبرگ در تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر صفات فوق بود. این مسأله در تطابق با یافته‌های ابوباکر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) و حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بود. این محققین بیان نمودند که استفاده از کود زیستی به تنهایی یا در تلفیق با کود شیمیایی محتوای ویتامین C و درصد اسیددیده کاسبرگ را به‌طور معنی‌دار بهبود بخشید.

تولید ویتامین C بستگی به وجود قند در میوه دارد چرا که گیاه اسید اسکوربیک را از قندهای هگزوز مثل D-گلوکز و D-گالاکتوز می‌سازد (Fortaleza et al., 2005). فرییر و همکاران (Freire et al., 2010) و دیاس و همکاران (Dias et al., 2011) بیان نمودند که اسیدهای آلی و قندهای موجود در منابع آلی قابل دسترس برای گیاه سطوح ویتامین C را در میوه اضافه می‌نمایند. علاوه بر این از آنجایی که کودهای زیستی دارای اسیدهای آلی و قند می‌باشند، این منابع ممکن است به میوه انتقال یابند و موجب ساخت ویتامین C گردند (Nardi et al., 2002). از طرف دیگر، برای حصول حداکثر ویتامین C کاسبرگ چای ترش، باید بین عناصر غذایی تعادل برقرار گردد تا گیاه با نیل به حداکثر رشد رویشی به حداکثر کیفیت تغذیه‌ای نیز نایل گردد. این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عناصر لازم برای حصول حداکثر کیفیت (فسفر و پتاسیم) تعادل برقرار باشد. این باکتری‌ها با ایجاد تعادل بین عناصر، موجب حداکثر رشد رویشی و کیفیت می‌شوند. ناگی (Nagy, 1980) بیان نمود که سطوح بالای نیتروژن موجب کاهش محتوای ویتامین C آب پرتقال (*Citrus sinensis* L.)، لیمو (*Citrus limonum* Risso.)، گریپ فروت (*Citrus paradisi*) و ماندارین (*Citrus reticulata* L.) شد، در صورتی که افزایش میزان پتاسیم موجب افزایش محتوای اسید اسکوربیک این میوه‌ها گردید. بر اساس این گزارش، کود نیتروژن، به خصوص در نرخ

بالا، به نظر می‌رسد که موجب کاهش غلظت ویتامین C در بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات می‌گردد، ولی در کلم پیچ (*Brassica oleracea* L. c.v. capitata) غلظت ویتامین C رابطه مستقیمی با نیتروژن دارد (Muller & Hippe, 1987). این اختلاف ممکن است به علت تفاوت در عادت رشد و شرایط رو به رشد محصولات گیاهی مختلف باشد. با این حال، به نظر می‌رسد که کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش ویتامین C و اسیدیت کاسبرگ چای ترش گردند. وجود فسفر کافی در محیط ریشه سبب توسعه سریع ریشه و استفاده بهتر گیاه از آب و دیگر مواد غذایی ضروری می‌شود و در نتیجه میزان ویتامین C و اسیدهای خوراکی موجود در میوه بهبود یافته و اسیدیت میوه بالا می‌رود. بر اساس یافته‌های باجل و همکاران (Bagel et al., 1989) کودهای زیستی با افزایش جذب فسفر در فعال ساختن آنزیم‌هایی که برای سنتز ویتامین C و سایر اسیدهای خوراکی لازم و ضروری می‌باشند، نقش اساسی دارند و با افزایش فسفر جذب شده، فعالیت این آنزیم‌ها نیز بیشتر شده و در نتیجه غلظت ویتامین C در میوه بالا می‌رود. علاوه بر این استفاده گیاه از ذخایر عناصر کم مصرف خاک در جوار کود زیستی در افزایش ویتامین C و اسیدهای خوراکی میوه نقش دارد. شاید بتوان گفت که کودهای زیستی از طریق افزایش سطح تماس ریشه گیاه با خاک و توسعه ریشه، جذب مواد غذایی مورد نیاز و آب را بالا برده و در نتیجه باعث افزایش کیفیت میوه می‌شوند. در این آزمایش نیز کود زیستی با افزایش فسفر قابل جذب برای گیاه باعث افزایش غلظت ویتامین C و اسیدهای خوراکی در کاسبرگ شده است. بنابراین درصد اسیدیت نیز بالا رفته است. این باکتری‌ها با ساخت انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه باعث افزایش رشد و کیفیت محصول می‌شوند. علاوه بر این کودهای زیستی با تولید تنظیم کننده‌های رشد، به طور غیر مستقیم بر کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها و سبزیجات تأثیر می‌گذارند. استفاده از جیبرلین محتوای ویتامین C چای سبز (*Camellia sinensis* L. ra ۱۸ درصد افزوده است (Liang et al., 1996). عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای محتوای ویتامین C و درصد اسیدیت کاسبرگ چای ترش حاکی از آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بروز حداکثر پتانسیل این صفات می‌شود. این نتایج در توافق با یافته‌های شالان و همکاران (Shalan et

al., 2001) و حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بود. به عبارت دیگر، کودهای زیستی حداکثر کیفیت مورد نیاز کاسبرگ‌های چای ترش را تأمین نموده‌اند و افزودن بیشتر کود شیمیایی نه تنها موجب افزایش کیفیت نمی‌شود، بلکه موجب شستشو و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد.

وزن خشک کاسبرگ

اختلاف وزن خشک کاسبرگ در تجزیه مرکب دو سال زراعی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و تلفیق آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). در مقایسه میانگین تیمارها بیشترین وزن خشک کاسبرگ (۴۰/۴۱ گرم در بوته) از تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK به‌دست آمد که اختلاف آن با تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK (۳۸/۹۲ گرم در بوته) معنی‌دار نبود (جدول ۳). ابوباقر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) نیز در چای ترش بیان نمودند که حداکثر وزن خشک کاسبرگ در استفاده از غلظت کامل کود شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی تثبیت کننده ازت و فسفر به‌دست آمد و بین دو تیمار تلفیق غلظت کامل کود شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت کننده ازت و فسفر و تیمار تلفیق ۵۰ درصد غلظت کود شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت کننده ازت و فسفر برای وزن خشک کاسبرگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بیان نمود که کاربرد مجزای تلقیح باکتریایی، کود زیستی و تلفیق آن‌ها با کود شیمیایی NPK، عملکرد کاسبرگ را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. این محقق بیان نمود که بهترین تیمار تلقیح باکتریایی به علاوه ۵۰ درصد غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK بود و با کاربرد این تیمار می‌توان با استفاده از نصف غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK به حداکثر کمیت و کیفیت چای ترش رسید. کمترین وزن خشک کاسبرگ (۱۶/۷۳ گرم در بوته) از تیمار شاهد (عدم استفاده از کود) به‌دست آمد و اختلاف آن با تیمار NPK برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار NPK نسبت به تیمار شاهد موجب بهبود وزن خشک کاسبرگ (۴۶/۵۶ درصد) در گیاه شد. اختلاف تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای وزن خشک کاسبرگ با تیمار شاهد معنی‌دار بود (جدول ۳) و موجب بهبود وزن خشک کاسبرگ (به ترتیب ۱۴۱/۵۴ و ۱۳۲/۶۴ درصد) شد. اختلاف این

تیمارها با تیمار NPK نیز برای وزن خشک کاسبرگ معنی‌دار شد (جدول ۳) و نسبت به آن، موجب بهبود وزن خشک کاسبرگ (به ترتیب ۶۴/۸۰ و ۵۸/۷۳ درصد) شد. این نتیجه در توافق با یافته‌های ابوباکر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) در چای ترش بود. استفاده از کودهای زیستی در تلفیق با ۵۰ یا ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده NPK موجب بهبود وزن خشک کاسبرگ شد. این نتیجه در توافق با یافته‌های هاردی و آمارا (Harridy & Amara, 1998) در چای ترش بود. بهبود ویژگی وزن خشک کاسبرگ در تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر این صفت بود. این نتایج در توافق با یافته‌های قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) و محفوظ و شرف‌الدین (Mahfoz & Sharaf- Eldin, 2007) در رازیانه و سانچز و همکاران (Sanches et al., 2008) در بارهنگ (*Plantago major* L.) بود. قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) بیان نمودند که تلقیح مرزنجوش با ۱۵ و ۳۰ درصد عصاره آبی کمپوست و کودهای بیولوژیک موجب تحریک هورمونی، توسعه ریشه و تأمین نیتروژن ترکیبی و در نتیجه افزایش عملکرد ماده خشک شده است. محفوظ و شرف‌الدین (Mahfoz & Sharaf- Eldin, 2007) بیان نمودند که کوددهی رازیانه با ازتوباکتر کوروکوکوم، آزوسپیریلیوم لیپوفروم و باسیلوس مگاتریوم در تلفیق با ۵۰ درصد غلظت NPK، وزن خشک گیاه و عملکرد میوه را نسبت به تیمار ۵۰ و ۱۰۰ درصد غلظت NPK افزایش دادند. بیشترین مقدار عملکرد میوه در تیمار ۵۰ درصد NPK و ترکیب نژادهای ازتوباکتر کوروکوکوم، آزوسپیریلیوم لیپوفروم و باسیلوس مگاتریوم به‌دست آمد. این محققین بیان نمودند که این مسأله ممکن است ناشی از نقش ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم در تثبیت نیتروژن و فراهم نمودن مواد اغواء کننده رشد ایندول استیک اسید و جیبرلین‌ها برای گیاه باشد. همچنین باکتری‌های حل‌کننده فسفات باسیلوس مگاتریوم ممکن است موجب افزایش جذب فسفر و عناصر میکرو شوند.

استفاده از کودهای زیستی از طریق بهبود فعالیت میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (سیتوکین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی (Karthikeyan et al., 2008) سبب افزایش فتوسنتز و بهبود

ماده خشک گیاهی گردیده است که این مسئله در نهایت باعث افزایش وزن خشک کاسبرگ چای ترش شد. چنین به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی برای ریشه گیاه شده است. فراهمی عناصر غذایی موجب تحریک رشد گیاه و افزایش اجزای عملکرد و به تبع آن افزایش وزن خشک کاسبرگ گردیده است. به عبارت دیگر، کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ضمن افزایش رشد رویشی و با ایجاد مقصد فراوان و انتقال آسمیلات‌های تولیدی حاصل از رشد رویشی، رشد زایشی را نیز افزایش داده‌اند (Mohammadpour Vashvaei et al., 2015). به نظر می‌رسد که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکین با استفاده از اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱- آمینوسیکلو پروپان-۱- کربوکسیلیک اسید دی‌آمیناز^۲ و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتريت ۱- آمینوسیکلو پروپان-۱- کربوکسیلیک اسید (نیتريت ACC)^۳ به وسیله آنزیم ACC دامیناز^۴ حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهم‌ترین سازوکار تأثیر این باکتری‌ها باشند (Zahir et al., 2004). علاوه بر این، باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفر، در حضور نیتروژن و فسفر شیمیایی، نیتروژن و فسفر بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Mohammadpour Vashvaei et al., 2015). با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر نیتروژن و فسفر توسط گیاه کمک کنند. با توجه به اثر مثبت این عناصر در عملکرد زیستی و تشکیل گل، می‌توان نتیجه گرفت که تأمین نیتروژن و فسفر کافی برای چای ترش یکی از راهکارهای افزایش عملکرد زیستی محسوب شده و دلیل دیگر را می‌توان به نقش بسیار مهم فسفر در تأمین انرژی در ساختار ATP دانست، زیرا برای تثبیت نیتروژن انرژی فراوانی مورد نیاز گیاه است (Olivera et al., 2002). بسیاری از محققین (Mohammadpour Vashvaei et al., 2010; Yadegari et al., 2010; Adesemoye et al., 2010; Kumar et al., 2007; Kumar et al., 2009) به نقش مثبت

۲- Ethylene, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase

۳- Nitrite, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (Nitrite ACC)

۴- 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase (ACC deaminase)

ریزوباکترهای محرک رشد گیاه، بر عملکرد محصولات زراعی مختلف اشاره کرده‌اند و آن را به ترشح هورمون‌های گیاهی، تولید و آزادسازی انواع اسیدهای آلی در خاک، تثبیت نیتروژن و در نهایت، برهمکنش مثبت بین آن‌ها و سایر ریزموکودات خاک نسبت داده‌اند. از آنجایی که کمبود عناصر غذایی، یکی از عوامل اصلی تعیین کننده عملکرد کاسبرگ است، تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بود و به تبع آن وزن خشک کاسبرگ کمتری داشت.

عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوسفات+۵۰ درصد NPK برای وزن خشک کاسبرگ گیاه چای ترش حاکی آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود عملکرد کاسبرگ در چای ترش می‌شود. این نتایج در توافقی با یافته‌های شالان و همکاران (Shalan et al., 2001) و حسن (Hassan, 2009) در این گیاه و شالان و همکاران (Shaalan, 2005) در سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) بود. به عبارت دیگر کودهای زیستی عناصر غذایی موردنیاز گیاه جهت رشد گیاه و رسیدن به عملکرد پتانسیل را تأمین نموده‌اند و افزودن بیشتر کود شیمیایی تأثیر معنی‌دار بر افزایش عملکرد و اجزای آن ندارد و موجب شستشو و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد. عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه، به ویژه نیتروژن باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شود. عنصر فسفر در کنار نیتروژن موجب رشد زایشی و میوه‌دهی می‌شود. فسفر یک عنصر ضروری جهت تقسیم سلولی، توسعه ریشه و تشکیل دانه است (El-Gizawy & Mehasen, 2009). باکتری‌های موجود در کودهای زیستی به کار گرفته شده در این آزمایش از طریق تأمین عناصر معدنی نظیر فسفر، آهن، مس و روی به ویژه نیتروژن برای گیاه، باعث افزایش وزن خشک کاسبرگ می‌شوند. کودهای زیستی عناصر معدنی غیرقابل دسترس و همچنین ترکیب‌های آلی را به شکل قابل دسترس برای گیاه فراهم می‌کنند، همچنین باعث افزایش رشد می‌شوند (Akhtar & Siddiqui, 2009).

برای عملکرد کاسبرگ بالا باید رشد رویشی یا زایشی در گیاه، متعادل و کاسه‌های گل مراحل رشدی خود را به طور کامل طی کرده و بزرگ شوند. این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر)

تعادل برقرار باشد. این باکتری‌ها با ایجاد تعادل بین عناصر موجب حداکثر رشد رویشی و زایشی می‌شوند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که کاربرد کودهای زیستی به همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی بهترین تیمار کودی در جهت افزایش وزن خشک کاسبرگ در گیاه چای ترش است. این نتیجه با تحقیقات دیگر محققان نیز مطابقت دارد. حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بیان نمود که بهترین تیمار تلقیح باکتریایی به علاوه ۵۰ درصد غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK است و با کاربرد این تیمار می‌توان با استفاده از نصف غلظت توصیه شده کود شیمیایی NPK به حداکثر کمیت چای ترش رسید. حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2013) بیان نمودند که تیمارهای تلفیقی کودهای زیستی و ۵۰ درصد کودهای شیمیایی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کودی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) و اجزای عملکرد کودی تخم کاسبرگ (*Convar. pepo* Var. *styriaca*) شده است. الحربی و وهب الله (Al-Harbi & Wahb-Allah, 2006) نیز در پژوهش خود روی کدو تابستانه (*Cucurbita pepo* L.) نشان دادند که کاربرد نیتروژن به میزان ۷۲ کیلوگرم در هکتار در ترکیب با کود زیستی (ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و کلسیلا^۵) نسبت به کاربرد نیتروژن به میزان ۲۱۶ کیلوگرم در هکتار بدون تلقیح با باکتری، عملکرد کل را افزایش داد. الگیزاوی و محسن (El-Gizawy & Mehasen, 2009) نیز نشان دادند که بالاترین عملکرد دانه باقلا (*Vicia faba* L.) در ترکیب کودی باکتری‌های حل کننده فسفات و کود شیمیایی فسفر به دست آمد. یساری و همکاران (Yasari et al., 2008) نیز نشان دادند که تیمار کود شیمیایی+ تلقیح با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم حصول بیشترین عملکرد دانه در کلزا (*Brassica napus* L.) را موجب شدند. شاهین و همکاران (Shaheen et al., 2007) در تحقیق خود نشان دادند که عملکرد غلاف بامیه (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) در کاربرد ۵۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع سولفات آمونیوم+ازتوباکتر یا آزوسپریلیوم نسبت به کاربرد ۱۰۰ درصدی کود نیتروژن بدون تلقیح، افزایش معنی‌دار داشت.

همبستگی و تجزیه مؤلفه‌های اصلی

نتایج حاصل از همبستگی بین صفات (جدول ۴) نشان داد که بیشترین همبستگی بین درصد پروتئین برگ و کاسبرگ (۰/۹۸) وجود

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین غلظت عناصر N، P، و ترکیب های بیوشیمیایی و وزن خشک کاسبرگ چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آن ها (سالهای ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)
Table 4- Correlations between N and concentration, biochemical traits and sepal dry weight of roselle under effects of chemical and bio-fertilizers and combination of them (2012 and 2013)

صفات Traits	درصد Leaf N (%)	درصد نیتروژن Sepal N (%)	درصد فسفر Leaf P (%)	درصد فسفر Sepal P (%)	درصد پروتئین Leaf protein (%)	درصد پروتئین Sepal protein (%)	محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (میلی- گرم/گرم وزن خشک) Sepal anthocyanin content (mg.g ⁻¹ dry weight)	محتوای ویتامین C کاسبرگ (میلی گرم/گرم وزن خشک) Sepal vitamin C content (mg.g ⁻¹ dry weight)	درصد اسیدیته کاسبرگ Sepal acidity (%)
درصد نیتروژن کاسبرگ Sepal N (%)	0.94**								
درصد فسفر برگ Leaf P (%)	0.85**	0.90**							
درصد فسفر کاسبرگ Sepal P (%)	0.90**	0.89**	0.96**						
درصد پروتئین برگ Leaf protein (%)	0.98**	0.94**	0.85**	0.80**					
درصد پروتئین کاسبرگ Sepal protein (%)	0.95**	0.97**	0.91**	0.90**	0.94**				
محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (میلی- گرم/گرم وزن خشک) Sepal anthocyanin content (mg.g ⁻¹ dry weight)	0.94**	0.93**	0.85**	0.95**	0.94**	0.93**			
محتوای ویتامین C کاسبرگ (میلی- گرم/گرم وزن خشک) Sepal vitamin C content (mg.g ⁻¹ dry weight)	0.64**	0.68**	0.72**	0.64**	0.64**	0.68**	0.65**		
درصد اسیدیته کاسبرگ Sepal acidity (%)	0.70**	0.70**	0.67**	0.65**	0.69**	0.70**	0.69**	0.97**	
وزن خشک کاسبرگ (گرم/بونه) Sepal dry weight (g.plant ⁻¹)	0.78**	0.76**	0.70**	0.71**	0.78**	0.75**	0.46*	0.45*	0.48**

* and ** are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

جدول ۵- تجزیه به مؤلفه‌های غلظت عناصر N و P، ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشک کاسبرگ چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آن‌ها (سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

Table 5- Principal component of N and P concentration, biochemical traits and sepal dry weight of roselle under effects of chemical and bio-fertilizers and combination of them (2012 and 2013)

صفات Traits	مؤلفه اول Prin1	مؤلفه دوم Prin2	همبستگی صفات با مؤلفه اول Correlation with prin1	همبستگی صفات با مؤلفه دوم Correlation with prin2
درصد نیتروژن برگ Leaf N (%)	0.3353	-0.0289	0.97**	-0.03 ^{ns}
درصد نیتروژن کاسبرگ Sepal N (%)	0.3374	-0.0903	0.97**	-0.08 ^{ns}
درصد فسفر برگ Leaf P (%)	0.3255	-0.1599	0.94**	-0.14 ^{ns}
درصد فسفر کاسبرگ Sepal P (%)	0.3261	-0.1169	0.94**	-0.10 ^{ns}
درصد پروتئین برگ Leaf protein (%)	-0.0301	0.3347	-0.03 ^{ns}	0.97**
درصد پروتئین کاسبرگ Sepal protein (%)	-0.0928	0.3372	-0.08 ^{ns}	0.98**
محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (میلی‌گرم/گرم وزن خشک) Sepal anthocyanin content (mg.g ⁻¹ dry weight)	-0.0592	0.3357	-0.05 ^{ns}	0.97**
محتوای ویتامین C کاسبرگ (میلی‌گرم/گرم وزن خشک) Sepal vitamin C content (mg.g ⁻¹ dry weight)	-0.2471	0.5349	-0.46*	0.81**
درصد اسیدیته کاسبرگ Sepal acidity (%)	-0.2731	0.5949	-0.52*	0.89**
وزن خشک کاسبرگ (گرم/بوته) Sepal dry weight (g.plant ⁻¹)	0.5465	-0.2955	0.95**	-0.47*
ریشه مشخصه Eigen value	7.37	1.75	مجموع واریانس توجیه شده Total of justified variance	
درصد واریانس توجیه شده Proportion of justified variance	83.71	7.50	91.21	

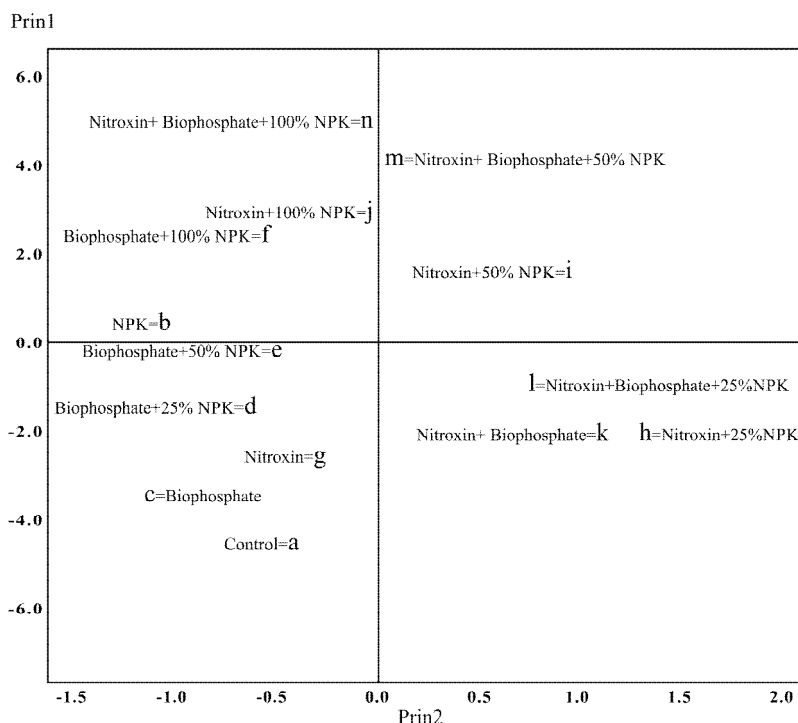
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

* and **: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and ns is not significant, respectively.

درصد واریانس کل را توجیه می‌نمایند، که از این مقدار سهم مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۸۳/۷۱ و ۷/۵۰ درصد بود. لذا کمتر از دو مؤلفه برای بیان مفاهیم بیولوژیک کافی بود. از آنجایی که همبستگی صفات درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ (هر یک ۰/۹۷)، درصد فسفر برگ و کاسبرگ (هر یک ۰/۹۴) و وزن خشک کاسبرگ (۰/۹۵) با مؤلفه اول بالا بود، می‌توان این مؤلفه را تحت عنوان "عملکرد" نامگذاری نمود. در مؤلفه دوم متغیرهای درصد پروتئین برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۸)، محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (۰/۹۷)، محتوای ویتامین C کاسبرگ (۰/۸۱) و درصد اسیدیته کاسبرگ (۰/۸۹) دارای همبستگی بالا با این مؤلفه بودند. بنابراین این مؤلفه را می‌توان تحت عنوان "کیفیت" نامگذاری نمود. نمودار حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تیمارهای آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است. تیمار نیتروکسین+۵۰ درصد NPK (i) دارای عملکرد

همبستگی وزن خشک کاسبرگ با درصد نیتروژن برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۷۶)، درصد فسفر برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۷۱)، درصد پروتئین برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۷۵) مثبت، قوی و بسیار معنی‌دار بود. همبستگی وزن خشک کاسبرگ با محتوای آنتوسیانین، محتوای ویتامین C و درصد اسیدیته کاسبرگ (به ترتیب ۰/۴۶، ۰/۴۵ و ۰/۴۸) مثبت، متوسط و معنی‌دار بود (جدول ۴). در این تحقیق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ۱۰ صفت زراعی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در چای ترش انجام شد. ریشه و بردارهای مشخصه و نسبت واریانس که توسط هر مؤلفه و مجموع آن‌ها توجیه می‌گردد، در جدول ۵ نشان داده شده است. در تجزیه حاصل دو مؤلفه استخراج گردید، زیرا ضرایب ماتریس باقیمانده اجازه استخراج مؤلفه‌های بیشتر را نداد. بردار مشخصه مربوط به دو ریشه مشخصه اول نشان داد که دو مؤلفه اول در مجموع ۹۱/۲۱

قابل قبول و کیفیت خوب بود. تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK (m) دارای کیفیت قابل قبول و عملکرد خوب بود.



شکل ۱- نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تیمارهای مورد بررسی (a=شاهد، b=NPK، c=بیوفسفات، d=بیوفسفات+۲۵ درصد NPK، e=بیوفسفات+۵۰ درصد NPK، f=بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK، g=نیتروکسین، h=نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، i=نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، j=نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK، k=نیتروکسین+بیوفسفات، l=نیتروکسین+بیوفسفات+۲۵ درصد NPK، m=نیتروکسین+بیوفسفات+۵۰ درصد NPK، n=نیتروکسین+بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK)

Fig.1- Diagram of principal component analysis of studied treatments (a=Control, b=NPK, c=Biophosphate, d=Biophosphate+25% NPK, e=Biophosphate+50% NPK, f=Biophosphate+100% NPK, g=Nitroxin, h=Nitroxin+25% NPK, i=Nitroxin+50% NPK, j=Nitroxin+100% NPK, k=Nitroxin+ Biophosphate, l=Nitroxin+ Biophosphate+25% NPK, m=Nitroxin+ Biophosphate+50% NPK, n=Nitroxin+ Biophosphate+100% NPK)

زیستی بیوفسفات و نیتروکسین موجب بهبود رشد گیاهان و افزایش کمیت و کیفیت کاسبرگ در چای ترش شد. این بهبود ممکن است در نتیجه اثرات مستقیم کودهای شیمیایی و یا اثرات غیرمستقیم از طریق آلودگی میکروبی باشد. بنابراین، استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی ضمن فراهم کردن بهترین سیستم تغذیه‌ای برای گیاه و افزایش کیفیت و عملکرد کاسبرگ گیاه دارویی چای ترش و پایداری تولید آن و با هدف کاهش مصرف و افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی در راستای نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست توصیه می‌گردد. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم نهاده و کاهش هزینه‌های مصرف کودهای شیمیایی به نظر می‌رسد که کودهای زیستی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید

تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK (n) دارای حداکثر عملکرد بود ولی از کیفیت قابل قبولی برخوردار نبود چرا که از نظر مؤلفه دوم در ناحیه دوم مختصات قرار گرفته بود. با توجه به نتایج حاصل جهت حصول حداکثر عملکرد و کیفیت مطلوب بهترین تیمار در آزمایش فوق تیمار بیوفسفات+ نیتروکسین+ ۵۰ درصد NPK بود. این تیمار در حین اینکه حداکثر عملکرد را تولید نمود، کیفیت مورد قبول را نیز ارائه داد. لذا در راستای نیل به تولید چای ترش در نظام‌های زراعی کم نهاده توصیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی NPK به همراه کودهای

منابع

- Abbas, M.K., and Ali, A.S. 2011. Effect of foliar application of NPK on some growth characters of two cultivars of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). American Journal of Plant Physiology 6(4): 220-227.
- Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7-11.
- Abo-Baker A.A., and Gehan G.M. 2011. Effect of bio-and chemical fertilizers on growth, sepals yield and chemical composition of *Hibiscus sabdariffa* at new reclaimed soil of south valley area. Asian Journal of Crop Science 3:16-25.
- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., and Kloepper, J.W. 2008. Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. Canadian Journal of Microbiology 54: 876-886.
- Ahmed, A.K. 1980. Karkade (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed as new oilseed and a source of edible oil. PhD dissertation, University of Reading, England.
- Akhtar, M.S., and Siddiqui, Z.A. 2009. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and *Rhizobium* sp. On the growth, nodulation, yield and root- rot disease complex of chickpea under field condition. African Journal of Biotechnology 8(15): 3489-3496.
- Al-Harbi, A.R., and Wahb-Allah, M.A. 2006. Effect of biofertilization under different nitrogen levels on growth, yield and quality of summer squash. Journal of the Saudi Society for Agricultural Sciences 5(1): 42-54.
- Aseri, G.K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A.V., and Meghwal, P.R. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae 117: 130-135.
- Bagel, S.D., Shaikh, G.A., and Adsule, R.N. 1989. Influence of different levels of N, P and K fertilizers on the protein, ascorbic acid, sugars and mineral contents. Journal of Maharashtra Agricultural Universities 14(2): 153-155.
- Bremner, J.M., and Mulvaney, G.S. 1982. Nitrogen Total. In: A.L. Page (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. p. 595-622.
- Chemists. 1970. Official and Tentative Methods of Analysis. 11th Ed., Madison Publisher, Washington, D.C., USA.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sephidkan, F., and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and biological phosphate fertilizer on the quality and quantity of essential oil of fennel. Iran Aromatic and Medicinal Plant Research Journal 24: 396-413. (In Persian with English Summary)
- Das, K., Dang, R., and Shivananda, V. 2008. Influence of biofertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of *Stevia rebaudiana* grown in South India. International Journal of Applied Research in Natural Products 1: 20-24.
- Dias, T.J., Cavalcante, L.F., Freire, J.L.O., Nascimento, J.A.M., Beckmann-Cavalcante, M.Z., and Santos, G.P. 2011. Qualidade química de frutos do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande 15(3): 229-236.
- Du, C.T., and Francis, F.J. 1973. Anthocyanins of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Food Science 38: 810-812.
- Duke, J.A. 1983. Handbook of Energy Crops. Electronic publication on the NewCROPS web site, Purdue University. https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html
- El-Gizawy, N.K.B., and Mehasen, S.A.S. 2009. Response of Faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. World Applied Sciences Journal 6(10): 1359-1365.
- Faraji, M.H., and Tarkhani, A.H. 1999. The effect of sour tea (*Hibiscus sabdariffa*) on essential hypertension. Journal of Ethnopharmacology 7: 231-236.
- Fortaleza, J.M., Peixoto, J.R., Junqueira, N.T.V., Oliveira, A.T., and Rangel, L.E.P. 2005. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal 27(1): 124-127.
- Freire, J.L.O., Cavalcante, L.F., Rebequi, A.M., Nunes, J.C., Dias, T.J., and Cavalcante, I.H.L. 2010. Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) 5(1): 102-110.
- Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). Journal of Agriculture and Biological Science 10: 381-387.

- Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. Food and Agriculture Organization 2: 52-63.
- Habibi, A., Heidari, G.R., Sohrabi, Y., and Mohammadi, K. 2013. Effect of biofertilizers and chemical fertilizers on yield and yield components of pumpkin (*Cucurbita pepo* L. Convar. *pepo* Var. *styriaca*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(4): 604-615. (In Persian with English Summary)
- Hajeeboland, R., Asgharzadeh, N., and Mehrfar, Z. 2004. Ecological study of azotobacter in two pasture lands of the north-west Iran and its inoculation effect on growth and mineral nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Omid) plants. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(2): 75-90. (In Persian with English Summary)
- Harridy, I.M., and Amara, M. 1998. Effect of presowing inoculation of seeds by nitrogen fixed bacteria on growth, fruit production, sepals yield and the chemical composition of roselle plants. Egypt Journal of Applied Science 13: 217-231.
- Hassan, F.A.S. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. Annals of Agricultural Science 54: 437-446.
- Hayat, A.E.H. 2007. Physiological studies on *Hibiscus sabdariffa* L. production in new reclaimed soils. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Egypt.
- Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi.
- Jacobs, M.B. 1951. The Chemical Analysis of Food and Food Products Standardized Dye Method. Vol. 27. 2nd Ed., D Van Nostrand Co., New York p. 31-36.
- Kalra, A. 2003. Organic cultivation of medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and quality enhancement. Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs), FAO 198 p.
- Karami, A., and Sepehri, A. 2013. Effects of application of nitroxin and biophosphate on the nutrient use efficiency and harvest index of (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. Sustainable Agriculture and Production Science 23(3): 144-156.
- Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., and Changxing, Z. 2008. The effect of AM fungi and phosphorous level on the biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. Eurasian Journal of Biosciences 2: 26-33.
- Khalid, A., Muhammad, A.M., and Zahir, Z.A. 2004. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Journal of Applied Microbiology 96: 473-480.
- Khalil, S.E., and Abdel-Kader, A.A.S. 2011. The influence of soil moisture stress on growth, water relation and fruit quality of *Hibiscus sabdariffa* L. grown within different soil types. Nature and Science 9(4): 62-74.
- Khalil, S.E., and Yousef, R.M.M. 2014. Study the effect of irrigation water regime and fertilizers on growth, yield and some fruit quality of *Hibiscus sabdariffa* L. International Journal of Advanced Research 2(5): 738-750.
- Kianisadr, M., and Borna, A. 2008. Environmental Effects of Chemical Fertilizers. 2nd Iranian National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan. 17-18 October p. 4216-4199.
- Kumar, B., Trivedi, P., and Pandey, A. 2007. *Pseudomonas corrugates*: A suitable bacterial inoculants for maize grown under rain fed conditions of Himalayan region. Soil Biology and Biochemistry 39: 3093-3100.
- Kumar, T.S., Swaminathan, V., and Kumar, S. 2009. Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on growth, yield and essential oil constituents in ratoon crop of davana (*Artemisia pallens* Wall.). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 8(2): 86-95.
- Li, Z.H., Gemma, H., and Iwahori, S. 2002. Stimulation of 'Fuji' apple skin color by ethephon and phosphorus calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. Scientia Horticulture 94: 193-199.
- Liang, Y., Lu, J., and Shang, S. 1996. Effect of gibberellins on chemical composition and quality of tea (*Camellia sinensis* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture 72: 411-414.
- Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21(4): 361-366.
- Marschner, H. 1995. Nutrition of Higher Plants, 2nd Ed. Academic Press, San Diego, CA 889 p.
- Metwally, M.M., Afify, M.M., Wahba, H.E., Makarem, A.M., Mohamed A., Mohamed, A.E., and Mahfouz, S. 2002. Effect of irrigation and vapor gard on growth, yield and chemical composition of roselle plant. Bullten of National Research Centre (NRC), Egypt 27(4): 533-548.
- Mittal, V., Sigh, O., Nayyar, H., Kaur, G., and Tewari, R. 2008. Stimulatory effect of phosphate solubilizing fungal strains (*Aspergillus awarvori* and *Pencillum citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. GPF2.). Soil Biology and Biochemistry 40: 718-727.
- Mohammadpour Vashvaei, R., Galavi, M., Ramroudi, M., and Fakheri, B.A. 2015a. Effects of drought stress and bio-fertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 7(2): 237-253. (In Persian with English Summary)

- Morton, J. 1987. Roselle. p. 281–286. In: Morton, J. F. Fruits of warm climates. Miami, FL.
- Mosali, J., Desta, K., Teal, R.K., Freeman, K.W., Martin, K.L., Lawles, J.W., and Raun, W.R. 2006. Effect of foliar application of phosphorus on winter wheat grain yield, phosphorus uptake, and use efficiency. *Journal of Plant Nutrition* 29: 2147-2163.
- Muller, K., and Hippe, J. 1987. Influence of differences in nutrition on important quality characteristics of some agricultural crops. *Plant and Soil* 100: 35–45.
- Nagy, S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 28: 8–18.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianelo, F. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34(4): 1527-1536.
- Obiefuna, P.C., Owolabi, O.A., Adegunloye, B.J., Obiefuna, L.P., and Sofola, O.A. 1994. The petal extract of *Hibiscus sabdariffa* produces relaxation of isolated rat aorta. *Journal of Pharmacognosy* 32: 69-74.
- Olivera, M., Iribane C., and Liuck, C. 2002. Effect of Phosphorus on Nodulation and N₂ Fixation by Bean (*Phaseolus vulgaris*). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbia Phosphate Solubilization. Salamanca University, Salamanca, Spain 16-19 July.
- Omidbaigi, R., and Nobakht, A. 2001. Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of Milk thistle. *Pakistan Journal of Biological Science* 4: 1345-1349.
- Owolabi, O.A., Ajagbona, B.J. Sfolo, O.A., and Obiefuna, P.C. 1995. Mechanism of relaxant effect mediated by an aqueous extract of *Hibiscus sabdariffa* petal in isolated aorta. *International Journal of Pharmacy* 33: 210-214.
- Pal, K.K., Tilak, V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R., and Singh, C.S. 2001. Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomia phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminearum* caused by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research* 156: 209–223.
- Pouryousef, M., Chaichi, M.R., Mazaheri, V., Fakhretabatabaai, M., and Ashraf Jafari, V. 2007. Effect of different soil fertilizing systems on seed and mucilage yield and seed P content of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). *Asian Journal of Plant Sciences* 6: 1088-1092.
- Raifa, A.H., Hemmat, K.I., Hala, M.S., and Sadak, M.S. 2005. Increasing the active constituents of sepals of Roselle (*Hibiscus subdariffa* L.) plant applying gibberellic acid and benzyladenine. *Journal of Applied Science Research* 1(2): 137-146.
- Ram Rao, D.M., Kodandar Amaiah, J., Reddy, M.P., Katiyar R.S., and Rahmathulla, V.K. 2007. Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworm cocoon characters under semiaride conditions. *Caspian Journal of Environmental Science* 5(2): 111-117.
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. *Microbiological Research* 156: 145-149.
- Rawia, A., Eid, S., Abo-sedera, A., and Attia, M. 2006. Influence of nitrogen fixing bacteria incorporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of *Celosia argentea*. *World Journal of Agricultural Sciences* 2: 450-458.
- Revilas, J.J., Rodelas, B., Pozo, C., Martinez-Toledo, M.V., and Gonzalez-Lopez, J. 2000. Production of B-group vitamins by two Azotobacter strains with phenolic compounds as sole carbon source under diazotrophic and adiazotrophic conditions. *Journal of Applied Microbiology* 89: 486-493.
- Rodriguez, H., and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances* 17: 319-339.
- Russel, R. 1977. Plant Root Systems (the Function and Interaction with the Soil). Marcel Dekter. USA.
- Sanchez, G.E., Carballo, G.C., and Romos, G.S.R. 2008. Influence of organic manures and biofertilizers on the quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *P. lanceolata* L. *Revista cubana de plantas. Medicinales* 13: 12-15.
- SAS Institute. 2013. The SAS system for Windows. Release 9.2. SAS Institute. Cary, NC.
- Shaaan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research* 83: 811-828.
- Shaheen, A.M., Fatma, A., Omiama, R., Sawan, M., and Ghoname, A.A. 2007. The integrated use of bio-inoculants and chemical nitrogen fertilizer on growth, yield and nutritive value of two okra (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivars. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 1(3): 307-312.
- Shalan, M.N., Abd El-Latif, T.A., Soliman, S.G., and El-Ghawas, E.O. 2001. Effect of some chemical and biofertilizer treatments on roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Egyptian Journal of Agricultural Research* 79: 587-606.
- Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India 424 p.
- Singh, S., and Kapoor, K.K. 1999. Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a Vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biology and*

- Fertility Soils 28: 139-144.
- Sundara, B., Natarajan, V., and Hari, K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. *Field Crops Research* 77: 43-49.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. *Plant physiology*, (4th Edition). Sinauer Associates, Sunderland, England, 623 p.
- Tanaka, T., Kojima, T., Yoshimi, N., and Mori, H. 1993. Chemoprevention of diethylnitrosamine induced hepatocarcinogenesis by a simple phenolic acid. Protocatechuic acid in rats. *Cancer Research* 53: 2775-2779.
- Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science* 89: 136-150.
- Toro, M., Azcon, R., and Barea, J.M. 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (³²P) and nutrient cycling. *Applied and Environmental Microbiology* 63(11): 4408-4412.
- Vitrac, X., Larronde, F., Krisa, S., Decendit, A., Deffieux, G., and Mérillon, J.M. 2000. Sugar sensing and Ca²⁺ calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. *Phytochemistry* 53: 659-665.
- Yadegari, M., Asadirahmani, H., Noormohammadi, G., and Ayneband, A. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Plant Nutrition* 33: 1733-1743.
- Yasari, E., Esmaili Azadgoleh, A.M., Pirdashti, H., and Mozafari, S. 2008. *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculant as biofertilizer in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. *Asian Journal of Plant Sciences* 7(5): 490-494.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in Agriculture. *Advanced Agronomy* 81: 97-168.



Effect of Different Fertilization Systems (Chemical, Biological and Integrated) on Nitrogen and Phosphorus Concentration, Biochemical Attributes and Sepals Dry Weight of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

R. Mohammadpour Vashvaei^{1*}, A. Ghanbari² and B.A. Fakheri³

Submitted: 23-10-2014

Accepted: 04-02-2015

Mohammadpour Vashvaei, R., Ghanbari, A., and Fakheri, B.A. 2017. Effects of different fertilization systems (chemical, biological and integrated) on elements concentration, biochemical attributes and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology 9(3): 652-674.

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a subtropical medicinal plant belongs to the Malvaceae family. Roselle sepals are valuable due to its therapeutic properties and culinary uses. During past decades rising cost of chemical inputs and overusing them in conventional farming have caused various environmental issues such as soil and water resources contamination, reduction in food quality production, decreasing soil fertility and biological imbalance in the soil that they impose irreparable damage to ecosystems. Sustainable agriculture which is based on the use of bio-fertilizers with the aim of eliminating or considerably reducing the use of chemical inputs is the optimal solution to overcome these problems. Abo-Baker and Gehan (2011) in their study on the effect of bio-fertilizers in combination with different rates of chemical fertilizers on growth characters, yield component and chemical constituents of roselle demonstrated that the inoculation with the mixture of bio-fertilizers combined with 50 or 100% chemical fertilizers improved, in most cases, growth characters and increased sepal yield or at least did not differ significantly from the control (full recommended dose of NPK alone). These researchers stated that applying 50% of the recommended dose of NPK plus the mixture of bio-fertilizer can save half of the quantity of chemical fertilizers, decrease the production cost and obtain high quality product. The present study was designed to investigate the effect of bio-fertilizers in combination with different doses of chemical fertilizers on the element concentrations, biochemical properties and yield of roselle to find the appropriate integration of them.

Material and Methods

This experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications, at the Research Station, University of Zabol, during growing season of 2011-2012 and 2012-2013. Experimental treatments were plant nutrition with NPK (220, 130 and 75 kg.h⁻¹ of urea, triple super phosphate and potassium sulphate, respectively), bio-phosphate, bio-phosphate + 25% NPK, bio-phosphate + 50% NPK, bio-phosphate + 100% NPK, nitroxin, nitroxin + 25%NPK, nitroxin + 50%NPK, nitroxin + 100%NPK, nitroxin + bio-phosphate, nitroxin + biophosphate + 25% NPK, nitroxin + biophosphate + 50% NPK, nitroxin + biophosphate + 100% NPK and control (non-use of any fertilizer). Plant traits such as leaf nitrogen and protein, sepal nitrogen and protein, leaf and sepal phosphorus, sepal anthocyanin and vitamin C content, sepal acidity and sepal dry weight of roselle were measured. For statistical analysis, combined analysis of variance, Duncan's multiple range test (DMRT), simple correlation analysis and principal component analysis were performed using SAS version 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and Discussion

The results of combined analysis of variance of two years showed that the effects of different treatments of chemical fertilizers, bio-fertilizers and their combinations were significant ($P \leq 0.01$) for all studied traits. The

1, 2 and 3- MSc student of Agroecology, Professor, Department of Agronomy and Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.40529

highest values of all studied traits belong to the nitroxin + biophosphate + 100% NPK treatment that its difference with nitroxin + biophosphate + 50% NPK treatment was not significant, except for leaf nitrogen and protein. Dry weight of sepals had positive, strong and very significant correlation to the percentage of nitrogen, phosphorous and protein of leaves and sepals. Principal component analysis was extracted two components that justified 83.71 and 7.50% of the total variation. According to weight of the included characteristics, these two components were named to the “yield” and “quality”. Based on the diagram of principal component analysis, treatment "Nitroxin + biophosphate + 50% NPK" was achieved maximum yield and quality of roselle.

Conclusion

The use of 50% of the recommended dose of fertilizers with nitroxin and bio-phosphate bio-fertilizers improved plant growth and enhanced the quality and quantity of roselle sepals. This improvement may be due to the direct results of fertilizers or indirect effects through microbial contamination or activities. Therefore, with respect to the production of medicinal plants in the low-input cropping systems and to achieve sustainable agriculture and environmental protection, combinations of chemical and bio-fertilizers are recommended.

Keywords: Bio-phosphate, Medicinal plants, Nitroxin, NPK, Physiological traits



مقایسه تولید علوفه آمارانت (*Amaranthus spp. L.*) تحت تأثیر مدیریت کودهای ارگانیک و شیمیایی

امیر آینه بند^{۱*}، محمدرضا محمدی تودشکی^۲ و اسفندیار فاتح^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۳

آینه بند، ا.، محمدی تودشکی، م. ر.، و فاتح، ا. ۱۳۹۶. مقایسه تولید علوفه آمارانت (*Amaranthus spp. L.*) تحت تأثیر مدیریت کودهای ارگانیک و شیمیایی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۶۷۵-۶۸۸.

چکیده

گیاه آمارانت (*Amaranthus spp. L.*) از گیاهان زراعی جدید محسوب می‌شود که از سازگاری مطلوبی با بسیاری از مناطق معتدل و گرم برخوردار می‌باشد. بر این اساس، آزمایشی با هدف بررسی تأثیر روش‌هایی مدیریت کود (ارگانیک-شیمیایی) بر ارقام آمارانت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار اصلی شامل روش‌های مدیریت ارگانیک ۱ (کمپوست + نیتروپلاس + بارور ۲ + هیومیکسین)، ارگانیک ۲ (ورمی کمپوست + نیتروپلاس + بارور ۲ + فسفونیتروکارا)، شیمیایی ($N_{50}-P_{30}-K_{20}$)، تلفیق منابع کودهای شیمیایی و زیستی (ورمی کمپوست + فسفونیتروکارا + هیومیکسین + ۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و تیمار شاهد (بدون مصرف هیچ گونه کودی) و فاکتور فرعی شامل دو رقم آمارانت (پلینزمن و کونیز) بود. نتایج نشان داد که روش‌های مدیریت ارگانیک و نیز رقم کونیز بیشترین کمیت صفات ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و کل عملکرد ماده خشک را دارا بودند. عملکرد ماده خشک بیشترین همبستگی معنی‌دار را با صفت وزن ساقه داشت. بیشترین عملکرد علوفه ($368/1$ گرم در متر مربع) مربوط به مدیریت ارگانیک ۲ و رقم کونیز بود که دلیل آن بهتر بودن وزن خشک برگ و ساقه بود. بنابراین نتایج این آزمایش حاکی از مناسب بودن روش‌های مدیریت ارگانیک در گیاه آمارانت در شرایط خوزستان است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، کمپوست، کودهای بیولوژیک، ورمی کمپوست

مقدمه

تناوب زراعی را داشته باشد (Yang & Collin, 2004). استفاده از برگ و دانه‌های آمارانت در تغذیه انسان رایج بوده با این حال، علوفه برخی از گونه‌های آمارانت به‌عنوان خوراک دام با کیفیت بالا استفاده می‌شود. آمارانت دارای ویژگی‌هایی هم‌چون رشد سریع، استفاده کارآمد از آب و پروتئین بالا می‌باشد که بدین سبب، این گیاه را محصول مناسبی جهت تغذیه دام قرار داده است (Pospišil et al., 2008). کیفیت علوفه این گیاه بستگی به مرحله رشدی گیاه دارد، بدین صورت که بالاترین محتوای پروتئین در مرحله اوایل گلدهی می‌باشد (۲۳۰ گرم در کیلوگرم) و پس از گلدهی این مقدار کاهش یافته (۱۳۰

یکی از گیاهان علوفه‌ای که اخیراً مطرح گردیده، آمارانت^۴ با نام علمی *Amaranthus spp. L.* از خانواده تاج خروس^۵ است. این گیاه به‌علت خصوصیات تغذیه‌ای و سازگاری می‌تواند پتانسیل ورود به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگر واکولوژی و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*) - نویسنده مسئول: Email: ayneband@scu.ac.ir

DOI: 10.22067/jag.v9i3.41394

۴- Amaranth

۵- Amaranthaceae

گرم در کیلوگرم) و میزان ADF^1 و NDF^2 در ساقه افزایش می‌یابد (Stordahlet al., 1999). آینه بند (Ayneband, 2004) با مقایسه پنج رقم علوفه‌ای آمارات گزارش داد که عملکرد وزن خشک علوفه ارقام آمارات بین ۱۵ تا ۳۲ تن در هکتار بود. نتایج بیانگر این است که گیاه علوفه‌ای آمارات از پتانسیل مطلوبی جهت کشت و توسعه در خوزستان برخوردار بوده است.

از سوی دیگر استفاده از کودهای شیمیایی معدنی سریع‌ترین راه برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می‌باشد، اما هزینه‌های زیاد مصرف کودهای شیمیایی، ایجاد آلودگی، تخریب محیط زیست و خاک نگران‌کننده می‌باشد، این در حالی است که توسعه کاربرد منابع گیاهی و دامی قابل تجدید و منابع بیولوژیک به جای منابع شیمیایی می‌تواند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های بیولوژیک، مواد آلی خاک، سلامت بو نظام زراعی و افزایش کیفیت محصولات زراعی داشته باشد (Zaidi et al., 2003). امروزه به دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست‌محیطی همچون آیشویی نیتروژن و تولید گازهای گلخانه‌ای همچون دی اکسید نیتروژن (N_2O) توجه بیشتری به کودهای بیولوژیک یا زیستی برای جایگزینی کودهای شیمیایی شده است (Kader et al., 2002). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghadam et al., 2010) نیز گزارش کردند با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی کلیه صفات رشدی و عملکردی گیاه کنگد (*Sesamum indicum* L.) نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشتند و بیشترین مقدار این صفات در تیمار کود گاوی به‌دست آمد که دلیل این امر را آزادسازی تدریجی عناصر غذایی متناسب با رشد گیاه بیان داشتند که نتیجه آن بهبود عملکرد گیاه بود. به‌علاوه، تأمین عناصر غذایی به‌صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از کودهای بیولوژیک به شمار می‌روند (Rai & Gaur 1992). باشان و همکاران (Bashan et al., 2004) نشان دادند که کاربرد کودهای بیولوژیک، ب‌ویژه *آزوسپریلیوم* می‌تواند موجب بهبود قابل توجه ماده خشک، جذب عناصر غذایی، ارتفاع گیاه، اندازه برگ و طول ریشه در غلات شود. به‌طور مشابه کودهای آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست در تعداد زیادی از محصولات کشاورزی به‌طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفته و

کاربرد این کودها علاوه بر تأمین نیازهای غذایی، منجر به ارتقاء شرایط فیزیکی و میکروبی خاک نیز شده است (Yang & Collin, 2004). پیرسته انوشه و همکاران (Piraste Anoshe et al., 2010) با مقایسه اثر کودهای زیستی و شیمیایی در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) اظهار داشتند بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد کودهای شیمیایی و بهترین عملکرد دانه در تیمار مصرف کودهای زیستی به‌دست آمد که علت این امر را قدرت نگهداری بالاتر رطوبت در ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی دانسته‌اند. در پژوهشی اویدجی و همکاران (Oyedjeji, 2014) با مقایسه اثر NPK و کود مرغی بر گیاه آمارات اظهار داشتند، بیشترین تعداد برگ، طول برگ، تعداد شاخه و ارتفاع در تیمار مصرف کود مرغی به‌دست آمد که علت این امر را افزایش حاصلخیزی خاک و فراهمی تدریجی عناصر غذایی در این مدیریت تغذیه‌ای بیان کردند. کاشار و همکاران (Kushare et al., 2010) نیز در مقایسه اثر کودهای دامی و معدنی بر رشد و عملکرد گیاه آمارات، گزارش کردند که بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد که می‌تواند ناشی از بهبود شرایط خاک و توسعه بهتر ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و مواد غذایی از خاک گردد.

با توجه به اهمیت‌های استفاده گیاهان زراعی جدید در الگوهای کشت و بهبود تنوع زراعی و با عنایت به ضرورت کاهش مصرف نهاده‌های برون مزرعه‌ای در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار، هدف از اجرای این آزمایش مطالعه تأثیر مدیریت‌های مختلف کودی ارگانیک و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آمارات و همچنین امکان جایگزینی نهاده‌های آلی و بیولوژیک به جای کودهای شیمیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در تابستان سال ۱۳۹۳ اجرا شد. کمپنه و بیشینه دما در طی دوره کشت بین ۲۰ تا ۴۹ درجه سانتی‌گراد و بدون هیچ گونه بارندگی بود، خصوصیات خاک مزرعه، کمپوست و ورمی-کمپوست مصرفی طبق جدول ۱ بود.

این آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل پنج روش مدیریت کودی بود که عبارتند از: مصرف منفرد کود

- 1- Acid detergent fiber
- 2- Neutral detergent fiber

از *ازتوباکتر*^۵ بودند. در تیمار مصرف منفرد کود شیمیایی (بر اساس $N_{50}P_{30}K_{20}$) نیتروژن از منبع کود اوره، فسفر از منبع کود سوپر فسفات تریپل و پتاس از منبع کود سولفات پتاسیم تأمین شد. در این تیمار ۳۰ درصد نیتروژن در زمان کاشت و مابقی در مرحله هفت برگی به کار رفت. مقدار کود کمپوست و ورمی کمپوست مصرفی به ترتیب معادل ۲۰ و ۱۵ تن در هکتار بود. هر دو نوع کود کمپوست و ورمی-کمپوست با منشأ کود کود پایه گاوی بودند.

از آنجایی که هدف تولید علوفه بود، زمان برداشت گیاهان آمارانت ابتدای مرحله گلدهی در نظر گرفته شد. نمونه‌گیری از برگ و ساقه به صورت مجزا انجام گرفت و نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. تعداد برگ، وزن برگ و سطح برگ نیز در مرحله استقرار گیاه (Jiriae, 2013) اندازه‌گیری شدند. تجزیه آماری به کمک نرم‌افزار SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Sigma Plot 12.3 استفاده گردید.

نتایج و بحث

الف: مرحله استقرار گیاهچه

روند تغییرات تعداد برگ در پاسخ به تیمارهای مختلف کودی برای هر دو رقم آمارانت در اوایل دوره کاشت از الگوی نسبتاً یکسانی در تیمارها پیروی کرد. در ادامه روند رشد (۲۰ روز پس از کاشت) به دلیل تفاوت در تیمارهای کودی روند افزایش تعداد برگ از الگوی یکسانی پیروی نکرد و روندی افزایشی را طی کرد، این روند افزایشی ادامه داشت تا این که در رقم پلیزمن بیشترین تعداد برگ در بوته (۲۱ عدد) مربوط به تیمار کودی ارگانیک ۲ بود. در حالی که تیمار کودی ارگانیک ۱ بیشترین تعداد برگ در بوته (۲۴ عدد) را در رقم کونیز تولید کرد. در هر دو رقم، تیمار کودی شاهد کمترین مقدار برگ را دارا بود (شکل ۱- الف و ب). نبی زاده و همکاران (Nabizade et al., 2012) نشان داد که در اثر تلقیح بذر گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.) با کودهای بیولوژیک، تعداد برگ در بوته افزایش یافت. کوپولنیک و همکاران (Kupulnik et al., 1982) اظهار داشتند که تلقیح بذرهای ذرت (*Zae mays* L.) با باکتری‌های

شیمیایی ($N_{50}-P_{30}-K_{20}$)، ارگانیک ۱ (کمپوست + نیتروپلاس + بارور ۲ به صورت بذر مال + هیومیکسین به صورت محلول‌پاشی)، ارگانیک ۲ (ورمی کمپوست + نیتروپلاس + بارور ۲ به صورت بذر مال + فسفونیتروکارا به صورت محلول‌پاشی)، مصرف تلفیقی منابع کودهای آلی و شیمیایی (ورمی کمپوست + فسفونیتروکارا به صورت بذر مال + هیومیکسین محلول‌پاشی + ۲۰ کیلو گرم اوره در هکتار) و تیمار شاهد (بدون مصرف هیچ گونه کودی). فاکتور فرعی نیز شامل دو رقم گیاه زراعی جدید آمارانت علوفه‌ای به نام‌های پلیزمن^۱ (A. *cruentus*) و رقم کونیز^۲ (A. *hypochondriacus*) بود.

بذرها از دانشکده کشاورزی دانشگاه زاگرب کرواسی تهیه شدند. تاریخ کاشت گیاه ۱۰ خرداد و تاریخ برداشت آن اول شهریور ماه بود. تراکم کشت ۱۲ بوته در مترمربع، فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر، فواصل روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و تعداد خطوط در هر کرت شش خط بود. به دلیل کوچکی بذور آمارانت، کشت به صورت سطحی انجام گرفت و روی بذرها با ماسه پوشانده شد. در هر دو تیمار کشت ارگانیک، به جای مبارزه شیمیایی از روش‌های جایگزین و بوم‌شناختی نظیر وجین دستی علف‌های هرز و اسپری عصاره تنباکو با غلظت دو در هزار جهت مبارزه با آفت برگ‌خوار در اواسط فصل رشد استفاده شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و پس از آن در مراحل اولیه هر چهار روز یک‌بار و سپس به صورت هر هفته یک‌بار انجام شد. کاربرد تیمارهای کودی به صورتی بود که کمپوست و ورمی کمپوست قبل از کشت با خاک مخلوط شدند و مصرف کودهای بیولوژیک به دو صورت بذر مال (نیتروپلاس به مقدار یک لیتر در هکتار، فسفو نیتروکارا ۲۰۰ سی‌سی در هکتار، بارور ۲ و پتا بارور ۲ به صورت ۱۰۰ گرم در هکتار) در زمان کاشت و به صورت محلول‌پاشی (هیومیکسین به میزان چهار لیتر در هکتار، فسفونیتروکارا ۲۰۰ به میزان سی‌سی در هکتار) در مرحله ۲۵ برگی (اواسط رشد رویشی) طبق دستورالعمل توصیه شده انجام گرفت. کودهای بیولوژیک مصرفی حاوی مجموعه‌ای از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و فسفات معدنی و آلی خاک از جنس باسیلوس کواگولانس^۳، آزوسپریلیوم^۴،

۱- Plansman

۲- Koniz

۳- *Bcillus coagulans*

۴- *Azospirillum lipoferum*

۵- *Azotobacter chroococcum*

آزوسپریلیوم باعث افزایش تعداد برگ‌های این گیاه و در نهایت، افزایش عملکرد در مقایسه با شاهد شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه و کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست
Table 1- Results of chemical analysis of the field soil, compost and vermicompost

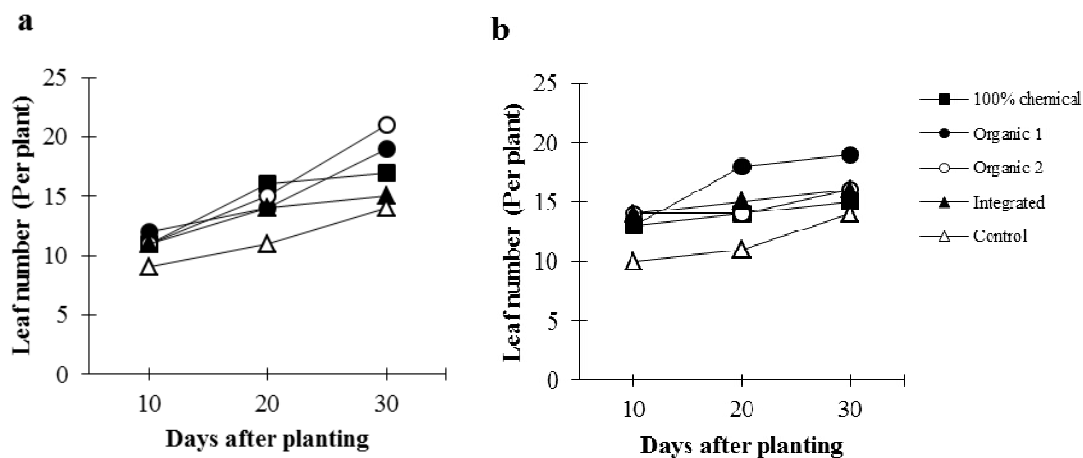
بافت Texture	پتاسیم قابل تبادل (درصد) Kava. (%)	فسفر قابل دسترسی (درصد) Pava. (%)	نیتروژن کل (درصد) Nt (%)	مواد آلی (درصد) O.M (%)	شاخص واکنش pH	الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	هدایت
(لوم-شن) Loam-sand	0.016	0.0013	0.039	0.52	7.8	3.4	خاک Soil
-	0.96	1.2	1.02	30.46	7.1	9.7	کمپوست Compost -
-	1.4	2.35	2.23	39.21	6.4	5.7	ورمی‌کمپوست Vermicompost -

روش شیمیایی، افزایش شاخص سطح برگ^۱ (LAI) برای هر دو رقم تا ۲۰ روز پس از سبز شدن، افزایش یافته و سپس متوقف گردید (شکل ۳- الف و ب)، در حالی که در تیمارهای تلفیقی و ارگانیک در رقم پلینزن از روز بیستم به بعد روند LAI افزایشی بود، ولی در رقم کونیز در بیشتر موارد LAI یک روند افزایشی و مداومی را نشان می‌دهد (شکل ۳- الف و ب). از جمله دلایل این تفاوت می‌توان به این نکته اشاره داشت که احتمالاً کود شیمیایی در یک مرحله عمل کرده در حالی که عناصر در کود آلی به‌طور پیوسته در طی فصل رشد آزاد شده و منجر به افزایش مداوم سطح برگ گردیده است. به هر حال بیشترین LAI برای رقم پلینزن در تیمار کودی ارگانیک ۲ به میزان ۷/۰ بود. در رقم کونیز نیز تیمار مدیریت تلفیقی کود بیشترین (۵۵/۰) مقدار LAI را تولید کرد. نکته قابل ذکر این که در رقم پلینزن استفاده از تیمار کودی ارگانیک ۲ بیشترین تعداد برگ، LAI و وزن خشک اندام‌های هوایی را تولید کرده است (شکل ۱- الف، ۲- الف و ۳- الف) که حاکی از سازگاری مطلوب این رقم با مدیریت ارگانیک خاص (تیمار ارگانیک ۲) می‌باشد. در حالی که به‌نظر می‌رسد رقم کونیز بیشتر با تیمار کودی ارگانیک ۱ سازگار بوده است. از این تفاوت‌ها می‌توان چنین استنباط نمود که مدیریت ارگانیک کود، روشی بسیار پویا می‌باشد، به طوری که نه تنها برای گیاهان مختلف بلکه برای ارقام مختلف یک گیاه نیز باید به دقت محاسبه و مورد توجه قرار گیرد (شکل ۳- الف و ب). حمیدی و همکاران (Hamidi et al.,

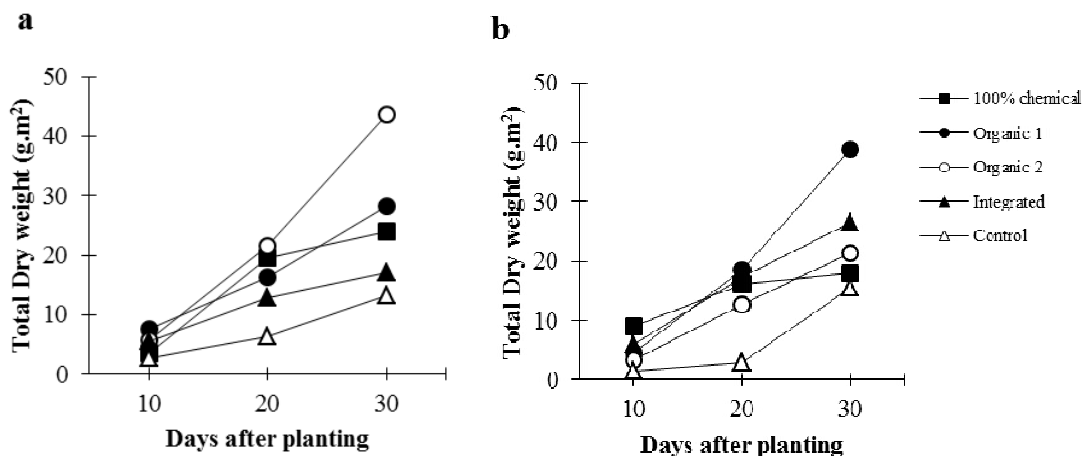
بررسی نتایج ماده خشک گیاه طی دوره استقرار نشان داد که حضور کودهای آلی و بیولوژیک نقش مهمی در تجمع ماده خشک گیاه دارند به‌خصوص در مراحل ۲۰ تا ۳۰ روز پس از کاشت که تغییرات چشم‌گیری مشاهده شد. بدین صورت که بیشترین تجمع ماده خشک در ۳۰ روز پس از کاشت در رقم پلینزن و کونیز به‌ترتیب در تیمار کودی ارگانیک ۲ (۵۵/۴۳ گرم در مترمربع) و تیمار کودی ارگانیک ۱ (۸۳/۳۸ گرم در مترمربع) به‌دست آمد. در حالی که کمترین تجمع ماده خشک در تیمار شاهد برای رقم پلینزن با میانگین (۲۶،۱۳ گرم در مترمربع) به‌دست آمد. با مقایسه تغییرات وزن خشک ارقام آمارانت تحت تأثیر تیمار ارگانیک ۱ و ۲ با تیمار شاهد مشخص می‌شود که ماده خشک کل گیاه به بیش از سه برابر افزایش یافته (شکل ۲- الف و ب) این امر می‌تواند به‌دلایلی همچون بهبود سطح ریشه در پاسخ به ترشح هورمون‌های مختلف گیاهی به‌وسیله کودهای آلی و بیولوژیک باشد که موجب افزایش سطح تماس ریشه با خاک و در نهایت جذب بیشتر عناصر غذایی می‌شود. استانچوا و همکاران (Stancheva et al., 1992) نشان دادند که در اثر تلقیح بذر ذرت با کودهای بیولوژیک، وزن خشک بوته افزایش یافت که دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب عناصر غذایی ذکر کردند. از سوی دیگر، افزایش سطح برگ که تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است و تحت تأثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب و هوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد، بر عملکرد نیز تأثیر خواهد گذاشت (Nezarat & Gholami, 2008). نتایج سومین گروه از صفات مرحله استقرار نشان داد که در

۱- Leaf area index

2007) نشان دادند که استفاده از کودهای بیولوژیک و آلی، تعداد برگ در هر بوته را در گیاه ذرت افزایش داد، آن‌ها دلیل این امر را وجود روابط مثبت بین گیاه با باکتری دانسته‌اند.



شکل ۱- اثر مدیریت کود بر روند تغییرات تعداد برگ ارقام پلیزمن (الف) و کونیز (ب) آمارانت در مراحل ابتدایی رشد
Fig. 1- Effect of fertilizer managements on Leaf number trends Plansman (a) and Koniz cultivars (b) of amaranth at stablishment stage



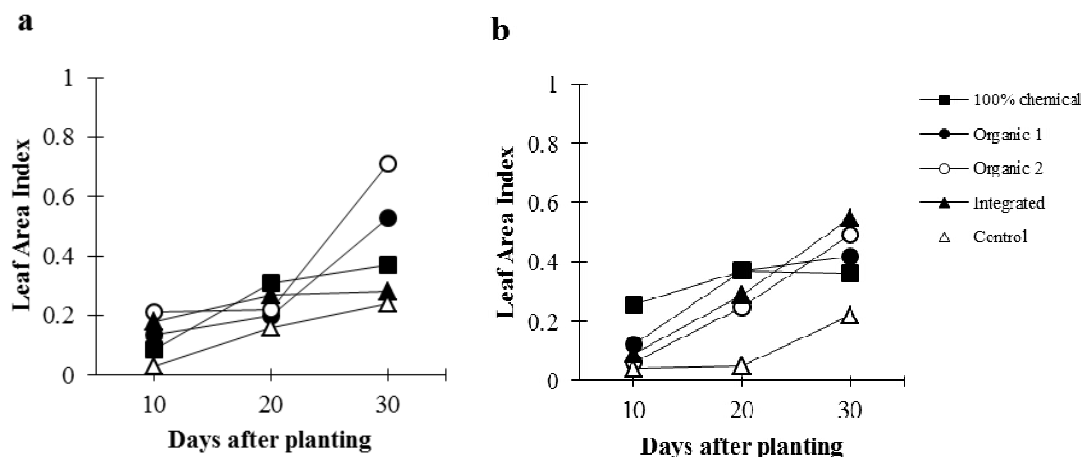
شکل ۲- اثر مدیریت کود بر روند تغییرات وزن خشک ارقام پلیزمن (الف) و کونیز (ب) آمارانت در مراحل ابتدایی رشد
Fig. 2- Effect of fertilizer managements on Total Dry weight trends Plansman (a) and Koniz cultivars (b) of amaranth at stablishment stage

قطر ساقه و عملکرد در سطح یک درصد و برای صفات وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج برهمکنش کود×رقم برای صفات ارتفاع، قطر ساقه و وزن خشک ساقه در سطح یک درصد و برای صفات تعداد برگ، عملکرد، نسبت‌های برگ به ساقه، برگ به کل و ساقه به کل در سطح پنج

ب: عملکرد و اجزای عملکرد

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، مدیریت کود بر صفات ارتفاع و قطر ساقه در سطح یک درصد و وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، عملکرد ماده خشک و نسبت برگ به ساقه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین در این آزمایش اثر نوع رقم برای تعداد برگ،

درصد معنی دار بود (جدول ۲).



شکل ۳- اثر مدیریت کود بر روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام پلینزمن (الف) و کونیز (ب) آمارانت در مراحل ابتدایی رشد
Fig. 3- Effect of fertilizer managements on Leaf area index trends Plansman (a) and Koniz cultivars (b) of amaranth at stablishment stage

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی ارقام آمارانت تحت تأثیر تیمارهای کودی
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for growth and yield indices of two amaranth cultivars as affected by fertilizer treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد برگ Leaf No.	قطر ساقه Stem diameter	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	عملکرد ماده خشک Dry matter yield	نسبت برگ به ساقه Leaf to stem ratio	نسبت برگ به کل Leaf to total ratio	نسبت ساقه به کل Stem to total ratio
بلوک Block	2	250.74 ^{ns}	18.43 ^{ns}	0.05 ^{ns}	151.36 ^{ns}	1427.1 ^{ns}	2470.03 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}
کود Fertilizer	4	1536.66 ^{**}	8.88 ^{ns}	0.24 ^{**}	1527.73 [*]	8244.45 [*]	18761.17 [*]	0.11 [*]	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}
خطای اصلی Main error	2	202.51	4.93	0.03	515.59	2206.33	4079.51	0.03	0.02	0.04
رقم Cultivars	1	23.16 ^{ns}	149.63 ^{**}	0.512 ^{**}	10490.70 [*]	11298.17 [*]	43562.77 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}
کود×رقم Cultivars ×Fertilizer	4	708.91 ^{**}	24.67 [*]	0.17 ^{**}	2577.96 ^{ns}	5066.22 ^{**}	14018.79 [*]	0.15 [*]	0.21 [*]	0.12 [*]
خطای فرعی Sub error	16	71.87	14.3	0.02	1894.31	1510.65	4228.75	0.05	0.04	0.06

ns: not significant and **and*: significantly on probability levels of 1 and 5%, respectively.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه در مدیریت ارگانیک ۲ با میانگین ۱۰۹/۰۶ سانتی‌متر حاصل شد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۶۵/۲ سانتی‌متر بود (جدول ۳). هر چند که بین ارقام تفاوتی برای این صفت دیده نمی‌شود. به نظر می‌رسد فراهمی غیر موی عناصر غذایی در طول دوره رشد که به‌طور یکسان منابع غذایی را برای گیاهان آمارانت فراهم نموده از جمله دلایل این برتری محسوب می‌گردد. همچنین افزایش ماده خشک کل در مرحله استقرار در تیمار ارگانیک ۲ (۴۳/۸۲ گرم در مترمربع) (شکل ۲ الف و ب) و نیز وزن خشک بیشتر

ساقه (۱۹۲/۹۳ گرم در مترمربع) در تیمار ارگانیک ۲ (جدول ۳) در این برتری مؤثر بوده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح کودی و رقم و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد آمارانت

Table 3- Mean comparisons of fertilizer levels and cultivars and their interaction on yield and yield components of amaranth

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) Leaf dry weight (g.m ⁻²)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) Stem dry weight (g.m ⁻²)	عملکرد ماده خشک (گرم در متر مربع) Dry matter yield (g.m ⁻²)
مدیریت کود Fertilizer managment						
کاملاً شیمیایی 100% Chemical	87.34 ^{ab*}	20 ^a	1.48 ^a	127.9 ^{ab}	161.94 ^{Ab}	289.84 ^{ab}
ارگانیک ۱ Organic 1	87.03 ^{ab}	17.66 ^a	1.48 ^a	114.54 ^{ab}	146.49 ^{ab}	261.03 ^{ab}
ارگانیک ۲ Organic 2	109.06 ^a	20.167 ^a	1.59 ^a	159.3 ^a	192.93 ^a	352.23 ^a
تلفیقی Integrated	96.2 ^a	18.16 ^a	1.31 ^{ab}	130.13 ^{ab}	181.23 ^a	311.36 ^{ab}
شاهد Control	65.26 ^b	17.83 ^a	1.08 ^b	105.17 ^b	97.94 ^b	203.11 ^b
رقم Cultivar						
پلینزمن Plansman Cv.	88.103 ^a	16.53 ^b	1.26 ^b	108.71 ^b	136.70 ^b	245.41 ^b
کونیز Koniz Cv.	89.86 ^a	21 ^a	1.52 ^a	146.11 ^a	175.51 ^a	321.62 ^a
کود×رقم Cultivar×fertilizer						
کاملاً شیمیایی×رقم پلینزمن 100% Chemical×Plansman Cv.	83.88 ^{cd}	18.33 ^{abc}	1.36 ^{bcd}	115.54 ^{abc}	146.83 ^{ab}	262.37 ^{ab}
کاملاً شیمیایی×رقم کونیز 100% Chemical×Koniz Cv.	90.8 ^{bc}	21.66 ^a	1.61 ^{ab}	140.25 ^{ab}	177.05 ^{ab}	317.13 ^{ab}
ارگانیک ۱×رقم پلینزمن Organic1×Plansman Cv.	87.96 ^{bcd}	15.66 ^{bc}	1.38 ^{bcd}	92.2 ^{bc}	123.02 ^{bc}	215.22 ^{bc}
ارگانیک ۱×رقم کونیز Organic1×Koniz Cv.	86.1 ^{cd}	19.66 ^{ab}	1.58 ^{abc}	136.88 ^{ab}	169.97 ^{ab}	306.85 ^{ab}
ارگانیک ۲×رقم پلینزمن Organic2×Plansman Cv.	112 ^a	19.33 ^{ab}	1.48 ^{abcd}	152.85 ^{ab}	183.48 ^{ab}	336.33 ^a
ارگانیک ۲×رقم کونیز Organic2×Koniz Cv.	106.13 ^{ab}	21 ^{ab}	1.69 ^a	165.76 ^a	202.38 ^a	368.14 ^a
تلفیقی×رقم پلینزمن Integrated×Plansman Cv.	95.53 ^{abc}	15.66 ^{bc}	1.22 ^d	111.65 ^{abc}	160.85 ^{ab}	272.5 ^{ab}
تلفیقی×رقم کونیز Integrated×Koniz Cv.	96.86 ^{abc}	20.66 ^{ab}	1.4 ^{abcd}	148.61 ^{ab}	201.6 ^a	350.22 ^a
شاهد×رقم پلینزمن Control×Plansman Cv.	61.13 ^e	13.66 ^c	0.84 ^e	71.31 ^c	69.32 ^c	140.63 ^c
شاهد×رقم کونیز Control×Koniz Cv.	69.4 ^{de}	22 ^a	1.31 ^{cd}	139.03 ^{ab}	126.56 ^{bc}	265.59 ^{ab}

*در هر ستون و در هر گروه تیمارهای دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارد.

ارگانیک ۱: (کمپوست + نیتروپلاس + بارور ۲ + هیومیکسین)، ارگانیک ۲: (ورمی کمپوست + نیتروپلاس + بارور ۲ + فسفونیتروکارا)، تلفیقی: (ورمی کمپوست + فسفونیتروکارا + هیومیکسین + ۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار).

*In each column and each group treatments with same letter had no significant differences in probability level of 5% based on Duncan test.

Organic1: (Compost + Nitro plus + Barvar-2 + Humixin-L), Organic2: (Vermicompost + Nitro plus + Barvar-2 + Phospho NitroKara), Integrated: (Vermicompost+Phospho Nitro Kara+ Humixin-L+20kg N ha⁻¹).

در پژوهش مشابهی بریک و گوسوامی (Barik & Goswami, 2003) اظهار داشتند که تلقیح بذره‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) با آزوسپیریلیوم تأثیر مثبتی بر ارتفاع بوته و طول سنبله گندم داشت. به‌طور کلی، دسترسی آب و عناصر غذایی به وسیله کودهای بیولوژیک به‌ویژه فسفر از طریق تولید اسیدهای حل‌کننده فسفات بهبود یافته که در ادامه آزادسازی فسفر معدنی و آلی، موجب افزایش دسترسی به عناصر غذایی، بهبود ریشه‌زایی و در نهایت، افزایش تعداد گره و میان‌گره می‌شود. همچنین حضور کودهای بیولوژیک باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین عناصر میکرو می‌شود (Rusta et al., 1999). زهیر و همکاران (Zahir et al., 1998) نیز افزایش ۵/۸ درصدی ارتفاع بوته ذرت را که بذره‌های آن با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* تلقیح شده بودند، را گزارش دادند.

صفت میانگین تعداد برگ به لحاظ آماری بین روش‌های مختلف مدیریت کودی اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی در مدیریت ارگانیک ۲ این صفت بیشتر بود (۲۰/۱۶ برگ در بوته) (جدول ۳) که می‌تواند به دلیل ارتفاع بیشتر (۱۰۹/۰۶ سانتی‌متر) گیاه در تیمار کودی ارگانیک ۲ باشد (جدول ۳). البته با مقایسه ارقام آمارانت مشخص گردید که بیشترین تعداد برگ (۲۱ برگ در بوته) مربوط به رقم کونیز و کمترین مقدار آن (۱۶/۵۳ برگ در بوته) مربوط به رقم پلینزمن می‌باشد (جدول ۳). صفت قطر ساقه نیز بین تیمارهای مدیریت کودی تفاوت معنی‌داری داشت به‌طوری‌که بیشترین قطر ساقه مربوط به مدیریت ارگانیک ۲ (۱/۵۹ سانتی‌متر) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد (۱/۰۸ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). این وضعیت را می‌توان با بالاتر بودن وزن خشک ساقه (۱۹۲/۹۳ گرم در مترمربع) در تیمار ارگانیک ۲ نسبت به سایر تیمارها مرتبط دانست (جدول ۳). همچنین رقم کونیز در مقایسه با رقم پلینزمن قطر ساقه بیشتری دارا بود (۱/۵۲ در مقایسه با ۱/۲۶ سانتی‌متر) (جدول ۳). در خصوص وضعیت وزن خشک برگ مشاهده شد که بین مدیریت‌های کودی از نظر وزن خشک برگ نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک برگ (۱۵۹/۳ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار ارگانیک ۲ بود (جدول ۳)، به نظر می‌رسد تعداد برگ بیشتر (۲۰/۱۶ برگ در بوته) و ارتفاع بیشتر (۱۰۹/۰۶ سانتی‌متر) در تیمار کودی ارگانیک ۲

مقایسه با سایر مدیریت‌های کودی نقش مهمی در افزایش عملکرد ماده خشک برگ داشته است (جدول ۳). همچنین بیشتر بودن تعداد برگ (۲۰/۱۶ برگ در بوته) (جدول ۳) و شاخص سطح برگ بیشتر (۰/۵) (شکل ۳-الف و ب) در مدیریت ارگانیک ۲ به‌ترتیب در رقم پلینزمن و کونیز در مرحله استقرار نیز دلیلی بر افزایش وزن خشک برگ می‌باشد. در ادامه، بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به مدیریت کودی ارگانیک ۲ با میانگین ۱۹۲/۹۳ گرم در مترمربع بود که با تیمار مصرف تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی با میانگین ۱۸۱/۲۳ گرم در مترمربع تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). به هر حال، کمترین میانگین وزن خشک ساقه (۹۷/۹۴ گرم در مترمربع) بود که در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد ارتفاع و قطر ساقه بالاتر در تیمار ارگانیک ۲ عامل اصلی در افزایش وزن خشک ساقه این گیاه طی مراحل رشد بوده است (جدول ۳). در بین ارقام آمارانت، بیشترین (۱۷۵/۵۱ گرم در مترمربع) و کمترین (۱۳۶/۷ گرم در متر-مربع) وزن خشک ساقه به‌ترتیب مربوط به رقم کونیز و پلینزمن بود (جدول ۳). در این ارتباط دی‌فریتاس (De Freitas, 2000) بیان کرد که تلقیح بذره‌های گندم با *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* منجر به افزایش وزن خشک ساقه و نیز وزن خشک کل گیاه شد. در نهایت، بیشترین کمترین عملکرد ماده خشک به‌ترتیب مربوط مدیریت کودی ارگانیک ۲ (۳۵۲/۲۳ گرم در مترمربع) و تیمار شاهد (۲۰۳/۱۱ گرم در مترمربع) بود (جدول ۳). همچنین رقم کونیز نیز در مقایسه با رقم پلینزمن عملکرد ماده خشک بیشتری تولید نمود (۳۲۱/۶۲ در مقایسه با ۲۴۵/۴۱ گرم در مترمربع) (جدول ۳). از آن‌جا که در تعیین عملکرد علوفه (ماده خشک کل) دو صفت وزن خشک برگ و ساقه بیشترین تأثیر را دارا می‌باشند، نتایج این آزمایش نیز نشان می‌دهد که در تیمار کودی ارگانیک ۲ هم صفت وزن خشک برگ و هم صفت وزن خشک ساقه بیشترین کمیت را دارا می‌باشند (به‌ترتیب ۱۵۹/۳ و ۱۹۲/۹۳ گرم در مترمربع) (جدول ۳). به علاوه، با بررسی شکل‌های ۲ الف و ب مشخص می‌شود که حتی در مرحله استقرار بوته‌های آمارانت نیز بیشترین وزن خشک کل گیاه مربوط به تیمارهای کودی ارگانیک ۱ و ۲ می‌باشد. این برتری می‌تواند از یک سو ناشی از فراهمی مناسب مواد غذایی در طول دوره رشد و از سوی دیگر، نیز احتمالاً به دلیل فعالیت و کارکرد بهتر جوامع میکروبی کودی ارگانیک

باشد، زیرا عدم کاربرد نهاده‌های شیمیایی تا حد زیادی از بروز اثرات منفی بر فعالیت جوامع میکروبی فعال در کودهای بیولوژیکی ممانعت خواهد کرد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی و رقم و برهمکنش آن‌ها بر نسبت‌های عملکردی در گیاه آمارانت علوفه‌ای

Table 4- Mean comparisons of fertilizer treatments and cultivar and their interaction for some growth criteria in amaranth

تیمار Treatment	نسبت برگ به ساقه Leaf/stem ratio	نسبت برگ به کل Leaf/total ratio	نسبت ساقه به کل Stem/total ratio
مدیریت کود Fertilizer managment			
کاملاً شیمیایی 100% Chemical	0.55 ^{ab*}	1.24 ^a	0.809 ^a
ارگانیک ۱ Organic 1	0.56 ^{ab}	1.28 ^a	0.782 ^a
ارگانیک ۲ Organic 2	0.54 ^{ab}	1.32 ^a	0.879 ^a
تلفیقی Integrated	0.58 ^a	1.41 ^a	0.712 ^a
شاهد Control	0.48 ^b	0.93 ^a	1.071 ^a
رقم Cultivar			
پلینزمن Plansman Cv.	0.551 ^a	1.25 ^a	0.826 ^a
کونیز Koniz Cv.	0.541 ^a	1.22 ^a	0.876 ^a
کود×رقم Cultivar×fertilizer			
کاملاً شیمیایی×رقم پلینزمن 100% Chemical×Plansman Cv.	0.81 ^{ab}	0.44 ^b	0.55 ^{ab}
کاملاً شیمیایی×رقم کونیز 100% Chemical×Koniz Cv.	0.8 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.55 ^{ab}
ارگانیک ۱×رقم پلینزمن Organic1×Plansman Cv.	0.75 ^{ab}	0.42 ^{ab}	0.57 ^{ab}
ارگانیک ۱×رقم کونیز Organic1×Koniz Cv.	0.81 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.55 ^{ab}
ارگانیک ۲×رقم پلینزمن Organic2×Plansman Cv.	0.82 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.55 ^{ab}
ارگانیک ۲×رقم کونیز Organic2×Koniz Cv.	0.93 ^{ab}	0.45 ^{ab}	0.54 ^{ab}
تلفیقی×رقم پلینزمن Integrated×Plansman Cv.	0.68 ^b	0.4 ^b	0.59 ^a
تلفیقی×رقم کونیز Integrated×Koniz Cv.	0.73 ^{ab}	0.42 ^{ab}	0.57 ^{ab}
شاهد×رقم پلینزمن Control×Plansman Cv.	1.04 ^{ab}	0.51 ^a	0.48 ^{ab}
شاهد×رقم کونیز Control×Koniz Cv.	1.09 ^a	0.52 ^a	0.47 ^b

*در هر ستون و در هر گروه تیمارهای دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارد.

*In each column and each group treatments with same letter had no significant differences in probability level of 5% based on Duncan test.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد در آمارانت

Table 5- Correlation coefficients of yield and yield components for forage amaranth

صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ارتفاع Height	1								
تعداد برگ Leaf number	0.00 ^{ns}	1							
قطر ساقه Stem diameter	0.00 ^{**}	0.00 ^{ns}	1						
وزن برگ Leaf dry weight	-0.05 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	0.05 ^{ns}	1					
وزن ساقه Stem dry weight	-0.28 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.58 ^{**}	0.3 ^{ns}	1				
عملکرد ماده خشک Dry matter yield	-0.16 ^{ns}	-0.15 ^{**}	0.48 ^{**}	0.59 ^{**}	0.68 ^{**}	1			
ساقه برگ Leaf Stem	0.02 ^{ns}	-0.1 ^{ns}	0.47 ^{**}	0.46 ^{**}	0.62 ^{**}	-0.64 ^{**}	1		
کل برگ Leaf Total	0.07 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	0.45 [*]	0.65 ^{**}	0.59 ^{**}	0.7 ^{**}	0.87 [*]	1	
کل ساقه Stem Total	-0.06 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.44 [*]	0.12 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.19 ^{ns}	-0.17 ^{**}	1

ns: غیر معنی‌دار، ** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns, not significant and **and* significantly on probability levels of 1 and 5%, respectively.

معیار مناسبی خواهد بود اما در کنار آن باید عملکرد کل علوفه را نیز در نظر گرفت. بنابراین، با ترکیب دو صفت نسبت وزن برگ به کل و نیز عملکرد کل علوفه مشخص می‌شود که تیمارهای مدیریت ارگانیک ۱ و ۲ از وضعیت بهتری برخوردار می‌باشند. در ادامه با توجه به نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۵)، بیشترین همبستگی مثبت $r=+0.96^{**}$ بین نسبت برگ به کل و ساقه به برگ بود و بیشترین همبستگی منفی $r=-0.28^{ns}$ بین تعداد برگ و وزن برگ مشاهده شد (جدول ۵). عملکرد گیاه با قطر ساقه، وزن برگ، وزن ساقه، نسبت برگ به کل و نسبت ساقه به برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. به‌هرحال، عملکرد علوفه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری را با صفت وزن ساقه (0.68^{**}) دارا بود. این مسئله بیانگر این است که تولید ساقه‌ای قوتورتر با وزن بیشتر، کمیت عملکرد را افزایش می‌دهد، ولی طبیعتاً کیفیت علوفه را خواهد کاست که این وضعیت با همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد علوفه و تعداد برگ (-0.17^{**}) قابل توضیح است.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین صفات عملکرد علوفه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، قطر ساقه و

ارهارت و هارتل (Erhart & Hartl, 2008) نشان دادند که استفاده از کمپوست باعث افزایش فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل دسترس گیاه شد. آن‌ها اضافه نمودند که کودهای آلی علاوه بر تأمین عناصر غذایی، با بهبود خواص فیزیکی خاک شرایط مناسبی را برای رشد و توسعه ریشه فراهم نمودند. بر این اساس، کاربرد کودهای آلی نظیر کود دامی و کمپوست خواص فیزیکی خاک را بهبود داده و باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و ایجاد فضای مناسب برای رشد و توسعه ریشه می‌گردد. در مقایسه اثر تلفیق کودهای معدنی و ورمی کمپوست بر بهبود عملکرد و جذب عناصر غذایی بر گیاه آمارانت گزارش شده که بیشترین عملکرد علوفه و جذب عناصر غذایی در مصرف تلفیقی ۵،۲ تن در هکتار ورمی کمپوست در تلفیق با کودهای معدنی به‌دست آمده‌است (Preetha et al., 2005). نتایج نسبت‌های وزن اندام هوایی نشان می‌دهد که تیمار شاهد در هر دو رقم آمارانت بیشترین نسبت وزن برگ به ساقه و برگ به کل و کمترین نسبت ساقه به کل را دارا است (جدول ۴). با توجه به کمتر بودن ارتفاع بوته‌های آمارانت در تیمار شاهد، این وضعیت غیر منتظره نیست، زیرا باعث شده که در شرایط عدم کاربرد کود (شاهد) بوته‌هایی کوچک با وزن ساقه کم تولید شوند. البته از آنجایی که هدف تولید محصول علوفه‌ای می‌باشد، افزایش نسبت وزن برگ به کل یا برگ به ساقه

کشاورزی پایدار می‌باشد، لذا مدیریت مناسب کود به‌ویژه مصرف کودهای آلی و بیولوژیک به‌عنوان راهبردی مناسب جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار، ضروری خواهد بود. در مجموع بنابراین نتایج این آزمایش حاکی از مناسب بودن روش مدیریت ارگانیک در گیاه آمارانت در شرایط خوزستان است البته رقم کونیز در روش مدیریت ارگانیک عملکرد بهتری از خود نشان داد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دکتر آنا پاسپیشیل^۱ عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، گروه محصولات زراعی و علوفه دانشگاه زاگرب کرواسی که در تأمین بذر ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تعداد برگ را رقم کونیز دارا بود، ولی در مورد ارتفاع گیاه بین دو رقم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج برهمکنش تیمارهای آزمایش بالاترین عملکرد علوفه مربوط به مدیریت کودی ارگانیک ۲ (ورمی کمپوست+نیتروپلاس+بارور ۲ به‌صورت بذرمال+فسفونیتروکارا به‌صورت محلول‌پاشی) در رقم کونیز بود که تفاوت معنی‌داری با مدیریت کودی ارگانیک ۲ در رقم پلینزمن و همچنین تیمار مدیریت کودی تلفیقی در رقم کونیز نداشت. در مورد صفات وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و قطر ساقه نیز بالاترین کمیت مربوط به تیمار مدیریت کودی ارگانیک ۲ و رقم کونیز بود، ولی در مورد تعداد برگ بالاترین میانگین مربوط به تیمار شاهد و رقم پلینزمن بود. به‌علاوه، در گیاه آمارانت با افزایش قطر ساقه، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه عملکرد گیاه افزایش یافت. از آن‌جایی که حفظ حاصلخیزی خاک و تأمین زمینه‌های لازم برای تولید مداوم محصول از ارکان

منابع

- Aynehband, A. 2004. The introduction of a new forage plant for the first time in Iran, amaranth. Journal of Agricultural Science 27(2): 164-171. (In Persian with English Summary)
- Bashan, Y., Holguin, G., and De-Bashan, L.E. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agriculture and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology 50: 521-577.
- Barik, A.K., and Goswami, A. 2003. Efficacy of biofertilizers with nitrogen levels on growth, productivity and economics in wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agronomy 48: 100-102.
- De Freitas, J.R. 2000. Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum* L., var. Norstar) inoculate with rhizobacteria. Pedobiologia 44: 97-104.
- Erhart, E., Hartl, W., and Putz, B. 2008. Total soil heavy metal contents and mobile fractions after 10 years of biowaste compost fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 378-383.
- Hamidi, A., Asqarzadeh, A., Chokan, R., Dehghan Shoar, M., Ghalavand, A., and Jafarmalakoti, M. 2007. Study of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) biofertilizers application in maize cultivation by adequate input. Journal of Environmental Science 4: 1-20. (In Persian with English Summary)
- Jiriaei, M., Fateh, E., and Aynehband, A. 2013. Evaluation of Mycorrhiza and *Azospirillum* effect on some characteristics of wheat cultivars in stablishment stage. Electronic Journal of Crop Production 6: 45-62. (In Persian with English Summary)
- Kader, M., Mian, M., and Hoque, M. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 250-261.
- Kupulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okan, Y., and Henis, Y. 1982. Effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield maize. Jurdan Journal of Botany 31: 247-255.
- Kushare, Y.M., shete, P.G., Adhav, S.L., and Baviskar, V.S. 2010. Effect of FYM and inorganic fertilizer on growth and yield and Rabi grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.). International Journal of Agricultural Science 6: 491-493.
- Nabizadeh, E., Hbib, H., and Hosainpour, M. 2012. The effect of Fertilizers and biological nitrogen and planting density on yield quality and quantity *Pimpinella anisum* L. European Journal of Experimental Biology 2(4): 1326-1336.

^۱- Ana Pospišil, University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Forage, Zagreb, Croatia.

- Nezarat, S., and Gholami, A. 2008. Evaluation of *Azospirillum* and *Pseudomonas* on maize growth. 2nd National Congress of Ecological Agriculture in Iran pp. 2037-2049. (In Persian)
- Oyedeji, S., Animasaun, D.A., Ajibola Bello, A., and Oladipo Agboola, O. 2014. Effect of NPK and poultry manure on growth, yield, and proximate composition of three amaranths. *Journal of Botany*. 6 pp.
- Pospišil, A., Pospišil, M., Mačević, D., and Svečnjak, Z. 2009. Yield and quality of forage sorghum and different amaranth species (*Amaranthus* spp.) biomass. *Agriculture Conspectus Scientificus (ACS)* 74: 85-89.
- Piraste Anooshe, H., Emam, Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparative effect of biofertilizers with chemical fertilizers on sunflower (*Helianthus annuus* L.) growth, yield and oil percentage in different drought stress levels. *Journal of Agroecology* 2(3): 492-501. (In Persian with English Summary)
- Preetha, D., sushama, P.K., and Marykutty, K.C. 2005. Vermicompost+inorganic fertilizers promote yield and nutrient uptake of amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). *Journal of Tropical Agriculture* 43: 87-89.
- Rai, S.N., and Gaur, A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant and Soil* 34: 131-134.
- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Moradi, R. 2010. Effects of chemical fertilizer and organic manure on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different densities. *Journal of Agroecology* 2(2): 256-265. (In Persian with English Summary)
- Rosta, M., Rastin, N., and Mazaheri Asadi, M. 1999. Investigation effect of *Azospirillum* lipofom activity in some soils Iran. *Iran Agriculture Science Journal* 29: 285-298. (In Persian with English Summary)
- Stancheva, I., Dimitrev, I., Kuloyanova, N., Dimitrova, A., and Anyelove, M. 1992. Effect of inoculation with *Azospirillum* brasilense, photosynthetic enzyme activities and grain yield in maize. *Agronomy Journal* 12: 319-324.
- Stordahl, J.L., Sheaffer, C.C., and Di Costanzo, A. 1999. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. *Journal of Production Agriculture* 12: 249-253.
- Yang, R., and Collins, R. 2004. New crop. In: *The new crop industries hand book* (eds. S.S. Salvin, M. Bourke, and T. Byrn). pp. 1-7. Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra. Australia.
- Zahir, A.Z., and Khalid, M.A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science* 15: 7-11.
- Zaidi, A., Saghir, M., and Amil, M.D. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy* 19: 15-21.



Fodder Production of two Amaranth (*Amaranthus* spp. L.) Cultivars Affected by Organic and Chemical Fertilizer Management

A. Ayneband^{1*}, M.R. Mohammadi² and E Fateh³

Submitted: 19-11-2014

Accepted: 13-05-2015

Ayneband, A., Mohammadi, M.R., and Fateh, E. 2017. Fodder production of two Amaranth (*Amaranthus* spp. L.) cultivars affected by organic and chemical fertilizer management. Journal of Agroecology 9(3): 675-688.

Introduction

One of the forage crops which has recently taken into consideration is Amaranth (*Amaranthus* spp. L.) from *Amaranthaceae*, which could be placed in crop rotation because of both feeding characters and good adaptability. Fodder quality in this crop is strongly depended on the growth stage. The highest protein content (230 kg.ha⁻¹) occurs in the flowering stage. After this stage, fodder quality will reduce (130 kg.ha⁻¹) and the quantity of both ADF and NDF increase in stems, vice versa. Ayneband (2004) tested five Amaranth fodder cultivars and reported that dry matter of these cultivars were between 15 to 32 t.ha⁻¹ and concluded that the crop has a good potential in Khozestan farming system. The main goal of this research is to study the effect of organic and chemical fertilizer managements on yield and yield components of Amaranth.

Material and Methods

This field study was conducted in the summer of 2014 in research station of Agriculture Faculty, Shahid Chamran University of Ahwaz. The experimental design was split plot based on randomized complete blocks design with 3 replications. Main plot factors was five fertilizer managements including: 1- only chemical, 2- organic-A (Compost + Nitroplas + Barvar-2 as seed treatment+ Humicin as foliar application), 3- Organic-B (Vermicompost + Nitroplas + Barvar-2 as seed treatment + Phosphonitrocaras as foliar application), 4- integrated fertilize and 5- control (no fertilizer). Sub-plot factors was two Amaranth cultivar named Plansman and Koniz witch prepared from Zagreb university of Croatia. The seeds, with density of 12 plants in m², was planted in 31 May and harvested in early flowering stage (23 August). Destructive sampling of both leaf and stem dry matter applied every 14 days. Statistical significance of all samples was determined by analysis of variance (ANOVA) and difference of means were compared by Duncan multiple- ranged test using SAS statistical software.

Results and Discussion

A: Seedling establishment stage

The highest dry matter at 30 days after planting in both Plansman and Koniz cultivars was belonged to Organic-B (43.55 g.m⁻²) and organic-A (38.83 g.m⁻²), respectability. Both organic-A and Organic-B fertilizer managements produced 3 times more total dry matter than control. This situation could be caused by improving root distribution in response to exudation of some stimulate chemicals produced by organic or biological fertilizers. In chemical management, LAI increased until 20 days after planting and then stopped for both cultivars. While, in organic and biological management, LAI continuously increased even after that. One main reason for this difference could be due to the fact that chemical fertilizer release nutrients all at once, but both organic and biological fertilizers are among slow-release fertilizers.

B: Crop yield

The highest and lowest plant height was belonged to Organic-B (109.6 cm) and control (65.3 cm), respectively. Also the highest (21) and lowest (16) leaf per plant belonged to Koniz and Plasman cultivars,

1, 2 and 3- Professor in Agroecology, Msc Student in Agroecology and Associate Professor in Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: ayneband@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.41394

respectively. Stem diameter was significantly different between fertilizer treatments. The highest and lowest stem diameter (1.59 and 1.08) was belonged to Organic-B and control managements, respectively. Superiority of Organic-B in stem diameter rather than other treatments was mainly due to higher stem dry matter (192.9 g.m^{-2}) in this treatment. Highest fodder yield (192.93 g.m^{-2}) belonged to Organic-B treatment but had no significant difference with integrated method (181.23 g.m^{-2}). It seems that more stem diameter and height were the main reason for higher stem weight in Organic-B treatment. Among Amaranth cultivars, highest (175.5 g.m^{-2}) and lowest (136.7 g.m^{-2}) stem weight was belonged to Koniz and Plansman cultivars, respectively. In addition, Koniz cultivar produced more yield than Plansman (321.11 vs. 245.41 g.m^{-2}). Leaf and stem dry matter are the most effective indices for determination of fodder yield and our results also showed that Organic-B treatment had a higher amount of these indices (159.2 and 192.9 g.m^{-2} , respectively).

Conclusion

According to the results of this experiment, it has been concluded that Koniz cultivar had significantly higher fodder yield (321.6 g.m^{-2}), stem dry matter (175.5 g.m^{-2}), leaf dry matter (146.1 g.m^{-2}), stem diameter (1.52 cm) and leaf number (21 leaf per plant) than Plansman cultivar. Therefore, the highest fodder yield (368.14 g.m^{-2}) was belonged to Koniz cultivar in Organic-B fertilizer management. Generally, our results showed the suitability of organic fertilizer management for Amaranth production in Khozestan climate, especially for Koniz cultivar.

Keywords: Biologic yield, Biofertilizers, Compost, Vermicompost



انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان: II- محصولات باغی

نسیه پورقاسمیان^۱ و روح‌الله مرادی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۹

پورقاسمیان، ن. و مرادی، ر. ۱۳۹۶. انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان: III- محصولات باغی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۶۸۹-۷۰۴.

چکیده

مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی در بخش کشاورزی سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان شده است. این مسئله، پدیده گرمایش جهانی و اثرات زیست محیطی زیادی را به وجود آورده است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی (انواع کودها و آفت‌کش‌ها) در کشت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و پیاز (*Allium cepa* L.) و هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) برخی شهرستان‌های استان کرمان در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ انجام شد. سطح زیر کشت محصولات مورد مطالعه از طریق آمار سازمان جهاد کشاورزی استان استخراج گردید. میزان نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده در محصولات فوق توسط محاسبه‌های حضوری و پرسشنامه‌ها از شهرستان‌های مورد مطالعه استان (بردسیر، بم، جیرفت، کرمان، راور، رفسنجان و سیرجان) جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که در هر سه محصول بیشترین و کمترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب مربوط به شهرستان‌های جیرفت و رفسنجان بود. میزان سالیانه پتانسیل گرمایش جهانی در بین شهرستان‌های مختلف استان با روند انتشار گازهای گلخانه‌ای هماهنگ بود و برای این صفت نیز جیرفت و رفسنجان به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی را نشان دادند. برای هر سه محصول مورد مطالعه، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف کود نیتروژن بیش از سایر نهاده‌های شیمیایی بود. میزان انتشار CO_2 ، N_2O و CH_4 برآورد شده در سیب‌زمینی بیش از هندوانه و در هندوانه بیشتر از پیاز گزارش شد. همچنین، میزان سالیانه پتانسیل گرمایش جهانی معادل دی‌اکسید کربن در کشت سیب‌زمینی، هندوانه و پیاز به ترتیب ۶۸۱۴/۲ تن، ۶۰۲۴/۲ تن و ۲۱۲۵ تن بود. در بین نهاده‌های مورد بررسی، نیتروژن (۹۱ درصد)، فسفر (۶/۹ درصد) و علف‌کش (یک درصد) بیشترین سهم را در پتانسیل گرمایش جهانی در محصولات مورد بررسی دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش، اوره، پیاز، سیب‌زمینی، ضریب انتشار، هندوانه

مقدمه

تولید بوم‌نظام‌های کشاورزی جهان دارد. فصل رشد گیاهان زراعی تغییر کرده، چرخه زندگی آفات عوض شده است و وقوع تنش خشکی در بسیاری از مناطق دنیا شدت یافته است (Rosenzweig & Tubiello, 2007). علاوه بر این، جمع‌بندی مدل‌های تجربی مورد بررسی در مورد تغییر اقلیم نشان می‌دهد که اگر میزان افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به همین طریق افزایش یابد، میانگین دما کره زمین در آینده‌ای نزدیک به‌طور خطرناکی افزایش پیدا خواهد کرد (IPCC, 2007). در حال حاضر، به دلیل بهم خوردن تعادل سیستم

امروزه جهان با انواع مختلفی از چالش‌های محیطی مواجه شده است. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای منجر به تغییرات اقلیمی شده اند که تأثیر مهمی در میزان تنوع زیستی و

۱- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(*) نویسنده مسئول:

(Email: r.moradi@uk.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v9i3.42309

اقلیمی‌زمین، حتی اگر دستکاری‌های انسان نیز در انتشار این گازها متوقف شود، بازهم باید انتظار افزایش درجه حرارت کره زمین را داشت (Salinger, 2005). اثر گلخانه‌ای عامل اصلی گرم شدن زمین می‌باشد و این امر اثرات زیادی بر سیستم‌های کشاورزی جهان خواهد گذاشت. احتمالاً مناطقی که امروزه زیر کشت محصولات مختلف قرار دارند، به‌نحوی دچار تغییر شوند و شکل رشد، حیات و تنوع گونه‌های موجود در اکوسیستم‌های طبیعی تحت تأثیر قرار گیرند (Lichtfouse, 2009).

سهم کشاورزی در پدیده تغییر اقلیم حدود ۱۳/۵ درصد می‌باشد که از طریق فعالیت‌هایی از قبیل حذف جنگل‌ها، تغییر خاک‌های بکر به زمین‌های زراعی، کشت و کار برنج (*Oryza sativa* L.) غرقابی، تولید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)، سوزاندن بقایای گیاهان زراعی، پرورش نشوآرکنندگان، استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن، شخم فشرده و غیره در رهاسازی گازهای گلخانه‌ای به جو دخالت دارد (IPCC, 2001). در این بین، حدود ۶۰ درصد از انتشار جهانی اکسید نیتروژن، ۳۹ درصد از انتشار جهانی دی‌اکسید نیتروژن و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی^۱ مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد.

استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه، سوخت‌های فسیلی، مدیریت خاک‌های زراعی، مدیریت کود دامی در دامداری‌ها و سوزاندن بقایای آلی از مهم‌ترین منابع تولید اکسید نیتروژن در بخش کشاورزی می‌باشد. بین سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰، میزان کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه حدود ۳۲۵ درصد شده است (MAJ, 2014). بیش از ۵۰ درصد نیتروژن استفاده شده از طریق آبشویی و تصعید از دسترس گیاه خارج می‌شود (Verge et al., 2007). دینتریفیکاسیون^۲ کود نیتروژن استفاده شده، منبع اصلی انتشار N_2O از خاک می‌باشد (Dalal et al., 2003). میزان انتشار گاز گلخانه‌ای اکسید نیتروژن تحت تأثیر مدیریت نیتروژن و انواع شخم در تناوب ذرت-سویا در کانادا مورد بررسی قرار گرفت (Pelster et al., 2011). نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شخم رایج و سیستم بدون شخم از نظر انتشار اکسید نیتروژن مشاهده نشد، ولی میزان استفاده از کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر انتشار این گاز داشت. به‌طوری‌که، بین ۰/۹ تا ۱/۳ درصد از نیتروژن مورد استفاده، از طریق

انتشار اکسید نیتروژن از دسترس گیاه خارج شد و با افزایش سطوح نیتروژن میزان انتشار این گاز افزایش یافت.

خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2013) با بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در اصفهان گزارش نمودند که دو نهاده الکتریسیته و کودهای شیمیایی بیشترین نقش را در تولید گازهای گلخانه‌ای دارا بودند. همچنین، پیشگار و همکاران (Pishgar et al., 2011, 2012a, 2012b and 2013) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در زراعت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، خیار (*Cucumis sativus* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) را مورد بررسی قرار دادند. در کلیه این تحقیقات، آن‌ها تأکید داشتند که با افزایش میزان مصرف نهاده‌ها، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی افزایش یافت. بنا به گزارش ایشان، در تولید ذرت در تهران نهاده‌های سوخت فسیلی و کودهای شیمیایی بیشترین نقش را در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارا بودند. در بررسی روی انتشار گازهای گلخانه‌ای در مراحل تولید کلزا (*Brassica napus* L.) در سه منطقه تراکیای ترکیه، استان‌های گلستان و مازندران ایران میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب $kg\ CO_2eq\ ha^{-1}$ ۵۶۲/۸۵، ۶۵۲/۸۶ و ۸۸۷/۳۰ گزارش شد و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید کلزا در تراکیا ترکیه کم‌تر از دو استان شمالی ایران اعلام شد (Khojastehpour et al., 2014). از طرفی محمدی و امید (Mohammadi & Omid, 2010) نیز گزارش نمودند که همبستگی مثبتی بین کاربرد منابع فسیلی و شیمیایی با انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد. در مطالعات دیگری نیز میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی مورد بررسی قرار گرفت (Khoshnevisan et al., 2013; Yousefi et al., 2014a, 2014b).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه‌ای در استان کرمان جهت بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت نگرفته است. بنابراین، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای دی اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) و پتانسیل گرمایش جهانی^۳ (GWP) ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی برای محصولات باغی شامل سیب‌زمینی، پیاز (*Allium cepa* L.) و

1- Global Warming Potential

2- Denitrification

3- Global warming potential

هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) به‌عنوان مهمترین محصولات باغی که در بخش زراعت مورد کشت و کار قرار می‌گیرند، در شهرستان‌های مختلف استان کرمان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت سیب‌زمینی، پیاز و هندوانه که جزء مهمترین محصولات باغی هستند که به صورت زراعی در استان کرمان مورد کشت و کار قرار می‌گیرند (Kerman Ministry of Agriculture, 2014)، برای برخی از شهرستان‌های استان کرمان شامل بردسیر، بم، جیرفت، راور، رفسنجان، سیرجان و کرمان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، با مراجعه به اداره جهاد کشاورزی استان کرمان و در صورت نیاز شهرستان‌های مربوطه و همچنین از طریق مراجعه به سایت سازمان جهاد کشاورزی کرمان استخراج شد.

برای بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از کاربرد نهاده‌های شیمیایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش نیاز به اطلاعات مربوط به میزان مصرف این نهاده‌ها در شهرستان‌های مذکور برای محصولات مورد بررسی بود. برای این کار، بر اساس سطح زیر کشت و تعداد مزارع هر شهرستان، این

اطلاعات از تعداد مشخصی از کشاورزان توسط پرسشنامه‌ها و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد. تعداد پرسشنامه برای هر شهرستان یا به عبارتی تعداد افراد نمونه با استفاده از فرمول کوکران تخمین زده شد (Snedecor & Cochran, 1976):

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این رابطه، t : برابر است با ۱/۹۶ (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)، s : پیش برآورد انحراف معیار جامعه، d : دقت احتمالی مطلوب، N : حجم جامعه و n : حجم نمونه است. اطلاعات از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری به‌دست آمد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) با استفاده از ضرایب انتشار (جدول ۱) که از طریق روابط استخراج شده از منابع گوناگون به‌دست آمد، محاسبه شد. در رابطه با آفت‌کش‌ها تنها ضریب انتشار برای CO_2 در منابع یافت شد.

جدول ۱- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای برای نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده
Table 1- GHGs emission coefficient per kg application of chemical inputs and GWP

منبع Reference	دی اکسید کربن (کیلوگرم) CO_2 (kg)	اکسید نیتروژن (گرم) N_2O (g)	متان (گرم) CH_4 (g)	نهاده (کیلوگرم) Input (kg)
اسنیدر و همکاران (Snyder et al., 2009)	1.3	0.03	3.70	نیتروژن N
اسنیدر و همکاران (Snyder et al., 2009)	0.2	0.02	1.80	فسفر P
اسنیدر و همکاران (Snyder et al., 2009)	0.15	0.01	1.00	پتاسیم K
لال (Lal, 2004)	6.30	—	—	علف‌کش Herbicide
لال (Lal, 2004)	5.1	—	—	حشره‌کش Insecticide
لال (Lal, 2004)	3.9	—	—	قارچ‌کش Fungicide
آی پی سی سی (IPCC, 2007)	1	310	21	پتانسیل گرمایش جهانی GWP

محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی نیز بر اساس گزارشات روبرسون

و همکاران (Robetson et al., 2000) و تیلن و همکاران (Thelen

کودهای شیمیایی به عنوان بیشترین نهاده مصرفی در محصولات دیگر مانند سیب‌زمینی (Pishgar-Komleh et al., 2012)، پرتقال (*Citrus sinensis* L.) و لیمو (*Citrus limetta* L.) (Ozkaneh et al., 2004) و زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) (Esengun et al., 2007) نیز گزارش شدند.

در هندوانه هیچ علف‌کشی مصرف نشد و بیشترین میزان مصرف علف‌کش با میانگین ۱/۵۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به سیب‌زمینی بود (جدول ۲). علف‌کش پاراکوات در سیب‌زمینی و علف‌کش اکسی‌فلورفن در پیاز به‌عنوان علف‌کش اصلی مورد استفاده برای کنترل علف‌های هرز برای این گیاهان در استان مطرح بودند. مصاحبه‌های انجام شده با کشاورزان منطقه نشان داد که دلیل عدم مصرف علف‌کش برای هندوانه مربوط به روش کشت این محصول در استان کرمان باشد. به‌طوری‌که از همان ابتدای کشت روی سطح مزرعه هندوانه مالچ‌های پلاستیکی کشیده می‌شود و همین مسئله اجازه رشد هیچ علف‌هرزی را نمی‌دهد. با این حال، بیشترین میزان حشره‌کش و قارچ‌کش به‌ترتیب با میانگین ۱/۷۴ و ۱/۶۱ کیلوگرم در هکتار نیز مربوط به همین محصول بود. این افزایش مصرف حشره‌کش و قارچ‌کش نیز می‌تواند مربوط به همین شیوه کشت باشد. چراکه محیط گرم و مرطوب در زیر پلاستیک می‌تواند شرایط را برای رشد حشرات و قارچ‌ها فراهم کند. نتایج جدول ۲ به عدم مصرف قارچ‌کش برای پیاز اشاره دارد. همچنین کمترین میزان حشره‌کش مربوط به سیب‌زمینی با میانگین ۰/۹۸ کیلوگرم در هکتار بود. در سیب‌زمینی حشره‌کش دیازنون و قارچ‌کش‌های بنومیل و مانکوزب، در پیاز حشره‌کش‌های کلرپیرینوس و دیازنون و در هندوانه حشره‌کش‌های دسمیتوات و دیازنون و قارچ‌کش ردومیل بیشترین کاربرد را در استان کرمان دارا بودند.

میزان انتشار CO₂ حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی

کودهای شیمیایی: جدول ۳ میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم و جدول ۴ میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی را در محصولات باغی مورد مطالعه در شهرستان‌های مختلف استان کرمان نشان می‌دهد. شهرستان‌های جیرفت و رفسنجان به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از نهاده‌های شیمیایی مصرفی در هر سه محصول مورد مطالعه را دارا بودند.

et al., 2010) انجام شد. به‌منظور محاسبه این شاخص، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، متان و اکسید نیتروژن محاسبه شده برای هر شهرستان و محصول در نظر گرفته شد. اثر هر کدام از گازهای دی‌اکسیدکربن، متان و اکسید نیتروژن بر گرمایش زمین متفاوت می‌باشد، به‌طوری‌که هر واحد متان و اکسید نیتروژن به ترتیب حدود ۲۱ و ۳۱۰ برابر دی‌اکسیدکربن در گرمایش زمین نقش دارند (IPCC, 2007). بنابراین، واحد این شاخص به‌صورت معادل دی‌اکسیدکربن بیان گردید. برای این منظور میزان گاز اکسید نیتروژن با ضریب ۳۱۰ و متان با ضریب ۲۱ در محاسبات وارد شد.

در نهایت میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس معادله ۳ محاسبه شد.

(۳)

$$GWP = CO_2 flux + (N_2O flux \times 310) + (CH_4 flux \times 21)$$

در این معادله، GWP: پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار)، $CO_2 flux$: انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی، $N_2O flux$: انتشار اکسید نیتروژن حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی و $CH_4 flux$: انتشار متان حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌باشند.

نتایج و بحث

میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی در محصولات باغی

میانگین مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات باغی (سیب‌زمینی، پیاز و هندوانه) استان کرمان در جدول ۲ نشان داده شده است. برای هر سه محصول بیشترین میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی مربوط به کودهای نیتروژنه و فسفات بود. اوره و سوپرفسفات تربیل بیشترین میزان کود نیتروژنه و فسفره مورد استفاده برای مزارع محصولات مورد مطالعه در شهرستان‌های مختلف استان کرمان بودند. در سیب‌زمینی بیش از بقیه محصولات باغی مورد مطالعه، از کودهای شیمیایی استفاده می‌شد. کودهای نیتروژنه و فسفات در سیب‌زمینی به‌ترتیب با میانگین ۲۰۹/۳ و ۲۰۳/۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده در محصولات مذکور بودند. یوسفی و همکاران (Yousefi et al., 2014b) نیز با بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرایند کشت ذرت در کرمانشاه نشان دادند که بیشترین میزان نهاده مصرفی مربوط به کود نیتروژن با میزان بیش از ۳۵ درصد از کل انرژی ورودی در کشت این گیاه بود.

جدول ۲- میانگین مصرف نهاده‌های شیمیایی به ازای یک هکتار برای زراعت برخی محصولات باغی در استان کرمان
Table 2- Application rates of agrochemicals per one ha for cultivating horticultural crops in Kerman province

نهاده (کیلوگرم) Input (kg)	سیب زمینی Potato	پیاز Onion	هندوانه Watermelon
نیترژن N	209.3±12.80	195.4±26.30	160.5±9.80*
فسفر P	203.7±13.05	140.2±31.44	131.6±24.54
پتاسیم K	120.4±18.15	60.03±31.42	63.16±18.66
علف کش Herbicide	1.59±0.19	1.20±0.15	0
حشره کش Insecticide	0.98±0.13	1.30±0.23	1.74±0.16
قارچ کش Fungicide	1.20±0.16	0	1.61±0.20
نیترژن N	209.3±12.80	195.4±26.30	160.5±9.80

*: اشتباه استاندارد

*: Standard error (SE)

اندکی بیش از راور بود (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین، در مقایسه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف کودهای شیمیایی در هر سه محصول، بیشترین میزان انتشار این گاز مربوط به کودهای نیترژنه و کمترین آن برای کودهای پتاسه گزارش شد (جدول ۳). تفاوت در میزان انتشار گاز مذکور به تفاوت در میزان کودهای مصرفی برمی‌گردد (Soltani et al., 2013). همچنین پیشگاز و همکاران (Pishgar et al., 2013) در مطالعه‌ای که بر روی خیار گلخانه‌ای انجام داده بودند نشان دادند که کود نیترژن بیشترین میزان کود شیمیایی را به خود اختصاص داد. ایشان همچنین دلیل مصرف کودهای شیمیایی (مخصوصاً نیترژن) بدون در نظر گرفتن نیاز واقعی گیاه را قیمت پایین این نهاده بیان کردند. اسنیدر و همکاران (Snyder et al., 2009) دلیل انتشار بیشتر گاز دی‌اکسیدکربن توسط کود نیترژن را به انرژی مصرفی بیشتر طی فرآیند ساختن این کود و به دنبال آن ضریب انتشار بیشتر این کود نسبت دادند. نتایج جدول ۱ که ضریب انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از نیترژن، فسفر و پتاسیم را به ترتیب با ۱/۳، ۰/۲ و ۰/۱۵ نشان داده است، به خوبی این موضوع را نشان می‌دهد.

تفاوت این انتشار به تفاوت در سطح زیر کشت محصولات سیب زمینی، پیاز و هندوانه در این شهرستان‌ها مربوط می‌شد. جیرفت یکی از شهرستان‌های بسیار حاصلخیز استان کرمان می‌باشد که به دلیل شرایط خاص آب و هوایی، از تنوع زراعی و باغی بسیار بالا برخوردار است (Moradi & Sami, 2014). بنابراین، واضح است که سطح زیر کشت بیشتر برای محصولات فوق دلیل اصلی انتشار بیشتر برای گاز مذکور در این شهرستان می‌باشد، درحالی که شهرستان رفسنجان به لحاظ تنوع زراعی و باغی در نقطه مقابل جیرفت قرار دارد. در این شهرستان بیش از ۹۵ درصد از سطح زیر کشت مربوط به محصول پسته (*Pistacia vera* L.) است (Moradi & Sami, 2014). اولویت کشت برای کشاورزان این شهرستان به محصول پسته تعلق دارد و سطح زیر کشت سیب زمینی، پیاز و هندوانه بسیار ناچیز می‌باشد (Kerman Organization of Agriculture, 2014).

پس از جیرفت بیشترین میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی برای سیب زمینی به ترتیب به شهرستان‌های بردسیر، کرمان، راور و سیرجان تعلق گرفت (جدول‌های ۳ و ۴). برای دو محصول پیاز و هندوانه نیز روندی شبیه به سیب زمینی وجود داشت، با این تفاوت که گاز دی‌اکسیدکربن منتشر شده در شهرستان سیرجان به دلیل سطح زیر کشت بالاتر،

جدول ۳- میزان انتشار CO₂ (تن) حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای برخی محصولات باغی در استان کرمانTable 3- CO₂ emission (t) as affected by chemical N, P and K fertilizers for horticultural crops in different counties of Kerman province

شهرستان County	هندوانه Watermelon			پیاز Onion			سیبزمینی Potato		
	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N
بردسیر Bardsir	5.599±0.51	16±3.2	123±9.4	4±0.31	13±2.2	119±10	58±8.1	131±17	873±35*
بم Bam	0.758±0.01	2.10±0.003	16.74±2.2	0.90±0.004	2.81±0.05	25.4±7.24	1.806±0.04	4.16±0.64	27.20±6.3
جیرفت Jiroft	192.673±19	535.3±97	4243.3±512	50.94±13.1	158.7±15	1437.2±38	254.05±51	573.1±87	3827.5±467
راور Ravar	0.947±0.001	2.6±0.006	20.975±8.21	0.360±0.001	1.10±0.002	10.2±0.08	1.625±0.002	3.7±0.55	24.5±7.04
رفسنجان Rafsanjan	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000
سیرجان Sirjan	2.558±0.003	7.104±1.0	56.34±17.2	0.540±0.0003	1.7±0.0005	15.25±5.2	0.885±0.001	2.0±0.005	13.32±2.1
کرمان Kerman	0.663±0.01	1.85±0.11	14.67±0.38	1.045±0.003	3.31±0.055	29.5±0.09	6.971±0.007	15.7±9.21	105.0±23.1

*: اشتباه استاندارد (SE)

*: Standard Error (SE)

جدول ۴- میزان انتشار CO₂ (کیلوگرم) حاصل از مصرف آفت کش های شیمیایی برای برخی محصولات باغی در شهرستان های مختلف استان کرمانTable 4- CO₂ emission (kg) as affected by chemical pesticides for horticultural crops in different counties of Kerman province

شهرستان County	هندوانه Watermelon			پیاز Onion			سیبزمینی Potato		
	قارچ کش Fungicide	حشره کش Insecticide	علف کش Herbicide	قارچ کش Fungicide	حشره کش Insecticide	علف کش Herbicide	قارچ کش Fungicide	حشره کش Insecticide	علف کش Herbicide
بردسیر Bardsir	3711±1001	5245±598	0	0.0	3102±654	3538±987	15018±1598	16038±3481	32144±7893*
بم Bam	502±59	709±34	0	0.0	663±10	756±109	468±59	499.8±99	1002±89
جیرفت Jiroft	127696±8970	180470±4590	0	0.0	37512±1987	42774±1200	65833±15687	70306±1209	140909±4500
راور Ravar	627±38	887±29	0	0.0	265±12.1	302.240±8	422±9	450 ±14	902±29
رفسنجان Rafsnjan	0.0	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
سیرجان Sirjan	1695±170	2396±91	0	0.0	398±10	454±39	229±26	245±11	491±91
کرمان Kerman	440±56	621±109	0	0.0	769±39	877±89	1807±85	1929 ±789	3866±234
مجموع Sum	134671.9	190329.5	0	0	42710.4	48701.6	83776.7	89469.2	179314.3

*: اشتباه استاندارد (SE)

*: Standard Error (SE)

با مصرف این نهاده‌ها انرژی بسیار زیادی مصرف شده و علاوه بر آن، استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در کشاورزی مشکلات زیست محیطی جدی را برای آب و خاک ایجاد خواهد نمود. مدیریت استفاده از کودهای شیمیایی و کاربرد محصولات خانواده لگومینه در تناوب‌های زراعی، سبب کاهش مصرف این کودها و به‌دنبال آن کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. به‌علاوه، مصرف کودهای آلی مانند کمپوست‌ها و بقایای خردشده محصولات برداشت شده از مزارع، یکی از راه‌های مهم در افزایش ماده آلی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش گازهای گلخانه‌ای حاصل از آن می‌باشد (Mousavi-Avval et al., 2011).

آفت‌کش‌ها: بیشترین و کمترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف آفت‌کش‌ها در سیب‌زمینی به‌ترتیب مربوط به علف-کش با میانگین $179314/3$ کیلوگرم و قارچ‌کش با میانگین $83776/7$ کیلوگرم در سال بود (جدول ۴). در رابطه با پیاز هیچ انتشاری برای دی‌اکسیدکربن از قارچ‌کش‌ها گزارش نشد. زیرا هیچ قارچ‌کشی برای این گیاه مصرف نمی‌شد (جدول ۲). میزان انتشار دی‌اکسیدکربن

حاصل از مصرف علف‌کش و حشره‌کش در این محصول به‌ترتیب برابر $48701/6$ و $42710/4$ کیلوگرم بود. همچنین، در هندوانه نیز انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از علف‌کش صفر مشاهده شد و برای حشره‌کش و قارچ‌کش به‌ترتیب $190329/5$ و $134671/9$ کیلوگرم محاسبه گردید (جدول ۴). بنابراین، کمترین میزان دی‌اکسیدکربن منتشر شده از آفت‌کش‌ها در شهرستان‌های مورد مطالعه استان کرمان در پیاز مشاهده شد. این موضوع می‌تواند به‌دلیل ابتلای کمتر این گیاه به بیماری‌ها مخصوصاً بیماری‌های قارچی باشد. همچنین، مصرف پیاز به شکل سبزی تازه نیز می‌تواند یکی دیگر از دلایل کاهش مصرف آفت‌کش‌ها در این محصول باغی باشد. ارقام مورد استفاده در کرمان و شرایط آب و هوایی این منطقه، این گیاه را به بسیاری بیماری‌ها مقاوم کرده و به دنبال آن نیاز به استفاده از قارچ‌کش‌ها توسط کشاورزان کاهش یافته‌است. بنابراین، انتخاب ارقام مناسب و سازگار با هر ناحیه نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش میزان مصرف سموم و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد (Synder et al., 2009).

جدول ۵- میزان کل انتشار CO_2 (تن) برای محصولات باغی در شهرستان‌های مختلف استان کرمان
Table 5- Total CO_2 emission (t) for horticultural crops in various counties of Kerman province

شهرستان Region	هندوانه Watermelon	پیاز Onion	سیب‌زمینی Potato	مجموع Sum
بردسیر Bardsir	153±32	143±12	1125±67*	1421±234
بم Bam	21±4	31±8	35±9	86±10.01
جیرفت Jiroft	5279±960	1727±512	4931±19	11938±1945
راور Ravar	26±5	12±3	32±6	70±18.12
رفسنجان Rafsanjan	0.00	0.00	0.00	0
سیرجان Sirjan	70±8	18±1	17±0.8	106±10.14
کرمان Kerman	18±1	35±10	135±21	189±29.23
مجموع Sum	5567.8	1966.4	6275.8	13810

*: اشتباه استاندارد (SE)

*: Standard Error (SE)

کل انتشار: بررسی میزان کل انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از

همه نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده در محصولات مورد بررسی در استان کرمان نشان داد که در مجموع، این میزان در شهرستان‌های مورد مطالعه استان کرمان برای سیب‌زمینی، پیاز و هندوانه به ترتیب برابر ۶۲۷۵/۸ تن، ۱۹۶۶/۴ و ۵۵۶۷/۸ تن بود (جدول ۵). از آنجایی که، کربن در بسیاری محصولات به شکل چرخه‌ای وجود دارد. بنابراین، افزایش در کربن گرفته شده (ترسیب کربن) می‌تواند باعث کاهش در کربن رها شده (انتشار کربن) شود (Maraseni & Cockfield, 2011). این مسئله تعادل انتشار گاز دی‌اکسیدکربن اتمسفر را تحت الشعاع قرار می‌دهد. گاهی اوقات برخی محصولات یا برخی عملیات کشاورزی کربن را به شکل‌های مختلف مواد آلی در خاک ذخیره می‌کنند. در نتیجه، CO_2 انتشار یافته اتمسفر در طولانی مدت کاهش می‌یابد (Lal, 2004). ایشان تأکید نمودند که علاوه بر سطح زیر کشت محصول و میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی، نوع محصول و شیوه عملیات کشت گیاهان (نوع شخم مورد استفاده، نوع بقایای گیاهی و حیوانی، تناوب و ...) می‌تواند از عوامل مؤثر در تفاوت میزان انتشار گاز گلخانه‌ای منتشر شده باشد. میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن برای کل استان برای محصولات مورد مطالعه برابر ۱۳۸۱۰ تن در سال مشاهده شد (جدول ۵).

میزان انتشار N_2O حاصل از مصرف کودهای شیمیایی

از آنجایی که ضرایب انتشار N_2O برای آفت‌کش‌های شیمیایی موجود نبود، تنها به تأثیر استفاده از کودهای شیمیایی بر انتشار این گاز پرداخته می‌شود. میزان انتشار گاز گلخانه‌ای N_2O حاصل از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پیاز، سیب‌زمینی و هندوانه در جدول ۶ نشان داده شده است. میزان انتشار این گاز در محصولات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نشان داد. به عنوان مثال، میزان انتشار این گاز برای سیب‌زمینی در مجموع با مصرف هر سه کود در شهرستان‌های جیرفت با میزان ۱۶۲/۵۷ کیلوگرم در سال، در بردسیر ۳۷/۰۹ کیلوگرم در سال، در کرمان ۴/۴۶ کیلوگرم در سال، در بم ۱/۱۶ کیلوگرم در سال، در راور ۱/۰۴ کیلوگرم در سال، در سیرجان ۰/۵۷ کیلوگرم در سال و برای رفسنجان صفر کیلوگرم در سال گزارش شد. به این ترتیب، جیرفت بیشترین میزان و رفسنجان و سیرجان کمترین میزان انتشار گاز N_2O را در زراعت سیب‌زمینی به خود اختصاص دادند. این روند برای هر دو محصول دیگر مورد مطالعه

تقریباً به همین شکل مشاهده شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد، می‌توان از نظر انتشار این گاز شهرستان‌های مورد مطالعه را به سه گروه کلی تقسیم کرد: جیرفت را با فاصله زیاد در گروه اول، بردسیر و کرمان دوم و بقیه شهرستان‌ها را در گروه سوم قرار داد.

محصول سیب‌زمینی با میزان کل ۲۰۶/۹ کیلوگرم N_2O در سال مقام اول، هندوانه با میزان ۱۷۳/۲۷ کیلوگرم در سال مقام دوم و پیاز با ۵۶/۶۹ کیلوگرم در سال مقام سوم را در انتشار این گاز در نتیجه مصرف کودهای شیمیایی مورد استفاده برای مناطق مورد بررسی دارا بودند (جدول ۶). سه کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز در هر سه محصول به ترتیب مقام‌های اول تا سوم را در این رابطه دارا بودند. سیندر و همکاران (Synder et al., 2009) به نقل از ایچنر (Eichner, 1990) فاکتورهای مؤثر بر انتشار گاز N_2O حاصل از کوه‌های شیمیایی را به دو فاکتور عمده تقسیم کردند: ۱- فاکتورهای مدیریتی شامل، میزان و روش مصرف کود، سیستم‌های شخم، استفاده از مواد شیمیایی دیگر، نوع محصول مورد مطالعه، آبیاری، میزان کربن و نیتروژن باقیمانده از کود و محصول و ۲- فاکتورهای محیطی مانند دما، بارندگی، مواد آلی خاک، فعالیت و میزان ریزجانداران خاک، pH و میزان اکسیژن خاک.

میزان انتشار CH_4 حاصل از مصرف کودهای شیمیایی

میزان انتشار گاز گلخانه‌ای متان حاصل از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برخی محصولات باغی استان کرمان در جدول ۷ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل از این جدول بیشترین و کمترین میزان انتشار گاز متان به ترتیب در نتیجه مصرف نیتروژن و پتاسیم بود. این نتایج برای هر سه محصول صدق می‌کند.

این گاز نیز مانند دو گاز گلخانه‌ای دیگر در جیرفت و رفسنجان به ترتیب بیشترین و کمترین میزان انتشار را نشان داد (جدول ۷). میزان انتشار گاز متان حاصل از مصرف هر سه نوع کود و در هر سه محصول به ترتیب در شهرستان‌های جیرفت (۴۱/۷ تن در سال)، بردسیر (۴۱/۵۷/۰۶ تن در سال)، کرمان (۴۱/۰۷/۶۷ تن در سال)، سیرجان (۴۱/۰۷/۳۷ تن در سال)، بم (۴۱/۰۷/۳۰ تن در سال)، راور (۴۱/۰۷/۲۴ تن در سال) و رفسنجان (صفر ۴۱/۷ تن در سال) گزارش شد (جدول ۷).

جدول ۶- میزان انتشار گاز کلخانه‌ای N_2O (کیلوگرم) حاصل از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای برخی محصولات باغی در شهرستان‌های مختلف استان کرمان

شهرستان Region	هندوانه Watermelon				پیاز Onion				سیب زمینی Potato				
	پتانسیم K	فسفر P	نیترژن N	کل Total	پتانسیم K	فسفر P	نیترژن N	کل Total	پتانسیم K	فسفر P	نیترژن N	کل Total	مجموع Sum
اردبیل Bardisr	0.34±0.08	1.6±0.04	3±0.02	4.77	0.3±0.001	1.3±0.06	3±0.01	4.34	4±0.02	13±3	20±5*	37.09	46.2
بام Bam	0.05±0.008	0.21±0.009	0.39±0.004	0.65	0.06±0.002	0.3±0.004	0.6±0.04	0.93	0.12±0.001	0.41±0.003	0.63±0.01	1.16	2.73
جیرفت Jiroft	13±2.4	53.5±11.2	98±10.1	164.3	3.4±0.01	16±1.10	33±10.2	52.43	17±0.09	57 ±11.2	88±9	162.57	379.3
راور Ravar	0.06±0.003	0.26±0.009	0.48±0.002	0.81	0.03±0.006	0.11±0.003	0.23±0.07	0.37	0.11±0.002	0.4±0.004	0.57±0.002	1.04	2.22
رافسنجان Rafsanjan	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.0000	0.00	0.00	0.00
سیرجان Sirjan	0.17±0.001	0.71±0.01	1.3±0.02	2.18	0.04±0.007	0.17±0.004	0.35±0.009	0.56	0.06±0.0001	0.2±0.0001	0.31±0.001	0.57	3.30
کرمان Kerman	0.04±0.001	0.18±0.007	0.34±0.009	0.57	0.07±0.008	0.33±0.01	0.68±0.08	1.07	0.5±0.06	2±0.0002	2.42±0.003	4.46	6.10
مجموع Sum	13.547	56.45	103.28	173.3	3.867	18.07	37.76	59.69	21.553	72.93	112.41	206.88	439.9

*: Standard Error (SE)
*: اشتباه استاندارد (SE)

جدول ۷- میزان انتشار گاز گلخانه‌ای CH_4 حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (کیلوگرم) برای برخی محصولات باغی در شهرستان‌های مختلف استان کرمان
Table 7- CH_4 emission (kg) as affected by chemical N, P and k fertilizer for horticultural crops in different counties of Kerman province

شهرستان Region	هندوانه Watermelon			پیاز Onion			سیب‌زمینی Potato		
	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N
برفسیر Bardsir	37.33±3.1	140.0±11	351.0±39.1	28.09±2.1	118±21	338±87	386±28	1176±69	2485±88*
بام Bam	5.05±0.01	19.0±6.20	47.5±12.2	6.00±0.01	25±4	72±7	12±2	36.7±11	77±12
جیرفت Jiroft	1284±436	4817±831	12077±967	339.65±14	1428±50	4091±806	1693±67	5158±102	10893±598
راور Ravar	6.32±0.01	23.7±9.2	59.4±20.1	2.40±0.06	10±2	29±5	10±0.9	33±10	69±6
رفسنجان Rafsanjan	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
سیرجان Sirjan	17.05±0.6	64.0±9.0	160.3±18	3.60±0.01	15±3	43±4	6±0.4	18±8	38±8
کرمان Kerman	4.42±0.02	16.60±1.1	41.6±9.21	6.96±0.09	29±5	84±13	46±9	142±13	299±38
مجموع Sum	1354.67	5080.7	12736.9	386.7	1625.7	4657.5	2155.28	6563.6	13862.6
	19.17					6.67	22.58		48.42

*: اشتباه استاندارد (SE)
*: Standard Error (SE)

انتشار گاز متان را نشان دادند (جدول ۷). میزان کل انتشار این گاز در استان کرمان برای محصولات مورد بررسی ۴۸/۴۲ تن در سال برآورد گردید که بعد از دی‌اکسیدکربن با میزان ۱۳۸۱۰ تن بیشترین گاز

در مقایسه‌ای که بین سه محصول مورد مطالعه قرار گرفت، سیب‌زمینی با میزان ۲۲/۵۸ تن در سال، هندوانه با میزان ۱۹/۱۷ تن در سال و پیاز ۶/۶۷ تن در سال به ترتیب بیشترین تا کمترین میزان

انتشار یافته در سطح استان کرمان بود. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2013) نیز در مطالعه‌ای که روی گندم در مزارع گرگان انجام دادند، سهم دی‌اکسیدکربن حاصل از نهاده‌های شیمیایی را تقریباً ۹۹ درصد و یک درصد باقیمانده را به ترتیب به CH_4 و N_2O نسبت دادند.

پتانسیل گرمایش جهانی

میزان پتانسیل گرمایش جهانی در شهرستان‌های مختلف استان کرمان برای محصولات باغی مورد مطالعه در جدول ۸ نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات حاصل از این جدول، سیب‌زمینی با میزان $6814/2$ تن معادل دی‌اکسیدکربن در سال بیشترین و پیاز با میزان $2125/0$ تن کمترین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی را دارا بودند. پتانسیل گرمایش جهانی برای کل محصولات مورد مطالعه در شهرستان‌های استان به ترتیب در جیرفت با میزان 12933 ± 1100 ، بردسیر 1541 ± 59 ، کرمان 205 ± 87 ، سیرجان 114 ± 9 ، بم 94 ± 23.2 ، راور 76 ± 9.1 و رفسنجان صفر تن معادل دی‌اکسیدکربن در سال گزارش شد (جدول ۸). در مقایسه هر یک از سه محصول به تنهایی مشاهده شد که

جیرفت و بردسیر مقام اول و دوم را برای هر سه محصول مورد مطالعه نشان دادند و میزان این شاخص در رفسنجان برای هر سه محصول صفر گزارش شد. چهار شهرستان دیگر یعنی کرمان، بم سیرجان و راور به لحاظ پتانسیل گرمایش جهانی در محصولات مورد مطالعه اندکی تفاوت نشان دادند (جدول ۸). در مطالعه‌ای که توسط تزلیواسکا و همکاران (Tziliavakis et al., 2005a) روی بررسی پتانسیل گرمایش جهانی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در مناطق و با روش‌های مختلف کاشت انجام شد، نشان دادند که میزان این فاکتور ارتباط مستقیمی از طرفی با مقدار مصرف نهاده و انرژی ورودی و از سوی دیگر شرایط کاشت مانند نوع خاک، نوع شخم، روش آبیاری و... دارد. همچنین، مطالعات مشابهی که برای محصولات دیگر مانند سیب‌زمینی، گندم، کلزا، جو (*Hordeum vulgaris* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در انگلستان (Tziliavakis et al., 2005b) صورت گرفت، محدوده پتانسیل گرمایش جهانی از ۳ تا $0/7$ تن معادل CO_2 در هکتار گزارش شد.

جدول ۸- پتانسیل گرمایش جهانی (معادل دی‌اکسیدکربن (تن)) برای محصولات باغی در شهرستان‌های مختلف استان کرمان
Table 8- Global warming potential (GWP) (ton CO_2 equivalence) for horticultural crops in different counties of Kerman province

شهرستان Region	هندوانه Watermelon	پیاز Onion	سیب‌زمینی Potato	مجموع Sum
بردسیر Bardsir	166±18	154±54	1221±120*	1541±59
بم Bam	22.471±5	32.99±14	38.07±9.1	94±23.2
جیرفت Jiroft	5712±896	1866±298	5354±783	12933±1100
راور Ravar	28±0.9	13±2	34±10.0	76±9.1
رفسنجان Rafsanjan	0.00	0.00	0.00	0.00
سیرجان Sirjan	76±11	20±7	19±2	114±9
کرمان Kerman	20±9.3	38±7	147±12	205±87
مجموع Sum	6024.2	2125.0	6814.2	14963.4

*: اشتباه استاندارد (SE)

*: Standard Error (SE)

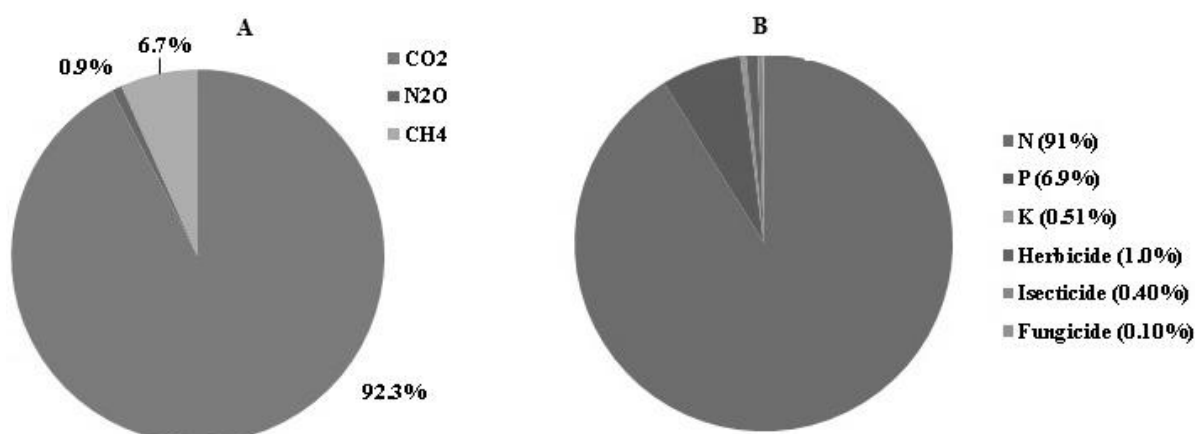
گرمایش جهانی نیز مشاهده شد که حدود ۹۱ درصد از پتانسیل

در تعیین نقش هر کدام از نهاده‌های مورد بررسی بر پتانسیل

گرمایش جهانی در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که سیب‌زمینی دارای بالاترین (۳۸۱ تن معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار) میزان پتانسیل گرمایش جهانی در سطح بود (شکل ۲-الف) و میزان این پارامتر در پیاز و هندوانه نیز به ترتیب حدود ۳۳۰ و ۲۸۱ تن در هکتار معادل دی‌اکسیدکربن بود. بر اساس جدول ۲، این موضوع به دلیل کاربرد بیشتر هر کدام از نهاده‌های مورد بررسی در سیب‌زمینی و سپس پیاز نسبت به هندوانه بود. در مناطق مورد مطالعه، هر کدام از گیاهان سیب‌زمینی، پیاز و هندوانه به ترتیب حدود ۴۴، ۳۳ و ۲۲ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی را شامل شدند (شکل ۲-ب).

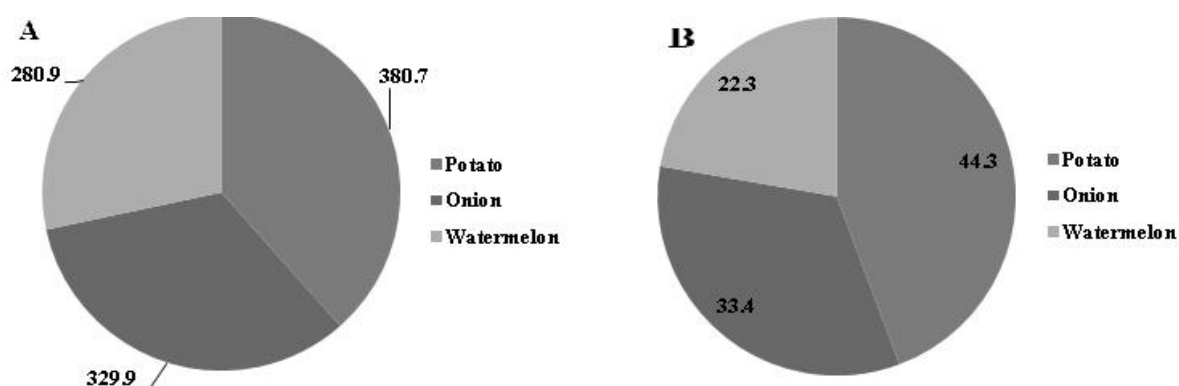
گرمایش جهانی ایجاد شده در زراعت محصولات مورد بررسی مربوط به کود شیمیایی نیتروژن بود (شکل ۱-ب). این به دلیل بالاتر بودن ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای در نیتروژن نسبت به دیگر نهاده‌های شیمیایی (جدول ۱) می‌باشد. کود شیمیایی فسفر (۶/۹ درصد) و علف-کش (۱ درصد) نیز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بقیه نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده تنها حدود یک درصد از پتانسیل گرمایش جهانی را شامل شدند (شکل ۱-ب).

میزان پتانسیل گرمایش جهانی در هکتار برای محصولات مورد بررسی و همچنین سهم هر کدام از این محصولات در پتانسیل



شکل ۱- سهم هریک از گازهای گلخانه‌ای (A) و نهاده‌های شیمیایی (B) مورد بررسی بر پتانسیل گرمایش جهانی برای محصولات مورد مطالعه در استان کرمان

Fig. 1- Share of the GHGs (A) and chemical inputs (B) on the GWP for studied crops in Kerman province



شکل ۲- میزان پتانسیل گرمایش جهانی (تن معادل CO₂ در هکتار) (A) در محصولات مورد بررسی و سهم (درصد) هر کدام از این محصولات در استان کرمان (B)

Fig. 2- GWP (ton CO₂ equivalence ha⁻¹) in studied crops (A) and the share (%) of the crops (B) in Kerman province

نتیجه‌گیری

گلخانه‌ای در سطح استان کرمان در نتیجه استفاده از نهاده‌های شیمیایی در زراعت سیب‌زمینی، هندوانه و پیاز تصعید می‌شود.

نتایج تحقیق نشان داد که سالیانه میزان قابل توجهی گاز

پتانسیل گرمایش جهانی به مراتب بیشتر از اکسیدنیترژن و متان بود. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد نهاده‌های شیمیایی در استان کرمان برای زراعت سیب‌زمینی، پیاز و هندوانه باعث انتشار قابل توجه گازهای گلخانه‌ای می‌گردد که خود می‌تواند به دلیل نقش این گازها در گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی، کشاورزی استان را در آینده با تهدید مواجه سازد. توصیه می‌شود کشاورزان و مسئولین مربوطه این مهم را مدنظر قرار داده و با استفاده از افزایش کارایی مصرف این نهاده‌ها، کاربرد نهاده‌های جایگزین و حرکت به سمت کشاورزی بوم‌سازگار و زیستی از ادامه این روند بکاهند.

سیاسگزاری

هزینه این پژوهش توسط معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید باهنر کرمان تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

شهرستان جیرفت به دلیل دارا بودن شرایط آب و هوایی خاص (پاییز و زمستان بدون سرمای شدید و یخبندان)، به‌خصوص در رابطه با کشت و کار سیب‌زمینی و پیاز پاییزه و زمستانه که برای دیگر شهرستان‌های استان کرمان مقدور نمی‌باشد، سطح وسیعی از کشت این محصولات را شامل شده است. این موضوع باعث گردید که میزان انتشار کلیه گازهای گلخانه‌ای در این شهرستان بالاتر از دیگر مناطق کرمان باشد. در بین نهاده‌های مصرفی، کود نیترژن از طرفی به دلیل بالاتر بودن ضریب انتشار و از طرف دیگر، کاربرد بیشتر در مزارع استان نسبت به دیگر نهاده‌ها از میزان انتشار و پتانسیل گرمایش جهانی بالاتری برخوردار بود. به‌طوری‌که، بیش از ۹۰ درصد پتانسیل گرمایش جهانی در زراعت این محصولات مربوط به این نهاده شیمیایی بود. در بین محصولات مورد بررسی نیز، سیب‌زمینی به دلیل سطح زیر کشت و مصرف بالاتر نهاده‌های مورد بررسی و هندوانه به ترتیب بیشترین و کمترین درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی را دارا بودند. نقش گاز دی‌اکسیدکربن در

منابع

- Benton, T.G., Vickery, J.A., and Wilson, J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key. *Trends in Ecology and Evolution* 18(4): 182–188.
- Dalal, R.C., Wang, W., Robertson P., and Parton, W.J. 2003. Nitrous oxide emission from Australian agriculture lands and mitigation options: a review. *Australian Journal of Soil Research* 41: 165–195.
- Eichner, M.J. 1990. Nitrous oxide emissions from fertilized soils: summary of available data. *Journal of Environmental Quality* 19: 272–280.
- Esengun, K., Gunduz, O., and Erdal, G. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Conversation and Management* 48: 592–598.
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (Eds J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White), 1032 pp. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2007. *Summary for Policy Makers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kerman Organization of Agriculture. 2014. <http://agrijahad.kr.ir/index.php?lang=en>. (Accessed August 2014).
- Khojastehpour, M., Nikkhah, A., and Emadi, B. 2014. Comparing energy and greenhouse gas emission of Canola production between Iran and Turkey. The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering. (Biosystem) and Mechanization, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., and Movahedi, M. 2013. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy* 52: 333–338.
- Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International* 30(7): 981–990.
- Lichtfouse, E. 2009. *Climate Change, Intercropping, Pest Control and Beneficial Microorganisms*. Volume 2. Springer. 524 pp.
- MAJ (Ministry of Agriculture of the IR of Iran). Planning and Economics Department, Statistics Bank of Iranian Agriculture; <http://www.maj.ir>; 2012 (Accessed August 2014).
- Maraseni, T.N., and Cockfield, G. 2011. Does the adoption of zero tillage reduce greenhouse gas emissions? An

- assessment for the grains industry in Australia. *Agricultural Systems* 104: 451-458.
- Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy* 87: 191-196.
- Moradi, R., and Sami, M. 2014. Assessing biodiversity of agronomical, horticultural and livestock productions in Kerman province. *Agroecology* 6(3): 1-11. (In Persian with English summary)
- Mousavi-Avval, S., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. *Journal of Cleaner Production* 19:1464-70.
- Ozkan, B., Akcaoz, H., and Karadeniz, F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversation and Management* 45:1821-30.
- Pelster, D.E., Larouche, F., Rochette, P., Chantigny, M.H., Allaire, S., and Angers, A. 2011. Nitrogen fertilization but not soil tillage affects nitrous oxide emissions from a clay soil under a maize–soybean rotation. *Soil and Tillage Research* 115-116: 16-26.
- Pishgar-Komleh, S.H., Ghahderijani, M., and Sefeedpari, P. 2012a. Energy consumption and CO₂ emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner Production* 33: 183-191.
- Pishgar-Komleh, S.H., and Omid, M., and Heidari, M.D. 2013. On the study of energy use and GHG emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. *Energy* 59: 63-71.
- Pishgar-Komleh, S.H., Keyhani, A., Rafiee, S., and Sefeedpari, 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.
- Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P., and Ghahderijani, M. 2012b. Exploring energy consumption and CO₂ emission of cotton production in Iran. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 4(3): 33115-33114.
- Robertson, G.P., Paul, E.A., and Harwood, R.R. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science* 289: 1922-1925.
- Rosenzweig, C., and Tubiello, F.N. 2007. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change* 12: 855-873.
- Salinger, M.J. 2005. Climate variability and change: past, present and future- an overview. *Climate Change* 70: 9-29.
- Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. 1976. *Statistical Methods*, seventh edition. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 247-266.
- 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.
- Thelen, K.D., Fronning, B.E., Kravchenko, A., Min, D.H., and Robertson, G.P. 2010. Integrating livestockmanure with a corn–soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. *Biomass and Bioenergy* 34: 960-966.
- Tzivilakis, J., Jaggard, K., Lewis, K.A., May, M., and Warner, D.J. 2005b. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 107: 341-358.
- Verge, X.P.C., Kimpe, C.D., and Desjardins, R.L. 2007. Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential. *Agricultural and Forest Meteorology* 142: 255-269.
- Yousefi, M., Khoramivafa, M., and Mondani, F. 2014a. 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.
- Yousefi, M., Mahdavi Damghani, A., and Khoramivafa, M. 2014b. Energy consumption, greenhouse gas emissions and assessment of sustainability index in corn agroecosystems of Iran. *Science of the Total Environment* 493: 330-335



Greenhouse Gases Emission and Global Warming Potential as Affected by Chemical Inputs for Main Cultivated Crops in Kerman Province: II- Horticultural Crops

N. Pourghasemian¹ and R. Moradi^{1*}

Submitted: 13-12-2014

Accepted: 30-05-2015

Pourghasemian, N., and Moradi, R. 2017. Greenhouse gases emission and global warming potential as affected by chemical inputs for main cultivated crops in Kerman province: II- Horticultural crops. Journal of Agroecology 9(3): 689-704.

Introduction

The latest report of the IPCC states that future emissions of greenhouse gases (GHGs) will continue to increase and will be the main cause of global climatic changes, as well as Iran. The three greenhouse gases associated with agriculture are CO₂, CH₄, and N₂O. Chemical inputs consumption in agriculture has increased annually, while more intensive use of energy led to some important human health and environmental problems such as greenhouse gas emissions and global warming. Therefore, it is necessary to reduce the application of chemical inputs in agricultural systems. Agriculture contributes significantly to atmospheric GHG emissions, with 14% of the global net CO₂ emissions coming from this sector. Chemical inputs have a major role in this hazards.

There is even less data on CO₂, N₂O, and CH₄ gas emission analysis as affected by cultivating various crops in Kerman province. Therefore, this study was conducted to assess the GHGs emission and Global warming Potential GWP caused by chemical inputs (various chemical fertilizers and pesticides) for cultivating potato, onion and watermelon in some regions of Kerman province at 2011-2012 growth season.

Material and Methods

The study was conducted in Kerman province of Iran. Data of planting area, application rates of the chemical inputs and other different parameter were collected from potato, onion and watermelon growers by using a face to face questionnaire in 2014 for different regions of Kerman (Bardsir, Bam, Jiroft, Kerman, Ravar, Rafsanjan and Sirjan). In addition to the data obtained by surveys, previous studies of related organization (Agricultural Ministry of Kerman) were also utilized during the study. Farm random sampling was done within whole population and the sample size was determined by proper equations.

The amounts of GHG emissions from chemical inputs in the studied crops were calculated by using CO₂, N₂O and CH₄ emissions coefficient of chemical inputs. Then the amount of each GHG changed into CO₂ using the specific GWP of each gas, which is the warming influence relative to that of carbon dioxide.

Results and Discussion

The results showed that N and P fertilizers had the highest application share of chemical inputs. Among the studied crops, the highest amount of chemical fertilizers was used in potato. Potato and watermelon were obtained the highest doses of herbicide and pesticide application, respectively. The results demonstrated that in all these three crops, the highest and lowest GHGs emission was related to Jiroft and Rafsanjan, respectively. The amount of annual GHGs emission was related to the regions planting area. The highest share of emission gas in all the three crops and all regions was related to CO₂. In potato and onion, herbicide was caused higher CO₂ emission compared to insecticide and fungicide. Watermelon cultivation contained no herbicide application.

GWP in the studied regions had the same trend with GHGs emission. In all three studied crops, Jiroft and Sirjan were obtained the highest and lowest values of annual GWP, respectively. In all studied crops, N fertilizer led to more GHGs emission in comparison to other inputs. Potato had the highest emission of CO₂, N₂O and CH₄

1- Associate Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

(*- Corresponding author Email: r.moradi@uk.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.42309

followed by watermelon, and the lowest amount was gained in onion. Also, annual GWP of potato, watermelon and onion were 6814.2, 6024.2 and 2125 ton CO₂ equivalence, respectively. Among all chemical inputs, N (91%), P (6.9%) and herbicide (1%) were involved the highest share in GWP for studied plants.

Conclusion

The results showed that in all three studied crops, the highest and lowest GHGs emission was related to Jiroft and Rafsanjan, respectively. Annual GWP in the studied regions had the same trend with GHGs emission. In all three studied crops, Jiroft and Sirjan were obtained the highest and lowest values of annual GWP, respectively. In all studied crops, N fertilizer led to more GHGs emission in comparison to other inputs. Potato had the highest emission of CO₂, N₂O and CH₄ followed by watermelon, and the lowest amounts was gained in onion. Among all chemical inputs, N (91%), P (6.9%) and herbicide (1%) were involved the highest share in GWP for studied plants.

Keywords: Coefficient emission, Herbicide, Onion, Potato, Urea, Watermelon



مطالعه جنبه‌های زراعی و بوم‌شناختی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr.)

عیسی پیری^۱، بتول زنده دل^۲ و ابوالفضل توسلی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۳

پیری، ع.، زنده دل، ب. و توسلی، ا. ۱۳۹۶. مطالعه جنبه‌های زراعی و بوم‌شناختی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۰۵-۷۲۱.

چکیده

به منظور بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L. Merr.) با نسبت‌های مختلف کاشت، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در جنوب شهرستان ایرانشهر در سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲ انجام گرفت. تیمارها از ۸ نسبت مختلف کاشت به صورت، کشت خالص ذرت ($C_{100}S_0$) و کشت خالص سویا (C_0S_{100}) به عنوان تیمارهای کشت خالص؛ ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا ($C_{75}S_{25}$)، ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا ($C_{50}S_{50}$)، ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا ($C_{25}S_{75}$) به عنوان نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی؛ و ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا ($C_{100}S_{50}$)، ۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا ($C_{50}S_{100}$) و ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا ($C_{100}S_{100}$) به عنوان نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد بالاترین عملکرد بیولوژیک دو گونه ذرت و سویا از کشت خالص این دو محصول به ترتیب با مقدار ۱۸۲۵۰ و ۷۴۳۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بالاترین عملکرد دانه دو گونه ذرت و سویا نیز از همین تیمار به ترتیب با مقدار ۴۴۳۶ و ۳۱۵۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. میزان RYT برای عملکرد بیولوژیک و دانه در اغلب تیمارهای مخلوط بزرگتر از یک بود که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌باشد. قابل ذکر است که در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز، نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی از برتری محسوس برای صفات RYT عملکرد بیولوژیک و دانه نسبت به کشت‌های مخلوط جایگزینی برخوردار بودند. در خصوص کنترل و مدیریت علف‌های هرز مشاهده شد که تیمارهای کشت مخلوط افزایشی سبب کاهش قابل توجه زیست‌توده علف‌هرز نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش شدند. علاوه بر این، کشت‌های مخلوط افزایشی نسبت به تک‌کشتی دارای بالاترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بودند. در رابطه با شاخص برداشت و سطح برگ مشاهده شد که بالاترین مقدار این دو صفت برای گیاه ذرت از تیمارهای کشت مخلوط حاصل شد، اما برای سویا بالاترین مقدار صفات مذکور از تیمار کشت خالص آن به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: غله، کشت چندگانه، لگوم، مجموع عملکرد نسبی

مقدمه

جمعیت رو به افزایش را در برخی نقاط جهان تأمین نمایند ولی این نظام‌ها به هزینه و انرژی فراوان ناشی از سوخت‌های فسیلی نیاز دارند. این امر منجر به ایجاد فشار روی منابع طبیعی گردیده و تولید در نظام‌های کشاورزی را تهدید می‌کند. بنابراین، نیاز به طراحی و اجرای نظام‌های برخوردار از پایداری و عملکرد بهینه افزایش می‌یابد (Javanshir et al., 2000). پایداری کشاورزی از جنبه‌های زیست-محیطی و در رابطه با منابع و جمعیت دنیا از اهمیت خاصی برخوردار

در سیستم‌های کشاورزی معمول و تک‌کشتی گرچه با بالابردن افزایش محصول در واحد سطح توانسته‌اند تا حدودی نیازهای غذایی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور مرکز زاهدان
(*) نویسنده مسئول: Email: Abolfazl202060@yahoo.com
DOI:10.22067/jag.v9i3.45737

تولید در مقایسه با تک کشتی غلات افزایش می‌یابد (Huñady & Hochman, 2014).

لگوم‌ها از جمله گونه‌هایی هستند که دارای ارزش غذایی بالا بوده و می‌توانند همراه با غلات به منظور تأمین نیاز نیتروژن این گیاهان کشت گردند (Tsubo et al., 2005). سویا از جمله گیاهان خانواده بقولات است که در حال حاضر در قسمت‌های مختلف دنیا از جمله کشورهای حوزه مدیترانه به صورت مخلوط با سایر کشت می‌شود. سویا به این دلیل که یک منبع سرشار از پروتئین با کیفیت بالا می‌باشد نقش به‌سزایی را در تغذیه مردم کم درآمد کشورهای در حال توسعه دارد. این گیاهان در غنی‌ساختن و باروری خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، در جلوگیری از فرسایش خاک به‌صورت یک گیاه پوششی و همچنین اغلب اوقات به صورت علوفه سبز کاربرد دارد (Habibifar, 2003).

با توجه به اهمیت موضوع باید توجه بیشتری در زمینه کارایی نظام‌های کشت مخلوط محصولات زراعی به‌منظور افزایش پایداری نظام‌های کشاورزی در کشور ما معطوف شود. در این زمینه، تحقیقات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که اغلب اوقات نظام‌های کشت مخلوط از کارایی به مراتب بالاتری نسبت به نظام‌های تک‌کشتی محصولات برخوردار هستند (Eskandari, Tavassoli et al., 2010; Rahimi et al., 2002). به‌طور مثال، حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط دو گونه ارزن (*Pennisetum americanum* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) نشان دادند که بالاترین عملکرد این محصولات در کشت مخلوط آن‌ها و در نسبت کاشت ۵۰ درصد از تراکم مطلوب هر گیاه حاصل می‌شود. آن‌ها یکی از علل افزایش عملکرد محصول در کشت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی آن محصولات را در این دانستند که غله و لگوم می‌توانند همدیگر را در مصرف کود نیتروژن کامل نمایند. سیروس مهر و همکاران (Sirousmehr et al., 2003) در کشت مخلوط ارزن نوتریفید (*Pennisetum glaucum* L.) با ماشک (*Vicia sativa* L.) نتیجه گرفتند که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص محصولات، نسبت برابری زمین (LER) بالاتری داشته که این امر به دلیل بهره‌گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون گونه‌ای می‌باشد. موحدی دهنوی و همکاران (Movahhedi Dehnavi et al., 2001) در بررسی نقش لوبیا در کنترل علف‌های هرز ذرت به این

می‌باشد. در گذشته چنانچه زمین تخریب می‌شد، انسان می‌توانست به جای دیگری نقل مکان کند، ولی امروزه با افزایش جمعیت این امر غیرممکن شده است. بدین ترتیب کشاورزی پایدار اجتناب‌ناپذیر است. با وجودی که هنوز تعریف کاملی از کشاورزی پایدار ارائه نشده است، ولی کشاورزی پایدار باید دارای خصوصیات زیر باشد (Koocheki, 2001):

- (۱) تنوع کشت گیاهان زراعی به جای کشت مداوم یک یا چند گیاه زراعی یک‌ساله.
- (۲) کنترل بیولوژیک آفات و دیگر روش‌های ابداعی برای کاهش مصرف آفت‌کش‌ها.
- (۳) پیشگیری بیماری‌های دامی به جای استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها.
- (۴) اصلاح ژنتیکی گیاهان زراعی برای مقاومت به آفات، بیماری‌ها، خشکی و استفاده مؤثر از عناصر غذایی.

هم‌اکنون چالش اصلی در کشاورزی پایدار این است که استفاده نهاده‌های خارج از اکوسیستم به حداقل کاهش یابد، درحالی‌که منابع درون اکوسیستم، به نحو بهتر و راندمان بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. برای دستیابی به هدف فوق، به دنبال شناخت روش‌های مدیریت زراعی هستیم که باعث بهبود و یا حفظ تولید در گذر زمان گردد و کمترین خسارت به محیط زیست وارد آید. از جمله این مدیریت‌های زراعی می‌توان به عنوان مثال به گیاهان پوششی، مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها، تناوب زراعی، جنگل-زراعی و کشت مخلوط اشاره کرد (Altieri & Nicholls, Altieri, 2008). کشت مخلوط عبارتست از کشت دو یا چند گیاه در یک مکان و یک زمان که اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، افزایش عملکرد، بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی و کاهش خسارات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند (Ouma & Jeruto, 2010).

غله و لگوم یکی از مرسوم‌ترین انواع کشت مخلوط است که به صورت کشت ذرت (*Zea mays* L.) با سویا (*Glycine max* L.) (MERR (Ariel et al., 2013)، گندم (*Triticum aestivum* L.) با باقلا (*Vicia faba* L.) (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003)، ارزن (*Panicum miliaceum* L.) با لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) (Tavassoli et al., 2010) و ... اجرا می‌شود. کشت مخلوط غله و لگوم در پایداری تولید و پرورش دام، یک روش مناسب محسوب می‌شود. معلوم گردیده است که در این سیستم‌ها، ارزش غذایی و

متوسط ۵۹۱ متر از سطح دریا در فاصله ۳۴۵ کیلومتری مرکز استان سیستان و بلوچستان واقع و ۱۵ درصد وسعت استان را به خود اختصاص داده‌است. ایرانشهر روی مدار ۲۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن در اقلیم خشک و بسیار گرم قرار دارد. در جدول ۱ پارامترهای اقلیمی منطقه آزمایش ارائه شده است (Sistan & Baluchestan Meteorology Organization, 2014).

زمین محل آزمایش یک‌سال قبل از اجرای طرح به صورت آبش 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.

نتیجه رسیدند که کشت مخلوط تیمار افزایشی ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد لوبیا بیشترین کاهش را بر وزن خشک علف‌های هرز ذرت اعمال می‌نماید. همچنین نتایج مشابه توسط مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 2000) در مورد استفاده از گیاه همراه لوبیا در ترکیب با ذرت برای کنترل علف‌های هرز وجود دارد.

هدف از اجرای این مطالعه بررسی نسبت‌های مختلف کاشت ذرت و سویا به منظور پیدا کردن بهترین ترکیب یا آرایش است که حداکثر عملکرد علوفه و دانه این دو محصول را در منطقه ایرانشهر به دنبال داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای واقع در جنوب شهرستان ایرانشهر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. شهرستان ایرانشهر در ناحیه مرکزی بلوچستان با مساحتی بالغ بر ۳۰۲۰۰ کیلومتر مربع و با ارتفاع

جدول ۱- میانگین ماهانه پارامترهای اقلیمی منطقه ایرانشهر (۹۲-۱۳۹۱)

Table 1-The mean of monthly climate parameters in Iranshahr region (2012-2013)

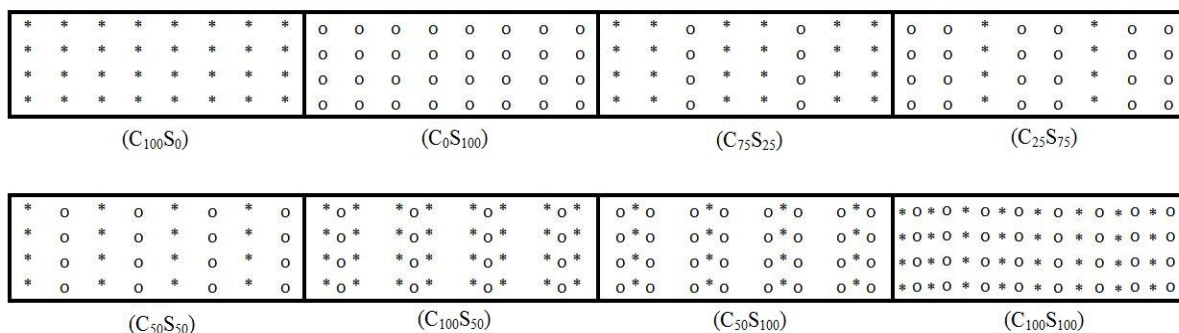
پارامتر اقلیمی Climate factors	مرداد Aug.	شهریور Sep.	مهر Oct.	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.	فروردین Apr.	اردیبهشت May.	خرداد Jun.	تیر Jul.
میانگین دما (درجه سانتی-گراد) Mean temperature (C°)	36.8	33.6	28.5	22.1	16.9	15.0	17.5	22.1	28.2	34.4	37.9	37.9
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (C°)	28.4	24.5	19.0	13.1	9.0	7.8	10.0	14.2	19.2	24.6	28.7	30.0
حداکثر دما (درجه سانتی-گراد) Maximum temperature (C°)	43.4	40.5	35.5	29.3	23.6	21.2	23.4	28.6	34.9	41.0	44.6	44.4
میانگین رطوبت نسبی (%) Humidity (%)	15	14	21	28	31	54	35	24	33	17	20	16
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	57.9	0.0	4.0	9.0	0.0	2.6	0.0
ساعات آفتابی Sun radiation (hr)	266.2	301.1	304.2	258.1	271.2	275.8	258.3	275.2	252.9	273.7	246.9	259.7

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2- Chemical and physical characteristics of experiment soil

بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته گل اشباع pH	کربن آلی (%) Organic Carbone (%)	نیترژن کل (%) Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorous (mg.kg ⁻¹)	پتاس قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg.kg ⁻¹)
لوم شنی Clay loam	1.49	7.44	0.21	0.036	7.93	412

یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور نیز بر روی هر ردیف با فاصله ۲۵ سانتی‌متری از همدیگر کشت شدند. در کشت خالص سویا نیز فواصل ردیف‌های کاشت همان ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، با این تفاوت که بذور روی هر ردیف با فاصله ۱۰ سانتی‌متری از یکدیگر کشت گردید. در کل برای کشت خالص ذرت و سویا به ترتیب تراکم ۸۰ و ۲۰۰ هزار بوته در هکتار مدنظر قرار گرفت. برای هر دو گونه ابعاد هر کرت ۱۶ متر مربع (۴ m × ۴ m) و فواصل کرت‌ها از یکدیگر ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در سیستم کشت مخلوط جایگزینی، هر کرت از هشت ردیف به طول چهار متر تشکیل گردید. اما در سیستم کشت مخلوط افزایشی برای تیمارهای C₁₀₀S₅₀ و C₅₀S₁₀₀ دوازده ردیف و برای تیمار C₁₀₀S₁₀₀ شانزده ردیف در همان ابعاد ۱۶ متر مربع طراحی شد. نحوه طراحی نسبت‌های مختلف کشت در شکل ۱ نشان داده شده است.

نمونه‌های مورد نظر جهت تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج در جدول ۲ آمده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارها از ۸ نسبت مختلف کاشت به‌صورت، کشت خالص ذرت (C₁₀₀S₀) و کشت خالص سویا (C₀S₁₀₀) به‌عنوان تیمارهای کشت خالص؛ ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا (C₇₅S₂₅)، ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا (C₅₀S₅₀)، ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا (C₂₅S₇₅) به‌عنوان نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی؛ و ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا (C₁₀₀S₅₀)، ۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا (C₅₀S₁₀₀) و ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا (C₁₀₀S₁₀₀) به‌عنوان نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی طراحی شدند. زمین محل آزمایش در اوایل بهار قبل از کاشت تا عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر شخم زده شد. بلافاصله پس از انجام شخم زمین دیسک زده شد. سپس با استفاده از لولر تسطیح گردید. پس از آماده‌سازی بستر بذر، به‌منظور اجرای نقشه طرح، کرت‌بندی زمین بدین صورت انجام شد که در کشت خالص ذرت فواصل ردیف‌های کاشت از



* and o: are corn (C) and soybean (S), respectively.

* و o: به ترتیب ذرت (C) و سویا (S)

شکل ۱- نحوه طراحی نسبت‌های مختلف کشت

Fig. 1- Designed method of different culture ratios

از معادله ۱ استفاده شد (Tavassoli et al., 2010):

$$\text{مجموع عملکرد نسبی (RYT)} = \frac{100 \times \text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} = \text{شاخص برداشت}$$

معادله (۱)

مجموع عملکرد نسبی^۳ (RYT): نسبت برابری زمین بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه می‌گردد و به وسیله آن مشخص می‌شود که برای به دست آوردن مقدار محصولی از یک هکتار کشت مخلوط عاید می‌شود، چه مقدار از زمین به صورت زراعت تک‌کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت شود. مجموع عملکرد نسبی (RYT) با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (Ghanbari et al., 2010):

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{RYT} = Y_{IC}/Y_{SC} + Y_{IS}/Y_{SS}$$

که در آن Y_{IC} و Y_{SC} : به ترتیب عملکرد ذرت در مخلوط و تک کشتی؛ Y_{IS} و Y_{SS} : به ترتیب عملکرد سویا در مخلوط و تک کشتی می‌باشد. در این رابطه اگر $\text{RYT} = 1$ باشد کشت مخلوط نسبت به تک کشتی برتری ندارد. در موقعی که $\text{RYT} > 1$ باشد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارای برتری می‌باشد. در حالتی که $\text{RYT} < 1$ باشد کشت مخلوط در مقایسه با سیستم تک کشتی از عملکرد کمتری برخوردار است.

زیست توده علف‌های هرز: برای اندازه‌گیری زیست‌توده (وزن خشک) علف‌های هرز، در زمان برداشت نهایی گیاه به همان صورت که برای علوفه و دانه این دو گونه نمونه‌برداری صورت گرفت به همان ترتیب برای علف‌های هرز نیز نمونه‌گیری انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در آون الکتریکی ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. نمونه‌های خشک شده با ترازو توزین شده و پس از آن بیوماس علف‌های هرز بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

شاخص سطح برگ^۴ (LAI): شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج^۵ مدل Delta T Device اندازه‌گیری شد. برای این منظور شاخص سطح برگ ذرت در سه مرحله از دوره رشد طولی شدن ساقه، گلدهی و شیرگی شدن دانه و شاخص سطح برگ

پس از کربندی زمین و قبل از کاشت مقادیر متعارف کود دامی در منطقه به میزان ۶۰ تن در هکتار و کود شیمیایی شامل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم اوره به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شدند. کل کودهای فسفره و پتاسه در زمان کاشت مصرف گردید. کود اوره نیز در سه قسمت مصرف شد. یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در زمان طولی شدن ساقه و یک سوم در زمان گل-دهی ذرت هر بار به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت نواری پای بوته‌ها داخل شیار به کرت‌های آزمایشی اضافه شدند.

رقم ذرت مورد استفاده، ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ (S.C 704) و سویا رقم ویلیامز^۱ با درجه خلوص ۹۹ درصد از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان ایرانشهر تهیه گردید. کاشت بذور ذرت و سویا در عمق سه سانتی‌متری و به صورت ردیفی به روش خشکه کاری و همزمان در تاریخ ۱۵ مرداد ماه ۱۳۹۲ انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت. فواصل آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. بعد از سبز شدن عملیات تنک کردن در مرحله سه تا چهار برگی و دیگری به منظور تراکم نهایی صورت گرفت. آفات و بیماری خاصی در طول دوره رشد در مزرعه مشاهده نشد. برداشت ذرت در زمان خمیری شدن دانه و سویا هنگامی که غلاف‌های گیاه زرد شده بودند با استفاده از نیروی کارگری و توسط داس به ترتیب در تاریخ‌های ۱۲ و ۲۰ آذر ۱۳۹۲ انجام گرفت.

در این تحقیق صفات ذیل مورد بررسی قرار گرفتند:

اندازه‌گیری عملکرد دو گونه: برای اندازه‌گیری این صفات، نمونه‌ای شامل دو مترمربع از هر کرت با رعایت حاشیه، برداشت گردید. ابتدا نمونه‌های برداشت شده توسط ترازو توزین شده و سپس نمونه‌های ذرت و سویا به آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل و در نهایت وزن خشک (عملکرد بیولوژیک) آن‌ها در واحد سطح محاسبه شد. پس از جدایی دانه ذرت و غلاف‌های سویا از بافت‌های خشک شده عملکرد دانه دو محصول در واحد سطح محاسبه گردید.

شاخص برداشت^۲ (HI): برای محاسبه شاخص برداشت دو گونه

۳- Relative yield total

۴- Leaf area index

۵- Leaf area meter

۱-Williams

۲- Harvest index

سویا نیز در سه مرحله (رشد ساقه، گلدهی و تشکیل غلاف) مورد ارزیابی قرار گرفت.

مقایسه میزان نور دریافت شده بین الگوهای مختلف کشت
 با محاسبه تشعشع فعال فتوسنتزی^۱ (PAR): برای این منظور تشعشع فعال فتوسنتزی سه مرتبه در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نور از نورسنج مدل SF-80T مجهز به سنسور یک متری در بالا و پایین سایه انداز گیاهی استفاده شد. اندازه‌گیری نور در فاصله ساعات ۱۴-۱۲ انجام شد. جهت این کار میزان نور در بالای تاج پوشش و سطح خاک در چهار نقطه درون هر کرت به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. درصد تابش فعال فتوسنتزی به‌منظور میزان نور دریافت شده بین الگوهای مختلف کاشت مطابق با معادله ۳ محاسبه گردید (Ghanbari et al., 2007):

$$\text{PAR\%} = [1 - (\text{PAR}_b / \text{PAR}_a)] \times 100 \quad (3)$$

که در آن PAR_b : نور فعال فتوسنتزی در پایین تاج پوشش و PAR_a : نور فعال فتوسنتزی در سطح تاج پوشش می‌باشد.

در نهایت، داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت در کشت خالص آن به‌ترتیب با مقادیر ۱۸۲۷۵ و ۴۴۳۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و سایر نسبت‌های کاشت با کشت خالص آن تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). در بین تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی مشاهده شد که بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت از تیمار (۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا) به‌ترتیب با میانگین ۱۴۱۴۲ و ۳۹۲۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و تیمارهای (۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا) و (۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا) تفاوت معنی‌داری با این تیمار داشتند. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت از تیماری که نسبت تراکم ذرت ۱۰۰ درصد بود به‌ترتیب با میانگین ۱۱۵۴۸ و ۱۸۶۴ کیلوگرم در

هکتار حاصل شد (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت در نظام‌های مختلف کاشت کاملاً تحت تأثیر تراکم قرار داشته و با افزایش تراکم در نظام‌های کاشت مختلف عملکرد بیولوژیک و دانه این گیاه افزایش یافته است. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا نتایج مشابه با این تحقیق گزارش کردند.

عملکرد بیولوژیک و دانه سویا

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد بیولوژیک و دانه سویا معنی‌دار بود (جدول ۳). مشابه با گیاه ذرت، بالاترین عملکرد بیولوژیک و دانه سویا از کشت خالص آن به ترتیب با میانگین ۷۴۳۵ و ۳۱۵۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). همانند گیاه ذرت در گیاه سویا نیز عملکرد بیولوژیک و دانه این محصول کاملاً تحت تأثیر تراکم قرار داشت و با افزایش سهم گیاه سویا در نسبت‌های مختلف کاشت بر میزان عملکرد بیولوژیک و دانه آن افزوده شد. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2002) در تحقیقی بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا نشان دادند عملکرد دانه ذرت و سویا هیستگي شدیدی با تراکم هر یک از این گونه‌ها در نظام‌های مختلف کاشت دارد.

شاخص برداشت ذرت

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر شاخص برداشت گیاه ذرت معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین مقدار شاخص برداشت گیاه ذرت در بین نسبت‌های مختلف کاشت از تیمارهای کشت مخلوط حاصل شد و کمترین میزان آن از کشت خالص ذرت با میانگین ۲۴/۴۴ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). به‌طوری‌که در بین تیمارهای کشت مخلوط مشاهده گردید بیشترین میزان شاخص برداشت ذرت از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا با میانگین ۳۲/۱۷ درصد حاصل شد، البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با سایر تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا مشاهده نشد (جدول ۳). از مهمترین دلایل افزایش شاخص برداشت در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان به نقش مثبت سویا در افزایش جذب نیتروژن و کنترل مؤثر علف‌های هرز در مزرعه ذرت مرتبط دانست، به طوری‌که این عوامل سبب افزایش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با علفه ذرت در این تیمارها

شد. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در بررسی اثر تراکم لوبیا بر صفات زایشی و عملکرد ارزن نشان داد که با افزایش تراکم لوبیا در مخلوط با ارزن، شاخص برداشت ارزن افزایش می‌یابد.

شاخص برداشت سویا

نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت گیاه سویا داشت (جدول ۳). در سویا برخلاف ذرت بالاترین شاخص برداشت از کشت خالص آن با میانگین $39/02$ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود شاخص برداشت سویا به شدت تحت تأثیر تراکم قرار گرفت، به طوری که با افزایش سهم ذرت در کشت‌های مخلوط از میزان شاخص برداشت سویا کاسته شد و در تیمارهای 100 درصد ذرت + 100 درصد سویا و 50 درصد ذرت + 50 درصد سویا کمترین مقدار شاخص برداشت سویا به ترتیب با میانگین $29/02$ و $29/12$ درصد حاصل گردید (جدول ۴). این امر می‌تواند به دلیل افزایش رقابت بین‌گونه‌ای و جذب منابع بیشتر توسط گیاه ذرت در کشت مخلوط با سویا باشد. سینگ (Singh, 2003) در بررسی کشت مخلوط سویا با ذرت و سورگوم نشان داد که با افزایش تراکم ذرت و سورگوم از شاخص برداشت سویا کاسته می‌شود.

مقایسه مجموع عملکرد نسبی (RYT) براساس عملکرد بیولوژیک ذرت و سویا

مطابق با جدول ۵ نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر میزان RYT عملکرد بیولوژیک دو گونه داشت. جدول ۶ مقادیر محاسبه شده مجموع عملکرد نسبی (RYT) را بر اساس نسبت‌های مختلف کاشت نشان می‌دهد. RYT در کلیه سیستم‌های کشت مخلوط به جزء سیستم کاشت مخلوط 100 درصد ذرت + 50 درصد سویا بالاتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر یک از محصولات برای تولید عملکرد بیولوژیک بیشتر است. مقایسه میانگین بین تیمارهای کشت مخلوط نیز نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (50 درصد ذرت + 100 درصد سویا) و (100 درصد ذرت + 100 درصد سویا) به ترتیب با میانگین مجموع عملکرد نسبی $1/20$ و $1/17$ نسبت به سایر تیمارها از برتری بالاتری برخوردار بودند (جدول ۶). در واقع می‌توان چنین استنباط کرد که با افزایش سهم سویا در نسبت‌های مختلف کشت بر میزان RYT عملکرد بیولوژیک دو گونه افزوده شده که این افزایش می‌تواند به دلیل قدرت تثبیت نیتروژن بیشتر در خاک توسط گیاه لگوم و بهبود شرایط محیطی مناسب‌تر برای جزء دیگر مخلوط شد (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003). همچنین این برتری می‌تواند به دلیل بالاتر بودن شاخص سطح برگ (جدول ۹) و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر (جدول ۱۰) در تیمارهای کشت مخلوط ذرت و سویا در مقایسه با کشت خالص این محصولات باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات عملکرد بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of factors of biological yield, seed yield and harvest index							
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield		عملکرد دانه Seed yield		شاخص برداشت Harvest index	
		ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean
تکرار Replication	2	0.23 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.076 ^{ns}
تیمار Treatment	6	124574.08**	100965.10**	13479.45**	9178.53**	1546.13**	1269.18**
اشتباه آزمایشی Error	12	2540.44	1156.73	421.04	110.98	129.71	110.56
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	14.32	11.00	18.53	15.91	23.44	19.05

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns: به معنای غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

* and **: significant at 5 and 1% levels of probability, respectively; ns: not significant.

جدول ۴- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت

Table 4- Mean comparison of different culture ratios on biological yield, seed yield and harvest index

تیمار Treatment		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)		شاخص برداشت (%) Harvest index (%)	
		ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean	ذرت Corn	سویا Soybean
کشت خالص Monoculture	ذرت Corn	18250 ^{a*}	-	4436 ^a	-	24.44 ^c	-
	سویا Soybean	-	7435 ^a	-	3157 ^a	-	39.02 ^a
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	14142 ^b	1853 ^e	3921 ^b	873 ^d	27.69 ^b	24.37 ^d
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	10378 ^c	3010 ^d	3212 ^{cd}	1109 ^d	27.85 ^b	34.00 ^b
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	6406 ^d	4963 ^b	1793 ^e	2210 ^b	32.00 ^a	38.23 ^a
	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	11548 ^c	1864 ^e	3718 ^{bc}	973 ^d	30.00 ^a	29.12 ^c
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	10078 ^c	4867 ^b	3019 ^d	1945 ^b	32.17 ^a	31.54 ^{bc}
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	11465 ^c	4119 ^c	3406 ^c	1511 ^c	29.56 ^{ab}	29.02 ^c

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

مخلوط‌ها بیش از یک می‌باشد. مقایسه میانگین بین تیمارهای کشت مخلوط نشان داد که دقیقاً مشابه با عملکرد بیولوژیک، بیشترین میزان RYT عملکرد دانه دو گونه از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی (۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) و (۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) به ترتیب با میانگین ۱/۲۹ و ۱/۲۳ حاصل شد و این دو تیمار نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط از برتری معنی‌داری برخوردار بودند (جدول ۶). همان‌طور که گفته شد این برتری می‌تواند به دلیل بهبود شرایط محیطی مناسب‌تر کشت مخلوط به دلیل مزایای کشت سویا در این نوع سیستم کاشت باشد (Bijandi & Rahimian, 1999; Mashhadi, 1999). همچنین بالاتر بودن شاخص سطح برگ (جدول ۹) و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر (جدول ۱۰) در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مؤید این نتایج است. سالمون (Salmon, 2006) نشان داد که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت و لوبیا بالاتر از سیستم تک‌کشتی هر یک از محصولات است.

از طرفی، با توجه به نتایج به‌دست آمده از عملکرد نسبی (RY) هر یک از گونه‌ها در تیمارهای کشت مخلوط، مشاهده می‌گردد که کاهش مجموع عملکرد نسبی (RYT) در برخی از تیمارها متأثر از افت شدید عملکرد سویا در اثر غالبیت ذرت در تراکم‌های پایین این محصول می‌باشد. به‌طوری‌که در نظام‌های کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا و ۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا میزان عملکرد نسبی (RY) برای سویا در هر دو تیمار ۰/۲۵ حاصل شد که نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط بسیار پایین‌تر است (جدول ۶).

مقایسه مجموع عملکرد نسبی (RYT) براساس عملکرد دانه ذرت و سویا

نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر میزان RYT عملکرد دانه دو گونه داشت (جدول ۵). در جدول ۶ مقادیر RYT محاسبه شده برای عملکرد دانه ذرت و سویا براساس نسبت‌های مختلف کاشت آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود RYT در تمام

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) RYT بر اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of RYT based on biological and seed yield

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield RYT	عملکرد دانه Seed yield RYT
تکرار Replication	2	0.045 ^{ns}	0.032 ^{ns}
تیمار Treatment	5	677.09 ^{**}	479.12 ^{**}
اشتباه آزمایشی Error	10	56.43	67.02
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	16.09	12.77

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns به معنای غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

* and ** significant at 5 and 1% levels of probability, respectively; ns not significant.

جدول ۶- محاسبه نسبت برابری زمین (RYT) سیستم‌های کشت مخلوط

Table 6- Estimation of RYT for intercropping systems

Table 6- Estimation of RYT for intercropping systems							
تیمار Treatment		عملکرد بیولوژیک Biological yield RYT			عملکرد دانه Seed yield RYT		
		عملکرد نسبی ذرت Relative yield of corn	عملکرد نسبی سویا Relative yield of soybean	RYT	عملکرد نسبی ذرت Relative yield of corn	عملکرد نسبی سویا Relative yield of soybean	RYT
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	0.77	0.25	1.02 ^{b*}	0.88	0.27	1.15 ^b
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	0.56	0.40	1.06 ^b	0.72	0.35	1.07 ^c
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	0.35	0.66	1.01 ^b	0.40	0.70	1.10 ^{bc}
	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	0.63	0.25	0.88 ^c	0.83	0.31	1.14 ^b
	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	0.55	0.65	1.20 ^a	0.68	0.61	1.29 ^a
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	0.62	0.55	1.17 ^a	0.76	0.47	1.23 ^a
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping							

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

دهد. اثر نسبت‌های مختلف کاشت در سطح احتمال یک درصد بر

وزن خشک علف‌های هرز را نشان می‌-

وزن خشک علف‌های هرز

جدول ۸، تجزیه واریانس وزن خشک علف‌های هرز را نشان می‌-

مقایسه با سویا یک گیاه زراعی رقابت کننده بسیار عالی برای کنترل علف های هرز محسوب شده و به دلیل رشد بالقوه و قدرت پنجه زنی بالا دارای قدرت خفه کنندگی بسیار زیادی بر روی علف های هرز می باشد، اما سویا گیاهی ضعیف در رقابت با علف هرز محسوب شده به طوری که با افزایش سهم سویا در نظام های کاشت مخلوط جایگزینی بر میزان وزن خشک علف های هرز افزوده شده و در کشت خالص آن به بیشترین مقدار خود رسیده است. سایر محققین نیز نشان دادند نظام های کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی محصولات قادر است به طور مؤثری علف های هرز را کنترل نماید (Piri et al., 2011; Movahhedi Dehnavi et al., 2001; Ghanbari et al., 2007).

شاخص سطح برگ ذرت

اثر نسبت های مختلف کاشت بر شاخص سطح برگ ذرت معنی دار بود (جدول ۸). در هر سه مرحله رشدی اندازه گیری شده بالاترین مقدار شاخص سطح برگ ذرت در بین نسبت های مختلف کاشت از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل گردید (جدول ۸).

مختلف کاشت نشان داد که افزایش تراکم دو گونه به طور قابل توجهی سبب کاهش وزن خشک (زیست توده) علف های هرز شد. به طوری که، کمترین زیست توده علف هرز از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل شد و این تیمارها در مقایسه با کشت خالص دو گونه و نسبت های مختلف کشت مخلوط جایگزینی از بیوماس علف های هرزی کمتری برخوردار بودند (جدول ۷). کاهش زیست توده علف هرز در این شرایط می تواند به دلیل اشغال فضاهای خالی توسط تعداد بیشتری از بوته های گیاهان زراعی در این تیمار در مقایسه با سایر تیمارها باشد، به طوری که فضای کافی برای رشد علف های هرز در مزرعه باقی نماند. قابل توجه است که مقایسه بین تیمارهای کشت خالص ذرت، کشت خالص سویا و نسبت های کشت مخلوط جایگزینی این دو گونه که همگی دارای تراکم برابری بودند نشان داد که کشت خالص ذرت با میانگین ۳۱۲/۱۱ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین میزان علف هرز بود و با افزایش سهم سویا در نسبت های مختلف کاشت بیوماس علف هرز افزوده شد به طوری که بیشترین میزان بیوماس علف هرز با میانگین ۳۹۶/۴۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت خالص سویا مشاهده گردید (جدول ۷). در واقع این نتایج بیان می کند که ذرت در

جدول ۷- مقایسه میانگین نسبت های مختلف کاشت بر زیست توده علف هرز
Table 7- Mean comparison of culture different ratios on weed biomass

تیمار Treatment		زیست توده علف هرز (کیلوگرم در هکتار) Weed biomass (kg.ha ⁻¹)
کشت خالص Monoculture	ذرت Corn	312.11 c*
	سویا Soybean	396.44 a
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	316.45 c
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	331.52 b
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	355.09 b
	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	212.84 e
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	270.16 d
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	164.71 f

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زیست‌توده علف‌های هرز، شاخص سطح برگ ذرت و سویا در مراحل مختلف رشد و تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده بر مبنای مراحل رشدی ذرت

Table 8- Analysis of variance (mean of squares) of weed biomass, corn and soybean LAI in different growth stages; and PAR absorbed based on corn growth stages

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ ذرت Corn LAI			شاخص سطح برگ سویا Soybean LAI			تثعشع فعال فتوسنتزی PAR		
		زیست‌توده Weed biomass			شاخص سطح برگ ذرت Corn LAI			شاخص سطح برگ سویا Soybean LAI		
		علف‌هرز Weed biomass	طولیل شدن Stem elongation	ساقه Stem	گلدهی Flowering	گلدهی Flowering	تشکیل غلاف Capsuling	طولیل شدن ساقه Stem elongation	گلدهی Flowering	شیرینی دانه Seed milking
تکرار Replication	2	0.10 ^{ns}	0.052 ^{ns}	0.064 ^{ns}	0.086 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.031 ^{ns}	0.072 ^{ns}	0.091 ^{ns}	0.056 ^{ns}
تیمار Treatment	7	7442.61 ^{**}	675.22 ^{**}	344.76 ^{**}	367.00 ^{**}	510.16 ^{**}	387.41 ^{**}	2134.16 ^{**}	3078.44 ^{**}	2447.54 ^{**}
اشتباه آزمایشی Error	14	84.44	81.11	46.88	54.39	32.56	15.33	344.22	498.72	147.28
ضریب تغییرات (%)	-	25.09	25.10	26.08	21.45	15.66	23.90	22.07	20.85	26.00
CV (%)	-									

* و **: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns: به معنای غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

* and **: significant at 5 and 1% levels of probability, respectively; ns: not significant

شاخص سطح برگ سویا به‌شدت کاسته می‌شود.

جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)

با توجه به جدول ۸، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت قرار گرفت. تابش فعال فتوسنتزی جذب شده در هر سه مرحله از دوره رشد گیاه در نظام‌های کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص دو گونه بود. از طرفی در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز، نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی تشعشع فعال فتوسنتزی را به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی جذب کرده بودند (جدول ۱۰). جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نسبت به سایر تیمارها را می‌توان علاوه بر سطح سبز بیشتر کانوپی در این تیمارها به شاخص سطح برگ بالاتر آن‌ها (جدول ۹) نسبت داد. قنبری-بنجار و لی (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003) در کشت مخلوط گندم با باقلا مشاهده کردند که جذب نور در زراعت‌های مخلوط بیشتر از تک کشتی‌های هر یک از اجزای مخلوط بود. آن‌ها علت بالا بودن جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در کانوپی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی‌ها را به اختلاف در آرایش شاخ و برگ و شکل کانوپی در گیاه گندم و لگوم‌ها نسبت دادند. نوری که توسط گندم جذب نمی‌شود، در پایین کانوپی توسط لگوم‌ها جذب و موجب افزایش راندمان جذب PAR می‌شود. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا مشاهده کرد که کشت مخلوط نور فعال فتوسنتزی را با کارایی بیشتری نسبت به کشت خالص جذب می‌نماید.

نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج این تحقیق در بررسی تک‌کشتی دو محصول و کشت مخلوط مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه و علوفه خشک دو گونه از کشت خالص آن‌ها به‌دست آمد. این نشان می‌دهد که عملکرد دانه و علوفه خشک کاملاً تحت تأثیر تراکم دو گونه قرار گرفته است. بالاترین مجموع عملکرد نسبی (RYT) از لحاظ عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت و سویا از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل شد. همچنین تیمارهای کشت مخلوط افزایشی سبب کاهش چشمگیر بیوماس علف‌های هرز در مقایسه با تیمارهای کشت خالص

البته تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کشت مخلوط افزایشی با تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا مشاهده نشد. کمترین میزان شاخص سطح برگ ذرت نیز در هر سه مرحله رشد از کشت خالص آن به‌دست آمد (جدول ۹).

با توجه به نتایج حاصل می‌توان مهمترین دلیل افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان به نقش مثبت سویا در افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن و جذب بالای آن توسط گیاه ذرت مرتبط دانست، به‌طوری‌که این فرآیند سبب بهبود رشد رویشی و افزایش سطح برگ ذرت در تیمارهایی شده است که تراکم سویا بالاتر بود. ردی و وایلی (Reedy & Willey, 2000) در بررسی کشت مخلوط ارزن مرورایدی (*Pennisetum glaucum* L.) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) نشان دادند که با افزایش تراکم بادام زمینی در مخلوط با ارزن، شاخص سطح برگ ارزن به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. وی مهمترین عامل این برتری را به نقش مثبت بادام زمینی در افزایش حاصلخیزی خاک برای گیاه ارزن نسبت داد.

شاخص سطح برگ سویا

نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گیاه سویا داشت (جدول ۸). در سویا برخلاف ذرت بالاترین شاخص سطح برگ در مراحل رشدی اندازه‌گیری شده از کشت خالص آن به‌دست آمد (جدول ۹). همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود شاخص سطح برگ گیاه سویا به‌شدت تحت تأثیر تراکم قرار گرفته و با افزایش سهم ذرت در کشت‌های مخلوط از میزان شاخص سطح برگ گیاه سویا کاسته شده است. به‌طوری‌که کمترین میزان شاخص سطح برگ سویا در تیمارهایی مشاهده شد که سهم ذرت ۱۰۰ درصد بود (۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا و ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا) (جدول ۹). این نتایج می‌تواند به‌خوبی نشان دهنده افزایش رقابت بین‌گونه‌ای گیاه ذرت و سویا در کشت مخلوط باشد. به‌طوری‌که ذرت به عنوان گیاه غالب در کشت مخلوط از طریق سایه‌اندازی بر گیاه سویا مانع از رشد رویشی مناسب این محصول در تیمارهای کشت مخلوط شده است. سینگ (Singh, 2003) در بررسی کشت مخلوط ذرت (به‌عنوان گونه غالب در کشت مخلوط) با سویا (به‌عنوان گونه همراه در کشت مخلوط) نشان داد که با افزایش تراکم ذرت از

و تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی شدند. بیشترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) مربوط به تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بود. بالاترین شاخص برداشت و شاخص سطح برگ ذرت از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی حاصل شد اما بیشترین شاخص برداشت و شاخص سطح برگ سویا از تیمار کشت خالص این محصول به‌دست آمد. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد برای حصول عملکرد بهینه دو گونه و کنترل مؤثر علف‌های هرز، کشت مخلوط افزایشی ذرت و سویا در مقایسه با سایر نسبت‌های مختلف کاشت بهتر است در مزارع خرده مالکی که استفاده از ماشین آلات کشاورزی مقرون به‌صرفه نیست در اولویت قرار گیرد.

جدول ۹- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت بر شاخص سطح برگ (LAI) ذرت و سویا
Table 9. Mean comparison of different culture ratios on corn and soybean LAI

تیمار Treatment	شاخص سطح برگ ذرت (%) Corn LAI (%)			شاخص سطح برگ سویا (%) Soybean LAI (%)		
	طول‌شدن ساقه Stem elongation	گلدهی Flowering	شیری شدن دانه Milking seed	رشد ساقه Stem growth	گلدهی Flowering	تشکیل غلاف Capsuling
کشت خالص Monoculture	ذرت Corn	4.18 ^{b*}	4.79 ^b	4.00 ^b	–	–
	سویا Soybean	–	–	–	4.26 ^a	4.00 ^a
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	4.20 ^b	4.98 ^b	4.00 ^b	3.70 ^c	3.45 ^b
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	4.43 ^b	5.21 ^b	4.25 ^b	4.00 ^b	3.91 ^a
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	5.94 ^a	7.45 ^a	6.00 ^a	4.25 ^a	4.00 ^a
	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	6.42 ^a	7.89 ^a	6.21 ^a	3.11 ^d	3.09 ^c
	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	6.01 ^a	7.96 ^a	6.58 ^a	3.20 ^d	3.30 ^b
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	6.31 ^a	7.89 ^a	6.40 ^a	3.18 ^d	3.22 ^b

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت بر تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده بر مبنای مراحل رشدی ذرت

Table 10- Mean comparison of different culture ratios on PAR absorbed based on corn growth stages

تیمار		تشنشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده (%) PAR absorbed (%)		
		طویل شدن ساقه Stem elongation	گلدهی Flowering	شیری شدن دانه Milking seed
کشت خالص Monoculture	ذرت Corn	52.28 ^{d*}	55.39 ^d	55.09 ^d
	سویا Soybean	45.81 ^e	51.02 ^d	49.13 ^e
کشت مخلوط جایگزینی Replacement intercropping	۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا 75% corn + 25% soybean	56.60 ^c	63.78 ^c	61.44 ^{bc}
	۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 50% corn + 50% soybean	62.09 ^b	67.65 ^b	66.08 ^b
	۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد سویا 25% corn + 75% soybean	55.43 ^c	60.00 ^c	58.62 ^c
	۱۰۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا 100% corn + 50% soybean	66.31 ^a	74.16 ^a	68.44 ^b
کشت مخلوط افزایشی Additive intercropping	۵۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 50% corn + 100% soybean	63.28 ^{ab}	73.46 ^a	69.56 ^b
	۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد سویا 100% corn + 100% soybean	69.54 ^a	77.68 ^a	74.10 ^a

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد است.

*Mean followed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability.

منابع

- Altieri, M.A. 2008. Agroecology the Science of Sustainable Agriculture, 2nd edition. West View Press, Inc, USA.
- Altieri, M.A., and Nicholls, C.I. 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems, Second Edition. Psychology Press, USA.
- Ariel, C.E., Eduardo, O.A.G., Benito, E. and Lidia, G. 2013. Effects of two plant arrangements in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merrill) intercropping on soil nitrogen and phosphorus status and growth of component crops at an Argentinean Argiudoll. American Journal of Agriculture and Forestry 1(2): 22-31.
- Bijandi, A., and Rahimian Mashhad, H. 1999. Defoliation of corn in corn and soybean intercropping, and influence it on seed and forage yield of corn and seed yield of soybean. Iranian Journal of Crop Sciences 1(3): 15-23
- Eskandari, H. 2002. Corn and bean intercropping for forage production. MS.C Thesis, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ghanbari, A., Ghadiri, H., and Jokar, M. 2007. Effect of intercropping of maize and cucumber on controlling weeds. Pajouhesh and Sazandegi in Agronomy and Horticulture 73: 193-199. (In Persian with English Summary)
- Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58(1): 28-36.
- Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A. 2010. The evaluation of ecophysiological characteristics of millet (*panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping. Journal of Agroecology 2(4): 556-564. (In Persian with English Summary)
- Habibifar, S. 2003. Study on the adaptation and yield comparison of 10 soybean (*glycine max* L.) varieties at Iranshar region. MS.C Thesis, Faculty of Agriculture, Payam-e-noor University, Zahedan Center, Iran. (In Persian with English Summary)
- Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M., and Yazdi Samadi, B. 2003. 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 in Agronomy and Horticulture 16(59): 60-67. (In Persian with English Summary)

- Huňady, I., and Hochman, M. 2014. Potential of legume-Cereal intercropping for increasing yields and yield stability for self-sufficiency with animal fodder in organic farming. Czech Journal Genetic Plant Breeding 50(2): 185-194.
- Javanshir, A., Dabbagh, A. and Hamidi, A. 2000. The ecology of intercropping. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran pp. 222. (In Persian)
- Koocheki, A. 2001. Sustainable Agriculture. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran pp. 316. (In Persian)
- Mazaheri, D., Bankehsaz, A., Movahedi Dehnavi, M., Hoseinzadeh, A., and Ghanadha, M. 2000. Effect of corn and bean intercropping on weed control. Pajouhesh and Sazandegi Journal 47: 47-51. (In Persian with English Summary)
- Movahedi Dehnavi, M., Mazaheri, D., and Bnkesaz, A. 2001. Effect of bean on weed control maize. Journal of Biaban 6(2): 71-85. (In Persian with English Summery)
- Ouma, G., and Jeruto, P. 2010. Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. Agriculture and Biology Journal of North America 1(5): 1098-1105.
- Piri, I., Abrahimpour, F., Tavassoli, A., Amiri, E., and Rastegaripour, F. 2011. Effect of fertilizer in controlling weeds under intercropping of pearl millet and red bean in Sistan region, Iran. African Journal of Biotechnology 10(38): 7397-7403.
- Rahimi, M.M., Mazaheri, D., Khodabandeh, N. and Heidari Sharifabadi, K. 2002. Study of yield and yield components of corn and soybean in intercropping. Pajouhesh and Sazandegi Journal 51: 45-55. (In Persian with English Summary)
- Reedy, M.S., and Willey, R.W. 2000. A study of pearl millet/ground nut intercropping with particular emphasis on the efficiencies of leaf canopy and root pattern. In: The International Intercropping Workshop. ICRISAT. Hyderabad, Indian.
- Salmon, E. 2006. Maize-bean intercrop system in Nicaragua, effect of plant arrangements and population densities on the Land Equivalence Ratio (RYT), Relative Yield Total (RYT) and abundance. Working paper Interactional Rural development center, Swedish University of Agricultural Science No,143: 35 pp.
- Singh, G.N. 2003. Study on the intercropping of soybean with maize and sorghum. Indian Journal Agronomy 18: 75-78.
- Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoye, F., and Moghaddam, M. 2003. Pearl millet and common vetch intercropping. Journal of Biaban 2: 250-263. (In Persian with English Summery)
- Sistan and Balouchestan Meteorology Organization. 2014. Data and Information Center. (In Persian)
- Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M.M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millet (*panicum miliaceum*) and bean (*phaseolus vulgaris*) in intercropping. Iranian Journal of Agronomy Research 8(2): 96-114. (In Persian with English Summery)
- Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions: I. Model development. Field Crops Research 93(1): 10-22.



Study of Agronomical and Ecological Parameters of Additive and Replacement Intercropping Systems of Corn (*Zea maize* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr.)

I. Piri^۱, B. Zendehdel² and A. Tavassoli^{3*}

Submitted: 09-04-2015

Accepted: 25-07-2015

Piri, I., Zendehdel, B., and Tavassoli, A. 2017. Study of agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of corn (*Zea maize* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). Journal of Agroecology 9(3): 705-721.

Introduction

Intercropping is a multiple cropping agricultural practice involves growing two or more crops in close proximity. Intercropping of compatible plants also encourages biodiversity, by providing a habitat for a variety of insects and soil organisms that would not be present in a monocrop environment. This in turn can help limit outbreaks of crop pests by increasing predator biodiversity. Additionally, reducing the homogeneity of crops increases the barriers against biological dispersal of pests through the crops. Cereal-legume intercropping plays an important role in subsistence food production in developing countries, especially in the situations of limited resources. Nitrogen fixing legumes can be included to a greater extent in arable cropping systems via intercrops. Legumes contribute to maintaining the soil fertility via nitrogen fixation, which is increased in intercrops due to the more competitive character of the cereal for soil inorganic N. Ariel *et al.*, (2013) showed that, Legume-Cereal Intercropping of corn and soybean may be advantageous compared to monocultures. Corn and soybean intercropping produce high yields of green matter and seed concentrates especially when the corn-soybean ratio is 1:2.

Due to the importance of cereal-legume intercropping in the sustainability of agricultural systems, the objective of this study was to determine the effects of cereal-legume intercropping on the total biomass and grain yield and to find the best pattern of additive and replacement intercropping systems in Iranshahr Region.

Material and Methods

In order to study the agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of corn and soybean, a field experiment was conducted in 2012-13 in the south of Iranshahr city on a randomized complete block design with three replications. Treatments consisted of 8 different intercropping ratios: corn monoculture ($C_{100}S_0$) and soybean monoculture (C_0S_{100}) as sole cropping; 75% corn + 25% soybean ($C_{75}S_{25}$), 50% corn + 50% soybean ($C_{50}S_{50}$), 25% corn + 75% soybean ($C_{25}S_{75}$) as replacement intercropping; and 100% corn + 50% soybean ($C_{100}S_{50}$), 50% corn + 100% soybean ($C_{50}S_{100}$), and 100% corn + 100% soybean ($C_{100}S_{100}$) as additive intercropping. Seed yield, biological yield, harvest index (HI), relative yield total (RYT), leaf area index (LAI), Photosynthetic active radiation (PAR) were measured for both species in this experiment. All data were statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA) using MSTATC statistical software. The Duncan's multiple ranged test used to compare means at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the highest seed and biological yield of corn and soybean were obtained from sole cropping of both species. The RYT of seed and biological yield for most intercropping ratios were greater than one which indicates the advantageous of intercropping over sole cropping. This was observable that among intercropping treatments, additive intercropping was better than replacement intercropping for mentioned

v 1, 2 and 3- Associate Professor, MSc Student of Agronomy and Assistant Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Zahedan center, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Abolfazl202060@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.45737

indices. Comparing the performance of sole cropping and intercropping treatments, the results indicated that weed suppressing effects was more effective in additive intercropping treatments. The highest PAR interception also obtained in additive intercropping treatments. The highest amount of harvest index and leaf area index was obtained from intercropping and sole cropping, for corn and soybean respectively. Generally in this research, Intercropping treatments had a better performance than sole cropping, because of more efficient use of sources (such as light and nutrients) and also preventing weed's growth.

Conclusion

According to the results of the present research, intercropping systems were more efficient than sole cropping in RYT (seed and biological yield), LAI, PAR, harvest index (only for corn) and weed suppressing indices. Among intercropping treatments, additive intercropping was better than replacement intercropping for mentioned indices. Generally, the results of this experiment showed that in order to obtain optimum yield of two species and effective management of weeds, this is better to use additive intercropping system rather than other cropping systems in this region, especially for smallholder farmers use less machinery in their farms.

Keywords: Multiple cropping, Cereal, Legume, Relative yield total (RYT)



تأثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد ازتوباکتر بر خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد

بهروز امرایی^{۱*}، محمدرضا اردکانی^۲، مسعود رفیعی^۳، فرزاد پاکنژاد^۴ و فرهاد رجالی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۲

امرای، ب.، اردکانی، م.، رفیعی، م.، پاکنژاد، ف.، و رجالی، ف. ۱۳۹۶. تأثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد ازتوباکتر بر خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳):

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد ازتوباکتر بر خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه خرم‌آباد در پاییز سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ انجام شد. تیمارها شامل تلقیح با قارچ میکوریزا (*Glomus* sp.) در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح)، ازتوباکتر در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و ارقام مختلف گندم شامل (سرداری، کوه‌دشت و کریم) بودند. نتایج نشان داد که اثر رقم بر محتوای فسفر، نیتروژن، پتاسیم و پروتئین دانه معنی‌دار شد. اثر ساده ازتوباکتر بر محتوای نیتروژن، پروتئین و فسفر دانه و اثر ساده میکوریزا بر محتوای فسفر، نیتروژن و پروتئین دانه معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل ازتوباکتر و رقم بر محتوای نیتروژن و پروتئین دانه معنی‌دار شد. بالاترین درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی به‌میزان ۱۷/۵۲ و ۲۱/۲۴ درصد مربوط به رقم کریم بود. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد و خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد دارد.

واژه‌های کلیدی: پاسخ، پروتئین دانه، کودهای زیستی، وابستگی میکوریزایی

مقدمه

مصرف کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد. نتیجه این فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر بحران آلودگی‌های محیط‌زیست و به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره وار به منابع غذایی انسان راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است (Amirabadi et al., 2009).

کودهای بیولوژیک به‌عنوان یک رهیافت امید بخش در تغذیه گیاهی در کشاورزی پایدار مطرح گردیده است (Faheed & Abad-El Fatha, 2008).

کشاورزی پایدار نظامی است که ضمن برخورداری از پویایی اقتصادی، می‌تواند موجب بهبود وضعیت محیط‌زیست و استفاده بهینه از منابع موجود شده و همچنین در تأمین نیازهای غذایی انسان و ارتقاء کیفیت زندگی جوامع بشری نقش مؤثری داشته باشد. یکی از

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی، تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی انسان‌ها در سراسر جهان است (Smith et al., 2004). به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، عملیات زراعی متعددی نظیر

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی کرج و دانشیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

(*) - نویسنده مسئول: Email: hajbehrozamraei@yahoo.com
DOI:10.22067/jag.v9i3.47367

- ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه‌ای مصرف نهاده‌های شیمیایی است (Sosana et al., 2006).
- کودهای زیستی علاوه بر تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک رشد بیشتر گیاه میزبان و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (Balemy et al., 2007).
- همزیستی میکوریزایی از رایج‌ترین و سابقه‌دارترین روابط همزیستی در سلسله گیاهان است که در اکثر اکوسیستم‌ها وجود دارد؛ به‌طوری‌که اکثر گیاهان (در حدود ۹۵ درصد گونه گیاهان آوندی) حداقل یکی از تیپ‌های میکوریزا را دارا هستند (Ardakani et al., 2000).
- چون همزیستی میکوریزایی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر به‌خصوص از منابع غیر قابل دسترس آن‌ها می‌شوند، می‌توانند جایگزین خوبی برای بخشی از کودهای شیمیایی حاوی فسفر مصرف شده در اکوسیستم‌های زراعی باشند (Mukeriji & Chamola, 2003).
- محققین در بررسی تأثیر قارچ گломوس بر رشد گیاه گندم تحت شرایط تنش خشکی نشان دادند که این قارچ سبب افزایش عناصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در شاخساره و دانه‌های این گیاه می‌شود (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008).
- دیگر محققین گزارش دادند که پروتئین‌های محلول و کل محتوای نیتروژن در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) تلقیح شده با میکوریزا نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی بالاتر بود. این محققین بیان داشتند که ارتقاء فعالیت‌های آنزیم‌های تثبیت نیتروژن و ترکیبات نیتروژنه در ذرت می‌تواند حاکی از انتقال NO_3 از طریق هیف‌های میکوریزا باشد (Subramanian et al., 1997).
- تعداد قابل توجهی از گونه‌های باکتریایی و قارچی خاک دارای روابط کارکردی با گیاهان بوده و اثرات مفیدی بر رشد آن‌ها دارند (Vessy, 2003).
- میکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیر متحرک، به‌ویژه فسفر و چندین ریزمغذی دیگر تأثیر مفیدی دارد. بنابراین قارچ‌های میکوریزا دارای کارکرد چند منظوره‌ای در بوم‌نظام‌های زراعی هستند به‌طوری‌که سبب بهبود کیفیت فیزیکی خاک (از طریق گسترش ریشه‌های قارچ)، کیفیت شیمیایی خاک (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و کیفیت بیولوژیکی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) می‌گردند (Cardose et al., 2006).
- پتانسیل تولید سیدروفورهای مختلف توسط ازتوباکتر و افزایش قابلیت جذب مولیبدن، آهن، روی و همچنین توانایی این باکتری‌ها در افزایش حلالیت فسفر از ترکیبات نامحلول معدنی به اثبات رسیده است که از جمله روش‌های افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی می‌باشد (Markovacki et al., 2001).
- صفات کیفی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد ازتوباکتر و همزیستی میکوریزایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اثر اصلی ازتوباکتر و قارچ گломوس بر صفات درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه، درصد فسفر دانه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وابستگی میکوریزایی در گلرنگ تأثیر معنی‌دار داشت (Omid et al., 2014).
- همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب افزایش فتوسنتز و افزایش معنی‌دار در مقدار عملکرد کیفی و نیز میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم به وسیله بافت‌های رویشی گردید. اما بیشترین افزایش مربوط به جذب فسفر بود، بهبود جذب عناصر مذکور به مشارکت هیف‌های بیرونی قارچی میکوریزایی در حجم وسیعی از خاک، جهت جستجوی مواد غذایی نسبت داده شد (Gupta et al., 2002).
- قارچ گломوس سبب بهبود جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، مس و روی در خاک‌های فقیر از لحاظ مواد غذایی می‌شود. مزیت قارچ میکوریزا، افزایش منطقه تخلیه عناصر غذایی به‌وسیله ریشه‌های میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی می‌باشد (Smit & Read, 2008).
- همچنین از مهمترین کودهای بیولوژیک می‌توان به مایه تلقیح حاوی ازتوباکتر اشاره نمود (Amirabadi et al., 2009).
- کاربرد انفرادی ازتوباکتر سبب افزایش غلظت نیتروژن (به‌میزان ۳۵ درصد) در اندام هوایی گیاه گندم نسبت به شاهد شد (Khan et al., 2007).
- مصرف ازتوباکتر علاوه بر اثر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد این گیاه، موجب صرفه جویی در مصرف نیتروژن به میزان ۲۰ درصدی می‌شود (Kader et al., 2002).
- محققین اثر تلقیح ازتوباکتر بر رشد، جذب و انتقال عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه گندم را مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند و بالاتر بودن مقدار جذب و به‌ویژه انتقال پتاسیم در تیمار تلقیح ازتوباکتر را به اثر احتمالی ترکیبات آلی تولید شده در ریشه‌ها و

میکوریزایی در شرایط دیم می‌تواند به دلیل افزایش پتاسیم آب و برگ و یا افزایش میزان دی‌اکسیدکربن باشد (Amerian et al., 2001). با توجه به پژوهش‌های انجام شده، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر قارچ میکوریزا و /زتوباکتر بر صفات کیفی ارقام گندم در شرایط دیم منطقه خرم‌آباد استان لرستان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در روستای ده باقر از توابع شهرستان خرم‌آباد دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۷۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری آن نمونه برداری به عمل آمد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

انتقال مجدد پتاسیم به بخش هوایی گیاه نسبت دادند (Hajiboland et al., 2004).

اثر تلقیح باکتری /زتوباکتر با گیاه گندم باعث افزایش غلظت و مقدار فسفر بخش هوایی و همچنین بر مقدار فسفر ریشه‌ها معنی‌دار بوده است (Rahimi et al., 2012).

/زتوباکتر باعث جذب و افزایش غلظت عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منیزیم، آهن و پروتئین در گیاهان زراعی شده است (Habibi et al., 2007).

افزایش جذب عناصر غذایی را ناشی از فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم و نیز افزایش تارهای کشنده و یا تشکیل ریشه‌های جانبی به دلیل تولید تنظیم کننده‌های رشد در گیاه (اکسین، سیتوکینین و جیبرلین) ارزیابی نمودند (Amiri et al., 2010; Sturs & christie, 2003; Saubidet et al., 2002).

میزان وابستگی گیاه میزبان به قارچ میکوریزا و یا به عبارتی پاسخ رشد گیاه میکوریزایی به عوامل مختلف محیطی (شدت نور، درجه حرارت و شرایط خاک) و نیز مشخصات افزایش وزن خشک گندم میکوریزایی در مقایسه با افزایش وزن ماده خشک گیاه گندم غیر

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Physicochemical characteristics of soil

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	اسیدیته کل اشباع PH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (درصد) O.C (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم فسفر P K (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)	منیزیم Mn (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)	آهن Fe (میلی گرم بر کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)
0-30	7.5	5.60	0.56	0.07	6.2	332	10
30-60	7.2	0.54	0.57	0.08	5.9	301	7.6

عملیات کاشت در تاریخ ۱۵ آبان ماه ۱۳۹۲ پس از انجام عملیات خاک‌ورزی متعارف در منطقه، به روش دستی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در دو مرحله در اسفند ماه به صورت دستی انجام شد. میانگین بارندگی طبق آمار هواشناسی استان در محل مورد آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، ۴۲۰ میلی‌متر اعلام گردید. جهت تعیین درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی از روش‌های زیر استفاده گردید.

(۱۰۰× وزن دانه گیاه غیر میکوریزایی) / (وزن دانه گیاه غیر میکوریزایی - وزن دانه گیاه میکوریزایی) = درصد پاسخ رشد میکوریزایی

این آزمایش سه عاملی شامل تلقیح با قارچ میکوریزا (*Glomous* sp.) در دو سطح (تلقیح = M_1 و عدم تلقیح = M_2)، /زتوباکتر (A) در دو سطح (تلقیح = A_1 و عدم تلقیح = A_2) و ارقام مختلف گندم دیم (V) شامل (سرداری = V_1 ، کوه‌دشت = V_2 و کریم = V_3) بودند. هر واحد آزمایشی به ابعاد $10 \times 1/2$ متر و با شش ردیف کاشت و فاصله بین واحدها ۶۰ سانتی‌متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. مایه تلقیح قارچ میکوریزا به صورت اندام قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) و /زتوباکتر کروکوکوم، از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. بذرها قبل از کاشت با ترکیبات بیولوژیک مذکور تلقیح شدند.

افزارهای SAS و MSTATC تجزیه و سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

فسفر دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر ازتوباکتر، میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر محتوای فسفر دانه معنی‌دار شد.

(۱۰۰× وزن دانه گیاه میکوریزایی) / (وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی - وزن دانه گیاه میکوریزایی) = درصد وابستگی میکوریزایی

برای تعیین درصد نیتروژن دانه در آزمایشگاه از روش کج‌لدال استفاده شد و با ضرب در ضریب ۵/۸۳ برای هر نمونه درصد پروتئین دانه گندم محاسبه گردید. فسفر دانه به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد و برای تعیین درصد پتاسیم دانه از روش نشر شعله‌ای و مطابق استانداردهای AOAC استفاده گردید. داده‌ها توسط نرم

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گندم
Table 2 - Analysis of variance (mean of squares) for measured traits of wheat

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن دانه Seed nitrogen	پروتئین دانه Seed protein	فسفر دانه Seed phosphorus	پتاسیم دانه Seed potassium
تکرار Replication	3	0.015	0.43	0.001	0.005
ازتوباکتر (a) Azotobacter	1	3.53 **	122.08 **	0.012 **	0.003 ns
میکوریزا (m) mycorrhiza	1	0.42 **	15.1 **	0.020 **	0.004 ns
رقم (V) cultivar	2	0.51 **	18.15 **	0.025 **	0.09 **
ازتوباکتر × میکوریزا a × m	1	0.007 ns	0.33 ns	0.00001 ns	0.017 ns
ازتوباکتر × رقم a × v	2	0.07 **	2.24 **	0.00007 ns	0.001 ns
میکوریزا × رقم m × v	2	0.007 ns	0.20 ns	0.002 ns	0.0007 ns
ازتوباکتر × میکوریزا × رقم a × m × v	2	0.02 ns	0.95 ns	0.0007 ns	0.00056 ns
خطا Error	33	0.014	0.45	0.0005	0.0095
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.61	6.45	6.58	17.65

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

ns, *, ** and ns; Indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

نماید، می‌تواند در جذب این عنصر مفید واقع شود و این امر به‌علت تفاوت خاصیت ژنتیکی موجود در بین ارقام می‌باشد که از نظر درصد کلونیزاسیون ریشه متفاوت هستند، در نتیجه می‌توانند به‌طور طبیعی در غلظت عناصر غذایی مختلف از جمله فسفر با هم اختلافاتی داشته باشند. به‌نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق جذب مناسب فسفر و انتقال آن به گیاه گندم، موجب بهبود میزان فسفر دانه می‌گردد. نتیجه پژوهش برخی محققین نیز مبین همین مطلب است.

بالاترین درصد فسفر دانه در تیمار تلقیح ازتوباکتر (۰/۳۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد نه درصد برتری نشان داد. بالاترین درصد فسفر دانه در تیمار تلقیح میکوریزا (۰/۳۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۱۲ درصد برتری نشان داد. همچنین بالاترین درصد فسفر دانه مربوط به رقم کریم (۰/۳۸ درصد) بود که در مقایسه با ارقام سرداری و کوه‌دشت به ترتیب ۲۶ و هشت درصد برتری نشان داد (جدول ۳). توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه که سطح جذب بیشتری ایجاد می-

جدول ۳ - مقایسه میانگین سطوح اثرات اصلی صفات مورد بررسی گندم
Table3- Mean comparisons of main effects of characteristics of wheat

تیمار Treatment	نیترژن دانه (درصد) Seed nitrogen (%)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	فسفر دانه (درصد) Seed phosphorus (%)	پتاسیم دانه (درصد) Seed potassium (%)
A ₁	2.07 ^{a*}	12.09 ^a	0.36 ^a	0.56 ^a
A ₂	1.53 ^b	8.90 ^b	0.33 ^b	0.54 ^a
M ₁	1.89 ^a	11.06 ^a	0.36 ^a	0.56 ^a
M ₂	1.71 ^b	9.94 ^b	0.32 ^b	0.56 ^a
V ₁	1.61 ^c	9.35 ^c	0.30 ^c	0.63 ^c
V ₂	1.83 ^b	10.70 ^b	0.35 ^b	0.53 ^b
V ₃	1.96 ^a	11.45 ^a	0.38 ^a	0.49 ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

A₁, A₂: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با *ازتوباکتر*.

M₁, M₂: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا.

V₁, V₂, V₃: به ترتیب رقم سرداری، کوهدشت و کریم.

*Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

A₁ and A₂, with and without azotobacter, respectively.

M₁ and M₂, with and without *Glomus* sp. respectively.

V₁, V₂ and V₃, Sardari cultivar, Koohdasht cultivar and Karim cultivar, respectively.

زیرین خاک دانسته‌اند. تلقیح قارچ‌های میکوریزا و کاربرد *ازتوباکتر* باعث افزایش طول و سطح ریشه در حجم وسیع‌تری از خاک می‌گردد و باعث افزایش درصد قدرت کلونیزاسیون بیشتری در محیط اطراف ریشه می‌شود و این شرایط سبب افزایش جذب فسفر غیر قابل حل و در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی از جمله فسفر در گیاه می‌شوند.

پتاسیم دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر رقم بر محتوای پتاسیم دانه در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد. بالاترین پتاسیم دانه مربوط به رقم سرداری (۰/۶۳ درصد) بود که در مقایسه با رقم کوهدشت و کریم که در یک کلاس آماری قرار گرفتند که به ترتیب ۱۸ و ۲۸ درصد برتری نشان داد. کاربرد یا عدم کاربرد کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌دار بر محتوای پتاسیم گیاه ذرت (*Zea mays* L.) نداشت (Amirabadi et al., 2009) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

در آزمایشی اثر رقم در گیاه گندم بر محتوای پتاسیم دانه معنی‌دار گردید (Daei, 2006). رقم سرداری با توجه به توسعه ریشه بیشتر و نفوذ در لایه‌های زیرین خاک، توانایی بیشتری در استفاده جذب عناصر غذایی در خاک داشتند و میزان پتاسیم دانه بیشتری را در

آن‌ها در تحقیق خود که با استفاده از دو گونه قارچ میکوریزا (*G. macrocarpum*, *G. fasciculatum*) انجام گرفت، نشان دادند که میزان فسفر در تلقیح گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) با دو گونه میکوریزا مذکور (۶۲/۱ درصد) به نحو چشمگیری نسبت به تیمار شاهد (۱۵/۱ درصد) بیشتر گردید این محققین دریافتند که همزیستی میکوریزایی می‌تواند از طریق بهبود گسترش هیف‌های قارچ در منافذ خاک، به‌طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر دانه این گیاه شد (Ratti et al., 2001; Kapoor et al., 2004).

همچنین توانایی باکتری‌ها به‌ویژه *ازتوباکتر* در افزایش میزان فسفر دانه از ترکیبات نامحلول معدنی به اثبات رسیده است و از جمله روش‌های افزایش تحریر و قابلیت جذب عناصر غذایی را استفاده از باکتری‌های محرک رشد دانستند (Narula et al., 2000). در گیاه دارویی گشنیز (*Coriander sativum* L.) همزیستی با قارچ‌های میکوریزا موجب افزایش عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌گردد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Aliabadi et al., 2008).

کاربرد قارچ میکوریزایی به‌تنهایی و همراه با باکتری *ازتوباکتر*، میزان فسفر را در گونه‌های توت (*Morus* spp.) به‌طور معنی‌دار افزایش داد (Reddy et al., 2003). محققین دلیل آن را افزایش سطح جذب ریشه‌ها، از طریق نفوذ میلسیوم‌های قارچ به لایه‌های

مقایسه با دیگر ارقام دارد. پتاسیم دانه به علت توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه که سطح جذب بیشتری را ایجاد می‌کنند می‌توانند در جذب بیشتر این عنصر مفید واقع گردد و به طبع هر رقمی که طول ریشه و وزن خشک ریشه بیشتری داشته باشد، سطح جذب عناصر غذایی بیشتری را خواهد داشت.

نیتروژن دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر *ازتوباکتر*، میکوریزا، رقم و *ازتوباکتر* در رقم بر درصد نیتروژن دانه در سطح احتمال یک

درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار شد. بالاترین درصد نیتروژن در تلقیح *ازتوباکتر* (۲/۰۶ درصد) بود که نسبت به شاهد ۳۵/۲۹ درصد برتری نشان داد. بالاترین درصد نیتروژن دانه در تلقیح میکوریزا (۱/۸۹ درصد) بود که نسبت به شاهد ۱۰/۵۲ درصد برتری نشان داد. بالاترین درصد نیتروژن در رقم کریم (۱/۹۶ درصد) بود که در مقایسه با رقم کوهدشت و سرداری به ترتیب ۷/۱۰ و ۲۱/۷۳ درصد برتری نشان داد (جدول ۳). بالاترین درصد نیتروژن دانه در تیمار a_1v_3 (۲/۲۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۳۸/۶۵ درصد برتری نشان داد (جدول ۴).

جدول ۴ - مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات گندم

Table 4- Mean comparison of interaction effect of wheat characteristics

تیمار Treatment	نیتروژن دانه (درصد) Seed nitrogen (%)	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	فسفر دانه (درصد) Seed phosphorus (%)	پتاسیم دانه (درصد) Seed potassium (%)
A ₁ M ₁	2.15 ^{a*}	2.57 ^a	0.38 ^a	0.65 ^a
A ₁ M ₂	1.99 ^b	11.61 ^b	0.34 ^d	0.57 ^a
A ₂ M ₁	1.63 ^c	9.55 ^c	0.35 ^b	0.57 ^a
A ₂ M ₂	1.42 ^d	8.26 ^c	0.30 ^c	0.51 ^a
A ₁ V ₁	1.80 ^c	10.53 ^c	0.32 ^c	0.65 ^a
A ₁ V ₂	2.12 ^b	12.37 ^b	0.36 ^b	0.52 ^{bc}
A ₁ V ₃	2.29 ^a	13.37 ^a	0.39 ^a	0.50 ^c
A ₂ V ₁	1.41 ^e	8.16 ^e	0.28 ^d	0.62 ^{ab}
A ₂ V ₂	1.55 ^d	9.03 ^d	0.34 ^{bc}	0.53 ^{bc}
A ₂ V ₃	1.63 ^d	9.52 ^d	0.36 ^b	0.48 ^c
M ₁ V ₁	1.69 ^d	9.85 ^d	0.32 ^b	0.64 ^a
M ₁ V ₂	1.92 ^b	11.19 ^b	0.37 ^b	0.54 ^{ab}
M ₁ V ₃	2.08 ^a	12.14 ^a	0.40 ^a	0.49 ^b
M ₂ V ₁	1.53 ^e	8.84 ^e	0.28 ^e	0.63 ^a
M ₂ V ₂	1.75 ^{cd}	10.21 ^{cd}	0.34 ^{cd}	0.51 ^b
M ₂ V ₃	1.84 ^{bc}	10.75 ^{bc}	0.35 ^{bc}	0.48 ^b

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترکی هستند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

*Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

A₂, A₁: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با *ازتوباکتر*.

M₂, M₁: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا.

V₁, V₂, V₃: به ترتیب رقم سرداری، کوهدشت و کریم.

A₁ and A₂, with and without azotobacter, respectively.

M₁ and M₂, with and without *Glomus* sp. respectively.

V₁, V₂ and V₃, Sardari cultivar, Koohdasht cultivar and Karim cultivar, respectively.

نیتروژن به میزان ۲۰ درصد می‌شود (Kader et al., 2002).

برخی محققین افزایش جذب نیتروژن را ناشی از فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم و نیز افزایش تارهای کشنده و یا تشکیل ریشه جانبی

کاربرد انفرادی *ازتوباکتر* سبب افزایش غلظت نیتروژن (به میزان

۳۵ درصد) در اندام هوایی گندم نسبت به شاهد شد (Khan et al., 2007). مصرف *ازتوباکتر* علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد گندم، موجب صرفه‌جویی در مصرف

به دلیل تولید تنظیم کننده رشد گیاه (اکسین، جیبرلین و سیتوکنین) ارزیابی نمودند (Sturs et al., 2003). تلقیح با/ازتوباکتر می‌تواند به دلیل تأمین نیتروژن از راه تثبیت بیولوژیک و رهاسازی نیتروژن قابل جذب پیرامون ریشه گیاه توسط این باکتری باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه گیاه گندم شود (Rajae, 2007).

جذب نیتروژن در دانه در شرایط کمبود آن با استفاده از ارتباط های میکروارگانیسمی، در کنار و حداقل رساندن راه‌های تلفات آن نقش مؤثری در افزایش کارایی این عنصر در غلات دارد (Dawson et al., 2008). دلیل افزایش میزان نیتروژن دانه در اثر کاربرد /ازتوباکتر را می‌توان به افزایش سطح جذب ریشه‌ها، از طریق نفوذ مسلیوم‌های قارچ به لایه‌های زیرین خاک و جذب بیشتر عناصر غذایی در خاک نسبت داد.

پروتئین دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر /ازتوباکتر، میکوریزا، رقم و /ازتوباکتر در رقم در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) بر پروتئین دانه معنی‌دار شد. بیشترین میزان پروتئین دانه در تیمار تلقیح /ازتوباکتر (۱۲/۰۹ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۳۵/۸۴ درصد

برتری داشت. بیشترین درصد پروتئین دانه در تیمار تلقیح میکوریزا (۱۱/۰۶ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۱۱/۲۶ درصد برتری نشان داد. بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط رقم کریم (۱۱/۴۵ درصد) بود که در مقایسه با رقم سرداری و کوهدشت به ترتیب ۲۲/۴۵ و هفت درصد برتری نشان داد. (جدول ۳) بیشترین درصد پروتئین دانه در تیمار a_1v_3 (۱۳/۱۷ درصد) بود که در مقایسه با شاهد ۴۰/۴۴ درصد برتری نشان داد (جدول ۴). با استفاده از /ازتوباکتر درصد پروتئین در محصول افزایش یافت (Carlelli, 2002). کاربرد /ازتوباکتر در گندم منجر به افزایش معنی‌دار در میزان درصد پروتئین نسبت به سایر تیمارها شد (Amiri et al., 2010).

تلقیح /ازتوباکتر بر روی گندم باعث افزایش پروتئین دانه گندم گردید (Rajae et al., 2007) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. افزایش پروتئین بایستی به دلیل تأمین نیتروژن از راه تثبیت بیولوژیک و رهاسازی نیتروژن قابل جذب پیرامون ریشه گیاه توسط باکتری /ازتوباکتر باشد و این موضوع بهبود تأمین نیتروژن بوته‌ها و افزایش کارایی مصرف نیتروژن را به دنبال خواهد داشت (Rajae et al., 2007).

جدول ۵- درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی در ارقام مختلف گندم دیم

Table 5- Micorrhizal dependent percentage micorrhizal growth response percentage of wheat

تیمار Treatment	پاسخ رشد میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal growth response (%)	وابستگی میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal Dependence (%)	عملکرد دانه میکوریزایی Mycorrhiza seed yield (%)	عملکرد دانه غیرمیکوریزایی Non-Mycorrhiza seed yield (%)
V ₁	8.80	8.07	1551.37	1426.12
V ₂	3.37	3.26	2568.37	2484.62
V ₃	21.24	17.52	3112.37	2567.00
A ₁	17.94	15.21	2488.08	2109.58
A ₂	5.63	5.33	2333	2208.91
A ₁ V ₁	17.33	14.77	1580.25	1346.75
A ₁ V ₂	14.88	12.95	2627.50	2287.00
A ₁ V ₃	21.60	17.83	3256.50	2695.00
A ₂ V ₁	1.12	1.11	1522.50	1505.50
A ₂ V ₂	6.4	6.8	2509.25	2682.25
A ₂ V ₃	20.88	17.24	2968.25	2439.00

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

*Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

A₁ و A₂: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با/ازتوباکتر.

M₁ و M₂: به ترتیب تلقیح و عدم تلقیح با میکوریزا.

V₁، V₂ و V₃: به ترتیب رقم سرداری، کوهدشت و کریم.

A₁ and A₂, with and without azotobacter, respectively.

M₁ and M₂, with and without *Glomus* sp. respectively.

V₁, V₂ and V₃, Sardari cultivar, Koohdasht cultivar and Karim cultivar, respectively.

کاهش وابستگی میکوریزایی با مصرف کودهای فسفره شیمیایی در نتایج برخی محققین گزارش شده است (Ghorchiyani et al., 2013; Subramaninan et al., 2013; Ortas et al., 2002).

نتیجه‌گیری

در اکثر صفات ذکر شده تأثیر مثبت کودهای زیستی مشاهده شد. به این صورت که با کاربرد کودهای زیستی صفات کیفی از قبیل فسفر، نیتروژن، پروتئین، درصد وابستگی و پاسخ رشد میکوریزایی دانه افزایش یافت. با توجه به اینکه بررسی‌های محققین در این رابطه، تولید هورمون‌های محرک رشد و افزایش جذب عناصر غذایی را توسط کودهای بیولوژیک به اثبات رسانده است در این پژوهش نیز کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر باعث تجمع مواد آلی در خاک، افزایش توسعه ریشه و دسترسی بیشتر به عناصر غذایی شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان داشت که کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و میکوریزا به طور کلی اثر مثبت و معنی‌داری بر جذب عناصر غذایی داشته‌اند. بنابراین با توجه به قیمت مناسب و نیز سهولت استفاده از آن‌ها و از سوی دیگر نظر به تأثیر مثبت آن‌ها بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی به‌ویژه گیاه گندم، می‌توان استفاده از این نوع کودها را توصیه نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری جناب آقای مهندس هادی خاوری جهت ویراستاری ادبی این مجموعه قدردانی می‌گردد.

در تفسیر این نتیجه حاصله می‌توان این‌چنین اظهار داشت که افزایش پروتئین دانه و تحریک رشد اندام‌های هوایی گیاه با افزایش تغذیه فسفوری همراه است. از این رو تأثیر کودهای زیستی بر میزان پروتئین، احتمالاً به‌طور غیرمستقیم از طریق بهبود وضعیت فسفر گیاه ناشی از کاربرد کودهای زیستی می‌باشد.

درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی

براساس نتایج به دست آمده (جدول ۵) بیشترین درصد وابستگی میکوریزایی در رقم کریم (۱۷/۵۲ درصد) به دست آمد. حداکثر درصد پاسخ میکوریزایی مربوط به رقم کریم (۲۱/۲۴ درصد) بود. بیشترین درصد وابستگی میکوریزایی در تیمار ازتوباکتر (۱۵/۲۱ درصد) و حداکثر درصد پاسخ میکوریزایی در تیمار تلقیح ازتوباکتر (۱۷/۹۴ درصد) به دست آمد. بیشترین درصد وابستگی میکوریزایی در تیمار A_1V_3 به میزان ۱۷/۸۳ درصد بود که با تیمار A_1V_3 (۱۷/۲۴ درصد) اختلاف چندانی نداشت و حداکثر درصد پاسخ میکوریزایی در تیمار A_2V_2 (۲۱/۶۳ درصد) به دست آمد. میزان وابستگی گیاه میزبان، به قارچ میکوریزا و یا به عبارتی پاسخ رشد گیاه میکوریزایی به عوامل مختلف محیطی (شدت نور، درجه حرارت و شرایط خاک) و نیز مشخصات افزایش وزن خشک گندم میکوریزایی در مقایسه با افزایش وزن ماده خشک گندم غیر میکوریزایی در شرایط دیم می‌تواند به دلیل افزایش پتاسیم آب و برگ و یا افزایش میزان دی‌اکسیدکربن باشد (Amerian et al., 2001). در واقع وجود شبکه گسترده هیف‌های خارجی قارچ میکوریزا به عنوان ادامه سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان قادر است آب را از منافذ بسیار ریز و دور از دسترس گیاه جذب و به گیاه منتقل نماید (Nadiyan, 2011; Subramaninan et al., 2008; Ortas et al., 2002).

منابع

- Abo-Ghalia, H., and Khalafallah, A. 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short term water stress followed by recover at three growth stages. *Journal of Applied Sciences Research* 4: 57-58.
- Aliabadi Farhani, H., Lebaschi, M.H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A.R., and Daneshian, J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi. different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency. relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum sativa* L.). *Journal of Medicinal Plants Research* 2(6): 125-131.
- Amerian, M.R., and Stewart, W.S., and Griffiths, H. 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). *Aspects of Applied Biology* 63: 71-76.

- Amirabadi, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Borji, M., and Khaghani, S.H. 2009. Determination of Azotobacter and mycorrhizal efficiency under different level of phosphorus on yield and yield component of forage maize (KSC 704) in Arak. Iranian Journal of Field Crop Science 40(2): 45-51. (In Persian with English Summary)
- Amiri, A., Tohidi, A., Johari, M., and MohammadiNejad, G. 2010. Study of cropping date, cultivar and azotobacter on wheat yield on pardis region. Journal of Crops Improvement 12(1): 11-19. (In Persian with English Summary)
- Ardakani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Nour-mohammadi, G.H. 2000. The study of Mycorrhiza and Streptomyces' efficiency and different levels of phosphorus on grain yield and some characters of wheat. Iranian Journal of Crop Sciences 2(2): 17- 28. (In Persian with English Summary)
- Balemy, T., Pal, N., and Saxena, A.K. 2007. Response of onion (*Allium cepa*) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. Acta Agriculturae Slovenica 89: 107-114.
- Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizal and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.
- Carletti, S. 2002. Use of plant growth–prompting rhizobacteria in plant micropropagation (Online). Available at www.ag.adu. (modified 13Mar. 2002; accessed 8 July 2002; Vertified 22 May 2002) Auburn university Alabama Agricalttural Experiment Station, Alabama. USA.
- Daei, G. 2006. Study of different strains symbiotic efficiency of mushroom with wheat genotypes under salinity using nuclear assay method. Master Thesis. Azad University. Branch Karaj. (In Persian with English Summary)
- Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89-101.
- Faheed, F.A., and Abad–El Fattah, Z. 2008. Effect of chlorella vulgaris as bio- fertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. Journal of Socal Sciences 4: 165-175.
- Ghorchiyani, M., Akbari, G., Alikhani, H., Zarei, M., and Alahdadi, A. 2011. Arboscular mycorrhizae mushroom and sodomonas-flourceens bacteria on phosphor fertilizers utilization efficiency, mycorrhizae association and corn yield under drought. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 63: 123-135.
- Gupta, M.L, Prasad, A., Rama, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related charaters and nutrient acquisition in the crop of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresourcue Technology 81: 77-79.
- Habibi, H., Mazaheri, D., MajnonHoseyni, N., Chaechi, M.R., Tabatabaee, M., and Bigdeli, M. 2007. Assessment of biological and mineral resources effect on yield and secondary metabolite value in two agronomic and wild species of *Thymus vulgaris*. PhD Thesis. Agriculture Science College. Agriculture and Natural Resources Pardis. Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Hajiboland, R.N., Asgharzadeh, A., and Mehrfar, Z. 2004. Study of *Azotobacter* ecological on two Azarbayejan pasture region and inoculation effect on growth and wheat mineral nutrition. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(2): 75-90.
- ILbas, A.I., and Sahin, S. 2005. *Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production. Acta Agriculture Scandinavica Section B-soil and Plant Science 55(4): 287-292.
- Jutur, P.P., and Reddy, A.R. 2007. Isolation, purification and properties of new restriction endonucleas from Bacillus and Bacillus lentus. Microbiological Research 162: 378-383.
- Kader, M.A., Mian, M.H., and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Jounal of Biological Sciences 2(4): 250-261.
- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerjik, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality infoeniculum vulgare Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertiliser. Biresourc Technology 93: 307-3110.
- Khan, M.S., and Zaidi, A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and an arbuscular mycorrhizal fungus on the performance of wheat. Agriculture and Forestry 31(16): 355-362.
- Markovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of Azotobacter chroocucum as potential useful in agricultural application. Microbial Biotechnology 51: 145-158.
- Mukeriji, K.G., and Chomola, B.P. 2003. Compendium of Mycorrhizal Research A.P.H. Publisher. New Dehli. India.
- Nadiyan, H. 2011. Drought stress and mycorrhizae symbiotic effect on phosphor suction and growth by two different sorghum cultivar on root morphological. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science) 57: 127-140. (In Persian with English Summary)

- Narula, N., Kumar, V., Behl, R.K., Deubel, A., Gransee, A., and Merbech, W. 2000. Effect of p-solubilizing *Azotobacter chroococcum*, N.P.K uptake in p-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163: 393-398.
- Omidi, A., Mirzakhani, M., and Ardakani, M.R. 2014. Evaluation of the qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by *Azotobacter* and mycorrhizal symbiosis. *Journal of Agroecology* 6(2): 324-338. (In Persian with English Summary)
- Ortas, I., Ortakci, D., Kaya, Z., Cinar, A., and Onelge, N. 2002. Mycorrhizal dependency of sour in relation to phosphorus and zinc nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 25(6): 1263-1279.
- Rahimi, L., AliAsgharzadeh, N., Avestan, S., and Farajzadeh, D. 2012. Effects of microbial siderophores produced by native *Azotobacter chroococcum* strains on micronutrients uptake by wheat plant. *Water and Soil Science* 22(2): 27-40. (In Persian with English Summary)
- Rajaei, S., AliKhani, H.A., and Raiesi, F. 2007. Effect of Plant growth promoting potentials of *Azotobacter chroococcum* native strains on growth, yield and uptake of nutrients in wheat. *Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 11(41): 285-297. (In Persian with English Summary)
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. *Microbiological Research* 156: 145-149.
- Reddy, P.S., Rao, T.V.S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to Vesicular arbuscular mycorrhizal and *Azotobacter* biofertilizers inoculation. *Indian Journal of Soil and Water Sciences* 20(2): 273-283.
- Saubidet, M.I., Fatta, N., and Barreix, A.J. 2002. The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants. *Plant and Soil* 254: 215-222.
- Smit, S.E. and Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis* third edition, Academic press.
- Smith, C.M., Halickova, H., Starkey, S., Gill, B.S. and Holubec, V. 2004. Identification of *Aegilops germplasm* with multiple aphid resistance. *Euphytica* 135: 265-273.
- Sturs, A.V., and Christie, B.R. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Tillage Research* 72: 107-1230.
- Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M., and Hamilton, R.I. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. *Canadian Journal of Botany* 75(9): 1582-1591.
- Susana, B., Rosas, J.A., Andre, M.R., and Nestor, S.C. 2006. Phosphate-solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the rhizobia-legume symbiosis. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 3502-3505.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255(2): 571-586.



Effect of Mycorrhizal Symbiosis and *Azotobacter* Application on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Qualitative Traits under Dry Condition of Khorramabad

B. Amraei¹, M.R. Ardakani², M. Rafiei³, F. Paknejad⁴ and F. Rejali⁵

Submitted: 07-06-2015

Accepted: 13-07-2015

Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafiei, M., Paknejad, F., and Rejali, F. 2017. Effect of mycorrhizal symbiosis and *Azotobacter* application on wheat (*Triticum aestivum* L.) qualitative traits under dry condition of Khorramabad. Journal of Agroecology 9(3): 722-733.

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the most important agricultural product which provides the biggest fraction of food to meet human needs. Human aims to increase agricultural productions via increasing of the yield per area and application different agronomic practices like fertilizers. As a result of these activities, some issues like environmental pollution and particularly pollution of water and soil resources with some pollutants which can enter in the human food chain and threaten their health became a global concern.. Sustainable agriculture is a system that is able to improve the environmental situation with optimum use of available resources and has a great role in supplying human food demands and promoting life quality of human societies. One of the most important principles of sustainable agriculture is the application of bio- fertilizers in agroecosystems to decrease the amount of chemical compounds. Mycorrhizal symbiosis is one of the ecological practices represents the ancient history of the symbiotic relation of the Mycorrhiza fungus with plants in most of the ecosystems. Most of the plants (about 95 percent of vascular plant species) at least can have a symbiotic relation with one of the mycorrhizal species. Reviewing the influence of *glumous* spp. fungus on the growth of Wheat shows the role of fungus in increasing the contents of phosphorus, nitrogen, potassium and calcium in plant seeds and shoot. Also *Azotobacter* as a bacterial biofertilizer leads to more absorption and increasing the concentration of some necessary elements such as nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, mg, Fe, and the protein content of crops.

Material and Methods

The experiment was conducted in 2013-2014 agronomical year with a factorial arrangement based on randomized complete block design with four replications. In this experiment the effects of two biological fertilizers (1. *Mycorrhiza* in two levels of M1= inoculation and M2= no inoculation, 2. *Azotobacter* in tow levels of A₁= inoculation and A₂= no inoculation) were studied on three different Cultivars of Rain-fed wheat (V₁: Sardari, V₂: Kouhdasht, V₃: Karim). In order to determine the N content of the seeds, the Kjeldahl methodology was used, and by multiplication of the N content of each sample in 5.83, the protein content of each sample was measured. Also P and K content of seeds were measured with spectrophotometry and flame spread (with AOAC standards) respectively.

Results and Discussion

As a result, *Azotobacter* and *Mycorrhiza* had a significant effect on P content of three studied varieties of wheat in this research. The highest seed P content was measured in *Azotobacter* inoculated treatments (36%) that showed a 9% superiority in compare to control. Also the treatment of seed with mycorrhiza caused a 36% increase in P content which shows 12% superiority in compare to control. In three different varieties studied in this research, the highest seed P content was related to Karim variety. The effect of Variety on seed K content was significant and the highest amount was related to Sardari variety (63%). The effects of *Azotobacter*, *Mycorrhiza* and Variety on seed N content was significant, and the highest amount of seed N was related to a₁v₃

1, 2, 3, 4 and 5- PhD Student, Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Karaj Branch, Research Assistant Professor, Seed and Plant improvement research department, Lorestan agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Khorramabad, Iran, Associate Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Karaj Branch, Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: hajbehrizamraei@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.47367

(*Azotobacter* inoculation on Karim variety) treatment that showed 38.65% superiority in compare to the control. Also, *Azotobacter**mycorrhiza*variety and *Azotobacter**variety interactions on seed protein content was significant and the highest amount of seed protein percentage was related to a₁v₃ treatment (*Azotobacter**Kraim variety) that showed 40.44% superiority in compare to control.

Conclusion

Positive impacts of biofertilizers was observed in most of the studied traits of wheat in this study. The biggest amount of association of *Azotobacter* and and symbiosis of mycorrhiza with wheat was related to Karim variety. Also application of biofertilizers increased the accumulation of organic matter in soil, increasing root development and more availability of nutrients.

Keywords: Biological fertilizers, Mycorrhizal dependency, Seed protein



اثر کودهای آلی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد غده و برخی صفات کیفی سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.)

روح اله امینی^{۱*} عادل دباغ محمدی نسب^۲ و شهرام مهدوی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۰۱

امینی، ر.، دباغ محمدی نسب، ع.، و مهدوی، ش. ۱۳۹۶. اثر کودهای آلی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد غده و برخی صفات کیفی سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.). بوم شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۴۸-۷۳۴.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و برخی صفات کیفی سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه اردبیل در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون کود)، ۳۰ تن در هکتار کود دامی + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره توصیه شده، کود آلی پارس هیومیک پلاس + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره، کود آلی برد هیوم، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره توصیه شده، کود آلی پارس هیومیک پلاس، کود آلی برد هیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره و ۳۰ تن در هکتار کود دامی بودند. نتایج نشان داد که اثر تیمار کودی بر صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، اجزای عملکرد، عملکرد غده و غلظت نیترات در غده سیب زمینی معنی دار بود. تیمار کود دامی + ۵۰ درصد اوره بیشترین ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی و میانگین وزنی غده را در بین تیمارها به خود اختصاص داد که با تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره تفاوت معنی داری نداشت. همه تیمارهای کودی به غیر از بردهیوم + ۵۰ درصد اوره باعث افزایش معنی دار قطر غده در مقایسه با شاهد شدند. تعداد غده در بوته در تیمار کود دامی + ۵۰ درصد اوره بیشترین مقدار بود که تفاوت معنی داری با تیمارهای شاهد بدون کود، بردهیوم و پارس هیومیک پلاس داشت. بیشترین عملکرد غده (۳۵/۷ تن در هکتار) در تیمار کود دامی + ۵۰ درصد اوره حاصل شد که با تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره (۳۱/۲۵ تن در هکتار) تفاوت معنی داری نداشت. تیمار پارس هیومیک پلاس و بردهیوم کمترین غلظت نیترات (به ترتیب ۷۹ و ۱۰۰/۳ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره بیشترین غلظت نیترات (۲۷۱ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) را در غده داشتند. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که کاربرد تلفیقی کود دامی + ۵۰ درصد کود اوره علاوه بر این که باعث حصول عملکرد به میزان تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره می شود، می تواند غلظت نیترات را نسبت به این تیمار به طور معنی داری کاهش دهد که در واقع هم عملکرد غده در حد قابل قبول حفظ شده و هم غلظت نیترات در غده کاهش یافته است.

واژه های کلیدی: اوره، برد هیوم، پارس هیومیک پلاس، غلظت نیترات، کود دامی

مقدمه

(2001). میزان اسیدآمینوهای موجود در آن با توجه به نیاز انسان مطلوب هست و این گیاه یکی از پر تولیدترین محصولات است که به طور وسیعی در جهان کشت گردیده و تقریباً در هر هکتار دو برابر برنج و گندم کالری تولید می کند (Rezai & Soltani, 2001). در بوم نظام های کشاورزی آب و کود دو عامل کلیدی و تعیین کننده هستند که رشد و عملکرد محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می دهند. استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک لازم به نظر می رسد، ولی هزینه های زیاد کودهای شیمیایی در مقادیر پیشنهادی و آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی ساخت بشر، تقاضای بیشتر

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از گیاهان زراعی با ارزش از نظر غذایی بوده که به منظور استفاده از غده زیرزمینی آن کشت می شود و از نظر اقتصاد جهانی، بعد از سه گیاه غله ای مهم ذرت (*Zea mays* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.)، در رتبه چهارم قرار دارد (Fernie & Willmitzer, 2001).

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، استاد، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(*)- نویسنده مسئول: (Email: r_amini@tabrizu.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v9i3.47608

(2007). کاربرد کودهای زیستی نیتراژین و بارور ۲ در ذرت باعث کاهش تعداد برگ و تعداد دانه در بلال در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژنی شد (Dabbagh Mohammadi Nassab et al., 2015). بخش اندکی از کودهای حیوانی و گیاهی توسط میکروارگانیسم های خاک و در زمان نسبتاً طولانی که هیچ‌گاه کمتر از چندین ماه نیست، به ماده هیومیک تبدیل می‌شود و تا این تبدیل صورت نگیرد، نتیجه مطلوبی از کودهای آلی به دست نمی‌آید (Daii & Sardari, 2009).

در این راستا استفاده از کودهای آلی به منظور جلوگیری از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژنی و کاهش غلظت نیترات در غده‌ها ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق به منظور بررسی اثرات کاربرد تیمارهای مختلف کود آلی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد غده، اجزای عملکرد و میزان نیترات غده سیب‌زمینی جهت دستیابی به مناسب‌ترین تیمار کودی از نظر عملکرد و میزان نیترات اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای واقع در شهرستان اردبیل با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۱ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه و ۳۸ ثانیه شرقی با ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۲ انجام پذیرفت. قبل از اجرای آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش، چند نمونه تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و در آزمایشگاه خاک‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است.

این آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار اجرا گردید. هر واحد آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر بود. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون کود)، کود دامی گاوی (۳۰ تن در هکتار) + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره توصیه شده، کود آلی پارس هیومیک پلاس + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره، کود آلی برد هیوم، کود شیمیایی اوره توصیه شده، کود آلی پارس هیومیک پلاس، کود آلی برد هیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره و کود دامی بودند.

را برای مصرف کودهای آلی طلب می‌کند (Brussard & Ferrera, 1997). با این حال، به یک‌باره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از بوم‌نظام‌های زراعی حذف کرد. در این مورد استفاده از مواد قابل تجدد و طبیعی با منشأ آلی به همراه استفاده بهینه از کودهای شیمیایی، اهمیت زیادی در حفظ باروری، ساختمان و فعالیت زیستی، ظرفیت تبادل کاتیونی و نگهداری آب و در نهایت، اصلاح ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Ghosh et al., 2004). مدیریت مصرف و کاربرد مقادیر مناسب نیتروژن در زراعت سیب‌زمینی امری دقیق و حساس است. مصرف کافی کودهای نیتروژنه در اوایل فصل رشد سبب گسترش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید مواد پرورده می‌گردد (Khalghani et al., 1997). در عین حال، در اثر مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنه، ممکن است بخشی از آن به صورت نیترات در غده‌ها تجمع یابد و در صورتی که مقدار نیترات از حد مجاز فراتر رود برای سلامتی انسان در طولانی مدت تهدیدآمیز خواهد بود (Malakoti & Houshmand, 1995).

کودهای آلی به خصوص کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می‌توانند به عنوان منابعی از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌شمار آیند (Fernandez et al., 1993). کاربرد کود دامی به منظور بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مرسوم بوده و برآیند تأثیرات کود دامی بر خصوصیات خاک باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود (Kuepper, 2000). در بررسی اثر کودهای شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشاهده شد که کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن‌ها با ورمی‌کمپوست می‌تواند در راستای کشاورزی پایدار راهکار مؤثری باشد (Soleymani et al., 2016). با افزایش میزان کود دامی از صفر به ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار، عملکرد غده سیب‌زمینی به ترتیب ۳۰ و ۴۷ درصد افزایش یافت (Hassandokht, 1996). تأثیر پنج تن کود دامی در ترکیب با تیمارهای مختلف فسفر بر روی سیب‌زمینی نشان داد که کاربرد کود دامی عملکرد غده سیب‌زمینی را افزایش داد (Sharma, 2002). تحقیقات متعددی تاکنون به انجام رسیده است که به‌طور قطعی نشان می‌دهد مواد هیومیک اثرات معنی‌داری بر رشد گیاه دارد. فرآورده‌های اسیدهیومیک معمولاً به‌صورت محلول‌های نمکی ارزان قیمتی نظیر هومات پتاسیم در دسترس می‌باشد (Fong et al.,

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)
Table 1- Soil characteristics in experimental location (depth 0-30 cm)

نیتروژن کل (درصد) N (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	pH	بافت Texture	آهک (درصد) Lime (%)
0.12	800	27.8	0.77	7.94	لوم رسی Clay Loam	18.5

مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار هنگام کاشت با خاک مخلوط گردید. کود دامی (گاوی) به میزان ۳۰ تن در هکتار قبل از کاشت به خاک بستر اضافه و مخلوط گردید. نتایج تجزیه شیمیایی کود دامی در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار ۳۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره در هکتار به صورت سرک در مراحل شش تا هشت برگی، گل‌دهی و حجیم شدن غده‌ها استفاده شد.

کود آلی پارس هیومیک پلاس به میزان چهار کیلوگرم در هکتار در مراحل شش تا هشت برگی، گل‌دهی و حجیم شدن غده‌ها به صورت مخلوط با آب به کار برده شد. پارس هیومیک پلاس کود آلی و زیستی حاوی ۶۰ درصد هیومیک اسید، ۱۵ درصد فولویک اسید و NPK با نسبت‌های ۱۰:۱۰:۱۰ و تمام عناصر کم‌مصرف است. کود برد هیوم حاوی ۳۸ درصد اسید هیومیک و فولویک، ۶۰ درصد کود مرغی و دو درصد عناصر کم‌مصرف است. بر همین اساس کود هیوم بر پایه

جدول ۲- مشخصات شیمیایی کود دامی (گاوی)
Table 2- Chemical characteristics of manure (Cow manure)

نیتروژن کل (درصد) N (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
1.09	40000	830	6.2

اندام‌های هوایی، در تاریخ ۱۵ مهرماه با حذف قسمت‌های هوایی گیاه (ده روز قبل از برداشت) انجام گرفت نیم‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های کاشت و دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و حذف و نمونه‌برداری از دو ردیف وسط هر کرت انجام شد. از همه کرت‌ها نمونه‌هایی انتخاب و عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شدند. همچنین از غده‌های هر کرت نمونه‌ای تصادفی به وزن یک کیلوگرم تهیه و غلظت نیترات در آن‌ها به روش کالریتری بعد از احیا (روش دی آزو) تعیین شد (Emami, 1996). جهت تعیین ماده خشک چند عدد غده بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب با آب معمولی و آب مقطر شسته و خشک گردید. پس از توزین، غده‌ها برش‌های نازک خورده و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. سپس وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری و درصد ماده خشک غده‌ها به روش زیر محاسبه شد (Khazai & Arshadi, 2008).

شخم زمین دو بار به صورت عمود بر هم در پاییز انجام شده و برای از بین بردن کلوخ‌ها و علف‌های هرز در فروردین ماه از دیسک استفاده شد. همچنین عملیات تسطیح زمین و تهیه جوی و پشته انجام گردید. غده‌های بذری به فاصله‌ی ۲۵ سانتی‌متر در ردیف و به فاصله‌ی ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف، در تاریخ ۱۴ اردیبهشت ماه کشت شدند. ابعاد هر کرت آزمایش ۱۵ مترمربع بود. آبیاری اول بعد از سبز شدن غده‌های سبب‌زمینی انجام شد و آبیاری‌های بعدی با فاصله هفت روز انجام شد. تیمارهای کودی براساس طرح آزمایشی اعمال شد. مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از وجین دستی انجام گرفت و هیچ نوع علف‌کشی در این آزمایش مورد استفاده قرار نگرفت. برای مبارزه با آفت سوسک کلرادو از سم کونفیدور (ایمیداکلوپراید، سوسپانسیون ۳۵ درصد با نسبت ۰/۴ در هزار) استفاده شد. صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه فرعی در هر بوته، ۷۴ روز بعد از کاشت سبب‌زمینی ثبت شدند. برداشت نهایی در زمان خشک شدن ۵۰ درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده سیب زمینی تحت تیمارهای مختلف کودی
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for measured traits of potato under different fertilizer treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant Height	تعداد ساقه Number of Lateral Stem	قطر غده Tuber Diameter	تعداد غده در بوته Tuber Number. Plant ⁻¹	میانگین وزنی غده Mean Tuber Weight	بیومس اندام هوایی Shoot Biomass	عملکرد غده Tuber Yield	درصد ماده خشک Dry Matter Percentage	غلظت نیترات Nitrate Concentration
بلوک Block	2	9.87**	16.28 ^{ns}	3.64 ^{ns}	2.63 ^{ns}	1436.43 ^{ns}	464.33 ^{ns}	15.61 ^{ns}	0.098 ^{ns}	2017.14 ^{ns}
تیمار کودی Fertilizer Treatment	7	82.74**	117.15**	50.23*	3.62*	4990.34**	2143.83**	129.35**	16.379**	13047.54**
خطا Error	14	1.19	8.54	14.44	1.31	744.24	476.10	15.19	3.122	935.12
ضریب تغییرات (%) CV (%)		2.07	18.22	6.59	21.28	19.09	17.51	15.77	7.43	18.72

ns, * and **: represent non-significant, significant at 5% level and significant at 1% level, respectively.
ns, * and **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح پنج و یک درصد.

۱۰۰ × (وزن غده تر) / (وزن غده خشک) = درصد ماده خشک
جهت تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار آماری SAS استفاده شد.
مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای مختلف کودی از نظر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری وجود داشت. مقایسه میانگین ها (جدول ۴) نشان داد که تیمار کود دامی + ۵۰ درصد اوره، برد هیوم + ۵۰ درصد اوره و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره توصیه شده از بالاترین ارتفاع بوته برخوردار بودند و کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار شاهد بدون کود بود. به نظر می رسد کود شیمیایی اوره به دلیل داشتن نیتروژن بیش تر نسبت به سایر تیمارها باعث افزایش ارتفاع بوته سیب زمینی شده است، درواقع نیتروژن باعث افزایش فتوسنتز و همچنین افزایش رشد رویشی شده است. نتایج مشابهی در رابطه با تأثیر مقدار نیتروژن بر طول ساقه و ارتفاع بوته سیب زمینی گزارش شده است (Oliveira, 2000; Zelalem et al., 2009). تیمارهای کودی برد هیوم و پارس هیومیک پلاس از نظر آماری تفاوت معنی داری با هم نداشتند ولی ارتفاع بوته در آن ها به طور معنی داری بیشتر از تیمار شاهد بدون کود بود.

تعداد ساقه فرعی در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۳) که بین تیمارهای مختلف کودی از نظر تعداد ساقه اصلی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری وجود داشت. مقایسه میانگین ها (جدول ۴) نشان داد که تیمار کود دامی + ۵۰ درصد کود اوره توصیه شده و تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره بیش ترین تعداد ساقه فرعی را داشتند و کمترین تعداد ساقه فرعی مربوط به تیمار شاهد بدون کود و تیمار برد هیوم بود. افزایش تعداد ساقه به دلیل کاربرد نیتروژن به صورت کود شیمیایی اوره است. این نتایج با نتایج قبلی که افزایش مصرف کود نیتروژن موجب افزایش تعداد ساقه اصلی در بوته های سیب زمینی شده است، مطابقت دارد (Oliveira, 2000).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌ها صفات سیب‌زمینی در تیمارهای مختلف کودی

Table 4- The mean comparison of potato characteristics at different fertilizer treatments

تیمار کودی Fertilizer treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد ساقه فرعی در بوته Number of lateral stem	میانگین وزنی غده (گرم) Mean tuber weight (g)
شاهد بدون کود Control	40.43 ^{d*}	17.43 ^c	75.66 ^d
کود دامی + ۵۰ درصد اوره Manure + 50 % Urea	58.30 ^a	37.30 ^a	205.73 ^a
پارس هیومیک پلاس + ۵۰ درصد اوره Pars Humic Plus + 50 % Urea	54.10 ^b	27.80 ^b	169.13 ^{ab}
برد هیوم Bird Hume	50.5 ^c	21.50 ^c	116.18 ^{cd}
۱۰۰ درصد اوره % 100 Urea	56.63 ^a	33.80 ^a	164.87 ^{abc}
پارس هیومیک پلاس Pars Humic Plus	50.10 ^c	27.63 ^b	114.60 ^{cd}
برد هیوم + ۵۰ درصد اوره Bird Hume + 50 % Urea	56.80 ^a	27.86 ^b	133.90 ^c
کود دامی Manure	53.60 ^b	27.23 ^b	163.13 ^{abc}
LSD	1.91	5.12	47.78

LSD: حداقل تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

LSD: The least significant difference at $p \leq 0.05$.

*حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

*The means with different letters in each column indicate the significant difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

میانگین وزنی غده در تیمارهای پارس هیومیک پلاس + ۵۰ درصد اوره و ۱۰۰ درصد اوره تفاوت معنی‌داری با تیمار مذکور نداشتند. تیمار شاهد بدون کود دارای کم‌ترین میانگین وزنی غده در بوته بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای برده‌یوم و پارس هیومیک پلاس نداشت. بالا بودن میانگین وزنی غده‌ها در تیمار کود دامی + ۵۰ درصد کود اوره توصیه‌شده می‌تواند به دلیل تولید تعداد غده درشت بیشتر بوده است که می‌تواند به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نتیجه افزایش رشد رویشی و فتوسنتز سیب‌زمینی باشد (Asghari et al., 2008). همچنین در مطالعه اثر کود دامی و ژئولیت بر سیب‌زمینی مشاهده شد که تیمار ۴۰ تن کود دامی بیشترین میانگین وزنی غده را داشت و تفاوت معنی‌داری با تیمار ۲۰ تن کود دامی + ژئولیت نداشت (Yarmohammadi et al., 2015).

قطر غده

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تأثیر تیمارهای

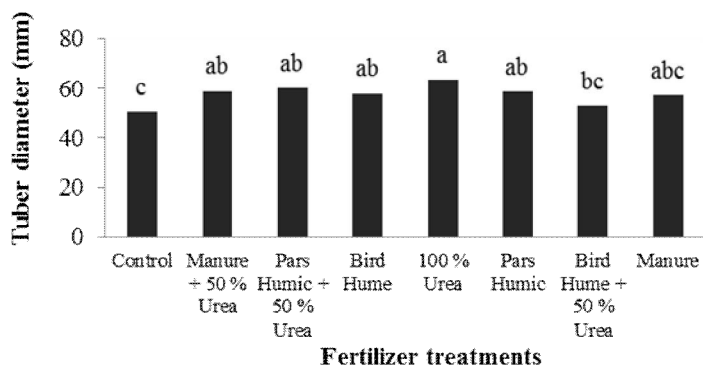
تعداد ساقه فرعی در بوته در تیمارهای پارس هیومیک پلاس + ۵۰ درصد اوره، پارس هیومیک پلاس، برد هیوم + ۵۰ درصد اوره و کود دامی از تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره و کود دامی + ۵۰ درصد اوره به‌طور معنی‌داری کمتر بود، ولی این تیمارها از نظر تعداد ساقه فرعی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین در بررسی اثر مقادیر مختلف کود دامی بر سیب‌زمینی بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته در تیمار کاربرد ۴۰ تن کود دامی گزارش شد (Yarmohammadi et al., 2015).

میانگین وزنی غده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد از نظر میانگین وزنی غده در بوته بین تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که تیمار کود دامی + ۵۰ درصد کود اوره توصیه‌شده از بالاترین میانگین وزنی غده برخوردار بود. همچنین

نداشت. در گزارش‌های اخیر آمده است که کودهای حیوانی به دلیل جلوگیری از تنش رطوبتی در مزرعه باعث افزایش درصد غده‌های درشت و بازارپسند می‌شوند (Asghari et al., 2008). در مطالعه اثر استفاده کود مرغی و تنش رطوبتی در سیب‌زمینی مشاهده شد که تیمار کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود مرغی باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب و اندازه غده در سیب‌زمینی شد (Afshar et al., 2011).

کودی بر قطر غده سیب‌زمینی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱) نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره از بالاترین قطر غده برخوردار بود و تیمارهای کود دامی ۵۰+ درصد اوره، پارس هیومیک ۵۰+ درصد اوره، بردهیوم، پارس هیومیک پلاس و کود دامی تفاوت معنی‌داری با این تیمار نداشتند. تیمار شاهد بدون کود دارای کمترین قطر غده بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود دامی و برد هیوم + ۵۰ درصد کود اوره



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر قطر غده سیب‌زمینی

Fig. 1- Effect of different fertilizer treatments on tuber diameter of potato

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

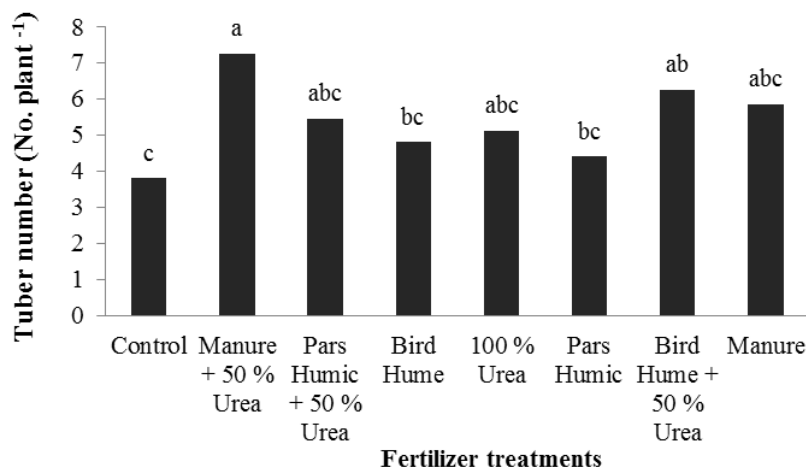
(Zelalem et al., 2009). افزایش تعداد غده در واکنش به کوددهی نیتروژن را می‌توان به افزایش تعداد استولون از طریق تأثیر نیتروژن بر بیوسنتز جیبرلین‌ها در گیاه سیب‌زمینی نسبت داد (Zelalem et al., 2009). در تحقیقی دیگر کاربرد ده تن کود دامی در هکتار موجب افزایش تعداد غده در گیاه شد (Grewal & Kolor, 1994). در عین حال در سطوح بالای نیتروژن (بیشتر در کودهای شیمیایی) کاهش اندکی در تعداد غده نسبت به سطوح پایین آن مشاهده شد. دلیل کاهش تعداد غده با افزایش مقدار نیتروژن می‌تواند ناشی از این باشد که سطوح بالای نیتروژن موجب تحریک بیش از حد رشد اندام‌های هوایی می‌شود که این امر باعث برهم خوردن توازن انتقال مواد فتوسنتزی و تخصیص بیشتر این مواد برای رشد قسمت‌های هوایی می‌شود و غده-بندی را به تأخیر می‌اندازد و در نتیجه باعث کاهش تعداد غده‌های تولیدی می‌شود (Fernie & Willmitzer, 2001). به نظر می‌رسد افزایش کود دامی موجب ازدیاد عناصر مورد نیاز گیاه در خاک شده است و این امر باعث رشد بیشتر اندام‌های

تعداد غده در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد از نظر تعداد غده در بوته بین تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. مقایسه میانگین (شکل ۲) نشان داد که تیمار کود دامی + ۵۰ درصد کود اوره با ۷/۲۶ غده در بوته بیشترین تعداد غده و تیمار شاهد بدون کود کمترین تعداد غده (۳/۸۰) غده در بوته را تولید کرد که تیمار شاهد به غیر از تیمار کود دامی + ۵۰ درصد اوره و بردهیوم ۵۰+ درصد اوره با بقیه تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری نداشت. در حقیقت کاربرد ترکیبی کود دامی و کود اوره هم از لحاظ بهبود شرایط فیزیکی خاک و همچنین فراهم نمودن نیاز غذایی باعث افزایش تعداد غده در بوته شده است. تحقیقات قبلی نیز نشان می‌دهد که با مصرف مقادیر صفر تا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تعداد غده‌ها در هر بوته و اندازه غده افزایش یافته است (Osaki et al., 1992). همچنین نتایج مشابهی در خصوص تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر تعداد غده سیب‌زمینی گزارش شده است

(Hussein et al., 2003).

هوایی و افزایش میزان فتوسنتز و تولید آسیمیلات بیشتر شده و بنابراین تعداد غده در هر بوته نیز افزایش یافته است (Abou-)



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر تعداد غده در بوته سیب‌زمینی

Fig. 2- Effect of different fertilizer treatments on tuber number per plant of potato

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

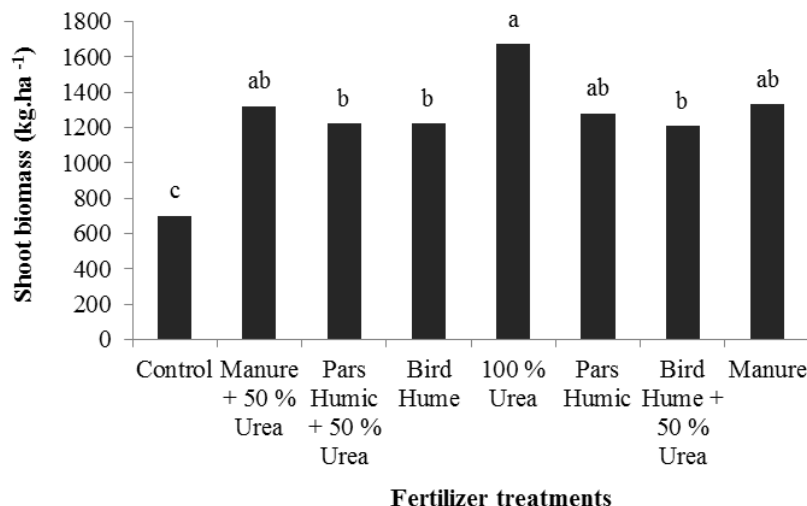
افزایش کاربرد نیتروژن گزارش شد (Zelalem et al., 2009).

زیست‌توده اندام هوایی در واحد سطح

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد از نظر زیست‌توده اندام هوایی در واحد سطح بین تیمارهای مختلف کودی در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین نشان داد (شکل ۳) که تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره با ۱۶۷۰/۹۴ کیلوگرم در هکتار، بیشترین زیست‌توده اندام هوایی را داشت که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود دامی + ۵۰ درصد کود اوره، پارس هیومیک پلاس و کود دامی نداشت. تیمارهای پارس هیومیک + ۵۰ درصد کود اوره، بردهیوم و بردهیوم + ۵۰ درصد کود اوره زیست‌توده کمتری نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره تولید کردند. کم‌ترین زیست‌توده اندام هوایی در واحد سطح مربوط به تیمار شاهد بدون کود بود که تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارهای کودی داشت. به‌نظر می‌رسد که تعداد شاخه فرعی و در نتیجه افزایش تعداد برگ می‌تواند دلیلی برافزایش وزن خشک گیاه باشد. در تحقیق قبلی نیز در سطوح بالای نیتروژن به علت شاخه‌دهی و سرعت ظهور برگ بیشتر، ماده خشک اندام‌های هوایی سیب‌زمینی افزایش یافت (Oliveira, 2000). نتایج مشابهی نیز در رابطه با افزایش بیومس اندام‌های هوایی به‌دلیل

عملکرد غده در هکتار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد بین تیمارهای کودی مورد مطالعه از نظر عملکرد غده در هکتار در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین (شکل ۴) نشان داد که تیمار کود دامی + ۵۰ درصد کود اوره با ۳۵/۷۰ تن در هکتار از بالاترین عملکرد غده در هکتار برخوردار بود که با تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره (با عملکرد ۳۱/۲۵ تن در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت. تیمار شاهد بدون کود با عملکرد ۱۴/۳۴ تن در هکتار از کمترین عملکرد غده برخوردار بود. عملکرد غده تیمار بردهیوم تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد بدون کود نداشت. همچنین عملکرد غده در تیمارهای پارس هیومیک + ۵۰ درصد اوره، بردهیوم + ۵۰ درصد اوره و کود دامی تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره نداشتند. مصرف کافی کودهای نیتروژنه در اوایل فصل رشد سبب گسترش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Malakoti & Houshmand, 1995).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر بیومس اندام هوایی در واحد سطح سیب زمینی

Fig. 3- Effect of different fertilizer treatments on shoot biomass per unit area of potato

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

شد که تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به همراه ۳۰۰ کیلوگرم کود بیوفسفات طلایی با ۷۲۰۰ گرم باکتری تیوباسیلوس در هکتار بیشترین عملکرد غده در هکتار را تولید کرد (Ghobady et al., 2012).

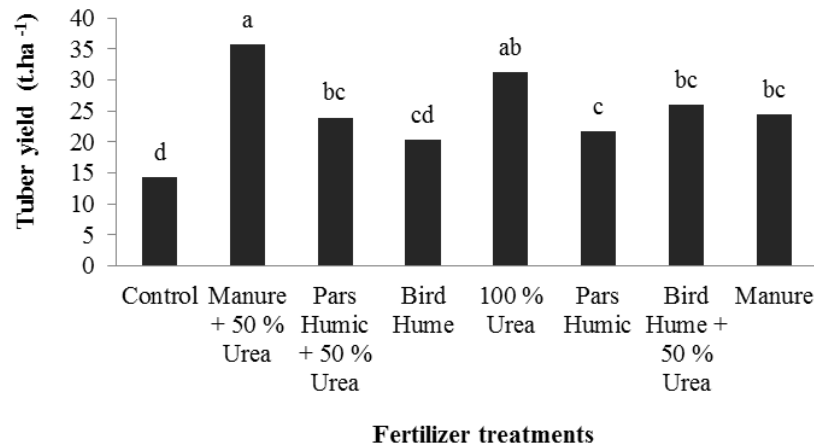
درصد ماده خشک

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) بین تیمارهای مختلف کودی از نظر درصد ماده خشک اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. به طوری که مقایسه میانگین (شکل ۵) نشان داد که تیمار کودی برد هیوم با ۲۷/۴۵ درصد ماده خشک از بالاترین درصد ماده خشک برخوردار بود که با تیمار شاهد بدون کود و بردهیوم+۵۰ درصد اوره اختلاف معنی داری نداشت. تیمارهای کود دامی+۵۰ درصد کود اوره، پارس هیومیک پلاس+۵۰ درصد اوره، ۱۰۰ درصد کود اوره و پارس هیومیک پلاس به ترتیب با ۲۰/۲۲، ۲۲/۳۱ و ۲۲/۰۸ درصد ماده خشک اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشته و از کمترین مقدار برخوردار بودند. محققان گزارش کردند که کاربرد نیتروژن محتوای ماده خشک غده‌های سیب زمینی را به شدت کاهش داد (Leszczyski & Lisinska, 1988). مطالعه دیگری نشان داد که درصد ماده خشک غده تحت تأثیر کود نیتروژن قرار نمی گیرد (Roberts et al., 1982).

بررسی‌های مختلف نیز رابطه میان عملکرد غده و مصرف نیتروژن را در سیب زمینی مورد تأکید قرار می دهند (Osaki et al., 1992; Prosba, 1993). ترکیب کودهای زیستی، شیمیایی و آلی به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی باعث ایجاد تعادل بین عناصر خاک و بهبود شرایط ریزوسفر خاک میشود (Joern & Vitosh, 1995). احتمالاً کود دامی به دلیل تأمین برخی عناصر غذایی، بهبود خاصیت فیزیکی و شیمیایی خاک به ویژه افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و به دنبال آن کمک به جذب عناصر کم مصرف، نقش مهمی در افزایش عملکرد غده ایفا می کند (Opena & Portner, 1999). در طی گزارشی دیگر با افزایش میزان کود دامی از صفر تا ۶۰ تن در هکتار عملکرد غده از ۲۱/۵۶ به ۲۹/۰۱ تن در هکتار رسید و حدود ۳۵ درصد افزایش یافت (Allahghani et al., 2006). همچنین با افزایش میزان کود دامی از صفر به ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار، عملکرد غده سیب زمینی به ترتیب ۳۰ و ۴۷ درصد افزایش یافت (Hassandokht, 1996). در تحقیقی، عکس العمل ارقام آتولا و مورن به مقادیر مختلف نیتروژن و کود دامی بررسی شد و مشاهده شد که حداکثر عملکرد با مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن و یا ۳۰ تن کود دامی در هکتار به دست آمد. البته استفاده از کود دامی در مقایسه با کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد شد (Hassandokht et al., 1998). همچنین در مطالعه اثر کودهای زیستی فسفات بر سیب زمینی مشاهده

(Aghgale, 2000).

همچنین افزایش مصرف کود دامی سبب افزایش رشد رویشی و اندازه غده‌ها و در نتیجه کاهش درصد ماده خشک غده‌ها شد (Azizi-).

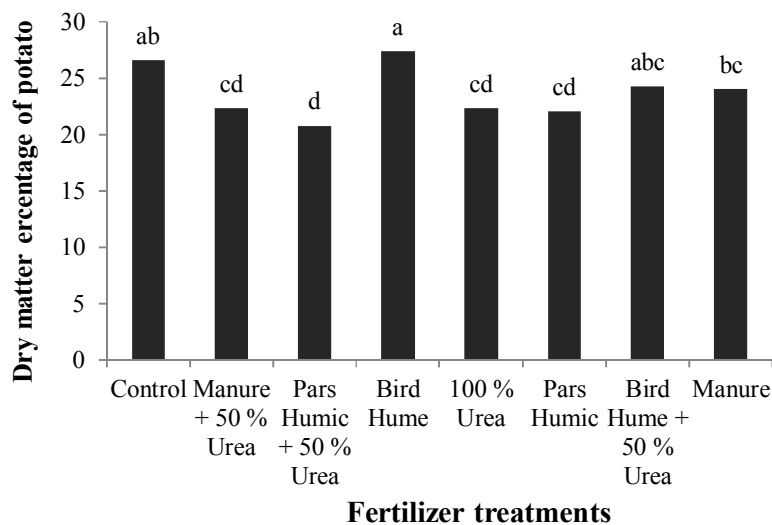


شکل ۴- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد غده سیب‌زمینی

Fig. 4- Effect of different fertilizer treatments on tuber yield of potato

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).



شکل ۵- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر درصد ماده خشک سیب‌زمینی

Fig. 5- Effect of different fertilizer treatments on dry matter percentage of potato

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها (شکل ۵) نشان داد که تیمار

۱۰۰ درصد کود اوره از بالاترین غلظت نیترات در غده (۲۷۱ میلی گرم

در کیلوگرم) برخوردار بود. با توجه به اینکه حد بحرانی سمیت نیترات

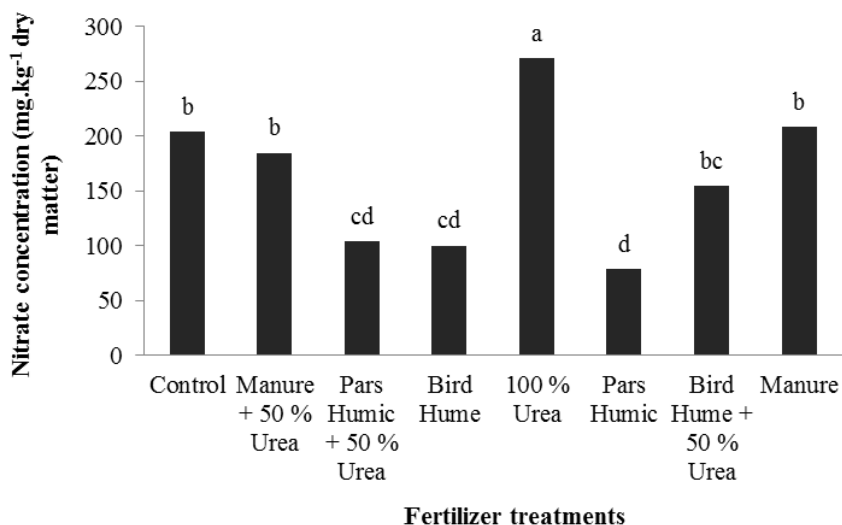
غلظت نیترات در غده

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای کودی از

نظر غلظت نیترات در غده در سطح احتمال یک درصد اختلاف

مصرف شده ابتدا به کربنات آمونیوم تبدیل شده و سپس آمونیوم طی فرآیند نیترات سازی به نیترات تبدیل شده و به وسیله ریشه گیاه جذب می شود که در نتیجه غلظت نیترات افزایش می یابد (Havlin et al., 1999). افزایش نیترات غده های سیب زمینی در نتیجه افزایش مصرف کود نیتروژنی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است به طوری که مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث تجمع زیان بار نیترات در غده ها شد (Reda et al., 1993)، ولی با مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار غلظت نیترات از حد مجاز فراتر نرفت (Prosba, 1993). در تحقیقی دیگر نیز با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت نیترات در غده های رقم آگریا از حد مجاز فراتر رفت، اما در رقم دیامانت مصرف ۶۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت نیترات را به حد بحرانی رساند (Tabatabaai, 1996).

در محصول سیب زمینی ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد (Malakoti & Houshmand, 1995) در نتیجه این تیمار کودی باعث ذخیره نیترات بیش از حد مجاز در غده سیب زمینی شده است. تیمارهای کود آلی پارس هیومیک پلاس (۷۹ میلی گرم در کیلوگرم)، برد هیوم (۱۰۰/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) و پارس هیومیک پلاس+۵۰ درصد کود اوره (۱۰۴ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) کمترین غلظت نیترات در غده را داشته و اختلاف معنی داری باهم نداشتند. دلیل افزایش غلظت نیترات در تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره این است که کودهای شیمیایی مخصوصاً کودهای نیتروژنی به مقدار زیاد و سریع در گیاه جذب شده و مقدار نیترات گیاه را بیشتر افزایش می دهند، در صورتی که کودهای آلی در مقایسه با کودهای معدنی نیتروژن را به تدریج در اختیار گیاه قرار می دهند. کود اوره



شکل ۶- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر غلظت نیترات سیب زمینی
Fig. 6- Effect of different fertilizer treatments on nitrate concentration of potato

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.
The means with different letters indicate the significant difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

یافت که نشان دهنده تولید محصول سالم تر است. مصرف کود نیتروژن بر اساس آزمون خاک و با توجه به حد بحرانی این عنصر در خاک می تواند ضمن تولید عملکرد غده مطلوب از تجمع زیان بار مازاد نیترات در غده ها نیز جلوگیری کند. مصرف مقادیر بیشتر کودهای نیتروژنی افزایش معنی داری در عملکرد غده ایجاد نمی کند، بلکه با افزایش غلظت نیترات در غده ها سلامت مصرف کننده را نیز تهدید می نماید. با مصرف کودهای آلی هیومیک اسید در زراعت سیب زمینی

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که استفاده تلفیقی از ۵۰ درصد کود اوره توصیه شده به همراه کود دامی سبب بهبود عملکرد غده ها شده و عملکرد آن ها را در واحد سطح نسبت به سایر تیمارها افزایش داد. همچنین غلظت نیترات در تیمار کود دامی+۵۰ درصد اوره نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود اوره به طور معنی داری کاهش

با نیترات کمتر باشد، قابل توصیه هستند. در تحقیقی در مورد اثر آبشویی کودهای آلی بر عملکرد دانه سویا (*Glycine max* L.) مشاهده شد که آبشویی کود گاوی باعث کاهش حدود ۵۰ درصدی در هدایت الکتریکی آن شد بدون آن که عملکرد دانه سویا را در مقایسه با تیمار آبشویی نشده تحت تأثیر قرار دهد (Mahmoodabadi et al., 2008). هدایت الکتریکی کود دامی گاوی استفاده شده در این آزمایش برابر با ۶/۲ بود که در این صورت می‌توان از عملیات آبشویی برای کاهش هدایت الکتریکی آن استفاده نمود تا اثرات منفی آن در خاک کاهش یافته و به راحتی قابل توصیه باشد.

غده‌های آن از نظر کیفیت نسبت به حالت بدون مصرف این کودها بهبود می‌یابند. در تحقیق حاضر مشخص شد که کاربرد کود دامی و ۵۰ درصد کود اوره توصیه شده به‌صورت تلفیقی علاوه بر این که باعث تولید عملکرد به میزان تیمار ۱۰۰ درصد اوره می‌شود، می‌تواند غلظت نیترات را نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد اوره به‌طور معنی‌داری کاهش دهد که در واقع هم تولید در حد قابل قبول حفظ شده و هم سمیت محصول کاهش یافته است. همچنین تیمارهای بردهیوم و پارس هیومیک پلاس هرچند که عملکرد غده کمتری نسبت به بقیه تیمارهای کودی داشتند، ولی در شرایطی که هدف تولید محصول آلی

منابع

- Abou-Hussein, S.D., Shoragy, T.E. and Abou-hadid, A.F. 2003. Effect of cattle and chicken manure with or without mineral fertilizers on tuber quality and yield of potato crop. *Isha Acta Horticulturae* 60: 95-100.
- Afshar, A., Neshat, A., and Afsharmanesh, G.R. 2011. The effect of irrigation regime and manure on water use efficiency and yield of potato in Jiroft. *Journal of Water and Resources Conservation* 1(1): 63-75. (In Persian with English Summary)
- Allahghani, B., Koocheki, A., and Nassiri-Mahallati, M. 2006. Effect of manure fertilizers and planting depth on physiological stages and potato tuber yield. *Iranian Journal of Field Crops Research* 4(2): 355-374. (In Persian with English Summary)
- Asghari, J., Panahi Kordlaghari, K., and Miri, Z. 2008. Effect of irrigation regimes and fertilizer combinations on yield of two potato cultivars in Fereidon. *Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences* 46(4): 177-186. (In Persian with English Summary)
- Azizi-Aghgale, B.E. 2000. Effect of different sources and levels of fertilizer on quantity and quality of potato yield. *Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences* 27(3): 13-23. (In Persian with English Summary)
- Brussard, L., and Ferrera-Cenato, R. 1997. *Soil Ecology in Sustainable Agricultural System*. New York: Lewis publishers, USA.
- Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Amini, R., and Tamari, E. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and three cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping with application of bio-fertilizers and chemical fertilizers. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 25(1): 99-113. (In Persian with English Summary)
- Daii, M.E., and Sardari, M. 2009. What is the humic acid? *Agriculture and Industry*. 121:24-30. (In Persian with English Summary)
- Emani, E. 1996. The methods of plant analysis. First edition. Technical issue No. 982. Institute of Soil and Water Researches. The Organisation of Agricultural Researches, Education and Extension. (In Persian)
- Fernandez, R., Scull, R., Gonzales, J.L., Crespo, M., Sanchez E., and Carballo, C. 1993. Effect of fertilization on yield and quality of *Matricaria recutita* L. (Chamomile). Aspects of mineral nutrition of the crop. *Memorias 11th congreso latinoamericano de la ciencia del suelo. 2^{ed} congreso cubano de la Ciencia del Suelo*. Berlin, Germany p. 891-894.
- Fernie, A.R., and Willmitzer, L. 2001. Molecular and biochemical triggers of tuber development. *Plant Physiology* 127:1459-1465.
- Fong, S.S., Seng, L., and Mat, H.B. 2007. Reuse of nitric acid in the oxidative pretreatment step for preparation of Humic acids from low rank coal of Mukah, Sarawak. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 18 (1): 41-46.
- Ghobady, M., Jahanbin, S., Parvizi, K., and Motalebifard, R. 2012. Effect of phosphorus biofertilizers on yield and yield components of potato. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 21(2): 117-130. (In Persian with English Summary)
- Ghosh, P.K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K.K., Tripathi, A.K., Hati, K.M., and Misra, A.K. 2004. Comparative

- effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisoils of semi-arid tropics. I. Crop yields and systems in performance. *Bioresource Technology* 95: 77-83.
- Grewal, H.S., and Kolor, J.S. 1994. On farm studies to evaluate the response of potato to K in relation to farmyard manure. *Potato Abstracts* 19 (2): 536.
- Hassandokht, M.R. 1996. Evaluating the effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative traits of potato. MSc. Thesis. Department of Horticulture. Faculty of Agriculture. University of Tehran. (In Persian with English Summary)
- Hassandokht, M.R., Kashi, E.K., Hamed, M., and Ghaffari, H. 1998. Evaluating the effect of manure and nitrogen on quantitative and qualitative traits of potato. The Proceeding of 5th Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran. Karaj p. 502. (In Persian with English Summary)
- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., and Nelson W.L. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. Sixth Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Joern, B.C., and Vitosh, M.L. 1995. Influence of applied nitrogen on potato. Part I: yield, quality and nitrogen uptake. *American Potato Journal* 72: 51-63.
- Khalghani, J., Rahimzade-Khoi, G., Moghaddam, M., and Rahimian Mashhadi, H. 1997. Growth analysis of potato at different levels of nitrogen and plant density. *Agricultural Science* 7(1): 33-57. (In Persian with English Summary)
- Khazai, H.R., and Arshadi, M.J. 2008. Evaluating the effect of N fertilizer management using chlorophyll meter on yield and qualitative characteristics of potato cv. Agria in climate conditions of Mashhad. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries)* 22: 49-63. (In Persian with English Summary)
- Kuepper, G. 2000. Manures for organic crop production. ATTRA Fayetteville AR 72702. Available online at: <http://www.attar.org/attra.job/monuers.Html>
- Leszczyski, W., and Lisinska G. 1988. Influence of nitrogen fertilization on chemical composition of potato tubers. *Food Chemistry* 28: 45-52.
- Mahmoodabadi, M.R., Ronaghi, A.M., Karimian, N., and Emam, Y. 2008. Greenhouse assessment of organic manure leaching on soil salinity level and seed properties of soybean plant. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences* 1(1): 47-56.
- Malakoti, M.J., and Houshmand, S. 1995. How use chemical and organic fertilizers for increasing the potato production in Iran. Technical issue No. 1. Education and Tooling of Manpower for Oil Organization. (In Persian)
- Oliveira, C.A.D. 2000. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. *Pesquisa Agropencuaria Brasileira* 34: 939-950.
- Opena, G.B., and Portner, G.A. 1999. Soil management and supplement irrigation effects on potato: II. Root growth. *Agronomy Journal* 91: 426-431.
- Osaki, M., Sagara, K., and Tanaka, A. 1992. Effect of nitrogen application on growth of various organs of potato plant. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 63: 46-52.
- Prosba, B.U. 1993. The influence of planting date and the level of nitrogen fertilizer application on the accumulation and structure of potato yield. *Biuletyn – Instytutu – Ziemniaka* 43: 65-73.
- Reda, S., Lojkowska, E., and Jastrzebska, Z. 1993. The influence of nitrogen fertilizer application on nitrate content in potato tubers. *Biuletyn – Instytutu – Ziemniaka* 42: 29-37.
- Rezai, E.M., and Soltani, A. 2001. *Agronomy of Potato*. Jihad Daneshgahi Mashhad Press. Iran. (In Persian)
- Roberts, S., Weaver, W.H., and Phelps, J.P. 1982. Effect of rate and time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under center pivot irrigation. *American Potato Journal* 59: 77-86.
- Sharma, A.K. 2002. *A Handbook of Organic Farming*. Agrobios, India.
- Soleymani, F., Ahmadvand, G., and Safari Sanjani, A.A. 2016. The effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under the influence of water deficit stress. *Journal of Agroecology* 8: 107-119. (In Persian with English Summary)
- Tabatabaai, J. 1996. Effect of different levels of urea and its interaction effect with phosphorus and potassium on yield and nitrate accumulation in potato tubers in Ajabshir. MSc. Thesis. Department of Horticulture. Faculty of Agriculture. University of Tarbiat-Modarres, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Yarmohammadi, V., Sajedi, N.A., and Mirzakhani, M. 2015. Effect of irrigation intervals, manure and zeolite on agronomical traits and yield of potato variety Agria. *New Finding in Agriculture* 9(2): 149-158. (In Persian with

English Summary)

Zelalem A., Tekalign, T., and Nigussie, D. 2009. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Berhan, in the central highlands of Ethiopia. African Journal of Plant Science 3: 16-24.



Effect of Organic Fertilizers in Combination with Chemical Fertilizer on Tuber Yield and Some Qualitative Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L.)

R. Amini^{1*}, A. Dabbagh Mohammadi-Nasab² and S. Mahdavi³

Submitted: 16-06-2015

Accepted: 20-02-2016

Amini, R., Dabbagh Mohammadi-Nasab, A., and Mahdavi, S. 2017. Effect of organic fertilizers in combination with chemical fertilizer on tuber yield and some qualitative characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agroecology 9(3): 734-748.

Introduction

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the staple foods for human, with a very high yield. In Iran, the ever-increasing average consumption of potato is over 35 kg while increasing population and high cost of other food sources inevitably leads to need for higher crop production. Generally, humic acid products are available as inexpensive salt solutions such as potassium humate. Humic acid is used to decrease the negative impacts of chemical fertilizers and some other chemicals present in the soil. Impact of humic acid on plant growth has long been established. Ghosh *et al.* (2004) discussed humic substances as the natural technological products with their miraculous effects on crops and concluded that a scientific and practical program is needed to use this technology in the world, particularly in the developing countries. Therefore, the aim of this study was to study the effects of different fertilizer treatments on yield components, tuber yield and nitrate concentration of potato tuber to identify the best fertilizer treatment for potato production.

Material and Methods

In order to evaluate the effect of organic and chemical fertilizers on yield and some qualitative characteristics of potato, an experiment was conducted based on randomized complete block design (RCBD) with three replications during 2013 in Ardebil region, Iran. This experiment was conducted based on randomized complete block design with eight treatments and three replications. The fertilizer treatments were including control (without fertilizer), farm manure +50% urea, Pars Humic +50% urea, Bird Hume organic fertilizer, 100% chemical fertilizer (urea), Pars Humic Plus organic fertilizer, Bird Hume + 50% urea and farm manure. Pars Humic Plus organic fertilizer was applied at the rate of 4 kg.ha⁻¹ as mixed with water during 6-8 leaf stage, flowering stage, and tubers expansion stage. Pars Humic Plus organic and biological fertilizer contained 60% humic acid, 15% fulvic acid and NPK of 10:0:10 and all of micronutrients. Bird Hume fertilizer contained 38% humic and fulvic acids, 60% poultry manure and 2% micronutrients and based on its contents it was applied in the basis of 300 kg.ha⁻¹ to soil during plantation. Manure was added and mixed with soil in the basis of 30 ton/ha before planting. 300 kg.ha⁻¹ urea fertilizer was applied to the soil during 6-8 leaf stage, flowering stage, and tuber expansion stage. Final harvest was done during 50% drying of the above ground organs and after removing the above ground parts of the plant (10 days before harvesting). The data subjected to analysis of variance after testing for normality and homogeneity of variance, using MSTATC and SAS. The means were compared using Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

Results and Discussion

Results indicated that the effect of fertilizer treatment was significant on plant height, lateral stem number, yield components, tuber yield and nitrate concentration of potato. All the fertilizer treatments except the Bird Hume +50% urea increased the tuber diameter in comparison with control treatment. The tuber number per plant in farm manure +50% urea treatment was the highest and had significant difference with control, Bird Hume and Pars Humic Plus treatments. The highest tuber yield was obtained in farm manure +50% urea treatment that was not significantly different from 100% urea treatment. The Pars Humic Plus and Bird Hume treatments had the lowest nitrate concentration in tuber and 100% urea treatment had the highest nitrate concentration.

¹, ² and ³- Associate Professor, Professor and Graduated Student, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: r_aminei@tabrizu.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.47608

Conclusion

In general it can be concluded that the integrated application of farm manure +50% urea not only resulted in yield as high as 100% urea treatment, but also reduced nitrate concentration significantly.

Keywords: Bird Hume, Farm Manure, Nitrate Concentration, Pars Humic Plus, Urea



مطالعه تأثیر وزن اولیه غده بذری و کود دامی بر زادآوری و عملکرد موسیر (*Allium altissimum* Regel.) در شرایط آب و هوایی شیروان

مونا عارفخانی^۱، محمد خیرخواه^{۲*}، محمود قربانزاده نقاب^۲ و مهدی بابائیان^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۱

عارفخانی، م.، خیرخواه، م.، قربانزاده نقاب، م. و بابائیان، م. ۱۳۹۶. مطالعه تأثیر وزن اولیه غده بذری و کود دامی بر زادآوری و عملکرد موسیر (*Allium altissimum* Regel.) در شرایط آب و هوایی شیروان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۴۹-۷۵۹.

چکیده

موسیر (*Allium altissimum* Regel.) یکی از گونه‌های دارویی و خوراکی مهم جنس *Allium* در ایران می‌باشد. یکی از مشکلات عمده این گیاه نحوه تکثیر و زادآوری آن می‌باشد. به منظور مطالعه بررسی چگونگی تأثیر وزن اولیه غده مادری و کود دامی بر زادآوری، عملکرد و اجزای عملکرد موسیر آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل وزن اولیه غده بذری در چهار سطح (۴۵-۵۵، ۴۵-۴۵، ۳۵-۳۵، ۲۵-۲۵ گرم) و کود دامی گاوی در سه سطح (۴۰، ۶۰ تن در هکتار) با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی مجتمع آموزش عالی شیروان در سال ۱۳۹۲-۹۳ انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد که سطوح مختلف کود دامی و وزن اولیه غده مادری اثر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر وزن تر و قطر غده خواهری و مادری و عملکرد خشک غده و دانه داشت. به طوری که بیشترین وزن غده خواهری تک‌بوته مربوط به غده‌های کشت شده در محدوده (۴۵-۵۵ گرم) و مصرف کود دامی به میزان (۶۰ تن در هکتار) به ترتیب به میزان ۱۲/۸۱ و ۸/۵۱ گرم بود و بیشترین عملکرد خشک غده نیز مربوط به تیمار غده‌های کشت شده در محدوده وزن (۴۵-۵۵ گرم) و مصرف کود دامی به میزان ۴۰ تن در هکتار به ترتیب ۳۸۶/۲ و ۸۸/۹۴ گرم در مترمربع و کمترین عملکرد خشک مربوط به کشت غده‌های کشت شده در محدوده وزن (۲۵-۳۵ گرم) و شاهد (عدم استفاده از کود) بود.

واژه‌های کلیدی: پیاز خواهری، تکثیر، تولید، ماده آلی

مقدمه

که از این میان تعداد گونه‌های اندکی به صورت اهلی و زراعی کشت می‌شوند، با این حال عمده نیاز جهانی به این گیاهان هنوز از طریق جمع‌آوری از رویشگاه‌های طبیعی تأمین می‌شود (Lang & Shipma, 1997). جنس *آلیوم* شامل بیش از ۷۰۰ گونه است که بیشتر به صورت وحشی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و معتدل نیمکره شمالی رشد می‌کنند (Esteren, 1980; Hanlet et al., 1992).

موسیر (*Allium altissimum* Regel.) یکی از گیاهان مهم دارویی و صنعتی در ایران بوده که شدت برداشت آن از عرصه‌های طبیعی بسیار بالاست (Sabzavari et al., 2014) و گیاهی است چند ساله از خانواده آلیاسه دارای غده زیرزمینی و از محصولات فرعی مراتع می‌باشد که در رویشگاه‌های طبیعی و مرتفع با اقلیم سرد تا

از دیرباز گیاهان دارویی از منابع مهم درمان بیماری در تمام نقاط جهان بوده و در حال حاضر نیز این گیاهان از جایگاه مهمی در پزشکی برخوردار می‌باشند، به خصوص در طی دهه‌های گذشته کاربرد این گیاهان در طب سنتی و مدرن رو به افزایش است (Dash & Petra, 1979). حدود ۴۰ الی ۵۰ هزار گونه گیاهی شناخته شده در سیستم‌های دارویی مدرن و سنتی در سراسر جهان استفاده می‌شوند

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت و استادیار، گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی کشاورزی و منابع طبیعی شیروان
(*) نویسنده مسئول: Email: khairkhan-m@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v9i3.50987

نیمه سرد از جمله خراسان و لرستان و دیگر مناطق کشور با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و در شیب‌های مختلف و در حاشیه برکه‌ها و زیر تاج پوششی درختان در باغات رشد و نمو می‌کند (Kheirkhah & Dadkhah, 2009). این گیاه بومی آسیای مرکزی و ایران است. گونه‌های زیادی از این جنس در سراسر دنیا شناخته شده است که همگی در نواحی معتدل می‌رویند. در خراسان هشت گونه از این جنس وجود دارد که همگی به عنوان موسیر شناخته شده‌اند. این گیاه در طب سنتی ایران به عنوان یک گیاه دارویی مطرح بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیاز و برگ‌های آن خوراکی است و از پودر آن در صنایع غذایی و لبنی استفاده می‌شود و همچنین به عنوان ترشیجات و تهیه ماست موسیر در کارخانجات لبنی کاربرد دارد (Amin, 2009). در خصوص خواص دارویی گونه‌های مختلف جنس موسیر تحقیقات زیادی انجام گرفته و خواص دارویی و درمانی آن به اثبات رسیده به‌طوری که پیاز موسیر مانع از تکثیر سلول‌های سرطانی می‌شود و در درمان رماتیسم و ترمیم زخم‌های سطحی، سنگ کلیه، کاهش فشار خون، ضد اسهال، اشتهاآور، تقویت‌کننده سیستم گوارش استفاده می‌شود (Barile, 2005).

با توجه به نیاز روز افزون به گیاهان دارویی و صنعتی قابل برداشت از زیستگاه‌های طبیعی، به‌نظر می‌رسد تولید این گونه‌ها در سیستم‌های زراعی بتواند به عنوان یک استراتژی مهم در تأمین بازار رو به گسترش جهانی عمل کند (Gupta, 1998). پراکنش این گیاه در طبیعت از طریق بذر و جابجایی غده آن توسط عوامل مختلف انجام می‌گیرد. تکثیر در طبیعت از طریق بذر انجام می‌گیرد که در سال اول تنها یک برگ لوله‌ای و یک غده بسیار کوچک تولید می‌کند و همچنین از طریق همین پیازها (غده‌ها) تکثیر صورت می‌گیرد. در شرایط طبیعی به‌دلیل قرارگیری گیاه در سایه سایر گیاهان و درختان عمدتاً یک غده تولید می‌کند. از آنجایی که تکثیر آن از طریق بذر طولانی (بیش از پنج سال) است و در سال آخر که به گلدهی می‌رود، عمدتاً یک پیاز خاوه‌ری بیش‌تر تولید نمی‌کند بنابراین تکثیر از طریق اندام‌های رویشی نیز تا حدودی غیرممکن است. علاوه بر تولید بذر در شرایط طبیعی عمدتاً یک پیاز تولید می‌کند، از این‌رو باید شرایطی را برای گیاه فراهم کرد که گیاه وادار به زادآوری بیش از یک غده شود تا بتوان با در نظر گرفتن حفظ گیاه در طبیعت از آن بهره‌برداری کرد. به نظر می‌رسد تعیین وزن اولیه غده بذری برای تولید یک گیاه قوی که بتواند مواد غذایی جهت تولید ساقه گل‌دهنده و ذخیره آن در بذور

و غده یا غده‌های زادآوری شده (حداقل دو غده در هر گیاه) را فراهم سازد بسیار مهم می‌باشد. بنابراین، غده‌ها باید از وزن مناسبی برخوردار باشند. به‌علاوه در اختیار قرار دادن مواد غذایی بیشتر از جمله کود دامی احتمال افزایش وزن غده‌های تولیدی را افزایش می‌دهد. با این اهداف، این طرح به منظور اهلی‌سازی گیاه و مطالعه تأثیر وزن اولیه غده و کود دامی بر زادآوری و وزن غده موسیر (*Allium altissimum* Regel) در شرایط مزرعه‌ای در شیروان اجرا می‌شد تا از این طریق گامی در جهت اهلی‌سازی آن برداشته شود و فشار موجود بر عرصه‌ها و رویشگاه‌های طبیعی کاهش یابد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شیروان واقع در کیلومتر ۱۲ محور شیروان - بجنورد با عرض جغرافیای ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ارتفاع ۱۰۶۷ متری از سطح دریا که دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد با متوسط بارندگی سالانه ۲۴۴/۲ میلی‌متر و متوسط دمای ۱۲/۷ درجه سانتی‌گراد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. ابتدا غده‌های مادری هم‌وزن را از طبیعت (روستای مشهد ترقی واقع در ۳۰ کیلومتری جنوب شیروان) جمع‌آوری شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل وزن اولیه غده بذری در چهار سطح (۵۵-۴۵، ۴۵-۳۵، ۳۵-۲۵ و ۲۵-۱۵ گرم) و کود دامی گاوی در سه سطح (۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار) با سه تکرار انجام شد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل (شخم، دیسک و تسطیح) در اوایل تابستان صورت گرفت و کود دامی را پس از تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن طبق سطوح در نظر گرفته شده به خاک اضافه شد و سپس غده‌ها در تاریخ ۳۰ مرداد ۱۳۹۲ با تراکم ۳۰ غده در متر-مربع کشت شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اندازه هر کرت نه مترمربع (۳×۳) در نظر گرفته شد که شامل شش ردیف بود. کنترل علف‌های هرز مزرعه در طول دوره رشد به‌صورت دستی صورت گرفت. آبیاری بعد از کاشت به فاصله هفت روز شروع شد و با شروع بارندگی در زمستان خاتمه یافت و بلافاصله با شروع فصل بهار آبیاری مجدد شروع و تا زمانی که برگ‌ها زرد شدند ادامه داشت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود گاوی
Table 1- Physical and chemical properties of cow manure

پیتاسیم	فسفر	هدایت الکتریکی	pH	نیترژن (%)
(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(دسی زیمنس بر متر)		N (%)
K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	EC (dS.m ⁻¹)		
38	61	11.7	7.8	0.15

(۲۵-۱۵ گرم) و سطح اول کود دامی (شاهد) می‌باشد (جدول ۳)، همچنین بیشترین وزن پیاز مادری مربوط به سطح چهارم وزن غده کشت شده (۵۵-۴۵) و سطح دوم کود دامی (۴۰ تن در هکتار) می‌باشد (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش وزن اولیه غده بذری و افزایش منابع غذایی موجود در غده مادری برای رشد گیاهچه قوی‌تر سبب افزایش سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و در نتیجه افزایش وزن غده‌های تولیدی مادری و افزایش وزن پیاز خواهری شده است. نتایج تحقیقات رضوان بیدختی (Rezvan Bidokhti, 2010) روی موسیر مطابق با نتایج این تحقیق می‌باشد. وی در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که با افزایش وزن پیازهای بذری متوسط وزن هر پیاز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. عیشی رضایی (Eyshi Rezayi, 2013) نیز گزارش نمود که وزن پیاز کشت شده تأثیر معنی‌داری بر وزن پیاز موسیر داشته است و بیشترین وزن پیاز موسیر در اواخر دوره رشد در تیمار با وزن پیاز بالاتر از ۲۰ تا ۳۰ گرم حاصل شد. دیگر تحقیقات نیز موید آن است که وزن پیاز به‌عنوان منبع اولیه تأمین‌کننده مواد غذایی نقش مهمی در سرعت رشد و تولید موسیر ایفا می‌کند (Arefi et al., 2011).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر هر یک از تیمارهای وزن غده کشت شده و کود دامی بر روی عملکرد خشک غده و عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که بیشترین عملکرد خشک غده مربوط به سطح چهارم وزن غده کشت شده (۵۵-۴۵ گرم) و سطح دوم کود دامی (۴۰ تن در هکتار) و کمترین عملکرد خشک غده مربوط به سطح اول وزن غده کشت شده (۲۵-۱۵ گرم) و سطح اول کود دامی (شاهد) می‌باشد (جدول ۳). همچنین بیشترین عملکرد دانه مربوط به سطح چهارم وزن غده کشت شده (۵۵-۴۵ گرم) و سطح سوم کود دامی (۶۰ تن در هکتار) و کمترین عملکرد دانه مربوط به سطح اول وزن غده کشت شده (۲۵-۱۵ گرم) و سطح اول کود دامی (شاهد) می‌باشد (جدول ۳).

در طی انجام این آزمایش در هنگام برداشت محصول صفاتی همچون قطر غده، وزن تر غده، وزن تر برگ‌ها، وزن کل گیاه، تعداد برگ‌ها، وزن تر گل‌آذین، ارتفاع بوته، ارتفاع گل‌آذین، تعداد پیاز خواهری، وزن غده خواهری، قطر غده خواهری اندازه‌گیری شد و سپس غده‌ها و اندام هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و وزن خشک غده مادری و وزن خشک غده خواهری، وزن خشک برگ‌ها و کل ماده خشک گیاه تعیین گردید. پس از جمع‌آوری داده‌های اندازه‌گیری شده، آنالیز و مقایسه میانگین داده‌ها توسط نرم‌افزار MSTAT-C و رسم نمودارها و توسط برنامه‌های EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) سطوح مختلف وزن اولیه غده و کود دامی تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر صفات قطر غده خواهری و مادری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات ساده بیانگر آن است که کمترین قطر غده خواهری و مادری مربوط به سطح اول غده‌های کشت شده (۲۵-۱۵ گرم) و سطح اول کود دامی (شاهد) می‌باشد، همچنین بیشترین قطر غده خواهری مربوط به سطح چهارم وزن غده کشت شده (۵۵-۴۵ گرم) و سطح سوم کود دامی (۶۰ تن در هکتار) و بیشترین قطر پیاز مادری مربوط به سطح چهارم وزن غده کشت شده (۵۵-۴۵ گرم) و سطح دوم کود دامی (۴۰ تن در هکتار) می‌باشد (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که سطوح مختلف وزن اولیه غده و کود دامی تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر وزن غده خواهری و مادری داشت. مانند آنچه در صفت قطر پیاز ملاحظه گردید بیشترین وزن پیاز خواهری مربوط به سطح چهارم وزن غده کشت شده (۵۵-۴۵ گرم) و سطح سوم کود دامی (۶۰ تن در هکتار) و کمترین وزن پیاز خواهری مربوط به سطح اول وزن غده کشت شده

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مویسر تحت تأثیر وزن غده و کود دامی
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of some traits of *Allium altissimum* Regel. Affected as bulb weight and manure

منابع تغییر	درجه آزادی df	قطر پیاز خواهری Sister bulb diameter	قطر پیاز مادری Mother bulb diameter	وزن پیاز تک Bulb weight per plant	وزن پیاز خواهری Sister bulb weight	عملکرد خشک bulb yield	عملکرد دانه Seed yield	تعداد کپسول تک بوته Number of caeosules per plant	وزن هزار دانه Weight of 1000-seed	تولید پیاز خواهری Sister bulb production	تعداد دانه Seed number	قطر دم گل آذین Peduncle diameter
تکرار Replication	2	* 0.16	0.24*	182.23*	2.15 ^{ns}	12280.26 ^{ns}	10.52*	458.8 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.02 ^{ns}	544436**	0.0006*
وزن اولیه غده Initial weight of the bulb	3	** 1.45	0.73**	705.47**	126.93**	39366.16*	177.56*	12497.5**	0.31*	0.4*	4324406**	0.45**
کود دامی Manure	2	0.03**	0.47*	999.15**	21.64**	86381.11**	49.83**	4906.7*	0.31*	.028*	653950**	0.04**
اثر متقابل Interaction	6	0.09 ^{ns}	0.11 ^{ns}	89.80 ^{ns}	3.80*	7224.31 ^{ns}	3.56 ^{ns}	2308.4**	0.18*	*0.23	66042*	0.007**
خطا Error	24	0.04	0.08	56.70	2.70	12412.95	3.87	387.4	0.07	0.1	17801	0.0017
کل Total	35										2.60	5.74
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		12.69	8.12	14.81	21.37	35.56	5.04	18.40	3.71	42.46		

ns, * and ** have nonsignificant difference at none, significant at 5 and 1 percent Levels of probability, respectively.
ns, * and ** have nonsignificant difference at none, significant at 5 and 1 percent Levels of probability, respectively.

درصد تولید پیازخواهری، وزن هزاردانه، تعداد دانه، تعداد کپسول در بوته و قطر گل آذین تحت تأثیر برهمکنش وزن پیاز با کود دامی معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بود (جدول ۲). بررسی روند تغییرات درصد تولید پیاز خواهری تحت تیمارهای مختلف وزن غده و کود دامی نشان داد که با افزایش وزن غده کشت شده میزان درصد زادآوری نسبت به سطح اول وزن غده کشت شده کاهش پیدا کرد و با افزایش مصرف کود دامی نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) درصد زادآوری افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین زادآوری مربوط به سطح اول وزن غده مادری و سطح سوم کود دامی (۱۳۳ درصد) و کمترین زادآوری مربوط به سطح چهارم وزن غده مادری و سطح اول کود دامی (شاهد) به میزان ۳۳ درصد) بود. نقش مؤثر کود دامی در آزمایش می‌تواند ناشی از بهبود شرایط رشد مؤثر غده‌ها و نیز بهبود شرایط فیزیکی حاکم بر خاک جهت تولید غده‌ها با وزن بالا و زادآوری بیشتر باشد. در این ارتباط کوچکی (Koocheki, 2013) اظهار داشت که کاربرد سطوح کود دامی در سطوح مختلف کاشت، به جای افزایش اندازه بنه زعفران، بیشتر در افزایش تعداد بنه‌های دختره زعفران در خاک مؤثر باشد. وی همچنین گزارش نمود که افزایش بنه‌های تولیدی در واحد سطح از طریق تولید بنه‌های کوچک‌تر منجر به کاهش وزن بنه‌ها می‌شود. رضوان بیدختی (Rezvan Bidokhti, 2011) گزارش کرد که اثر تیمار وزن پیاز بر تعداد پیازهای دختره در گیاه موسیر معنی‌دار بوده است، در صورتی که کشت غده‌های مادری بزرگتر گیاه موسیر منجر به تولید پیاز خواهری کمتر اما با وزن بیشتر شد که این نتیجه می‌تواند به علت اعمال تیمار کودی باشد. پندی (Pandi, 1979) اظهار داشت که کاربرد سطوح کود دامی در سطوح مختلف کاشت به جای افزایش در اندازه بنه بیشتر افزایش در تعداد بنه‌های دختره در زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تولید پیازهای دختره (بچه‌زایی) و تقسیم پیازها در تکثیر غیرجنسی گیاه موسیر از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، زیرا در این صورت می‌توان برخی پیازها را برای تکثیر و مابقی را برای مصارف دارویی و خوراکی مورد بهره‌برداری قرار داد (Kheirkhah, 2009). نتایج به‌دست آمده در آزمایش نشان داد روند تغییرات وزن هزاردانه در سطح پنج درصد و تعداد کپسول در بوته در سطح یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر وزن غده و کود دامی قرار گرفت.

به‌نظر می‌رسد کشت پیازهایی با وزن بالاتر باعث افزایش توسعه سطح برگ و از سوی دیگر، افزایش سطح برگ باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تولید کربوهیدرات بیشتر جهت بخش‌های ذخیره‌ای گیاه موسیر می‌شود. تحقیقات متعددی صحت این موضوع را تأیید می‌کنند. برای مثال، افزایش وزن پیاز کشت شده باعث افزایش توسعه سطح برگ و سرعت فتوسنتز در پیاز قرمز می‌شود. محققان گزارش کردند که کاشت پیازهایی با وزن بیشتر منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه و عملکرد خشک پیاز موسیر گردید (Rezvan Bidokhti, 2011; Tei et al., 1996) وزن پیاز به‌عنوان منبع اولیه تأمین‌کننده مواد غذایی نقش مهمی در سرعت رشد و تولید موسیر ایفا می‌کند (Arefi et al., 2011). در تحقیقی دیگر بر روی زعفران (*Crocus sativus* L.) عنوان شد که اندازه بنه زعفران تأثیر معنی‌داری در وزن تر و خشک گل زعفران داشت و با مصرف بنه‌های درشت‌تر گل‌هایی با وزن بیشتر به‌دست آمد، چنان‌که استفاده از بنه‌های ۱۲ تا ۱۴ گرم نسبت به بنه‌های ۴ تا ۶ گرم باعث افزایش ۳۱ درصد در وزن گل زعفران شد (Alipor Miyandohabi, 2013). به‌نظر می‌رسد نقش مؤثر کود دامی ناشی از بهبود شرایط تغذیه‌ای جهت رشد مؤثر غده‌ها و نیز شرایط فیزیکی حاکم بر خاک جهت تسهیل در رشد برگ‌ها و در نتیجه گلدهی کامل گیاه موسیر و در نهایت، افزایش عملکرد بذری و عملکرد خشک غده می‌باشد. در این آزمایش میزان عنصر غذایی نیتروژن در خاک کمتر از نیتروژن موجود در کود دامی (نوع گاوی) می‌باشد. در این ارتباط گزارش شده است که نسبت وزن پیاز خوراکی به پهنک برگ با کاهش میزان نیتروژن خاک افزایش می‌یابد، نیتروژن اضافی می‌تواند رشد برگ‌ها را تحریک کرده و رشد پیاز را کاهش دهد (Boltro & Brostr, 1989). استفاده از کودهای آلی در گیاه زعفران موجب افزایش وزن تازه و خشک و درصد ماده خشک بنه شده که این در نتیجه رشد بهتر گیاه به‌دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی می‌باشد (Behdani et al., 2005). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) اظهار داشتند که کاربرد کود دامی نقش معنی‌داری در افزایش تعداد و عملکرد گل تر و خشک زعفران دارد. افزایش عملکرد گل تر و کلاله خشک زعفران در نتیجه افزایش سطوح کود دامی مشاهده شد (Rezvani Moghaddam et al., 2010). همچنین محققین گزارش کردند که افزایش میزان مصرف کود آلی نیز باعث افزایش وزن سوخ در گیاه پیاز می‌شود (Baybordi et al., 2009).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل وزن غده و کود دامی بر صفات اندازه گیری شده در گیاه موسیر

Table 3- Mean comparison interaction effects of bulb weight and manure on measured traits on <i>Allium altissimum</i> Regel.					
تیمار	تعداد کپسول تک بوته	وزن هزار دانه (گرم)	تولید پیاز خواهری (%)	تعداد دانه تک بوته	قطر دم کل آذین (سانتی متر)
Treatment	Number of caules per plant	1000-seed weight (g)	Sisterbulb production (%)	Number seed per plant	Peduncle diameter (cm)
A ₁ B ₁	7.33 ^c	7.40 ^{abcd}	77 ^{abc}	4027 ⁱ	0.31 ^{gh}
A ₁ B ₂	106.67 ^{de}	7.72 ^{ab}	88 ^{abc}	4271 ⁱ	0.42 ^{ef}
A ₁ B ₃	87.67 ^{de}	7.67 ^{abc}	133 ^a	4643 ^h	0.25 ^h
A ₂ B ₁	110.07 ^d	7.04 ^d	44 ^c	4730 ^{gh}	0.43 ^{ef}
A ₂ B ₂	93.85 ^{de}	7.24 ^{bcd}	55 ^{bc}	4940 ^{fg}	0.47 ^{de}
A ₂ B ₃	146.67 ^{bc}	7.21 ^{bcd}	66 ^{bc}	5055 ^{ef}	0.37 ^{fg}
A ₃ B ₁	114.33 ^{cd}	7.17 ^{cd}	66 ^{bc}	5264 ^{de}	0.53 ^d
A ₃ B ₂	91.11 ^{de}	7.80 ^a	110 ^{ab}	5349 ^{cd}	0.68 ^c
A ₃ B ₃	179.67 ^b	7.48 ^{abcd}	88 ^{abc}	5402 ^{cd}	0.66 ^c
A ₄ B ₁	153.01 ^b	7.35 ^{abcd}	33 ^c	5553 ^c	0.78 ^b
A ₄ B ₂	172 ^{ab}	7.03 ^d	110 ^{ab}	5974 ^b	0.91 ^a
A ₄ B ₃	207.78 ^a	7.84 ^a	44 ^c	6342 ^a	0.80 ^b

حروف A₁, A₂, A₃ بیانگر وزن اولیه غده مادری که شامل A₁: وزن ۲۵-۳۵ گرم، A₂: وزن ۳۵-۴۵ گرم، A₃: وزن ۴۵-۵۵ گرم و حروف B₁, B₂, B₃ بیانگر کود دامی (گاوی) که شامل B₁: صفر، B₂: ۳۰، B₃: ۶۰ تن در هکتار می باشد.

* میانگین های با حروف غیر مشابه تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

Letters the A₁, A₂, A₃, A₄ indicate weight bulb treatment A₁: 15-25 g weight, A₂: 25-35 g weight, A₃: 35-45 g weight, A₄: 45-55 g weight and letters the B₁, B₂, B₃ indicate farm manure: B₁: 0, B₂: 40, B₃: 60 t ha⁻¹.

* Means with different letters have significant difference at 5 percent Level of probability

را بین سرعت رشد محصول و تعداد دانه در طول دوره مرحله تشکیل غلاف در لگوم‌ها گزارش کردند. در پژوهشی دیگر محققین گزارش کردند در بسیاری از غلات تعداد و عملکرد دانه بوسیله قابلیت دسترسی به منابع (آب، تشعشع و نیتروژن) تعیین می‌شود (Sinclair et al., 2006).

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش وزن پیازهای کشت شده تا ۴۵ گرم و مصرف کود دامی تا سطح ۴۰ تن در هکتار سبب افزایش عملکرد ماده خشک شد. به نظر می‌رسد کاشت غده‌های با وزن بالا موجب افزایش شاخص سطح برگ شده است که توانایی کانوپی گیاه را در دریافت نور بیشتر کرده است. با توجه به اینکه تقریباً یک رابطه خطی بین ماده خشک تولیدی و نور دریافتی وجود دارد (Werker & Jaggard, 1998)، عملکرد بیشتر در پیازهایی با وزن بالا مشاهده شد. همچنین سطوح بالا وزن غده کشت شده و کود دامی سبب افزایش در عملکرد و وزن غده‌های خواهری و مادری و اجرای عملکرد دانه نیز شد. به نظر می‌رسد در این آزمایش وزن‌های پایین غده کشت شده و استفاده از کود سبب زادآوری بیشتر نسبت به غده‌های کشت شده بزرگ‌تر و عدم استفاده کود شده است، این درحالی است که وزن پیاز خواهری در سطوح بالای وزن غده و کود دامی نسبت به سطح پایین غده و عدم استفاده از کود بالاتر بود. با توجه به این‌که مشاهده شده است که حتی غده‌های بسیار ریز زادآوری دارند پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به توده بذری مناسب غده‌های با زادآوری بیشتر انتخاب و میزان زادآوری نتایج آن‌ها مورد آزمایش قرار گیرد.

بیشترین وزن هزاردانه ۷/۸۴ گرم در غده‌های با وزن ۴۵ تا ۵۵ گرم (سطح چهارم) و میزان کود دامی ۶۰ تن در هکتار (سطح سوم) به دست آمد؛ در حالی که کمترین وزن هزار دانه ۷/۰۴ گرم در غده‌های با وزن ۲۵ تا ۳۵ گرم (سطح دوم) و عدم استفاده از کود (سطح اول) حاصل شد. بیشترین تعداد کپسول در بوته ۲۰۷/۷۸ مربوط به سطح چهارم وزن غده (۴۵-۵۵ گرم) و سطح سوم کود دامی، (۶۰ تن در هکتار) و کمترین تعداد کپسول ۷۰/۳۳ مربوط به سطح اول وزن غده (۲۵-۳۵ گرم) و سطح اول کود دامی (عدم استفاده از کود) می‌باشد. به نظر می‌رسد افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک در تیمار وزن غده بالا و سطح سوم کود دامی در مقایسه با سایر تیمارها سبب افزایش و حفظ تعداد گلچه‌ها در گل‌آذین موسیر شده و در نتیجه تعداد کپسول، تعداد دانه و وزن هزار دانه افزایش یافت، همچنین بالا بودن وزن پیازهای مادری منجر به افزایش سطح برگ و جذب تشعشع زیاد و در نتیجه پتانسیل بالا جهت تولید تعداد کپسول بیشتر در مقایسه با پیازهای مادری کوچک می‌شود. نتایج رضوان بیدختی (Rezvan Bidokhti, 2011) نشان داد که افزایش وزن پیازهای مورد استفاده برای کاشت منجر به افزایش وزن هزار دانه و تعداد کپسول در پیازهای ۱۰۰ تا ۱۱۵ گرمی شد. قطر دم گل‌آذین نیز تحت تأثیر کود دامی و وزن غده قرار گرفت و با افزایش وزن غده کشت شده و مصرف کود دامی نسبت به شاهد قطر دم گل‌آذین افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین قطر دم گل‌آذین مربوط به سطح چهارم وزن غده و سطح دوم کود دامی به مقدار (۰/۹۱ سانتی‌متر) و کمترین قطر دم گل‌آذین مربوط به سطح اول وزن غده و سطح سوم کود دامی (۰/۲۵ سانتی‌متر) می‌باشد.

تیمارهای کود دامی و وزن غده تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر تعداد دانه داشت. به‌طوری‌که با افزایش وزن غده و کود دامی بر میزان تعداد دانه افزوده شد. بیشترین تعداد دانه مربوط به سطح چهارم وزن غده (۴۵-۵۵ گرم) و سطح سوم کود دامی (۶۰ تن در هکتار) و کمترین میزان تعداد دانه مربوط به سطح اول وزن غده (۲۵-۳۵ گرم) و سطح اول کود دامی (بدون کود) می‌باشد (جدول ۳). هارو و همکاران (Haro et al., 2007) رابطه مثبت و معنی‌داری

منابع

- Alipormiyandohi, Z., Mahmody, S., Behdani, M., and Sayari, M.H. 2012. The effect of manure, bio-chemical and corm size, yield and yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). Research Publication Saffron 1(2): 73-84. (In

- Persian with English Summary)
- Amin, M.H., Koshapor, M., and Polzadeh, H. 2001. The effect of aqueous extracts of shallot on *Sodomonus Aeruginosa* infection in mice after burn. Proceedings of the Fourth Congress of Microbiology, Tehran University of Witness pp. 195-216. (In Persian)
- Arefi, A., Kafi, M., and Khazayi, H. 2011. Evaluation of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield, photosynthesis and photosynthesis pigment, chlorophyll and nitrogen concentration, of shallot (*Allium altissimum* Regel). Journal of Agroecology 4(2): 214-207. (In Persian with English Summary)
- Barile, E., Capasso, R., Izzo, A.A., Lanzotti, V., Sajjadi, S.E., and Zolfaghari, B. 2005. Structureactivity relationships for saponins from *Allium hirtifolium* and *Allium elburzense* and their antispasmodic activity. Planta Medica 71: 1010-1018.
- Baybordi, Y.M., and Maakooti, M.J. 1982. Study on different organic fertilizer resources (manure, compost and vermicompost) on Azarshahr red onion quality and quantity in two regions of Bonab and Khosrowshahr. 21(1):33-43.
- Behdani1, 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)
- Brewster, J.L., and Butler, H.A. 1989. Effects of nitrogen supply on bulb development in onion *Allium cepa* L. Journal of Experimental Botany 4(219): 1155-1162.
- Dash, M.C., and Petra, U.C. 1979. Vermicompost production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa India. Ecological and Biological Soil Journal. 16: 79- 83.
- Eyshi Rezayi, A. 2012. Quantitative analysis of the impact of uneven environment growth condition on carbon allocation, yield and growth modeling of shallot (*Allium altissimum* Regel). PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Gupta, L., Vates, S.K., and Brijji, L. 1998. How cheap can a medicinal plant species be? Current Science 74: 555-556.
- Hanelt, P., Schultze-Motel, J., Fritsch, R., Kruse, J., Maaß, H.I., Ohle, H., and Pistrick, K. 1992. The Genus *Allium taxonom* Problems and Genetic Resources, Gatersleben Approach pp. 107 -123.
- Haro, R.J, Otegui, M.E., Collino, D.J., and Dardanelli, J.L. 2007. Environmental effects on seed yield determination of irrigated peanut crops: Links with radiation use efficiency and crop growth rate. Field Crops Research 103: 217-228.
- Kheirkhah, M., and Dadkhah, A. 2006. Shallot phenology study (*Allium altissimum* Regel.) and investigation its domestication possibility. Science and Technology 5: 9-15.
- Kheirkhah, M., and Dadkhah, A. 2009. Study of *Allium altissimum* Regel. Phenology and consider how to domesticating it. Horticulture Researches in Pajouhesh and Sazandegi 82: 19-24.
- Koocheki, A., Rezvanimoghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyedi, S.M. 2012. Study of Agricultural properties of saffron corms (*Crocus sativus* L.) in response to levels of high density planting and manure in second year. Journal of Research Saffron 1(2): 155-144. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammadabadi, A.A. 2011. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Water Soil 25(1): 196-206. (In Persian with English Summary)
- Pandy, D.P., and Srivastava, R.P. 1979. A note on the effect of the size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Progressive Horticulture 6(23): 86-92.
- Rezvan, S. 2011. Investigation some agro physiological characteris of shallots (*Allium altissimum* Regel.). PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus*). 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research. Antalya Turkey.
- Sabzavari, S., Kafi, M., Bannayan, M., and Khazae, H.R. 2014. Study of thermal needs, growth characteristics and function of two *Allium altissimum* and *A. hertifolium* mosquitoes in different treatments of density, onion weight and stem elongation. Journal of Agroecology 6(4): 836-847. (In Persian with English Summary)
- Sinclair, T.R., and Jamieson, P.D. 2006. Grain number, wheat yield. And bottingbeer: An analysis. Field Crops Research 98: 60-67.
- Stearn, W.T., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Vaentine, D.H., Walters, S.M., and Webb, D.A. 1980. Flora

- Europeae, volume: 5. Cambridge. England.
- Tei, F., Scaife, A., and Aikman, D.P. 1996. Growth of lettuce, onion, and red beet. 1. Growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. *Annals of Botany* 78: 633-643.
- Werker, A.R., and Jaggard, K.W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology* 89: 229-240.



Effect of Initial Weight of Shallot Bulb and Farm Manure on Reproduction and Shallot Yield (*Allium altissimum*Regel.) in Shirvan Climate

M. Arefkhani¹, M. Kheirkhah^{2*}, M. Ghorbanzadeh Naghab² and M. Babaeian² and

Submitted: 01-11-2015

Accepted: 10-05-2016

Arefkhani, M., Kheirkhah, M., Ghorbanzadeh Naghab, M., and Babaeian, M. 2017. Effect of initial weight of shallot bulb and farm manure on reproduction and shallot yield (*Allium altissimum* Regel.) in Shirvan climate. Journal of Agroecology 9(3): 749-759.

Introduction

Shallot (*Allium altissimum* Regel) is a perennial plant from *Alliaceae* family with underground bulbs, which is considered as a by-product of the rangelands. This plant grows in natural highland habitat with cold and semi-cold climate including Khorasan and Lorestan provinces. Shallot has been used as a medicinal plant in Iranian traditional medicine. This plant is also used as aromatic and flavor. Present experiment was conducted to study domestication methods and effect of initial weight of shallot bulb and manure on yield and yield components of shallot under field conditions. It was expected that the results of present research could be an effective step in the domestication of shallot and reduce its harvesting from natural areas and habitats.

Material and Methods

This experiment was conducted on research farm of faculty of agriculture in Higher Education Complex of Shirvan, during crop season of 2013-2014. First, shallot bulbs were collected from Mashhad Taraghi village located at 30 km in South of Shirvan. After, farm preparation operations, bulbs were planted with density of 30 bulbs per square meter on Aug 21th in 2013. This experiment was conducted as factorial randomized complete block design. There were two factors including initial weight of bulb seed at four levels (15-25, 25-35, 35-45, 45-55 g.bulb⁻¹) and cow manure at three levels (0, 40 and 60 t.ha⁻¹) with three replications. After collecting considered data, analysis was performed by MINITAB software and mean comparison was calculated by MSTAT-C software. EXCEL and WORD programs used to draw diagrams and tables.

Results and Discussion:

Results showed that different levels of initial weight of mother bulb and manure have significant effect ($P \leq 0.05$) on plant height, inflorescence height, leaf fresh weight, leaf dry weight, whole plant fresh weight, bulb volume, germination percentage, leaf area and leaf number. In addition, it was indicated that increasing manure and mother bulb weight increased mentioned characteristics.

Different levels of manure and planted bulb weight had significant effect ($P \leq 0.05$) on mother and sister bulb weight and diameter and bulb and seed yield, so that the most sister bulb weight of single plant was related to planted bulbs between the range of 45-55 g and manure application by 60 t/ha for 12.81 and 8.51 g, respectively. The highest value of dry bulb weight was for planted bulbs between 45-55 g and manure application by 40 t.ha⁻¹ for 386.2 and 88.94 g.m⁻² and the lowest value of dry bulb weight was for planted bulbs between 15-25 g and control (no manure application).

It seems that bulb plantation with higher weight results in higher value in leaf area extension, production of photosynthetic materials and carbohydrates for supplying in storage parts of shallot. Several researches have confirmed the accuracy of this content. For instance, increasing the planted bulb weight causes higher leaf area extension and photosynthesis rate in red onion. Rezvan Bidokhti (2011) reported that plantation of bulbs with higher weight increased yield components of seed and dry yield of shallot bulb. Interaction effect of manure and bulb weight on production percentage of sister onion was significant at 5% level, so that the most reproduction is related to the planted bulbs between the weight range of 15-25 g and manure application by 60 ton/ha for %133

¹ and ²- MSc Graduated Student in Agronomy and Assistant Professor, Department of Plant Production Technology, Higher Education Complex of Shirvan, Northern Khorasan, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: khairkhah-m@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.50987

and the least reproduction is related to planted bulbs between the weight range of 45-55 g and control %33

Conclusion

The results of this experiment showed that with increasing weight of sowing bulbs up to 45 g.bulb⁻¹ and applying manure up to 40 t.ha⁻¹, dry matter was increased. It seems planting bulbs with high weight, produced more leaves so LAI was higher which caused the ability to absorb more radiation by the plant canopy.

Keywords: Medicinal Plant, North Khorasan, Organic Fertilizer



خلأ عملکرد سویا (*Glycine max* L. Merr.) در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول با استفاده از روش آنالیز خط مرزی

علیرضا نه‌بندانی^{۱*}، افشین سلطانی^۲، ابراهیم زینلی^۳، فریما حسینی^۴، علی‌شاه حسینی^۵ و میثم مهماندویی^۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۲۵

نه‌بندانی، ع.ر.، سلطانی، ا.، زینلی، ا.، حسینی، ف.، شاه‌حسینی، ع.، و مه‌ماندویی، م. ۱۳۹۶. خلأ عملکرد سویا (*Glycine max* L. Merr.) در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول با استفاده از روش آنالیز خط مرزی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۶۰-۷۷۶.

چکیده

افزایش تولید گیاهان زراعی برای حفظ امنیت غذایی جمعیت رو به رشد الزامی است. چون گزینه افزایش سطح زیر کشت، تقریباً ناممکن است، افزایش عملکرد در واحد سطح، تنها گزینه قابل اعتنا است. کم کردن فاصله بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل (خلأ عملکرد) یکی از راه‌های مهم افزایش عملکرد در واحد سطح است. برای افزایش عملکرد لازم است در هر منطقه میزان خلأ عملکرد مشخص و عوامل سهیم در خلأ عملکرد در تولید گیاهان زراعی مهم شناسایی شوند. بدین منظور، اطلاعات مربوط به مدیریت تولید ۲۲۴ مزرعه سویا (*Glycine max* L. Merr.) در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ جمع‌آوری و بررسی شد. خلأ عملکرد با استفاده از روش آنالیز خط مرزی تعیین شد. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد در مزارع مورد بررسی ۳۳۴۰ کیلوگرم در هکتار بود و با بهبود مدیریت زراعی می‌تواند به ۵۴۰۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یابد. بر اساس تجزیه و تحلیل اطلاعات مزارع مورد بررسی، اقدامات لازم برای دستیابی به این عملکرد عبارتند از: ۱) مصرف حداقل ۴۵ کیلوگرم نیتروژن کودی در هکتار، ۲) مصرف حداقل ۴۳ کیلوگرم کود فسفر به صورت P_2O_5 در هنگام کاشت، ۳) مصرف ۵۳ تا ۶۷ کیلوگرم بذر در هکتار، ۴) کشت سویا پیش از ۱۳ تیر، ۵) کشت سویا با فاصله بین ردیف ۴۰ و روی ردیف پنج تا هفت سانتی‌متر، ۶) حداقل چهار نوبت آبیاری بسته به میزان بارندگی و خشکی، ۷) برداشت سویا در محدوده زمانی اواسط مهر تا اواخر آبان. به‌کارگیری این روش ارزیابی خلأ برای سایر گیاهان و مناطق توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تاریخ کاشت، کود فسفر، کود نیتروژن، مقدار بذر

مقدمه

محصولات کشاورزی توانسته است نیاز غذایی جمعیت جهان را تأمین کند. ادامه روند افزایش جمعیت همراه با افزایش سطح رفاه عمومی و همچنین افزایش تقاضا برای سوخت‌های زیستی به معنای افزایش تقاضا برای تولید محصولات کشاورزی است (Beddow et al., 2015).

تفاوت‌های قابل توجه بین عملکردهای به‌دست آمده از یک گیاه زراعی در یک نظام تولید در یک منطقه، محققین را بر آن داشته است که عملکرد پتانسیل منطقه را تعیین و دلایل عدم حصول آن را بررسی کنند. بررسی فاصله کمی ایجاد شده بین عملکرد قابل حصول در مزرعه و میانگین عملکرد واقعی مزارع در یک منطقه تحت عنوان آنالیز خلأ عملکرد نامیده می‌شود (Van Ittersum et al., 2012). برای کاهش خلأ عملکرد مشخص کردن عوامل محدودکننده عملکرد

در نیم قرن گذشته، جمعیت جهان از ۳/۱ میلیارد نفر در سال ۱۹۶۱ به بیش از ۷/۲ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۲ میلادی (با نرخ رشد سالانه ۱/۶ درصد) رسیده است. در مقابل، تولید محصولات کشاورزی از ۸۷۷ میلیون تن در سال ۱۹۶۱ میلادی به ۲۵۴۶ میلیون تن در سال ۲۰۱۲ میلادی (با نرخ رشد سالانه ۲/۱ درصد) افزایش یافته است (Beddow et al., 2015). بالاتر بودن نرخ افزایش تولید

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی گرگان
(*) نویسنده مسئول: (Email: a.nehbandani@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i3.51086

تحلیل خلأ عملکرد استفاده شده‌اند. برخی از افراد نیز از مدل‌های شبیه‌سازی جهت ارزیابی خلأ موجود بین عملکرد پتانسیل و عملکرد به‌دست آمده توسط کشاورزان استفاده کرده‌اند. یکی از این روش‌ها که توانایی برآورد عملکرد پتانسیل و دلایل خلأ عملکرد را دارد، آنالیز خط مرزی^۱ است (Hajarpour et al., 2015). آنالیز خط مرزی یک روش آماری است که به کمک آن می‌توان واکنش عملکرد به یک عامل محیطی یا مدیریتی را در شرایطی کمی نمود که سایر عوامل نیز متغیر هستند و ثابت نشده‌اند. حجارپور و همکاران (Hajarpour et al., 2015) با استفاده از آنالیز خط مرزی خلأ عملکرد مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) گرگان (عملکرد پتانسیل و نیز دلایل خلأ عملکرد) را بررسی کردند. آن‌ها بیان داشتند که متوسط عملکرد مزارع مورد بررسی ۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بود ولی با بهبود مدیریت زراعی و حذف عوامل خلأ عملکرد می‌تواند به ۶۲۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یابد. آنان این اقدامات را برای دستیابی به عملکرد پتانسیل توصیه کردند: (۱) مصرف حداقل ۹۶ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار که ۷۳ کیلوگرم آن باید به‌صورت سرک و مابقی آن در هنگام کاشت مصرف شود، (۲) مصرف حداقل ۳۱ کیلوگرم کود فسفر و ۴۰ کیلوگرم کود پتاس به صورت K_2O در هنگام کاشت، (۳) حداقل دو نوبت آبیاری، (۴) تراکم بوته بین ۱۸۲ تا ۴۴۷ در مترمربع و (۵) کشت در اوایل آذر ماه و یا قبل از آن.

شناخت پتانسیل‌ها و همچنین میزان و نحوه تأثیر هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد به صورت جداگانه، نقش مهمی در تعیین راهبردهای مدیریتی جایگزین برای رسیدن به حداکثر عملکرد دارد. بنابراین، تحقیق حاضر به‌منظور استفاده از روش آنالیز خط مرزی برای تعیین همزمان بهترین عملیات مدیریت تولید و همچنین برآورد پتانسیل‌ها و خلأ عملکرد سویا در دو منطقه گرگان و علی‌آبادکتول انجام شد.

مواد و روش‌ها

داده‌ها و اطلاعات زراعی:

به‌منظور کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد سویا در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول از اطلاعات مدیریت تولید ۲۲۴ مزرعه سویا (۸۷ مزرعه در گرگان و ۱۳۷ مزرعه در علی‌آبادکتول) در سال‌های

در یک ناحیه خاص ضروری می‌باشد. عوامل ایجاد کننده خلأ عملکرد، محدودیت‌های عملکرد نام دارند (Soltani, 2009).

تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه خلأ عملکرد سویا (*Glycine max* L. Merr.) در جهان صورت گرفته است. اگلی و هاتفیلد (Egli & Hatfield, 2014) به بررسی خلأ عملکرد سویا در کنتاکی از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۱ میلادی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین خلأ عملکرد مربوط به سال‌هایی بود که توانایی خاک برای تأمین آب کافی نبود. آن‌ها مهم‌ترین عوامل خلأ عملکرد را به‌ترتیب آبیاری ناکافی و ویژگی‌های خاک اعلام کردند. سنتلاس و همکاران (Sentelhas et al., 2015) به بررسی میزان خلأ عملکرد سویا و علل ایجاد آن در چند منطقه از برزیل پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بخش عمده‌ای از خلأ عملکرد مربوط به کمبود آب و پس از آن مدیریت محصول بود. میزان خلأ عملکرد ناشی از کمبود آب و مدیریت محصول حدود ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. آن‌ها برای کاهش خلأ عملکرد مدیریت آبیاری، تناوب زراعی و کشاورزی دقیق را پیشنهاد کردند. همچنین، بیان داشتند که افزایش سطح دانش کشاورزان و استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی برای بهبود مدیریت محصول می‌تواند کمک زیادی به کاهش خلأ عملکرد کند. دی‌آویلا رودریگز و همکاران (de Ávila Rodrigues et al., 2013) نشان دادند که مدیریت آبیاری، یکنواختی توزیع آبیاری، شوری خاک، تناوب زراعی، حاصلخیزی خاک، آفات و بیماری‌ها می‌توانند بر عملکرد سویا اثر بگذارند. بهاتیا و همکاران (Bhatia et al., 2008) به بررسی خلأ عملکرد سویا با استفاده از مدل CROPGRO-Soybean در هند پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین پتانسیل عملکرد در هند در شرایط عدم محدودیت آب ۳۰۲۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین پتانسیل عملکرد در شرایط آب محدود ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار بوده و نتیجه گرفتند که شرایط رطوبتی خاک باعث کاهش ۲۸ درصد عملکرد می‌شود.

روش‌های ارزیابی عملکردهای مختلف و خلأ عملکرد اغلب با استفاده از نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده در مراکز تحقیقاتی بدون در نظر گرفتن اختلافات ذاتی در شرایط مزرعه است. بررسی جامع تنوع عملکرد نیازمند نظارت مزارع کشاورزان در مکان‌ها و زمان‌های مختلف برای ارزیابی اثرات آب و هوا، خاک، عوامل زنده و روش‌های مدیریتی می‌باشد. روش‌های آماری کلاسیک مانند رگرسیون، همبستگی و یا تحلیل مؤلفه‌های اصلی به منظور تجزیه و

۱- Boundary line analysis

al., 2014) که عبارتند از (Hajarpour et al., 2015):

۱- بررسی نمودار پراکنش داده‌ها: در ابتدا باید بین عملکرد

به عنوان متغیر وابسته و یک متغیر مستقل هدف که در اینجا یکی از عملیات مدیریت زراعی خواهد بود، یک نمودار پراکنده‌گی که به نمودار XY یا اسکتر^۱ نیز معروف است، رسم کرد.

۲- دسته‌بندی و گروه بندی نقطه داده‌ها^۲: در این مرحله با

توجه به پراکنش نقاط و همچنین با کمک گرفتن از متخصصین ذیربط (در اینجا زراعت) و اطلاعات قبلی، متغیر مستقل به گروه‌هایی با فواصل^۳ منظم و یا غیر منظم (بسته به نظر متخصص و کیفیت داده‌ها) تقسیم می‌شوند. در برخی موارد مانند تعداد دفعات آبیاری به عنوان یک متغیر مدیریتی، داده‌ها به طور طبیعی در گروه‌های مجزا قرار دارند.

۳- حذف داده‌های پرت و خارج از محدوده‌های مشخص

شده: در این مرحله محقق باید علم کافی و اطلاعات قبلی مناسبی نسبت به داده‌های جمع‌آوری شده داشته باشد تا به اشتباه داده‌ی مهمی را کنار نگذارد.

۴- تشخیص بالاترین عملکردها در هر زیرگروه^۴: در

حاضر بالاترین عملکردها انتخاب شدند و بعضاً از گروه‌هایی که حاوی داده‌هایی با مقادیر غیر قابل قبول از لحاظ علم زراعت بودند صرف نظر شده است.

۵- آخرین مرحله از کار، برآزش یک تابع مناسب: به

داده‌های به‌دست آمده یک تابع مناسب در مرحله چهارم برآزش داده می‌شود که با توجه به نحوه چیدمان داده‌ها انجام می‌شود. برای تعیین ضرایب مدل با توجه به تابع واکنش می‌توان از نرم‌افزارهای آماری مختلف استفاده کرد.

در این تحقیق با رسم نمودار پراکنش میزان عملکرد به‌دست آمده در هر مزرعه به عنوان متغیر وابسته در مقابل متغیرهای مستقل (مدیریت‌های زراعی)، با استفاده از نرم‌افزار SAS و رویه nlin (Soltani., 2007) یک تابع بر لبه بالایی پراکنش داده‌ها برآزش داده شد. بر اساس مرحله پنج و نحوه چیدمان داده‌ها تابع مناسب انتخاب شد. برای مدیریت تاریخ کاشت با توجه به این که روند داده‌ها از یک

۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ استفاده شد. این اطلاعات از طریق پایش مستمر مزارع در طول فصل رشد و همچنین مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان به‌دست آمد. مزارع با کمک مراکز خدمات کشاورزی شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد انتخاب شدند. براساس اطلاعات موجود در مراکز خدمات، مزارعی انتخاب می‌شدند که از لحاظ سطح زیر کشت، عملیات زراعی و همچنین عملکرد برداشت دارای تنوع بودند. در این تحقیق، بدون در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به خاک مزارع و همچنین اطلاعات گیاهی، تأثیر عوامل مدیریتی بررسی شد. عوامل مدیریتی مورد بررسی شامل میزان نیتروژن کودی (N)، میزان کود فسفر (P_2O_5) مصرفی، تعداد دیسک، تاریخ کشت، مقدار بذر، فاصله بین ردیف، فاصله روی ردیف، تعداد دفعات آبیاری و تاریخ برداشت بود.

اطلاعات اقلیمی:

شهرستان گرگان با میانگین درازمدت بارندگی سالانه ۵۷۱ میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۱۳ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد، دارای اقلیم معتدل نیمه مرطوب است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۳ متر بوده که در ۵۴ درجه و ۲۹ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض جغرافیایی در استان گلستان واقع گردیده است. میانگین تابش خورشیدی در گرگان در حدود ۱۴/۷ مگاژول بر مترمربع در روز در سال می‌باشد (شکل ۱). شهرستان علی‌آبادکتول با میانگین درازمدت بارندگی سالانه ۷۳۱ میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۱۲ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد، دارای اقلیم کوهپایه‌ای است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۸۴ متر بوده که در ۵۴ درجه و ۵۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه عرض جغرافیایی در استان گلستان واقع گردیده است. میانگین تابش خورشیدی در علی‌آبادکتول در حدود ۱۴/۷ مگاژول بر مترمربع در روز در سال می‌باشد (شکل ۱).

آنالیز خط مرزی:

اگرچه می‌توان گفت که پروتکل توافق شده‌ای برای آنالیز خط مرزی وجود ندارد و در مواردی محققین به صورت کاملاً اختیاری خط مرزی را به داده‌ها برآزش می‌دهند (Makowski et al., 2007)، اما می‌توان پنج مرحله کلی را برای آنالیز خط مرزی متصور شد (Shatar Patrignani et Makowski et al., 2007; & Mcbratney, 2004

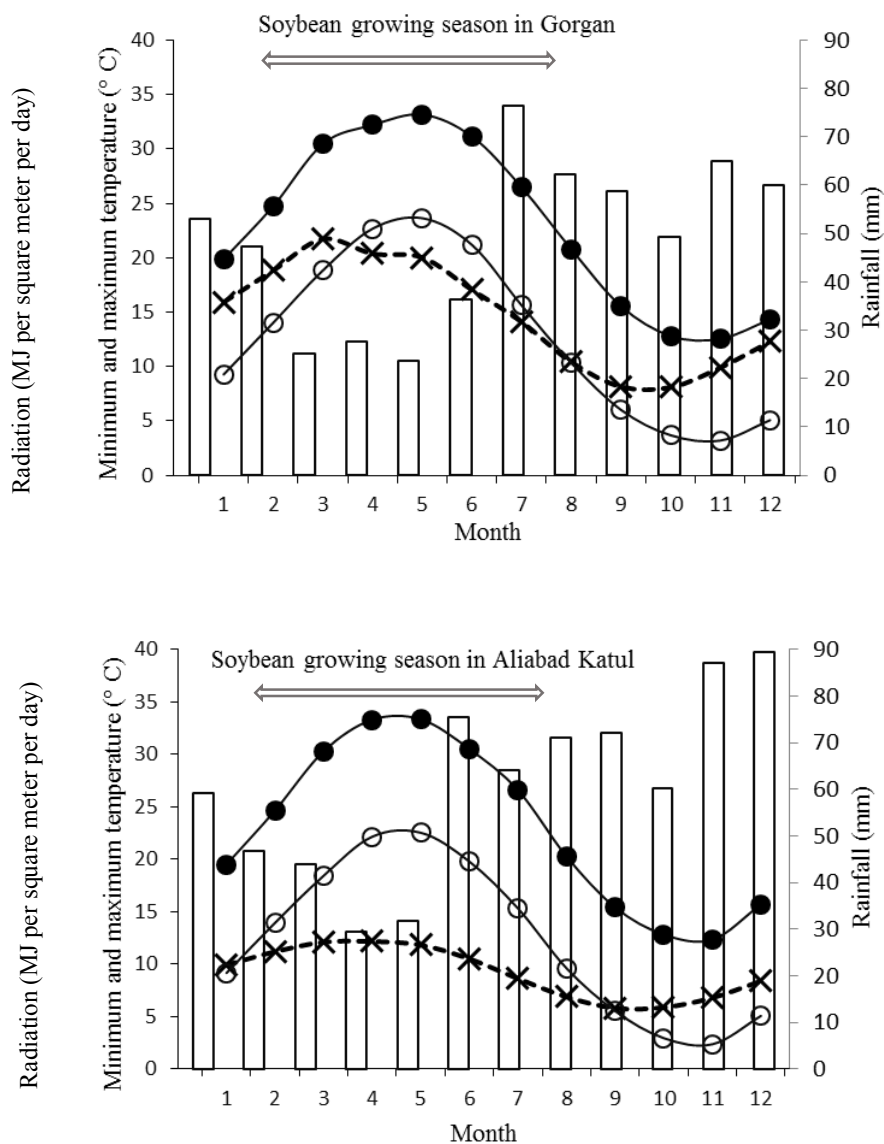
۱- Scatter plot

۲- Data points

۳- Interval

۴- Maximum-yield subset

تابع خطی درجه یک پیروی می کرد برای به دست آوردن یک تاریخ کاشت بهینه متوسط عملکردهای پتانسیل به دست آمده در بین مزارع مورد بررسی از سایر عوامل مدیریتی به عنوان عملکرد پتانسیل در نظر گرفته شد.



شکل ۱- میانگین ماهانه حداقل (درجه سانتی گراد) (دایره های روشن) و حداکثر دما (درجه سانتی گراد) (دایره های تاریک)، بارندگی (میلی متر) (ستون های روشن) و تابش خورشیدی (مگاژول در مترمربع در روز) (خطوط منقطع) شهرستان گرگان و علی آبادکتول براساس دوره بلند مدت علامت پیکان نشان دهنده دوره رشد سویا در این مناطق است.

Fig. 1- Average monthly minimum (°C) (bright circles) and maximum temperature (°C) (dark circles), precipitation (bright columns) and solar radiation (MJ per square meter per day) (dashed lines) in Gorgan and Aliabad Katul based on a long-term period

Arrows indicate the soybean growing season in these areas.

نتایج و بحث

واکنش عملکرد دانه به مقدار مصرف نیتروژن کودی

در مزارع مورد بررسی مشخص شد که حداقل، حداکثر و میانگین مقدار مصرف نیتروژن کودی به ترتیب ۰، ۱۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار است. همچنین، حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه سویا در این مزارع به ترتیب ۱۰۰۰، ۶۰۸۳ و ۳۵۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. واکنش بیشترین عملکردهای سویا در مزارع مورد بررسی از نظر مقدار مصرف نیتروژن کودی نشان داد که نقاط از یک تابع دوتکه‌ای پیروی می‌کنند (شکل ۲). بدین ترتیب که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن کودی تا ۴۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه افزایش یافت و پس از آن افزایش مقدار مصرف نیتروژن کودی تأثیری بر عملکرد دانه سویا نداشت (شکل ۲). عملکردهایی که در هر یک از مقادیر این نهاده زیر خط مرزی (پایین‌تر از عملکرد حداکثر در آن مقدار نهاده) قرار گرفته‌اند به وسیله عواملی غیر از آن نهاده محدود شده است به این دلیل که اگر تمام عوامل مدیریتی در آن مزارع نیز مشابه مزرعه‌ای بود که حداکثر عملکرد دانه را در آن مقدار از نهاده مورد نظر (برای مثال ۴۵ کیلوگرم کود نیتروژنی) تولید کرده است، دلیلی وجود نداشت که عملکرد آن‌ها از حداکثر عملکرد تولید شده در آن مقدار نهاده کمتر باشد. تخمین پایین‌تر از حد عملکرد پتانسیل در این‌گونه مطالعات میدانی به علت عدم دسترسی به نهاده‌ها، نبود ضمانت کافی برای فروش محصول و همچنین ضعف اطلاعات یا عدم دسترسی به اطلاعات کافی از سوی کشاورزان نیز اتفاق می‌افتد (Van Ittersum et al., 2013).

عملکرد پتانسیل نیتروژن محدود ۵۹۳۱ کیلوگرم در هکتار بود که با مصرف حداقل ۴۵ کیلوگرم نیتروژن خالص حاصل شد (شکل ۲). از میان مزارع مورد بررسی ۴۹ درصد از مزارع کمتر از این حداقل مطلوب، نیتروژن کودی مصرف کرده‌اند (جدول ۱). در کشورهای در حال توسعه کمبود نیتروژن یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد می‌باشد (Sinclair & Rufty, 2012). تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط باکتری‌های همزیست سویا تنها ۲۵ تا ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه میزبان را تأمین می‌کند (Varco, 1999) و بنابراین، استفاده از کود نیتروژن در سویا برای رسیدن به حداکثر عملکرد لازم است (Osborne & Riedel, 2006; Wingeyer et al., 2014; Ray et al., 2006). در شرایطی که مقدار نیتروژن بقایا

و مقدار نیتروژن معدنی خاک کم باشد و یا شرایط pH پایین خاک سبب کاهش گره‌زایی و تثبیت نیتروژن شده باشد، استفاده از ۵۶ تا ۱۱۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند باعث افزایش عملکرد گردد (Heatherly & Elmore, 2004). برخی از مطالعات نشان داده که مقادیر اندک نیتروژن (۲۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار) در مراحل زایشی می‌تواند باعث افزایش عملکرد سویا گردد (Purcell et al., 2004; Gan et al., 2003). حداکثر مقدار جذب نیتروژن توسط سویا مربوط به مراحل R_3 تا R_4 بوده که به میزان ۴/۵ کیلوگرم در هکتار در هر روز است (Heatherly & Elmore, 2004).

مطالعات نشان داده که حتی با وجود احتمال کاهش مقدار تثبیت بیولوژیک نیتروژن در سویا، استفاده از ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای رفع نیازهای گیاه الزامی می‌باشد (Moreira et al., 2015). وسلی و همکاران (Wesley et al., 1998) گزارش کردند که مصرف ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در مرحله R_3 سبب افزایش عملکرد سویای آبی به ترتیب به میزان ۴۴۰ و ۴۷۰ کیلوگرم در هکتار می‌شود. ملگار و لویی (Melgar & Lupi, 2002) نیز افزایش تجمع نیتروژن و عملکرد در سویا را با مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در مرحله V_4 یا R_3 مشاهده کردند (Wingeyer et al., 2014). ژن و همکاران (Gan et al., 2003) در چین مشاهده کردند که مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مرحله R_1 سبب افزایش عملکرد سه ژنوتیپ سویا به میزان ۹ تا ۲۶ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد نیتروژن شد. البته آن‌ها بیان داشتند که مصرف نیتروژن در مرحله R_3 یا R_5 تأثیری بر عملکرد ندارد.

واکنش عملکرد دانه به مقدار مصرف فسفر کودی

در مزارع مورد بررسی مشخص شد که حداقل، حداکثر و میانگین مقدار مصرف فسفر کودی به ترتیب ۰، ۹۶ و ۲۲ کیلوگرم در هکتار است. همچنین، حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه سویا در این مزارع به ترتیب ۱۰۰۰، ۵۸۲۶ و ۳۵۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. واکنش بیشترین عملکردهای سویا در مزارع مورد بررسی از نظر مقدار مصرف فسفر کودی نشان داد که نقاط از یک تابع دوتکه‌ای پیروی می‌کنند (شکل ۳). بدین ترتیب که با افزایش مقدار مصرف فسفر کودی تا ۴۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه افزایش یافت و پس از آن افزایش مقدار مصرف فسفر کودی تأثیری بر عملکرد دانه سویا نداشت.

۵۸۲۶ و ۳۵۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. واکنش بیشترین عملکردهای سویا در مزارع مورد بررسی از نظر تعداد دفعات آبیاری نشان داد که نقاط از یک تابع دوتکه‌ای پیروی می‌کنند (شکل ۴). بدین ترتیب که با افزایش تعداد دفعات آبیاری تا چهار مرتبه عملکرد دانه افزایش یافت و پس از آن افزایش تعداد دفعات آبیاری تأثیری بر عملکرد دانه سویا نداشت (شکل ۴). تعداد دفعات آبیاری حداقل چهار مورد می‌تواند به پتانسیل عملکرد در حدود ۵۷۳۷ کیلوگرم در هکتار منجر شود (شکل ۴). اطلاعات جمع‌آوری شده از مزارع نشان داد که ۱۷ درصد از کشاورزان از این تعداد کمتر آبیاری انجام داده‌اند (جدول ۱).

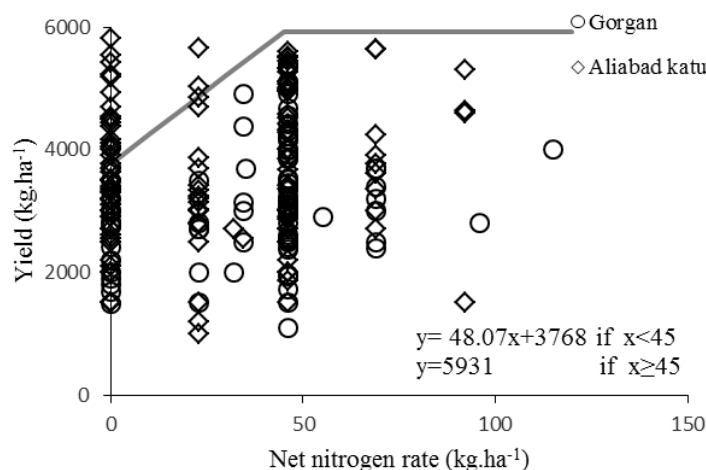
پاور (Power, 1990) گزارش کرد که واکنش گیاهان زراعی به نیتروژن مصرف‌شده بستگی به فراهمی آب مصرف‌شده دارد. همچنان که فراهمی رطوبت افزایش می‌یابد، واکنش گیاهان به نیتروژن کاربردی بصورت یک مدل درجه دوم افزایش می‌یابد. در سویا، تنش آب می‌تواند تثبیت نیتروژن را نیز کاهش دهد (Serraj & Sinclair, 1996). استفاده از شخم حداقل یا حفاظتی تلفات آب خاک را به حداقل می‌رساند یا کاهش می‌دهد و همچنین محتوای ماده‌آلی خاک و فعالیت میکروبی را در سطح خاک بهبود می‌بخشد. تمام این تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کارایی مصرف نیتروژن برای گیاهان زراعی را بهبود می‌بخشد (Kamkar et al., 2011; Fageria, 2005; Baligar, 2005).

عملکرد پتانسیل ناشی از مصرف کود فسفر ۵۷۳۱ کیلوگرم در هکتار بود که با مصرف حداقل ۴۳ کیلوگرم P_2O_5 به‌دست آمد (شکل ۳). در میان مزارع مورد بررسی ۶۸ درصد از کشاورزان کمتر از حداقل مطلوب کودهای فسفر را مصرف کرده‌اند (جدول ۱).

مطالعات نشان داده که ۲۲/۵ تا ۴۵ کیلوگرم فسفر در هکتار برای رسیدن به حداکثر عملکرد در سویا نیاز است (Heatherly & Elmore, 2004). کارسکی و همکاران (Carsky et al., 2001) گزارش کردند که کمبود فسفر قابل استفاده خاک می‌تواند تشکیل گره در ریشه‌ها را محدود سازد و در چنین شرایطی با استفاده از کود فسفره می‌توان کمبود فسفر را برطرف کرد. در مقایسه با سایر عناصر غذایی، فسفر ظرفیت بالایی برای تثبیت توسط یون‌های معدنی داشته و سرعت آزاد شدن کمتری در خاک دارد (Shen et al., 2011). بنابراین، این ماده غذایی می‌تواند یکی از اصلی‌ترین عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان زراعی در بسیاری از مناطق جهان باشد (Data et al., 2015) و مدیریت مناسب آن می‌تواند منجر به حصول عملکردهای بالاتر در گیاهان زراعی گردد.

واکنش عملکرد دانه به دفعات آبیاری

در مزارع مورد بررسی مشخص شد که حداقل، حداکثر و میانگین دفعات آبیاری به‌ترتیب ۱، ۱۰ و ۵ مرتبه است. همچنین، حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه سویا در این مزارع به‌ترتیب ۱۰۰۰،



شکل ۲- پراکنش مقادیر عملکرد در مقابل مقدار نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار) به همراه برازش تابع خط مرزی (خط سیاه در نمودار تابع برازش شده به حداکثر عملکردها است).

Fig. 2- Distribution of yield values versus nitrogen fertilizer rate ($kg.ha^{-1}$) with fitting function Boundary-line (The black line on graph of the function fitted maximum yields)

جدول ۱- نتایج آنالیز خط مرزی به همراه محاسبه پتانسیل و خلا عملکرد سویا در گرگان و علی آباد کتول

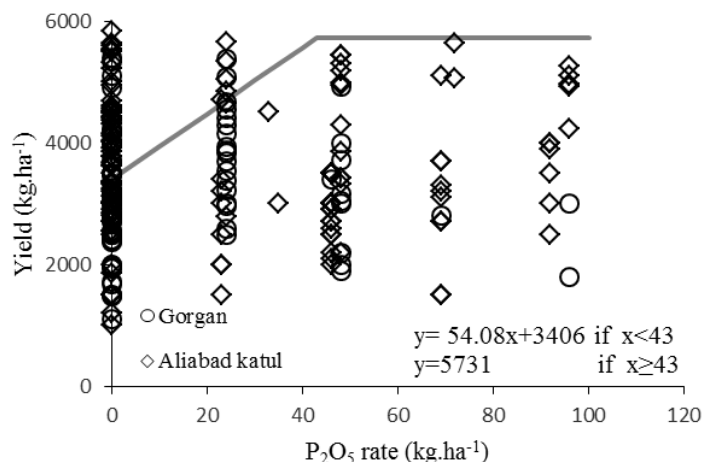
Table 1- The results of the boundary line analysis with the calculation of soybean potential yield and yield gap in Gorgan and Aliabad katul

میانگین Average	تاریخ برداشت (روز از اول فروردین) Harvest date (days from 19 th March)	تعداد دفعات آبیاری Number of irrigations	فاصله روی ردیف (سانتی - متر) Intra- row spacing (cm)	فاصله بین ردیف (سانتی - متر) Inter- row spacing (cm)	مقدار بذر (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate (kg.ha ⁻¹)	تاریخ کاشت (روز از اول فروردین) Sowing date (days from 19 th March)	فسفر کودی (کیلوگرم P ₂ O ₅ در هکتار) Phosphorous fertilizer (kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	نیتروژن کودی (کیلوگرم نیتروژن در هکتار) Nitrogen fertilizer (kg N.ha ⁻¹)
-	194-234	4	5-7	40	53-67	106	43	45
-	4	17	73	80	28	10	68	49
5407	5524	5737	5102	4048	5780	5407	5731	5931
3340	3507	3507	2840	2840	3507	3507	3507	3507
2067	2017	2230	2262	1208	2273	1764	2224	2424
38	37	39	44	30	39	33	39	41

بهبود عملیات در سطح مزرعه جهت افزایش بهره‌وری آب به تغییرات در مدیریت محصول، خاک و آب بستگی دارد. این عوامل شامل انتخاب گیاه مناسب، بهترین روش کاشت، حداقل خاک‌ورزی، آبیاری به موقع به‌طوری که مصرف آب با دوره‌های حساس رشد انطباق داشته باشد، به‌کار بردن آبیاری قطره‌ای و زهکشی مناسب جهت کنترل سطح ایستابی آب است. زمانی که هنوز گیاه سبز نشده است آب با تبخیر از سطح خاک مرطوب و از شیار بین ردیف‌ها از دسترس خارج می‌شود. استفاده از فاصله ردیف‌های نزدیک و یا به‌کارگیری مالچ می‌تواند این تلفات را کاهش دهد (Sadegi & Rahimi, 2009).

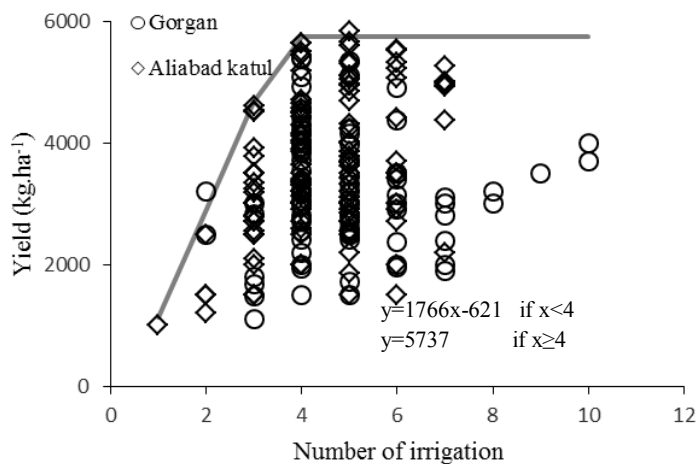
واکنش عملکرد دانه به تاریخ کاشت

در مزارع مورد بررسی مشخص شد که دامنه تغییرات تاریخ کاشت سویا در منطقه بین ۴۶ تا ۱۲۳ روز پس از اول فروردین ماه و میانگین تاریخ کاشت در منطقه ۹۵ پس از اول فروردین ماه است.



شکل ۳- پراکنش مقادیر عملکرد در مقابل مقدار فسفر کودی (کیلوگرم در هکتار) به همراه برازش تابع خط مرزی (خط سیاه در نمودار تابع برازش شده به حداکثر عملکردها است).

Fig. 3- Distribution of yield values versus Phosphorus fertilizer rate (kg.ha⁻¹) with fitting function Boundary-line (The black line on graph of the function fitted maximum yields)



شکل ۴- پراکنش مقادیر عملکرد در مقابل تعداد آبیاری به همراه برازش تابع خط مرزی (خط سیاه در نمودار تابع برازش شده به حداکثر عملکردها است).

Fig. 4- Distribution of yield values versus Number of irrigations with fitting function Boundary-line (The black line on graph of the function fitted maximum yields)

همچنین، حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه سویا در این مزارع به ترتیب ۱۰۰۰، ۵۸۲۶ و ۳۵۰۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۵). برازش یک رگرسیون ساده خطی به حداکثر عملکردهای به دست آمده در تاریخ کاشت‌های زود هنگام و دیر هنگام نشان می‌دهد که تاریخ کاشت‌های دیر هنگام از عملکرد کمتری برخوردارند ($y = -$

بنابراین، برای به دست آوردن یک تاریخ کاشت بهینه متوسط عملکردهای پتانسیل به دست آمده در بین مزارع مورد بررسی از سایر عوامل به عنوان عملکرد پتانسیل در نظر گرفته شد که برابر با ۵۴۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. از تلاقی این دو خط (قراردادن ۵۴۰۷ به جای Y در معادله و حل معادله) می‌توان نتیجه

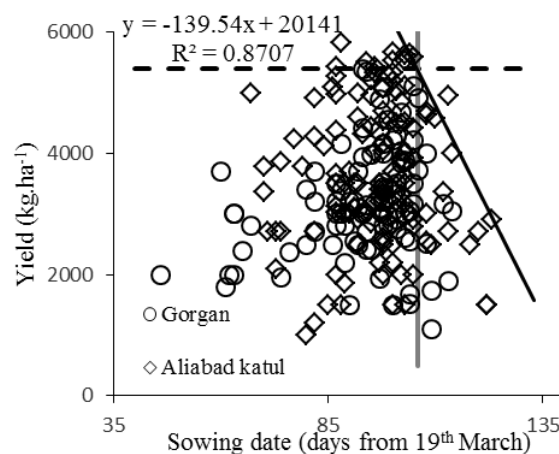
می‌باشد.

مرحله R_5 تا R_6 دوره حیاتی در رشد سویا می‌باشد (Robinson et al., 2009). هدف اصلی از تاریخ کاشت‌های زودتر، استفاده از شرایط رطوبتی مناسب و اجتناب از درجه حرارت‌های بالا می‌باشد (Heatherly & Elmore, 2004). کاشت زود هنگام می‌تواند وقوع سریع‌تر مرحله R_5 را تحریک کرده و سبب افزایش طول دوره R_5 تا R_6 گردد (Robinson et al., 2009). روبینسون و همکاران (Robinson et al., 2009) گزارش کردند که تعداد غلاف در متر-مربع مهم‌ترین عامل مؤثر بر عملکرد در تغییر تاریخ کاشت می‌باشد. کاشت زود هنگام ارقام رشد نامحدود سویا منجر به افزایش تعداد گره، تعداد غلاف و دانه می‌گردد (Robinson et al., 2009). مطالعات متعدد دیگری نیز بیانگر کاهش عملکرد با تاخیر در کاشت سویا بوده است (Egli, 1993; Salmeron et al., 2014; Boyer et al., 2009; Egli & Cornelius, 2015).

تاریخ کاشت‌های دیر احتمالاً به دلیل مواجه شدن بوته‌ها بلافاصله پس از سبز شدن با درجه حرارت‌های بالا و همچنین روزهای رو به کوتاه شدن موجب تسریع نمو، کاهش فاصله سبز شدن تا گلدهی و رسیدگی و در نتیجه کوتاه‌تر شدن ارتفاع بوته‌ها می‌شود.

گرفت که برای حصول عملکرد ۵۴۰۷ کیلوگرم در هکتار، کاشت باید زودتر از روز ۱۰۶م از اول فروردین (۱۳ تیر) انجام شود (شکل ۵). اطلاعات جمع‌آوری شده حاکی از آن است که از میان مزارع مورد بررسی ۱۰ درصد از مزارع پس از این تاریخ کشت شده‌اند (جدول ۱). بررسی نقاط نشان می‌دهد در برخی از مزارع با وجود این که کشاورزان قبل از ۱۳ تیر ماه اقدام به کشت سویا کردند، ولی عملکرد مزارع آن‌ها کمتر از مقدار پتانسیل تعیین شده بود. علت این امر عواملی غیر از تاریخ کاشت بوده است به این دلیل که اگر تمام عوامل مدیریتی در آن مزارع نیز مشابه مزرعه‌ای بود که حداکثر عملکرد دانه را در تاریخ کاشت مطلوب به دست آورده است، دلیلی وجود نداشت که عملکرد آن‌ها از حداکثر عملکرد تولید شده در تاریخ کاشت مطلوب کمتر باشد. به عنوان مثال، در برخی از این مزارع اصلاً کود فسفر استفاده نشده بود و یا مقدار مصرف نیتروژن کمتر از حد مطلوب تعیین شده بود. این عوامل مانع رسیدن به عملکرد پتانسیل بود.

تاریخ کاشت مناسب موجب بهره‌گیری بهینه از عوامل اقلیمی نظیر درجه حرارت، رطوبت، طول روز و همچنین تطابق زمان گلدهی با درجه حرارت مناسب می‌گردد (Aghayari et al., 2016). رویز نوگرایا و همکاران (Ruiz Nogueira et al., 2001) بیان داشتند که سویا در شرایط آبیاری نسبت به شرایط دیم به تاریخ کاشت حساس‌تر



شکل ۵- پراکنش مقادیر عملکرد در مقابل تاریخ کاشت (روز از اول فروردین) به همراه برازش تابع خط مرزی (خط منقطع میانگین حداکثر عملکردهای ممکن و خط سیاه کم رنگ مرز بین تاریخ کاشت‌های محدود کننده است)

Fig. 5- Distribution of yield values versus sowing date (days from 19th March) with fitting function Boundary-line (interrupted line is Average maximum yields possible and Black trimmed line is boundary between sowing dates limited)

زینلی و همکاران (Zeinali et al., 2003) با بررسی تاریخ کاشت‌های مختلف در گرگان مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های تأخیری را کاهش تعداد غلاف در بوته و پس از آن کاهش وزن صد دانه (به دلیل کاهش طول دوره پرشدن دانه) اعلام کردند. آن‌ها توصیه نمودند برای رسیدن به حداکثر عملکرد تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت مناسب‌ترین بوده و برای تاریخ کاشت‌های زود بهتر است که از ارقام دارای تیپ رشدی محدود استفاده کرد. زیرا تعداد شاخه فرعی بیشتری نسبت به ارقام رشد نامحدود تولید کرده و بنابراین تعداد غلاف بیشتری دارند، ولی در تاریخ کاشت‌های تأخیری ارقام رشد نامحدود مناسب‌تر می‌باشند احتمالاً مواجه شدن بوته‌ها بلافاصله پس از سبز شدن با درجه حرارت‌های بالا و همچنین روزهای رو به کوتاه شدن موجب تسریع نمو، کاهش فاصله سبز شدن تا گلدهی و رسیدگی عملکرد ارقام رشد محدود به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد.

واکنش عملکرد دانه به مقدار بذر

در مزارع مورد بررسی مشخص شد که حداقل، حداکثر و میانگین مقدار مصرف بذر به ترتیب ۳۰، ۱۰۰ و ۶۲ کیلوگرم در هکتار است. همچنین، حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه سویا در این مزارع به ترتیب ۱۰۰۰، ۵۸۲۶ و ۳۵۰۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۶). پراکنش داده‌های عملکرد دانه در مقابل مقدار بذر مورد استفاده برای کاشت نشان داد که خط مرزی از یک تابع دندان مانند پیروی می‌کند (شکل ۶). بر این اساس، رسیدن به عملکرد پتانسیل ۵۷۸۰ کیلوگرم در هکتار نیاز به ۵۳ تا ۶۷ کیلوگرم بذر در هکتار می‌باشد (جدول ۱). در هیچ یک از مزارع مورد بررسی دقیقاً این میزان بذر مصرف نشده بود (جدول ۱). مقدار بذر از عوامل به‌زراعی مهم جهت دستیابی به افزایش تولید محصولات زراعی در واحد سطح بوده و در واقع فواصل مناسب بین ردیف‌های کشت و بین بوته‌ها روی خط کشت، تعیین کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته است.

واکنش سویا به مقدار بذر در هر دو سیستم دیم و آبی و همچنین در محیط‌های با عملکرد بالا و یا کم مشابه است. در تراکم‌های پایین بوته‌ها کوتاه، ریشه‌ها ضخیم، تعداد گره‌ها در شاخه کاهش یافته و اغلب غلاف‌ها در ارتفاع پایین و نزدیک سطح زمین تشکیل می‌شوند. در این شرایط علف‌های هرز به دلیل بسته نشدن کانوپی بسیار

مشکل‌ساز می‌باشند. گیاهان با تراکم بالا دارای ارتفاع بلند، باریک و مستعد به ورس می‌باشند. وقوع ورس باعث بهم ریختن ساختار کانوپی شده و اگر ورس در مرحله R_3 اتفاق بیفتد باعث کاهش تعداد غلاف، کاهش رشد دانه و بنابراین، کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌گردد. واکنش ارقام رشد محدود و نامحدود به مقدار بذر نیز مشابه یکدیگر می‌باشد. مقدار بذر زیاد در ارقام رشد محدود سبب می‌شود بوته‌ها ارتفاع بلندتری پیدا کرده و غلاف‌ها در ارتفاع بالاتری از سطح زمین تشکیل گردند، بنابراین برداشت محصول بهتر انجام می‌گیرد. توصیه عمومی برای خاک‌ورزی معمول کاشت ۳۰۰ تا ۳۷۰ هزار بذر زنده در هکتار توصیه می‌شود. البته با توجه به تاریخ کاشت، نوع سیستم خاک‌ورزی، قدرت جوانه‌زنی بذرها، مقدار رطوبت خاک و فاصله ردیف این مقدار قابل تغییر است. به عنوان مثال مقدار ۵۵۰ هزار بذر در هکتار برای رسیدن به حداکثر عملکرد در نظام بی‌خاک-ورزی نیاز است (Heatherly & Elmore, 2004).

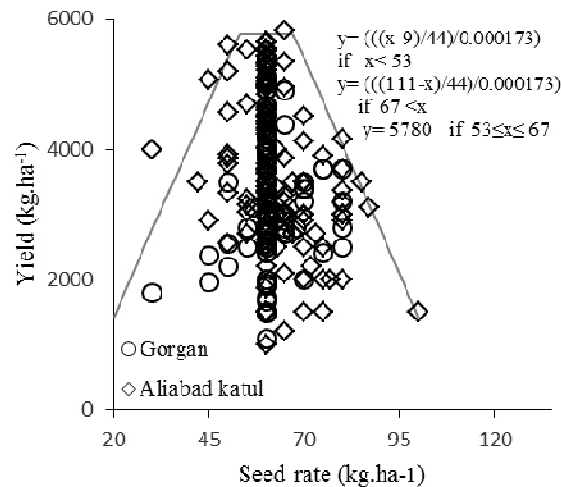
واکنش عملکرد دانه به فاصله بین ردیف و روی ردیف

در ۱۰۲ مزرعه فاصله بین ردیف و روی ردیف ثبت شده بود. حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه سویا در این مزارع به ترتیب ۱۰۰۰، ۵۱۰۰ و ۲۸۴۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۷). در این مزارع مشخص شد که حداقل، حداکثر و میانگین فاصله بین ردیف به ترتیب ۲۰، ۷۵ و ۴۱ سانتی‌متر است. همچنین، برای فاصله بین ردیف پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل فاصله بین ردیف نشان داد که خط مرزی از یک تابع درجه دوم پیروی می‌کند (شکل ۷). بر این اساس، رسیدن به عملکرد پتانسیل ۴۰۴۸ کیلوگرم در هکتار نیاز به فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متری دارد (جدول ۱). همچنین، حداقل، حداکثر و میانگین فاصله روی ردیف به ترتیب ۲، ۲۰ و ۶ سانتی‌متر بود. پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل فاصله روی ردیف نشان داد که خط مرزی از یک تابع دندان مانند پیروی می‌کند (شکل ۷). بر این اساس به‌منظور رسیدن به عملکرد پتانسیل ۵۱۰۲ کیلوگرم در هکتار نیاز به فاصله روی ردیف پنج تا هفت سانتی‌متری می‌باشد (جدول ۱).

وارکو و آستاتکی (Worku & Astatkie, 2015) در اتیوپی گزارش کردند که بهترین فاصله بین ردیف و روی ردیف برای سویا به ترتیب ۴۰ و ۵ سانتی‌متر می‌باشد. در مطالعات مختلفی گزارش شده

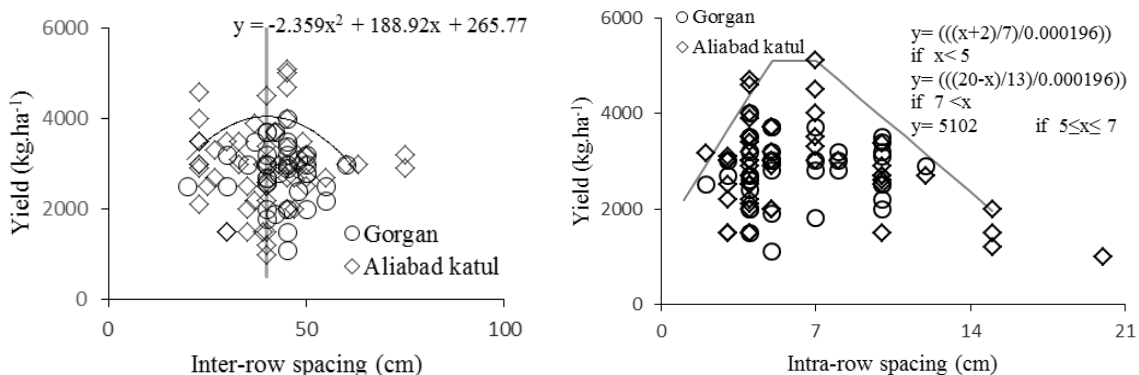
علف‌های هرز در هر دو شرایط دیم و آبی می‌گردد. همچنین همستگی منفی بین کارایی مصرف آب و فاصله ردیف مشاهده شده است به‌طوری‌که فاصله ردیف نزدیک‌تر بیشترین کارایی مصرف آب را دارد (Zhou et al., 2015).

است که بهترین فاصله بین ردیف برای سویا ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد (Bowers et al., 2000; Worku & Astatkie, 2015). هسرلی و همکاران (Heatherly et al., 2002) گزارش کردند که فاصله ردیف‌های نزدیک منجر به افزایش ارتفاع گیاه و کنترل



شکل ۶- پراکنش مقادیر عملکرد در مقابل مقدار بذر (کیلوگرم در هکتار) به همراه برازش تابع خط مرزی (خط سیاه در نمودار تابع برازش شده به حداکثر عملکردها است)

Fig. 6- Distribution of yield values versus Seed rate (kg ha^{-1}) with fitting function Boundary-line (The black line on graph of the function fitted maximum yields)



شکل ۷- پراکنش مقادیر عملکرد در مقابل فاصله بین ردیف و روی ردیف (سانتی‌متر) به همراه برازش تابع خط مرزی (خط سیاه در نمودار تابع برازش شده به حداکثر عملکردها است)

Fig. 7- Distribution of yield values versus inter and intra row spacing (cm) with fitting function Boundary-line (The black line on graph of the function fitted maximum yields)

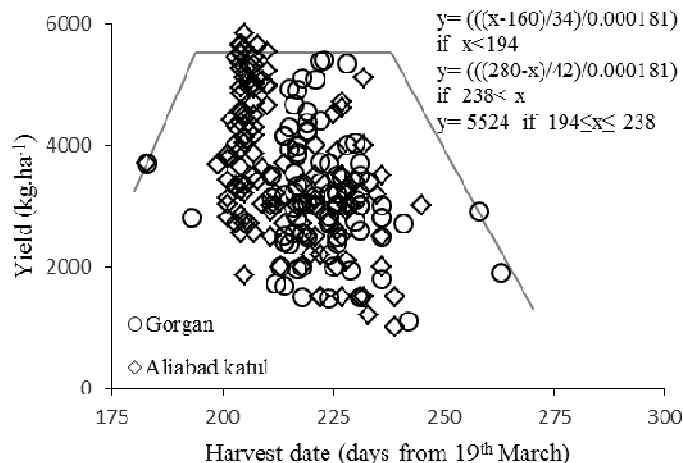
و میانگین تاریخ برداشت در منطقه ۲۱۷ پس از اول فروردین ماه است. همچنین، حداکثر و میانگین عملکرد دانه سویا در این مزارع به‌ترتیب ۱۰۰۰، ۵۸۲۶ و ۳۵۰۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل

واکنش عملکرد دانه به تاریخ برداشت

در مزارع مورد بررسی مشخص شد که دامنه تغییرات تاریخ برداشت سویا در منطقه بین ۱۸۳ تا ۲۶۳ روز پس از اول فروردین ماه

گرفت این بازه زمانی برای برداشت ایجاد شد. این محدوده مطلوب برای برداشت مربوط به تاریخ کاشت‌های مطلوب می‌باشد. به عبارت دیگر کشاورزانی که در محدوده زمانی مطلوب کشت سویا را انجام داده‌اند با توجه به شرایط آب و هوایی در محدوده زمانی از ۱۹۴ تا ۲۳۸ روز پس از اول فروردین (از ۸ مهر تا ۲۲ آبان) به وسیله کمباین سویا را برداشت می‌کنند. همچنین، کاهش عملکرد سویا در خارج از این محدوده زمانی مربوط به تاریخ کاشت‌های نامطلوب می‌باشد (جدول ۱).

۸). در این قسمت باید به این نکته مهم توجه کرد که تاریخ برداشت تابعی از عوامل دیگر به‌ویژه تاریخ کاشت و گروه رسیدگی رقم است و این‌طور نیست که کشاورز محصول رسیده‌اش را یک ماه بعد از رسیدگی برداشت کند و در نتیجه تأخیر در برداشت موجب ریزش دانه و کاهش عملکرد شود. بنابراین، تغییرات عملکرد در تاریخ‌های مختلف برداشت ناشی از خود تاریخ برداشت نیست. پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل تاریخ برداشت نشان داد بهترین خط مرزی قابل برازش یک تابع سه تکه‌ای بود (شکل ۸). با توجه به این که داده‌های مورد استفاده مجموعه‌ای از کشت‌های بهاره و تابستانه را در بر می‌



شکل ۸- پراکنش مقادیر عملکرد در مقابل تاریخ برداشت (روز از اول فروردین) به همراه برازش تابع خط مرزی (خط سیاه در نمودار تابع برازش شده به حداکثر عملکردها است).

Fig. 8- Distribution of yield values versus harvest date (days from 19th March) with fitting function Boundary-line (The black line on graph of the function fitted maximum yields).

ها و خلأ عملکرد سویا در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول نیز مشخص شدند. در این مطالعه با استفاده از آنالیز خط مرزی پاسخ‌های عملکرد به عوامل مدیریتی بررسی شد.

براساس نتایج این تحقیق توصیه‌هایی که می‌توان جهت افزایش عملکرد و رفع خلأ سویا در منطقه گرگان و علی‌آبادکتول انجام داد عبارتند از: ۱) میزان خلأ عملکرد ناشی از مقدار مصرف نیتروژن کودی ۴۱ درصد بود و برای حذف خلأ عملکرد ناشی از مقدار نیتروژن کودی بایستی حداقل ۴۵ کیلوگرم نیتروژن کودی مصرف شود، ۲) میزان خلأ عملکرد ناشی از مقدار مصرف فسفر کودی ۳۹ درصد بود و برای حذف خلأ عملکرد ناشی از مقدار فسفر کودی بایستی حداقل

در مجموع، عملکرد پتانسیل سویا محاسبه شده برابر با ۵۴۰۷ کیلوگرم در هکتار و خلأ عملکرد برابر با ۲۰۶۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند. متوسط عملکرد مزارع مورد بررسی نیز به عنوان عملکرد واقعی منطقه و برابر با ۳۳۴۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با بررسی چند عامل مهم مدیریتی در زراعت سویا حداقل‌های مطلوب لازم از هر عامل برای یافتن به بالاترین عملکردها به وسیله آنالیز خط مرزی مشخص شدند. علاوه بر این، به صورت همزمان درصد مزارعی که مدیریت نامطلوب داشته، پتانسیل-

عملکردهای بالاتر به کشت سویا اقدام کنند. ۵) تنظیم فاصله بین ردیف و روی ردیف برای کشت به‌ترتیب ۴۰ و پنج تا هفت سانتی‌متر، ۶) حداقل چهار نوبت آبیاری برای رفع نیاز آبی سویا لازم است، ۷) برداشت سویا در محدوده زمانی اواسط مهر تا اواخر آبان انجام گردد.

۴۳ کیلوگرم فسفر کودی مصرف شود، ۳) میزان خلأ عملکرد ناشی از مقدار نامناسب بذر ۳۹ درصد بود و برای حذف خلأ عملکرد ناشی از مقدار نامناسب بذر بایستی بین ۵۳ تا ۶۷ کیلوگرم بذر در هکتار مصرف شود، ۴) در صورتی که آب و هوا اجازه بدهد کشاورزان این منطقه باید در اوایل تیر ماه (۱۳ تیر) و یا قبل از آن جهت رسیدن به

منابع

- Aghayari, F., Faraji, A., and Kordkatooli, A. 2016. Determination of yield and yield components response of soybean (*Glycine max* L.) to sowing date, temperature and sunshine hours. *Journal of Agroecology* 7(4): 547-562.
- Beddow, J.M., Hurley, T.M., Pardey, P.G., and Alston, J.M. 2015. Rethinking yield gaps. University of Minnesota, Department of Applied Economics. Minneapolis, USA.
- Bhatia, V., Singh, P., Wani, S., Chauhan, G., Rao, A.K., Mishra, A., and Srinivas, K. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. *Agricultural and Forest Meteorology* 148(8): 1252-1265.
- Bowers, G.R., Rabb, J.L., Ashlock, L.O., and Santini, J.B. 2000. Row spacing in the early soybean production system. *Agronomy Journal* 92: 524-531.
- Boyer, C.N., Stefanini, M., Larson, J.A., Smith, S.A., Mengistu, A., and Bellaloui, N. 2015. Profitability and risk analysis of soybean planting date by maturity group. *Agronomy Journal* 107: 2253-2262.
- Brady, N.C., and Weil, R.R. 1996. *The Nature and Properties of Soils*, Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA p. 1-960.
- Carsky, R., Singh, B., and Oyewole, B. 2001. Contribution of early season cowpea to late season maize in the savanna zone of west Africa. *Biological Agriculture and Horticulture* 18(4): 303-315.
- Datta, A., Shrestha, S., Ferdous, Z., and Win, C.C. 2015. *Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances*, Springer Publications, India. p. 1-253.
- de Ávila Rodrigues, R., Juliatti, F.C., Pedrini, J.E., Fernandes, J.M.C., Justino, F.B., Heinemann, A.B., Fraisse, C.W., Farias, J.R.B., Pavan, W., and Costa, L.C. 2013. Asian soybean rust: modeling the impact on soybean grain yield in the Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba region, Minas Gerais, Brazil= Ferrugem asiática da soja: modelagem do impacto na produtividade da soja na região. *Bioscience Journal* 29(2): 264-279.
- Egli, D. 1993. Cultivar maturity and potential yield of soybean. *Field Crops Research* 32(1): 147-158.
- Egli, D., and Cornelius, P. 2009. A regional analysis of the response of soybean yield to planting date. *Agronomy Journal* 101(2): 330-335. (In Persian with English Summary)
- Egli, D., and Hatfield, J. 2014. Yield gaps and yield relationships in central US soybean production systems. *Agronomy Journal* 106(2): 560-566.
- Fageria, N., and Baligar, V. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy* 88: 97-185.
- Gan, Y., Stulen, I., Van Keulen, H., and Kuiper, P.J. 2003. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* L. Merr.) genotypes. *Field Crops Research* 80(2): 147-155.
- Hajarpour, A., Soltani, A., and Zeinali, E. 2015. Using of boundary line analysis in studies yield gap: A case study of wheat in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production*. In press. (In Persian with English Summary)
- Heatherly, L.G., and Elmore, R.W. 2004. Managing inputs for peak production. In H.R. Boerma, and J.E., Specht (Eds.). *Soybeans: Improvement, production, and uses*. Agronomy Monograph. ASA, CSSA, and SSSA Publications, Madison p 451-536.
- Heatherly, L.G., Spurlock, S.R., and Elmore, C.D. 2002. Row width and weed management systems for early soybean production system plantings in the midsouthern USA. *Agronomy Journal* 94(5): 1172-1180.
- Kamkar, B., Safahani Langroudi, A., and Mohammadi, R. 2011. *The Use of Nutrients in Crop Plants*. Mashhad University of Jihad Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Makowski, D., Doré, T., and Monod, H. 2007. A new method to analyse relationships between yield components with boundary lines. *Agronomy for Sustainable Development* 27: 119-128.

- Melgar, R., and Lupi, A. 2002. Soybean with nitrogen. *Fertilizar* 28: 14–17.
- Mengel, K., Kosegarten, H., Kirkby, E.A., and Appel, T. 2001. Principles of plant nutrition. Springer Science and Business Media p. 1–849.
- Moreira, A., Moraes, L.A., Schroth, G., and Mandarino, J.M. 2015. Effect of nitrogen, row spacing, and plant density on yield, yield components, and plant physiology in soybean–wheat intercropping. *Agronomy Journal* 107: 2162–2170.
- Osborne, S.L., and Riedell, W.E. 2006. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the northern great plains. *Agronomy Journal* 98: 1569–1574.
- Patrignani, A., Lollato, R.P., Ochsner, T.E., Godsey, C.B., and Edwards, J.T. 2014. Yield gap and production gap of rainfed winter wheat in the southern great plains. *Agronomy Journal* 106(4): 1329–1339.
- Power, J. 1990. Fertility management and nutrient cycling. Springer Publications, New York p. 131–149.
- Purcell, L.C., Serraj, R., Sinclair, T.R., and De, A. 2004. Soybean N fixation estimates, ureide concentration and yield responses to drought. *Crop Science* 44(2): 484–492.
- Ray, J.D., Heatherly, L.G., and Fritschi, F.B. 2006. Influence of large amounts of nitrogen on nonirrigated and irrigated soybean. *Crop Science* 46(1): 52–60.
- Robinson, A.P., Conley, S.P., Volenec, J.J., and Santini, J.B. 2009. Analysis of high yielding, early-planted soybean in indiana. *Agronomy Journal* 101(1): 131–139.
- RuízNogueira, B., Boote, K., and Sau, F. 2001. Calibration and use of CROPGRO-soybean model for improving soybean management under rainfed conditions. *Agricultural Systems* 68(2): 151–173.
- Sadegi, N., and Rahimi, H. 2009. Agricultural Water capabilities. National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran, Iran. (In Persian)
- Salmeron, M., Gbur, E.E., Bourland, F.M., Buehring, N.W., Earnest, L., Fritschi, F.B., Golden, B.R., Hathcoat, D., Lofton, J., and Miller, T.D. 2014. Soybean maturity group choices for early and late plantings in the midsouth. *Agronomy Journal* 106(5): 1893–1901.
- Sentelhas, P., Battisti, R., Camara, G., Farias, J., Hampf, A., and Nedel, C. 2015 The soybean yield gap in Brazil–magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. *The Journal of Agricultural Science* 1–18.
- Serraj, R., and Sinclair, T.R. 1996. Processes contributing to N₂-fixation insensitivity to drought in the soybean cultivar Jackson. *Crop Science* 36(4): 961–968.
- Shatar, T.M., and Mcbratney, A.B. 2004. Boundary-line analysis of field-scale yield response to soil properties. *The Journal of Agricultural Science* 142: 553–560.
- Sinclair, T.R., and Rufty, T.W. 2012. Nitrogen and water resources commonly limit crop yield increases, not necessarily plant genetics. *Global Food Security* 1: 94–98.
- Soltani, A. 2007. Use of the SAS Statistical Analysis Software. Mashhad University of Jihad Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Soltani, A. 2009. Mathematical Modeling in Filed Crops. Mashhad University of Jihad Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Torrion, J., Setiyono, T.D., Cassman, K., and Specht, J. 2011. Soybean phenology simulation in the north-central united States. *Agronomy Journal* 103(6): 1661–1667.
- Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2012. Yield gap analysis with local to global relevance–A review. *Field Crops Research* 143: 4–17.
- Varco, J.J. 1999. Nutrition and Fertility Requirements. In: L.G. Heatherly, and H.F. Hodges (Eds.). *Soybean Production in the Mid-South*. CRC publications, Boca Raton p. 53–70.
- Wesley, T., Lamond, R., Martin, V., and Duncan, S. 1998. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. *Journal of Production Agriculture* 11(3): 331–336.
- Wingeyer, A.B., Echeverria, H., and Rozas, H.S. 2014. Growth and yield of irrigated and rainfed soybean with late nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 106(2): 567–576.
- Worku, M., and Astatkie, T. 2015. Effects of row spacing on productivity and nodulation of two soybean varieties under hot sub-moist tropical conditions in south-western Ethiopia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 116(2): 99–106.
- Zeinali, E., Akramghaderi, F., Soltani, A., and Kashiri, H. 2003. Effect of planting date on yield and yield components of three soybean cultivars in Gorgan. *Iranian Journal of Agricultural Science* 1: 81–92. (In Persian with English

Summary)

Zhou, X., Chen, Y., and Ouyang, Z. 2015. Spacing between rows: effects on water-use efficiency of double-cropped wheat and soybean. *The Journal of Agricultural Science* 153(1): 90-101.



Soybean (*Glycine max* L. Merr.) Yield Gap Analysis using Boundary Line Method in Gorgan and Aliabad Katul

A.R. Nehbandani^{1*}, A. Soltani², E. Zeinali³, F. Hoseini⁴, A. Shahhoseini⁴ and M. Mehmandoei⁴

Submitted: 20-11-2015

Accepted: 14-06-2016

Nehbandani, A.R., Soltani, A., Zeinali, E., Hoseini, F., Shahhoseini, A., and Mehmandoei, M. 2017. Soybean (*Glycine max* L. Merr.) yield gap analysis using boundary line method in Gorgan and Aliabad Katul. Journal of Agroecology 9(3): 760-776.

Introduction

Increasing the production of crops has been a necessity to reach food security for growing population. Since "expanding acreage" is almost impossible, "increasing the yield per unit of area", is the only possible option. Closing the gap between actual yield and potential yield (yield gap) is one of the important methods to increase yield per unit of area. It is necessary to increase yield to primarily identify the factors that contributing in the yield gap in each area. Recognizing potentials as well as the impact of each limiting factor on yield individually, plays an important role in determining the alternative management strategies to achieve maximum performance. Therefore, the present study was conducted in Gorgan and Aliabad Katul county for simultaneous recognition of best management practices, percentage of the affected fields, estimation of soybean yield potential and gaps using boundary line analysis.

Material and Methods

To quantify the production and estimation of soybean yield gap in Gorgan and Aliabad Katul, Farm management information of 224 soybean farms in the years 2010, 2011, 2013 and 2014 were collected. This information was collected through continuous farm monitoring during the growing season as along with face to face interviews with the farmers. Farms were selected by consulting with agricultural service centers expert in Gorgan and Aliabad districts. Based on the available information at the service centers, only farms , which is different in terms of acreage, cultural practices and harvesting operations were selected. In this study, by plotting the distribution of the yield obtained in each field as the dependent variable against the independent variables (crop management activities), using SAS software and an appropriate function was fitted on the upper edge of the data distribution.

Results and Discussion

The results showed that the average yield on the farms surveyed was 3507 Kg.ha⁻¹ and by improving crop management, this productivity can increase to as high as 5355 Kg.ha⁻¹. Most evaluated soybean yield responses in terms of the value of the nitrogen fertilizer showed that the data points follow a two-segmented function in a way that by increasing the amount of nitrogen fertilizer to 48 Kg.ha⁻¹, the yield increased and then, the addition of the amount of nitrogen fertilizer had no effect on grain yield. Most evaluated soybean yield responses in terms of the amount of phosphorous fertilizer showed that the data points follow a two-segmented function in a way that by increasing the amount of phosphorous fertilizer to 43 kg per hectare, the yield increased and then, the addition of the amount of fertilizer had no effect on grain yield. Most evaluated soybean yield responses in terms of the irrigation frequency showed that the data points follow a two-segmented function in a way that by increasing irrigation frequencies up to four times, the yield increased and then, by increasing the number of irrigations no effect on grain yield has been observed. Data distribution of grain yield against the amount of seed used showed that the boundary line follows dent-like function. Accordingly, to reach a yield potential of 5780 Kg.ha⁻¹, 53 to 67 kg of seeds per hectare is needed. The distribution of yield data against the distance between

1, 2, 3 and 4- PhD Student in Agronomy, Professor in Agronomy, Associate Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Plant production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and MSc Graduated, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Gorgan Branch, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: a.nehbandani@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.51086

the rows showed that the boundary line follows a quadratic function. Hence, to reach a yield potential of 4048 Kg.ha⁻¹, a 40 cm rows distance must be considered. Data distribution of grain yield against the inter-crop distance showed that the boundary line follows a dent-like function and inter-crop distance must be kept at a range of 5-7cm to reach a 5102 Kg.ha⁻¹ grain yield.

Conclusion

In this study by examining several important management factors in growing soybean, optimal requirements of each factor to achieve the highest yield was determined by boundary analysis. In addition, the percentage of farms that had poor management as well as soybean yield potential and gaps in Gorgan and Aliabad. Yield responses to management practices were evaluated and studied by means of borderline analysis. Best management practices could be devised using study findings to realize the highest yield potential.

Keywords: Irrigated, Nitrogen fertilizer, Phosphorous fertilizer, Seeding rate, Sowing date



امکان‌سنجی کشت چاودم (*Tritico secale wittmack. X*) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان با استفاده از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

مارال نیازمرادی^۱، حسین کاظمی^{۲*} و فرشید قادری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

نیاز مرادی، م.، کاظمی، ح.، و قادری، ف. ۱۳۹۶. امکان‌سنجی کشت چاودم (*Tritico secale wittmack. X*) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان با استفاده از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۷۷-۷۹۳.

چکیده

شناسایی استعداد و توان سرزمین برای کاربری‌های مختلف کشاورزی به منظور حفظ منابع محیطی و تولید پایدار محصولات در راستای توسعه پایدار و همه جانبه در مناطق مختلف، ضروری به نظر می‌رسد. به منظور امکان‌سنجی کشت گیاه تریتیکاله (چاودم) (*Tritico secale wittmack. X*) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان، از تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. متغیرهای مختلف محیطی از جمله بارش (سالانه، بهاره، پاییزه و دوره رشد) و دما (کمینه، بیشینه و متوسط در دوره‌های سالانه و طول فصل رشد)، توپوگرافی (جهت شیب، شیب و ارتفاع از سطح دریا) و عوامل خاکی (ماده آلی، حاصل‌خیزی، اسیدیته، شوری و بافت) با استفاده از روش‌های زمین‌اماری و کلاسیک مورد ارزیابی قرار گرفته و مقادیر و پراکنش آن‌ها در سطح اراضی شهرستانگرگان تخمین و برآورد شد. سپس این لایه‌های رقومی بر حسب جدول نیازهای بوم‌شناختی تریتیکاله طبقه‌بندی شد. پس از اختصاص وزن به هر لایه، تلفیق و هم‌پوشانی وزنی آن‌ها در محیط ArcGIS انجام گرفت و لایه نهایی در چهار پهنه بسیار مستعد، مستعد، نیمه‌مستعد و غیرمستعد جهت کشت تریتیکاله طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که ۲۸۷۵۸/۹۵۹ هکتار (۴۴/۹۲ درصد) از اراضی کشاورزی شهرستان در طبقه بسیار مستعد (S1) قرار می‌گیرند از خصوصیات این پهنه می‌توان به حاصل‌خیزی خوب، ماده آلی بالاتر از دو درصد، ارتفاع کم‌تر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، جهت‌های شیب مطلوب، شیب‌های ۴-۰ درصد، مقدار و توزیع پهنه بارش و دما در این منطقه نام برد. پهنه‌های مستعد (S2)، نیمه مستعد (S3) و غیرمستعد (NS) به ترتیب ۱۷۳۱۹/۴۰۵، ۱۱۸۳۳/۲۵۵ و ۶۲۱۷/۴۰۱ هکتار برابر ۲۶/۸۹، ۱۸/۴۸ و ۹/۷۱ درصد از اراضی کشاورزی شهرستان را به خود اختصاص دادند. جهت‌های شیب نامطلوب، ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ سطح دریا، کاهش کیفیت حاصل‌خیزی خاک، افزایش درصد شیب به سمت مناطق مرتفع جنوبی و بارش اندک به خصوص بارش بهاره در بخش‌های شمالی، عوامل محدود کننده کشت در این پهنه‌ها بودند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی بوم‌شناختی، زمین‌آمار، AHP

مقدمه

با این وجود در کشور ما به تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای، در مقایسه با سایر محصولات زراعی کم‌تر توجه شده است. به این ترتیب از یک سو، عدم توجه لازم به افزایش کمی و کیفی علوفه، موجب کمبود گوشت و مواد لبنی شده و از سوی دیگر، فشار دام بر مراتع طبیعی، به نابودی بخش بزرگی از پوشش گیاهی موجود و در نتیجه فرسایش خاک منجر گردیده است. بنابراین، توجه به کشت محصولات علوفه‌ای با شیوه علمی در کشور که با رشد بیرویه جمعیت و کمبود مراتع غنی روبه‌رو است، اهمیت خاصی دارد. با توجه به

نقش گیاهان علوفه‌ای در تغذیه دام، مصرف طیور و تأمین نیاز انسان به فرآورده‌های دامی از اهمیت غیرقابل انکاری برخوردار است.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، اکرواکولوژی، استادیار و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*)- نویسنده مسئول: (Email: hossein_k_p@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i3.51194

استقرار کشور ایران در کمربند مناطق خشک و نیمه خشک، لزوم بهره‌برداری از گیاهانی با درجه سازگاری بالا به اقلیم و شرایط خاکی کشور و با درصد پروتئین بالا برای تأمین علوفه مورد نیاز دام و طیور، بیش از پیش احساس می‌شود. بنابراین، کشت محصولات علوفه‌ای با حداقل نیاز آبی، راه حل مناسبی جهت افزایش تولیدات دامی کشور می‌باشد (Sharifi Jahantigh & Abbasi, 2009).

تریتیکاله (*Triticum secale wittmack. X aestivum L.*) و چاودار (*Secale cereale L.*) به‌دست‌آمده است. این گیاهیکی از محصولات ساخته دست بشر است که از عمر آن تنها حدود یک‌صد سال می‌گذرد و سازگاری به شرایط سخت محیطی از جمله سرما، خشکی و مقاومت به بیماری‌ها را از پایه پدری خود یعنی چاودار و خصوصیات مطلوب زراعی، پتانسیل تولید محصول و کیفیت دانه را از پایه مادری خود یعنی گندم به ارث برده است. گزارش‌ها حاکی از برتری نسبی چاودار نسبت به گندم در شرایط رطوبتی، به علت ظهور زودتر سنبله‌ها، توانایی بیش‌تر سیستم ریشه‌ای آن در جذب آب و درصد بیش‌تر انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای به دانه می‌باشند (Fettel, 1993). برتری چاودار در شرایط تنش رطوبتی نسبت به گندم دوروم حدود ۳۹ درصد و نسبت به گندم معمولی ۱۰ درصد گزارش شده است (Majnon Hosseini, 2011). آب مورد نیاز زراعت چاودار کم‌تر از گندم می‌باشد، ولی کارایی استفاده از آب در آن بالاست، به‌طوری‌که از قابلیت رشد و مقاومت بیش‌تری برخوردار بوده و برای شرایط آب و هوایی خشک و پهنه‌های نامناسب، توصیه شده است (Emam, 2011). طبق آخرین آمار انتشار یافته در سال ۲۰۱۳، سطح زیر کشت و تولید جهانی چاودار به ترتیب معادل ۳/۸۵ میلیون هکتار و ۱۴/۵۹ میلیون تن گزارش شده است (FAO, 2013). لذا با توجه به وجود قابلیت بالای عملکرد در تریتیکاله‌های جدید و نیز متحمل بودن این گیاه به بیماری‌ها از جمله زنگ زرد و قهوه‌ای و سپتوریا، همچنین کم‌توقع بودن آن نسبت به گندم از نظر حاصلخیزی خاک و قابلیت گوارش بالای پروتئین آن نسبت به چاودار، تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی این محصول حایز اهمیت است. با توجه به اهمیت تنش‌های غیرزنده (خشکی و شوری) در مناطق مختلف کشور، این گیاه گزینه مناسبی برای استفاده بهینه از این‌زمین‌ها و تأمین نیاز علوفه‌ای کشور می‌باشد (Tajalli & Saberi, 2011).

مهم‌ترین چالش جهان امروز، امنیت غذایی و تأمین این نیاز اولیه

انسان است (Essiet, 2001). این بحران موجب تشدید مشکلات زیست‌محیطی و بوم‌شناختی شده است، زیرا از یک سو در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه، فشار جمعیت و فقر جوامع کشاورزی باعث کاهش سرانه تولید و فشار هرچه بیش‌تر به منابع شده است و از سوی دیگر، در کشورهای توسعه یافته، نظام‌های کشاورزی به‌علت کوچک شدن ساختار کشاورزی، برای تولید غذای کافی به فناوری‌ها و راهکارهایی متکی شده‌اند که بوم ناسازگار هستند (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008). برای جلوگیری و ممانعت از پیش‌روی این مشکلات، شناسایی استعداد و توان سرزمین برای کاربری‌های مختلف کشاورزی به منظور حفظ منابع محیطی و تولید پایدار محصولات در راستای توسعه پایدار و همه‌جانبه در مناطق مختلف، ضروری به نظر می‌رسد (Kazemi et al., 2012a).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از جامع‌ترین مدل‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیار چندگانه است که توسط توماس ال ساعتی (۱۹۸۶، ۱۹۹۲) معرفی شد و در برگیرنده مجموعه-ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی می‌باشد، به‌طوری‌که این روش از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله بوده و از طرف دیگر با منطق، درک و تجزیه، برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (Ghdsipoor, 2012).

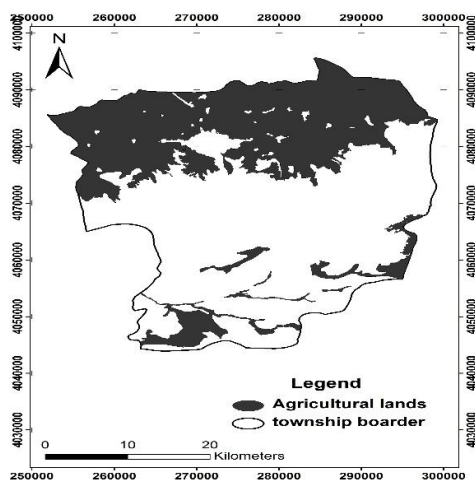
در پهنه‌بندی زمین‌های کشاورزی استان گلستان جهت کشت کلزا (*Brassica napus L.*) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ۲۱/۳۴ درصد (۱۶۷۶۹۳/۵۶ هکتار) متعلق به مناطق بسیار مستعد، ۳۵/۰۴ درصد (۲۷۵۲۰۹/۴۰ هکتار) مناطق مستعد، ۲۹/۶۶ درصد (۲۳۳۱۰۱/۴۰ هکتار) مناطق نیمه‌مستعد و ۱۳/۹۶ درصد (۱۰۹۷۴۹/۶۲ هکتار) مناطق غیرمستعد در نظر گرفته شد (Kazemi et al., 2012b). در مطالعه دیگری ۲۷/۵۹ و ۲۷/۳۵ درصد از اراضی استان گلستان نیز برای تولید سویا در پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد قرار گرفتند اما زمین‌های کشاورزی قسمت‌های شمالی و شرقی این استان به دلیل میزان بارش و پتانسیل منابع آبی پایین، شوری و کمبود برخی عناصر غذایی، در طبقات نیمه مستعد و غیر مستعد واقع شدند (Kazemi et al., 2013). کامکار و مقصدادی (Kamkar & Meghdadi, 2015) با بررسی تناسب اراضی استان-

می‌توان زمینه توسعه سطح زیرکشت و تولیدپایدار را ایجاد کرده و با اعمال مدیریت‌های صحیح، از نزول کیفیت و کمیت منابع محیطی مؤثر بر رشد جلوگیری کرد. هدف از انجام این مطالعه، پهنه‌بندی بوم-شناختی و تعیین مناطق بسیار مستعد تا غیر مستعد برای کشت تریتی‌کاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان بر پایه تحلیل‌های مکانی در محیط GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شهرستان گرگان با وسعت ۱۶۱۶ کیلومتر مربع و با مختصات ۵۴ درجه و ۱۲/۹ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۴/۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰/۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۸/۸ دقیقه عرض شمالی، در بخش جنوبی استان گلستان واقع شده و از شمال به شهرستان‌های آق‌قلا و بندرترکمن، از شرق به شهرستان علی‌آبادکتول، از غرب به شهرستان کردکوی و از جنوب به استان سمنان محدود می‌شود. منطقه مورد بررسی، محدوده اراضی کشاورزی شهرستان گرگان انتخاب شد که با استفاده از لایه کاربری اراضی استان گلستان (آمایش سرزمین استان گلستان) از دیگر کاربری‌ها تفکیک شد (شکل ۱). اقلیم شهرستان گرگان نیمه‌مدیرانه‌ای است که از شمال به آب و هوای گرم و خشک و از جنوب به آب و هوای معتدل و مرطوب ختم می‌شود. مناطق غرب دارای آب و هوایی نیمه مرطوب است که با پیش‌روی به سمت شرق گرگان، از میزان رطوبت کاسته می‌شود.

های خراسان رضوی، جنوبی و شمال برای کشت زیره سبز (*Cuminum cyminum L.*) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و رهیافت مدل‌سازی، نشان دادند که پتانسیل تولید این گیاه در این سه استان یکسان نبوده و براساس مدل به‌کار رفته، مناطق جنوبی، بخشی از مناطق مرکزی و شمالی استان خراسان شمالی، قابلیت بالایی در تولید زیره سبز دارند (۲/۵ تا سه تن در هکتار)، ولی پتانسیل تولید در خراسان رضوی و جنوبی به‌ترتیب کم‌تر از دو تا ۲/۵ و کم‌تر یا مساوی دو تن در هکتار می‌باشد. تناسب اراضی منطقه یوسوفلی در شهر آرتوین ترکیه با استفاده از فرایند AHP، توسط آکینچی و همکاران (Akinci et al., 2013) نشان داد که پس از تفکیک زمین-های منطقه به مرتع، جنگل و منابع آبی، ۷/۹۳ درصد تحت پوشش کشاورزی قرار گرفت که از این بین ۰/۰۸ درصد (۱۷۷/۸۷ هکتار) برای کاربری کشاورزی بسیار مستعد، ۱/۵۵ درصد (۳۵۷۸/۳۳ هکتار) نیمه‌مستعد و ۶/۳ درصد (۱۴۵۷۵/۹۱ هکتار) در پهنه حاشیه و غیر مستعد قرار داشتند. در ارزیابی تناسب اراضی برای تولید غلات در منطقه هیمال‌پرادش هند، از عوامل اقلیمی (دما و بارندگی)، توپوگرافی (ارتفاع)، نوع خاک و پوشش گیاهی استفاده شد و مناطق مستعد و غیرمستعد برای کشت غلات مشخص شد (Bhagat et al., 2009). در ارزیابی تناسب اراضی استان شان‌دونگ در چین، اراضی مستعد و غیر مستعد برای کشت تنباکو (*Nicotiana tabacum L.*) با استفاده قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های ارزیابی چند معیاره مشخص شد (Zhang et al., 2015). با شناسایی مناطق مناسب و نامناسب برای کشت گیاهان زراعی،



شکل ۱- موقعیت اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Fig. 1- Location of agriculture lands of Gorgan township

تهیه نقشه‌های عوامل محیطی

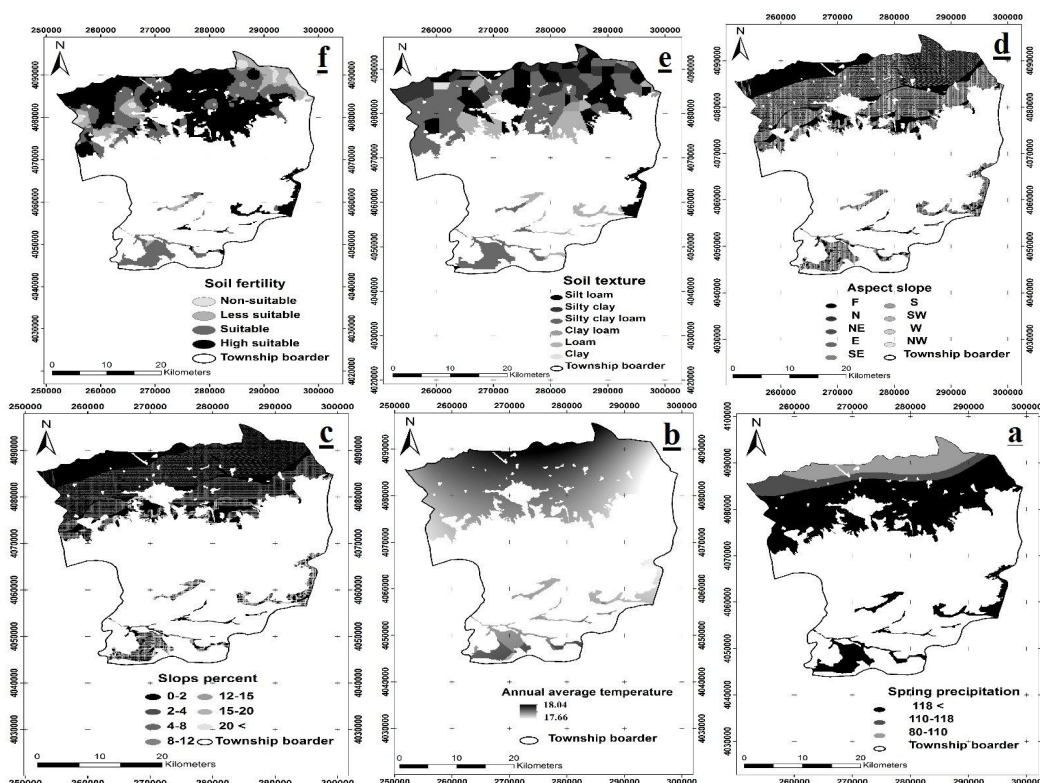
عوامل اقلیمی: برای تهیه نقشه‌های دما و بارش محدوده مورد مطالعه، از داده‌های اقلیمی ۳۰ ایستگاه باران‌سنجی و هم‌دیدگی مستقر در سطح استان گلستان از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ استفاده شد. متغیرهای اقلیمی بارش سالانه، بارش بهاره، بارش پاییزه، بارش دوره رشد،

دمای بیشینه سالانه، دمای بیشینه دوره رشد، دمای متوسط سالانه، دمای متوسط دوره رشد، دمای کمینه سالانه و دمای کمینه دوره رشد مورد استفاده قرار گرفتند. براساس گیاه مورد مطالعه، طول دوره رشد از آبان تا تیرماه در نظر گرفته شد.

جدول ۱- نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی و مدل برتر برای تخمین متغیرهای مورد بررسی
Table 1- The results of the different methods of interpolation and superior model to estimate variables

متغیر Variable	روش Method	مدل / توان Model/Power
بارش سالانه Annual precipitation	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	چند ربعی Multiquadric
بارش پاییزه Autumn precipitation	فاصله معکوس وزن‌دار Inverse distance weighting (IDW)	توان ۳ Power 3
بارش بهاره Spring precipitation	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	نواری کم ضخامت Thin plate spline
بارش دوره رشد Growing season precipitation	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	چند ربعی Multiquadric
دمای بیشینه سالانه Annual maximum temperature	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	نواری کم ضخامت Thin plate spline
دمای بیشینه دوره رشد Maximum temperature in growing season	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	نواری کم ضخامت Thin plate spline
دمای متوسط سالانه Annual average temperature	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
دمای متوسط دوره رشد Average temperature in growing season	فاصله معکوس وزن‌دار Inverse distance weighting (IDW)	توان ۲ Power 2
دمای کمینه سالانه Annual minimum temperature	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
دمای کمینه دوره رشد Minimum temperature in growing season	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
ماده آلی Organic matter	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
اسیدیته pH	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
شوری EC	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	گوسی Gaussian
فسفر P	کریجینگ معمولی Ordinary Kriging (OK)	دایره‌ای Circular
پتاسیم K	توابع پایه شعاعی Radial basis function (RBF)	چند ربعی معکوس Inverse multiquadric

عوامل توپوگرافی: مدل رقومی ارتفاع^۱ (DEM) استان گلستان در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای تهیه لایه‌های درصد شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به کار گرفته شد. برای تهیه این لایه‌ها از تحلیل مکانی در محیط Arc GIS نسخه ۱۰ با استفاده از ابزار Surface analysis کمک گرفته شد.



شکل ۲- نقشه‌های (a) بارش بهار، (b) دمای متوسط سالانه (c) درصد شیب، (d) جهت شیب، (e) بافت خاک و (f) حاصل‌خیزی خاک در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Fig. 2- Maps of (a) spring precipitation (b) annual average temperature (c) slops percent (d) slope aspect (e) soil texture and (f) soil fertility in agriculture lands of Gorgan township

برای درون‌یابی لایه‌های اقلیمی و خاکی در جدول ۱ آورده شده است. این مدل‌ها براساس کمترین مقدار شاخص‌های آماری خطای برآورد، میانگین انحراف از خطا، میانگین مطلق خطا و انحراف استاندارد عمومی انتخاب شدند. در ادامه برخی از لایه‌های عوامل محیطی مؤثر بر امکان‌سنجی کشت تریتیکاله (چاودم) در اراضی کشاورزی گرگان آمده است (شکل ۲).

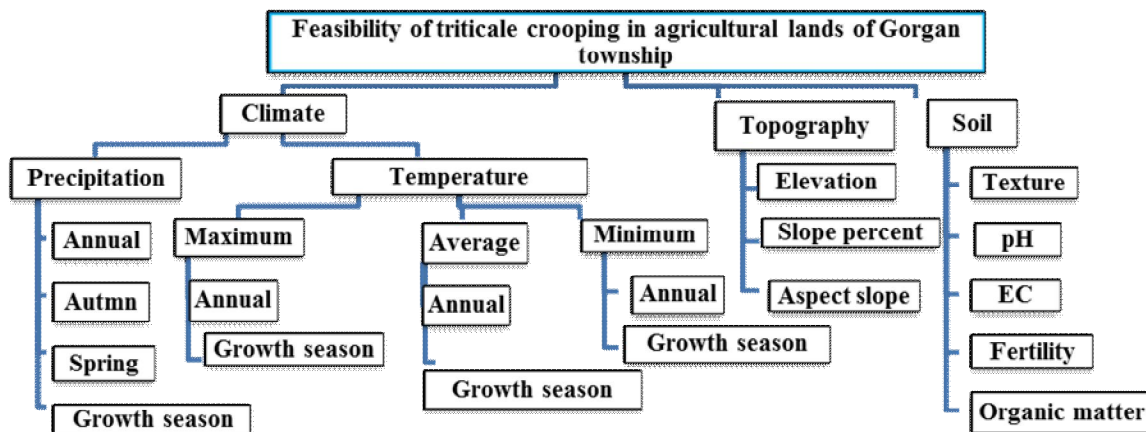
فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP): با توجه به این که عوامل محیطی ذکر شده برای انجام تناسب اراضی، دارای اهمیت و ارزش یکسانی نمی‌باشند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر و رعایت اولویت بین متغیرها، لازم بود تا اهمیت نسبی هر عامل تعیین گردد. برای برآورد مقادیر اهمیت نسبی عوامل، فرایند تحلیل سلسله مراتبی به کار گرفته شد. بدین منظور از معیارهای اقلیم، توپوگرافی و خاک استفاده گردید که هر کدام به زیر معیارها و گزینه‌های خود تقسیم شده و درخت سلسله مراتبی آن مطابق شکل ۳ ترسیم گردید. برای انجام این کار،

عوامل خاکی: به منظور تهیه لایه‌های رقومی خاک برای منطقه مورد مطالعه، اطلاعات و داده‌های خام ۲۰۰ نقطه از زمین‌های کشاورزی واقع در اطراف شهرستان گرگان، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان-بخش خاک و آب دریافت شد. این نمونه‌برداری‌ها از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به وسیله مته (اوگر) در سال ۱۳۸۸ صورت گرفت. تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌ها، مقادیر متغیرهای هدایت الکتریکی (EC)، درصد کربن آلی، اسیدیته، فسفر و پتاسیم را مشخص نمود. از روش تیسن^۲ برای تهیه لایه بافت خاک اراضی کشاورزی منطقه استفاده شد (Kazemi, 2013). برای تهیه نقشه حاصل‌خیزی در سطح اراضی کشاورزی شهرستان، مطابق روش اعمی ازغدی و همکاران (Aami Azghadi et al., 2010) از لایه‌های پتاسیم، فسفر و ماده‌آلی خاک استفاده شد. مدل‌های برتر

۲- Thiessen

زوجی و براساس طیف نه قسمتی ساعتی صورت گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج این پرسش‌نامه‌ها به وسیله نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۲۰۰۱ انجام و ارزش نسبی هر متغیر استخراج گردید.

پرسش‌نامه‌های AHP تهیه و تدوین شده و در میان متخصصین زراعت شهرستان گرگان و استان گلستان توزیع شده و توسط آنان تکمیل شد. مقایسه‌های زوجی این پژوهش در قالب ماتریس‌های



شکل ۳- ساختار سلسله مراتبی عوامل مؤثر بر کشت تریتیکاله (چاودم) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان
Fig. 3- Hierarchy structure of affecting factors on triticale cropping in agriculture lands of Gorgan township

انجام و سپس طبقه‌بندی گردید تا چهار پهنه بسیار مستعد تا غیر-مستعد برای کشت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان مشخص شود.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نظرات متخصصین زراعت در خصوص رتبه‌بندی عوامل محیطی مؤثر بر کشت تریتیکاله (چاودم) در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان، نشان داد که عامل اقلیم با ارزش وزنی ۰/۶۳۹ و عوامل خاکی با ارزش ۰/۲۹۲ به ترتیب در اولویت‌های اول و دوم قرار گرفتند. همچنین عامل توپوگرافی به دلیل برخورداری از کم‌ترین میزان ارزش وزنی (۰/۰۶۹) به عنوان کم اهمیت‌ترین متغیر برای تعیین تناسب اراضی برای کشت چاودم شناخته شد (جدول ۳). در میان انواع بارش‌ها، بارش دوره رشد (ارزش ۰/۴۴۶) و بارش سالانه (ضریب ۰/۲۴۴) از نظر متخصصان در کشت تریتیکاله دارای اهمیت بیش‌تری بودند.

نحوه امکان‌سنجی کشت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

برای مکان‌یابی اراضی گرگان برای کشت تریتیکاله و انطباق نیازمندی‌های محیطی آن با خصوصیات اراضی کشاورزی، از محیط Arc Map نسخه ۱۰ از مجموعه نرم‌افزارهای Arc GIS استفاده شد. ابتدا نیازهای زراعی-بوم‌شناختی گیاه زراعی مورد نظر با استفاده از منابع موجود تهیه و درجه‌بندی گردید (جدول ۲). این اطلاعات بوم‌شناختی و زراعی از منابع و اسناد کتابخانه‌ای، مقالات، گزارش‌های طرح‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌ها برای گیاه زراعی تریتیکاله تهیه شد. پس از تهیه این اطلاعات، کار درجه‌بندی آن‌ها بر اساس روش پیشنهادی سائز و همکاران (Sys et al., 1991) و غفاری و همکاران (Ghafari et al., 2000) انجام شد. در ادامه لایه‌های رقومی متغیرهای مورد استفاده، براساس محدوده منطقه مورد مطالعه با استفاده از ابزار طبقه‌بندی مجدد، براساس جدول نیازهای زراعی-بوم‌شناختی در چهار کلاس طبقه‌بندی شدند. در این حالت درجه‌های تناسب بسیارمستعد، مستعد، نیمه‌مستعد و غیرمستعد، به ترتیب توسط اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ ارزش‌گذاری شدند. در مرحله بعد با استفاده از ابزار حسابگر شبکه‌ای، تمام لایه‌های ارزش‌گذاری شده، فراخوانی و با اختصاص وزن‌های AHP به هر کدام از متغیرها، کار تلفیق لایه‌ها

جدول ۲- نیازهای زراعی - بوم‌شناختی گیاه تری‌تیکاله (چاودم)
Table 2- Agro-ecological requirements of triticale

متغیر Variable	بسیار مستعد (S ₁) High suitable (S ₁)	مستعد (S ₂) Suitable (S ₂)	نیمه مستعد (S ₃) Less suitable (S ₃)	غیر مستعد (NS) Non Suitable (NS)
بارش سالانه (میلی‌متر) Annual precipitation (mm)	300 [±]	250 – 300	200 – 250	<200
بارش بهاره (میلی‌متر) Spring precipitation (mm)	>118	110 – 118	80 – 110	40 – 80
بارش پاییزه (میلی‌متر) Autumn precipitation (mm)	>100	80 – 100	60 – 80	<60
بارش دوره رشد (میلی‌متر) Growing season precipitation	>250	200 – 250	100 – 200	<100
دمای بیشینه سالانه (سانتی‌گراد) Annual maximum temperature (°C)	20 – 25	25 – 30	30 – 35	>35
دمای بیشینه دوره رشد (سانتی‌گراد) Maximum temperature in growing season (°C)	15 – 20	20 – 25	20 – 32	>32
دمای متوسط سالانه (سانتی‌گراد) Annual average temperature (°C)	16 – 20	20 – 24 12 – 16	24 – 30 8 – 12	>30 <8
دمای متوسط دوره رشد (سانتی‌گراد) Average temperature in growing season (°C)	10 – 15	7 – 10 15 – 20	4 – 7	<4
دمای کمینه سالانه (سانتی‌گراد) Annual minimum temperature (°C)	9 – 14	6 – 9	4 – 6	<4
دمای کمینه دوره رشد (سانتی‌گراد) Minimum temperature in growing season (°C)	7 – 10	4 – 7	2 – 4	<2
ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	<1500	1500 – 2500	2500 – 3000	>3000
شیب (درصد) Slope (%)	0-4	4-8	8-12	>12
جهت شیب Aspect slope	بدون جهت - جنوب - جنوب شرقی Plateau, south and southeast	شرق - شمال شرقی East and northeast	جنوب غربی - شمال غربی Southwest and northwest	غرب - شمال West and north
بافت خاک Soil texture	لوم - لوم رسی - رسی - لوم رسی Loam, clay loam, clay, silty clay loam	شنی لومی - لوم رسی - لوم رسی Sandy loam, sandy clay loam	لوم سیلتی - رسی - رسی - رسی Silty loam, sandy clay, silty clay, sandy	سایر کلاس‌ها Other classes
اسیدیته pH	6 – 7.5	7.5 – 8 5.5 – 6	8 – 8.5 5.5 – 5	>8.5 <5
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	0-4	4-8	8-16	>16
حاصلخیزی خاک Soil fertility	بسیار خوب High suitable	خوب Suitable	ضعیف Less suitable	خیلی کم Very low
ماده آلی خاک (درصد) Organic matter (%)	2 [±]	1 – 2	0.5– 1	<0.5

از بین زیر معیارهای خاک، حاصل‌خیزی و ماده آلی خاک با وزن - های نسبی ۰/۳۷۵ و ۰/۳۱۲، از بیش‌ترین تأثیر و pH خاک از کم -

ترین اهمیت برخوردار بودند. درصد شیب (وزن نسبی ۰/۵۴۶) نیز در مقایسه با سایر عوامل توپوگرافی، نقش تعیین کننده تری در امکان-سنجی کشت تریپتیکاله در اراضی گرگان داشته است. ضریب ناسازگاری تجزیه و تحلیل برابر ۰/۰۷ محاسبه گردید (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسات زوجی عوامل مؤثر در ارزیابی تناسب اراضی

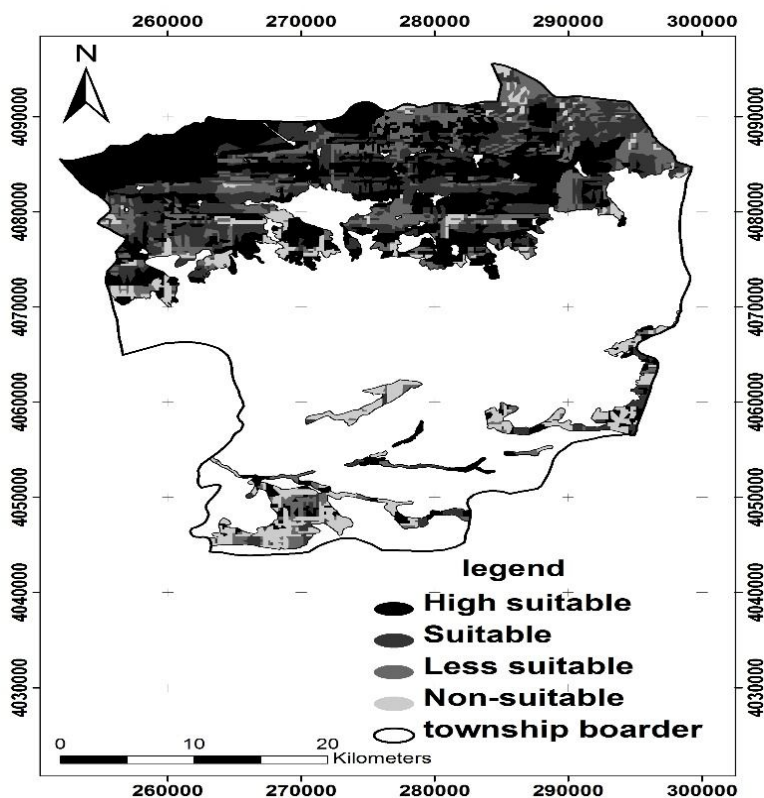
معیار	وزن	رتبه	زیر معیار ۱	وزن	رتبه	زیر معیار ۲	وزن	رتبه	زیر معیار ۳	وزن	رتبه	
Criteria	Weight	Rank	Sub criteria 1	Weight	Rank	Sub criteria 2	Weight	Rank	Sub criteria 3	Weight	Rank	
اقلیم Climate	0.639	1	بارش precipitation	0.821	1	بارش سالانه Annual precipitation	0.344	2	دمای بیشینه سالانه Annual maximum temperature دمای بیشینه دوره رشد Maximum temperature in growing season دمای متوسط سالانه Annual average temperature دمای متوسط دوره رشد Average temperature in growing season دمای کمینه سالانه Annual minimum temperature دمای کمینه دوره رشد Minimum temperature in growing season	0.197	2	
						بارش بهاره Spring precipitation	0.230	3				
						بارش پاییزه Autumn precipitation	0.080	4				
						بارش دوره رشد Growing season precipitation	0.446	1				
						دمای بیشینه Maximum temperature	0.301	2				
			دما Temperature	0.179	2	دمای متوسط Average temperature	0.552	1		دمای بیشینه Maximum temperature	0.803	1
										دمای متوسط سالانه Annual average temperature	0.205	2
										دمای متوسط دوره رشد Average temperature in growing season	0.795	1
										دمای کمینه سالانه Annual minimum temperature	0.224	2
										دمای کمینه دوره رشد Minimum temperature in growing season	0.776	1
توپوگرافی Topography	0.069	3	ارتفاع از سطح دریا Elevation	0.166	3							
			درصد شیب Slope	0.546	1							
			جهت شیب Aspect slope	0.288	2							
			بافت Texture	0.060	4							
			اسیدیته pH	0.047	5							
خاک Soil	0.292	2	هدایت الکتریکی EC	0.206	3							
			حاصل خیزی Fertility	0.375	1							
			ماده آلی Organic matter	0.312	2							
			ضریب ناسازگاری Inconsistency ratio		0.07							

گرگان را برای کشت تریتیکاله در چهار طبقه بسیارمستعد، مستعد، نیمه مستعد و غیرمستعد نشان می‌دهد.

نتایج امکان‌سنجی مکانی کشت تریتیکاله در اراضی

کشاورزی شهرستان گرگان

شکل ۴ میزان مطلوبیت و تناسب اراضی کشاورزی شهرستان



شکل ۴- نقشه امکان‌سنجی مکانی کشت تریتیکاله در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Fig. 4- Map of spatial feasibility of triticale cropping in agriculture lands of Gorgan township

(شکل ۵). با توجه به این که انواع متغیرهای بارش (به جز بارش بهاره) و دما شرایط مطلوبی برای کشت گیاهان زراعی ایجاد کرده و محدودیتی ندارند، لذا مشخص شد که عوامل خاکی و توپوگرافی نقش اساسی در طبقه‌بندی کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت تریتیکاله دارند. بر این اساس با بررسی انواع لایه‌های طبقه‌بندی شده متغیرهای محیطی و مقایسه آن‌ها با طبقه بسیارمستعد، مشخص شد که این پهنه دارای حاصل‌خیزی بسیار مستعد، درصد ماده آلی بالا، مقادیر مطلوب از عناصر فسفر و پتاسیم، شوری کم‌تر از چهار دسی‌زیمنس، ارتفاع از سطح دریای کم‌تر از ۱۵۰۰ متر، جهت‌های جغرافیایی بسیار مستعد (جنوب، جنوب‌شرقی و بدون جهت)، شیب ۴-

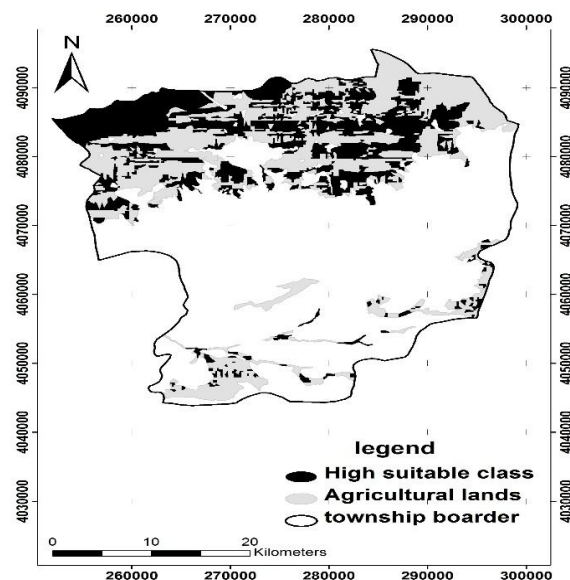
طبقه بسیار مستعد (S₁) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

در این پژوهش با توجه به قابلیت تریتیکاله در تحمل شرایط نامساعد محیطی (خشکی، شوری و غیره) مشخص شد که بیش‌ترین وسعت برابر ۴۴/۹۲ درصد از کل اراضی کشاورزی شهرستان معادل ۲۸۷۵۸/۹۵۹ هکتار، به طبقه بسیار مستعد برای کشت تریتیکاله تعلق دارد (جدول ۴). در این پهنه دستیابی به پتانسیل تولید ۸۰-۱۰۰ درصدی (Ghafari et al., 2000) امکان‌پذیر است. مناطق دارای این قابلیت، به‌صورت پراکنده در قسمت‌های مختلف اراضی کشاورزی منطقه و به‌خصوص در بخش‌های شمالی شهرستان قرار گرفته‌اند

• درصد، بارش‌های کافی و مطلوب دوره‌های سالانه، فصل رشد و پاییزه می‌باشد.

جدول ۴- مساحت طبقه‌های تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

طبقه‌ها	مساحت (هکتار)	نسبت مساحت طبقه‌ها به کل اراضی کشاورزی شهرستان (درصد)
Classes	Area (ha)	Area classes/agricultural lands of township area (%)
طبقه بسیار مستعد (S ₁) High suitable (S ₁)	28758.959	44.92
طبقه مستعد (S ₂) Suitable (S ₂)	17219.405	26.89
طبقه نیمه مستعد (S ₃) Less suitable (S ₃)	11833.405	18.48
طبقه غیر مستعد (NS) Non suitable (NS)	6217.401	9.71



شکل ۵- طبقه بسیار مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله
Fig. 5- High suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale

همچنین استفاده از کودهای زیستی حل‌کننده فسفات در این راستا توصیه می‌شود.

در پهنه‌بندی بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان برای تولید گندم توسط کاظمی و همکاران (Kazemi et al., 2015) ۳۳/۴۴ درصد (۱۸۴۲۴۳/۸۹ هکتار) از اراضی کشاورزی واقع در نوار مرکزی استان، در طبقه بسیار مستعد واقع شدند. بارش بالاتر از ۴۰۰ میلی‌متر در دوره رشد گیاه، ارتفاع از سطح دریا در محدوده ۱۰۰۰-۰ متر، شیب کمتر از چهار درصد، اسیدیته بین ۷/۵-۶/۵ میزان شوری پایین‌تر از چهار دسی‌زیمنس، درصد ماده آلی بین ۳-۲ درصد و کلاس‌های بافت مناسب، از ویژگی‌های این پهنه معرفی شد. آنان

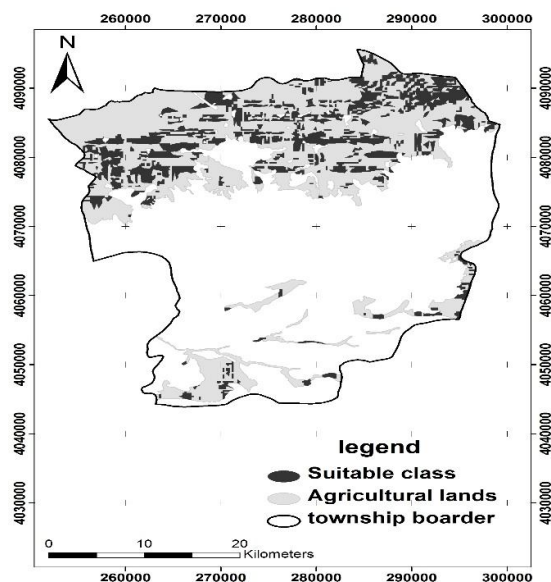
با توجه به این که عوامل غیرقابل کنترل (بارش و دما) در سطح شهرستان از شرایط مطلوبی برخوردار می‌باشند، لازم است برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در زمینه حفظ و بهبود عوامل خاکی به کار گرفته شوند. از آنجایی که این پهنه، تأثیرپذیری بیش‌تر از لایه حاصل‌خیزی خاک داشته است، می‌توان عوامل و عملیات زراعی مؤثر بر افزایش میزان ماده آلی، پتاسیم و فسفر را افزایش داد، از جمله استفاده از نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی به همراه حفظ بقایای گیاهی و ممانعت از سوزاندن آن‌ها، جلوگیری از تک‌کشتی و اجرای تناوب-های مناسب زراعی، استفاده از سامانه‌های چندکشتی و آگاهی بخشی از عواقب نظام‌های تک‌کشتی، کاربرد کودهای دامی و

شهرستان واقع شده‌اند و به شکل پراکنده از غرب به سمت شرق و به‌ویژه شمال شرقی امتداد دارند، شامل می‌شود. مواد آلی بالاتر از دو درصد، کلاس بافت خاک مطلوب، اسیدیته مستعد در محدوده ۷/۹۷-۷/۵۵، هدایت الکتریکی مناسب خاک، از ویژگی‌های این پهنه می‌باشد. به نظر می‌رسد وجود جهت شیب مستعد (شرق و شمال شرقی) (شکل ۳، d) و اراضی شیب‌دار ۴-۸ درصد (شکل ۳، c)، منجر به تنزل این اراضی از طبقه بسیار مستعد (S₁) شده است.

با مقایسه مساحت این طبقه و مساحت اراضی کنونی زیر کشت گندم، امکان افزایش ۷/۶ درصدی سطح زیر کشت را گزارش دادند.

طبقه مستعد (S₂) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

شکل ۶ طبقه مستعد برای کشت تریتیکاله را در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان نشان می‌دهد. مطابق این شکل و جدول ۴، این طبقه ۱۷۲۱۹/۴۰۵ هکتار از اراضی کشاورزی را که در نوار میانی



شکل ۶- طبقه مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله
Fig. 5- Suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale cropping

خشکی و شوری، سطح وسیعی از اراضی شهرستان (۴۶۳۹۶/۹۳ هکتار) در قسمت‌های شمالی و میانی منطقه در پهنه مستعد (مناسب) قرار گرفتند (Kazemi, 2013). بهاگت و همکاران (Bhagat et al., 2009) در ارزیابی زمین‌های هیماچال پرادش هند برای تولید غلات، نشان دادند که سطح زیر کشت واقعی گندم و جو در این منطقه به ترتیب ۳۶۲/۷ و ۲۵/۶ هزار هکتار است با توجه به اینکه نیازهای زراعی-بوم‌شناختی این دو گیاه در این مطالعه یکسان در نظر گرفته شده، نتایج بررسی آن‌ها سطح قابل کشت این گیاهان را برابر ۴۱۰ هزارهکتار برآورد کرد. در این پژوهش میزان بارش دما و ارتفاع از سطح دریا از عوامل محدود کننده شناخته شدند. امکان‌سنجی کشت یونجه یک‌ساله (*Medicago scutellata* L. Mill.) در شهرستان آق‌قلای استان گلستان، توسط نصرالهی و همکاران (Nasrolahi et

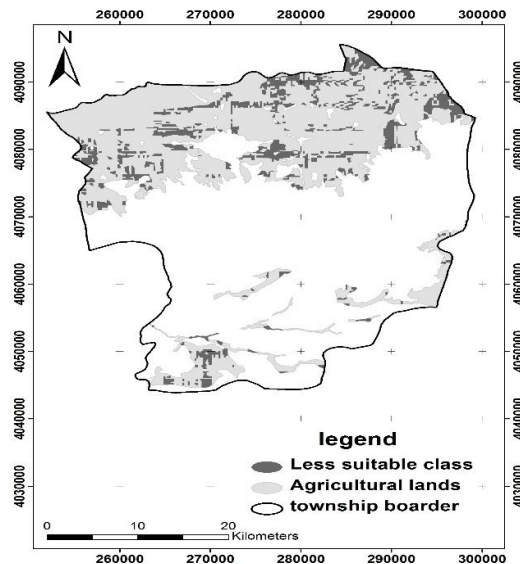
برای حفظ این مناطق در طبقه مناسب و جلوگیری از کاهش کیفیت خصوصیات آن‌ها به طبقه نیمه مستعد، لازم است مدیریت زراعی در جهت استفاده و بهره‌گیری بهینه از اراضی شیب‌دار، جلوگیری از فرسایش و تخلیه مواد آلی خاک باشد. در این زمینه می‌توان به اقداماتی همچون کاربرد نظام تلفیقی کشاورزی-دامپروری، کشت گیاهان پوششی و کود سبز، گنجاندن بقولات در تناوب‌های زراعی، اجرای کشت مخلوط، جلوگیری از تشکیل رواناب و فرسایش آبی، استفاده از روش غله - مرتع، کاربرد نظام‌های بی خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی، کشت روی خطوط تراز و تراس بندی اراضی شیب‌دار اشاره کرد. در ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت گیاه جو لخت با استفاده از روش بولین، به‌دلیل حد‌درباری بالای این گیاه نسبت به شرایط نامساعد محیطی مانند

لومی‌سیلتی)، حاصل‌خیزی ضعیف خاک، کمبود عناصر فسفر و پتاسیم در اراضی شمالی و به‌خصوص شمال شرقی، توزیع نامناسب و مقدار ناکافی بارش بهاره (کم‌تر از ۱۱۸ میلی‌متر) در اراضی شمالی شهرستان اشاره کرد. علاوه بر نقش همه این عوامل در قرارگیری این مناطق در طبقه نیمه‌مستعد برای کشت تریتیکاله، متغیرهای توپوگرافی شامل شیب ۸-۱۲ درصد (شکل ۳، c) و جهت‌های جغرافیایی جنوب‌غربی و شمال‌غربی (شکل ۳، d)، می‌تواند از دلایل اختصاص این مناطق به این طبقه باشد. این وسعت ۱۱۸۳۳/۲۵۵ هکتاری در بخش‌های میانی، شرق و شمال‌شرقی، غرب و قسمت‌هایی از ارتفاعات جنوبی شهرستان واقع شده‌اند (شکل ۷).

(al., 2015) نشان داد که ۲۳/۱ درصد و ۴۷/۲ درصد از اراضی کشاورزی این شهرستان به دلیل برخورداری از مقدار بارش، حاصل‌خیری خاک و توپوگرافی مطلوب، برای کشت یونجه یک‌ساله بسیار مستعد و مستعد هستند.

طبقه نیمه‌مستعد (S₃) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

نتایج حاصل از استعداسنجی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت گیاه تریتیکاله نشان داد که ۱۸/۴۸ درصد از اراضی منطقه دارای تناسب نیمه‌مستعد (S₃) می‌باشد (جدول ۴). از ویژگی‌های این پهنه می‌توان به کلاس‌های بافت خاک نیمه‌مطلوب (رسی‌سیلتی و



شکل ۷- طبقه نیمه‌مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

Fig. 7- Less suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale cropping

مدیریتی است که برای ارتقاء این طبقه توصیه می‌شود. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم در حوزه قره سو (استان گلستان) توسط بیدادی و همکاران (Bidadi et al., 2015) نشان داد که هشت درصد (۷۳۱۶ هکتار) از اراضی قسمت‌های شمالی این حوزه (به دلیل دریافت بارش کم‌تر در طی سال، شوری زیاد و محدودیت‌های دمایی) در پهنه ضعیف برای کشت گندم قرار گرفته است. در مطالعه دیگری مناطق دارای تناسب ضعیف برای کشت گندم در استان گلستان، ۲۷/۸۶ درصد گزارش شد. از عوامل محدود کننده کشت گندم در این پهنه شوری بالا خاک، میزان اندک بارش،

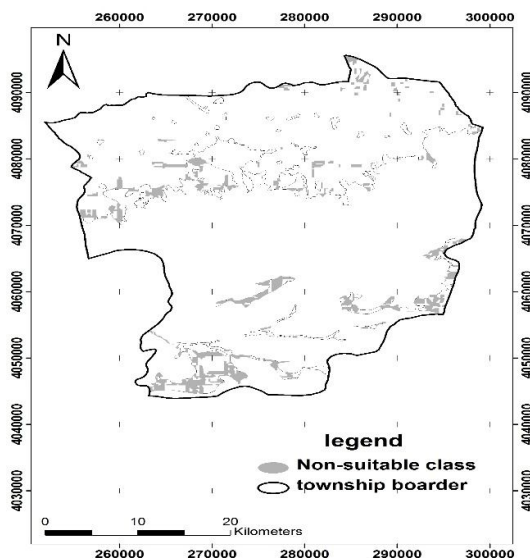
اصولاً جهت شیب، متغیری غیرقابل کنترل می‌باشد؛ بنابراین، باید سعی شود از کشت گیاهان در جهت‌های جغرافیایی نیمه‌مطلوب جلوگیری به‌عمل آید. همچنین از آن‌جایی که معمولاً شیب‌های بالاتر از ۱۲ درصد برای کشت گیاهان مناسب نبوده و مستعد فرسایش می‌باشند، کشت گیاهان چند ساله (به‌خصوص از خانواده بقولات) با ریشه‌های عمیق و نفوذپذیر (برای کاهش خاک‌ورزی و تخریب کم‌تر خاک)، اجرای نظام بی‌شبه-زراعی، به‌کارگیری نظام تلفیقی کشاورزی-دامپروری، کشت درختان مثمر و غیر مثمر، تراس‌بندی اراضی و ایجاد مجاری انحرافی برای عبور روان آب در شیب‌ها، از جمله اقدامات

گونه‌ای که شیب‌های بالاتر از ۱۲ درصد و جهت‌های شیب غرب و شمال، این مناطق را برای کشت تریتیکاله غیرممکن می‌سازند. این پهنه، بخشی از اراضی جنوبی شهرستان را در بر می‌گیرد که با تغییر کاربری اراضی جنگلی به کشاورزی به‌وجود آمده است. جنگل‌تراشی، تغییر کاربری‌های چراگاه و مرتع به اراضی زراعی و به زیر کشت بردن زمین‌هایی با شیب تند (بالاتر از ۱۲ درصد) زمینه را برای فرسایش خاک فراهم می‌نماید. با وجود محدودیت‌های بوم‌شناختی موجود در این پهنه، بهتر است این مناطق به کاربری‌های دیگر همانند جنگل‌کاری، گردشگری و حفاظت (حیات وحش)، ایجاد چراگاه و مراتع، پرورش آبزیان، دام و طیور اختصاص یابد. اعتراف (Eteraf, 1999) در مطالعه‌ای در منطقه مراوه‌تپه، دریافت که بهره‌وری زراعی از اراضی شیب‌دار منطقه بر میزان مواد آلی، نفوذپذیری و حاصلخیزی خاک اثرات منفی داشته و موجب تشدید فرسایش خاک می‌گردد. در حالی که بهره‌برداری از این اراضی به‌صورت مرتع موجب افزایش نفوذپذیری، حاصل‌خیزی و کاهش میزان فرسایش می‌شود.

محتوای پایین ماده آلی و کمبود عناصر غذایی مانند فسفر، آهن و روی معرفی شد (Kazemi et al., 2015).

طبقه غیر مستعد (NS) اراضی کشاورزی برای کشت تریتیکاله

با توجه به قابلیت تریتیکاله در تحمل و بردباری نسبت به عوامل محدود کننده محیطی در مقایسه با گندم، مساحت کوچکی (۶۲۱۷/۴۰۱ هکتار) از اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله در طبقه غیرمستعد قرار گرفت (جدول ۴). این مناطق تنها ۹/۷۱ از کل اراضی کشاورزی شهرستان را در ارتفاعات جنوبی و نوار مرزی بخش میانی شهرستان شامل می‌شوند (شکل ۸). از مشخصات این طبقه می‌توان به حاصل‌خیزی نامناسب، فقر عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در خاک، بارش بهاره ناکافی و شرایط توپوگرافی نامناسب اشاره کرد. با حرکت از شمال شهرستان به سمت بخش‌های جنوبی، به میزان ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب اراضی افزوده می‌شود به



شکل ۸- طبقه غیر مستعد اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت تریتیکاله

Fig. 8- Non- suitable class of agriculture lands of Gorgan township for triticale cropping

محدود کننده اجرای کاربری کشاورزی در آن منطقه اعلام شد. در ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گرگان برای کشت جолخت، بخش‌های جنوبی، نوار مرزی میانی شهرستان به‌وسعت ۱۶۶۵۴/۴۶ هکتار در پهنه نامناسب جهت کشت این گیاه قرار گرفت (Kazemi, 2013).

در مطالعه آکینچی و همکاران (Akinci et al., 2013) تنها ۶/۳ درصد از اراضی منطقه یوسفلی (شهر آرتوین ترکیه) برای کاربری کشاورزی مناسب بودند. پوشش این مناطق با جنگل‌ها و مراتع حفاظت شده، عمق خاک ناکافی برای تولید محصولات کشاورزی، درصد بالای شیب منطقه و درجه زیاد فرسایش خاک، از جمله عوامل

نتیجه‌گیری

نتیجه گرفت که نقاط دارای پهنه نیمه‌مستعد و غیرمستعد کشت تریتیکاله در اراضی جنوبی شهرستان، برای اجرای سایر کاربری کشاورزی شرایط مساعدی نداشته و بهتر است این مناطق به کاربری‌های دیگر همچون مرتع، حفاظت، حیات‌وحش و جنگل کاری اختصاص یابند. با توجه به تأثیر فراوان بارش در دوره‌های حساس نمو گیاهان زراعی از جمله غلات (مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه) و کمبود میزان نزولات جوی در این دوره‌ها در استان و منطقه، پیشنهاد می‌شود از داده‌های بارش مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد، برای استعدادهای سنجی اراضی استفاده شود.

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که ۲۸۷۵۸/۹۵۹ هکتار (۴۴/۹۲ درصد) از اراضی کشاورزی شهرستان در طبقه بسیار مستعد (S₁) برای کشت تریتیکاله قرار می‌گیرند. عوامل محدودکننده کشت این گیاه در مناطق ضعیف و غیرمستعد، جهت‌های شیب نامطلوب، ارتفاع بالاتر از سطح دریا، کاهش کیفیت حاصل‌خیزی خاک، افزایش درصد شیب به سمت مناطق مرتفع جنوبی و بارش اندک بخصوص بارش بهاره در بخش‌های شمالی شناسایی شدند. با توجه به این نکته که تریتیکاله از جمله گیاهان کم‌توقع و سازگار با شرایط نامساعد محیطی (خشکی، ارتفاع بالا از سطح دریا و سرما) نسبت به گندم و جو است، می‌توان

منابع

- Aami Azghadi, A., Khorassani, R., and Moezi, A. 2010. Soil fertility evaluation based on soil K, P and organic matter factors for wheat by using fuzzy logic-AHP and GIS technology. *Journal of Water and Soil* 24: 973-984. (In Persian with English Summary)
- Akinci, H., Ozlap, A.Y., and Turgut, B. 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture* 97: 71-82.
- Bidadi, M.J., Kamkar, B., Abdi, O., and Kazemi, H. 2015. Land suitability analysis on rainfed wheat cropping using geospatial information system (A case study: Qaresoo basin). *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 25(1): 131-143. (In Persian with English Summary)
- Bhagat, R.M., Singh, S., Rana, R.S., Kalia, V., Pradash, S., Immerzeel, W., and Shrestha, B. 2009. Land suitability analysis for cereal production in Himachal Pradesh (India) using geographical information system. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 37: 233-240.
- Emam, Y. 2011. Cereal Production. Shiraz University Press, Shiraz, Iran 173 pp. (In Persian)
- Essiet, E.U. 2001. Agricultural sustainability under small-holder farming in Kano, northern Nigeria. *Journal of Arid Environments* 48: 1-7.
- Eteraf, H. 2000. The effect of land use on fertility and soil erosion in the Maraveh-Tappe region. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Gorgan, Iran 113 pp. (In Persian with English Summary)
- FAO. 2013. Food and agriculture organization of the unit nations. *Quarterly Bulletin of Statistics*. Remote, Italy.
- Fettel, N.A. 1993. Yield physiology of triticale under water deficit: a comparison with wheat. Armidal: University of New England.
- Ghafari, A., Cook, H.F., and Lee, H.C. 2000. Integrating climate, soil and crop information: a land suitability study using GIS. 4th International Conference on Integration GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4). Banff, Alberta, Canada, September 2-8.
- Ghodsipoor, S.H. 2012. Analytical Hierarchy Process (AHP). Amir Kabir University Press, Tehran, Iran 230 pp. (In Persian)
- Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.M. 2008. Principles of Sustainable Agriculture. JDM Press, Mashhad, Iran. 316 pp. (In Persian)
- Kamkar, B., and Meghdadi, N. 2015. Land suitability assessment for cumin production using geographic information system and modeling approach. *Journal of Plant Production Researches* 22(1): 1-22. (In Persian with English Summary)
- Kazemi, H. 2013. Agroecological zoning of Gorgan agricultural lands for hulless barley cropping base on Boolean logic. *Electronic Journal Crop Production* 6(4): 165-185. (In Persian with English Summary)
- Kazemi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S. 2012a. Evaluation of geostatistical

- methods of estimating and zoning of macronutrients in agricultural lands of Golestan province. Journal of Water and Soil Knowledge 22: 201-218. (In Persian with English Summary)
- Kazemi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Kamkar, B., and Shataei, S. 2012b. Agroecological zoning of agricultural lands in Golestan province for canola cultivation by geographic information system (GIS) and analytical hierarchy process (AHP). Electronic Journal Crop Production 5(1): 123-129. (In Persian with English Summary)
- Kazemi, H., TahmasbiSarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S. 2013. Agro-ecological zoning of Golestan province lands for Soybean cultivation using geographical information system (GIS). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 23(4): 21-39. (In Persian with English Summary)
- Kazemi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shetaei, S., and Sadeghi, S. 2015. Ecological zoning for wheat production at province scale using geographic information system. Advances in Plants and Agriculture Research 2(1): 1-7. (In Persian with English Summary)
- Majnun Hosseini, N. 2011. Cereal Production. Tehran University Press, Tehran, Iran 120 pp. (In Persian)
- Nasroollahi, N., Kazemi, H. and Kamkar, B. 2015. Feasibility of annual alfalfa (*Medicago scutellata* L.) cropping in Aq-Qallatownship (Golestan province). Journal of Agroecology 7(3): 397-411. (In Persian with English Summary)
- Sharifi Jahantigh, G.R., and Abbasi, M.R. 2009. Forage Crops. Norouzi Press, Iran. 120 pp. (In Persian)
- Sys, I., Van-Ranst, E., and Debveye, J. 1991. Land evaluation, part 1: principles in land evaluation and crop production calculation. General Administration for Development Cooperation. EPA, NO. 7, Brussels, Belgium.
- Tajalli, H., and Saberi, M. 2011. Survey of grain yield and yield components of triticales genotypes in south Khorasan province. Zeytoon Journal 222: 64-71. (In Persian)
- Zhang, J., Su, Y., Wu, J., and Liang, H. 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production and fuzzy set in Shandong province of China. Computer and Electronic in Agriculture 114: 202-211.



Feasibility of Triticale (*Tritico secale* wittmack. X) Cropping in Agricultural Lands of Gorgan County by Spatial Analysis Tools

M. Niazmoradi^{۱*}, H. Kazemi^{۲*} and F. Ghaderifar^۳

Submitted: 17-11-2015

Accepted: 20-04-2016

Niazmoradi, M., Kazemi, H., and Ghaderifar, F. 2017. Feasibility of triticale (*Tritico secale* wittmack. X) cropping in agricultural lands of Gorgan county by spatial analysis tools. Journal of Agroecology 9(3): 777-793.

Introduction

It is essential to allocate crop to the most suitable land areas precisely for the best production since arable land has been decreased. Selecting the most appropriate algorithm for land suitability assessment is important for current and future land use planning. Several approaches have been attempted to conduct land suitability assessment. Geographic Information System (GIS) technology is a useful tool for integration of bio-climate, terrain and soil-resource-inventory information. The integration of Multi-Criteria Analysis (MCA) methods such as Analytical Hierarchy Process (AHP) by GIS is a trend in land suitability analysis. This combination could be useful in solving conflictive situations for individual or groups interested in spatial context and it is a powerful approach for land suitability assessments (Elsheikh et al., 2013). The present study was therefore carried out with the objective land suitability analysis for feasibility of triticale cropping in agricultural lands of Gorgan county by spatial analysis of GIS and evaluation of environmental variables.

Material and Methods

One of the most important areas for crop production in Golestan province located in north of Iran, is the Gorgan region. This area is located between latitude 54° 12.9' N and 54° 44.9' N and longitude 36° 30.6' E and 36° 58.8' E. Almost every farm in Gorgan region are rainfed. In order to spatial feasibility of triticale cropping in Gorgan county, agroecological requirements of triticale was identified and classified from scientific resources. Some environmental factors including, climatic variables such as precipitation and temperature in scale of annual, monthly and seasonal, topographic variables such as elevation, slope aspects and slopes percent, and some soil characteristics as texture, EC, pH, fertility, K, P and organic matter were evaluated using geostatistics and classic methods and then thematic layers were produced in ArcGIS media. In multi-criteria assessment process, one of the most important steps is to determine each criteria weight. Generally, AHP is suitable to determine the weights of assessment factors. In this respect, the first step is to construct an AHP model consisting objectives, criteria, sub-criteria, and alternatives. Then these digital layers were classified based on ecological requirements table of triticale and they were overlaid and interpolated in GIS media and final layer were classified to four classes of high suitable, suitable, less suitable and non-suitable. The suitability analysis was based on matching between land qualities/characteristics and crop requirements. It was accomplished by weighted overlay technique (WOT) in GIS.

Results and Discussion

The results showed that 28.8 thousand ha (44.92%) of agricultural lands were located in the high suitable class (S₁). This zone was observed occasionally in north and northwest parts of studied region. This zone had the high fertility, high organic matter percent (2<), favorable slope aspects, elevation lower than 1500 meters above sea level, suitable slopes (0-4%), enough amount and distribution of precipitation and temperature variables. Also, about 17.2 thousand ha (26.89%), 11.8 thousand ha (18.48%) and 6.2 thousand ha (9.71%) of areas were classified in the suitable (S₂), less suitable (S₃) and non-suitable (NS) zones respectively. It seems that omitting the restrictions such as soil fertility, suitability level can enhance in NS class. Proper land management practices, crop rotation performance, specific irrigation methods and using resistant genotypes would help to increase crop yield in this area.

1, 2 and 3- MSc Student of Agroecology, Assistant Professor, and Associate Professor, Department of agronomy, Faculty of plant product, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: hossein_k_p@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.51194

Conclusion

In this study, the limiting factors were identified as unfavorable aspects, high elevation, poor soil fertility, high slope percent in the direction of south and low spring precipitation in northern region of Gorgan. In general, this research was a biophysical evaluation of resources that provided information at a regional level. Therefore, its result is useful for decision markers to determine the quality of cropland for tritcale cropping and it is proposed as a decision and planning support.

Acknowledgements

We thank the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR) for supporting this research.

Keywords: Agroecological zoning, Geostatistic, AHP



بررسی اثر کیفیت بقایای گیاهی بر روند معدنی شدن نیتروژن در خاک در شرایط رطوبتی متفاوت

الهه برومند رضازاده^۱، علیرضا کوچکی^{۲*}، پرویز رضوانی مقدم^۲، مهدی نصیری محلاتی^۲ و امیر لکزیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۶

برومند رضازاده، ا.، کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ.، نصیری محلاتی، م.، و لکزیان، ا. ۱۳۹۶. بررسی اثر کیفیت بقایای گیاهی بر روند معدنی شدن نیتروژن در خاک در شرایط رطوبتی متفاوت. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۹۴-۸۰۴.

چکیده

به منظور بررسی روند تغییرات نیتروژن معدنی در خاک و چگونگی تأثیرپذیری آن از میزان رطوبت خاک و کیفیت بقایای گیاهی اضافه شده، تحقیقی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. بقایای گیاهی شامل گندم (*Triticum aestivum* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، سویا (*Glycin max* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) بود و از خاک بدون بقایا نیز به عنوان شاهد استفاده شد. رطوبت خاک شامل سه سطح ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود. در این مطالعه از روش کیسه لاشبرگ استفاده شد و نمونه‌برداری در طی زمان با فواصل ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۹۰، ۱۴۰، ۱۹۰، ۲۴۰، ۲۹۰ و ۳۴۰ روز پس از شروع آزمایش صورت گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت بقایا تأثیر به‌سزایی بر میزان نیتروژن معدنی خاک داشت و افزودن بقایای گیاهی سبب غیرمتحرک شدن آن شد. همچنین نیتروژن معدنی در خاک دارای بقایای گیاهی در ابتدای آزمایش (۵۰-۱۰ روز اول بسته به نوع بقایا) کاهش و سپس افزایش یافت. میزان غیرمتحرک شدن نیتروژن در خاک دارای بقایای گندم و پنبه (با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر) بیش از بقایای سایر گیاهان بود. در هیچ یک از خاک‌های دارای بقایای گیاهی، معدنی شدن خالص نیتروژن مشاهده نگردید و بالاترین میزان نیتروژن معدنی مربوط به خاک شاهد بدون بقایا بود. رطوبت خاک نیز به عنوان یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده میزان تجزیه بقایا و فعالیت زیست‌توده میکروبی، معدنی شدن نیتروژن را تحت تأثیر قرار داد، به نحوی که با افزایش رطوبت خاک میزان نیتروژن معدنی نیز افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت زراعی، غیرمتحرک شدن، کیسه لاشبرگ، نسبت C:N

مقدمه

(Zaccheo et al., 2002). پویایی نیتروژن بسته به ویژگی‌های خاک نظیر بافت و میزان رطوبت، محل قرارگیری بقایا (اختلاط بقایا با خاک یا قرارگیری سطحی) و ماهیت بقایای گیاهی به‌ویژه نسبت کربن به نیتروژن بقایا بسیار متفاوت است (Azam et al., 2005; Zaccheo et al., 2002; Mary et al., 1996; Shafiei et al., 2016).

وجود ترکیبات کربنی که به راحتی توسط میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس هستند، میزان معدنی شدن نیتروژن آلی را افزایش می‌دهد درحالی که بقایای گیاهی پایدارتر که از میزان لیگنین بالاتری

ماده آلی خاک یکی از منابع اصلی کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد خاک بوده (Ajwa & Tabatabai, 1994) و بخش عمده‌ای از ارزش مواد آلی به میزان رهاسازی نیتروژن توسط آن‌ها مربوط می‌شود

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات و استاد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir

برخوردارند به دلیل دارا بودن اثرات حفاظتی، نیتروژن کمتری آزاد می‌سازند (Zaccheo et al., 2002). گرین و بلکمر (Green & Blackmer, 1995) دریافتند که اختلاط بقایای ذرت با خاک سبب غیرمتحرک شدن سریع نیتروژن معدنی موجود در طی فاز سریع تجزیه بقایا شد.

گزارش شده است که در طی تجزیه، نیتروژن بقایای گیاهی غنی از نیتروژن آزاد شده و در خاک تجمع می‌یابد (Azam et al., 1993; Soon & Arshad, 2002). همچنین اختلاط بقایای غیربقولات که در مرحله سبز بودن برداشت شده باشند و نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها کمتر از ۲۵ باشد نیز می‌تواند سبب آزادسازی بخش قابل توجهی از نیتروژن آن‌ها در طی تجزیه شود (Azam et al., 1993; Mendham et al., 2000). مندهام و همکاران (Ibewiro et al., 2000) با بررسی لگوم‌های پوششی و آبیون و همکاران (Abiven et al., 2005) با مطالعه معدنی شدن نیتروژن حاصل از بقایای بخش‌های مختلف گیاه اظهار داشتند که بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن کم در طی دوره تجزیه در خاک سبب معدنی شدن خالص نیتروژن می‌شود.

نتایج آزمایش رئیسی (Raeisi, 2006) نشان داد که میزان نیتروژن معدنی در خاک‌های دارای بقایای مختلف، تفاوت معنی‌داری داشت به‌طوری‌که مقدار نیتروژن معدنی در خاک شاهد نسبت به خاک دارای بقایای گندم بیشتر بود که این امر حاکی از غیرمتحرک شدن نیتروژن به دلیل نسبت بالای کربن به نیتروژن بقایای گندم می‌باشد. در مقابل، میزان نیتروژن معدنی در خاک یونجه (*Medicago sativa* L.) بیش از شاهد بود که نشان‌دهنده معدنی شدن خالص نیتروژن به دلیل کیفیت نسبتاً بالای بقایای یونجه بود. کارا (Kara, 2000) در آزمایش خود تأثیر کیفیت بقایای گیاهی مختلف را بر معدنی شدن نیتروژن مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمود که نیتروژن معدنی خاک در ۱۰ روز اول آزمایش به دلیل فعالیت بیولوژیکی بالاتر غیرمتحرک شد اما با ادامه انکوباسیون، میزان نیتروژن معدنی در تمامی تیمارها افزایش یافت. فرانسولبرز و همکاران (Franzlubbers et al., 1994) نیز گزارش کردند که معدنی شدن خالص نیتروژن در بخش‌های مختلف بقایای لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp.) متفاوت بود به‌نحوی‌که پس از ۶۸ روز، بالاترین میزان معدنی شدن (۷۱/۸ درصد) در گره‌ها (با نسبت کربن به نیتروژن ۶/۵۱) و کمترین آن (۲۴/۴ درصد) در ریشه و

ساقه (به‌ترتیب با نسبت کربن به نیتروژن ۲۴/۶ و ۲۶/۳) مشاهده شد. هنریکسن و برلند (Henriksen & Breland, 1999) اظهار داشتند که از نظر معدنی‌شدن یا غیرمتحرک شدن نیتروژن، تفاوت معنی‌داری بین بقایای گیاهی اضافه شده به خاک نشان داد. در آزمایش ایشان حداکثر غیرمتحرک شدن خالص (۲۱/۶ میلی گرم بر گرم کربن اضافه شده) در ساقه کلزا و حداکثر معدنی شدن خالص (۵۱/۳ میلی گرم نیتروژن بر گرم کربن اضافه شده) در بقایای شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) مشاهده گردید.

از آنجایی که میزان آزادسازی نیتروژن توسط بقایای گیاهی و نیز تغییرات نیتروژن معدنی خاک تا حد زیادی به نوع بقایای اضافه شده و نیز میزان رطوبت خاک بستگی دارد، لذا هدف از این آزمایش بررسی تأثیر کیفیت بقایای پنج نوع گیاه زراعی و نیز شرایط رطوبتی خاک بر معدنی شدن نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجراء شد. بقایای گیاهی استفاده شده شامل گندم، کلزا، ذرت، سویا و پنبه بود که پس از برداشت محصول از مزرعه جمع‌آوری گردید. از خاک بدون بقایا نیز به‌عنوان شاهد استفاده شد. رطوبت خاک شامل سطح ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود که به روش وزنی اعمال گردید. بقایای گیاهی و رطوبت خاک به‌صورت فاکتوریل در کرت اصلی و زمان در کرت فرعی منظور شد. در این آزمایش از روش کیسه لاشبرگ^۱ استفاده شد و ۱/۲ گرم بقایای گیاهی خرد شده (به قطعات یک سانتی‌متری) شامل اندام هوایی و ریشه گیاه (نسبت اندام هوایی به ریشه در بقایای گیاهی در جدول ۲ آورده شده است) در داخل کیسه‌های توری (با منافذی به قطر ۰/۵ میلی‌متر) ریخته شده و درون ظرف‌های پلاستیکی حاوی ۱۰۰ گرم خاک عبور داده شده از الک دو میلی‌متری قرار داده شدند. برای تیمار شاهد از کیسه بدون بقایا استفاده گردید. سپس ظروف درون ژرminatور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی قرار گرفتند. به‌منظور تهویه مناسب و در عین حال، جلوگیری از خشک شدن سریع خاک، بر روی درب ظروف سوراخ‌هایی ایجاد و سپس درب ظرف‌ها بسته شد. خصوصیات خاک و بقایای گیاهی مورد استفاده در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

۱- Litter bag

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش
Table 1- Selected soil physical and chemical characteristics

ظرفیت نگهداری آب خاک (درصد) Water holding capacity (%)	کربنات (گرم بر کیلوگرم) Carbonate (g.kg ⁻¹)	نیتروژن معدنی (گرم بر کیلوگرم) Mineral Nitrogen (g.kg ⁻¹)	نیتروژن کل (گرم بر کیلوگرم) Total nitrogen (g.kg ⁻¹)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	pH	سیلت Silt	رس Clay	شن Sand
18.4	152.5	0.014	0.6	0.8	8	52	16	32

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی و نسبت ریشه به ساقه در بقایای گیاهی
Table 2- Chemical properties and root: shoot ratio of plant residues

خصوصیات بقایا Parameters	گندم Wheat	کلزا Oilseed rape	ذرت Maize	سویا Soybean	پنبه Cotton
کربن کل (گرم بر کیلوگرم) Total carbon (g.kg ⁻¹)	393	400.50	409.5	405	412.5
نیتروژن کل (گرم بر کیلوگرم) Total nitrogen (g.kg ⁻¹)	3	5.9	4.7	7	4.3
نسبت کربن به نیتروژن Carbon to nitrogen ratio	131	67.88	87.13	57.84	95.93
لیگنین (درصد) Lignin (%)	10.17	11.81	16.9	13.97	17.53
سلولز (درصد) Cellulose (%)	41.22	46.86	24.88	41.42	50.28
همی سلولز (درصد) Hemi-cellulose (%)	30.11	13.58	26.75	14.93	15.13
نسبت ریشه به ساقه Root: shoot ratio	0.43	0.35	0.35	0.39	0.49

گردید.

نتایج و بحث

میانگین مربعات میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نیتروژن معدنی به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر تمامی تیمارهای آزمایش قرار گرفت. از نظر تأثیر رطوبت خاک بر مقدار نیتروژن معدنی (شکل ۱) ملاحظه می‌شود که در هر سه تیمار رطوبتی در ابتدای دوره آزمایش، نیتروژن معدنی تقریباً ثابت بود و سپس افزایش نشان داد. بیشترین میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در پایان آزمایش مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی بود (به‌ترتیب ۵۹/۹ و ۲۶/۹ میلی گرم بر کیلوگرم خاک). سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن نیز در بین تیمارهای مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری داشت به‌نحوی که به موازات خشک‌تر شدن خاک، سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن کاهش نشان داد (شکل ۲).

جهت اندازه‌گیری نیتروژن معدنی، نمونه‌برداری در طی زمان با فواصل ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۹۰، ۱۴۰، ۱۹۰، ۲۴۰، ۲۹۰، ۳۴۰ و ۳۹۰ روز پس از شروع آزمایش صورت گرفت. در هر نمونه‌برداری بقایای گیاهی پس از خشک شدن خاک در معرض هوا جدا شده و سپس نیتروژن معدنی خاک با استفاده از دستگاه کج‌دال و پس از عصاره‌گیری خاک با کلرید پتاسیم دو مولار (نسبت ۱ به ۱۰ خاک به کلرید پتاسیم) اندازه‌گیری شد. نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص و سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن به ترتیب با استفاده از معادلات ۱ و ۲ به‌دست آمد:

نیتروژن معدنی در روز صفر - نیتروژن معدنی در هر نمونه‌گیری
معادله (۱) = نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص
طول دوره آزمایش / میزان نیتروژن معدنی شده = سرعت معدنی شدن
معادله (۲) خالص نیتروژن
تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و SlideWrite استفاده

بستگی دارد. مناسب بودن رطوبت خاک سبب افزایش جمعیت و فعالیت زیست توده میکروبی خاک شده و بنابراین، میزان معدنی شدن نیتروژن افزایش می یابد (Nicolardot Stark & Firestone, 1996; et al., 1994, 2001).

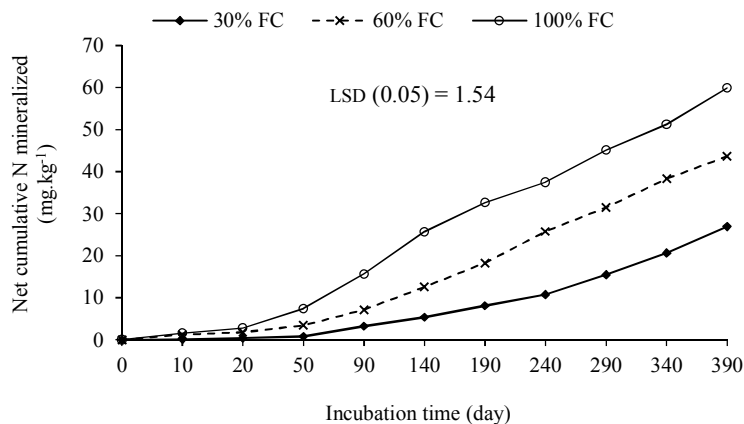
کمتر بودن میزان نیتروژن معدنی در تیمارهای رطوبتی پایین تر، می تواند به فعالیت کمتر زیست توده میکروبی در این تیمارها مربوط باشد. معدنی شدن نیتروژن که فرآیند تغییر شکل نیتروژن آلی به نیتروژن معدنی است، تا حد زیادی به شرایط خرد اقلیم خاک شامل رطوبت و دما که فعالیت زیست توده میکروبی خاک را تنظیم می کنند

جدول ۳- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در تیمارهای مختلف رطوبت خاک، بقایای گیاهی و زمان

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of net cumulative mineral nitrogen in different treatments including soil moisture, plant residue and time

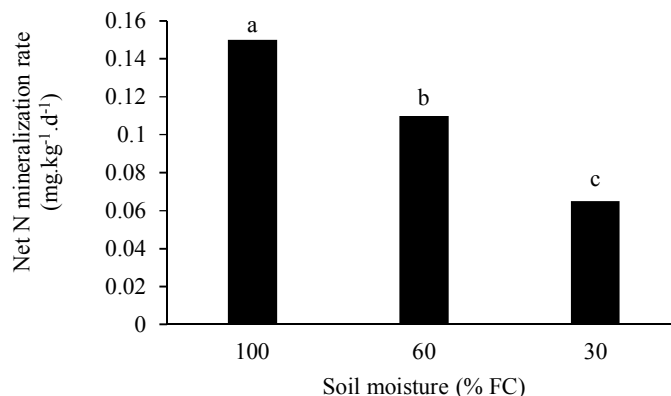
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص Net cumulative mineral nitrogen
رطوبت خاک Soil moisture	2	9097.2 **
بقایای گیاهی Plant residue	5	5932.2 **
رطوبت × بقایا Moisture × residue	10	211.0 **
خطای اصلی Main error	18	26.5
زمان Time	10	8765.5 **
رطوبت × زمان Moisture × time	20	517.5 **
بقایا × زمان Residue × time	50	141.9 **
رطوبت × بقایا × زمان Moisture × residue × time	100	12.0 **
خطای فرعی Sub error	180	3.7

***: معنی دار در سطح احتمال یک درصد
**: significant at 1% probability level



شکل ۱- میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در رطوبت های مختلف خاک در طی ۳۹۰ روز

Fig. 1- Net cumulative N mineralized in different soil moistures in 390 days of incubation



شکل ۲- سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن در تیمارهای مختلف رطوبت خاک

Fig. 2- Net N mineralization rate in different soil moistures

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

FC: ظرفیت زراعی

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability level.

FC: Field Capacity

بود. غیرمتحرک شدن نیتروژن برای بقایای با نیتروژن کمتر بیش از بقایای با نیتروژن بالاتر بود. حداکثر غیرمتحرک شدن برای بقایای گندم و پس از آن پنبه (به ترتیب ۷- و ۵/۲- میلی گرم بر کیلوگرم خاک) اتفاق افتاد.

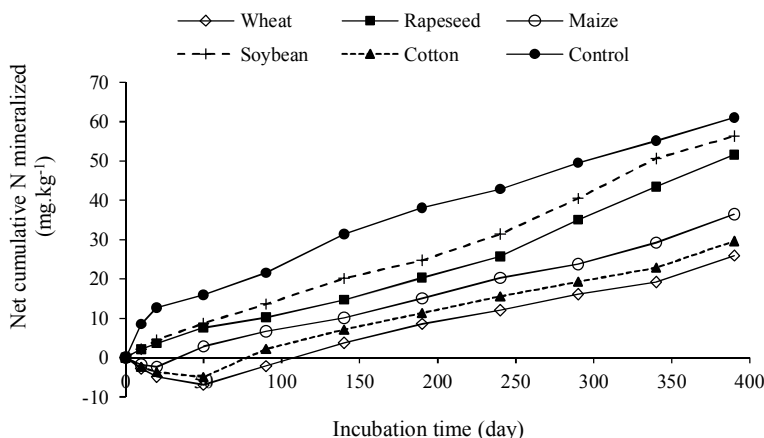
تغییرات نیتروژن معدنی در طی زمان در مطالعات مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. پالم و همکاران (Palm et al., 2001) گزارش کردند زمانی که بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بیش از ۲۵ به خاک اضافه شوند، نیتروژن معدنی قابل دسترس خاک در طی چند هفته اول تجزیه غیرمتحرک می‌شود. اعظم و همکاران (et al., 2005) (Azam al., 2005) نیز با بررسی روند آزادسازی نیتروژن معدنی در طی تجزیه بقایای گیاهی اظهار داشتند که در تیمارهای دارای بقایای گیاهی، میزان نیتروژن معدنی خاک در طی دو هفته اول آزمایش کاهش و سپس افزایش یافت. میزان غیرمتحرک شدن برای بقایای سسبانیا (*Sesbania* sp.) با پایین‌ترین نسبت کربن به نیتروژن، کمتر از گندم و ذرت بود. ساکالا و همکاران (Sakala et al., 2000) با مطالعه آزادسازی نیتروژن در خاک‌های دارای بقایای دال عدس (*Cajanus cajan* L.)، ذرت و مخلوط ذرت و دال عدس بیان داشتند که در چهار هفته اول در تمامی تیمارها غیرمتحرک شدن نیتروژن اتفاق افتاد. پس از گذشت چهار هفته در خاک‌های دارای بقایای دال عدس، معدنی شدن مجدد نیتروژن مشاهده شد هرچند که هنوز نسبت به خاک شاهد غیرمتحرک شدن خالص نیتروژن وجود داشت.

گزارش وانگ و همکاران (Wang et al., 2006) حاکی از آن بود که بالاترین میزان معدنی شدن نیتروژن در رطوبت‌های نزدیک به ظرفیت زراعی صورت پذیرفت. این پژوهشگران در طی آزمایش خود، معدنی شدن خالص نیتروژن را در خاک سه منطقه مختلف بررسی و مشاهده کردند که با افزایش رطوبت خاک، معدنی شدن نیتروژن نیز افزایش نشان داد. همچنین نیتروژن معدنی با گذشت زمان در خاک تجمع یافت. این امر در مطالعات سایر پژوهشگران نیز نشان داده شده است (Knoepp & Swank, 2002; De Neve & Hofman, 2003; Amador et al., 2005). روند افزایشی تجمع این عنصر در خاک در طی زمان به فقدان جذب توسط گیاه و عدم آبشویی در مطالعات آزمایشگاهی مربوط است (Sierra, 1997).

میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در خاک‌های دارای بقایای گیاهی و نیز خاک شاهد بدون بقایا در طی دوره آزمایش در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با گذشت زمان میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در خاک شاهد بدون بقایا افزایش یافت و در روز ۳۹۰ ام به ۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم رسید، اما در خاک‌های دارای بقایای گیاهی روند مشاهده شده متفاوت بود. در این تیمارها تغییرات نیتروژن معدنی دارای دو فاز مشخص بود: مرحله اول که شامل غیرمتحرک شدن نیتروژن معدنی بود و مدت و شدت این دوره به نوع بقایا و بویژه میزان نیتروژن اولیه آن بستگی داشت. مرحله دوم که تا پایان آزمایش ادامه یافت، مرحله معدنی شدن

از این مدت معدنی شدن مجدد نیتروژن در تیمار مخلوط مشاهده گردید.

در مقابل در خاک‌های دارای بقایای ذرت و مخلوط ذرت و دال عدس، تا ۱۳۰-۱۱۰ روز غیرمتحرک شدن نیتروژن ادامه یافت و پس



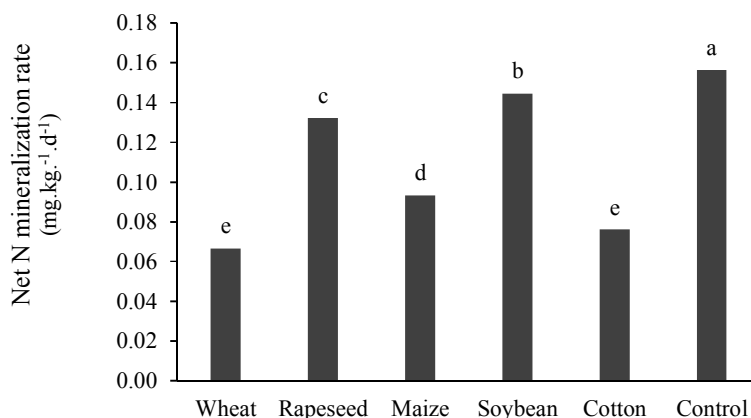
شکل ۳- میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در خاک شاهد و خاک‌های دارای بقایای گیاهی مختلف در طی ۳۹۰ روز
Fig. 3- Net cumulative N mineralized in different amended soils and control in 390 days of incubation

همراه بود که نشان می‌دهد نیتروژن معدنی شده از بازچرخش نیتروژن میکروبی حاصل شده است (Ambus & Jensen, 2001). فرانسولوبرز و همکاران (Franzlubbers et al., 1994) گزارش کردند که نیتروژن معدنی شده تجمعی با اندازه زیست‌توده میکروبی فعال همبستگی منفی نشان داد و حداقل نیتروژن معدنی همزمان با حداکثر اندازه زیست‌توده میکروبی فعال مشاهده شد که به عقیده پژوهشگران ناشی از غیرمتحرک شدن نیتروژن توسط زیست‌توده میکروبی جدید بوده است.

همچنین در تمامی دوره ۳۹۰ روزه آزمایش، میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در تیمارهای دارای بقایای گیاهی کمتر از خاک شاهد بدون بقایا بود (شکل ۳). در بین تیمارهای دارای بقایای گیاهی در پایان آزمایش، بالاترین میزان نیتروژن معدنی در خاک دارای بقایای سویا و کمترین آن در خاک با بقایای گندم مشاهده گردید (به ترتیب ۵۶/۳ و ۲۵/۹ میلی گرم بر کیلوگرم). از نظر سرعت معدنی شدن نیتروژن نیز پس از تیمار شاهد بدون بقایا، بالاترین سرعت مربوط به خاک دارای بقایای سویا (۰/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز) و کمترین آن مربوط به بقایای گندم و پنبه بود که اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۴).

غیرمتحرک شدن نیتروژن معدنی از فعالیت زیست‌توده میکروبی در طی تجزیه بقایا ناشی می‌شود. زمانی که بقایای گیاهی به خاک افزوده می‌شود، میزان زیست‌توده میکروبی خاک افزایش یافته که این افزایش با مصرف نیتروژن معدنی خاک که به راحتی برای میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس است همراه می‌باشد. در بقایایی که از نسبت کربن به نیتروژن پایین تری برخوردارند، در حین تجزیه بقایا نیتروژن معدنی شده و به خاک اضافه می‌شود ولی در بقایای با نسبت کربن به نیتروژن بالا، نیتروژن معدنی آزاد شده از بقایا توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و غیرمتحرک شدن ادامه می‌یابد. در ادامه با گذشت زمان و تجزیه بخش‌های با تجزیه پذیری بالا، بخشی از زیست‌توده میکروبی از بین رفته که این امر سبب بازچرخش نیتروژن موجود در پیکره آن‌ها و افزایش نیتروژن معدنی خاک می‌گردد.

هموونگ و همکاران (Hemwong et al., 2008) گزارش کردند که کاهش نیتروژن معدنی خاک در تیمار اختلاط بقایا در روز ۱۴ که همزمان با افزایش نیتروژن زیست‌توده میکروبی خاک بود نشان می‌دهد که تجزیه بقایای گیاهی به دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن از نظر نیتروژن دچار محدودیت‌هایی گردید. پس از آن معدنی شدن بالای خالص نیتروژن با کاهش نیتروژن زیست‌توده میکروبی



شکل ۴- سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن در خاک شاهد بدون بقایا و خاک‌های دارای بقایای گیاهی مختلف

Fig. 4- Net N mineralization rate in different amended soils and control

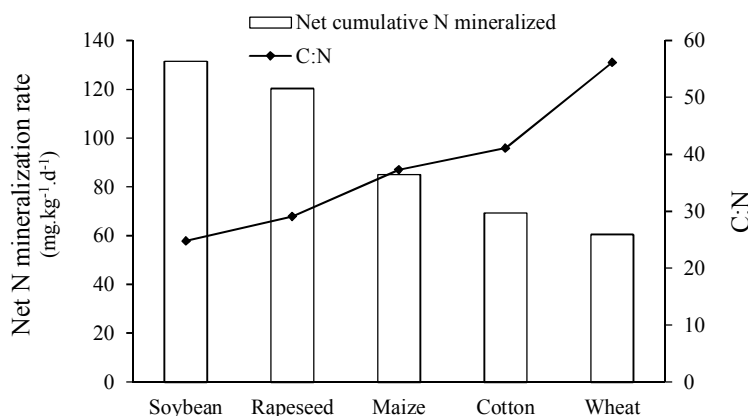
میانگین‌های دارای حرف مشترک به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means with the same letter are not significantly different in 5% probability level.

تجمعی خالص در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بالاترین میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در خاک شاهد و رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. در خاک‌های دارای بقایای گیاهی نیز بالاترین نیتروژن معدنی شده تجمعی در خاک دارای بقایای سویا و رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن در خاک دارای بقایای گندم با رطوبت ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به- دست آمد. پایین بودن رطوبت خاک به عنوان یک عامل اصلی در فعالیت زیست‌توده میکروبی و نیز بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن بقایای گندم عواملی هستند که سبب می‌گردند نیتروژن معدنی شده تجمعی در این تیمار نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی کمتر باشد.

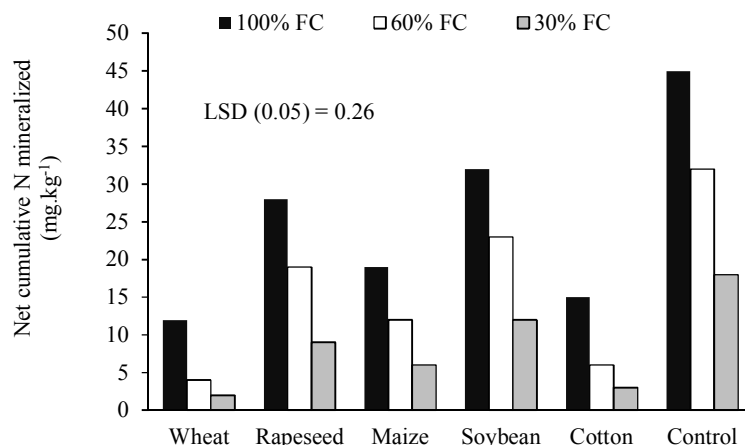
از آنجایی که بقایای گیاهی مورد استفاده در این آزمایش در مرحله رسیدگی و پس از برداشت محصول از مزرعه جمع‌آوری شده و نیز ترکیبی از اندام‌های هوایی و ریشه گیاه بودند، نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها بالا بود و به همین علت در کل دوره آزمایش معدنی شدن خالص نیتروژن مشاهده نگردید، اما در مقایسه بین پنج نوع بقایای گیاهی، ملاحظه می‌گردد که با کاهش کیفیت بقایا و افزایش نسبت کربن به نیتروژن، میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در پایان آزمایش و نیز سرعت معدنی شدن نیتروژن کاهش نشان داد (شکل‌های ۵ و ۶).

اثر متقابل رطوبت خاک و بقایای گیاهی بر نیتروژن معدنی شده



شکل ۵- رابطه بین کیفیت بقایای گیاهی مختلف و نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص

Fig. 5- Relationship between different residue quality and net cumulative N mineralized



شکل ۶- اثر متقابل رطوبت خاک و بقایای گیاهی مختلف بر میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص
FC: ظرفیت زراعی

Fig. 6- Interactive effects of soil moisture and different plant residues on net cumulative N mineralized
FC: Field Capacity

رطوبت خاک نیز که از عوامل مهم تعیین کننده میزان تجزیه بقایا و فعالیت زیست توده میکروبی خاک است، نقش مهمی در معدنی شدن نیتروژن ایفاء نمود به طوری که در تیمارهای با رطوبت بالاتر میزان نیتروژن معدنی بیشتر بود.

نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که کیفیت بقایا تأثیر به سزایی بر میزان نیتروژن معدنی خاک داشته و بقایای با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر سبب غیرمتحرک شدن نیتروژن معدنی خاک گردید.

منابع

- Abiven, S., Recous, S., Reyes, V., and Oliver, V. 2005. Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. *Biology and Fertility of Soils* 42: 119-128.
- Ajwa, H.A., and Tabatabai, M.A. 1994. Decomposition of different organic materials in soils. *Biology and Fertility of Soils* 18: 175-182.
- Amador, J.A., Görres, J.H., and Savin, M.C. 2005. Role of soil water content in the carbon and N dynamics of *Lumbricus terrestris* L. burrow soil. *Applied Soil Ecology* 28: 15-22.
- Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Crop residue management strategies to reduce N losses-interaction with crop N supply. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32: 981-996.
- Azam, F., Simmons, F.W., and Mulvaney, R.L. 1993. Mineralization of N from plant residues and its interaction with native soil N. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 1787-1792.
- Azam, F., Sajjad, M.H., Lodhi, A., and Qureshi, R.M. 2005. Changes in forms of N During decomposition of leguminous/non-leguminous plant residues in soil and fate of ¹⁵N-labelled fertilizer applied to wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 4: 392-400.
- De Neve, Hartmann, R., and Hofman, G. 2003. Temperature effects on N mineralizing: changes in soil solution composition and determination of temperature coefficients by TDR. *European Journal of Soil Science* 54: 49-61.
- Fosu, M., Kühne, R.F., and Vlek, P.L.G. 2007. Mineralization and microbial biomass dynamics during decomposition of four leguminous residues. *Journal of Biological Sciences* 7: 632-637.
- Franzlubbers, K., Weaver, R.W., Juo, A.S.R., and Franzluebbbers, A.J. 1994. Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposing in moist and in repeatedly dried and wetted soil. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1379-1387.
- Green, C.J., and Blackmer, A.M. 1995. Residue decomposition effects on nitrogen availability to corn following corn or

- soybean. *Soil Science Society of America Journal* 59: 1065-1070.
- Hemwong, S., Cadisch, G., Toomsan, B., Limpinuntana, V., Vityakon, P., and Patanothai, A. 2008. Dynamics of residue decomposition and N₂ fixation of grain legumes upon sugarcane residue retention as an alternative to burning. *Soil and Tillage Research* 99: 84-97.
- Henriksen, T.M., and Breland, T.A. 1999. Evaluation of criteria for describing crop residue degradability in a model of carbon and nitrogen turnover in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 1135-1149.
- Ibewiro, B., Sanginga, N., Vanlauwe, B., and Merckx, R. 2000. Nitrogen contributions from decomposing cover crop residues to maize in a tropical derived savanna. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 57: 131-140.
- Kara, E.E. 2000. Effects of some plant residues on nitrogen mineralization and biological activity in soils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24: 457-460.
- Knoepp, J.D., and Swank, W.T. 2002. Using soil temperature and moisture to predict forest soil nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils* 36: 177-182.
- Mary, B., Recous, S., Darwis D., and Robin, D. 1996. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. *Plant and Soil* 181: 71-82.
- Mendham, D.S., Kumaraswamy, S., Balasundaran, M., Sankaran, K.V., Corbeels, M., Grove, T.S., O'Connell A.M., and Rance, S.J. 2004. Legume cover cropping effects on early growth and soil nitrogen supply in eucalypt plantations in south-western India. *Biology and Fertility of Soils* 39: 375-382.
- Nicolardot, B., Fauvet, G., and Cheneby, D. 1994. Carbon and nitrogen cycling through soil microbial biomass at various temperatures. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 253-261.
- Nicolardot, B., Recous, S., and Mary, B. 2001. Simulation of C and N mineralization during crop residue decomposition: a simple dynamics model based on the C:N ratio of the residue. *Plant and Soil* 228: 83-103.
- Nicolardot, B., Bouziri, L., Bastian, F., and Ranjard, L. 2007. A microcosm experiment to evaluate the influence of location and quality of plant residues on residue decomposition and genetic structure of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 1631-1644.
- Palm, C.A., Gachengo, C., Delve, R., Cadisch, G., and Giller, K.E. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83: 27-42.
- Raiesi, F. 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 13-20.
- Shafiei, S., Golchin, A., and Delavar, M.A. 2016. Effect of residue nitrogen concentration and time duration on carbon mineralization rate of alfalfa residues in regions with different climatic conditions. *Journal of Agroecology* 8(3): 397-416. (In Persian with English Summary)
- Sakala, W.D., Cadisch, G., and Giller, K.E. 2000. Interactions between residues of maize and pigeonpea and mineral N fertilizers during decomposition and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 679-688.
- Sierra, J. 1997. Temperature and soil moisture dependent of N mineralization in intact soil cores. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 1557-1563.
- Soon, Y.K., and Abboud, S. 2002. Comparison of the decomposition and N and P mineralization of canola, pea and wheat residues. *Biology and Fertility of Soils* 36: 1017-1026.
- Stark, J.M., and Firestone, M.K. 1996. Kinetic characteristics of ammonium oxidizer communities in a California oak woodland-annual grassland. *Soil Biology and Biochemistry* 28: 1307-1317.
- Wang, C., Wan, S., Xing, X., Zhang, L., and Han, X. 2006. Temperature and soil moisture interactively affected soil net N mineralization in temperate grassland in Northern China. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1101-1110.
- Zaccheo, P., Cabassa, G., Riccab, G., and Crippaa, L. 2002. Decomposition of organic residues in soil: experimental technique and spectroscopic approach. *Organic Geochemistry* 33: 327-345.



Net Nitrogen Mineralization as Affected by Residue Quality and Soil Moisture

E. Boroumand Rezazadeh¹, A. Koocheki^{2*}, P. Rezvani Moghaddam², M. Nassiri Mahallati² and A. Lakzian³

Submitted: 04-09-2012

Accepted: 05-01-2013

Boroumand Rezazadeh, E., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2017. Net nitrogen mineralization as affected by residue quality and soil moisture. Journal of Agroecology 9(3): 794-804.

Introduction

Soil organic matter is one of the main sources of carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur and the agronomic value of organic materials depends on their nitrogen release. Nitrogen dynamics varies considerably depending on soil properties (e.g. soil texture and moisture content), residue location (incorporation or surface placement residues) and intrinsic characteristics of residues, especially carbon to nitrogen ratio. The presence of carbonaceous compounds easily accessible by microorganisms increases organic nitrogen mineralization whereas more recalcitrant organic residues with large amounts of lignin reduce nitrogen release. Nitrogen content of residue which is rich in N releases and accumulates in soil during decomposition. Considerable portion of nitrogen content of non-leguminous residues harvested at green stage, with C/N ratio lower than 25, might be also released when the residues are incorporated into the soil.

Material and Methods

In order to study the nitrogen mineralization patterns of residues with different qualities and soil moisture contents, an experiment was conducted at Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Iran as slit-plot in time arrangement based on a completely randomized design with three replications. Five mature plant residues including wheat (*Triticum aestivum* L.), oilseed rape (*Brassica napus* L.), maize (*Zea mays* L.), soybean (*Glycine max* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) were used. Un-amended soil was considered as control. Soil moisture consisted of three levels of 30, 60 and 100 percentage of field capacity. Litterbag method was used and sampling was conducted in 10, 20, 50, 90, 140, 190, 240, 290, 340 and 390 days after incubation (25°C and darkness) to measure mineral nitrogen. Net cumulative N mineralized was calculated as the difference between mineral nitrogen in each sampling and at day 0 and net N mineralization rate was defined as mineralized nitrogen divided by incubation period. Data analysis was performed using Minitab 16. Means were compared by Duncans' test at a significance level of 0.05.

Results and Discussion

Results indicated that soil mineral nitrogen was almost the same in all three levels of soil moisture in early day of the experiment and increased during incubation period. Mineral nitrogen was significantly affected by residue quality and soil moisture content. Soil moisture as a key factor in residue decomposition and microbial biomass activity affected nitrogen mineralization as the highest (59.9 mg.kg⁻¹) and lowest (26.9 mg.kg⁻¹) mineral nitrogen was found in soil moisture content of 100 and 30% FC, respectively. Net cumulative N mineralized was increased in un-amended control soil during the incubation period and reached to 61 mg.kg⁻¹ in day 390 but a different trend was observed in amended soils. In these treatments mineral nitrogen changes had two distinct phases: the first phase included mineral nitrogen immobilization and the intensity and duration of this phase was related to residue type and especially their initial nitrogen content. The second phase lasted to the end of the incubation period, included nitrogen mineralization. Soil amendment with plant residue led to soil nitrogen immobilization. The highest immobilization was observed in soils containing wheat (-7 mg.kg⁻¹) and cotton (-5.2 mg.kg⁻¹) residues (containing high carbon to nitrogen ratio). No net N mineralization was found in amended soils. The highest net N mineralization rate was found in control followed by soils amended with soybean residues (0.14 mg.kg⁻¹.d⁻¹) and the lowest in soils amended with wheat and cotton.

Conclusion

1, 2 and 3- PhD in Crop Ecology, Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding and Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.51332

Results of the present study indicated that the net N mineralization rate and soil mineral nitrogen was significantly affected by residue quality and residues with higher nitrogen content led to nitrogen immobilization. Soil moisture also played an important role in nitrogen mineralization as higher mineral nitrogen was found in soils with higher moisture content.

Keywords: C:N Ratio, Field Capacity, Immobilization, Litterbag, Net Cumulative-N Mineralized



تأثیر کاربرد ورمی کمپوست، محلول پاشی برگی چای کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

مریم صفائی¹، اصغر رحیمی²، بنیامین ترابی³ و آزاده خرم قهفرخی^{*1}

تاریخ دریافت: 1394/09/11

تاریخ پذیرش: 1395/05/28

صفائی، م.، رحیمی، ا.، ترابی، ب.، و خرم قهفرخی، آ. 1396. تأثیر کاربرد ورمی کمپوست، محلول پاشی برگی چای کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 9(3): 805-820.

چکیده

تجزیه و تحلیل رشد، روش کاربردی و با ارزش در بررسی کمی رشد، نمو و تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود. به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کود ورمی کمپوست و محلول پاشی برگی چای کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان انجام شد. تیمارها شامل کاربرد ورمی کمپوست (صفر، 4، 8 و 12 تن در هکتار) به عنوان فاکتور اول و محلول پاشی (آب مقطر به‌عنوان شاهد، اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست، اسید هیومیک تجاری و چای کمپوست) به عنوان فاکتور دوم بود. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی کمپوست و محلول پاشی و حداکثر سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی کمپوست، محلول پاشی و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی قرار گرفتند. بیش‌ترین میزان سرعت رشد محصول (35/05 گرم بر مترمربع بر روز) و سرعت جذب خالص (13/42 گرم بر مترمربع برگ بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست به‌دست آمد. همچنین در بین تیمارهای کودی، کاربرد 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و در تیمار محلول پاشی، محلول پاشی چای کمپوست باعث افزایش شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کود زیستی ورمی کمپوست به میزان 12 تن در هکتار و محلول پاشی چای کمپوست مناسب‌ترین تیمار برای افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه گلرنگ در راستای نیل به کشاورزی پایدار بود.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، عملکرد دانه، ماده خشک

مقدمه

مورد توجه است (Amini et al., 2008). کشت گلرنگ در ابتدا به‌منظور استخراج رنگ از گلبرگ‌های آن انجام می‌گرفت ولی امروزه این گیاه برای تولید روغن، کنجاله، مواد دارویی، لوازم آرایشی و زینتی نیز کشت می‌شود (Yasari et al., 2013). کودهای شیمیایی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی عملکرد گیاهان زراعی مطرح می‌باشند ولی استفاده زیاد از آن‌ها به‌ویژه هنگامی که با عملیات مدیریتی نامناسب مثل سوزاندن بقایای گیاهی همراه باشد ماده آلی خاک را به شدت کاهش می‌دهد (Pyrasteh Anoosheh et al., 2010). همچنین کاربرد زیاد کودهای شیمیایی با وجود نمک‌های

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. گیاهی یک-ساله و از تیره مرکبه⁴ است که با توجه به سازگاری بالا و نیاز آبی کم

1. 2 و 3- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: Azadeh_khoram@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.51879

4- Asteraceae

(Astarai & Ivani, 2008).

تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی است برای توجیه و تفسیر عکس‌العمل‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی که گیاه در طول دوره رشد خود با آن مواجه می‌گردد. با این روش شناخت بهتری از چگونگی انتقال مواد ساخته شده فتوسنتزی به اندام‌های مختلف و انباشت آن‌ها از طریق اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده در طول دوره رشد گیاه به دست می‌آید (Ali et al., 2002). این روش بر مبنای اندازه‌گیری متوالی وزن خشک و سطح برگ گیاه منفرد و یا پوشش‌های گیاهی استوار است (Sarmadnia & Koocheki, 1993). هدف اصلی از روش تجزیه رشد و به کارگیری معادلات رشد، توضیح و توصیف چگونگی عکس‌العمل گیاه به شرایط محیطی و نیز تیمارهای به کار رفته روی گیاه است (Ali et al., 2002).

هدف از تحقیق حاضر، بررسی امکان مصرف ورمی‌کمپوست به عنوان کود زیستی در زراعت گلرنگ، همچنین بررسی عکس‌العمل گلرنگ به محلول‌پاشی چای کمپوست و اسید هیومیک و تأثیر ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی چای کمپوست و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشدی گیاه، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در سال 1392 به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (صفر، 4، 8 و 12 تن در هکتار به صورت قبل از کاشت) به عنوان فاکتور اول و فاکتور دوم شامل چهار سطح محلول‌پاشی آب مقطر به عنوان شاهد، چای کمپوست، اسید هیومیک تجاری و اسید هیومیک حاصل از ورمی‌کمپوست بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک، کرت‌بندی و اضافه کردن کود زیستی ورمی‌کمپوست بود. فاصله بین ردیف‌ها 50 سانتی‌متر، اندازه هر کرت 2/5×2 متر و تراکم 40 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. رقم گلرنگ مورد استفاده گلدشت بود و کشت در اوایل اسفند ماه 1392 صورت گرفت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری‌های بعدی هر هفت روز یک‌بار انجام گرفت. برای تهیه محلول چای کمپوست ترکیب ورمی‌کمپوست، اسید هیومیک، مخمر، عصاره جلبک دریایی و ملاس چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به مدت 24 ساعت در 50 لیتر آب قرار گرفته و به خوبی هم خورد و با پمپ هوا،

مخرب و قوی در درازمدت باعث تخریب خصوصیات فیزیکی‌وشیمیایی خاک و در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین، نیاز فوری به تثبیت و افزایش بهره‌وری از طریق استفاده صحیح کودهای آلی نظیر ورمی‌کمپوست می‌تواند به غنی‌سازی خاک منطقه ریشه کمک کند. ورمی‌کمپوست نتیجه توانایی برخی از کرم‌های خاکی در مصرف طیف وسیعی از پس‌مانده‌های آلی نظیر لجن فاضلاب، پس‌مانده‌های حیوانی، بقایای گیاهی و پس‌مانده‌های صنعتی است (Cavender et al., 2003). این کود غنی از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف (Pant et al., 2011) و مقادیر زیادی از مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود زیست‌فراهمی عناصر غذایی خاص، به‌ویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Rashtbari & Alikhani, 2012). ورمی‌کمپوست دارای هومات می‌باشد که دارای اثرات مشابه هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند و وجود آن‌ها همراه مواد آلی در ورمی‌کمپوست باعث تحریک رشد گیاه و افزایش ماده خشک تولیدی می‌شود (Atiyeh et al., 2000). عصاره هوازی ورمی‌کمپوست که به عنوان چای کمپوست شناخته شده است، توجه تولیدکنندگان و پژوهشگران را به خود جلب کرده است. تأثیر مثبت چای کمپوست بر رشد گیاه تا حد زیادی به نیتروژن و جبرلین موجود در چای و جذب مواد مغذی توسط گیاه مرتبط است و مصرف مداوم آن می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و غلظت مواد معدنی در بافت‌های گیاهی شود (Pant et al., 2012). چای کمپوست حاوی جمعیت بالایی از میکروارگانیسم‌های زنده نظیر ریزوباکتر، تریکودرما و گونه‌های سودوموناس می‌باشد که باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (Loveland & Webb, 2003).

اسید هیومیک اصلی‌ترین بخش مواد هیومیکی و مهم‌ترین جزء ماده آلی خاک (هوموس) را تشکیل می‌دهد. اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری آلی طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Ghorbani et al., 2010). در مطالعه‌ای آياس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد بیولوژیک می‌شود. در مطالعه‌ای کاربرد کود اسید هیومیک موجب افزایش وزن خشک برگ، ساقه و وزن خشک کل در لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) شد

هواده‌ی شد و در نهایت، چای کمپوست هوازی آماده گردید و با همین غلظت محلول پاشی گردید (Bess, 2000).

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1-Physical and Chemical characteristics of soil

بافت Texture	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	اسیدی ته pH	شوری (میلی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn (mg.kg ⁻¹)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu (mg.kg ⁻¹)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن درصد N (%)
لوم شنی Sandy loam	0.93	7.8	6.5	8.35	0.519	0.82	1.44	12	3810	0.1

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست
Table 2- Chemical characteristics of vermicompost

اسیدیته pH	شوری (میلی‌زیمنس بر متر) EC mS.m ⁻¹	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn (mg.kg ⁻¹)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu (mg.kg ⁻¹)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم (درصد) K (%)
7.81	1.63	450	138	45	5200	3.65	1.18	0.55

سطح برگ مدل Delta T, WD₃, UK اندازه‌گیری شدند. در ادامه به منظور بررسی روند تجمع ماده خشک کل، برگ‌ها از ساقه جدا شد و در پاکت‌های جداگانه درون آون الکتریکی به مدت 48 ساعت در دمای 72 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با دقت 0/01 گرم توزین شدند. به منظور تجزیه و تحلیل رشد گیاه از معادلاتی که توسط مک دونالد (McDonald, 1999) ارائه شد، استفاده گردید. به‌منظور بررسی دقیق‌تر و علمی‌تر شاخص‌های رشد مورد مطالعه از واحد درجه-روز رشد به جای فاصله زمانی برای بررسی روند شاخص‌های رشد در طی فصل رشد استفاده شد. این روش نسبت به فاصله زمانی نوسانات فصلی کم‌تری دارد و آن را تعدادی از محققان پیشنهاد کرده‌اند (Karimi & Siddique, 1991). درجه-روزهای رشد در هر مرحله نمونه‌برداری با توجه به آمارهای هواشناسی منطقه و دماهای پایه و حداکثر و حداقل گیاه و با استفاده از معادله (1) محاسبه شد:

$$GDD = \sum n[(T_{max} + T_{min})/2] - T_b \quad (1)$$

که در این معادله، GDD: درجه-روز رشد، T_{max}: حداکثر دمای شبانه روز، T_{min}: حداقل دمای شبانه روز، T_b: دمای پایه و n: تعداد روزهای رشد است. دمای پایه برای گلرنگ پنج درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. همچنین دمای بالاتر از 35 درجه و پایین‌تر از پنج درجه به ترتیب 35 و 5 درجه سانتی‌گراد منظور شدند (Koocheki &

اسید هیومیک تجاری از نوع هیومیکس¹ بود و آماده‌سازی اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست به روش آلکالین صورت گرفت (Norman et al., 2006). محلول پاشی در اوایل، اواسط و اواخر گل‌دهی در صبح زود صورت گرفت. قبل از انجام آزمایش از عمق 0-30 سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری صورت گرفت و برخی از خصوصیات ورمی کمپوست در جدول 2 ذکر شده است.

برای نمونه‌برداری نیم متر از بالا و پایین هر کرت به‌عنوان حاشیه منظور شدند و از سایر قسمت‌های هر کرت برای نمونه‌برداری در طول فصل رشد استفاده گردید. نمونه‌برداری‌ها از 30 روز پس از کاشت شروع شد به‌گونه‌ای که 10 مرحله نمونه‌برداری تخریبی در فواصل زمانی ده روزه برای تعیین روند تجمع وزن خشک کل، تغییرات شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فتوسنتز خالص و سرعت رشد نسبی انجام گرفت. در هر نمونه‌برداری شش بوته از سطح خاک قطع و داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ، سطح تمامی برگ‌های شش بوته مربوط به هر کرت با دستگاه سنجش

نتایج و بحث

نتایج این تحقیق حاکی از این بود که استفاده از کود ورمی کمپوست و محلول پاشی موجب افزایش صفاتی نظیر شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان فتوسنتز خالص، سرعت رشد نسبی و ماده خشک کل در گیاه گلرنگ شد.

(Bannayan Aval, 1994). در این تحقیق نقاط حداکثر مربوط به شاخص‌های سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص در 1145 درجه-روز رشد و همچنین حداکثر وزن خشک کل در 1847 درجه-روز رشد و حداکثر سرعت رشد نسبی در 277 درجه-روز رشد در تیمارهای مختلف مورد آنالیز واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفت. پس از جمع‌آوری داده‌ها تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر ورمی کمپوست و محلول پاشی

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of growth indices and grain yield of safflower affected as vermicompost and spraying

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	حداکثر شاخص سطح برگ LAI maximum	حداکثر سرعت رشد محصول CGR maximum	حداکثر ماده خشک کل TDM maximum	حداکثر سرعت جذب خالص NAR maximum	حداکثر سرعت رشد نسبی RGR maximum	عملکرد دانه Seed yield
بلوک Block	2	0.248 **	14.4 ^{ns}	20795 *	0.055 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	2266374**
ورمی کمپوست (A) Vermicompost (A)	3	0.722 **	292.16 **	583486 **	20.57 **	0.0009 **	3426091**
محلول پاشی (B) Foliar application (B)	3	1.19 **	399.97 **	188342**	48.41 **	0.0079 **	1263066**
A×B	9	0.064 ^{ns}	35.98 **	9695 ^{ns}	2.97 *	0.0003 ^{ns}	372495 ^{ns}
خطا Error	30	0.031	11.97	6160	1.05	0.0002	301209
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		9.37	16.70	8.82	10.46	13.03	17.77

** در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار، * در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار**Significant at 1% probability level, * significant at 5% probability level, ^{ns} no significant difference

شاهد در زمان دریافت حدود 1145 درجه-روز رشد به‌دست آمد. همچنین بالاترین میزان شاخص سطح برگ از تیمار محلول پاشی با چای کمپوست و کم‌ترین میزان آن از تیمار شاهد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و محلول پاشی چای کمپوست موجب افزایش 35 درصدی شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد (جدول 4). در کلیه تیمارهای مورد بررسی، روند کاهش شاخص سطح برگ از حدود 1145 درجه-روز رشد (ظهور اولین گل) مشاهده گردید. معمولاً قسمت اعظم رشد گونه‌های پربازده در ابتدای فصل رویش در جهت توسعه سطح برگ‌ها صورت می‌گیرد.

شاخص سطح برگ¹ (LAI)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی ورمی کمپوست و محلول پاشی بر حداکثر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول 3). با افزایش سطوح کودی میزان شاخص سطح برگ افزایش یافت و کاربرد 12 تن در هکتار ورمی کمپوست موجب افزایش 26 درصدی شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص سطح برگ از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و کم‌ترین میزان آن از تیمار

جدول 4- مقایسه میانگین اثر ورمی کمپوست و محلول پاشی برگ‌ی چای کمپوست بر حداکثر مقادیر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه گلرنگ
Table 4- Mean comparisons the effects of vermicompost and foliar application on maximum growth indices and seed yield of safflower

تیمارهای آزمایش Experiment treatments	حداکثر شاخص سطح برگ LAI maximum	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز) CGR maximum (g.m ⁻² .day ⁻¹)	حداکثر ماده خشک کل (گرم بر متر مربع) TDM maximum (g.m ⁻²)	حداکثر سرعت جذب خالص (گرم بر متر مربع برگ بر روز) NAR maximum (g.m ⁻² .day ⁻¹)	حداکثر سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم بر روز) RGR maximum (g.g ⁻¹ .day ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)
سطوح ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost level (t.ha ⁻¹)						
0	1.54 ^{c*}	14.47 ^c	637 ^d	8.08 ^c	0.103 ^b	2644 ^b
4	1.71 ^b	19.31 ^b	837 ^c	9.59 ^b	0.117 ^a	2639 ^b
8	1.97 ^a	23.25 ^a	911 ^b	10.61 ^a	0.118 ^a	3358 ^a
12	2.09 ^a	25.78 ^a	1170 ^a	11.02 ^a	0.123 ^a	3709 ^a
محلول پاشی Foliar application						
آب مقطر Distilled water	1.41 ^c	13.66 ^c	737 ^c	7.31 ^c	0.085 ^c	2664 ^b
اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست Acid humic derived from vermicompost	1.84 ^b	20.59 ^b	882 ^b	9.88 ^b	0.112 ^b	3013 ^{ab}
اسید هیومیک تجاری Commercial acid humic	1.86 ^b	20.76 ^b	892 ^b	9.90 ^b	0.116 ^b	3280 ^a
چای کمپوست Compost tea	2.18 ^a	27.80 ^a	1044 ^a	12.23 ^a	0.148 ^a	3393 ^a

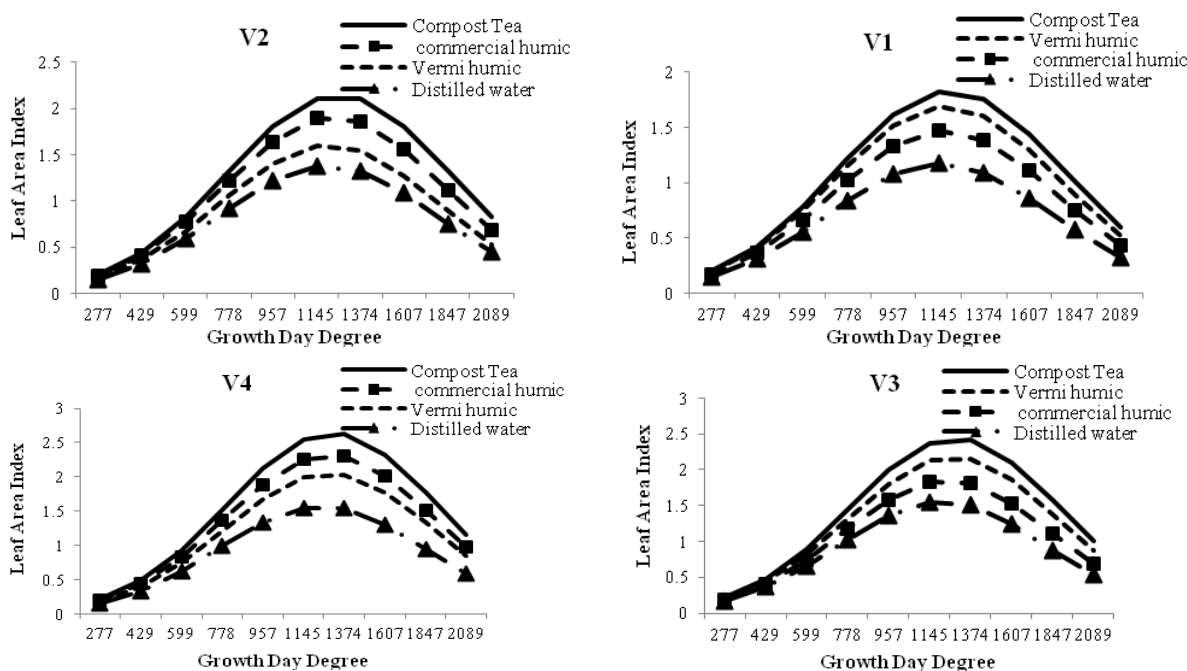
* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک برای هر جزء بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارد
*Means in each column for each component followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test.

شکل 1 کاربرد 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست موجب افزایش شاخص سطح برگ در طی زمان‌های مختلف در گیاه گلرنگ شد. در مطالعه‌ای کاربرد 10 تن در هکتار ورمی کمپوست باعث افزایش 34 درصدی سطح برگ سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) نسبت به تیمار شاهد شد (Hameeda et al., 2007). در آزمایشی کاربرد پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و 25 درصد کود شیمیایی باعث افزایش شاخص سطح برگ گیاه ذرت (*Zea mays* L.) شده است (Patra & Biswas, 2009). چای کمپوست غنی از میکروارگانیزم‌هایی است که باعث افزایش معنی‌دار تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نظیر جیبرلین و سیتوکینین می‌شوند (Pant et al., 2011) از طرفی وجود سیتوکینین

در نتیجه آن تشعشع خورشیدی نیز با کارایی بیش‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sarmadnia & Koocheki, 1993). معمولاً این ویژگی باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه باعث افزایش عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی می‌گردد. گزارش شده ورمی کمپوست دارای عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاهان می‌باشد و عناصری مانند نیتروژن به فرم نیترات در ورمی کمپوست به راحتی برای گیاهان قابل جذب هستند (Alikhani, & Rashtbari, 2012). از این‌رو، می‌توان گفت که ورمی کمپوست موجب افزایش رشد برگ‌ها و افزایش سطح آن‌ها شده است و در نتیجه سطح برگ نسبت به زمینی که اشغال کرده است بیش‌تر از تیمارهایی خواهد بود که مقدار ورمی کمپوست کم‌تری در آن‌ها مصرف شده است. با توجه به

شلغم (*Brassica rapa* L.) نسبت به تیمار شاهد شد، درحالی که بیشترین سطح برگ در تیمار چای کمپوست هوادهی نشده بود. تیمارهای آزمایش شامل چای کمپوست هوادهی نشده، چای کمپوست هوادهی شده با جمعیت میکروبی، چای کمپوست هوادهی شده و شاهد بود (Pant et al., 2009). پانت و همکاران (Pant et al., 2009) در تحقیق دیگر گزارش کردند که مصرف چای کمپوست حاصل از کمپوست کود مرغی باعث افزایش سطح برگ گیاه شلغم شده است.

باعث افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلولی شده که در نتیجه آن سطح برگ افزایش می یابد (Nemati Darbandi et al., 2013). در مورد اثرات مثبت محلول پاشی چای کمپوست بر شاخص سطح برگ نیز صدیقی و همکاران (Siddiqui et al., 2008) افزایش سطح برگ را در گیاه دارویی آب بشقابی (*Centella asiatica* L.) گزارش کردند. در آزمایشی گزارش شد، چای کمپوست استخراج شده به روش های مختلف باعث افزایش معنی دار سطح برگ گیاه



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی

V₁: شاهد (صفر)، V₂: 4، V₃: 8 و V₄: 12 تن بر هکتار ورمی کمپوست

Fig. 1- Leaf area index change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application
V₁: control (0), V₂: 4, V₃: 8 and V₄: 12 t.ha⁻¹ vermicompost

به دست آمد که اختلاف معنی داری با تیمار 8 تن در هکتار ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست نداشت و کمترین آن (10/63 گرم بر مترمربع بر روز) از تیمار شاهد به دست آمد (جدول 5). همان طور که در شکل 2 مشاهده می شود سرعت رشد محصول ابتدای فصل رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و کم بودن سطح دریافت کننده تابش (برگ ها) کم است، اما در اواسط دوره رشد با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ، جذب تابش و سرعت رشد محصول افزایش می یابد و در اواخر فصل رشد روند کاهشی در سرعت رشد محصول مشاهده شد و این زمانی رخ می دهد که گیاه به

سرعت رشد محصول¹ (CGR)

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به سرعت رشد محصول در زمان دریافت حدود 1145 درجه-روز رشد نشان داد که اثر تیمارهای مربوط به اثرات اصلی ورمی کمپوست، محلول پاشی و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی بر حداکثر سرعت رشد محصول در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول 3). در این آزمایش بیشترین سرعت رشد محصول (35/05 گرم بر مترمربع بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست

1- Crop growth rate

جای تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر به انتقال مواد از اندام‌های مختلف به دانه‌ها می‌پردازد.

جدول 5- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی بر حداکثر سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص گلرنگ

Table 5- Means comparison of interaction effect of vermicompost and foliar application on CGR and NAR maximum of safflower

سطوح ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost level (t.ha ⁻¹)	محلول پاشی Foliar application	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز) CGR maximum (g.m ⁻² .day ⁻¹)	حداکثر سرعت جذب خالص NAR (گرم بر متر مربع برگ بر روز) maximum (g.m ⁻² .day ⁻¹)
0	Distilled water آب مقطر	10.63 ^{l*}	5.31 ^h
	اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست Acid humic derived from vermicompost	15.14 ^{ghi}	9.05 ^{ef}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	13.69 ^{hi}	6.94 ^{gh}
	چای کمپوست Compost tea	18.42 ^{efgh}	11.04 ^{bcd}
4	Distilled water آب مقطر	14.28 ^{hi}	6.99 ^{gh}
	اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست Acid humic derived from vermicompost	17.70 ^{fgh}	8.88 ^{ef}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	20.92 ^{defg}	10.73 ^{cde}
	چای کمپوست Compost tea	24.35 ^{cde}	11.78 ^{abcd}
8	Distilled water آب مقطر	13.95 ^{hi}	8.32 ^{fg}
	اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست Acid humic derived from vermicompost	26.09 ^{cd}	11.58 ^{abcd}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	19.57 ^{efgh}	9.87 ^{def}
	چای کمپوست Compost tea	33.38 ^{ab}	12.70 ^{ab}
12	Distilled water آب مقطر	15.78 ^{ghi}	8.65 ^{fg}
	اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست Acid humic derived from vermicompost	23.45 ^{cdef}	10.01 ^{def}
	اسید هیومیک تجاری commercial acid humid	28.82 ^{bc}	12.01 ^{abc}
	چای کمپوست Compost tea	35.05 ^a	13.42 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

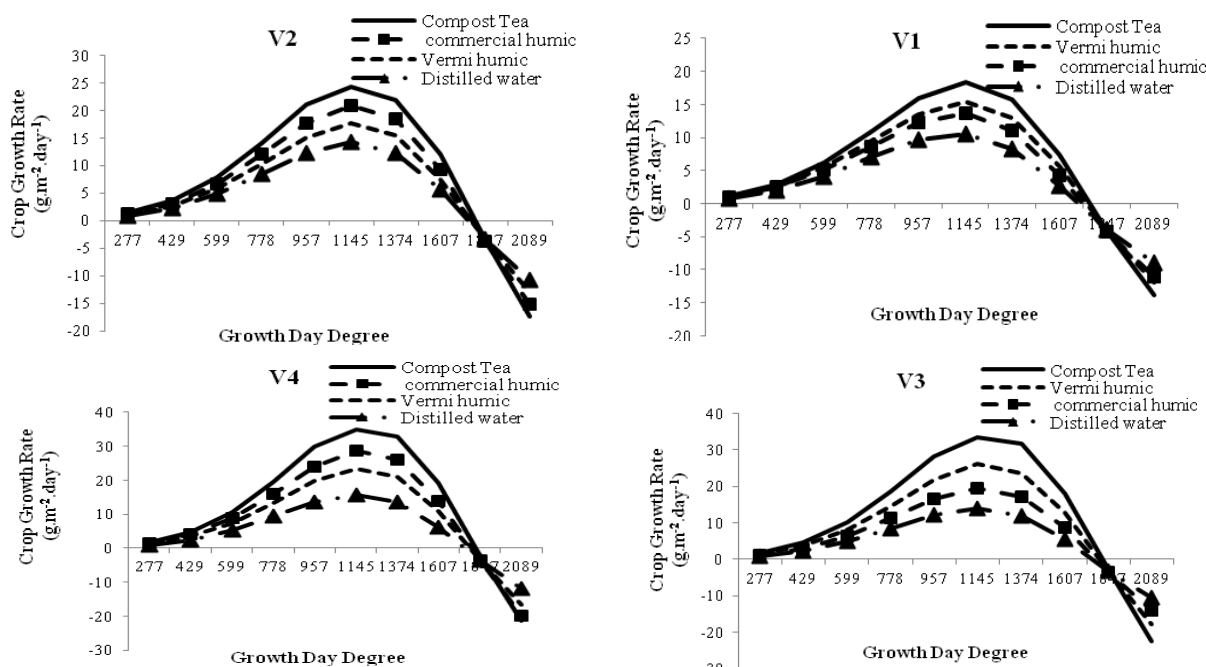
*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at %5 probability level, using Duncan test.

12 تن در هکتار ورمی کمپوست به‌دست آمد که دلیل این امر می‌تواند به خاطر افزایش سطح برگ و گسترش زودتر سطح برگ در این تیمار باشد، درمورد تیمارهای مربوط به محلول پاشی، تیمار محلول پاشی با چای کمپوست بیش‌ترین سرعت رشد محصول را در تمامی سطوح کودی دارا بود. ارزشمندترین ویژگی ورمی کمپوست در عملکرد

به همین دلیل CGR در اواخر دوره رشد منفی شده است (Sarmadnia & Koocheki, 1993). همچنین بالا بودن میزان تنفس نسبت به فتوسنتز جاری در مراحل انتهایی رشد، نیز باعث کاهش شدیدتر سرعت رشد محصول شده است. شکل 2 نشان داد که در بین تیمارهای کودی بیش‌ترین سرعت رشد محصول در اثر کاربرد

توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) و با استفاده از مقادیر 5 و 10 تن ورمی کمپوست در هکتار صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد ورمی کمپوست به طور معنی‌داری سطح برگ، زیست‌توده اندام هوایی و سرعت رشد گیاه توت‌فرنگی را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. آن‌ها این برتری را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد مانند هورمون‌های گیاهی توسط آن‌ها که ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی در ورمی کمپوست بود، نسبت دادند.

آنزیم‌ها، میکروارگانیزم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، لیپاز، آمیلاز و سلولاز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد لزوم گیاهان نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسب موجب افزایش سرعت رشد محصول می‌شود (Sajadi Nik & Yadavi, 2013). در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی گیاه



شکل 2- روند تغییرات سرعت رشد گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی کمپوست و محلول‌پاشی

V₁: شاهد (صفر)، V₂: 4، V₃: 8 و V₄: 12 تن بر هکتار ورمی کمپوست

Fig. 2- Crop growth rate change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application
V₁: control, V₂: 4 V₃: 8 and V₄: 12 t.ha⁻¹ vermicompost

با افزایش سطوح کودی میزان وزن خشک کل گیاه گلرنگ افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد 12 تن در هکتار ورمی کمپوست موجب افزایش 45 درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد در گلرنگ شد. با توجه به جدول 4 بیش‌ترین میزان ماده خشک (1170 گرم بر متر-مربع) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح ورمی کمپوست و شاهد داشت و کم‌ترین آن (637 گرم بر مترمربع) از تیمار شاهد به‌دست آمد. همچنین در تیمارهای محلول‌پاشی بیش‌ترین وزن خشک کل (1044 گرم بر متر-مربع) از تیمار چای کمپوست و کم‌ترین میزان آن از شاهد به‌دست آمد

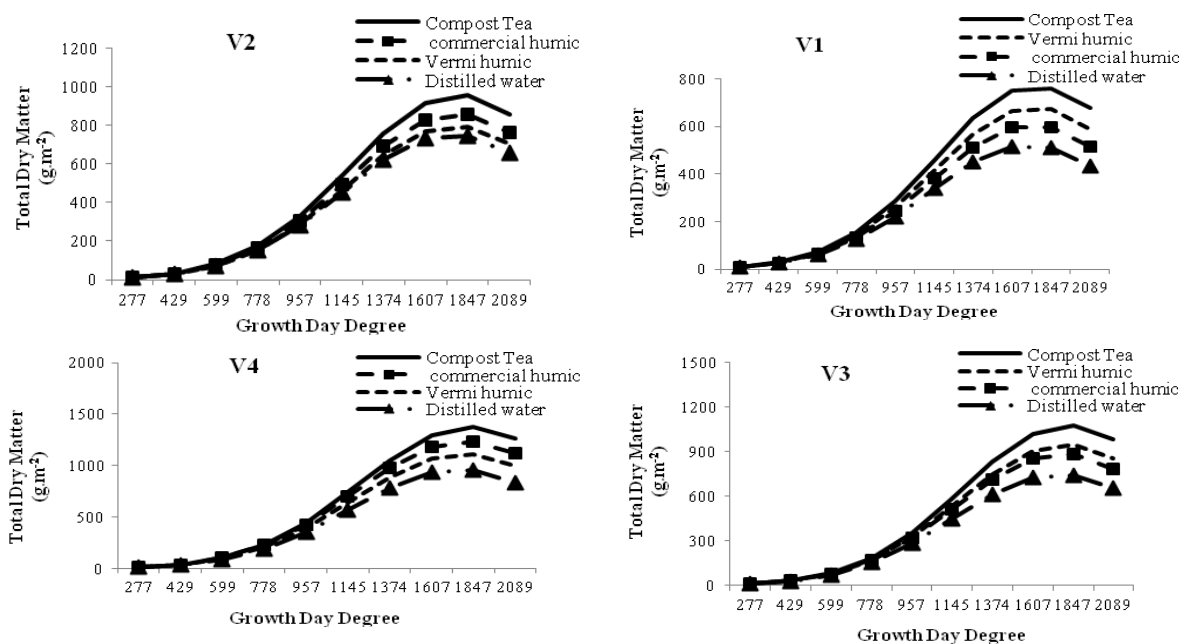
ماده خشک کل¹ (TDM)

وزن خشک بوته در واحد سطح یکی از متغیرهای مهم در تحقیقات به‌زراعی است، زیرا بیانگر توان تولید گیاه در طول فصل رشد است. نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به ماده خشک کل در زمان دریافت حدود 1847 درجه-روز رشد نشان داد که اثر تیمارهای مربوط به اثرات اصلی ورمی کمپوست و محلول‌پاشی بر حداکثر ماده خشک کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3).

1- Total dry matter

طریق بهبود شاخص های فیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و فتوسنتز خالص، تأثیر خود را در افزایش تجمع ماده خشک نشان می دهد. در آزمایشی که با هدف مدیریت تلفیقی عناصر بر رشد، عملکرد و بازده اقتصادی ذرت انجام شد، کاربرد پنج تن درهکتار ورمی کمپوست و 25 درصد کود شیمیایی باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه ذرت شد (Patra & Biswas, 2009). در آزمایشی که روی شبدر سفید (*Trifolium repense* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) انجام شد، بیشترین بیوماس ساقه در شبدر سفید و یونجه به ترتیب از تیمار 5 و 20 درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد و کمترین زیست توده مربوط به تیمار شاهد بود (Junying et al., 2009). در مطالعه ای در گیاه گاوزبان (*Borago officinalis* L.) مصرف چای کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام هوایی شد (El-Din & Hendawy, 2010) که با نتایج ما مطابقت داشت. می توان گفت وجود میکروارگانیسم ها، عناصر ریز مغذی و درشت مغذی موجود در چای کمپوست موجب افزایش وزن خشک گلرنگ شده است.

و محلول پاشی چای کمپوست موجب افزایش 29 درصدی وزن خشک کل در مقایسه با شاهد شد (جدول 4). شکل 3 نشان می دهد که روند افزایش ماده خشک در تیمارهای مختلف از یک روند معقولی پیروی می کند، به طوری که دیده می شود در ابتدای فصل رشد به دلیل پایین بودن دما و کم بودن سطح فتوسنتزی، تجمع ماده خشک روند کندی داشته و این روند در همه تیمارها مشاهده می شود. همان طور که مشاهده می شود، با افزایش کاربرد ورمی کمپوست روند تجمع ماده خشک نیز در گیاهان بیش تر می شود و تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست بالاتر از سایر تیمارها قرار گرفته است. علت افزایش تجمع ماده خشک با افزایش کاربرد ورمی کمپوست، تأثیر مثبت ورمی کمپوست در افزایش رشد رویشی و در نتیجه بالا رفتن وزن خشک گیاه است. همچنین محلول پاشی چای کمپوست در همه سطوح کودی، بیش ترین میزان ماده خشک کل را به خود اختصاص داد. عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست، اعم از کم مصرف و پرمصرف به دلیل تحریک رشد رویشی و نیز انتقال دوباره مواد از برگ های مسن به برگ های جوان و در نتیجه ظهور دیرتر علایم پیری، از



شکل 3- روند تغییرات ماده خشک کل گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی

V₁: شاهد (صفر)، V₂: 4، V₃: 8 و V₄: 12 تن بر هکتار ورمی کمپوست

Fig. 3- Total dry matter change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application
V₁: control, V₂: 4 V₃: 8 and V₄: 12 t.ha⁻¹ vermicompost

در مطالعه‌ای افزایش طول ساقه، سطح برگ و وزن خشک در گیاه موز (*Musa sapientum* L.) به دلیل وجود عناصر میکرو، اسید هیومیک و اسید فولیک موجود در چای کمپوست گزارش شد (Aremu et al., 2012).

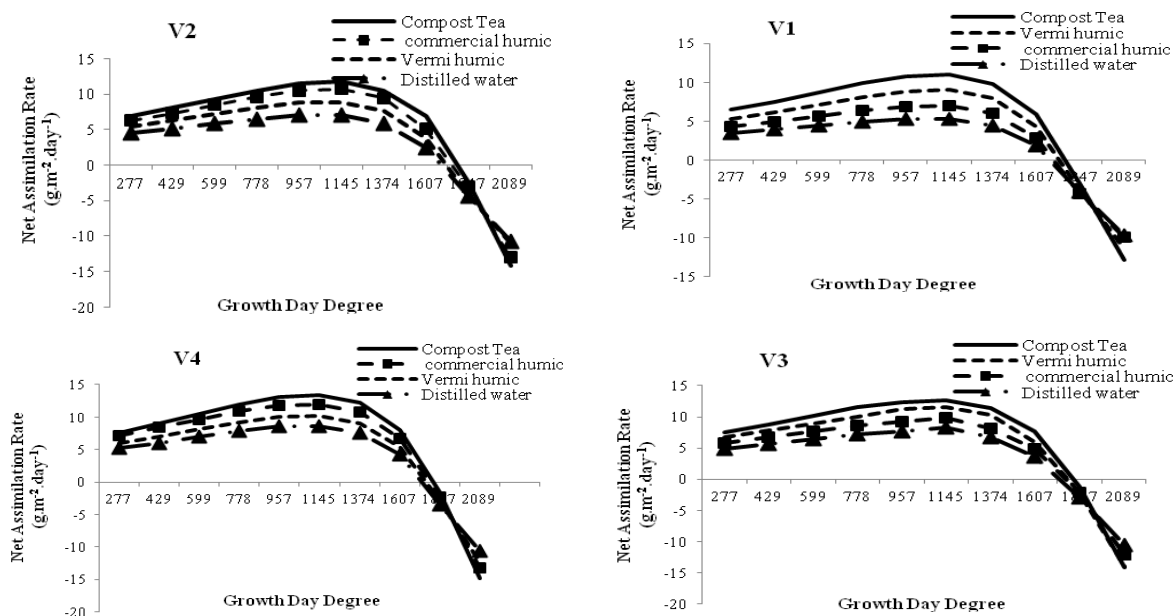
سرعت جذب خالص¹ (NAR)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی ورمی کمپوست و محلول پاشی در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی در سطح پنج درصد بر حداکثر سرعت جذب خالص در 1145 درجه-روز رشد معنی دار بود (جدول 3). با توجه به جدول 5 بالاترین میزان سرعت جذب خالص (13/42 گرم بر متر-مربع برگ بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست و کمترین میزان سرعت جذب خالص (5/31 گرم بر مترمربع برگ بر روز) از تیمار شاهد به دست آمد. همان طور که در شکل 4 مشاهده می شود، تا 1145 درجه-روز رشد سرعت جذب خالص افزایش می یابد، اما پس از آن با گذشت زمان به سرعت کاهش می یابد. در ابتدای فصل رشد چون رشد گلرنگ به صورت رزت است به علت هم پوشانی برگ ها، شدت فتوستنز در برگ ها و میزان جذب خالص با سرعت کمی افزایش پیدا می کند، اما با افزایش رشد، برگ ها از هم باز می شوند و در معرض تشعشع خورشیدی قرار می گیرند و در نتیجه میزان فتوستنز در آن ها بالا می رود. در نهایت، با وجود سطح برگ کم چون ماده خشک در آن ها نسبت به واحد سطح برگ بیش تر می شود، بنابراین میزان جذب خالص نیز افزایش پیدا می کند، اما دوباره با افزایش رشد بوته ها و برگ ها، سایه اندازی آن ها روی یکدیگر بیشتر می شود؛ سپس، شدت فتوستنز و نسبت ماده خشک تولیدی به سطح برگ کاهش می یابد و به دنبال آن میزان جذب نیز کم می شود و نمودار آن روند نزولی پیدا می کند. در مطالعه ای روی ارقام گلرنگ مشاهده شد، روند سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد (مرحله رشد سریع ساقه)، به صورت افزایشی و پس از آن، یعنی در مرحله انتهای گلدهی به صورت کاهش است (Kashiri et al., 2004). همان طور که در روند سرعت جذب خالص (شکل 4) مشاهده می شود تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست به دلیل دارا بودن تعداد برگ بیش تر نسبت به سایر تیمارها در انتهای مراحل رشدی کاهش بیش تری داشته که به نظر می رسد این امر به دلیل سایه اندازی و ریزش برگ ها در مراحل انتهای رشد باشد و تیمار شاهد نیز به دلیل تولید تعداد برگ کم تر در

مراحل انتهای کاهش کم تری داشته است. در مورد تیمارهای محلول پاشی بالاترین سرعت جذب خالص در تمامی تیمارهای کودی از محلول پاشی چای کمپوست به دست آمد. به نظر می رسد که محلول پاشی چای کمپوست با افزایش شاخص سطح برگ باعث کاهش کم تر در سرعت فتوستنز می گردد که این امر می تواند به دلیل گسترش و بسته شدن سریع تر پوشش گیاهی باشد.

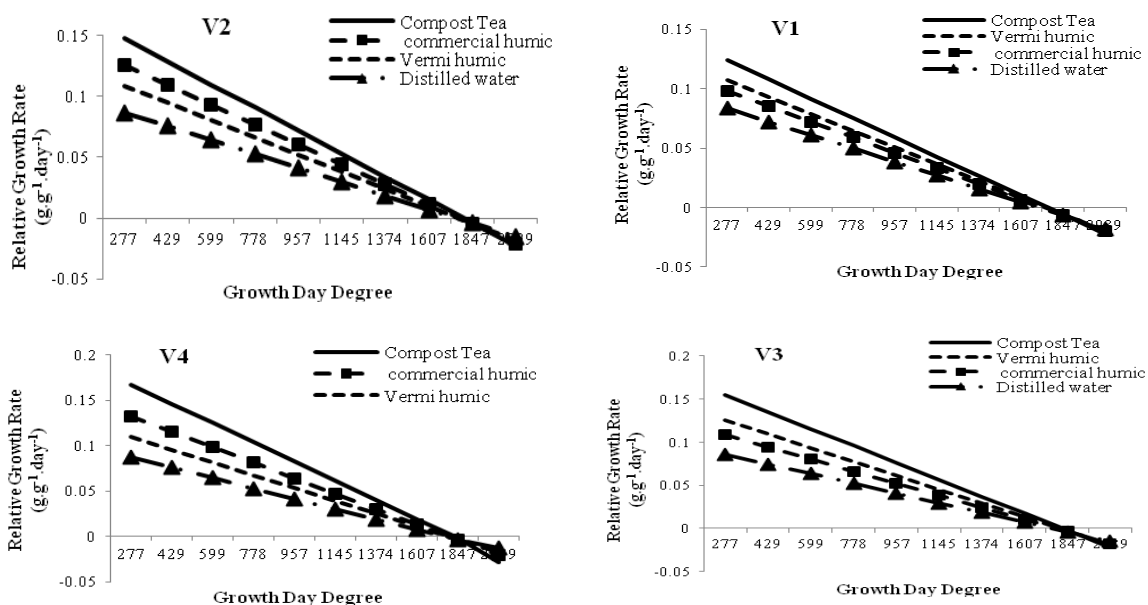
سرعت رشد نسبی² (RGR)

روند تغییرات سرعت رشد نسبی در همه تیمارها تقریباً شبیه هم بود. حداکثر سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد و با دریافت 277 درجه-روز رشد حاصل شد و پس از آن، کاهش یافت. با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر اصلی ورمی کمپوست و محلول پاشی بر حداکثر سرعت رشد نسبی در زمان دریافت 277 درجه-روز رشد در سطح یک درصد معنی دار بود، اما اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول 3). بیش ترین میزان سرعت رشد نسبی (0/123 گرم بر گرم بر روز) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با سایر سطوح ورمی کمپوست نداشت و کم ترین میزان آن (0/103 گرم بر گرم بر روز) از تیمار شاهد به دست آمد. همچنین در تیمارهای محلول پاشی بیش ترین سرعت رشد نسبی (0/148 گرم بر گرم بر روز) از تیمار محلول پاشی چای کمپوست و کم ترین آن (0/085 گرم بر گرم بر روز) از تیمار شاهد به دست آمد (جدول 4). تغییرات سرعت رشد نسبی بر مبنای درجه-روز رشد در ترکیبات تیماری مختلف نشان می دهد که در تمام ترکیبات تیماری، سرعت رشد گیاه با افزایش سن گیاه کاهش یافته است، تغییرات سرعت رشد نسبی (شکل 5) نشان می دهد که در تمام ترکیبات تیماری، سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه کاهش می یابد. به نظر می رسد که در تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست رقابت بر سر آب و مواد غذایی در دوره کم تری از فصل رشد بوده و در نتیجه میزان فتوستنز خالص و سرعت رشد نسبی افزایش بیش تری نسبت به سایر سطوح کودی داشته است. در تیمارهای محلول پاشی، محلول پاشی چای کمپوست بیش ترین مقدار سرعت رشد نسبی را در همه زمان ها و همه سطوح کودی داشت.



شکل 4- روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی
V₁: شاهد (صفر)، V₂: 4، V₃: 8 و V₄: 12 تن بر هکتار ورمی کمپوست

Fig. 4- Net assimilation rate change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application
V₁: control, V₂: 4 V₃:8 and V₄: 12 t.ha⁻¹ vermicompost



شکل 5- روند تغییرات سرعت رشد نسبی گلرنگ تحت تیمارهای مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی
V₁: شاهد (صفر)، V₂: 4، V₃: 8 و V₄: 12 تن بر هکتار ورمی کمپوست

Fig. 5- Relative growth rate change trend of safflower under different vermicompost fertilizer application and foliar application
V₁: control, V₂: 4 V₃:8 and V₄: 12 t.ha⁻¹ vermicompost

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی ورمی کمپوست و محلول پاشی تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه داشت، اما اثر متقابل ورمی کمپوست و محلول پاشی تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه نداشت (جدول 3). به طوری که بیشترین عملکرد دانه (3709 کیلوگرم بر هکتار) از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با تیمار هشت تن در هکتار نداشت و کمترین آن (2639 کیلوگرم بر هکتار) از تیمار چهار تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با شاهد نداشت (جدول 4). استفاده از ورمی کمپوست علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم های مفید خاک (قارچ های میکوریز و میکروارگانیسم های حل کننده فسفات)، با فراهم کردن دسترسی گیاه به عناصر غذایی مورد نیاز آن مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می شود (Arancon et al., 2004). می توان علت افزایش عملکرد دانه را در اثر کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست به بالا بودن شاخص سطح برگ و وزن خشک گیاه نسبت داد. با افزایش شاخص سطح برگ، نور بیش تری توسط گیاه دریافت می کند و در نتیجه به علت فتوسنتز بیش تر، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک نیز افزایش می یابد و افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول منجر به افزایش عملکرد دانه می شود. مهشبابو و همکاران (Maheshbabu et al., 2008) با بررسی مصرف تلفیقی کودهای آلی در سویا دریافتند که عملکرد دانه با مصرف تلفیقی ورمی کمپوست و کودهای دامی افزایش معنی داری را نشان داد. سوچاتا و همکاران (Sujatha et al., 2008) نیز در زمینه کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست با کودهای آلی نتایج مشابهی را بر روی گیاه ذرت گزارش نمودند. در مطالعه ای بر روی کنجد (*Sesamum indicum* L.) کاربرد 10 تن در هکتار ورمی کمپوست

موجب افزایش عملکرد دانه در این گیاه شد (Sajadi Nik & Yadavi, 2013). در مطالعه ای رشد بهتر و عملکرد بالاتر گیاهان در اثر کاربرد چای کمپوست و ورمی واش را به آزادسازی آهسته عناصر غذایی به همراه اکسین و جیبرلین ناشی از کاربرد این کود ها نسبت دادند (Ansari, 2008). در مطالعه ای بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) مصرف چای کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه در این گیاه شد (Pant et al., 2009) که با نتایج آزمایش ما مطابقت داشت.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات اصلی ورمی کمپوست و محلول پاشی قرار گرفت، به طوری که در بین سطوح کودی، کاربرد 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و در تیمارهای محلول پاشی، محلول پاشی چای کمپوست موجب افزایش صفات فوق نسبت به تیمار شاهد شد. سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص علاوه بر اثرات اصلی، تحت تأثیر اثرات متقابل ورمی کمپوست و محلول پاشی نیز قرار گرفت، به طوری که بیشترین مقدار سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص از تیمار 12 تن در هکتار ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست به دست آمد. در این بررسی می توان دلیل افزایش عملکرد دانه را افزایش کلیه شاخص های رشدی با کاربرد ورمی کمپوست و چای کمپوست ذکر کرد. در مجموع می توان گفت در شرایط آب و هوایی مشابه رفسنجان (گرم و خشک)، از لحاظ اقتصادی کاربرد کود زیستی ورمی کمپوست به میزان 12 تن در هکتار و در مورد محلول پاشی، محلول پاشی چای کمپوست مناسب ترین تیمار برای افزایش شاخص های رشدی و عملکرد گیاه گلرنگ است.

منابع

- Ali, S., Khan, A.R., Miraj, G., Arif, M., Fida, M., and Bibi, S. 2002. Assessment of different crop nutrient management practices for yield improvement. *Australian Journal of Crop Science* 2(3): 150-157.
- Amini, F., Saeidi, G., and Arzani, A. 2008. Relationship among seed yield and its components in genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science* 12(45): 525-535. (In Persian)
- Ansari, A.A. 2008. Effect of vermicompost and vermiwash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). *World Journal of Agricultural Sciences* 4(5): 554-557.

- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Biology Resource Technology* 93: 145-153.
- Aremu, A.O., Kulkarni, M.G., Bairu, M.W., Finnie, J.F., and Van Staden, J. 2012. Growth stimulation effects of smoke-water and vermicompost leachate on greenhouse grown-tissue-cultured 'Williams' bananas. *Plant Growth Regulation* 66: 111-118.
- Astaraei, A.R., and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 3: 352-356.
- Atiyeh, R., Arancon, N., Edwards, C., and Metzger, J. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175-180.
- Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences* 5: 801- 804.
- Bess, V.H. 2000. Understanding compost tea. *Biocycle* 41: 71-72.
- Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* L. at the expense of plant growth. *Pedobiologia* 47: 85-89.
- El-Din, A.A.E., and Hendawy, S. 2010. Effect of dry yeast and compost tea on growth and oil content of *Borago officinalis* plant. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6(4): 424-430.
- Fritz, J., Franke-Whittle, I., Haindl, S., Insam, H., and Braun, R. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology* 58: 836-847.
- Ghorbani, S., Khazaie, H.R., Kafi, M., and Bannayan Aval, M. 2010. Effects of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology* 2(1): 123-131. (In Persian with English Summary)
- Hameeda, B., Harini, G., Rupela, O., and Reddy, G. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. *African Journal of Biotechnology* 6: 9-12.
- Junying, Z., Yongli, X., and Fuping, L. 2009. Influence of cow manure vermicompost on plant growth and microbes in rhizosphere on iron tailing. *Bioinformatics and Biomedical Engineering*. 3th International Conference, 11-13 June 2009, Beijing, China, 1-4.
- Karimi, M.M., and Siddique, H.M. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research* 42: 13-20.
- Kashiri, M., Latifi, N., and Ghasemi, M. 2004. Growth analysis of four safflower cultivars at different plant arrangement in dryland condition. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 10(4): 85-95. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., and Bannayan Aval, M. 1994. *Physiology of Crop Yield*. Publications University of Mashhad, Mashhad, Iran 424 pp. (In Persian)
- Loveland, P., and Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: A review. *Soil and Tillage Research* 70: 1-18.
- Maheshbabu, H.M., Hunje, R., Biradarpatil, N.K., and Babalad, H.B. 2008. Effect of organic manures on plant growth, seed yield and quality of soybean. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 21(2): 219-221.
- McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology* 27: 177-237.
- Nemati Darbandi, H., Azizi, M., Mohammadi, S., and KarimPour, S. 2013. Reviewing the effect of vermiwash foliar application on morphological characteristics, percentage and yield of lemon balm essence (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science* 27(4): 411-417. (In Persian)
- Norman, Q., Edwards, A., Lee, S., and Byrne, R. 2006. Effect of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology* 42: 65-69.
- Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., Talcott, S.T., and Krenek, K.A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.

- Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., and Paull, R.E. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae* 148: 138-146.
- Pant, A., Radovich, T., Hue, N., and Arancon, N. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality and on soil biological properties. *Compost Science and Utilization* 19: 279-292.
- Patra, P., and Biswas, S. 2009. Integrated nutrient management on growth, yield and economics of maize (*Zea mays* L) under terai region. *Journal of Crop and Weed* 5(1): 136-139.
- Pyrasteh Anoosheh, H., Emam Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparing between the effect of biological and chemical fertilizer on growth, yield a sunflower oil percentage in different levels of drought tension. *Journal of Agroecology* 2(3): 492-501. (In Persian with English Summary)
- Rashtbari, M., and Alikhani, H.A. 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 22(2): 113-127. (In Persian with English Summary)
- Sajadi Nik, R., and Yadavi, A.R. 2013. Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indexes, phonological stages and grain yield of Sesame. *Electronic Journal of Crop Production* 6(2): 73-99. (In Persian with English Summary)
- Sarmadnia, G.H., and Koocheki, A. 1993. *Crop Physiology*. Publications University of Mashhad, Mashhad, Iran 468 pp. (In Persian)
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M., and Ali, A. 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Scientia Horticulturae* 117: 9-14.
- Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalatha, K.V. 2008. Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 21: 334-338.
- Yasari, T., Khoshhal, J., and Shahsavari, M. 2013. Planting dates zoning of safflower varieties in Esfahan province. *Geography and Environmental Planning Journal* 24(1): 171-182. (In Persian with English Summary)



Effect of Vermi-compost Fertilizer Application and Foliar Spraying of Compost Tea and Acid Humic on Growth Indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

M. Safaee¹, A. Rahimi², B. Torabi³ and A. Khoram Ghahfarokhi^{1*}

Submitted: 02-12-2015

Accepted: 18-08-2016

Safaee, M., Rahimi, A., Torabi, B., and Khoram Ghahfarokhi, A. 2017. Effect of vermicompost fertilizer application and foliar spraying of compost tea and acid humic on growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 9(3): 805-820.

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius*) is an annual crop with high environmental compatibility and resistant to drought condition. Vermi-compost is the ability of some species of earthworms to consume and break down a wide range of organic residues such as sewage sludge, animal wastes, crop residues and industrial refuse. Vermi-composts are usually more stable than their parent materials with increased availability of nutrients and improved physicochemical and microbiological properties. Aerial compost tea contains high populations of live microorganism consisting of rhizobacteria, trichoderma and pseudomonas species which increase the growth and yield of the plant. Acid humic is the main humic substance and the important ingredient of soil organic matter (humus) which increase crop yield and quality. The aim of this study is evaluating potential use of vermi-compost as a biological fertilizer in safflower production and assessment of foliar application of compost tea and humic acid related to vermi-compost utilization in safflower production.

Material and Methods

In order to study the effect of vermi-compost and foliar application of compost tea and acid humic on growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.), an experiment was conducted as a factorial based on complete randomized design with three replications in agricultural research farm at Vali-e-Asr University of Rafsanjan. Treatments were included application of vermi-compost (0 (control), 4, 8 and 12 t.ha⁻¹) and 4 level of foliar application (distilled water as control, acid humic derived from vermi-compost, commercial acid humic and compost tea). Samples collected from the center of each treatment plot with observance of margin effect. Samples were taken 30 days after planting which is collected 10 times over the growth stage every 10 days for determine of total dry weight, LAI change trend, CGR, NAR and RGR.

Results and Discussion

Results indicated that vermi-compost and foliar application treatment significantly affected LAI, CGR, NAR, TDM and RGR. Applying more vermi-compost resulted in higher CGR and NAR which is observed under 12 t.ha⁻¹ vermi-compost and the lowest level of vermi-compost (control) resulted in 1145 GDD. The highest and the lowest LAI, CGR and NAR obtained under tea compost foliar application treatment and control, respectively. Under all treatments declining trend observed from 1145 GDD (first flower appearance). The highest total dry matter obtained under the 12 t.ha⁻¹ vermi-compost at 1847 GDD and the maximum of RGR observed in early growth (277 GDD) in 12 t.ha⁻¹ vermi-compost with foliar application of tea compost and then declined. It is also resulted that the highest seed yield obtained from 8 t.ha⁻¹ vermi-compost with no significant difference with 12 t.ha⁻¹ vermi-compost. Vermi-compost have available plant nutrient solution which increase leaf area indices compared with none use vermi-compost treatment. Hameeda et al. (2007) reported that using 10 t.ha⁻¹ vermi-compost increased the leaf area of sorghum more than 34 % compared with control. Arancon et al. (2004) also reported that using 5 and 10 t.ha⁻¹ vermi-compost significantly increased leaf area, shoot dry matter and RGR in strawberry. Vermi-compost due to containing micro and macro element, plant growth stimulate and hormones can

1 1, 2 and 3- MSc Graduated Student, Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Azadeh_khoram@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.51879

improvement of physiological indices like LA, CGR and NAR and finally total dry weight. Vermi-compost have different enzyme like protease, lipase, amylase and cellulases which decompose the soil organic matter and the plant remains and increase the plant availability of nutritional element.

Conclusion

Results indicated that using 12 t.ha⁻¹ vermi-compost and foliar application of compost tea caused increasing of LAI, CGR, TDM, NAR and RGR compared with control. It is also resulted that using 8 and 12 t.ha⁻¹ vermi-compost significantly increased safflower yield while no significant effect observed from foliar application. Totally, it is concluded that in Rafsanjan climate, using 12 t.ha⁻¹ vermi-compost is the best treatment for increasing growth indices and seed yield of safflower.

Keywords: Leaf area, Physiological growth indices, Seed yield, Dry matter



پهنه‌بندی اقلیمی پتانسیل کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) استان گلستان

افروغ سادات بنی‌عقیل^۱، علی راحمی کاریزکی^{۲*}، عباس بیابانی^۳، حسن فرامرزی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۳

بنی‌عقیل، ا.، راحمی کاریزکی، ع.، بیابانی، ع.، و فرامرزی، ح. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی اقلیمی پتانسیل کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) استان گلستان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۸۲۱-۸۳۳

چکیده

در کشاورزی، پیدا کردن مکان بهینه برای محصولات کشاورزی می‌تواند مزایای اقتصادی را افزایش و پیامدهای منفی زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. به‌منظور ارزیابی اقلیمی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت گندم (*Triticum aestivum* L.)، از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش خطی وزنی (WLC) استفاده شد. بدین منظور ابتدا نیازهای زراعی و متغیرهای محیطی تعیین، درجه‌بندی و مطابق با آن‌ها نقشه‌های موردنیاز تهیه گردید. متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه شامل: حداکثر دما، حداقل دما، دمای متوسط و بارندگی در مرحله کاشت و در طی دوره رشد بودند. در این پژوهش از آمارهای ۱۰ سال اخیر پارامترهای اقلیمی ۲۵ ایستگاه هواشناسی استان گلستان استفاده گردید. برای استانداردسازی داده‌ها از روش فازی و برای وزن دهی به معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. در نهایت، با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) در محیط نرم‌افزار IDRISI، نقشه پتانسیل کشت گندم دیم تهیه گردید. نتایج نشان داد که در وزن دهی معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی، مقدار بارندگی در دوره رشد با ۰/۳۴۰۷ درصد بیشترین و حداقل دمای دوره سبز شدن با ۰/۳۰۶ درصد کمترین ضریب‌ها را کسب کردند. در نقشه برآورد حاصل از روش ترکیبی خطی وزنی از لحاظ عوامل اقلیمی نشان داد که بیش از ۵۵ درصد اراضی جهت کشت گندم در پهنه بسیار مستعد و مستعد قرار دارند که این اراضی بیشتر در شمال شرقی و مرکز استان واقع شده‌اند که می‌توان علت آن را مقدار بارش کافی و دمای مناسب بیان نمود. علاوه بر این، عامل محدودکننده کشت گندم از لحاظ اقلیمی در استان گلستان را می‌توان مقدار بارش در طول فصل رشد را ذکر نمود.

واژه‌های کلیدی: ترکیب خطی وزنی، روش فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، متغیرهای اقلیمی

مقدمه

(Mobarake, 2008). مصرف افراطی مواد شیمیایی برای دستیابی عملکرد بالا در محصولات زراعی و جبران کمبود منابع باعث افزایش هزینه‌های تولید همراه با تخریب منابع خاکی، آبی و زیستی شده است به‌طوری‌که امروزه در اکثر محافل علمی صحبت از توسعه سیستم‌های پایدار کشاورزی به میان آمده است (Koocheki et al., 1995).

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از محصولات مهم کشاورزی است که در سطح بین‌المللی یکی از مهم‌ترین مواد غذایی بوده و منبع درآمد محسوب می‌شود (Shuanghe et al., 2009). این محصول اولین ماده غذایی بیش از سه میلیارد نفر از مردم جهان است (Khush, 2005) با توجه به اهمیت استراتژیک گندم، شناسایی

کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور، نقش مهمی در رسیدن به توسعه پایدار بر عهده دارد، توجه به این امر علاوه بر خودکفایی در تولید مواد غذایی و صادرات آن می‌تواند پاسخگوی مسائل ناشی از افزایش جمعیت کشور بوده و به کاهش مهاجرت روستاییان به شهرها منجر شود (Jafarbaeglu &

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه تولیدات گیاهی، استادیار، دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس و دانشجوی دکتری گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور

(*)- نویسنده مسئول: (Email: Alirahemi@yahoo.com
DOI:10.22067/jag.v9i3.52027

مناطق مساعد برای کاشت این گیاه زراعی بر اساس داده‌های اقلیمی و محیطی باعث افزایش عملکرد آن خواهد شد (Farajzadeh & Tacklubighash, 2001). بنابراین، یکی از ابزارهای مؤثر برای شناخت توانمندی‌های اراضی و اختصاص آن‌ها به بهترین و سودآورترین انواع بهره‌وری، پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی می‌باشد (Sarmadian & Taati, 2015).

بر اساس اطلاعات مندرج سطح زیر کشت اراضی آبی ۳۱۶۳۲۶ هکتار و سطح زیر کشت اراضی دیم ۴۱۹۷۸۹ هکتار است. به‌طوری‌که ۵۶۳۱۷۴ هکتار از این اراضی در پاییز، ۹۴۹۹۱ هکتار از این اراضی در بهار و ۷۷۹۵۰ هکتار از این اراضی تابستان و بعد از کشت گندم کشت می‌گردد (Golestan Agricultural Jihad Organization, 2011). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) در طی مطالعه‌ای به‌منظور ارزیابی تناسب کیفی واحدهای مختلف اراضی برای کشت گندم، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، سویا (*Glycine max* L.) و بررسی صحت و دقت روش‌های ارزیابی تناسب اراضی (محدودیت ساده، تعداد و میزان محدودیت‌ها، استوری و ریشه دوم) در جنوب غرب گنبد کاووس در استان گلستان پرداختند. نتایج ارزیابی فیزیکی نشان داد که مهم‌ترین محدودیت‌های این اراضی برای تولید، محدودیت‌های اقلیمی، شوری و قلیائیت، اسیدیته، آهک و زهکشی خاک است. همچنین نتایج آماری آزمون ضریب تشخیص و کای اسکور نشان‌دهنده تطابق خوب مدل فائو و روش‌های ارزیابی تناسب اراضی، بخصوص روش استوری با شرایط کشت گندم در منطقه است. مساواتی و سید جلالی (Mosavati & Seiedjalali, 2002) مطالعه‌ای تحت عنوان تعیین تناسب اراضی و پتانسیل تولید گندم در مناطق شور استان گلستان انجام دادند که در آن تناسب اراضی برای گندم آبی در حالت‌های مختلف شوری از تناسب خوب تا نامناسب تعیین گردید. همچنین پتانسیل تولید اراضی در مناطق شور استان گلستان در شرایط آبی به روش فائو از ۱۲۰۳ کیلوگرم تا ۷۴۸۲ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. لطفی و همکاران (Lutfi et al., 2013) در طی مطالعه‌ای به ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی خاک (فسفر، پتاسیم، نیتروژن، کربن آلی، pH و EC) در دشت اردبیل برای گندم و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ (AHP) و سیستم اطلاعات

جغرافیایی^۲ (GIS) پرداختند. نتایج نشان داد منطقه مورد مطالعه از لحاظ حاصلخیزی خاک جهت کشت گندم ۸۴/۲۱، ۶/۶۲، ۷۴/۳ درصد از تناسب ضعیف، متوسط و خوب و برای سیب‌زمینی در مقایسه با گندم به ترتیب ۵۲/۴۵، ۷/۱۹، ۴۰/۳۴ درصد در تناسب ضعیف، متوسط و خوب قرار می‌گیرد. کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2014) در مطالعه‌ای به بررسی ارزیابی تناسب اراضی جهت کشت کلزا (*Brassica napus* L.) و سویا در چهار حوضه استان گلستان، با استفاده از GIS پرداختند، برای این منظور، تمام لایه‌های رستری مورد نیاز، از جمله اقلیمی (بارش، درجه حرارت)، توپوگرافی (ابعاد و شیب) و خاک (بافت، pH و EC) را تهیه و بر اساس ظرفیت زمین‌های کشاورزی نتایج نشان داد که تنها ۱۱/۸۲ درصد از مجموع زمین‌های بسیار مناسب به کشت سویا پس از کلزا قرار گرفته است. در بررسی تناسب دما و بارش برای گندم زمستانه و ذرت تابستانه که در دشت هوانگ- هوای چین، به‌منظور ارائه یک طرح آبیاری که با استفاده از تجزیه و تحلیل چند معیاری مبتنی بر GIS صورت گرفت؛ ثابت شد شرایط درجه حرارت در دشت هوانگ- هوای چین بسیار مناسب برای کاشت گندم و ذرت (*Zea mays* L.) است، درحالی‌که بخش شمالی دشت به دلیل بارش کم نامناسب برای کشت هست (Thanh Tuan et al., 2011). به‌طور کلی، این مطالعه باهدف ارزیابی اقلیمی اراضی کنونی کشاورزی استان گلستان جهت کشت گندم، شناسایی توانمندی‌ها، استعدادها و محدودیت‌های اراضی به‌منظور استفاده در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و منابع طبیعی، با بررسی متغیرهای اقلیمی و محیطی در محیط GIS انجام شده است.

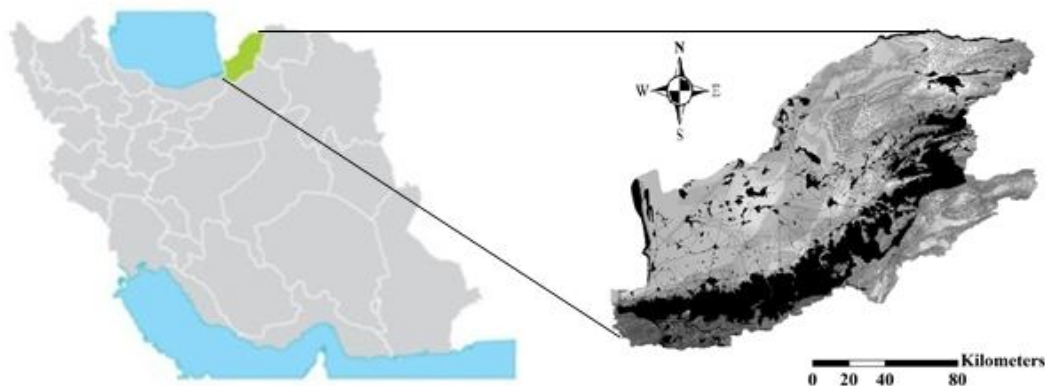
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

استان گلستان حدود ۲۱۵۰۰ کیلومترمربع مساحت دارد. این استان در مختصات بین ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی قرار دارد. آب‌وهوای استان را می‌توان با توجه به خصوصیات دما و بارش به سه نوع معتدل (خزری مرطوب)، کوهستانی (معتدل و سرد) و نیمه‌خشک (نیمه بیابانی) تقسیم کرد. بیش از ۳۵ درصد از کل استان را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد (شکل ۱). استان

(et al., 2012). منطقه مطالعاتی این پژوهش، شامل اراضی کشاورزی و مراتع کنونی استان گلستان هست.

گلستان به دلیل شرایط متنوع اقلیمی، منابع خاک متفاوتی دارد، به‌طوری‌که از قسمت جنوبی استان به سمت شمال، مطابق با کاهش نزولات جوی، منابع خاک نیز از نظر کیفی کاهش می‌یابد (Kazemi



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Fig. 1- The study area

منطقه‌ای استان گلستان (در مجموع ۲۵ ایستگاه) تهیه گردید. پس از وارد کردن این داده‌ها به محیط نرم‌افزار اکسل ایستگاه‌های مناسب بر اساس آمار ۱۰ سال گذشته طی سال‌های (۱۳۹۱-۱۳۸۲) انتخاب گردید. لایه‌های هواشناسی شامل حداکثر دما، حداقل دما، دمای متوسط و بارندگی می‌باشد.

روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا نیاز اکولوژیک گندم با استفاده از منابع موجود مشخص گردید (جدول ۱). سپس با توجه به نیاز اکولوژیک گونه داده‌های مورد نیاز هواشناسی از چهار ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی و ۲۱ ایستگاه تبخیرسنجی و باران‌سنجی سازمان آب

جدول ۱- نیازهای بوم‌شناختی گندم

Table 1- Ecological requierments of wheat

ردیف Rows	فاکتور Factor	نیاز بوم‌شناختی Ecological requierment	منبع Reference
1	دمای کمینه (سانتی‌گراد) Minimum temperature (C°)	4	خواجه پور (Khajeh pur, 2013)
2	دمای مطلوب (سانتی‌گراد) Optimum temperature (C°)	15-20	خواجه پور (Khajeh pur, 2013)
3	دمای بیشینه (سانتی‌گراد) Maximum temperature (C°)	25	کرامر (Kramer, 1997)
4	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	600	نورمحمدی و همکاران (Nur Mohammady et al., 2001)

هواشناسی با درون‌یابی بر مبنای عکس فاصله^۲ (IDW) در محیط

از آن‌جا که به دلیل عدم دسترسی به نقشه‌های هم‌مقیاس، کلیه نقشه‌ها به سیستم مختصات^۱ (UTM)، زون ۴۰ در فرمت رستری و اندازه سلول ۵۰ متر تبدیل گردید. داده‌های جدولی مانند آمارهای

2- Inverse distance weighted

1- Universal transverse mercator

جدول ۲- حد آستانه و نوع تابع فازی جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

Table 2- Threshold value and Fuzzy type of function to standardized criteria in fuzzy logic maps

ردیف Rows	لایه نقشه Map layer	حد آستانه Threshold value		نوع تابع Type of function	نام تابع Name of function
		a یا c	b یا d		
1	دمای حداکثر تاریخ کاشت Maximum temperature during date planting	4	12	افزایشی Increasing	خطی Linear
2	دمای حداکثر دوره رشد Maximum temperature during period growth	4	22	افزایشی Increasing	خطی Linear
3	دمای حداقل تاریخ کاشت Minimum temperature during date planting	4	10	افزایشی Increasing	خطی Linear
4	دمای حداقل دوره رشد Minimum temperature during period growth	4	10	افزایشی Increasing	خطی Linear
5	دمای مطلوب تاریخ کاشت Optimal temperature during date planting	4	15	افزایشی Increasing	خطی Linear
6	دمای مطلوب دوره رشد Optimal temperature during period growth	4	15	افزایشی Increasing	خطی Linear
7	بارندگی مطلوب تاریخ کاشت Optimum precipitation planting date	(a=12)(c=90) (b=40)(d=206)		مقارن Symmetric	شکل J J-shape
8	بارندگی مطلوب دوره رشد Optimum precipitation during period growth	40	700	افزایشی Increasing	خطی Linear

مقادیر آستانه و نوع تابع فازی، جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی را نشان داده است.

تحلیل سلسله مراتبی و تعیین وزن فاکتورها

با توجه به عوامل اقلیمی موردنظر جهت ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری، لازم بود تا اهمیت نسبی هر عامل مشخص گردد. در این تحقیق برای وزن‌دهی معیارها از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده گردید. این کار از طریق طراحی پرسش‌نامه‌های AHP و تکمیل آن توسط ۲۰ ناظر طرح گندم، متخصصین و کارشناسان زراعت شاغل در منابع طبیعی و جهاد کشاورزی استان گلستان صورت گرفت. درواقع پس از ارزیابی معیارها به مقیاس‌های قابل‌مقایسه و استاندارد می‌بایست وزن و اهمیت نسبی هر یک از آنها را در رابطه باهدف موردنظر تعیین گردد. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یک روش ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرآیند تحلیل و ارزیابی است. در این روش یک سری مقایسه‌ی دویه‌دویی از اهمیت نسبی معیارها برای ارزیابی موردنظر به عمل می‌آید. این مقایسه‌های دویه‌دویی، سپس برای ایجاد یک سری وزن‌ها (که جمع جبری آنها

همچنین تعیین تقویم زراعی کاشت گندم در ایران با شرایط متفاوت جوی، کاملاً متفاوت است. بهترین تاریخ کاشت گندم‌های پاییزه زمانی است که احتمال شروع بارندگی می‌رود و زمان کاهش دما هوا فرارسیده باشد. بر اساس پرسشنامه تهیه‌شده دوره کشت گندم در استان گلستان از ۱۵ آبان تا ۱۵ آذر تعیین گردید. به‌منظور تعیین ارزش‌ها (مقادیر) و یکسان‌سازی مقیاس‌ها در لایه‌های رقومی اطلاعات نقشه‌ای از روش‌های مبتنی بر منطق فازی استفاده شد. درروش استانداردسازی فازی، برای قالب‌بندی مقادیر معمولاً از توابع مختلفی چون توابع S شکل^۱، J شکل^۲ و خطی^۳ استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر نقشه‌های معیار با استفاده از توابع S شکل، J شکل و خطی فازی در محیط نرم‌افزاری ادریسی استانداردشده و ارزش‌های آنها به واحدهای قابل‌مقایسه‌ای از صفر تا ۲۵۵ تبدیل شده‌اند که بیشترین ارزش یعنی مقدار ۲۵۵ به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد. جدول ۵

1- Sigmodal functions

2 - J-shaped functions

3 - Liner function

قسمت بسیار مستعد، مستعد، ضعیف و غیر مستعد پهنه‌بندی گردید.

نتایج و بحث

در این مطالعه پس از تعیین نیازهای اکولوژیک گندم نقشه‌های اقلیمی که شامل لایه‌های دمای کمینه، متوسط، بیشینه و بارش در فصل رشد گندم می‌باشد با مقیاس مطلوبیت بین صفر تا ۲۵۵ به‌دست آمدند (شکل‌های ۲ تا ۵). همان‌طور که نقشه دمای حداقل نشان می‌دهد از نظر توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دماهای مناسب جوانه‌زنی و دوره رشد برای گندم، در مناطق موجود در قسمت‌های شمال شرقی، مرکزی و غرب نقشه بیشترین مطلوبیت را دارند که شامل مراوه‌تپه، مینودشت، فاضل‌آباد، هاشم‌آباد، کردکوی و دیگر قسمت‌های مرکزی هستند. درحالی‌که مناطق جنوب شرقی و جنوب غربی نامناسب‌ترین مناطق از نظر این پارامتر می‌باشند (شکل ۲).

نقشه دمای بیشینه نشان می‌دهد که از نظر توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دماهای مناسب طی سبز شدن و دوره رشد، قسمت‌های مرکزی و به سمت شمال استان بیشترین مطلوبیت را داشتند که شامل محدوده پارک ملی، تمر-گرگان، ارازکوسه، سد وشمگیر، آق‌قلا و فاضل‌آباد می‌باشند و قسمت‌های شرق، جنوب شرقی و غرب استان کمترین مطلوبیت را دارند (شکل ۳). به‌طوری‌که دمای بالا، سبب تسریع خشک شدن خاک و کاهش رطوبت خاک می‌شود که این امر موجب تأخیر در سبز شدن گیاه می‌گردد. با این‌حال، تفاوت چندانی در مطلوبیت و عدم مطلوبیت مناطق در دمای بیشینه در طی فصل کشت و دوره رشد گندم مشاهده نگردید.

توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دماهای مناسب طی سبز شدن بخش قابل‌توجهی از استان به خود اختصاص داده است و فقط حاشیه‌های استان که بیشتر در قسمت‌های جنوب شرقی، جنوب و جنوب غربی واقع شده‌اند، فاقد مطلوبیت لازم برای سبز شدن گندم می‌باشند (شکل ۴ الف). چون میانگین دمای شبانه‌روزی هوا در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط مزرعه مناسب گندم است. بدیهی است هر چه کشت گندم با تأخیر انجام پذیرد مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌ها در شرایط دمایی مطلوب صورت نمی‌گیرد و به علت کاهش دمای خاک بذور جوانه نژده بیشتر در معرض مواجهه با امراض قارچی قرار خواهند گرفت که سبب کاهش تراکم بوته‌ها در مزرعه می‌شود (Khajeh pur, 2013).

برابر یک است) تحلیل می‌شوند (Ghaffari, 2003). برای تعیین درجه دقت و صحت وزن دهی از شاخص سازگاری^۱ (C.I) استفاده می‌شود که بر مبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف^۲ محاسبه می‌گردد (Satty, 1980). چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد وزن دهی صحیح هست. در نهایت، در تحلیل و مدل‌سازی نهایی از روش ارزیابی چندمعیاره^۳ (MCE) و از رویه ترکیب خطی وزنی^۴ (WLC) استفاده شد.

مدل‌سازی با استفاده از روش ترکیب خطی

روش ترکیب خطی وزنی رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چندمعیاره است. هدف از ارزیابی چندمعیاره، انتخاب بهترین گزینه^۵ بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است (Malczewski, 1999). این تکنیک، روش ساده وزن دهی جمع‌پذیر^۶ و روش امتیازدهی^۷ نیز نامیده می‌شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر یا تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی موردبررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. سپس با استفاده از معادله ۱ از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به‌دست می‌آید.

$$S = \sum W_i X_i \prod C_j \quad (1)$$

S: مطلوبیت؛ W_i : وزن عامل؛ X_i : ارزش فازی عامل i ؛ C_j : امتیاز معیار محدودیت j ؛ $\prod$: نمایه حاصل ضرب است. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد گزینه‌هایی که بیشترین مقدار را داشته باشند، مناسب‌ترین گزینه برای هدف موردنظر خواهد بود (Shahabe et al., 2008). هدف موردنظر می‌تواند تعیین تناسب زمین برای یک کاربرد خاص یا ارزیابی پتانسیل یک رخداد ویژه باشد. با توجه به هدف اصلی این تحقیق که پهنه‌بندی اراضی مستعد کشت گندم در استان گلستان می‌باشد، کلیه شرایط اقلیمی با توجه به آستانه‌های سازگاری گونه‌ها تعیین و نقشه نهایی ایجاد گردید. پس از تهیه نقشه پتانسیل کشت گندم به‌صورت فازی، منطقه به چهار

1- Consistency index

2- Graph theory

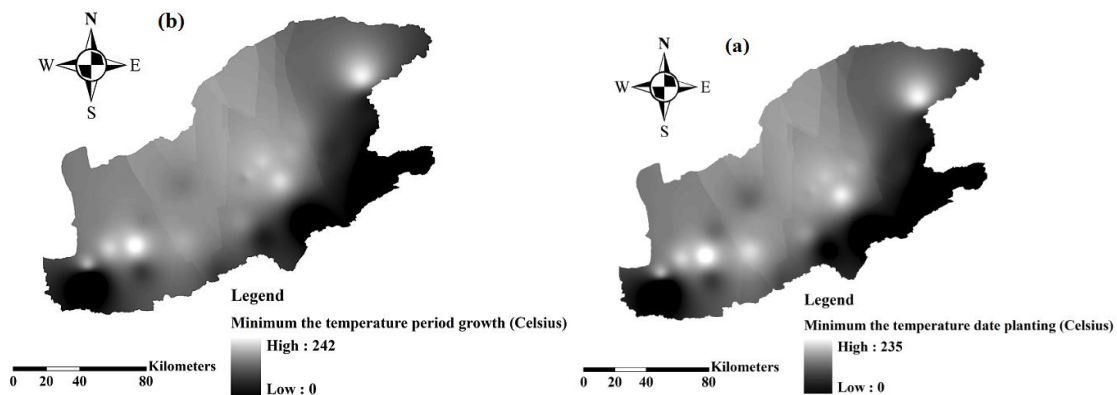
3- Multi criteria evaluation

4- Weighted linear combination (WLC)

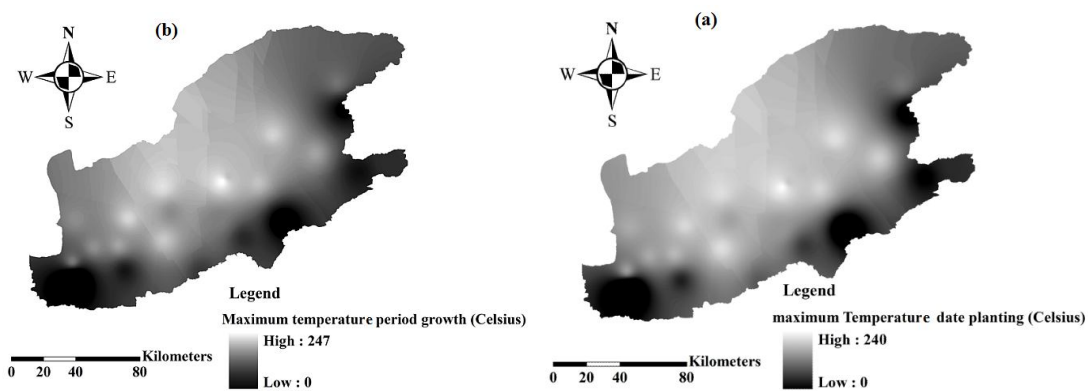
5- Alternative

6- Simple additive weighting

7- Scoring



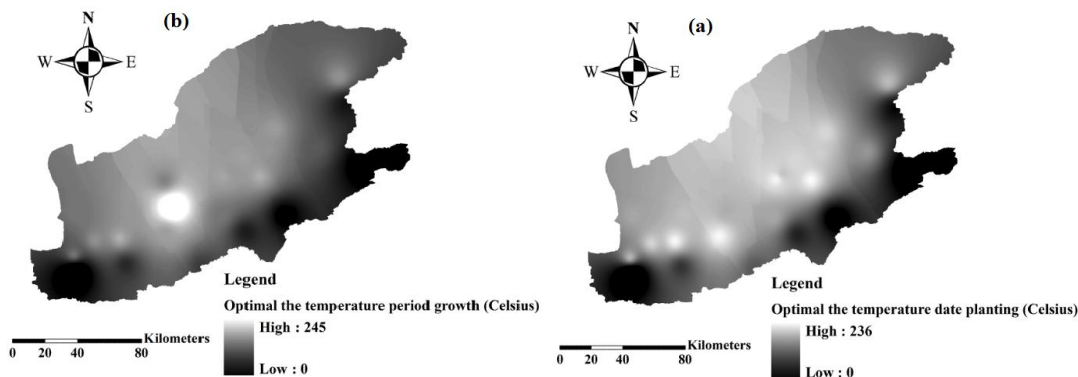
شکل ۲- (الف) نقشه فازی همدمای کمینه برای تاریخ کاشت و (ب) نقشه فازی همدمای کمینه برای دوره رشد گندم
Fig. 2- a) The minimum isotherm fuzzy map for planting date and b) the minimum isotherm fuzzy map for growing period of wheat



شکل ۳- (الف) نقشه فازی همدمای بیشینه برای تاریخ کاشت و (ب) نقشه فازی همدمای بیشینه برای دوره رشد گندم
Fig. 3- a) The maximum isotherm fuzzy map for wheat planting date and b) the maximum isotherm fuzzy map for growing period of wheat

مناسب طی دوره سبز شدن به بخش‌های شمال شرقی (مراوه‌تپه)، جنوب شرقی و بخش کوچکی از مرکز استان محدود می‌گردد. درحالی‌که مطلوب‌ترین توزیع بارندگی برای دوره رشد منحصر به نوار باریکی می‌گردد که در حاشیه جنوبی استان از شرق به غرب را پوشش می‌دهد (شکل ۵). از آنجایی‌که در استان گلستان از نظر وقوع بارندگی در طی فصل کاشت محدودیت وجود ندارد، اما بارندگی زیاد در زمان کشت بیشتر سبب تأخیر آماده‌سازی زمین و در نتیجه تأخیر در کشت می‌شود. به همین دلیل است که نقشه بارندگی در دوره کشت برخلاف انتظار که باید مناطق بیشتری را پوشش دهد، به مناطق کمتری محدود شده است.

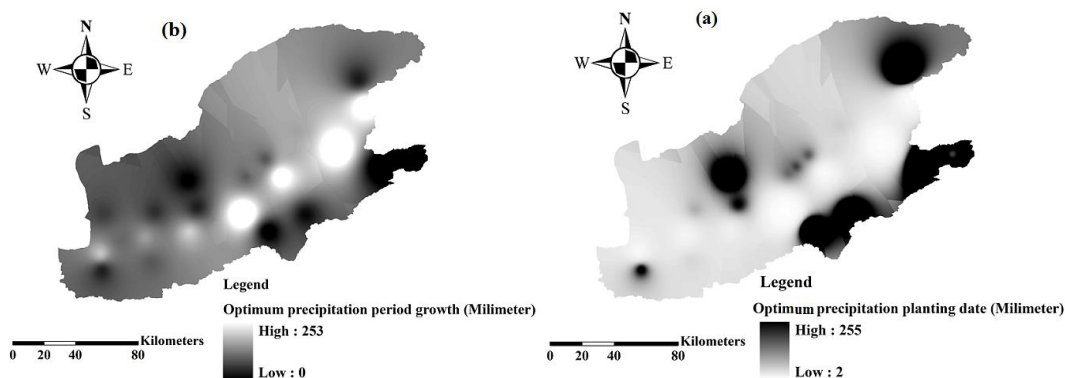
درحالی‌که با افزایش دوره رشد دمای مطلوب به بهلکه داشلی که بخش کوچکی از استان می‌باشد، منحصر می‌گردد (شکل ۴ ب). از آنجا که در طی دوره رشد گندم، دما در استان گلستان افزایش می‌یابد بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که مساحت منطقه از نظر میانگین دمای مطلوب در طی دوره رشد کاهش یابد؛ بنابراین دماهای حداکثر بیش از ۲۶ درجه سانتی‌گراد و به خصوص حدود ۳۲ درجه و بیشتر که برای مدت قابل توجهی دوام آورند، طی دوران پر شدن دانه از عوامل مؤثر در محدودسازی بهره‌گیری از حداکثر پتانسیل ژنتیکی ارقام پربازده گندم محسوب می‌شوند (Khajeh pur, 2013). بر اساس نقشه بارندگی توزیع جغرافیایی احتمال وقوع بارندگی



شکل ۴- الف) نقشه فازی همدمای بهینه برای تاریخ کاشت و ب) نقشه فازی همدمای بهینه برای دوره رشد گندم
Fig. 4- a) The optimal isotherm fuzzy map for wheat planting date and b) the optimal isotherm fuzzy map for growing period of wheat

رطوبتی وارد شده به گیاه زراعی در طول فصل رشد، صورت می‌گیرد (Kumudini et al., 2002). بنابراین، در دیم‌زارها بین عملکرد گندم و رطوبت موجود در خاک (در مرحله دانه‌بندی) همبستگی بسیار معنی‌داری وجود دارد. به شکلی که کاهش آب تقریباً کلیه فرآیندهای دانه‌بندی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که بارزترین آن کاهش جذب مواد غذایی است که در نهایت سبب کاهش وزن کل دانه‌ها خواهد شد (Subhane, 2005).

همچنین در زراعت دیم علاوه بر مجموع بارندگی سالانه، نحوه توزیع آن در طول مراحل رشد بر عملکرد تأثیر بسزایی دارد (Sarmadnea & Koocheki., 1989) زیرا غالباً توزیع بارندگی از لحاظ زمانی و مکانی بسیار نامنظم است این تغییرات می‌تواند عامل ایجاد دوره خشکی که ممکن است ماه‌ها به طول انجامد، باشد (Sare Saraf et al., 2009). در حقیقت، آبیاری مزارع نیز به‌منظور حفظ رطوبت خاک در یک وضعیت مطلوب و به حداقل رساندن تنش



شکل ۵- الف) نقشه فازی هم‌باران بهینه برای تاریخ کاشت و ب) نقشه فازی هم‌باران بهینه برای دوره رشد گندم
Fig. 5- a) The optimum precipitation fuzzy map for wheat planting date and b) the optimum precipitation fuzzy map for growing period of wheat

کسب کردند. مطالعات نشان می‌دهد عوامل اقلیمی مهم‌ترین تأثیر را در عملیات کشاورزی دارند. حتی پراکنش گونه‌های گیاهی اعم از وحشی و زراعی در عرض‌های جغرافیایی مختلف در ارتباط با عوامل اقلیمی به‌خصوص بارندگی و دما قرار می‌گیرد. برای آن‌که بتوان از یک رژیم اقلیمی معین و شرایط طبیعی هر منطقه حداکثر بهره‌برداری

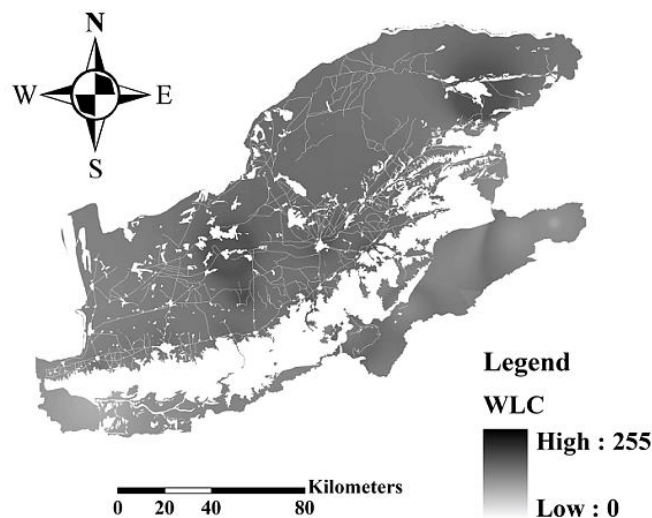
نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مقایسات زوجی بین عوامل مؤثر بر کشت گندم، در بین زیر معیارهای اقلیم، بارندگی در دوره رشد و سبز شدن به ترتیب با ضریب ۰/۳۴۰۷ و ۰/۲۱۷۷ بیشترین و دمای حداقل دوره سبز شدن با ۰/۰۳۰۶ کمترین ضرایب را در رتبه‌بندی

پتانسیل کشت گندم در استان گلستان، نقشه‌ای است تلفیقی با فرمت رستری که مقادیر آن ارزش‌هایی بین صفر تا ۲۵۵ را دارد. مقادیر بالاتر (به سمت ۲۵۵) در این نقشه گویای پتانسیل بیشتر برای کشت گندم و مقادیر کمتر (به سمت صفر) گویای اراضی با پتانسیل کمتر هستند. نتایج نشان می‌دهد که از نظر اقلیمی اراضی واقع در شمال شرقی و مرکز استان دارای شرایط مساعدی جهت کشت گندم هستند (شکل ۶).

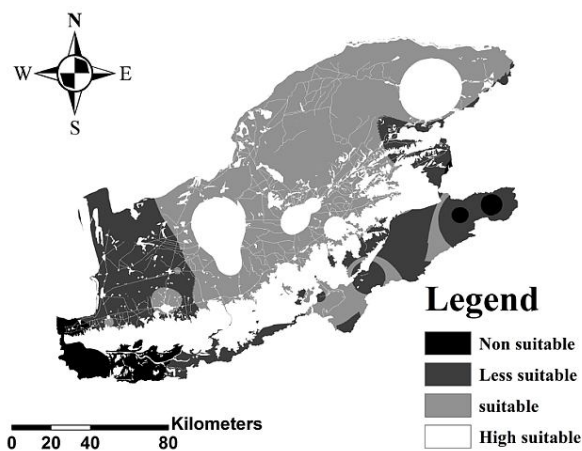
زراعی را کسب نمود، لازم است قبل از هر برنامه‌ریزی در این زمینه عوامل هواشناسی و طبیعی آن منطقه را موردبررسی قرارداد (Simpson & Stitt, 1998). بنابراین از عوامل اقلیمی، بارندگی مهم‌ترین عامل محدودکننده جهت کشت گندم (که معمولاً به صورت دیم است) در استان گلستان می‌باشد.

نتایج حاصل از فرآیند روش ترکیب خطی وزنی (WLC)

نقشه برون داد حاصل از روش ترکیبی خطی وزنی برای ارزیابی



شکل ۶- نتایج حاصل از فرآیند روش ترکیبی خطی وزنی جهت کشت گندم برای عوامل اقلیمی در استان گلستان
Fig. 6- Results of the weighted linear combination method of climatic factors for wheat planting in Golestan Province



شکل ۷- استعداد سنجی اراضی کشاورزی جهت کشت گندم برای عوامل اقلیمی در استان گلستان
Fig. 7- Potential survey of agricultural lands of climatic factors for wheat planting in Golestan Province

جدول ۳- مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده جهت کشت گندم

Table 3- Reclassified zone areas for wheat

ردیف Rows	رتبه‌بندی پهنه‌ها Ranking zones	مساحت (هکتار) Area (ha)	مساحت پهنه (درصد) Zone area (%)
1	High suitable بسیار مستعد	163298.75	9.54
2	Suitable مستعد	932846.89	54.53
3	Less suitable ضعیف	507624.34	29.67
4	Non suitable غیر مستعد	106706.58	6.23

نسبت به دیگر معیارها از نظر متخصصین برای زراعت گندم بود. همچنین ارزیابی عوامل اقلیمی نشان داد که بیش از ۵۵ درصد اراضی جهت کشت گندم در پهنه بسیار مستعد و مستعد قرار دارند، بنابراین، با توجه به جایگاه استان گلستان در تولید و سطح زیر کشت گندم، اگر بتوان با توجه به نیازمندی‌های حرارتی و رطوبتی این محصول، مناطق مساعد کشت گندم را شناسایی نموده و محدودیت‌ها یا توانمندی‌هایی که اقلیم در محیط ایجاد کرده است را شناسایی کرد، عملاً می‌توان به عملکرد بیشتری در واحد سطح دست‌یافت که خود سبب بهبود شرایط اقتصاد کشاورزی و سطح درآمد کشور خواهد گردید. همچنین نباید فراموش کرد که غیر از دما و بارش، سایر عناصر و عوامل اقلیمی از قبیل ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی دامنه‌ها، بافت خاک، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و تبخیر و تعرق می‌تواند در فرایند کشت گندم و در نتیجه جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر در زمینه پتانسیل‌های آب و هوایی کشت این محصول مهم مؤثر باشند.

به‌طوری‌که استعداد سنجی اراضی استان (شکل ۷) مساحت اراضی بسیار مستعد از لحاظ عوامل اقلیمی ۹/۵۴ درصد می‌باشد (جدول ۳). فیضی زاده و همکاران (Feizizadeh et al., 2012) در طی مطالعه‌ای به پهنه‌بندی آگروکلیماتولوژی گندم دیم در سطح استان آذربایجان شرقی در قالب لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS و AHP پرداختند، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که پارامترهای اقلیمی بارندگی و دما از شاخص‌های مؤثر در فرایند کشت گندم دیم محسوب می‌شوند. بر این اساس مناطق بسیار مناسب برای کشت گندم یک درصد، اراضی مناسب ۹۴/۱۲ درصد و اراضی متوسط نیز ۱۲/۳۷ درصد بودند.

نتیجه‌گیری

نقشه نهایی پتانسیل تولید کشت گندم با توجه به ارزیابی چهار عامل اقلیمی و بر اساس نظرات متخصصین و کارشناسان زراعت استان گلستان در قالب پرسشنامه‌های AHP ترسیم و مناطق مستعد و غیر مستعد جهت کشت گندم در چهار طبقه شناسایی شدند. نتایج حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در بین عوامل تأثیرگذار نشان داد که نقش باران در بین عوامل اقلیمی دارای بیشترین وزن و اهمیت

منابع

- Farag Zadeh, M., and Taklubygash, A. 2001. Agro-climatic zoninig of Hamedan province using the geographic information system on dryland wheat. Geographical Research 41: 105-93. (In Persian with English Summary)
- Feizizadeh, B., Ebdali, H., Rezaei-Banafshe, M., and Mohammadi, G. 2012. Zoning of susceptible area to rainfed wheat in the Azerbaijan province by geospatial analysis of GIS. Agronomy Journal. (Pajouhesh and Sazandegi) 96: 75-91. (In Persian with English Summary)
- Gaffari, R. 2003. Prioritizing the crisis in rural settlements with AHP. Case Study: Rural Bazoft. Journal of Consulting

- Engineering (12): 107-100. (In Persian with English Summary)
- Golestan Agricultural Jihad Organization. 2011. The composition and proposed pattern of cultivation p. 19. (In Persian)
- Jafarbaeglu, M., and Mobarake, Z. 2008. Assess the land suitability for cultivation of saffron Qazvin province on the basis of multi-criteria decisions methods. *Physical Geography Research* (66): 101-119. (In Persian with English Summary)
- Kamkar, B., Dorri, M.A., and Teixeira da Silva, J. 2014. Assessment of land suitability and the possibility and performance of a canola (*Brassica napus* L.)-soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of Golestan province, Iran. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 17(1): 95-105.
- Kazemi, H., Tahmasebi, Z., Kamkar, B., Shataei, S., and Sadeghi, S. 2012. Evaluation of geostatistical methods for estimating and zoning of macronutrients in agricultural lands of Golestan province. *Journal of Soil and Water* 22(1): 18. (In Persian with English Summary)
- Khajeh pour, M.R. 2013. Cereals. Jihad Daneshgahi Isfahan, Iran p 783. (In Persian)
- Khush, G.S. 2005. What it will take to feed 5 billion rice consumers in 2030. *Plant Molecular Biology* 59: 1-6.
- Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashame Dezfuli, A. 1995. Sustainable Agriculture. Jihad Daneshgahi Mashhad, Mashhad, Iran 162 pp. (In Persian)
- Kramer, P.J. 1997. Plant and Soil Water Relationships: A Modern Synthesis. Tata Mc Graw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi p. 296-345.
- Kumudini, S., Hume, D.J., and Chu, G. 2002. Genetic improvement in Short-season soybean (nitrogen accumulation, remobilization and partitioning). *Crop Science* 42: 141-145
- Lotfi Arpachaei, Z., Esmali Ouri, A., Hashemimajid, K., and Najafi, N. 2013. Soil fertility evaluation of Ardabil plain for wheat and potato based on some soil chemical properties by AHP and GIS techniques. *Journal of Water and Soil* 27(1): 45-53. (In Persian with English Summary)
- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley and Sons. New York. USA p. 198-204.
- Mosavati, S.A., and Seiedjalali, S.A. 2002. Determination land suitability and wheat production potential in saline land of Golestan Province. Technical Publication No. 1136. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran 51 pp. (In Persian)
- Nurmohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2001. The Cultivation of Cereals. University of Chamran, Ahvaz, Iran 446 p. (In Persian)
- Sarmadnea, G.H., and Koocheki, A. 1989. Dry farming aspects of physiology. Publications Jihad Daneshgahi, Ferdowsi University, Mashhad, Iran 423 p. (In Persian)
- Saresaraf, B., Bazger, S., and Mohammadi, G.H. 2009. Zoning of potential climate wheat cultivation in the province of West Azerbaijan. *Geography and Development* (13): 5-26 (In Persian with English Summary)
- Sarmadian, F., and Taati, A. 2015. Agro-ecological zoning of the Qazvin area for wheat (*Triticum aestivum* L.) using RS and GIS. *Journal of Agroecology* 7(3): 368-380. (In Persian with English Summary)
- Satty, T. 1980. The Analytical Hierarchical Process: Planning, Priority setting, Resource Allocation. New York: ISBN 0-07-054371-2, Mc Graw-Hill.
- Shahabee, H., KHazree, S., and Nayyaree, H. 2008. Study factors affecting the positioning of rescue stations mastic gum Sanandaj road using the weighted linear combination model. Fourth International Conference on Crisis Management and Passive Defense of National Stability, Tehran, Iran. 2/3/2009. 3. (In Persian)
- Shuanghe, S., ShenBin, Y., BingBai, L., BingXiang, T., Zeng Yuan, L., and Toan Thuy, L. 2009. A scheme for regional rice yield estimation using Envisat asar data, *Science in china series D-Earth Sciences* 52(8): 1183-1194.
- Simpson, J., and Stitt, J.A. 1998. Procedure for the detection and removal of clouds shadow from AVHRR data over land. *IEEE Truncation. Geoscience and Remote Sensing* 36: 880-897.
- Subhane, B. 2005. Agro-climatic zoning of Ardabil province using satellite imagery in GIS. A Thesis Submitted to the

- Graduated Studies Office in Partial Fulfillment of Requirement for Degree Geography. Tabriz University, Tabriz, Iran p. 1- 20. (In Persian with English Summary)
- Thanh Tuan, N., Jian-jun, Q., Verdoot, A., and Vanranst, E. 2011. Temperature and precipitation suitability evaluation for the winter wheat and summer maize cropping system in the Huang-huai-Hai plain of China. *Agricultural Sciences in China* 10(2): 275-288.



Potential Climatic Zoning of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Golestan Province

A. Baniaghi¹, A. Rahemi Karizaki^{2*}, A. Biabani³, H. Faramarzi⁴

Submitted: 07-12-2015

Accepted: 24-09-2016

Baniaghil, A., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., and Faramarzi, H. 2017. Potential climatic zoning of wheat Golestan Province. Journal of Agroecology 9(3): 821-833.

Introduction

Crop selection based on land capabilities has been used in several studies to assess the suitability of land for specific crops in order to determine the optimal cropping system. Maize, rice, wheat, barley, cotton, soybean and canola are the major crops found in the agricultural production systems of Golestan province, Iran. Soybean (*Glycine max* L.; Fabaceae) is grown world-wide as an important staple and commercial crop. Kamkar et al., (2014) on assessment review of land suitability for cultivation of rapeseed and soybean in four basins over Golestan province, using GIS reported that only 11.82% of the total lands very suitable to rotate soybean after canola, used raster layers for them study were included climatic (precipitation, temperature), topographic (aspects and slope) and soil-related (texture, pH, EC). The Geographical Information System (GIS) offers a flexible and powerful tool as it can combine large volumes of different kinds of data into new datasets and display these new datasets in the form of informative and accessible thematic maps. The aim of this study was to perform land suitability assessments for wheat cultivation Golestan province, and to investigate the possibility of wheat cultivation. In this way, we used GIS and a comprehensive data set on wheat crop ecological requirements, agro climatological, topographic and soil data.

Material and Methods

Geographical Location of the Region

The province of Golestan with an area of 21,500 square kilometers, is in the southeast of the Caspian Sea. This area extends from 36_44° N to 38_5° N and from 51_53° E to 56_14° E. In general, Golestan has a moderate and humid climate known as "the moderate Caspian climate. arid and semiarid areas has occupied more than 35% of Golestan province. The study area of the research, include agricultural lands and rangelands of Golestan province is present. Using 1: 50,000 maps of the national cartographic center of Iran, we created a 20 m digital elevation model (DEM) with a topo-to-raster function.

Method of study

In this study, the first agro-ecological requirements and of wheat were determined based on scientific resources. Studied climatic variables were included average, minimum and maximum temperatures, precipitation in the date planting and during growth season of crop. Data of the last 10 years were collected and recorded from 25 stations located within the study area. The standardization of data was used from fuzzy method and Analytic Hierarchy Process (AHP) was used for weighting the criteria. Finally, using weighted linear combination (WLC) in the software IDRISI, wheat cultivation potential map was prepared.

Results and Discussion

The results showed that the weighted criteria of AHP, the amount of precipitation during the growing season had the highest amount with 0.3407 and minimum temperature in the emergence stage with 0.0306 had the lowest coefficient in the rankings. The digital environmental layers overlaid and integration in GIS media then zoning of lands carried out in 4 classes (high suitable, suitable, less suitable and unsuitable). The results showed that 9.54% and 54.53% of this area were high suitable and suitable for wheat cropping, respectively.

Conclusion

1, 2, 3 and 4- MSc Student of Agroecology, Department of palnt production, Assistant Professor in Plant Production, Associated Proffessor, Department of palnt production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University and PhD student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarress University of Noor, Iran, respectively. (*- Corresponding author Email: Alirahemi@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.52027

In the output map from weighted linear combination, the located lands in East, Southeastern, South and Southwest had the lowest potential production for wheat. These areas were consisted of steep slopes, highest elevation, less precipitation and less favorable area in terms of areas which had unfavorable climate areas and other areas that located in the Northeastern, center and Northwest of the province had the best potential for wheat production which can be said cause of sufficient amount precipitation, low slope and elevation, favorable soil and temperature.

Keywords: Environmental variables, Fuzzy method, Geographic information system, and Weighted linear combination.



تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی برگی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.)

اصغر رحیمی^{۱*} و علی اکبر پورمحمدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۷

رحیمی، ا.، و پور محمدی، ع. ا. ۱۳۹۶. تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی برگی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (L. *Plantago ovata*). بوم شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۸۳۴-۸۴۷.

چکیده

یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به کارگیری کودهای آلی در تولید محصولات می باشد. بر این اساس به منظور بررسی تأثیر کاربرد کود ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد، اجزای عملکرد در گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارها شامل کاربرد ورمی کمپوست (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ تن در هکتار) به عنوان فاکتور اول و محلول پاشی (آب مقطر به عنوان شاهد، چای کمپوست و اسید هیومیک) به عنوان فاکتور دوم بود. نتایج نشان داد کاربرد ورمی کمپوست تأثیر معنی داری بر سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، تعداد سنبله، شاخص برداشت، عملکرد موسیلاژ و عملکرد دانه داشت. به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۴۵/۹ گرم در مترمربع) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با تیمار ۸ و ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست نداشت و کمترین آن از شاهد (۲۳/۷ گرم در مترمربع) به دست آمد. همچنین محلول پاشی چای کمپوست عدد اسید، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، تعداد سنبله، تعداد دانه و عملکرد موسیلاژ را به طور معنی داری افزایش داد و بیشترین عملکرد دانه (۴۴/۶ گرم در مترمربع) نیز از محلول پاشی چای کمپوست به دست آمد. در مجموع از لحاظ اقتصادی، کاربرد کود زیستی ورمی کمپوست به میزان هشت تن در هکتار و محلول پاشی چای کمپوست برای افزایش عملکرد دانه و اجزای آن در گیاه اسفرزه مناسب به نظر می رسد.

واژه های کلیدی: اسید، چای کمپوست، شاخص برداشت، فاکتور تورم، موسیلاژ

مقدمه

یک ساله بوده و ارزش بذرهایی آن ناشی از کمیت و کیفیت موسیلاژ موجود در لایه های سطحی پوست دانه می باشد (Nadjafi & Rezvani Moghaddam, 2002). موسیلاژ این گیاه از گروه داروهای ملین و لعاب دار است که به دلیل خاصیت جذب آب (هیدروفیل) باعث حجیم شدن مواد محتوی روده و دفع یبوست می گردد (Matur et al., 2006).

امروزه کاربرد سموم و کودهای شیمیایی در زمین های زراعی به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته است که علاوه بر هزینه های اضافی، اثرات جبران ناپذیری بر محیط زیست و سلامتی انسان دارد. استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک بدون جایگزینی مناسب نیز

گیاهان دارویی در صنایع مختلف نقش مهمی را ایفا می کنند و علاوه بر آن امروزه به صورت خام یا فرآوری شده در طب سنتی و مدرن مورد استفاده قرار می گیرند (Ghasemi et al., 2013). اسفرزه با نام علمی *Plantago ovata* متعلق به تیره بارهنگ^۲ گیاهی

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان
(*)- نویسنده مسئول: (Email: rahimiasg@gmail.com)

چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp) شد (Astarai & Ivani, 2008). به‌طور کلی، آزمایشاتی که تأثیر ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست و اسید هیومیک را به‌تنهایی یا به صورت مخلوط با سایر کودها روی گیاهان دارویی بررسی کرده باشد اندک است، اما نتایج آزمایشات انجام شده حاکی از بهبود کمیت و کیفیت محصول تحت تأثیر این کودها می‌باشد.

هدف از این تحقیق بررسی کاربرد کود ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد اسفرزه (*Plantago ovata* L.) در ارتباط با کاهش مصرف کودهای شیمیایی در راستای نیل به کشاورزی پایدار بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل کاربرد ورمی کمپوست در پنج سطح (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ تن در هکتار) به عنوان عامل اول و عامل دوم شامل سه سطح محلول پاشی آب مقطر به عنوان شاهد، چای کمپوست و اسید هیومیک بود. قبل از انجام آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری صورت گرفت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱). برخی از خصوصیات ورمی کمپوست، چای کمپوست و اسید هیومیک نیز در جدول ۲ ذکر شده است.

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین که شامل شخم، دیسک و تسطیح بود کود ورمی کمپوست به میزان لازم هر تیمار به خاک اضافه و سپس به‌طور کامل با لایه سطحی مخلوط شد. کود ورمی-کمپوست از مزرعه تولید ورمی کمپوست دانشگاه ولیعصر رفسنجان تهیه شد. عملیات کاشت در اواخر بهمن ماه سال ۱۳۹۲ به صورت دستی و با مخلوط کردن بذر اسفرزه همراه با ماسه بادی با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر انجام گرفت. به منظور تسهیل در سبز شدن بذر، اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری‌های بعدی هر شش روز یک‌بار تا پایان فصل رشد انجام شد. بعد از سبز شدن و استقرار کامل بوته‌ها، عملیات تنک در مرحله ۴-۶ برگی برای دستیابی به تراکم مطلوب (۷۰ بوته در متر مربع) انجام گرفت. محلول پاشی از مرحله ۸-۷ برگی تا مرحله گل‌دهی هر دو هفته یک‌بار در صبح صورت گرفت. برای تهیه محلول چای کمپوست

باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. در نتیجه برای رهایی از این مشکلات و مدیریت حاصل‌خیزی خاک، حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک توصیه می‌شود و بدین ترتیب نیاز به مصرف کودهای آلی برای تغذیه گیاه افزایش پیدا می‌کند (Jeyabal & Kupposwamy, 2001). یکی از راه‌های افزایش ماده آلی خاک استفاده از کودهای آلی از قبیل ورمی کمپوست می‌باشد.

ورمی کمپوست نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم‌های خاکی می‌باشد که در نتیجه هضم بقایای آلی ضمن عبور از دستگاه گوارش کرم‌ها به وجود می‌آید. عناصر غذایی در ورمی کمپوست مانند نیتрат، فسفر، تبادل و پتاسیم محلول به شکل کاملاً قابل استفاده برای گیاه می‌باشند (Orozco et al., 1996). همچنین به‌دلیل کاهش سطح آلاینده‌ها و داشتن میزان بالای جمعیت میکروبی و عناصر غذایی، در حال حاضر به عنوان یکی از بهترین کودهای زیستی مطرح شده است (Ravindran et al., 2008).

چای کمپوست نیز یک محصول فرعی حاصل از ورمی کمپوست می‌باشد که باعث افزایش رشد گیاه می‌شود. تأثیر مثبت چای کمپوست بر رشد گیاه تا حد زیادی به نیتروژن و جیبرلین در چای و جذب مواد مغذی توسط گیاه مرتبط است و مصرف مداوم آن می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و غلظت مواد معدنی در بافت‌های گیاهی شود (Pant et al., 2012). دلیل عمده استفاده از چای کمپوست، انتقال توده میکروبی، مواد ارگانیک و ترکیبات شیمیایی محلول به خاک و گیاهان است که باعث افزایش رشد گیاه می‌شود و به‌دلیل محلول پاشی روی برگ، نسبت به عرضه کودهای آلی در خاک به راحتی مواد غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم می‌کند (Hargreaves et al., 2009).

اسید هیومیک اصلی‌ترین بخش مواد هیومیکی و مهم‌ترین جزء ماده آلی خاک (هوموس) را تشکیل می‌دهد. اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری آلی طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید که باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Ghorbani et al., 2010). در مطالعه‌ای آياس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد بیولوژیک می‌شود. در مطالعه‌ای کاربرد کود اسید هیومیک موجب افزایش وزن خشک برگ، ساقه و وزن خشک کل در لوبیا

ترکیب ۵۰۰ گرم ورمی کمپوست، ۲۵ سی سی اسید هیومیک، ۵ گرم مخمر، ۲۵ سی سی عصاره جلبک دریایی و ۲۵ سی سی ماس پاشی گردید (Bess, 2000). چای کمپوست هوازی آماده گردید و با همین غلظت محلول - چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به مدت ۲۴ ساعت در ۵۰ لیتر آب

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1-Physical and Chemical characteristics of soil

بافت Texture	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن (درصد) N (%)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg ⁻¹)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم) Cu (mg.kg ⁻¹)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم) Mn (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی (میلی زیمنس بر متر) Ec (mS.m ⁻¹)	pH
لوم شنی Sandy loam	0.93	381	12	0.10	1.44	0.82	0.519	8.35	6.5	7.8

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست، چای کمپوست و اسید هیومیک

Table 2- Chemical characteristics of vermicompost, compost tea and acid humic

	pH	پتاسیم (درصد) K (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر P	آهن Fe	مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	شوری (میلی زیمنس بر متر) EC (mS.m ⁻¹)
ورمی کمپوست Vermi compost	7.81	0.55	1.03	3.45	5200	42	142	450	1.63
چای کمپوست Compost tea	8.1	0.31	0.23	2.15	4525	61	112	361	1.97
اسید هیومیک Acid humid	7.95	0.48	0.85	2.55	4845	48	105	415	1.85

تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، فاکتور تورم، درصد موسیلاژ، عملکرد موسیلاژ و شاخص برداشت بود. به منظور ارزیابی شاخص‌های کیفی بذر اسفزه، مقدار موسیلاژ (درصد) و فاکتور تورم (میلی لیتر) با استفاده از روش شارما و کول (Sharma & Koul, 1986) اندازه‌گیری و تعیین شد.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

اسید هیومیک مورد استفاده در این آزمایش از نوع هومی پاور- پلاس ساخت کشور اسپانیا بوده که دارای هفت درصد اسید هیومیک و سه درصد اسیدهای آمینه است و مقدار مصرف آن پنج لیتر در هکتار بود. در مرحله گلدهی ۱۰ بوته متوالی از هر کرت انتخاب و صفات سطح برگ^۱ و عدد اسپد^۲ در آن‌ها اندازه‌گیری شد. با شروع علائم ظاهری گیاه هم‌چون زردی و خشک شدن برگ‌ها و صورتی رنگ شدن بذرها عملیات برداشت در اواسط خرداد ماه صورت گرفت. برای اندازه‌گیری عملکرد، با حذف اثرات حاشیه‌ای بوته‌های یک مترمربع جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری اجزاء عملکرد، ده بوته به صورت

۱- Leaf area meter, Model: CI-202, USA

۲- SPAD-502, Model: Minolta, Japan

نتایج و بحث

عدد اسپد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محلول پاشی تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر عدد اسپد داشت، اما سطوح مختلف ورمی کمپوست و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول ۳)، به طوری که بیشترین عدد اسپد (۵۳/۵) از محلول پاشی چای کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با محلول پاشی اسید هیومیک نداشت و کمترین آن از شاهد به دست آمد (جدول ۵). احتمالاً افزایش در میزان عدد اسپد با محلول پاشی چای کمپوست و اسید هیومیک می تواند به دلیل افزایش

جذب عناصر غذایی توسط گیاه و در نتیجه افزایش رشد رویشی و غلظت کلروفیل در گیاه در مقایسه با گیاهان شاهد باشد که این دسترسی مناسب به عناصر از طریق کاربرد ورمی کمپوست تأمین نشده است. اسلادکی و تیچی (Sladky & Tichy, 1959) در بررسی مواد هیومیکی بر محتوای کلروفیل برگ های گیاه گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) کشت شده در محلول غذایی دریافتند که اسید هیومیک به میزان ۶۳ درصد غلظت کلروفیل برگ ها را افزایش داد. همچنین در مطالعه ای بر روی گندم کاربرد اسید هیومیک تأثیر معنی داری بر عدد اسپد در این گیاه داشت (Sabzevari & Khazaei, 2009).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عدد اسپد، سطح برگ، فاکتور تورم، وزن خشک و شاخص برداشت اسفرزه
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) spad number, leaf area, swelling factor, dry weight and harvest index of isabgol

شاخص برداشت Harvest index	وزن خشک Dry weight	فاکتور تورم Swelling factor	سطح برگ Leaf area	عدد اسپد Spad number	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
220.95 ^{ns}	54.46 ^{ns}	0.155 ^{ns}	7.08 ^{**}	5.84 ^{ns}	2	تکرار Replication
227.77 [*]	1510.4 ^{**}	0.547 ^{ns}	21.88 ^{**}	16.36 ^{ns}	4	ورمی کمپوست Vermicompost
23.02 ^{ns}	5858.4 ^{**}	0.822 ^{ns}	131.34 ^{**}	381.4 ^{**}	2	محلول پاشی Foliar application
28.07 ^{ns}	359.8 ^{**}	0.197 ^{ns}	23.67 ^{**}	9.89 ^{ns}	8	ورمی کمپوست × محلول پاشی Vermicompost × Foliar application
8.47	9.63	0.57	0.28	2.56	28	خطا Error
19.07	11.66	6.16	2.15	5.12		ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)

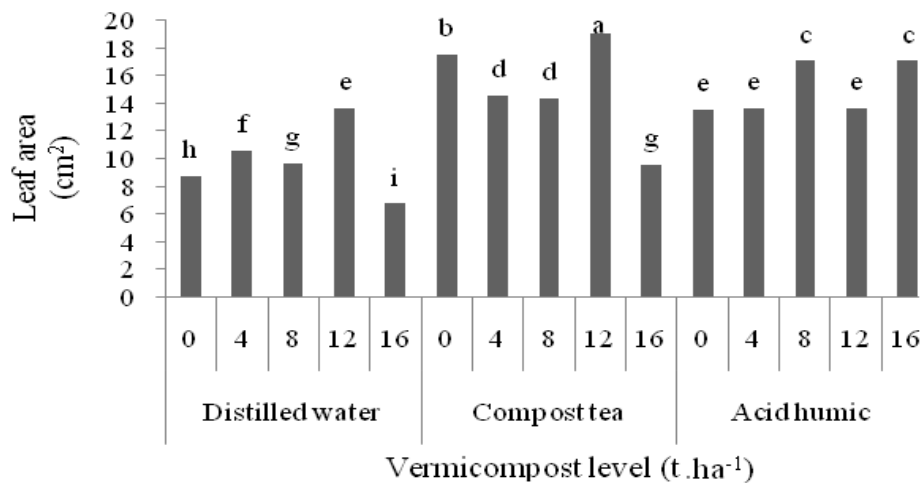
** : معنی داری در سطح احتمال یک درصد، * : معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و ns : عدم معنی داری.

** : indicates significant at 1% probability level, * : indicates significant at 5% probability level and ns: indicates not significant.

سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، سطوح مختلف ورمی کمپوست، محلول پاشی و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر سطح برگ داشت (جدول ۳). در شرایط محلول پاشی با آب مقطر بیشترین سطح برگ (۱۳/۶ سانتی مترمربع) از تیمار ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین آن (۶/۷ سانتی مترمربع) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد. به نظر می رسد مصرف زیاد از حد ورمی کمپوست احتمالاً از طریق افزایش هدایت الکتریکی خاک، باعث کاهش عملکرد اسفرزه شده و یا اسفرزه به بیشبود برخی عناصر در مصرف لوکس کود ورمی

کمپوست حساس بوده است. در شرایط محلول پاشی چای کمپوست بیشترین سطح برگ (۱۹ سانتی مترمربع) از تیمار ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین آن (۹/۵ سانتی مترمربع) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد. در شرایط محلول پاشی اسید هیومیک بیشترین سطح برگ (۱۷ سانتی مترمربع) از تیمار هشت تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با تیمار ۱۶ تن در هکتار نداشت. با توجه به شکل ۱ بیشترین سطح برگ گیاه با مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست در خاک در شرایط محلول پاشی چای کمپوست به دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت.



شکل ۱- تأثیر ترکیب تیماری ورمی کمپوست و محلول پاشی بر سطح برگ اسفرزه
Fig. 1- Effect of combination of vermicompost and foliar application on leaf area of isabgol

معنی‌داری بین سطوح مختلف ورمی کمپوست و شاهد در وزن خشک اندام هوایی مشاهده نشد. در محلول پاشی چای کمپوست بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۱۲۵/۳ گرم در مترمربع) از تیمار ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که با تیمار ۸ و ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت. در محلول پاشی اسید هیومیک نیز بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی (۹۸/۳ گرم در مترمربع) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که با تیمار ۸ و ۱۲ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت. با توجه به شکل ۲ بیشترین زیست‌توده تولیدی گیاه با مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست در خاک در شرایط محلول پاشی چای کمپوست به دست آمد که با تیمار ۸ و ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست در شرایط محلول پاشی چای کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت. به نظر می‌رسد مصرف سطوح مختلف ورمی کمپوست احتمالاً با بهبود ساختمان خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک باعث بهبود زهکشی خاک شده و به دنبال آن رشد ریشه‌ها و در نتیجه جذب مواد غذایی و رشد اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. همچنین ورمی کمپوست به دلیل داشتن ریزموجودات نظیر قارچ، باکتری و اکتینومیسیت‌ها، فعالیت میکروبی بیشتری دارد که این موجودات علاوه بر بهبود جذب عناصر غذایی می‌توانند از طریق تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تأثیر مثبتی روی رشد ریشه و تولید ماده خشک داشته باشند (Joshi & Vig, 2010).

صدیقی و همکاران (Siddiqui et al., 2008) گزارش کردند، محلول پاشی چای کمپوست غنی شده با تریکودرما^۳ سطح برگ بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) را نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. در مطالعه‌ای کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست و کود شیمیایی باعث افزایش سطح برگ در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) شد (Kannan et al., 2013). همچنین گزارش شده است که کاربرد ورمی کمپوست در ذرت باعث افزایش سطح برگ گیاه نسبت به تیمار شاهد می‌گردد (Pandurang, 2013).

فاکتور تورم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست، محلول پاشی و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر فاکتور تورم اسفرزه نداشت (جدول ۳).

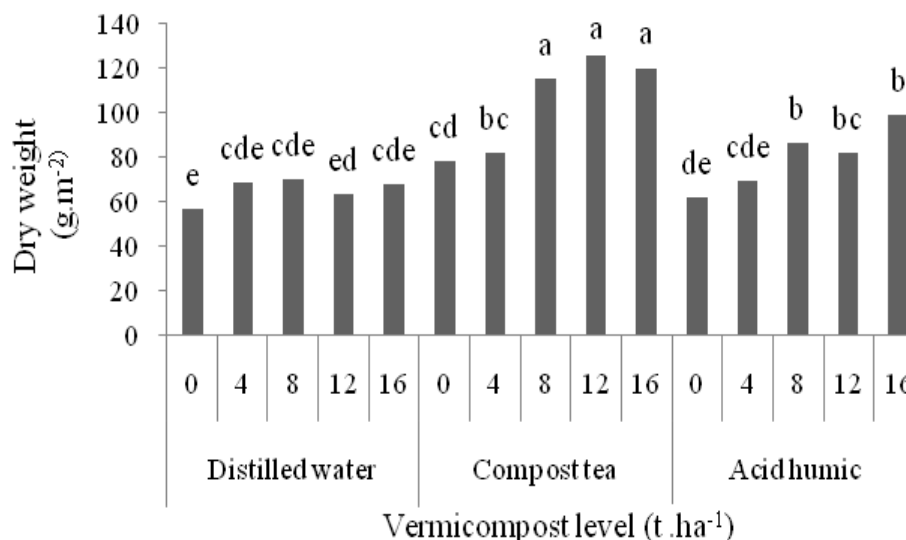
وزن خشک اندام هوایی

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست، محلول پاشی و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک اندام‌های هوایی معنی‌دار بود. در شرایط محلول پاشی با آب مقطر تفاوت

۳- *Trichoderma*

خشک تولیدی توسط گیاه شده است. پاترا و بیسواس (Patra & Biswas, 2009) گزارش کردند که کاربرد تلفیقی پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و ۲۵ درصد کود شیمیایی منجر به افزایش وزن خشک ذرت می شود. پانت و همکاران (Pant et al., 2009) در مطالعه ای بر روی شلغم (*Brassica rapa* L.) گزارش کردند که محلول پاشی چای کمپوست باعث افزایش معنی دار وزن خشک کل این گیاه نسبت به تیمار شاهد شد.

احتمالاً افزایش تولید زیست توده با محلول پاشی چای کمپوست مربوط به مواد مغذی، تنظیم کننده های رشد گیاهی، میکروارگانیزم های مفید و ترکیبات زیستی موجود در چای کمپوست می باشد. همچنین گزارش شده این افزایش وزن خشک احتمالاً مربوط به عناصر میکرو چای کمپوست می باشد (Theunissen et al., 2010). بنابراین، تلفیق تیمارهای کودی احتمالاً از طریق افزایش فراهمی عناصر کم مصرف و بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز باعث افزایش ماده



شکل ۲- تأثیر ترکیب تیماری ورمی کمپوست و محلول پاشی بر وزن خشک اسفرزه
Fig. 2- Effect of combination of vermicompost and foliar application on dry weight of isabgol

هکتار ورمی کمپوست موجب افزایش شاخص برداشت در گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) نسبت به تیمار شاهد شد.

تعداد سنبله در بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس سطوح مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی تأثیر معنی داری بر تعداد سنبله داشت، اما اثر متقابل محلول پاشی و ورمی کمپوست تأثیر معنی داری را نشان نداد (جدول ۴). با افزایش سطوح ورمی کمپوست تعداد سنبله در بوته افزایش یافت، به طوری که بیشترین تعداد سنبله (۱۰/۸ عدد) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین آن (۴/۹ عدد) از تیمار شاهد به دست آمد. همچنین بیشترین تعداد سنبله در بوته (۸/۸ عدد) از محلول پاشی چای کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست تأثیر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص برداشت داشت (جدول ۳). به طوری که بیشترین شاخص برداشت (۴۹/۳ درصد) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست به دست آمد که اختلاف معنی داری با سایر سطوح ورمی کمپوست نداشت و کمترین آن (۳۹/۵ درصد) از شاهد به دست آمد که اختلاف معنی داری با تیمار چهار تن در هکتار ورمی کمپوست نداشت (جدول ۵). احتمالاً در این آزمایش ورمی کمپوست با افزایش عملکرد دانه و افزایش تخصیص مواد غذایی به اندام های زایشی نسبت به اندام های رویشی باعث افزایش شاخص برداشت نسبت به شاهد شد. در مطالعه ای توسط تصدیقی و همکاران (Tasdighi et al., 2015) کاربرد ۱۰ تن در

ورمی کمپوست در محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت، اما محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت داشت (جدول ۴). به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در سنبله (۸۰/۴ عدد) از محلول‌پاشی چای کمپوست و کمترین آن (۶۸ عدد) از محلول‌پاشی اسیدهیومیک به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی آب مقطر نداشت (جدول ۵). در گیاهان تعداد دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه به‌شمار می‌آید که تحت تأثیر تأمین مواد مغذی و رطوبت خاک در طی تمایز سنبله‌ها قرار می‌گیرد. می‌توان گفت که کاربرد چای کمپوست باعث جذب سریع و مستقیم عناصر غذایی از طریق اندام هوایی و در نتیجه افزایش تعداد دانه در سنبله گردیده است.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست، محلول‌پاشی و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه اسفرزه نداشت (جدول ۴). عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای ذکر شده بر وزن هزار دانه احتمالاً مربوط به محدودیت مخزن و تأثیر ژنتیک گیاه بر این صفت می‌باشد، از طرفی، گیاه اسفرزه گیاهی بسیار کم‌توقع مس باشد و با دسترسی حداقلی به منابع، عملکرد دانه و وزن هزار دانه مناسبی تولید می‌کند.

محلول‌پاشی اسیدهیومیک نداشت و کمترین تعداد سنبله (۶/۳) از محلول‌پاشی آب مقطر به‌دست آمد (جدول ۵). در طول دوره تشکیل سنبله و پر شدن دانه، محلول‌پاشی عناصر غذایی ممکن است سبب افزایش باروری تعداد گل‌ها و فعالیت برگ‌ها شود و لذا نقل و انتقال مواد فتوسنتزی سبب بهبود تعداد شاخه گل‌دهنده، تعداد سنبله و وزن سنبله نسبت به تیمار شاهد شود. جت و اهلاوات (Jat & Ahlawat, 2006) نیز گزارش کردند که ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار تعداد نیام در گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) شده است. آن‌ها علت این موضوع را فراهم کردن هر چه بهتر مواد مغذی مورد نیاز گیاه، با کاربرد ورمی کمپوست دانستند. در مطالعه‌ای محلول‌پاشی ۲۲۵۰ گرم اسیدهیومیک در هزار لیتر آب باعث افزایش تعداد کپسول در بوته گیاه چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) شد (Heidari & Khalili, 2014). همچنین در آزمایشی که اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و نیتروژن برگندم دوروم (*Triticum durum* L.) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که تعداد سنبله، باروری سنبله و محتوی پروتئین دانه در اثر کاربرد هر دو تیمار افزایش یافت و این افزایش، در محلول‌پاشی نیتروژن با اسید هیومیک به صورت همزمان بسیار بیشتر بود (Delfine et al., 2005).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کاربرد ورمی کمپوست و اثر متقابل

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد، اجزای عملکرد و میزان موسیلاژ اسفرزه

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of yield, yield components and mucilage content of isabgol

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد سنبله Spike number	تعداد دانه Seed number	وزن هزار دانه 1000-seed weight	درصد موسیلاژ Mucilage Percent	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	73.44 **	212.6 ns	0.025 ns	9.01 *	1430.8 ns	201.1 *
ورمی کمپوست Vermi compost	4	55.37 **	141.7 ns	0.022 ns	2.36 ns	47299.5 **	735.8 **
محلول‌پاشی Foliar application	2	25.1 *	662.8 *	0.055 ns	6.73 *	56572.4 **	907.4 **
ورمی کمپوست×محلول‌پاشی Vermi compost× Foliar application	8	1.68 ns	261.8 ns	0.031 ns	0.91 ns	4669.3 ns	83.9 ns
خطا Error	28	1.85	12.85	0.18	1.32	59.07	7.22
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		24.1	17.6	18.1	20.6	25.08	19.6

***: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، **: معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و ns: عدم معنی‌داری.

***: indicates significant at 1% probability level, *: indicates significant at 5% probability level and ns: indicates not significant.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سادهورمی کمپوست و محلول پاشی بر صفات رویشی، اجزای عملکرد و میزان موسیلاژ اسفرزه
Table 5- Mean comparison of the simple effects of vermicompost and foliar application on growth characteristics, yield components and mucilage content of isabgol

عامل‌های آزمایش Experiment factors	عدد اسپد Spad number	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) Leaf area (cm ²)	وزن خشک (گرم بر متر مربع) Dry weight (g.m ⁻²)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تعداد سنبله spike number	تعداد دانه Seed number	درصد موسیلاژ Mucilage percent	عملکرد موسیلاژ (گرم بر متر مربع) Mucilage yield (g.m ⁻²)
ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost (t.ha ⁻¹)								
شاهد	48.8 ab*	13.2 c	65 b	39.5 b	4.94 c	71.6 a	6.07 a	14.2 b
Control								
4	51 ab	12.9 d	72.8 b	43.2 ab	5.42 c	75.1 a	5.75 a	17.7 b
8	51.2 a	13.6 b	90.1 a	45.6 a	8.03 b	78.2 a	6.33 a	25.8 a
12	50.8 ab	15.4 a	89.7 a	47.4 a	9.05 b	67.8 a	7.05 a	29 a
16	48.3 b	11 e	95.2 a	49.3 a	10.84 a	71.1 a	6.71 a	30.8 a
محلول پاشی Foliar application								
آب مقطر	44.3 b	9.8 b	64.8 c	44.8 a	6.31 b	69.9 b	5.72 b	16.7 b
Distilled water								
چای کمپوست	53.5 a	14.9 a	103.8 a	43 a	8.89 a	80.4 a	6.38 ab	28.7 a
Compost tea								
اسید هیومیک	52.3 a	14.8 a	79.1 b	45.4 a	7.77 a	68 b	7.06 a	25.1 a
Acid humic								

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.

*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test

درصد و عملکرد موسیلاژ

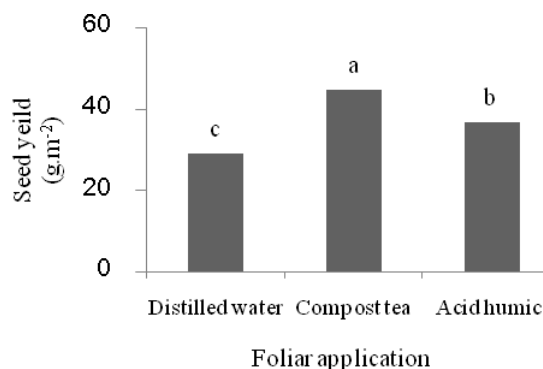
با توجه به جدول تجزیه واریانس محلول پاشی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر درصد موسیلاژ اسفرزه داشت، اما کاربرد ورمی کمپوست و اثر متقابل ورمی کمپوست در محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) بیشترین درصد موسیلاژ (۷/۰۶ درصد) از محلول پاشی اسید هیومیک و کمترین آن (۵/۷۲ درصد) از محلول پاشی آب مقطر به‌دست آمد. به نظر می‌رسد اسید هیومیک با در دسترس قرار دادن عناصر معدنی و مواد آلی از طریق برگ به گیاه، توانسته فرآیند تولید موسیلاژ را تسریع کند. همچنین سطوح مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد موسیلاژ اسفرزه داشت، اما اثر متقابل ورمی کمپوست و محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد موسیلاژ (۳۰/۸ گرم بر مترمربع) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست و کمترین آن (۱۴/۲ گرم بر مترمربع) از تیمار شاهد به‌دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد موسیلاژ (۲۸/۷ گرم بر متر-

مربع) از محلول پاشی چای کمپوست به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با محلول پاشی اسید هیومیک نداشت و کمترین آن (۱۶/۷ گرم بر مترمربع) از محلول پاشی با آب مقطر به‌دست آمد (جدول ۵). باجیا (Bajjiya, 1994) بالا بودن عملکرد موسیلاژ اسفرزه تحت تأثیر مصرف کمپوست زباله شهری را در مقایسه با تیمارهای تغذیه‌ای به صورت شیمیایی علاوه بر جذب نیتروژن و فسفر به بهبود جذب عناصر غذایی پر مصرف نظیر پتاسیم و سولفور نسبت داد. ایولو (Ewulo, 2005) بالاتر بودن عملکرد موسیلاژ و دانه اسفرزه تحت شرایط کاربرد کودهای آلی به افزایش مواد غذایی قابل دسترس برای ریشه گیاه و بهبود فتوسنتز مربوط دانست. سینگ و همکاران (Singh et al., 2010) نیز افزایش عملکرد موسیلاژ اسفرزه در تیمارهای تغذیه آلی را تحت تأثیر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بیان نمودند. در مطالعه‌ای توسط صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2012) نیز کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش عملکرد موسیلاژ در گیاه ختمی (*Alcea rosea* L.) شد. اسدی و همکاران (Asadi et al., 2014) با مقایسه نسبت‌های مختلف کود دامی (۵،

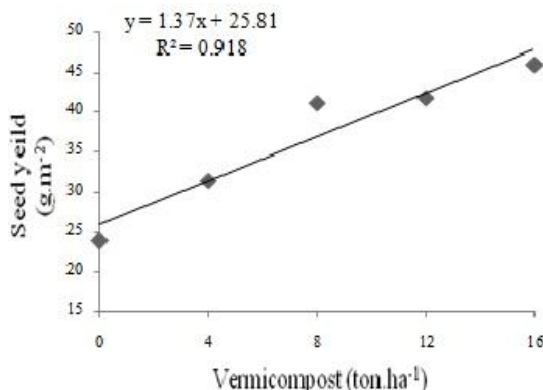
۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و ورمی کمپوست (۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) نشان دادند که بیشترین عملکرد موسیلاژ از تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شش تن در هکتار ورمی کمپوست نداشت و کمترین آن از تیمار شاهد به‌دست آمد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کاربرد ورمی کمپوست و محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه داشت، اما اثر متقابل ورمی کمپوست و محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (۴۵/۹ گرم بر مترمربع) از تیمار ۱۶ تن در هکتار ورمی کمپوست به‌دست آمد که با تیمارهای ۸ و ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن (۲۳/۷ گرم بر مترمربع) از تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۳). همچنین در تیمارهای محلول‌پاشی بیشترین عملکرد دانه (۴۴/۶ گرم بر مترمربع) از محلول‌پاشی چای کمپوست و کمترین آن (۲۹ گرم بر مترمربع) از محلول‌پاشی آب مقطر به‌دست آمد (شکل ۴). استفاده از ورمی کمپوست علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات)، با فراهم کردن دسترسی گیاه به عناصر غذایی مورد نیاز آن مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Arancon et al., 2004). در این رابطه اتیه و همکاران (Atiyeh et al., 2002) بیان داشتند که ورمی کمپوست‌ها دارای تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه مانند هورمون‌های گیاهی هستند که این مواد باعث تأثیرات مفیدی مانند افزایش جوانه‌زنی و عملکرد می‌شوند. همچنین در مطالعه‌ای با مصرف کمپوست در خاک، محصول گوجه-فرنگی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (Mynard, 1993). مهشبابو و همکاران (Maheshbabu et al., 2008) با بررسی مصرف تلفیقی کودهای آلی در سویا (*Glycine max* L.) دریافتند که عملکرد دانه با مصرف تلفیقی ورمی کمپوست و کودهای دامی افزایش معنی‌داری را نشان داد. سوجاتا و همکاران (Sujatha et al., 2008) نیز در زمینه کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست با کودهای آلی نتایج مشابهی را بر روی گیاه ذرت گزارش نمودند. در مطالعه‌ای بر روی کنجد (*Sesamum indicum* L.) کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست موجب افزایش عملکرد دانه در این گیاه شد (Sajadi Nik & Yadavi, 2013). انصاری (Ansari, 2008) رشد بهتر و عملکرد بالاتر گیاهان در اثر کاربرد چای کمپوست را به آزادسازی آهسته عناصر غذایی به همراه اکسین و جیبرلین ناشی از محلول‌پاشی این کودها بر روی گیاه نسبت داد. در مطالعه‌ای بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) مصرف چای کمپوست باعث افزایش محتوای کارتنوئید، عملکرد و نیتروژن در این گیاه شد (Pant et al., 2009). در آزمایشی مصرف چای کمپوست موجب افزایش عناصری مثل پتاسیم، نیتروژن و فسفر در برگ و عملکرد و کیفیت میوه در گوجه‌فرنگی شد (Tejada et al., 2008).



شکل ۴- تأثیر محلول‌پاشی بر عملکرد دانه در اسفرزه
Fig. 4- Effect of foliar application on seed yield of isabgol



شکل ۳- تأثیر ورمی کمپوست بر عملکرد دانه در اسفرزه
Fig. 3- Effect of vermicompost on seed yield of isabgol

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد اگرچه در بین سطوح مختلف کود ورمی کمپوست مقدار ۱۶ تن در هکتار موجب افزایش میزان عملکرد دانه، تعداد سنبله، وزن خشک اندام هوایی، شاخص برداشت و عملکرد موسیلاژ شد، اما اختلاف معنی داری بین مصرف ۱۶ تن در هکتار با مصرف ۸ و ۱۲ تن در هکتار مشاهده نشد، پس از لحاظ اقتصادی مصرف هشت تن در هکتار ورمی کمپوست برای افزایش صفات ذکر شده مناسب می باشد. همچنین محلول پاشی چای کمپوست بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، عدد اسپد و عملکرد موسیلاژ

داشت. به طور کلی، می توان بیان نمود در رفسنجان و سایر مناطق با شرایط آب و هوایی مشابه رفسنجان (گرم و خشک) و با شرایط نسبتاً مشابه خاک تحت کشت این آزمایش، کاربرد کود زیستی ورمی-کمپوست به میزان هشت تن در هکتار و در مورد محلول پاشی، محلول پاشی چای کمپوست تیمار مناسب برای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه اسفرزه می باشد. در نهایت می توان گفت که استفاده از ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست علاوه بر افزایش در عملکرد اسفرزه، می تواند نقش به سزایی را در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند.

منابع

- Ansari, A.A. 2008. Effect of vermicompost and vermiwash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). World Journal of Agricultural Sciences 4(5): 554-557.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atiyeh, R., and Metzger, J.D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology 93: 139-144.
- Asadi, G.A., Momen, A., Nurzadeh Namaghi, M., and Khorramdel, S. 2014. Effects of different fertilizer treatments on quantitative and qualitative characteristics of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Horticultural Science 29(1): 47-54. (In Persian with English Summary)
- Astaraei, A.R., and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 3: 352-356.
- Atiyeh, R., Arancon, N., Edwards, C., and Metzger, J. 2002. Incorporation of earthworm processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. Bioresource Technology 81: 103-108.
- Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effects of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach (*Spinacia oleracea* Var. Spinoza). Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.
- Bajija, H.S. 1994. Response of fenugreek to phosphorous and sulfur. MSc (Ag) Thesis, Rajasthan Agricultural University, Bikaner, India.
- Bess, V.H. 2000. Understanding compost tea. Biocycle 41: 71-72.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.
- Ewulo, B.S. 2005. Effect of poultry dung and cattle manure on chemical properties of clay and sandy clay loam soil. Animal and Veterinary Advances 4: 839-841.
- Ghasemi, K., Fallah, S., Raeisi, F., and Heidari, M. 2013. The effect urea and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of isabgol (*Plantago ovata* Frosk.) medicinal plant. Journal of Plant Production 20(4): 101-116. (In Persian with English Summary)
- Ghorbani, S., Khazaie, H.R., Kafi, M., and Bannayan Aval, M. 2010. Effects of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 2(1): 123-131. (In Persian with English Summary)
- Hargreaves, J.C., Adl, M.S., and Warman, P.R. 2009. The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. Compost Science and Utilization 17(2): 85-94.
- Heidari, M., and Khalili, S. 2014. Effects of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and amounts of mineral elements in *Hibiscus sabdariffa*. Iranian Journal of Field Crop Science 45(2): 191-199. (In Persian with English Summary)

- Jat, R.S., and Ahlawat, I.P.S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture* 28(1): 41-54.
- Jeyabal, A., and Kupposwamy, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *European Journal of Agronomy* 15: 153-170.
- Joshi, R., and Vig, A.P. 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *African Journal of Basic and Applied Sciences* 2: 117-123.
- Kannan, R.L., Dhivya, M., Abinaya, D., Krishna, R.L., and Krishnakumar, S. 2013. Effect of integrated nutrient management on soil fertility and productivity in maize. *Bulletin of Environment of Pharmacology of Life Sciences* 2: 61-67.
- Maheshbabu, H.M., Hunje, R., Biradarpatil, N.K., and Babalad, H.B. 2008. Effect of organic manures on plant growth, seed yield and quality of soybean. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 21(2): 219-221.
- Matur, N., Sing, J., Bohra, S., Bohra, A., and Vyas, A. 2006. Increased nutrient uptake and productivity of *Plantago ovata* Forssk by AM fungi under field conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 1: 38-41.
- Mynard, A.A. 1993. Evaluating the sustainability of MSW compost as a soil amendment in field-growth tomatoes. *Compost Science Utility* 1: 34-36.
- Nadjafi, F., and Rezvani Moghaddam, P. 2002. Effects of irrigation regimes and plant densities on yield and agronomic characteristics of Isabgol (*Plantago ovata*). *Journal Agriculture Science and Technology* 16(2): 59-65. (In Persian with English Summary)
- Orozco, F., Cegarra, J., Trujillo, L., and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils* 22: 162-166.
- Pandurang, M.U. 2013. Efficacy of weed vermicompost and chemical fertilizer on yield, morph physiological and biochemical investigations of maize. *African Journal of Biotechniligy* 14: 3786-3791.
- Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., Talcott, S.T., and Krenek, K.A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.
- Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., and Paull, R.E. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae* 148: 138-146.
- Patra, P., and Biswas, S. 2009. Integrated nutrient management on growth, yield and economics of maize (*Zea mays* L.) under terai region. *Journal of Crop and Weed* 5(1): 136-139.
- Ravindran, B., Dinesh, S., Kennedy, L.J., and Sekaran, G. 2008. Vermicomposting of solid waste generated from leather industries using epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 151: 480-488.
- Sabzevari, S., and Khazaei, H.R. 2009. The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology* 1(2): 53-63. (In Persian with English Summary)
- Sadeghi, A.A., Bakhsh Kelarestaghi, K., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2012. The effects of vermicompost and chemical fertilizers on yield and yield components of marshmallow (*Althea officinalis* L.). *Journal of Agroecology* 6(1): 42-50. (In Persian with English Summary)
- Sajadi Nik, R., and Yadavi, A.R. 2013. Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indexes, phonological stages and grain yield of Sesame. *Electronic Journal of Crop Production* 6(2): 73-99. (In Persian with English Summary)
- Sharma, P.K., and Koul, A.K. 1986. Musilage in seeds of *Plantago ovata* and its wild allies. *Journal of Ethnopharmacology* 17: 289-295.
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani M., and Ali, A. 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* [(L.) Moench]). *Scientia Horticulturae* 117: 9-14.
- Singh, B.K., Pathak, K.A., Boopathi, T., and Deka, B.C. 2010. Vermicompost and NPK fertilizer effects on morphophysiological traits of plants, yield and quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Vegetable Crops*

- Research Bulletin 73: 77-86.
- Sladky, Z., and Tichy, V. 1959. Applications of humus substances to overground organs of plants. *Biologia Plantarum* 1: 9-15.
- Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalatha, K.V. 2008. Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 21: 334-338.
- Tasdighi, H.R., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Behzadi, Y. 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. *Agricultural Science and Sustainable Production* 25(3): 61-78. (In Persian with English summary)
- Tejada, M., Gonzalez, J.L., Hernandez, M.T., and Garcia, C. 2008. Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology* 99: 6228-6232.
- Theunissen, J., Ndakidemi, P., and Laubscher, C. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences* 5: 1964-1973.



Effects of Vermi-compost Fertilizer Application and Foliar Spraying on Yield and Yield Component of Isabgol (*Plantago ovate* L.) Medicinal Plant

A. Rahimi^{1*} and A.A. Pour Mohammadi²

Submitted: 15-05-2016

Accepted: 16-01-2017

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

Introduction

Vermi-compost is the ability of some species of earthworms to consume and break down a wide range of organic residues such as sewage sludge, animal wastes, crop residues and industrial refuse. Vermi-composts are usually more stable than their parent materials with increased availability of nutrients and improved physicochemical and microbiological properties. Aerial compost tea contains high populations of live microorganism consisting of rhizobacteria, trichoderma and pseudomonas species which increase the growth and yield of the plant. Acid humic is the main humic substance and the important ingredient of soil organic matter (humus) which causes increase of yield and quality of crop. The aim of this research is evaluating the effect of vermi-compost and foliar application of compost tea and acid humic on yield, yield component and mucilage content of isabgol. Vermiwash as the extract of vermi-compost is liquid organic fertilizer obtained from unit of vermiculture and vermi-compost as drainage. It is used as a foliar spraying on the leaf. Vermiwash stimulate and increase the yield of crop products and foliar application of vermiwash can be caused of plant resistance to different factors and can prevent leaf necrosis.

Material and Methods

In order to study the effect of vermi-compost and foliar application of tea compost and acid humic on growth indices of isabgol (*Plantago ovata*), an experiment was conducted as a factorial based on complete randomized design with three replications in agricultural research farm at Vali-e-Asr University of Rafsanjan. Treatments were included application of vermi-compost (0 (control), 4, 8, 12 and 16 t.ha⁻¹) and 3 levels of foliar application (distilled water as control, acid humic and compost tea). Samples for evaluating of yield, yield components and mucilage content were taken from 1 m² area of each treatment. Tea compost solution prepared using mix of vermi-compost, acid humic, yeast and alga extract which were soaked in water for 24 hours under aerated condition using air pump. For preparation of tea compost, 500 g of vermi-compost, 25 cc humic acid, 5 g yeast, 25 cc seaweed extract, 25 cc sugar beet molasses were hanging in a fine lace fabric in 50-liter plastic water container for 24 hours while the air was flowing to container and the liquid extract separated as compost tea with fine lace fabric.

Results and Discussion

Analyze of variance showed that the effect of different levels of vermi-compost and foliar application on the spike number, mucilage yield and seed yield were significant but their interaction have no significant effect. Seed number, mucilage percent and SPAD number significantly affected by foliar application treatments but the vermi-compost treatments and their interactions had no significant effect on them. Also different levels of vermi-compost, foliar application and their interaction have significantly effect on leaf area and dry weight. Vermi-compost have available plant nutrient solution which increase leaf area indices compared with none use vermi-compost treatment. Arancon et al. (2004) reported that using 5 and 10 t.ha⁻¹ vermi-compost significantly increased leaf area and shoot dry matter in strawberry.

1 and 2- Associate Professor and Graduated MSc Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: rahimiasg@gmail.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.55282

Conclusion

The results of this research showed that the highest dry weight, spike number, harvest index, mucilage yield and seed yield observed in 16 t.ha⁻¹ application of vermi-compost with no significant difference related to 8 and 12 t.ha⁻¹ vermi-compost. It is also resulted that foliar application of tea compost significantly affected SPAD, leaf area, shoot dry weight, spike number, seed and mucilage yield. Totally, it seems that using biological fertilizer (vermi-compost) in amount of 8 t.ha⁻¹ with foliar application of tea compost economically would be suitable for increasing seed yield and yield component of isabgol.

Keywords: Inflation factor, Harvest Index, Mucilage, SPAD



تأثیر مدیریت توزیع نیتروژن بر جذب و کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench)

علیرضا بهشتی^{۱*} و احسان سید کابلی^۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۷

بهشتی، ع. و سید کابلی، ا. ۱۳۹۶. تأثیر مدیریت توزیع نیتروژن بر جذب و کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۸۴۸-۸۶۱.

چکیده

یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر اختلاف عملکرد در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) چگونگی دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی تحت تأثیر میزان و چگونگی توزیع نیتروژن مصرفی می‌باشد. به منظور ارزیابی تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (CPAR) و کارایی مصرف نور (RUE) در شرایط تقسیم و عدم تقسیم کود نیتروژن، طرح آماری به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار بر روی ۱۵ ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای (لاین‌های امیدبخش) به اجرا درآمد. در طول آزمایش، صفات شاخص سطح برگ، عملکرد ماده خشک و میزان تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده طی پنج مرحله نمونه‌برداری اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ژنوتیپ بر عملکرد ماده خشک گیاه و کارایی مصرف نور معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود و حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۲۰/۱۷ و ۱۳/۵۶ تن در هکتار برای ماده خشک و ۴/۱۸ و ۳/۰۶ گرم بر مگازول برای کارایی مصرف نور به ترتیب به ژنوتیپ‌های kfs17 و kfs10 اختصاص داشت. شیوه توزیع نیتروژن و اثر متقابل نیتروژن و ژنوتیپ بر شاخص سطح برگ معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود و توزیع دوباره نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ به میزان نه درصد و همچنین PAR تجمعی به میزان دو درصد شد. نتایج این بررسی حاکی است که اختلاف در عملکرد ماده خشک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای ناشی از اختلاف در هر دو جزء مؤثر در تولید ماده خشک یعنی کارایی مصرف نور و PAR تجمعی بود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل عملکرد، تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی، شاخص سطح برگ

راهکارها به نظر می‌رسد (Parsa et al., 2007).

مقدمه

نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی به‌شمار رفته و استفاده مؤثر از آن، از مهمترین اهداف در مدیریت این گیاهان محسوب می‌شود (Lecoeur et al., 2003). هزینه‌های بالای مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه و آلودگی محیط‌زیست امروزه لزوم ایجاد تغییراتی اساسی در مدیریت کاربرد این کودها را سبب شده است. این تغییرات با هدف افزایش کارایی مصرف این نهاده توأم با افزایش عملکرد صورت می‌گیرد (Javadi et al., 2010). یکی از عوامل مهم و مؤثر در میزان تجمع ماده خشک در گیاهان وجود اختلاف در مقدار دریافت شده و جذب شده تشعشع

ایجاد پایداری در نظام‌های زراعی یکی از مهم‌ترین اهدافی است که توسط محققان دنبال می‌شود. برای نیل به این مهم راهکارهای متفاوتی ارائه شده است. استفاده از گیاهان زراعی کارآمد در بهره‌برداری از منابع، به‌ویژه آب، نیتروژن و تشعشع خورشیدی از مهم‌ترین

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مشهد) و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور

(*) - نویسنده مسئول: (Email: arbeheshhti81@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v9i3.56944

حداکثر تشعشع محیط (Rosati & Jong, 2003; Rosati et al., 2004)، ضریب خاموشی نور (K) (Madoni & Otegui, 1996; Novoa & Loomis, 1981) و همچنین کارایی مصرف نور^۵ (RUE) (Madoni & Otegui, 1996; Milford et al., 1988; Richter et al., 2001) می‌باشد. کارایی مصرف نور در هریک از گونه‌های گیاهی تابع دو عامل میزان CO₂ جذب شده برگ و محتوی نیتروژن برگ می‌باشد (Sinclair & Horie, 1989).

سورگوم علوفه‌ای جزء گیاهان گرمسیری بوده و از پتانسیل تولید بالا و قابل اعتمادی به‌خصوص در شرایط سخت و دشوار برخوردار است. این گیاه از نظر فتوسنتزی جزء گیاهان C₄ و از کارایی فتوسنتزی بالایی نسبت به گروه گیاهان C₃ برخوردار است (Rooney et al., 2007)، اما واریته‌ها و ارقام متفاوت سورگوم در تولید ماده خشک با یکدیگر اختلاف دارند و به‌درستی دلایل این اختلاف مشخص نیست. نحوه توزیع نیتروژن بر تولید ماده خشک نیز مؤثر است، اما چگونگی این تأثیر در ایجاد تفاوت در تولید ماده خشک ژنوتیپ‌های سورگوم نیز مشخص نیست.

این تحقیق به‌منظور ارزیابی دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی تحت تأثیر شیوه مصرف نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای و علل اختلاف آن‌ها در تولید ماده خشک به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقاتی طرق) واقع در شرق شهرستان مشهد با مشخصات جغرافیایی ۳۶° و ۱۶° عرض شمالی و ۵۹° و ۳۸° طول شرقی و در ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و با مشخصات حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق و متوسط سالیانه ۳/۴۳، ۸/۲۷- و ۵/۱۴ درجه سانتی‌گراد با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. کرت‌های اصلی شامل ۱۵ لاین خالص امید بخش سورگوم علوفه‌ای حاصل از آزمایشات به‌نژادی سورگوم در داخل کشور بوده که اسامی این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب از شماره (۱) تا (۱۵) برابر جدول ۲ و ۳ عبارتند از: kfs1، kfs2، kfs3، kfs6، kfs7، kfs8، kfs9، kfs10، kfs11، kfs12، kfs13، kfs15، kfs16، kfs17

فعال فتوسنتزی^۱ (PAR) است (Andrade et al., 2000; Andriou et al., 1995).

تولید ماده خشک تابعی از دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (نور جذب شده) و کارایی استفاده از نور در طول دوره رشد است (Akmal & Jansses, 2004; Rooney et al., 2007). تولید زیست‌توده اولیه یک جامعه گیاهی ارتباط خطی و مثبت با مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده توسط کانوپی^۲ (APAR) داشته که شیب منحنی این نسبت تابع کارایی (APAR) مصرفی در بیومس تولیدی می‌باشد (Green et al., 2003). فتوسنتز و بیومس تولیدی به‌طور مستقیم به‌میزان نور جذب شده توسط کانوپی مرتبط است (Sinclair & Horie, 1989). کارایی مصرف نور نسبت ماده خشک تولیدشده به‌ازای واحد انرژی تشعشعی استفاده شده در تولید است (Novoa & Loomis, 1981; Rooney et al., 2007). تفاوت در کارایی (APAR) تابع دو خصوصیت مورفولوژیکی و شیمیایی پوشش گیاهی یعنی محتوی نیتروژن کانوپی و میانگین توده برگ در واحد سطح کانوپی می‌باشد (Green et al., 2003).

جذب بیشتر نور به ساختار کانوپی یعنی شاخص سطح برگ و توزیع عمودی آن در کانوپی، سرعت توسعه و دوام سطح برگ، زاویه برگ و همچنین خصوصیات مهم مورفولوژیکی مانند ارتفاع، چگونگی آرایش برگ‌ها و تعداد پنجه بستگی دارد. راندمان مصرف نور به ویژگی‌های فتوسنتزی نظیر مسیر تثبیت کربن، راندمان کر بوکسیلاسیون، راندمان کوانتوم، حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها، نیتروژن ویژه برگ و روابط مبداء و مقصد وابسته است (Andriou & Sinquet, 1993). شاخص سطح برگ^۳ (LAI)، دوام سطح برگ^۴ (LAD)، آرایش اندام‌های هوایی گیاهی (چگونگی قرار گرفتن برگ‌ها و زاویه برگ‌ها در روی ساقه) عوامل مؤثر در میزان جذب تشعشع ورودی به کانوپی در مراحل مختلف چرخه زندگی گیاه می‌باشد (Dwyer et al., 1992).

کارایی دریافت و جذب تشعشع توسط یک گیاه تا حد زیادی تابع شاخص سطح برگ (Novoa & Loomis, 1981)، دوام سطح برگ (Kemanian et al., 2004)، تطبیق حداکثر شاخص سطح برگ با

۱- Photosynthesis active radiation

۲- Absorbed photosynthesis active radiation

۳- Leaf area index

۴- Leaf area duration

۵- Radiation use efficiency

و kfs18 و کرت‌های فرعی شامل شیوه توزیع کود نیتروژن به دو صورت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن بود. در تیمار تقسیط، یک سوم کود از ته از منبع اوره در مرحله چهاربرگی و یک سوم دیگر در مرحله هشت‌برگی (ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری) و یک سوم باقی مانده در مرحله ۱۰-۱۲ برگی (ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متری) به‌صورت سرک به روش نواری در پای بوته‌ها به عمق پنج سانتی‌متر زیر خاک مصرف شد. در تیمار عدم تقسیط ۵۰ درصد کود مصرفی در زمان عملیات تهیه بستر (کود پایه) و ۵۰ درصد در مرحله چهاربرگی مصرف شد. جمع میزان کود اوره مصرفی برای هر دو تیمار تقسیط و عدم تقسیط در چین اول برابر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس آزمون خاک بوده است. در چین دوم برای تیمار عدم تقسیط مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره پس از برداشت چین اول مصرف و در تیمار تقسیط نیتروژن نیز همین مقدار همانند چین اول در سه نوبت توزیع شد. هر کرت اصلی شامل شش ردیف کاشت به‌طول ۶/۵ متر به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و فواصل کاشت بوته در روی ردیف‌ها شش سانتی‌متر پس از تنک تنظیم و به اجرا در آمد. عملیات آماده‌سازی زمین در اردیبهشت‌ماه پس از مساعد شدن شرایط جوی با انجام یک شخم و سپس دیسک و تسطیح اجرا گردید. کودپاشی قبل از کاشت و بر اساس آزمون مرکب خاک انجام و در زمین پخش و توسط دیسک با خاک مخلوط شد. تمامی کود پایه شامل (فسفر و پتاس) قبل از کاشت در هنگام عملیات ثانویه تهیه بستر به‌ترتیب از منبع فسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم به‌میزان ۳۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. کاشت با بذر کار ویژه آزمایشات علوفه به‌صورت خشکه-کاری در ۲۲ اردیبهشت ماه انجام و آبیاری به‌صورت نشستی با سیفون صورت گرفت. مدار آبیاری در طول دوره رشد ۸-۷ روز بود. یادداشت‌برداری‌های لازم در طول دوره رویش گیاه انجام پذیرفت. در مرحله داشت وجین علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی در دو مرحله انجام شد و برداشت علوفه در زمان ۱۰ درصد گلدهی ژنوتیپ-ها و یا در ارتفاع حداقل ۱۷۰ سانتی‌متری صورت پذیرفت.

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و اجزاء عملکرد شامل تعداد پنجه، قطر ساقه و ارتفاع از پنج بوته تصادفی در هر کرت استفاده شد. برای تعیین وزن خشک نیز از نمونه‌های تصادفی برداشت شده در مرحله برداشت در هر چین استفاده شد. وزن خشک برگ و ساقه نیز با قرار دادن بوته‌های انتخابی در آون با دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت به‌دست آمد. عملکرد علوفه تر با

برداشت از دو خط وسط در هر کرت پس از حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای این دو خط و توزین آن از مساحت برابر ۶/۶ مترمربع انجام پذیرفت. برای تعیین شاخص سطح برگ نمونه‌ها پس از برداشت در هر مرحله (نمونه‌های تخریبی) به آزمایشگاه منتقل و به‌منظور تعیین میزان سطح برگ، برگ‌ها از ساقه جدا و سپس سطح برگ به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LI-3100 Area Meter (USA) اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های تخریبی از ۳۰ روز پس از کاشت شروع و به فاصله هر ۱۵ روز یک‌بار و در پنج مرحله ادامه یافت و آخرین مرحله مصادف با بسته‌شدن کانوپی و همچنین زمان برداشت علوفه در ژنوتیپ‌های سورگوم بود.

تشعشع دریافتی با استفاده از دستگاه تشعشع‌سنج لوله‌ای Sun Scan مدل SSI-UM-1.05 در بالا و پایین کانوپی و در محل معینی از هر کرت (مرکز هر کرت) و در زمان مشخص، ۱۲ ظهر در دو محل به صورت عمود بر جهت ردیف‌ها و موازی ردیف‌ها و در پنج مرحله قبل از هر نمونه‌گیری تخریبی قرائت شد (Andrade et al., 2000; Cetto & Castelli, 2002). نور ورودی روزانه با استفاده از مدل آنگستروم (Rietveld, 1987) و براساس داده‌های به‌دست آمده از ایستگاه هواشناسی، شبیه‌سازی شد. سپس تشعشع جذب شده در هر مرحله از حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد جذب شده در هر مرحله نمونه‌گیری به‌دست آمد.

درصد جذب تشعشع^۱ (LI) از معادله ۱ محاسبه شد:

$$\%LI = (1 - I/I_0) * 100 \quad (1) \text{ معادله}$$

نور جذب شده (I_{abs}) معادله ۲ از نسبت نور بالای کانوپی گیاهی (I_0) و نور عبور کرده از کانوپی (I) محاسبه شد.

$$I_{abs} = I - I_0 \quad (2) \text{ معادله}$$

برآورد مقادیر شاخص سطح برگ از طریق برآزش معادله بین مقادیر واقعی سطح برگ در هر مرحله اندازه‌گیری و زمان از طریق برآزش معادله درجه یک (معادله خطی) $Y = a_0 + a_1 X$ به‌دست آمد.

در نهایت مقدار کل تشعشع جذب شده به‌صورت تجمعی از طریق حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر PAR جذب شده نسبت به زمان محاسبه شد (Gardner et al., 1990; Beheshti, 2010).

^۱-Light incident

کارایی مصرف نور نیز از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم در مترمربع) و میزان تشعشع تجمعی (مگاژول بر مترمربع) براساس شیب خط معادله خطی $Y=a_0*x$ برآورد شد (Muchow et al., 1990). در این معادله عدد a_0 به‌عنوان کارایی مصرف نور یا شیب خط رگرسیون در نظر گرفته شد. صفات مورد بررسی بر اساس طرح آماری، تجزیه واریانس و برای انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم-افزارهای MSTATC و EXCEL و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد. برای برازش و ترسیم معادلات شاخص سطح برگ، ماده خشک و کارایی مصرف نور از نرم-افزار Slide write استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر ژنوتیپ بر عملکرد ماده خشک در چین اول معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود، ولی عملکرد ماده خشک تحت تأثیر توزیع کود و اثر متقابل آن و ژنوتیپ قرارنگرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین امید بخش $kfs17$ (ژنوتیپ شماره ۱۴)، دارای بیشترین عملکرد ماده خشک در بین ژنوتیپ‌ها بوده و تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های ۸، ۱۰ و ۶ با کمترین عملکرد ماده خشک داشت (جدول ۲). تجمع ماده خشک در گیاه در طول دوره رشد تابعی از میزان دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بود. به عبارت دیگر، هرچه میزان دریافت و جذب تشعشع بیشتر باشد میزان ماده خشک نهایی نیز افزایش می‌یابد، همچنین کارایی مصرف نور عامل افزایش ماده خشک می‌باشد. انتظار می‌رود در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ شماره ۱۴ با بیشترین ماده خشک تولیدی، بیشترین میزان دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (CPAR) و یا بالاترین کارایی مصرف نور را در بین ژنوتیپ‌ها داشته باشد.

افزایش دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) به‌وسیله کانوپی در طول فصل رشد از طریق بهبود توزیع آن در میان برگ‌ها با تغییر در ساختار کانوپی به‌همراه بهبود کارایی جذب نور از جمله عواملی‌اند که درافزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک نقش به‌سزایی دارند

کمانیان و همکاران (Kemanian et al., 2004). میزان ماده خشک تولیدی ژنوتیپ‌ها در هر دو شیوه کاربرد کود نیتروژن از یک روند افزایشی در طی رشد تبعیت کرد اما میزان ماده خشک تولیدی در مراحل اولیه رشد و مراحل اول و دوم نمونه‌برداری به دلیل عدم اعمال تیمار شیوه توزیع کود نیتروژن بایکدیگر تفاوتی نداشته و یکسان بود، ولی در مراحل بعدی رشد این روند تغییر یافت و زیست‌توده تولیدی در شیوه عدم تقسیت و مصرف یک‌باره بیشتر از شیوه تقسیت و مصرف مرحله‌ای کود بوده و در مراحل نهایی این تفاوت ادامه داشت. به نظر می‌رسد که مصرف یک‌باره نیتروژن درمقایسه با تقسیت آن تأثیر بیشتری بر عملکرد علوفه خشک داشته است (شکل ۱). از نقطه نظر عملکرد و کیفیت علوفه زمان مصرف کود نیتروژن از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است، ولی شواهدی مبنی بر تعیین زمان مطلوب مصرف کود که عملکرد و کیفیت بالا را تضمین کند وجود ندارد (Eltelibe & Eltom, 2006). تعیین میزان ماده خشک اهمیت دارد (Birch & Stewart, 1989).

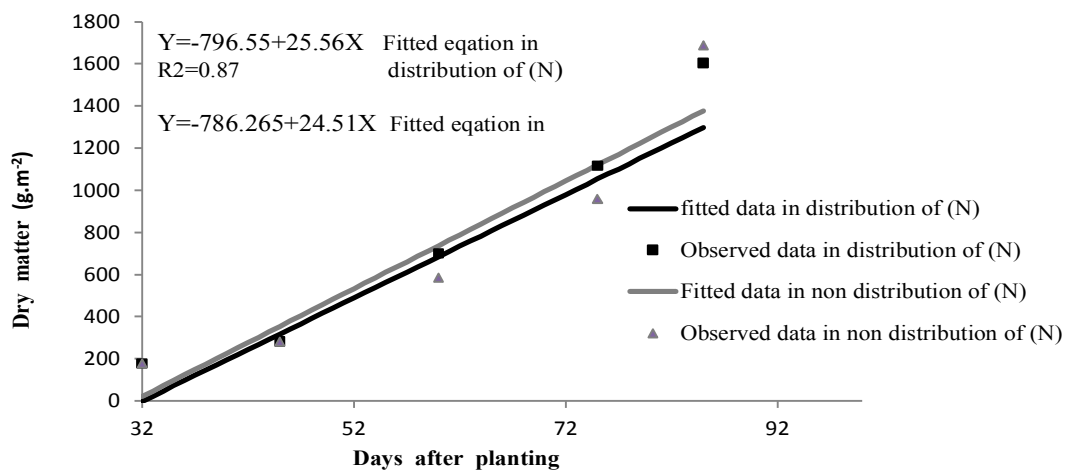
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه برداری. (بسته شدن کانوپی)

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) of morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ فتوسنتزی تجمعی CPAR	شاخص سطح برگ LAI	ماده DM	کارایی مصرف نور خشک RUE
تکرار Replication	2	46.969 ^{ns}	0.159 ^{ns}	2.386 ^{ns}	0.12 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	14	177.274 ^{ns}	4.389 ^{ns}	23.153*	1.3*
خطا Error	28	117.749	3.856	10.669	0.619
شیوه کاربرد نیتروژن Application of N	1	1616.544**	11.866**	18.019 ^{ns}	1.031 ^{ns}
ژنوتیپ * شیوه کاربرد Genotype* Application of N	14	46.904 ^{ns}	1.975*	7.634 ^{ns}	0.515 ^{ns}
خطا Error	30	43.907	0.849	6.619	0.37

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی داری، و معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non-significant and significant difference in 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- روند تغییرات ماده خشک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن
علائم، داده‌های واقعی و خط داده‌های برازش شده را نشان می دهد.

Fig. 1- Trends of dry matter changes in forage sorghum genotypes on distribution of nitrogen side dressing and non-distribution
Point is observed data and line is fitted data

۴۲۹/۲۸ مگاژول بر مترمربع رسید، اگرچه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ میزان تشعشع تجمعی دریافت شده تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد ژنوتیپ‌های شماره (۱۴) و (۶) به ترتیب با ۴۳۲/۵ و ۴۱۴/۵ مگاژول بر مترمربع بیشترین و کمترین میزان تشعشع تجمعی را در بین ژنوتیپ‌ها دارا بودند و در گروه‌های جداگانه قرار گرفتند (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ و شیوه توزیع نیز تیمارها را در گروه‌های کاملاً متفاوتی قرار داد (جدول ۴).

عوامل مؤثر بر دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی شامل سطح برگ، دوام سطح برگ، وزن مخصوص برگ، میزان کلروفیل و نیتروژن ویژه برگ و سرعت فتوسنتز می‌باشد (Andrieu & Sinquet, 1993; Castro & Fetcher, 1999; Gardner, 1990). دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) به وسیله کانوپی در طول فصل رشد از طریق بهبود توزیع آن در میان برگ‌ها با تغییر در ساختار کانوپی به همراه بهبود کارایی جذب نور از جمله عواملی‌اند که درافزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک نقش به‌سزایی دارند (Gardner, 1990).

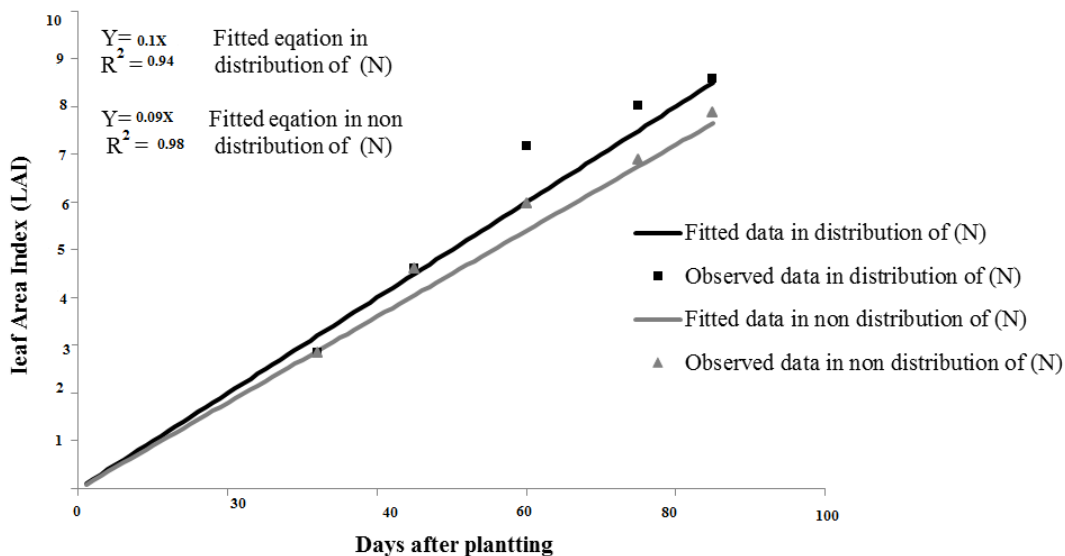
شاخص سطح برگ با ماده خشک اندام‌های هوایی همبستگی مثبت و با مقدار نور عبور کرده از کانوپی همبستگی منفی دارد (Parsa et al., 2007). همچنین با افزایش سطوح نیتروژن سطح برگ به‌طور معنی‌داری در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای تغییر یافت (Eltelib, 2004).

برخی اصلی‌ترین عامل اختلاف در میزان تجمع ماده خشک در انواع گیاهان را تفاوت در سطح برگ بین آن‌ها ونحوه آرایش برگ و چگونگی توزیع آن عنوان کرده‌اند (Castro & Fether, 1999; Beheshti & Behbodifard, 2010).

شاخص سطح برگ در هر دو حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن از یک روند افزایش خطی تبعیت نمود (شکل ۲). شاخص سطح برگ ژنوتیپ‌های مورد بررسی در حالت تقسیط نه درصد بیشتر از شاخص سطح برگ در حالت عدم تقسیط بود (جدول ۳).

تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (CPAR)

اثر شیوه توزیع نیتروژن بر میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱) و با تقسیط نیتروژن از ۴۲۰/۸۰ به



شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن

علائم، داده‌های واقعی و خط داده‌های برازش شده را نشان می‌دهد.

Fig. 2- Trends of leaf area index (LAI) changes in forage sorghum genotypes on distribution of nitrogen side dressing and non distribution

Point is observed data and line is fitted data.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه‌برداری (بسته شدن کانوپی)

Table 2- Means comparison effect of genotype on morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

ژنوتیپ Genotype	خصوصیات لاین امید بخش Promising line traits	عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)	شاخص سطح برگ LAI	تشعشع تجمعی (مگاژول در متر مربع) CPAR (MJ.m ⁻²)	کارایی مصرف نور (گرم در مگاژول) RUE (g.MJ ⁻¹)
1	KFS1	17.4 ^{a-d*}	7.66 ^{bc}	416.0 ^{bc}	4.15 ^{a-c}
2	KFS2	17.26 ^{a-d}	8.16 ^{a-c}	424.3 ^{a-c}	4.02 ^{a-d}
3	KFS3	17.26 ^{a-d}	7.85 ^{a-c}	430.0 ^a	4.08 ^{a-c}
4	KFS4	17.61 ^{a-d}	8.73 ^{ab}	428.4 ^{ab}	4.14 ^{a-d}
5	KFS5	18.11 ^{a-d}	8.34 ^{a-c}	430.0 ^a	4.12 ^{a-d}
6	KFS6	14.6 ^{c-d}	7.33 ^{bc}	414.5 ^c	3.47 ^{c-e}
7	KFS7	15.03 ^{b-d}	8.69 ^{ab}	431.4 ^a	3.67 ^{b-e}
8	KFS8	13.56 ^d	6.35 ^c	420.9 ^{a-c}	3.0 ^e
9	KFS9	18.22 ^{a-c}	8.33 ^{a-c}	426.7 ^{a-c}	4.12 ^{a-c}
10	KFS10	14.19 ^{cd}	7.56 ^{bc}	421.6 ^{a-c}	3.34 ^{c-e}
11	KFS11	19.22 ^{ab}	8.59 ^{a-c}	424.9 ^{a-c}	4.16 ^{ab}
12	KFS12	14.89 ^{b-d}	8.88 ^{ab}	428.3 ^{ab}	3.17 ^{de}
13	KFS13	15.24 ^{b-d}	8.03 ^{a-c}	425.7 ^{a-c}	3.97 ^{a-c}
14	KFS14	20.17 ^a	10.1 ^a	432.5 ^a	4.18 ^a
15	KFS15	15.78 ^{a-d}	8.79 ^{ab}	420.5 ^{a-c}	3.69 ^{b-e}

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*Means in each column having at least a common letter from one another based on Duncans multiple test are not significantly different at $p \leq 0.05$.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر شیوه توزیع کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه‌برداری (بسته شدن کانوپی)

Table 3- Means comparison effect of method of distribution nitrogen fertilization on morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

نوع تیمار Treatments	عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)	شاخص سطح برگ LAI	تشعشع تجمعی (مگاژول در متر مربع) CPAR (MJ.m ⁻²)	کارایی مصرف نور (گرم در مگاژول) RUE (g.MJ ⁻¹)
تقسیم Distribution	17.02 ^{a*}	8.59 ^a	429.28 ^a	4.01 ^a
عدم تقسیم Non distribution	16.13 ^a	7.87 ^b	420.8 ^b	3.8a

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*Means in each column having at least a common letter from one another based on Duncans multiple test are not significantly different at $p \leq 0.05$.

شاخص سطح برگ در شیوه تقسیم و نیز احتمالاً کارایی فتوسنتز بیشتر، میزان دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی نیز افزایش یافته به-طوری‌که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ شماره (۱۴) در تیمار تقسیم نیتروژن با داشتن بیشترین شاخص سطح برگ (۱۱/۱۷) بیشترین تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی را نیز به میزان ۴۳۷/۶

به‌نظر می‌رسد در این بررسی با تقسیم نیتروژن توزیع و اختصاص نیتروژن به برگ‌ها بهتر و کارآمدتر صورت پذیرفته و احتمالاً کلروفیل‌ها فعال‌تر و سرعت فتوسنتزی بیشتری در این تیمار ایجاد شده است. اگرچه ژنوتیپ‌ها در میزان دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما با افزایش معنی‌دار

مگاژول بر مترمربع داشت (جدول ۴). همچنین این ژنوتیپ با داری با سایر ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۲).
 بیشترین مقدار کارایی مصرف نور ۴/۱۸ گرم برمگاژول تفاوت معنی -

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و شیوه توزیع کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه‌برداری (بسته شدن کانوپی)

Table 4- Mean comparisons for the interaction effect of genotype and method of nitrogen distribution fertilization on morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

ژنوتیپ Genotype	لاین امید بخش Promising line	روش کاربرد نیتروژن Method of Nitrogen Application	عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)	شاخص سطح برگ LAI	شاخص سطح برگ LAI	کارایی مصرف نور (گرم در مگاژول) RUE (g.MJ ⁻¹)
1	KFS ₁	تقسیم Distribution	17.58 ^{a-f*}	7.69 ^{e-l}	421.8 ^{d-i}	4.32 ^{a-c}
		عدم تقسیم Non distribution	17.37 ^{a-c}	7.63 ^{e-i}	410.1 ^{jk}	4.18 ^{a-f}
2	KFS ₂	تقسیم Distribution	17.77 ^{a-f}	9 ^{b-e}	429.1 ^{a-g}	3.95 ^{a-g}
		عدم تقسیم Non distribution	16.75 ^{a-f}	7.38 ^{f-i}	419.1 ^{g-j}	4.10 ^{a-g}
3	KFS ₃	تقسیم Distribution	17.39 ^{a-f}	8.51 ^{b-h}	433.8 ^{a-c}	4.19 ^{a-f}
		عدم تقسیم Non distribution	17.12 ^{a-f}	7.20 ^{g-i}	426.2 ^{b-h}	3.97 ^{a-g}
4	KFS ₄	تقسیم Distribution	19.35 ^{a-d}	9.3 ^{b-d}	433 ^{a-c}	3.75 ^{a-g}
		عدم تقسیم Non distribution	15.88 ^{a-f}	8.17 ^{b-h}	423 ^{c-i}	4.52 ^{ab}
5	KFS ₅	تقسیم Distribution	19.5 ^{a-d}	8.23 ^{b-h}	428.2 ^{a-j}	3.74 ^{b-g}
		عدم تقسیم Non distribution	16.72 ^{a-f}	8.45 ^{b-h}	431.9 ^{a-e}	4.49 ^{a-c}
6	KFS ₆	تقسیم Distribution	15.4 ^{b-g}	8.03 ^{c-l}	423 ^{c-i}	3.47 ^{d-g}
		عدم تقسیم Non distribution	13.8 ^{c-g}	6.64 ⁱ	406 ^k	3.47 ^{d-g}
7	KFS ₇	تقسیم Distribution	15.62 ^{a-g}	9.35 ^{bc}	423.7 ^{a-d}	3.48 ^{c-g}
		عدم تقسیم Non distribution	14.45 ^{d-g}	8.03 ^{c-i}	430 ^{a-g}	3.86 ^{a-j}
8	KFS ₈	تقسیم Distribution	16.41 ^{a-f}	5.03 ^j	420 ^{f-j}	2.34 ^h
		عدم تقسیم Non distribution	10.71 ^g	7.68 ^{e-i}	421 ^{d-i}	4.09 ^{a-g}
9	KFS ₉	تقسیم Distribution	18.8 ^{a-e}	8.82 ^{b-f}	429.9 ^{a-g}	4.46 ^{a-d}
		عدم تقسیم Non distribution	17.61 ^{a-f}	7.85 ^{c-i}	423.5 ^{c-i}	3.98 ^{a-g}

10	KFS ₁₀	تقسیم	14.91 ^{b-g}	8.03 ^{c-l}	427.4 ^{a-g}	3.37 ^{fg}
		Distribution				
		عدم تقسیم	13.48 ^{f-g}	7.10 ^{hi}	415.9 ^{h-k}	3.30 ^{e-h}
		Non distribution				
11	KFS ₁₁	تقسیم	18.75 ^{a-c}	8.54 ^{b-h}	4307 ^{a-f}	4.52 ^{ab}
		Distribution				
		عدم تقسیم	19.69 ^{a-c}	8.64 ^{b-j}	4191 ^{g-j}	4.61 ^{ab}
		Non distribution				
12	KFS ₁₂	تقسیم	14.14 ^{e-g}	9.69 ^{ab}	435.1 ^{ab}	3.15 ^{jh}
		Distribution				
		عدم تقسیم	15.06 ^{a-g}	8.06 ^{c-i}	421.6 ^{c-i}	3.19 ^{f-h}
		Non distribution				
13	KFS ₁₃	تقسیم	16.96 ^{a-f}	8.25 ^{b-h}	430 ^{a-f}	3.72 ^{b-g}
		Distribution				
		عدم تقسیم	13.53 ^{f-g}	7.81 ^{d-i}	421 ^{e-i}	4.23 ^{a-e}
		Non distribution				
14	KFS ₁₄	تقسیم	19.75 ^{ab}	11.17 ^a	437.6 ^a	4.52 ^{ab}
		Distribution				
		عدم تقسیم	20.6 ^a	9.09 ^{b-e}	427.4 ^{a-g}	4.84 ^a
		Non distribution				
15	KFS ₁₅	تقسیم	17.19 ^{a-f}	9.29 ^{b-d}	426.4 ^{b-h}	4.01 ^{a-g}
		Distribution				
		عدم تقسیم	14.55 ^{c-g}	8.29 ^{b-h}	414.7 ^{i-k}	3.36 ^{e-g}
		Non distribution				

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*Means in each column having at least a common letter from one another based on Duncans multiple test are not significantly different at $p \leq 0.05$.

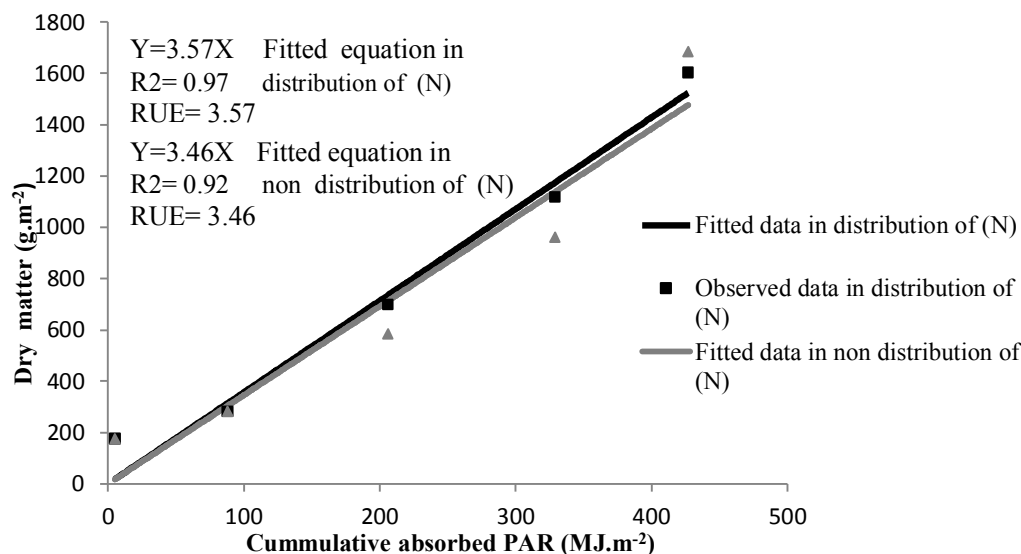
کارایی مصرف نور

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر میزان کارایی مصرف نور معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ شماره (۱۴) و (۸) به‌ترتیب با ۴/۱۸ و ۳/۰۶ گرم بر مگازول بیشترین و کمترین میزان کارایی را در بین ژنوتیپ‌ها حاصل نموده و اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. ژنوتیپ شماره (۱۴) که بیشترین میزان کارایی مصرف نور را در بین ژنوتیپ‌ها داشت بیشترین میزان شاخص سطح برگ، عملکرد ماده خشک تولیدی و همچنین حداکثر دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را نیز دارا بود. به‌عبارت دیگر، ژنوتیپ‌هایی که از شاخص سطح برگ بیشتری برخوردارند میزان دریافت و جذب تشعشع و در نهایت زیست‌توده تولیدی آن‌ها نیز بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها است (جدول ۲). نتایج این بررسی نشان داد که در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق تولید ماده خشک به‌ازای نور تجمعی جذب شده در دو حالت تقسیم و عدم تقسیم روند خطی داشت، هر چند ضریب رگرسیون در حالت عدم تقسیم اندکی کمتر از حالت تقسیم بود این

امر حاکی است که با تقسیم نیتروژن ژنوتیپ‌های سورگوم با کارایی بیشتری نور جذب شده را در طول رشد به ماده خشک تبدیل می‌نمایند (شکل ۳).

وجود تنوع در مقادیر ارائه شده برای کارایی مصرف نور ارقام مختلف ناشی از ویژگی‌های فتو سنتزی نظیر کارایی کربوکسیلاسیون و تثبیت کربن (Muchow, 1990)، حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برگ-ها (Muchow, 1990)، نوسان در محتوای نیتروژن و کلروفیل برگ-ها (Rosati et al., 2004)، تفاوت‌های موجود در مراحل مختلف نمو گیاه (Felenet et al., 1996; Gardner et al., 1990) و همچنین نوسانات اقلیمی نظیر تغییر در میزان تشعشع ورودی (Rothental et al., 1985)، درجه حرارت (Felenet et al., 1996) و غیره می‌باشد. اگر چه قبلاً اعتقاد بر این بود که کارایی مصرف نور ثابت و بیشتر از طریق عوامل ژنتیکی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Madoni & Otegui, 1996). عوامل محیطی و عملیات مدیریتی مانند، تاریخ کاشت، تراکم و فواصل بوته‌ها، رقم و حاصل‌خیزی خاک و به‌ویژه نیتروژن قابل دسترس به سبب نقش ویژه‌ای که در فعالیت فتوسنتزی

دارد، این عامل را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Akmal & Janssens, 2004; Ceotto & Castelli, 2002; Rosati & Jong, 2003).



شکل ۳- روند تغییرات کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن
علائم، داده‌های واقعی و خط داده‌های برازش شده را نشان می‌دهد.

Fig. 3- Trends of RUE changes in forage sorghum genotypes on distribution of nitrogen side dressing and non-distribution
Points is observed data and lines is fitted data.

روند افزایشی کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم شد. نتایج این بررسی نشان داد هر دو مؤلفه PAR تجمعی و کارایی مصرف نور تحت تأثیر شیوه توزیع کود نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای قرار داشتند و تقسیط نیتروژن به‌طور مستقیم بر PAR تجمعی و بر افزایش سطح برگ و کارایی مصرف نور مؤثر بوده است.

نتیجه‌گیری

مقایسه بین شیوه‌های مختلف کاربرد نیتروژن نشان داد تقسیط کود نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای باعث ایجاد یک روند افزایشی در میزان ماده خشک و نیز افزایش در میزان ماده خشک تجمعی به‌ازای افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی شده است. همچنین اعمال تیمار تقسیط نیتروژن باعث ایجاد تغییرات اندکی در

منابع

- Akmal, M., and Janssens, M.J.J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crops Research* 88: 143-155.
- Andrade, F.H., Otegui, M.E., and Vega, C. 2000. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. *Agronomy Journal* 92: 92-97.
- Andriou, B., and Sinquet, H. 1993. Evaluation of structure description requirements for predicting gap fraction of vegetation canopies. *Agricultural and Forest Meteorology* 65: 207-227.
- Andriou, B., Ivanov, N., and Boissard, P. 1995. Simulation of light intercrops from a maize canopy model constructed by stereo plotting. *Agricultural and Meteorology* 75: 85-102.
- Beheshti, A.R., and Behbodifard, B. 2010. Study dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum

- Genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. Australian Journal of Crop Science 4: 185-189.
- Beheshti, A.R., Koocheki, A.R., and Nassiri Mahallati, M. 1999. Effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in maize cultivars. Seed and Plant 4(18): 431-437. (In Persian with English Summary)
- Birch, C.J., and Stewart, A.D. 1989. The effect of nitrogen fertilizer rate and timing on yield of hybrid forage sorghum from serial harvest. Australian Sorghum Workshop, Toowoomba, Australia.
- Castro, F., and Fetcher, N. 1999. The effect of leaf clustering in the interception of light in vegetal canopies: theoretical considerations. Ecological Modelling 116: 125-134.
- Ceotto, E., and Castelli, F. 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Response to nitrogen supply, climatic variability and sink limitation. Field Crops Research 74: 117-130.
- Dwyer, L.M., Stewart, D.W., Hamilton, R.I., and Honwing, L. 1992. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. Agronomy Journal 84: 430-438.
- Eltelib, H.A. 2004. Effect of nitrogen application on growth yield and quality of four forage sorghum cultivars. MSc Thesis University of Khartoum Sudan, Sudan.
- Flenet, F., Kiniry, J., Board, J., Westage, M., and Reicosky, D.C. 1996. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. Agronomy Journal 88: 185-190.
- Gardner, F.D., Walle, R., and Mecloud, D.E. 1990. Yield characteristic of ancient race of maize compared to a modern hybrid. Agronomy Journal 82: 864-868.
- Green, D.S., Erickson, J.E., and Kruger, E.L. 2003. Foliar morphology and canopy nitrogen as predictors of light use efficiency in terrestrial vegetation. Agricultural and Forest Meteorology 115: 163-171.
- Eltelib, H.A., and Eltom, E.A. 2006. Effect of time of nitrogen application on growth, yield and quality of four forage sorghum cultivars. Agricultural Journal 1(2): 59-63.
- Javadi, H., Saberi, M.H., Azari Nasr Abad, A., and Khosravi, S. 2011. Investigation of effect of rates and methods of distribution of nitrogen fertilization on characteristics of quality and quantity of sorghum var, speed feed. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 384-392. (In Persian with English summary)
- Kemanian, A.R., Stockle, C.O., and Huggins, D.R. 2004. Variability of barley radiation use efficiency. Crop Science 44: 1662-1672.
- Lecoeur, J., and Ney, B. 2003. Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. European Journal of Agronomy 19: 91-105.
- Madoni, G.A., and Otegui, M.E. 1996. Leaf area, light interception, and crops development in maize. Field Crops Research 48: 81-87.
- Monteith, J.L. 1979. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Ecology 9: 747-766.
- Muchow, R.C., Sinclair, T.R., and Rennehl, I.M. 1990. Temperature and solar radiation effect on potential maize yield across location. Agronomy Journal 82: 238-243.
- Novoa, R., and Loomis, R.S. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil 58: 177-204.
- Parsa, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghaemi, A. 2007. Trend absorption and radiation use efficiency in sugar beet. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 384-392. (In Persian with English summary)
- Richter, G.M., Jaggard, K.W., and Mitchell, R.A.C. 2001. Modelling radiation interception and radiation use efficiency for sugar beet under variable climatic stress. Agricultural and Forest Meteorology 109: 13-25.
- Rietveld, M.R. 1987. A new method for estimating the regression in the formula relating solar radiation to sunshine. Agricultural Meteorology 19: 243-252.
- Rizzalli, R.H., Villalobos, F.J., and Orgaz, F. 2002. Radiation interception, radiation use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). European Journal of Agronomy 18: 33-43.
- Rooney, W.L., Blumenthal, J., Bean, B., and Mullet, J.E. 2007. Designing sorghum a dedicated bioenergy feedstock. Biofuels Products and Biorefining 1: 147-157.
- Rosati, A., and Jong, T.M.D. 2003. Estimation photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. Annals of Botany 91: 869-877.
- Rosati, A., Metcalf, S.G., and Lampinen, B.D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. Annals of Botany 93: 567-574.
- Rosenthal, W.D., Arkin, G.F., and Howell, T.A. 1985. Transmitted and absorbed photosynthetically active radiation in grain sorghum. Agronomy Journal 77: 841-845.
- Rosenthal, W.D., and Gerik, T.J. 1991. Radiation use efficiency among cotton cultivars. Agronomy Journal 83: 655-

658.

Sinclair, T.R., and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen photosynthesis and crop radiation use efficiency: A review. *Crop Science* 29: 90-98.

Sinclair, T.R., Shiraiwa, T., and Hammer, G.L. 1992. Variation in crop radiation use efficiency with increased diffuse radiation. *Crop Science* 32: 1281-1284.



The Influence of Distribution Nitrogen Fertilizer Management on Absorbed and Radiation Use Efficiency in Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Genotypes

A.R. Beheshti^{1*} and E. Seyyed Kaboli²

Beheshti, A.R., and Seyyed Kaboli, E. 2017. The Influence of distribution nitrogen fertilizer management on absorbed and radiation use efficiency in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agroecology 9(3): 848-861.

Introduction

Dry matter production is a function of photosynthesis active radiation absorption (APAR) and radiation use efficiency. Sorghum genotypes are different in total dry matter, but the reason of these different is not clear. Producing dry matter is affected by nitrogen distributing method, but the way of this effectiveness on producing of dry matter in sorghum genotypes is not also specified. This paper focused on evaluation of receiving and absorbing PAR, which is affected by nitrogen usage method in forage sorghum genotypes, and reasons of the differences between these genotypes in production of dry matter. The variation in efficiency of APAR depends on two chemical and morphological characteristics of the vegetation, including canopy nitrogen content (N_{CANOPY}) and the canopy average for mass per unit of area (M_{area}).

Material and Methods

In order to investigate the cumulative photosynthetically active radiation (CPAR) and radiation use efficiency (RUE) under distributing of nitrogen side dressing and non-distributing conditions, an experiment was conducted at Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources, Research Center Mashhad, Iran. The statistical method was according to split plots base on randomized complete block design with three replicates. The main plots were fifteen forage sorghum genotypes (Promising lines kfs1, kfs2, kfs3, kfs6, kfs7, kfs8, kfs9, kfs10, kfs11, kfs12, kfs13, kfs15, kfs16, kfs17, kfs18) and the subplots consisted of distributing of nitrogen side dressing and non-distributing. The samples were obtained 5 times during the growing season for determination of some characteristics including dry matter (TDM), leaf area index (LAI) and Photosynthetically active radiation (PAR). Then total dry matter (TDM), cumulative Photosynthetically active radiation (CPAR) and radiation use efficiency (RUE) were calculated by these traits. Absorbed radiation measured by Sub Scan model SSI-UM-1.05 on five location of each plot on bottom and top of each plot at 12 o'clock each day, five times by destructive samples. Radiation use efficiency (RUE) calculated by regression lines obtained by slope of total dry matter (TDM) and cumulative radiation use absorption (CPAR) by this equation $Y=a_0*x$.

Results and Discussion

The results showed that the effect of genotype on total dry matter was significant ($p<0/05$). The maximum and minimum were 20.17 t/ha and 13.56 t/ha belonged to genotypes (14) and (8), respectively. The nitrogen fertilizer distributing method and interaction of nitrogen and genotype on leaf area index were significant ($p<0/05$). Nitrogen distribution caused leaf area index and photosynthetically active radiation (PAR) to grow up to %9 and %2, respectively. The genotypes had significant effect on radiation use efficiency. The maximum and minimum RUE observed as 4.18 g/mJ² and 3.06 g/mJ² these were related to genotypes 14 and 8, respectively.

1 and 2- Associate Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Mashhad and MSc Student of Agronomy, Islamic Azad university of Neyshabur, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: arbeheshti81@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.56944

Conclusion

Splitting nitrogen fertilization in forage sorghum genotypes caused increasing of total dry matter, while absorbed PAR increased cumulatively. A comparison between methods of nitrogen usage showed that a little change in increasing radiation use efficiency occurred by changing the nitrogen splitting method, versus non splitting condition in sorghum genotypes. The results illustrated, these two components (e.g. cumulative photosynthetically active radiation and radiation use efficiency) are affected by nitrogen fertilization distributing method in forage sorghum genotypes, as well as nitrogen distribution effect on increment of cumulative PAR, leaf area index and radiation use efficiency. Results of this study showed that the differences of total dry matter in sorghum genotypes is due to both two parameters of cumulative photo synthetically active radiation and radiation use efficiency.

Keywords: Cumulative photosynthetically active radiation, leaf area index, yields potential



تأثیر مصرف ورمی کمپوست و عناصر کم مصرف بر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

علیرضا کریمی^۱، محمد علی بهدانی^{۲*}، محمد حسن فتحی^۳ و سید وحید اسلامی^۴

کریمی، ع.ر.، بهدانی، م.ع.، فتحی، م.ح.، و اسلامی، س.و. ۱۳۹۶. تأثیر مصرف ورمی کمپوست و عناصر کم مصرف بر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۸۶۲-۸۷۷.

چکیده

در مطالعه حاضر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر مصرف ورمی کمپوست و کودهای تکمیلی در دو منطقه در استان کرمان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ ارزیابی شد. تیمارهای آزمایشی شامل ترکیبی از دو سطح ورمی کمپوست (صفر و شش تن در هکتار) و ۱۲ سطح کودهای تکمیلی (عدم کاربرد، گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، روی با غلظت سه میلی لیتر در لیتر، بُر با غلظت دو میلی لیتر در لیتر، چهار ترکیب دوگانه و دو ترکیب سه گانه این سه عنصر) بود. نتایج نشان داد کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد ماده خشک و مقادیر خاکستر، کلسیم و پروتئین خام شد، ولی تأثیر معنی داری بر چربی خام و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و شوینده خنثی نداشت. کاربرد شش تن در هکتار ورمی کمپوست با افزایش ۳۷/۲ درصدی عملکرد ماده خشک همراه بود. افزودن کودهای تکمیلی به ویژه در حالات ترکیبی با افزایش ماده خشک، خاکستر، کلسیم، پروتئین خام و چربی خام و کاهش فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی باعث افزایش کیفیت علوفه گردید. مقدار ماده خشک بوته ها در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی ۴۶/۱ درصد کمتر از تیمار مصرف ترکیبی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با روی و بُر بود. پاسخ بوته ها هم به ورمی کمپوست و هم به کودهای تکمیلی در کرمان بهتر از بردسیر بود. علاوه بر شرایط آب و هوایی، وضعیت بهتر خاک در مزرعه کرمان می تواند دلیل این تفاوت باشد. به طور کلی، در هر دو مکان، کاربرد ورمی کمپوست و کودهای تکمیلی اثر هم افزایی داشت، به طوری که بیشترین بهترین علوفه در تیمارهای کاربرد ورمی کمپوست همراه با ترکیب سه گانه گوگرد، روی و بُر مشاهده شد.

واژه های کلیدی: بُر، چربی خام، خاکستر، روی، گوگرد

مقدمه

محصول، مستلزم وجود مقدار کافی و متعادلی از کودهای تکمیلی و پرمصرف در خاک است (Shahrashbi et al., 2015) که می توانند از طریق کودهای شیمیایی یا آلی تأمین شود. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی موجب تحریک بیش از حد رشد رویشی گیاه، نازک و طولی - شدن ساقه و در نتیجه خوابیدگی بوته ها و هدرروی مقادیر زیاد آب می شود (Fowler, 2003). همچنین افزایش آلودگی های آب های زیرزمینی و احتمال تجمع سمی نیترات در بافت گیاه از دیگر عواقب این رویکرد است (Pirdashti et al., 2010). بنابراین، بهتر است که کودهای شیمیایی در حد بهینه و به صورت تلفیقی با کودهای آلی استفاده شوند (Pirdashti et al., 2010).

عناصر ضروری رشد گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم می توانند توسط ورمی کمپوست به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، پنبه دانه (*Gossypium* spp.)، سویا (*Glycine max*)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) مهم ترین گیاهان تأمین کننده روغن کشور هستند (Azimzadeh, 2015) که در برخی موارد می توانند کاربرد صنعتی یا علوفه ای نیز داشته باشند. رشد مطلوب گیاهان زراعی از جمله گلرنگ و دستیابی به حداکثر کیفیت و کمیت

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات و علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند و دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

(*) نویسنده مسئول: (Email: mabehdani@birjand.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v9i3.56280

شوند (Atiyeh et al., 2002). ورمی کمپوست حاصل فعالیت اکسیداسیون زیستی و تثبیت مواد آلی توسط کرم‌های خاکی می‌باشد، به‌طوری‌که این کرم‌ها به‌عنوان یک ماشین عمل کرده و باعث تغییر ماهیت و شکل مواد آلی از لحاظ فیزیکی و شیمیایی می‌شوند و به‌تدریج باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن و افزایش سطح ذرات خاکی می‌شوند که در معرض میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد (Ravindran et al., 2008).

به‌جز نیتروژن، پتاسیم و فسفر، گوگرد نیز از عناصر پر مصرف مورد نیاز گیاهان است. گوگرد به‌طور عمده در ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات زراعی نقش دارد (Altat et al., 2000) و جزء تشکیل‌دهنده پروتئین در گیاه است که مهم‌ترین عمل آن شرکت در تولید اسیدهای آمینه و به دنبال آن سنتز پروتئین است (Chaubey et al., 2000). بُر و روی از مهم‌ترین عناصر کم مصرف است که برای رشد مطلوب و کیفیت مناسب گیاهان ضروری است. عنصر کم مصرف بُر برای رشد طبیعی گیاه حیاتی بوده و کمبود آن سبب توقف رشد و کاهش کیفیت می‌شود (Sarker et al., 2002). در خاک‌های مناطق خشک مانند استان کرمان به دلیل کاهش تحرک بُر به‌وسیله جریان توده‌ای و پلیمر شدن اسید بوریک کمبود آن مطرح می‌باشد، از طرفی در این نوع خاک‌ها بالا بودن میزان یون کلسیم نیز جذب بُر را کاهش می‌دهد (Galavi et al., 2012). عنصر روی در فعالیت‌های مختلف بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی نقش مهمی دارد، به‌طوری‌که هر عامل ثانویه‌ای که موجب غیرقابل‌دسترس شدن این عنصر برای گیاه شود، علائم ناشی از کمبود را به شکل‌های مختلف از قبیل کاهش رشد، عملکرد و غلظت این عنصر در اندام‌های مختلف از جمله دانه نمایان می‌سازد (Heidarian et al., 2011).

کاربرد توأم ورمی کمپوست و کودهای تکمیلی با برهمکنش مثبت می‌تواند منجر به افزایش رشد گیاه و کیفیت علوفه شود. باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014a, b) در سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و امان‌اله و همکاران (Amanullah et al., 2012) در ذرت (*Zea mays* L.) بیان کردند که کاربرد توأم کودزیستی و عناصر کم مصرف می‌تواند کمیت و کیفیت علوفه را افزایش دهد. باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014a) نشان دادند که کیفیت علوفه سورگوم تحت تأثیر کاربرد توأم کودهای زیستی و عناصر کم-مصرف قرار گرفت. این پژوهشگران نشان دادند که بالاترین شاخص‌های کیفیت علوفه مانند درصد ماده خشک قابل‌هضم و درصد

پروتئین خام از کاربرد توأم کودزیستی و مصرف عناصر کم مصرف روی و آهن به‌دست آمد. در مطالعه دیگری که توسط باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014b) انجام شد، نیز نشان داده شد که بیشترین عملکرد علوفه خشک از کاربرد توأم کودزیستی و عناصر کم مصرف به دست آمد. کاربرد توأم کودهای تکمیلی نیز می‌تواند به‌صورت اثر هم‌افزا، نقش آنان را افزایش دهد. به‌عنوان مثال، افزایش عملکرد علوفه سویا تحت تأثیر اثر متقابل گوگرد و بُر (Sarker et al., 2002)، یا افزایش عملکرد بیولوژیک سویا (*Glycine max* L.) تحت تأثیر اثر متقابل بُر و روی (Banks, 2004) گزارش شده است. گلرنگ، علاوه بر تولید روغن، پتانسیل تولید علوفه و کنجاله برای صنعت دامپروری را نیز داراست (Martinez, 2004). گزارش شده است که علوفه تازه گلرنگ از نظر ارزش غذایی با یک علوفه مرتعی خوب برابری می‌کند و از نظر وزن خشک تفاوت چندانی با یونجه ندارد (Ravi et al., 2008). به‌طور کلی، مشکل عمده استفاده از علوفه گلرنگ، وجود تانن به‌عنوان یک ترکیب ضدتغذیه‌ای در بافت گلرنگ تازه است. برای حل این مشکل می‌توان از سیلو کردن یا استفاده از برخی افزودنی‌ها برای افزایش خوش‌خوراکی علوفه گلرنگ استفاده نمود (Ben Salem et al., 2005). افزودنی‌هایی مانند خاکستر چوب، زغال چوب فعال شده و پلی‌اتیلن گلایکول منجر به از بین بردن کمپلکس پروتئین با تانن می‌شود (McSweeney et al., 2001). پلی‌اتیلن گلایکول یک پلیمر سنتتیک است که کمپلکس پروتئین با تانن را از بین می‌برد و قابلیت دسترسی پروتئین را برای میکروارگانیسم‌های شکمبه افزایش می‌دهد. تانن‌ها ترکیبات فنولی با وزن مولکولی بالا هستند که قادرند با پروتئین، کربوهیدرات‌های ساختمانی و نشاسته باند شده و بر تجزیه‌پذیری آن‌ها تأثیر بگذارند (Silanikove et al., 2001).

علی‌رغم اینکه گلرنگ تحمل نسبتاً بالایی به تنش‌های خشکی و شوری دارد و به شرایط اکولوژیک انعطاف نشان می‌دهد، ولی کشت آن چندان موردتوجه کشاورزان قرار نگرفته است. از سوی دیگر، بررسی علمی جنبه‌های علوفه‌ای آن نیز از نظر دور مانده است. در صورت تایید علمی کمیت و کیفیت قابل‌قبول برای علوفه گلرنگ، امید است که توجه بیشتری از سوی محققین و تولیدکنندگان به این گیاه صورت گیرد. بنابراین، این پژوهش باهدف ارزیابی تأثیر مصرف کود ورمی کمپوست و کاربرد کودهای تکمیلی عنصر پر مصرف گوگرد، و عناصر کم مصرف روی و بُر روی کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ

مواد و روش‌ها

ارزیابی پتانسیل کمی و کیفی علوفه تولیدی گلرنگ در مطالعه حاضر به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه در استان کرمان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. دو مکان آزمایشی شامل ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان (۵۰° و ۵۹° شرقی و ۳۳° و ۳۲° شمالی) و مزارع بخش خصوصی شهرستان بردسیر (۴۶° و ۷۸° شرقی و ۳۳° و ۰۷° شمالی) بود. ویژگی‌های هواشناسی دو منطقه در شکل ۱ آمده است. تیمارها شامل دو سطح ورمی کمپوست شامل صفر و شش تن در هکتار و ۱۲ ترکیب متفاوت

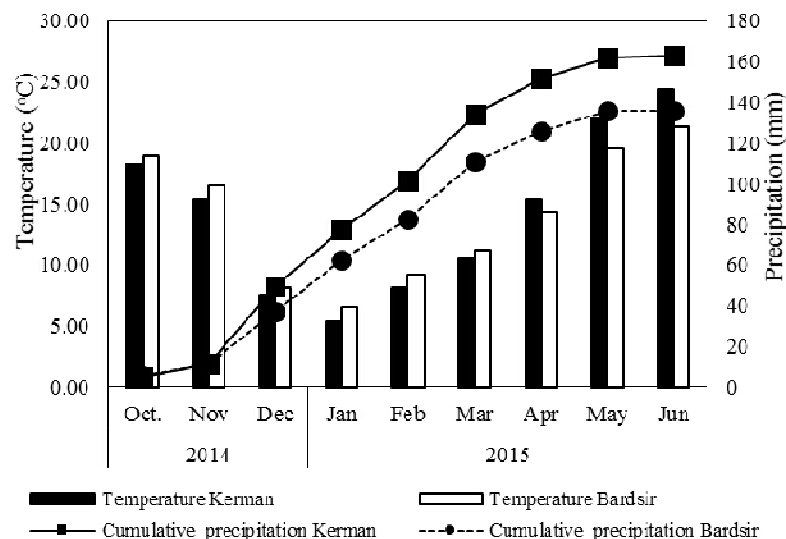


Fig. 1- Temperature and cumulative quantity of precipitation during the growing seasons for two places

کشت قبلی در هر دو مکان گندم آبی پاییزه بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم رایج با گاوآهن برگردان دار، دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح بود. پس از آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تعیین شد که نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس آزمون خاک، مقادیر ۳۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره (نیترژن) و سوپرفسفات تربیل (فسفر) به خاک اضافه شد. کل کود فسفردار و

مساحت کرت‌ها ۲۴ مترمربع (۴×۶ متر)، فاصله بین کرت‌ها ۵/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. کاشت در هر دو مکان در اواسط مهرماه در هشت ردیف در هر کرت، بافاصله بین و روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر صورت گرفت. رقم مورد استفاده برای کشت رقم پاییزه پدیده بود. به‌منظور داشتن سطح

سبز مناسب، بذرها به صورت کپهای (سه عدد بذر در هر کپه) کشت گردیدند که در مرحله دو تا چهار برگی عمل تنک کردن صورت گرفت. در طول دوره آزمایش عملیات و مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری مطابق با عرف منطقه و مبارزه با علف‌های هرز به صورت

وجین دستی انجام شد. اولین آبیاری پس از کاشت و پس از آن در حد ظرفیت مزرعه و با در نظر گرفتن میزان بارش‌های زمستانه صورت گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک در دو منطقه مورد مطالعه
Table 1- The soil physio-chemical properties in two experimental locations

نیتروژن (%) Nitrogen (%)	بافت Texture	ماده آلی (%) Organic matter (%)	رطوبت اشباع (%) Saturated Moisture (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS m ⁻¹)
0.043	Silty clay	0.33	42.4	7.8	3.6
0.039	Silty clay	0.28	44.1	8.1	4.1
متنگنز Manganese	بُر Boron	روی Zink	گوگرد Sulphur	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorous
(میلی گرم در کیلوگرم) (mg.kg ⁻¹)					
10.1	41.2	0.67	6.57	190.1	7.5
9.2	29.6	0.51	4.32	179.0	6.1

درصد خلوص بودند. محلول پاشی این دو عنصر کم مصرف در دو نوبت، یکی در مرحله قبل از گلدهی و دیگری در مرحله گرده افشانی اعمال شد. محلول پاشی به مقدار ۶۰۰ لیتر در هکتار در ساعات ابتدایی روز در هوای آفتابی، کاملاً ساکن و بدون باد صورت گرفت. به منظور تفکیک اثر آب در محلول پاشی عناصر، کرت های شاهد به همان میزان با آب محلول پاشی شدند.

تیمار شش تن ورمی کمپوست در هکتار پیش از کشت، با محاسبه مقدار مورد نیاز برای هر کرت، اعمال گردید. تجزیه شیمیایی ورمی کمپوست مورد استفاده در جدول ۲ آمده است. تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نیز به صورت پودر گوگرد قبل از کشت مصرف شدند. تیمارهای روی و بُر به صورت محلول پاشی به کار برده شدند. محلول های روی و بُر استفاده شده به ترتیب دارای ۳۵ و ۲۲

جدول ۲- تجزیه شیمیایی خاک ورمی کمپوست مورد استفاده
Table 2- Chemical analysis of used vermicompost

مس (میلی گرم در کیلوگرم) Copper (mg.kg ⁻¹)	روی (میلی گرم در کیلوگرم) Zink (mg.kg ⁻¹)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم) Iron (mg.kg ⁻¹)	کلسیم محلول (%) Soluble Calcium (%)	فسفر (%) Phosphorous (%)	نیتروژن کل (%) Total Nitrogen (%)	ماده آلی (%) Organic matter (%)
17	43	42	2.5	1.2	2.4	39.1

اسیدی^۱ (ADF) و فیبر نامحلول در شوینده خنثی^۲ (NDF) بود. برای

صفات اندازه گیری شده در علوفه شامل ماده خشک علوفه، خاکستر، کلسیم، پروتئین خام، چربی خام، فیبر نامحلول در شوینده

۱- Acid detergent fiber

۲- Neutral detergent fiber

مناسب‌تر منطقه کرمان دلیل این تفاوت بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، خاک مزرعه در کرمان نسبت به منطقه بردسیر دارای مقادیر بالاتری از ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود (جدول ۱). در کرمان مقدار بارش تجمعی نیز در سال آزمایش بیشتر از بردسیر بود (شکل ۱).

مصرف ورمی کمپوست به‌طور معنی‌داری ماده خشک گلرنگ را افزایش داد، به‌طوری‌که ماده خشک گلرنگ در شرایط مصرف ورمی کمپوست با افزایش بیش از ۲۳ درصدی همراه بود (جدول ۴). تأثیر ورمی کمپوست در افزایش ماده خشک علوفه گلرنگ در کرمان بیشتر از بردسیر بود (شکل ۲)، به‌طوری‌که در شرایط بدون ورمی کمپوست تفاوت معنی‌داری بین ماده خشک علوفه در دو منطقه مشاهده نشد، ولی در شرایط کاربرد شش تن در هکتار ورمی کمپوست، ماده خشک علوفه گلرنگ در کرمان ۳۴ درصد بیشتر از بردسیر بود. ورمی کمپوست‌ها حاوی مواد بیولوژیک فعالی هستند که از خلل و فرج زیاد، ظرفیت بالای تهویه، زهکشی مناسب و ظرفیت نگهداری آب بالایی برخوردار هستند (Pirasteh-Anosheh, 2010; Pirdashti et al., 2010). این مواد همانند مواد تنظیم‌کننده رشد عمل کرده که باعث افزایش حفره‌های موجود در خاک شده و افزایش گردش هوای مورد نیاز برای رشد گیاهان و میکروارگانیسم را به دنبال دارد (Arancon et al., 2004; Cavender et al., 2003). همچنین افزایش سرعت ظهور گیاهچه و رشد اولیه در اثر کاربرد ورمی کمپوست نیز گزارش شده است (Mottaghi et al., 2009). در مطالعه عظیم زاده (Azimzadeh, 2015) تأثیر چهار سطح صفر، ۴، ۷ و ۱۱ تن ورمی کمپوست در هکتار بر رشد و عملکرد گلرنگ بررسی شد و مشخص گردید که بیشترین اثر مربوط به سطح هفت تن ورمی کمپوست در هکتار بود. تالشی و همکاران (Taleshi et al., 2012) نیز با مطالعه تأثیر چهار سطح صفر، ۲، ۴ و ۶ تن ورمی کمپوست، بیشترین تولید گلرنگ را از تیمار شش تن در هکتار به‌دست آوردند.

تأثیر کاربرد کودهای تکمیلی نیز بر ماده خشک معنی‌دار بود، بیشترین ماده خشک در تیمار ترکیب کودهای تکمیلی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی به‌دست آمد که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳الف). پس از این دو تیمار نیز، تیمار کاربرد ترکیبی روی و بُر دارای ماده خشک بالایی بود. از سوی دیگر، کمترین ماده خشک

اندازه‌گیری ماده خشک علوفه از یک مترمربع در هر کرت در اوایل گلدهی با رعایت اثر حاشیه‌ای نمونه‌گیری انجام شد، و پس از آن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای 70 ± 5 درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس توزین گردید. مقدار خاکستر نیز به‌صورت درصد ماده خشک با قرار دادن نمونه‌ها در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. درصد پروتئین خام علوفه با استفاده از دستگاه کجلدال تعیین شد. در این روش پس از اندازه‌گیری نیتروژن کل نمونه با اعمال ضریب ۶/۲۵ درصد پروتئین خام علوفه محاسبه شد. صفات پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و کلسیم بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC, 1999; 2000) انجام شد. درصد خاکستر علوفه با استفاده از کوره الکتریکی به مدت زمان پنج ساعت با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. با استفاده از دستگاه کجلدال و تبدیل مقدار نیتروژن نمونه، درصد پروتئین خام علوفه اندازه‌گیری شد. درصد چربی خام بر اساس روش حلال آلی و با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین شد. صفت کلسیم پس از قرارگیری نمونه در کوره الکتریکی به مدت دو ساعت با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد بر اساس روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی برحسب درصد ماده خشک با روش آنکوم اندازه‌گیری شد (Van Soest, 1994).

پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس به‌صورت تجزیه مرکب دو مکان انجام گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار^۳ (LSD) در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند. آزمون نرمالیت به استفاده از نرم افزار Minitab و تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد ماده خشک گلرنگ به‌عنوان کمیت علوفه تحت تأثیر معنی‌دار اثرات اصلی مکان، ورمی کمپوست و کودهای تکمیلی و برهمکنش مکان در ورمی کمپوست قرار گرفت (جدول ۳). ماده خشک بوته‌های گلرنگ در منطقه کرمان حدود بیست درصد بیشتر از ماده خشک در منطقه بردسیر بود (جدول ۴). شرایط بهتر خاک و وضعیت آب و هوایی

۳- Least significant difference

گلرنگ نیز در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی به دست آمد که ۴۷ درصد از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد + بر+روی با بیشترین مقدار ماده خشک کمتر بود.

جدول ۳ - نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی علوفه گلرنگ

Table 3- The results of analysis of variance (mean of squares) for quantitative and qualitative traits of safflower forage									
منبع تغییرات S.O.V	df	ماده خشک Dry matter	خاکستر Ash	کلسیم Calcium (%)	پروتئین خام Crude protein	چربی خام Extract ether	فیبر نامحلول در اسید Acid detergent fiber	فیبر نامحلول در خنثی Natural detergent fiber	
مکان Place(P)	1	3.193**	381.28**	0.134**	108.10**	4.440**	181.32**	1132.57**	
بلوک در مکان Block × Place	4	0.094	4.47	0.053	6.16	0.398	11.21	6.41	
ورمی کمپوست Vermicompost (V)	1	4.351**	198.57**	1.655**	490.32**	0.091 ^{ns}	6.35 ^{ns}	3.37 ^{ns}	
کودهای تکمیلی Additional Fertilizer (F)	11	0.862**	93.72**	0.210**	29.99**	0.889**	51.21**	63.95**	
برهمکنش ورمی کمپوست در کود V×F	11	0.166 ^{ns}	1.82 ^{ns}	0.015 ^{ns}	2.81 ^{ns}	0.151 ^{ns}	2.21 ^{ns}	1.98 ^{ns}	
برهمکنش ورمی کمپوست در مکان P×V	1	1.905**	0.01 ^{ns}	0.021 ^{ns}	9.73 ^{ns}	0.296 ^{ns}	3.74 ^{ns}	1.39 ^{ns}	
برهمکنش مکان در کود P×F	11	0.021 ^{ns}	2.77 ^{ns}	0.028 ^{ns}	4.13 ^{ns}	0.146 ^{ns}	6.67 ^{ns}	2.74 ^{ns}	
برهمکنش سه گانه P×V×F	11	0.023 ^{ns}	1.06 ^{ns}	0.025 ^{ns}	3.80 ^{ns}	0.408**	1.58 ^{ns}	1.98 ^{ns}	
خطا Error	92	0.090	2.02	0.019	3.08	0.102	7.12	5.48	
ضریب تغییرات CV (%)		17.80	15.12	12.38	12.66	12.19	9.64	6.09	

ns: غیر معنی دار؛ **: معنی دار در سطح احتمال یک درصد
ns: non-significant, **: significant at 1% probability levels.

لذا کاربرد آن‌ها می‌تواند با رفع کمبود این عناصر موجب تحریک رشد شود. تأثیر مثبت گوگرد (Ravi et al., 2008; Galavi et al., 2012)، بُر (Sarker et al., 2002; Galavi et al., 2012) و روی (Singh & Mannj, 2007) در آزمایش‌های پیشین نشان داده شده است.

موحدی (Movahhedy, 2009) ابراز داشتند که در شرایط کمبود کودهای تکمیلی، محلول‌پاشی آن‌ها باعث افزایش رشد و تولید گلرنگ شده است. بر اساس آزمون خاک، در هر دو مکان مقادیر اولیه کودهای تکمیلی گوگرد، روی و بُر کمتر از حد بحرانی آن‌ها (به‌ترتیب ۱۰-۱۲، ۱-۲، و ۰/۸-۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بوده است (جدول ۱)،

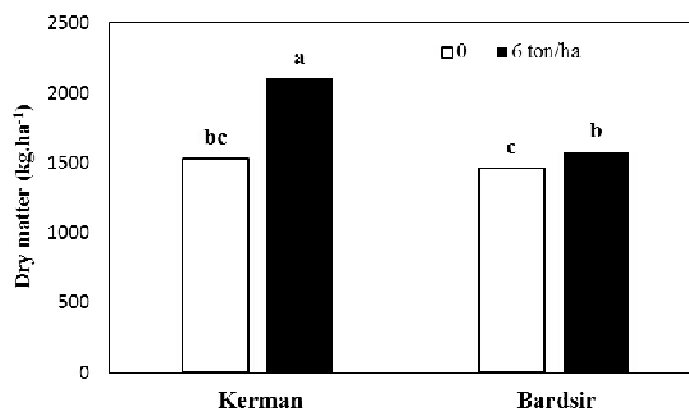
جدول ۴- تأثیر مکان و ورمی‌کمپوست بر صفات کمی و کیفی علوفه گلرنگ

Table 4- Effect of place and vermicompost on quantitative and qualitative traits of safflower forage

مکان Place	ماده خشک (گرم در مترمربع) Dry matter (g.m ⁻²)	خاکستر (%) Ash	کلسیم (%) Calcium (%)	پروتئین خام (%) Crude protein (%)	چربی خام (%) Extract ether (%)	فیبر نامحلول در اسید (%) Acid detergent fiber (%)	فیبر نامحلول در خنثی (%) Natural detergent fiber (%)
کرمان Kerman	1819.80 ^{a*}	11.02 ^a	1.15 ^a	14.69 ^a	2.85 ^a	25.79 ^b	35.57 ^b
بردسیر Bardsir	1522.22 ^b	7.79 ^b	1.08 ^b	13.01 ^b	2.39 ^b	29.55 ^a	41.19 ^a
ورمی‌کمپوست Vermicompost							
بدون کاربرد No use	1497.22 ^b	8.2 ^b	1.01 ^b	11.96 ^b	2.59 ^a	27.62 ^a	38.54 ^a
۶ تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹	1844.86 ^a	10.65 ^a	1.22 ^a	15.78 ^a	2.64 ^a	27.72 ^a	38.18 ^a

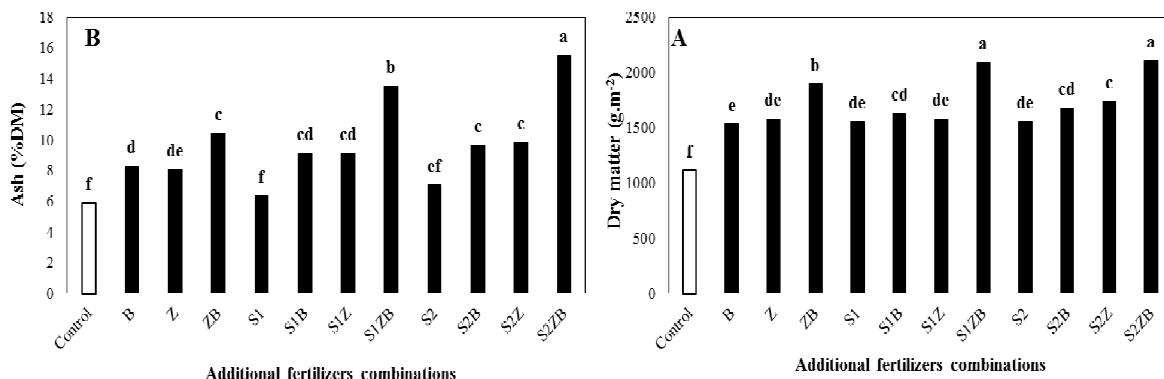
*میانگین‌های با حروف مشابه برای هر اثر در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

*Means with similar letter for each main effect in each column were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.



شکل ۲- اثر برهمکنش مکان و ورمی‌کمپوست بر عملکرد ماده خشک علوفه گلرنگ (LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 2- Interaction effect of place and vermicompost on dry matter yield of safflower forage (LSD $p \leq 0.01$)



شکل ۳- اثر کودهای تکمیلی (بدون کاربرد کودهای تکمیلی: Control، کاربرد بُر: B، روی: Z، S₁=۱۰۰ و S₂=۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد) بر عملکرد ماده خشک (الف) و خاکستر (ب) علوفه گلرنگ (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 3- Effect of additional fertilizers (no use: control, use of boron: B, zinc: Z, 100 and 200 kg.ha⁻¹ sulphur: S₁ and S₂) and vermicompost on dry matter yield (a) and ash (b) of safflower forage (LSD p≤0.01)

وضعیت دما و حتی ویژگی‌های اقلیمی مانند ارتفاع و شیب بر پروتئین خام علوفه تولیدی یک منطقه تأثیر گذار می‌باشد (Buxton, 1996). مقادیر خاکستر و کلسیم در علوفه گلرنگ به‌طور معنی‌داری در اثر مصرف ورمی کمپوست افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد شش تن در هکتار ورمی کمپوست باعث ۲۹/۹ و ۲۰/۸ درصد افزایش به ترتیب در خاکستر و کلسیم گردید (جدول ۴). بیشتر شدن خاکستر در تیمارهای کاربرد ورمی کمپوست می‌تواند به دلیل آزاد شدن کندتر و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه در اثر ورمی کمپوست باشد، که در نتیجه درصد خاکستر که نماینده غلظت عناصر غذایی در گیاه می‌باشد، افزایش می‌یابد (Eghball, 2002). این ویژگی کودهای آلی، هم از نظر تغذیه گیاه و هم از نظر جلوگیری از آشوبی عناصر غذایی دارای اهمیت زیادی است (Fateh et al., 2010). فاتح و همکاران (Fateh et al., 2010) با بیان افزایش مقدار خاکستر علوفه در اثر افزایش مقدار مصرف کود آلی، رابطه مثبت و معنی‌داری بین درصد خاکستر علوفه با قابلیت هضم ماده خشک علوفه نشان دادند. همچنین، کلسیم بیشتر در علوفه گلرنگ در اثر کاربرد ورمی کمپوست، به تأثیر آن بر خاک بر می‌گردد. ورمی کمپوست از تغییر شکل مواد آلی از طریق فعل و انفعالات بین کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها به وجود می‌آیند که باعث تخلخل بالا، تهویه، زهکشی و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شوند، بنابراین این خاک‌ها معمولاً دارای مواد مغذی بیشتری در شکل‌های قابل‌دسترس از قبیل کلسیم می‌باشند (Azarpour et al., 2012). جذب بیشتر کلسیم می‌تواند منجر به افزایش غلظت

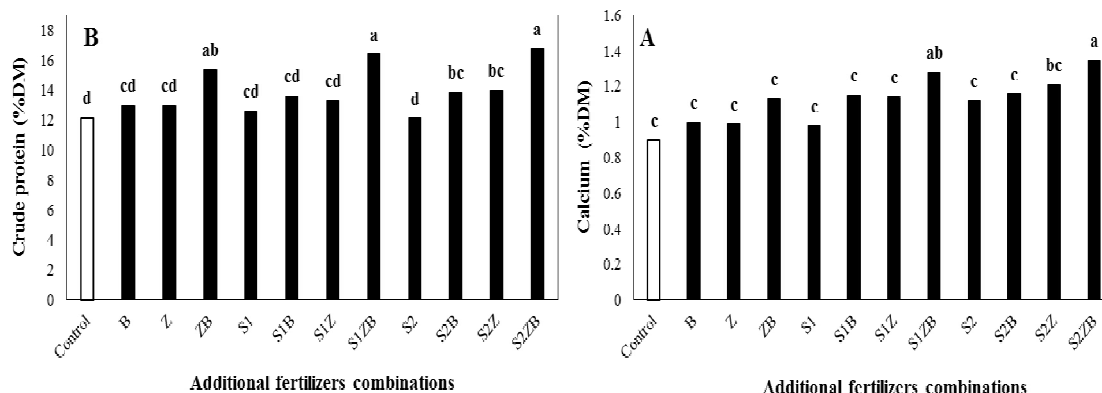
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) صفات کیفی شامل خاکستر، کلسیم، پروتئین خام، چربی خام، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی نشان داد که اثرات اصلی مکان و کودهای تکمیلی بر همه صفات و اثر اصلی ورمی کمپوست بر همه صفات به‌جز چربی خام، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی معنی‌دار بود. از سوی دیگر، تنها اثر برهمکنش سه‌گانه مکان، ورمی کمپوست و کودهای تکمیلی بر چربی خام معنی‌دار گردید (جدول ۳). بوته‌های رشد یافته در کرمان به‌طور معنی‌داری دارای کیفیت بهتری بودند، چنانچه این بوته‌ها دارای ۴۱ درصد خاکستر بیشتر، هفت درصد کلسیم بیشتر، ۱۳ درصد پروتئین خام بیشتر و ۱۶ درصد چربی خام بیشتر و همچنین به‌ترتیب ۱۵ و ۱۶ درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی کمتری بودند (جدول ۴). این تفاوت‌ها را می‌توان به وضعیت غذایی بهتر خاک در منطقه کرمان مرتبط دانست خاک بهتر توانست بوته‌های گلرنگ را از نظر تغذیه‌ای تأمین کند. شرایط آب و هوایی نامساعد مانند دمای زیاد و بارندگی کم در طول دوره رشد گیاه پلی ساکاریدهای دیواره سلولی را افزایش و کربوهیدرات‌های محلول را کاهش می‌دهد و موجب افزایش الیاف نامحلول می‌شود (Pascual et al., 2000) که به‌طور کلی کیفیت علوفه را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، حاصلخیزی بالاتر خاک و وضعیت فیزیکی مساعد خاک در شهرستان کرمان باعث افزایش جذب کلسیم (Azarpour et al., 2012) در این منطقه شده و کیفیت علوفه را از این نظر بهبود بخشیده است. این موضوع حاکی از آن است که شرایط محیطی مانند وضعیت خاک، بارش،

بیشترین درصد خاکستر علوفه برابر با ۱۱/۷ درصد از تیمار کاربرد ترکیب کودهای تکمیلی روی و منگنز به‌دست آمد.

مقدار کلسیم علوفه گلرنگ نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر کودهای تکمیلی قرار گرفت (شکل ۴-الف). بیشترین مقدار کلسیم علوفه در تیمار ترکیب کودهای تکمیلی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی به‌دست آمد که با تیمار ترکیب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌همراه بُر و روی تفاوت معنی‌داری نداشت. این دو تیمار به ترتیب ۵۰ و ۴۲ درصد کلسیم بیشتری نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کودهای تکمیلی داشتند. کمترین مقدار کلسیم نیز در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی به‌دست آمد که با بسیاری از تیمارهای دیگر از جمله کاربرد کودهای تکمیلی به‌صورت منفرد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴-الف). بیشتر بودن کلسیم در بافت خشک بوته‌های تحت تیمار با کودهای تکمیلی می‌تواند به‌دلیل جذب بیشتر کلسیم از خاک باشد. با مصرف کودهای تکمیلی، رشد گیاه بیشتر شده و ریشه‌ها توسعه‌یافته‌تر می‌شوند (Galavi et al., 2012). افزایش قدرت جذب ریشه در جذب کلسیم منجر به افزایش مقدار آن در بافت گیاه می‌شود (Sainz et al., 1998).

کلسیم در بافت گیاه شود. به‌عنوان مثال گزارش شده است که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک منجر به افزایش کلسیم در علوفه شبدر قرمز (*Trifolium pretense* L.) شد (Sainz et al., 1998).

تأثیر کودهای تکمیلی بر مقدار خاکستر علوفه گلرنگ بسیار قابل‌ملاحظه بود (شکل ۳-ب). بیشترین خاکستر علوفه در تیمار ترکیب کودهای تکمیلی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی مشاهده شد (۱۵/۵ درصد) که با تمام تیمارهای دیگر کودهای تکمیلی تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین مقدار خاکستر نیز، در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی به‌دست آمد که نسبت به تیمار دارای بیشترین خاکستر ۶۲ درصد خاکستر کمتری داشت (شکل ۳-ب). در پژوهش‌های پیشین نیز کاربرد توأم کودهای تکمیلی مانند گوگرد و بُر (Sarker et al., 2002)، روی و بُر (Banks, 2007)، گوگرد و روی (Singh & Mannj, 2007) بررسی شد و تأثیر مثبت برهمکنش آن‌ها نشان داده شده است. درصد خاکستر برآیندی از عناصر غذایی می‌باشد. لذا هر تیماری که درصد خاکستر بالاتری دارد به‌منزله این است که جذب کودهای تکمیلی و پرمصرف در آن گیاه بالاتر و از لحاظ علوفه، برای دام، مغذی‌تر است (Eghball, 2002). پایگذار و همکاران (Paigozar et al., 2009) بیان کردند که



شکل ۴- اثر کودهای تکمیلی (بدون کاربرد کودهای تکمیلی: Control، کاربرد بُر: B، روی: Z، $S_1=100$ و $S_2=200$ کیلوگرم در هکتار گوگرد) بر کلسیم (الف) و پروتئین خام (ب) علوفه گلرنگ (از مومن LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 4- Effect of additional fertilizers (no use: control, use of boron: B, zinc: Z, 100 and 200 kg.ha⁻¹ sulphur: S₁ and S₂) and vermicompost on calcium (a) and crude protein (b) of safflower forage (LSD p≤ 0.01)

بودند (جدول ۴). ترکیبات آمینواسید و پروتئین خام به‌وسیله ورمی‌کمپوست تحت تأثیر قرار می‌گیرند، از جمله ورمی‌کمپوست باعث افزایش میزان ترئونین، سرین، سیستئین، گلیسین و تیروزین می‌شود

مقدار پروتئین علوفه خشک گلرنگ تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست قرار گرفت، به‌طوری‌که بوته‌های تحت تیمار ورمی‌کمپوست به‌طور میانگین دارای ۳۱/۹ درصد پروتئین بیشتری

(Angela et al., 2012). در یک آزمایش گزارش شده است که بیشترین مقدار پروتئین خام مربوط به کاربرد کودزیستی با مقدار ۱۲/۷ درصد و کمترین مقدار پروتئین خام مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۸/۲ درصد بود (Fateh et al., 2010). بالاترین پروتئین خام علوفه در مطالعه دیگری از تیمارهای ترکیبی کودهای بیولوژیک و شیمیایی به- دست آمد (Zandiyeh et al., 2014). از سوی دیگر، کودهای تکمیلی نیز بر مقدار پروتئین علوفه گلرنگ تأثیر معنی داری داشتند (شکل ۴ ب). بیشترین پروتئین علوفه از تیمارهای ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی به دست آمد که به ترتیب ۳۸/۱ و ۳۵/۱ درصد بیشتر از تیمار شاهد بدون کاربرد کودهای تکمیلی بود. گوگرد جزء تشکیل دهنده پروتئین در گیاه است و مهم ترین عمل آن شرکت در تولید اسیدهای آمینه و به دنبال آن سنتز پروتئین است. سیستمین و متیونین مهم ترین اسیدهای آمینه گوگرددار هستند که هم به صورت اسید آمینه آزاد و هم به صورت اجزای سازنده پروتئین تا دیده می شوند (Chaubey et al., 2000). در یک مطالعه بررسی اثر محلول پاشی کودهای تکمیلی بر آفتابگردان نشان داد که غلظت محلول پاشی تأثیر معنی داری بر درصد پروتئین داشت. در این مطالعه، همبستگی منفی بین درصد روغن و درصد پروتئین نشان شده شد (Noorabadi & Ghafari, 2010). کمترین پروتئین علوفه نیز از تیمارهای شاهد و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به صورت منفرد به دست آمد (شکل ۴ ب)، این موضوع نشان دهنده این است که برای کیفیت قابل قبول یک محصول، حداقلی از همه عناصر ضروری باید تأمین شود. کودهای تکمیلی در ساختار برخی آنزیم های حیاتی گیاه مانند آنزیم های دی کربوکسیلاز و دی هیدروژناز وجود دارند که جزء سازنده کمپلکس پروتئین است (Sajedi et al., 2009). باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014a) نیز گزارش دادند که بیشترین پروتئین خام علوفه از تیمار کاربرد کودزیستی به همراه محلول پاشی کودهای تکمیلی روی و آهن به دست آمد. پایگذار و همکاران (Paygozar et al., 2009) نیز نشان دادند که تیمار کاربرد ترکیب کودهای تکمیلی روی و منگنز با ۱۶/۷ درصد بیشترین درصد پروتئین خام علوفه را داشت.

در هر دو منطقه کرمان و بردسیر و در هر دو شرایط با و بدون کاربرد ورمی کمپوست، بیشترین مقدار چربی خام از تیمار ترکیبی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی به دست آمد (جدول ۵). پس از این تیمار، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و

روی در شرایط بدون ورمی کمپوست و تیمار کاربرد توأم بُر و روی در شرایط مصرف ورمی کمپوست دارای چربی خام بالایی بودند. در همه شرایط منطقه ای و ورمی کمپوست، به جز بدون ورمی کمپوست در کرمان، کمترین چربی خام در تیمارهای شاهد بدون مصرف کودهای تکمیلی و پس از آن کاربرد هر یک از عناصر روی یا بُر به تنهایی مشاهده شد (جدول ۵). در کرمان، کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی با افزایش ۲۵/۰ و ۴۵/۲ درصدی چربی خام به ترتیب در شرایط بدون مصرف و مصرف شش تن در هکتار ورمی کمپوست همراه بود. این مقادیر برای منطقه بردسیر به ترتیب برابر ۱۹/۹ و ۳۰/۸ درصد بود. پژوهشگران بر این باورند که کمبود کودهای تکمیلی مانند گوگرد، روی و بُر علاوه بر کاهش درصد روغن دانه، مقدار چربی خام بافت های رویشی گیاهان را نیز کاهش می دهد (Sukhija et al., 1987; Hrivna et al., 2002). به عنوان مثال، گوگرد جزئی از ساختمان فسفولیپیدها است، در نتیجه در ساخته شدن چربی به طور مستقیم شرکت می کند (Hrivna et al., 2002). گزارش شده است گیاهانی که با کودهای تکمیلی روی و گوگرد تغذیه شده اند مقادیر بالاتری چربی داشتند (Sukhija et al., 1987).

تیمارهای کاربرد ترکیبی کودهای تکمیلی فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی پایینی داشتند (شکل ۵ الف و ب). کمترین فیبر نامحلول در شوینده اسیدی از تیمارهای کاربرد توأم روی و بُر (۲۴/۴ درصد)، کاربرد توأم ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با روی و بُر (به ترتیب ۲۵/۶ و ۳۲/۳ درصد) به دست آمد. تیمارهای مذکور به ترتیب با ۳۴/۲، ۳۵/۱ و ۳۵/۳ درصد، دارای کمترین فیبر نامحلول در شوینده خنثی نیز بودند. فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی از صفات کیفی مهم علوفه می باشند، که هر چه مقدار آن ها کمتر باشد، دام قادر است علوفه خشک بیشتری مصرف کند (Megias et al., 1993). در یک مطالعه، همبستگی منفی و معنی داری بین فیبر نامحلول در شوینده اسیدی با درصد پروتئین خام و درصد قابلیت هضم ماده خشک علوفه نشان داده شده است (Fateh et al., 2010). وجود بیشتر عناصر ضروری در خاک و جذب آن ها توسط گیاه باعث افزایش مقدار پروتئین و کاهش مقدار فیبر آن می شوند (Blaise et al., 2005). عناصر گوگرد، روی و بُر از فاکتورهای عمده ای هستند که بر کیفیت محصول تأثیر دارند، از این رو پژوهشگران توصیه کرده اند که بهتر است این کودهای تکمیلی نیز به کودهای پایه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) اضافه شود (Altat et al.,

۲۰۰۰). سینگ و مانج (Singh & Manj, 2007) در پژوهشی در مورد اثر متقابل گوگرد و روی به این نتیجه رسیدند که مصرف توأم گوگرد و روی باعث افزایش معنی‌دار کیفیت آن گردیده است.

جدول ۵- تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی بر چربی خام (درصد) علوفه گلرنگ در دو مکان آزمایشی

Table 5- Effect of vermicompost and additional fertilizers application of crude fat (%) of safflower forage in two experimental places

کود تکمیلی Fertilizer	کرمان Kerman		بردسیر Bardsir	
	۶ تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹	بدون کمپوست No use	۶ تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹	بدون کمپوست No use
شاهد Control	2.56 jk*	2.49 k	2.28 d-f	2.16 f
بُر B	2.90 ef	2.65 i-k	2.30 c-f	2.17 f
روی Z	2.57 jk	2.69 h-j	2.30 c-f	2.29 c-f
بُر+روی Z+B	2.97 de	3.40 b	2.67 b	2.77 ab
گوگرد ۱ S ₁	2.67 i-k	2.67 i-k	2.12 g	2.22 e-g
گوگرد ۱+بُر S ₁ B	2.78 e-i	2.78 e-i	2.36 c-e	2.44 c
گوگرد ۱+روی S ₁ Z	2.70 g-j	2.77 f-i	2.11 g	2.26 e-g
گوگرد ۱+بُر+روی S ₁ ZB	3.08 c-e	3.16 cd	2.70 ab	2.74 ab
گوگرد ۲ S ₂	2.66 i-k	2.87 e-h	2.24 e-g	2.29 c-f
گوگرد ۲+بُر S ₂ B	2.79 e-i	2.70 g-j	2.21 e-g	2.33 c-e
گوگرد ۲+روی S ₂ Z	2.89 e-g	2.78 e-i	2.44 c	2.42 cd
گوگرد ۲+بُر+روی S ₂ ZB	3.20 bc	3.62 a	2.73 ab	2.83 a

*میانگین‌های با حروف مشابه برای هر اثر در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

*Means with similar letter for each main effect in each column were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

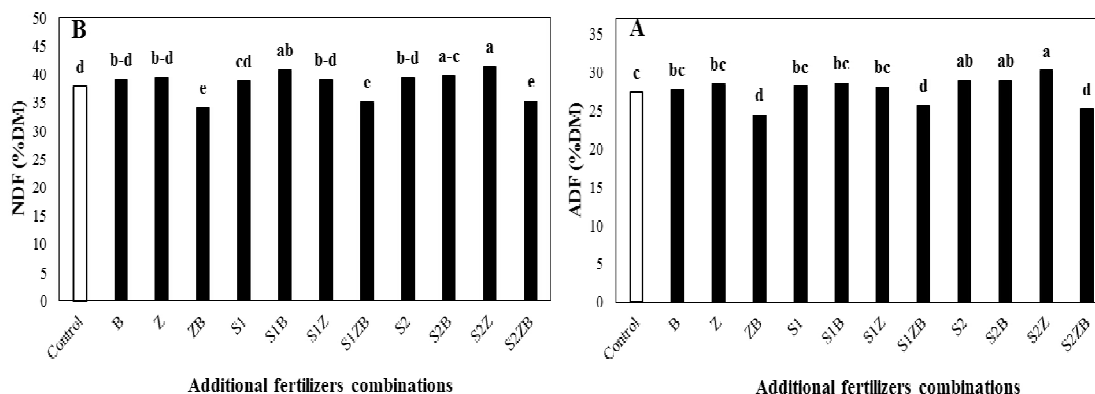
شاهد: بدون کاربرد کودهای تکمیلی، کاربرد ۱۰۰ (گوگرد ۱) و ۲۰۰ (گوگرد ۲) کیلوگرم در هکتار گوگرد.

No additional fertilizers use (control), use of boron (B), zinc (Z), 100 (S₁) and 200 (S₂) kg.ha⁻¹ sulphur.

نتیجه‌گیری

منجر به تولید قابل قبول علوفه این گیاه شد. به‌طور کلی، کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و ترکیب سه‌گانه گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در هنگام کاشت به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی روی و بُر (به-ترتیب با غلظت‌های ۳ و ۲ در هزار) با ایجاد برهمکنش مثبت، موجب افزایش تولید علوفه و کیفیت آن شده که در صورت تأیید در مطالعات بلند مدت جهت استفاده در هر دو شهرستان کرمان و بردسیر قابل توصیه است.

نتایج این پژوهش در دو مکان کرمان و بردسیر نشان داد که علی‌رغم تفاوت‌ها در وضعیت غذایی خاک و شرایط آب و هوایی این دو مکان، کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبتی بر تولید و کیفیت علوفه گلرنگ داشت. با توجه به ویژگی-های کیفی علوفه، کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با مصرف گوگرد و محلول‌پاشی روی و بُر به‌ویژه در منطقه کرمان،



شکل ۵- اثر کودهای تکمیلی (بدون کاربرد کودهای تکمیلی: Control، کاربرد بُر: B، روی: Z، $S_1=100$ و $S_2=200$ کیلوگرم در هکتار گوگرد) بر فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (الف) و خشتی (ب) علوفه گلرنگ (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 5- Effect of additional fertilizers (no use: control, use of boron: B, zinc: Z, 100 and 200 kg.ha⁻¹ sulphur: S₁ and S₂) and vermicompost on acid (a) and neutral (b) detergent fiber of safflower forage (LSD p ≤ 0.01)

منابع

- Altaf, A., Khan, I., and Abidin, Z. 2000. Effect of sulfur fertilization on oil accumulation, acetyl-CoA concentration and acetyl-CoA carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). Crop and Pasture Science 51: 1023-1029.
- Amanullah, M.M., Archana, J., Manoharan, S., and Subramanian, K.S. 2012. Influence of iron and AM inoculation on metabolically active iron, chlorophyll content and yield of Hybrid Maize in calcareous soil. Journal of Agronomy 11: 27-30.
- Angelova, R., Akova, I., and Ivanov, I.K. 2012. The effect of organic amendments on the chemical composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) meal. International Scientific 8: 441-453.
- AOAC. 1999. In: Cunniff, P. (Ed.), Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresources Technology 93: 145-153.
- Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresources Technology 84: 7-14.
- Azarpour, E., Moradi, M., and Bozorgi, H. 2012. Effects of vermicompost application and seed inoculation with biological nitrogen fertilizer under different plant densities in soybean (*Glycine max* L. cultivar, Williams). Agricultural Research 7: 1534-1541.
- Azimzadeh, S.M. 2015. Soil physical properties after two years application of organic fertilizers in safflower (*Carthamus tinctorius* L) planting. International Journal of Farming and Allied Sciences 4: 341-351.
- Bagheri Dehabadi, M., Moghadam, M., Chaichi, M.R., Ziloe, N., Mousavi, A.A., and Hosseini Pour, R. 2014. Effect of bio-fertilizer and foliar feeding of micronutrients on some of characteristics of physiological and forage quality in sorghum (var. Peghah). In Proceedings of the 13th Iranian of Crop Sciences Congress. August 24-26, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)
- Bagheri Dehabadi, M., Moghadam, M., Chaichi, M.R., Ziloe, N., and Mousavi, A.A. 2014. Study of some morphological characteristics of forage sorghum under the biological fertilizer and foliar application of micronutrient elements. In: Proceedings of the 13th Iranian of Crop Sciences Congress. August 24-26, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)
- Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Experimental Agriculture

- and Animal Husbandry 116: 226-231.
- Ben Salem, H., Ben Salem, I., and Ben Said, M.S. 2005. Effect of the level and frequency of PEG supply on intake, digestion, biochemical and clinical parameters by goats given Kermes oak (*Quercus coccifera* L.)-based diets. Small Ruminant Research 56:127-137.
- Blaise, D., Singh, J.V. Bonde, A.N., Tekale, K.U., and Mayee, C.D. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresource Technology 96: 345-349.
- Buxton, D.R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. Animal Feed Science and Technology 59: 37-49.
- Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. Pedobiologia 47: 85-89.
- Chaubey, A.K., Sing, S.B., and Kaushik, M.K. 2000. Response of ground (*Arachi spogaea*) to source and level of sulphur fertilizer in mid-western plains of uttaradesh. Indian Journal Agronomy 45:166-169.
- Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. Agronomy Journal 94: 128-135.
- Fateh, A., Chaichi, M.R., Sharifi Ashorabadi, A., Mazaheri, D., and Ashraf Jafari, A. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on some silage chemical properties of globe artichoke (*Cynara scolymus*). Plant Production 33: 15-31. (In Persian with English Summary)
- Fowler, D.B. 2003. Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. Agronomy Journal 95: 260-265.
- Galavi, M., Ramroudi, M., and Tavassoli, A. 2012. Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius*). Agricultural Research 7: 482-486.
- Heidarian, A.R., Kord, H., Mostafavi, K., and Amin-Mashhadi, F. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* L. Merr.) at different growth stages. Sustainable Agriculture 28: 41-54
- 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.
- Martinez, J.F. 2004. Sesame and Safflower Newsletter. Publication of Institutes of Sustainable Agriculture, Spain.
- McSweeney, C.S., Palmer, B., McNeill, D.M., and Krause, D.O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. Animal Feed Science and Technology 91: 83-93.
- Megias, M., Martinez, A., Gallego, J.A., and Oliver, P. 1993. Fermentative and nutritive changes during artichoke (*Cynaras colymus* L.) by-product ensilage. Bioresource Technology 43: 237-239.
- Mottaghian, M., Pirdashti, H., and Bahmanyar, M.A. 2009. Response of bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedling emergence and growth to different vermicompost amounts. Journal of Agroecology 1: 103-114. (In Persian with English Summary)
- Movahhedy, M., Dahnay, S., and Modarres-Sanavy, A. 2009. Foliar application of zinc manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products 30: 82-92.
- Noorabadi, A., and Ghafari, M. 2010. Examination the effect of planting date and micronutrient foliar application on agronomic properties of sunflower. The 3th National Conference on the Development in the Application of Biologic Products and Optimum Use of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture. p. 1-4. 21-22 Feb, Karaj, Iran. (In Persian)
- Pascual J.J., Fernandez, C., Diaz, J.R., Garces, C., and Rubert-Aleman, J. 2000. Voluntary intake and in vivo digestibility of different date-palm fractions by Murciano-Granadina. Journal of Arid Environment 45: 183-189.
- Paygozar, Y., Qanbari, A., Heidari, M., and Tavassoli, A. 2009. The effect of foliar application of micronutrient on quantitative and qualitative characteristics of pearl millet var. Nutrifed (*Pennisetum glaucum*) under drought stress. Agricultural Sciences 10: 67-79. (In Persian with English Summary)
- Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., and Jamali-Ramin, F. 2010. Comparison Effect of biofertilizer and chemical fertilization on sunflower growth, yield and oil percentage under different level of drought stress. Journal of Agroecology 3: 492-501. (In Persian with English Summary)
- Pirdashti, H., Motaghian, A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of organic amendments application on grain yield, leaf

- chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultures. *Journal of Plant Nutrition* 33: 485-495.
- Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., and Dharmatti, R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agriculture Science* 21: 382-385.
- Ravindran, B., Dinesh, S.L., Kennedy, L., and Sekaran, G. 2008. Vermicomposting of solid waste generated from Leather Industries using epigeic earth worm *eiseniafetida*. *Applied Biochemical Biotechnology* 151: 480-488.
- Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant and Soil* 205: 85-92.
- Sajedi, N.A., Ardakani, M.R., Naderi, A., Madani, H., and Mashhadi, A.B.M. 2009. Response of maize to nutrients foliar application under water deficit stress conditions. *American Journal of Agriculture and Biology Science* 4: 242-248.
- Sarker, S.K., Chowdhury, M.A.H., and Zakir, H.M. 2002. Sulfur and boron fertilization on yield quality and nutrient uptake by Bangladesh soybean. *Biological Sciences* 11: 729-733.
- Shahrasbi, S., Emam, Y., Ronaghi, A., and Pirasteh-Anosheh, H. 2015. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences* 17(4): 349-363. (In Persian with English Summary)
- Silanikove, N., Perevolotsky, A., and Provenza, F.D. 2001. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 91: 69-81.
- Singh, Y.P., and Mannj, S. 2007. Interaction effect of sulphur and zinc in groundnut (*Arachis hypogaea*) and their availability in tonk district of Rajasthan. *Indian Journal of Agronomy* 12: 1-11.
- Sukhija, P.S., Randhawa, V., Dhillon, K.S., and Munshi, S.K. 1987. The influence of Zinc and Sulphur deficiency on Oil-Filling in peanut kernels. *Plant and Soil* 103: 261-267.
- Taleshi, K., Shokohfar, A., Rafiee, M., Noormahamadi, G., and Sakinejhad, T. 2012. Safflower yield respond to chemical and biotic fertilizer on water stress condition. *World Applied Sciences Journal* 20: 1472-1477.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. In: P.J. Van Soest (Ed.). *Fiber and Physicochemical Properties of Feeds*. Cornell University Press, Ithaca and London p. 140-155.
- Zandiyeh, L., Chaichi, M.R., and Ehteshami, S.M.R. 2014. The effect of different P fertilizer application (chemical, biologic and integrated) on forage quality of two barely varieties (Bahman and Fasieh). *Journal of Agroecology* 6: 364-372. (In Persian with English Summary)



Effect of Vermicompost and Micronutrient Application on Forage Quantity and Quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

A.R. Karimi⁴, M.A. Behdani^{2*}, M.H. Fathi^{2*}, M. Nasiri Mohalati³ and S.V. Eslami²

Karimi, A.R., Behdani, M.A., Fathi, M.H. and Eslami, S.V. 2017. Effect of vermicompost and micronutrient application on forage quantity and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 9(3): 862-877.

Introduction

Optimum growth and acceptable quality of safflower requires sufficient and balanced amount of micro- and macronutrients in the soil. The macronutrients in soil include nitrogen, phosphorus and potassium can be provided by organic such as vermicompost. Sulfur (S) also is a most important macro-nutrient that mainly involved in the production of the protein, oil and improve the quality of crops. The most important micronutrients include boron (B) and zinc (Zn) are essential for optimal growth and quality of plants. Boron is vital element for normal growth and its deficiency causes stunted growth and reduced quality. Zinc plays an important role in various biochemical processes of plants, so that each secondary factor that reduce availability of this element to plants causes deficiency symptoms in various forms such as reduced growth, yield and zinc concentration in different plants organ such as grain. Integrated application of vermicompost and additional fertilizers positively interact to increase plant growth and forage quality. Safflower is one of the most important oil crops in Iran, which in some cases could also have industrial or forage applications. In addition to oil purpose, safflower has also potential for forage production for livestock.

Material and Methods

The current study was carried out in a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with three replications in two areas in Kerman Province. The treatments included two vermicompost levels: 0 and 6 t.ha⁻¹ and 12 additional fertilizers combinations: no additional fertilizers use, 100 kg.ha⁻¹ sulfur (S₁), 200 kg.ha⁻¹ sulfur (S₂), 3 ml.L⁻¹ zinc (Zn), 2 ml.L⁻¹ boron (B), 100 kg.ha⁻¹ sulfur + zinc (S₁Zn), 100 kg.ha⁻¹ sulfur + boron (S₁B), 200 kg.ha⁻¹ sulfur + zinc (S₂Zn), 200 kg.ha⁻¹ sulfur + boron (S₂B), zinc + boron (ZnB), 100 kg.ha⁻¹ sulfur + zinc + boron (S₁ZnB) and 200 kg.ha⁻¹ sulfur + zinc + boron (S₂ZnB). Sulphur was used as granulated fertilizers in soil applied form, while zinc and boron were applied as foliar spraying in solutions with 35% and 22% purity, respectively. The measured traits included dry matter, ash, calcium, crude protein, ether extract, acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF).

Results and Discussion

This study results, showed that the effects of location and additional fertilizers were significant on all measured traits, while vermicompost had significant effect on dry matter, ash, calcium and crude protein. In the other hand, interactions of location -vermicompost and location -vermicompost-additional fertilizers interactions significantly affected forage dry matter and extract ether. The results showed that vermicompost application increased dry matter yield (37.2%) and amount of ash (29.9%), calcium (20.8%) and crude protein (32%), but, had no significant effect on ether extract and acid detergent fibers and neutral detergent fibers. Additional fertilizers had positive and significant effect on all measured traits, so that plants treated with additional fertilizers, especially with combined application had more yield and amount of ash, calcium, crude protein, ether extract, however had lower acid detergent fibers and neutral detergent fibers. Usually there is a negative relation between ADF and NDF with crude protein. Dry matter digestibility means lower ADF and NDF in forage resulting in a better quality. For example, dry matter of plant in the treatment of no additional

¶ 1, 2 and 3- PhD Student of Agronomy, Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding and Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand and Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.56280

fertilizer use was less than S₂ZnB by 46.1%. Additional fertilizers such as sulfur, zinc, and boron are among the major factors affecting crop quality, therefore, the researchers recommend that the additional fertilizers are also added to the basic fertilizers (N, P and K) (Altaf et al., 2000). Response of safflower to vermicompost and additional fertilizers was more in Kerman compared with Bardsir. In addition to climatic conditions, better soil properties in Kerman might be a probability reason. It could be concluded that safflower forage quality, especially in Kerman was equal to quality of forage plants such as maize, sorghum and millet.

Conclusion

In general, the results of this study implies an increase in dry matter yield and forage quality of safflower as affected by combined application of vermicompost with 100 kg.ha⁻¹ sulphur soil applied and foliar application of zinc and boron.

Keywords: Ash, Ether extract, Sulphur, Zinc



اثر کاربرد همزمان پلیمر آبدوست رطوبت، سایه انداز و خاک پوش بر عملکرد کمی و کیفی گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط کم آبیاری

مریم بستانی^۱، مهدی صیدی^{۲*} و زهرا طهماسبی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۰۹

بستانی، م.، صیدی، م.، و طهماسبی، ز. ۱۳۹۶. اثر کاربرد همزمان پلیمر آبدوست رطوبت، سایه انداز و خاک پوش بر عملکرد کمی و کیفی
گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) در شرایط کم آبیاری. بوم شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۸۹۱-۸۷۸.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد پلیمر آبدوست A₂₀₀، سایه اندازی و خاک پوش پلاستیکی بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم Early Urbana VF 132- 7171 تحت رژیم های مختلف آبیاری در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه رژیم آبیاری سه، شش و نه روزه (برابر ظرفیت زراعی خاک) و فاکتور فرعی شامل هشت تیمار خاک پوش، پلیمر آبدوست، سایه اندازی، خاک پوش + پلیمر آبدوست، خاک پوش + سایه اندازی، پلیمر آبدوست + سایه اندازی، خاک پوش + سایه اندازی + پلیمر آبدوست و شاهد بودند. نتایج نشان داد که افزایش دور آبیاری عملکرد و اجزای مهم آن را کاهش و درصد پوسیدگی گلگاه و ترک خوردگی میوه ها را افزایش داد. بیشترین عملکرد کل و بالقوه توسط تیمار پلیمر آبدوست + سایه انداز + خاک پوش و بالاترین درصد میوه های بازار پسند متعلق به تیمارهای پلیمر آبدوست، خاک پوش و سایه انداز + خاک پوش بود. کاربرد سایه انداز به تنهایی و یا توأم با خاک پوش و پلیمر آبدوست باعث به حداقل رساندن درصد میوه های آفتاب سوخته گردید. درشت ترین میوه ها توسط تیمارهایی تولید شد که خاک پوش پلاستیکی در آن ها مشارکت داشت. به طور کلی، در شرایط آبیاری با فواصل کم، ترکیب تیماری پلیمر آبدوست + سایه انداز + خاک پوش و در شرایط کمبود شدید منابع آب و آبیاری با فواصل بیش از شش روز، افزودن پلیمر آبدوست A₂₀₀ به تنهایی جهت بهبود عملکرد و کیفیت محصول گوجه فرنگی به عنوان تیمارهای برتر مشخص شدند.

واژه های کلیدی: پوسیدگی گلگاه، ترکیب میوه، تنش خشکی، کارایی مصرف آب

مقدمه

اطلاعات موجود، از مجموع منابع آب تجدید شونده کشور حدود ۸۹/۵ میلیارد مترمکعب جهت مصارف بخش های کشاورزی، صنعت و معدن و خانگی برداشت می شود که حدود ۹۳ درصد به بخش کشاورزی، شش درصد به بخش خانگی و مابقی به بخش صنعت و نیازهای متفرقه دیگر اختصاص دارد (Ehsani & Khaledi, 2003).

برای دستیابی به افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد گیاهان زراعی و افزایش کارایی اقتصادی مصرف آب رهیافت های مختلفی وجود دارد (Mahdavi Damghani & Jami Al-Ahmadi, 2007). تنش های محیطی از عمده ترین و مهم ترین موانع تولید می باشند که

منابع آب و خاک جزء سرمایه های ملی و متعلق به همه نسل ها بوده و در مدیریت آن ها به ویژه در کشور ایران که نسبت به سایر نقاط دنیا محدودیت این منابع بیشتر است، باید کوشید. بر اساس آمار و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

(*)- نویسنده مسئول:
(Email: m.saidi@ilam.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v9i3.57683

به دلیل دشواری کنترل تنش در سطح مزرعه، عواقب بسیاری را به دنبال می‌آورند (Sadreghaen et al., 2010). از بین گیاهانی که به خشکی و تنش‌های رطوبتی حساسیت نشان می‌دهند، می‌توان گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) را نام برد. این گیاه یکی از سبزی‌های مهم فصل گرم بوده که به‌علت دارا بودن انواع ویتامین‌ها، اسیدهای مفید، قند و املاح معدنی نقش مهمی در سلامت انسان دارد. این گیاه به صورت‌های مختلف خام و فرآوری شده به مصرف می‌رسد.

طبق آمار سازمان خوار و بار جهانی در سال ۲۰۱۲ ایران با تولید شش میلیون تن گوجه‌فرنگی، سطح زیر کشت ۱۶۰ هزار هکتار و میانگین تولید ۳۷/۵ تن در هکتار رتبه هفتم جهان را به خود اختصاص داده است (Haqhighi & Afifipoor, 2014). در ایران نیز محدودیت‌های زیادی به‌خصوص کمبود آب با کیفیت مطلوب سد راه تولید محصولات کشاورزی در شرایط مزرعه می‌باشند. اختلاط برخی مواد افزودنی نظیر بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و مواد پلیمری آبدوست^۱ (SAP) می‌تواند مقادیر متفاوتی آب را در بستر کاشت ذخیره نموده و قابلیت نگهداری آب خاک را افزایش دهد. ترکیب این مواد با خاک، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و به عبارتی دیگر پارامترهای طراحی و مدیریتی آبیاری را متأثر نموده و امکان افزایش بهره‌وری مصرف آب را فراهم می‌سازد (Montazer, 2009). امروزه کاربرد مواد پلیمر آبدوست، یکی از جدیدترین شیوه‌های آبیاری برای مناطق خشک است که به کمک آن می‌توان تا ۵۰ درصد مصرف آب آبیاری را کاهش داد، ضمن اینکه از شستشوی کودهای محلول در آب و آلودگی آب‌های زیرزمینی جلوگیری کرد (Oster et al., 1995). یکی از عوامل مؤثر بر رشد گیاه، نور است. رشد و عملکرد اکثر گیاهان به مقدار نور دریافت شده در یک روز بستگی دارد (Khosh-khoi, 1991). گوجه‌فرنگی از نظر مقدار و شدت نور از گیاهان پرتوقع محسوب می‌شود.

بر اساس منابع موجود شدت نور لازم برای رشد و محصول‌دهی گوجه‌فرنگی ۲۰ کیلو لوکس^۲ معین شده است. در حالی که شدت نور اندازه‌گیری شده در هنگام ظهر در تیرماه ۱۳۹۰ در شهر ایلام حدود ۱۷۰ کیلو لوکس می‌باشد. این میزان از شدت نور، نور در اکثر نقاط

کشورمان را به‌عنوان یک تنش محیطی بسیار مهم مطرح نموده و لزوم اتخاذ تدابیری برای مقابله با آن را ضروری می‌نماید (Safarinia, 2011). اگر میوه‌های گوجه‌فرنگی در معرض نور شدید قرار بگیرند، علائم آفتاب‌سوختگی روی آن‌ها به صورت نواحی براق و سفید رنگی نمایان می‌شود که کیفیت و بازارپسندی محصول را به‌شدت کاهش می‌دهد. یکی از روش‌های کاهش دما در شرایط گلخانه یا مزرعه استفاده از پارچه‌های مخصوص به‌عنوان سایبان است. معمول‌ترین پارچه‌هایی که برای این منظور به کار می‌روند از نوع پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی استر و همچنین گونی‌های نازک و یا کتانی می‌باشند (Nasuhi, 2009).

با توجه به مطالب فوق، این پژوهش با هدف بررسی اثرات کاهش شدت نور با استفاده از سایه‌انداز ساران[®] (Saran)، افزودن پلیمر آبدوست A200 به بستر کاشت و پوشاندن سطح بستر کاشت با خاک‌پوش پلاستیکی بر عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی و کارایی مصرف آب تحت رژیم‌های مختلف آبیاری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام گرفت. محل آزمایش دارای طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۳ درجه و ۳۷ دقیقه، ارتفاع ۱۱۷۴ متر از سطح دریا بود. دمای متوسط سالیانه منطقه ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود.

این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه رژیم آبیاری ۳، ۶ و ۹ روزه به میزان ظرفیت زراعی خاک و فاکتور فرعی شامل هشت تیمار خاک‌پوش، پلیمر آبدوست، سایه‌اندازی، خاک‌پوش + پلیمر آبدوست، خاک‌پوش + سایه‌اندازی، پلیمر آبدوست + سایه‌اندازی، خاک‌پوش + پلیمر آبدوست + سایه‌اندازی بودند.

نقشه کاشت زمین به صورت سه کرت اصلی به ابعاد ۱۲*۶ متر و کرت‌های فرعی به ابعاد ۳*۱/۵ متر که شامل چهار ردیف به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود، طراحی شد. بعد از مشخص شدن محل دقیق کاشت نشاءها، ۱۰ گرم پلیمر آبدوست به ازای هر گیاه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید (Sajedinea, 2014) و خاک‌پوش پلاستیکی سیاه نیز قبل از انتقال نشاءها به زمین اصلی روی

۱- Superabsorbent polymers (SAP)

۲- k lux

پشته‌های به عرض ۳۰ سانتی‌متر کشیده شد. برای کاهش شدت نور نیز از پرده‌های ساران سفید رنگ (۴۰ درصد کاهش نور) بعد از انتقال نشاءها بر روی قیپها (ارتفاع ۲ متر از سطح زمین) استفاده شد. میزان شدت نور در زیر سایه‌اندازها و بیرون از آن‌ها با دستگاه نورسنج (مدل MS6610، شرکت Mastech) اندازه‌گیری شد. برای اجرای این آزمایش در کل ۱۴۴۰ نشاء گوجه‌فرنگی رقم Early Urbana VF 132- 7171 کشت گردید. بین کرت‌ها به‌علت هم‌پوشانی سایه ناشی از سایبان با کرت مجاور از هر طرف ۱/۵ متر فاصله لحاظ شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. لذا با در نظر گرفتن چهار ردیف در هر کرت، روی هر ردیف پنج بوته کشت شد. در هر کرت فرعی جمعاً ۲۰ بوته کاشته شد.

برای ارزیابی صفات مختلف پس از استقرار نشاءها، پنج بوته از دو ردیف میانی انتخاب و کدگذاری شد. از زمان انتقال نشاءها به زمین اصلی تا ۲۰ روز پس از آن همه بوته‌ها هر سه روز یک مرتبه آبیاری شدند، اما از آن به بعد تیمارهای آبیاری طبق برنامه انجام شد. سیستم آبیاری به گونه‌ای طراحی شد که هم زمان سه کرت اصلی در سه تکرار با هم و به یک میزان توسط لوله‌های سوپردریپ آبیاری می‌شدند. برای تعیین میزان آب مورد نیاز در هر دور آبیاری، ابتدا ظرفیت زراعی خاک محل کاشت محاسبه گردید. با توجه به ابعاد کرت‌ها و عمق ۳۰ سانتی‌متر به‌عنوان منطقه نفوذ ریشه‌ها، میزان آب مورد نیاز برای ۱/۳۵ مترمکعب خاک محاسبه و در تیمارهای مختلف هر سه، شش و یا نه روز یکبار اعمال گردید. برای انجام این تحقیق از گوجه فرنگی رقم Early Urbana VF 132- 7171 محصول شرکت Petoseed® کشور ایتالیا استفاده شد. در طول مدت آزمایش از زمان کاشت تا برداشت مراقبت‌های زراعی شامل وجین علف‌های هرز و استفاده از کودهای شیمیایی فوسامکو ۲۰-۲۰-۲۰ سه مرتبه به فاصله ۳۰ روز به‌ترتیب به مقدار ۱۰، ۱۳ و ۱۵ گرم به‌ازای هر مترمربع صورت گرفت. عملیات برداشت از تاریخ ۲۵ مرداد با چیدن میوه‌های رسیده سفت و قرمز کم رنگ آغاز و در تاریخ ۲۰ مهرماه پس از هشت مرحله برداشت خاتمه یافت.

برای اندازه‌گیری عملکرد بالقوه، عملکرد میوه‌های بازارپسند و عملکرد میوه‌های پوسیده گلگاه، میوه‌های هر یک از پنج بوته انتخابی به‌صورت مجزا برداشت و به‌کمک ترازوی دیجیتالی توزین شده و در پایان فصل مجموع داده‌های حاصل از برداشت‌های متوالی محاسبه گردید. سایر صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از میوه‌ها و بوته‌های انتخاب شده ارزیابی شدند. میوه‌های سایر بوته‌های موجود در هر

تکرار نیز برای محاسبه عملکرد کل در طول فصل، برداشت، شمارش و ثبت گردیدند. عملکرد میوه‌های بازارپسند با جمع‌بندی وزن میوه‌های سالم و قابل عرضه به بازار، عملکرد میوه‌های پوسیده گلگاه با جمع‌بندی وزن میوه‌های دارای علائم پوسیدگی گلگاه و غیرقابل عرضه به بازار و عملکرد میوه‌های دارای ترک‌خوردگی نیز با جمع‌بندی وزن میوه‌های ترک‌خورده و سپس برآورد نسبت هریک به عملکرد بالقوه محاسبه و به‌صورت درصد بیان شد. برای مطالعه سایر صفات از جمله محاسبه عملکرد بالقوه از پنج بوته انتخاب شده در هر تکرار که قوی‌ترین و سالم‌ترین بوته‌ها بودند، استفاده شد. از آن‌جایی که پس از واکاری و تثبیت نشاءها (۲۰ عدد در هر تکرار)، برخی از بوته‌ها در طول فصل در اثر شیوع بیماری یا آفات از بین رفتند، عملکرد کل شاخص درستی از بیشترین عملکرد هر تیمار نبود. لذا، برای تخمین عملکرد بالقوه (بیشترین عملکرد ممکن) در صورت حفظ تمامی بوته‌ها تا پایان فصل، از برآورد میانگین عملکرد پنج بوته انتخاب شده در هر کرت آزمایشی و ضرب آن در تعداد استاندارد بوته در هر هکتار (۴۴۰۰۰ بوته) استفاده شد. برای این منظور، محصول برداشت شده از هر کدام از این پنج بوته به‌صورت مجزا توزین و در نهایت با جمع نمودن آن‌ها، میانگین عملکرد پنج بوته به‌عنوان عملکرد بالقوه از هر کرت آزمایشی محاسبه گردید. طول و قطر حداقل سه میوه از میوه‌های برداشت شده از هر کدام از پنج بوته انتخابی به وسیله کولیس مدل (Lutron DC 515) با دقت یک صدم میلی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه‌های اصلی و جانبی در پایان آزمایش شمرده شدند. ضخامت دیواره میوه‌ها در مرحله رسیدگی کامل و در ابتدا، اواسط و انتهای دوره برداشت با برش عرضی حداقل سه میوه از هر بوته انتخابی در ضخیم‌ترین نقطه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عمر پس از برداشت از روش پیشنهادی صیدی (Saidi, 2007) استفاده شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، نسبت به برقرار بودن مفروضات تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۷،۱ اقدام گردید. سپس تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن با استفاده از برنامه‌های آماری نسخه ۹،۳ SAS و MSTATC نسخه ۱۰،۲ اقدام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel ۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثرات ساده و متقابل دور آبیاری، پلیمر آبدوست، سایه‌انداز و خاک‌پوش بر عملکرد کل، عملکرد بالقوه، عملکرد بازارپسند، عملکرد میوه‌های پوسیده

گلگاه، عملکرد میوه‌های آفتاب‌سوخته، عملکرد میوه‌های ترک‌خورده، اما، اثرات مستقل تیمارها بر طول میوه، عمر پس از برداشت و اثر میانگین وزن میوه، قطر میوه و تعداد شاخه اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین، اثر اصلی تیمارها بر تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (زودرسی)، ارتفاع بوته و قطر جداره میوه و اثر اصلی دور آبیاری بر شاخص شکل میوه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار

شد. اما، اثرات مستقل تیمارها بر طول میوه، عمر پس از برداشت و اثر مستقل دور آبیاری بر زودرسی، تعداد شاخه فرعی و عمر پس از برداشت و برهمکنش دور آبیاری و تیمار بر شاخص شکل میوه، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، ضخامت جداره میوه و عمر پس از برداشت میوه تفاوت معنی‌داری نشان ندادند.

جدول ۱ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد ارزیابی گوجه فرنگی تحت تأثیر فواصل مختلف آبیاری و کاربرد پلیمر آبدوست رطوبتی،

سایه‌اندازی و خاکپوش پلاستیکی

Table 1- ANOVA (mean of squares) of studied traits for tomato under different irrigation intervals and use of superabsorbent, shading and plastic mulches

منبع تغییرات S.O.V	بلوک Block	دور آبیاری Irrigation interval	خطای اصلی Error (A)	دور آبیاری × تیمار Irrigation interval Treatment*	تیمار Treatment	خطای فرعی Error (B)	ضریب تغییرات (%) C.V (%)
درجه آزادی df	2	2	4	14	7	42	-
عملکرد کل Total yield	0.0083 ^{ns}	3.144 ^{**}	0.018	0.12 ^{**}	0.465 ^{**}	0.014	13.12
عملکرد بالقوه Potential yield	0.017 ^{ns}	12.92 ^{**}	0.021	0.18 ^{**}	0.835 ^{**}	0.037	10.67
عملکرد میوه بازار پسند Marketable yield	17.98 ^{ns}	8491.65 ^{**}	36.35	483.23 ^{**}	2160.09 ^{**}	30.66	13.16
عملکرد میوه پوسیده گلگاه Blossom end rotten Fruits yield	12.358 [*]	2284.55 ^{**}	4.01	188.36 ^{**}	266.23 ^{**}	3.644	16.62
عملکرد میوه آفتاب سوخته Sun burned fruit yield	1.749 ^{ns}	37.73 ^{**}	0.856	263.48 ^{**}	95.39 ^{**}	0.945	20.33
عملکرد میوه ترک خورده Cracked fruit yield	2.971 ^{ns}	6.96 ^{**}	1.66	99.89 ^{**}	90.20 ^{**}	0.861	23.16
وزن تک میوه Fruit weight	15.96 ^{ns}	1111.46 ^{**}	69.18	625.54 ^{**}	933.222 ^{**}	58.69	14.15
ماندگاری پس از برداشت Shelf life	65.64 ^{**}	14.58 ^{ns}	9.75	0.13 ^{ns}	7.72 ^{ns}	13.76	21.77
طول میوه Fruit length	8.62 ^{ns}	84.49 ^{**}	14.98	93.16 ^{**}	25.68 ^{ns}	7.78	7.56
قطر میوه Fruit diameter	16.4 ^{ns}	17.12 ^{**}	6.31	14 ^{**}	8.05 ^{**}	3.77	7.87
شاخص شکل میوه Fruit shape index	0.005 ^{ns}	0.0097 ^{ns}	0.0056	0.023 [*]	0.021 ^{**}	0.006	6.37
ضخامت دیواره میوه Fruit wall thickness	0.395 ^{ns}	0.63 ^{ns}	0.574	7.2 ^{**}	1.294 [*]	0.82	14.89
ارتفاع بوته Plant height	12.92 ^{ns}	42.75 ^{ns}	74.99	657.88 ^{**}	230.32 [*]	25.39	15.68
تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی No. of days to 50% flowering	11.29 ^{ns}	14.00 ^{ns}	5.61	17.12 ^{**}	13.77 [*]	10.27	7.97
تعداد شاخه اصلی No. of main branches	0.167 ^{ns}	0.67 ^{**}	0.187	1.08 ^{**}	2.049 ^{**}	0.057	17.65
تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	6.08 [*]	2.02 ^{ns}	1.48	3.8 ^{ns}	9.2 ^{**}	0.78	24.26

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

ns: non significant, *, **: significant at 5 and 1 percent of probability level, respectively.

میوه‌های برداشت شده حدود چهار برابر افزایش یافت. بنابراین، مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده (جدول ۲) به‌وضوح نشان داد که در شرایط کنونی با کاهش میزان نزولات آسمانی، پایین رفتن سطح سفره‌های آب زیر زمینی و نیز گرم‌شدن تدریجی هوا، فاصله دفعات آبیاری گوجه‌فرنگی نباید بیش از سه روز باشد. اسماعیل‌پور و اکبری (Esmaeelpour & Akbari, 2013) تأثیر منفی کم‌آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد و کیفیت پس از برداشت گوجه‌فرنگی گزارش نموده‌اند.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری عملکرد کل، عملکرد بالقوه، عملکرد بازارپسند، میانگین وزن میوه، شاخص شکل میوه، ضخامت دیواره میوه و ارتفاع بوته کاهش و میزان پوسیدگی گلگاه، میوه‌های ترک‌خورده افزایش یافت. اما در عمر پس از برداشت، تعداد شاخه‌های اصلی و درصد آفتاب‌سوختگی میوه‌ها تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش فاصله آبیاری از سه به نه روز، عملکرد کل و بازارپسند حدود ۵۰ درصد کاهش یافت. در حالی- که عملکرد بالقوه با شدت بیشتری تحت تأثیر قرار گرفت و به حدود یک سوم رسید. از طرفی، در این شرایط درصد پوسیدگی گلگاه در

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده گوجه فرنگی تحت تاثیر فواصل آبیاری مختلف
Table 2- Mean comparison of evaluated traits for tomatoes under different irrigation intervals

دور آبیاری (روز) Irrigation interval (day)	3	6	9
عملکرد کل (تن در هکتار) Total yield (t.ha ⁻¹)	62.92 ^{a*}	42.24 ^b	31.24 ^c
عملکرد بالقوه (تن در هکتار) Potential yield (t.ha ⁻¹)	96.80 ^a	50.60 ^b	34.76 ^c
عملکرد بازارپسند (کیلوگرم در گیاه) Marketable yield (kg.plant ⁻¹)	54.54 ^a	44.49 ^b	27.65 ^c
عملکرد میوه پوسیده گلگاه (درصد) Blossom end rotten Fruits yield (%)	3.90 ^c	9.54 ^b	22.9 ^a
عملکرد میوه آفتاب‌سوخته (درصد) Sun burned fruit yield (%)	7.4 ^a	6.91 ^a	7.17 ^a
عملکرد میوه ترک‌خورده (درصد) Cracked fruit yield (%)	6.87 ^a	6.24 ^b	3.06 ^c
میانگین وزن میوه (گرم) Average fruit weight (g)	60.26 ^a	57.08 ^b	38.09 ^c
ماندگاری پس از برداشت (روز) Shelf life (day)	14.41 ^a	14.24 ^a	14.68 ^a
طول میوه (میلی‌متر) Fruit length (mm)	56.78 ^a	46.59 ^b	36.76 ^c
قطر میوه (میلی‌متر) Fruit diameter (mm)	48.95 ^a	41.28 ^b	35.76 ^c
شاخص شکل میوه Fruit shape index	1.15 ^a	1.13 ^b	1.03 ^c
ضخامت دیواره میوه (میلی‌متر) Fruit wall thickness (mm)	5.62 ^a	4.80 ^b	4.58 ^b
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	50.00 ^a	48.60 ^b	38.14 ^c
تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی No. of days to 50% flowering	29.12 ^b	28.62 ^c	30.12 ^a
تعداد شاخه اصلی No. of main branches	5.44 ^a	4.95 ^a	4.43 ^a
تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	3.85 ^b	4.37 ^a	3.07 ^c

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ردیف از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means with at least one similar letter in each row have no significant difference at 5% of probability level.

آروین و وفابخش (Arvin & Vafabakhsh, 2016) با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) گزارش

نمودند که تنش خشکی از طریق اختلال در فعالیت‌های گیاهی و فرآیند رشد، ضریب تخصیص مواد به غلاف و کارایی مصرف نور را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. افزایش فاصله آبیاری از سه به نه روز در گوجه‌فرنگی نیز احتمالاً به دلایل مشابهی باعث کاهش عملکرد محصول بازارپسند می‌شود.

مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده با کاربرد پلیمر آبدوست رطوبتی، سایه‌اندازی و خاک‌پوش پلاستیکی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین عملکرد کل و بالقوه توسط تیمار پلیمر آبدوست + سایه‌انداز + خاک‌پوش و کمترین مقدار آن برای تیمار خاک‌پوش ثبت گردید. اما، بالاترین درصد میوه‌های بازارپسند به ترتیب متعلق به تیمارهای پلیمر آبدوست، خاک‌پوش و سایه‌انداز + خاک‌پوش بود. این یافته‌ها نشان داد که چنانچه هدف از تولید گوجه‌فرنگی، مصرف سالادی و تازه‌خوری باشد، افزودن پلیمر آبدوست به خاک و یا پوشاندن سطح بستر کاشت با خاک‌پوش‌های پلاستیکی به تنهایی و یا توأم با سایه‌انداز، می‌تواند محصول قابل فروش بیشتری را در پی داشته باشد. اما با توجه به اینکه برای ارقام مخصوص فرآوری جهت تولید رب، سس و غیره تنها عملکرد کل میوه مد نظر بوده و شکل، اندازه و یا ترک‌خوردگی میوه‌های تولیدی از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشد، اعمال تیمار پلیمر آبدوست + سایه‌انداز + خاک‌پوش بدلیل تولید عملکرد کل بالاتر (میوه‌های سالم، ترک خورده و پوسیده گلکاه) برای چنین مزارعی قابل توصیه می‌باشد.

بیشترین عملکرد میوه‌های پوسیده گلگاه در تیمار شاهد (۲۱/۷۴ درصد) و کمترین درصد پوسیدگی گلگاه در تیمارهای پلیمر آبدوست + سایه‌انداز + خاک‌پوش (۶/۷۱ درصد) و پلیمر آبدوست + سایه‌انداز (۷/۲۲ درصد) مشاهده شد. علت احتمالی کاهش عملکرد میوه‌های پوسیده گلگاه توسط تیمارهای برتر، حفظ و عرضه کارآمدتر آب آبیاری در فواصل بین دو آبیاری متوالی می‌باشد. کاشی و همکاران (Kashi et al., 2004) گزارش کردند با کاربرد خاک‌پوش تیره، تعداد و درصد وزنی میوه‌های پوسیده گلگاه در هندوانه *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai کاهش یافت. ثابت شده است کاهش تنش رطوبتی باعث بهبود جذب و انتقال کلسیم و کاهش عارضه پوسیدگی گلگاه در میوه‌ها می‌شود (Guertal et al., 1996; El-Hadi Clarkson, 1960; Carter & Johnson, 1988; 2004; & Camelia). بیشترین درصد ترک‌خوردگی میوه‌ها برای تیمار خاک‌پوش (۱۰/۱۶ درصد) و کمترین عملکرد میوه‌های

ترک‌خورده برای تیمارهای پلیمر آبدوست + سایه‌انداز + خاک‌پوش، سایه‌انداز و پلیمر آبدوست + سایه‌انداز (به‌ترتیب ۲/۹۲، ۲/۳۸ و ۲/۱۹ درصد) ثبت گردید. بیشترین درصد آفتاب‌سوختگی میوه‌ها را نیز تیمار خاک‌پوش (۱۰/۹۴ درصد) و کمترین مقدار را تیمارهای پلیمر آبدوست + سایه‌انداز + خاک‌پوش، سایه‌انداز و پلیمر آبدوست + سایه‌انداز (به‌ترتیب ۱/۷۲، ۱/۸۶ و ۱/۹۱ درصد) به خود اختصاص دادند. یکی از دلایل احتمالی بالا بودن درصد میوه‌های آفتاب‌سوخته، جذب بالای انرژی خورشیدی توسط خاک‌پوش تیره، ساطع کردن تشعشعات گرمایی حاصل در قالب امواج با طول موج‌های بلند (امواج مادون قرمز) به‌طرف شاخساره گیاهان (Ehsani & Khaledi, 2003)، بالا رفتن دمای شاخساره و میوه‌های قرار گرفته در مسیر امواج، جمع شدن و کوچک شدن سطح برگ‌ها و در نهایت قرار گرفتن درصد بیشتری از میوه‌ها در معرض نور مستقیم آفتاب و ظهور علائم آفتاب‌سوختگی می‌باشد. از طرفی، بخش قابل‌توجهی از انرژی جذب شده توسط خاک‌پوش پلاستیکی تیره به خاک منتقل می‌شود (Khalili, 2005). یکی از نتایج جالب توجه این بود که کاربرد سایه‌انداز به تنهایی و یا توأم با خاک‌پوش و پلیمر آبدوست باعث به‌ حداقل رساندن درصد میوه‌های آفتاب‌سوخته و ترک‌خورده گردید. گنت (Gent, 2007) ثابت کرد که تعداد میوه ترک خورده با سایه‌اندازی کاهش می‌یابد. شدت نور بالا نیز باعث انقباض و انبساط پوست میوه و در نتیجه ترک‌خوردگی میوه می‌شود. از این رو سایه‌اندازی با کاهش تشعشع خورشید و متعاقب آن کاهش تبخیر تولیدی و غیرتولیدی، ترک‌خوردگی و ظهور علائم آفتاب‌سوختگی در میوه‌ها را کاهش می‌دهد.

میانگین وزن میوه، ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی به‌عنوان برخی از مهم‌ترین اجزای عملکرد و ضخامت دیواره میوه تحت تأثیر تیمارها تغییرات معنی‌داری نشان دادند. اما بالاترین مقادیر این صفات در تیمارهایی ثبت گردید که خاک‌پوش پلاستیکی در آن‌ها استفاده شده بود. این یافته نقش غیرقابل‌انکار خاک‌پوش در حفظ رطوبت خاک و تأثیر مستقیم آن بر رشد گیاه و محتوای آب بافت‌ها به‌ویژه میوه‌ها را به‌وضوح نشان داد. ثابت شده است که با استفاده از خاک‌پوش، خاک پای بوته در معرض آب‌شویی قرار نمی‌گیرد (Shennan, 1992)، شاخه‌های جانبی با تولید و حمایت ریشه‌های نابه‌جای بیشتر به‌خوبی رشد می‌کنند (Torabi-Giglou et al., 2005) و با استفاده بهینه از آب آبیاری موجود، امکان افزایش سطح

در تیمار شاهد پایین تر از سایر تیمارها بود. پایین ترین مقادیر شاخص شکل میوه در تیمارهایی مشاهده شد که خاک پوش پلاستیکی در آن - ها به کار رفته بود. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که استفاده از خاک - پوش می تواند با افزایش رشد قطری میوه (جدول ۳) و کاهش نسبت طول به قطر آن، میوه ها را گردتر نماید.

زیر کشت فراهم می گردد (Hosseini & Neamati, 2014). پیش از این، آزادی گنبد و حسن پور (Azadigonbad & Hassanpour, 2003) نیز تأثیر مثبت خاک پوش بر ارتفاع گیاه نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) را گزارش نموده اند.

شاخص شکل میوه به عنوان معیاری از کشیده یا تخت بودن میوه در تیمار پلیمر آبدوست + سایه انداز دارای بیشترین مقدار بود که اختلاف چندانی با شاهد نداشت. هرچند که میانگین طول و قطر میوه

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده گوجه فرنگی با کاربرد پلیمر آبدوست رطوبتی، سایه اندازی و خاک پوش پلاستیکی
Table 3- Mean comparison of evaluated traits for tomato under use of superabsorbent, shading and plastic mulch

تیمارها Treatments	الف A	ب B	ج C	د D	ت E	ر F	س G	ی H
عملکرد کل (تن در هکتار) Total yield (t.ha ⁻¹)	40.48 _{cd*}	46.64 _b	44.88 _{bc}	38.28 _d	68.20 _a	50.16 _b	39.60 _{cd}	37.84 _d
عملکرد بالقوه (تن در هکتار) Potential yield (t.ha ⁻¹)	63.36 _c	70.40 _b	68.64 _{bc}	55.88 _d	77.00 _a	63.36 _c	55.88 _d	32.56 _e
عملکرد بازاریسند (کیلوگرم در گیاه) Marketable yield (kg.plant ⁻¹)	28.82 _e	26.13 _e	69.24 _a	34.92 _d	43.63 _c	46.77 _c	55.60 _b	61.11 _b
عملکرد میوه پوسیده گلگاه (درصد) Blossom end rotten Fruits yield (%)	21.74 _a	7.22 _f	8.08 _{ef}	11.59 _d	6.17 _f	9.63 _e	18.04 _b	13.94 _c
عملکرد میوه آفتاب سوخته (درصد) Sun burned fruit yield (%)	7.4 _b	1.91 _e	3.17 _d	1.86 _e	1.72 _e	4.81 _c	3.49 _{cd}	10.94 _a
عملکرد میوه ترک خورده (درصد) Cracked fruit yield (%)	4.53 _c	2.19 _d	4.84 _c	2.38 _d	2.92 _d	6.29 _b	9.88 _a	10.16 _a
میانگین وزن میوه (گرم) Average fruit weight (g)	47.03 _{cd}	43.00 _d	53.39 _{bc}	56.77 _b	67.31 _a	67.30 _a	68.84 _a	65.58 _a
ماندگاری پس از برداشت (روز) Shelf life (day)	13.75 _a	15.26 _a	14.88 _a	14.24 _a	15.30 _a	14.83 _a	12.82 _a	13.35 _a
طول میوه (میلی متر) Fruit length (mm)	49.26 _{ab}	47.67 _b	52.21 _a	50.99 _{ab}	51.40 _{ab}	52.79 _a	52.14 _a	51.95 _a
قطر میوه (میلی متر) Fruit diameter (mm)	40.15 _b	47.17 _b	44.60 _a	44.82 _a	46.70 _a	45.95 _a	45.01 _a	45.16 _a
شاخص شکل میوه Fruit shape index	1.23 _{ab}	1.24 _a	1.17 _{bc}	1.13 _c	1.10 _c	1.15 _c	1.15 _c	1.15 _c
ضخامت دیواره میوه (میلی متر) Fruit wall thickness (mm)	4.52 _{bc}	4.35 _c	4.95 _{abc}	4.95 _{abc}	5.36 _a	5.38 _a	5.26 _{ab}	5.09 _{abc}
ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	50.00 _b	50.66 _b	52.14 _{ab}	49.85 _b	61.07 _a	60.85 _a	59.89 _a	57.48 _{ab}
تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی No. of days to 50% flowering	29.44 _b	29.55 _b	28.33 _b	32.00 _a	28.33 _b	28.55 _b	29.44 _b	29.66 _b
تعداد شاخه اصلی No. of main branches	1.94 _d	1.89 _d	1.94 _d	2.59 _{bc}	2.44 _c	3.10 _a	2.74 _{abc}	2.92 _{ab}
تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	3.96 _c	4.38 _{bc}	4.07 _c	3.77 _c	5.33 _{ab}	5.96 _a	6.14 _a	5.99 _a

* میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ردیف بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار می باشند.

*Means with at least one similar letter in each row have no significant difference at 5% of probability level.

الف: شاهد؛ ب: پلیمر آبدوست+ سایه انداز؛ ج: پلیمر آبدوست؛ د: سایه انداز؛ ت: پلیمر آبدوست+ سایه انداز + خاک پوش؛ ر: پلیمر آبدوست+ خاک پوش؛ س: سایه انداز+ خاک پوش؛ ی: خاک پوش

A: Control; B: Superabsorbent+Shading; C: Superabsorbent; D: Shading; E: Superabsorbent+Shading+Mulch; F: Superabsorbent+Mulch; G: Shading+Mulch; H: Mulch

بدیهی است که در میوه ها ابتدا تقسیم سلولی و افزایش طول میوه ها اتفاق افتاده و سپس با جذب آب، حجیم شدن میوه صورت

آبیاری سه و شش روز یک‌بار بالاترین درصد عملکرد بازاریسند مربوط به دو تیمار پلیمر آبدوست و خاک‌پوش بود. اما با افزایش فاصله آبیاری به نه روز، تنها تیمار پلیمر آبدوست بود که اختلاف شدید و معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. از طرفی، در دور آبیاری سه روزه، میانگین عملکرد میوه‌های پوسیده گلگاه در اکثر ترکیب‌های تیماری بیشتر از میوه‌های ترک‌خورده بود. اما با افزایش دور آبیاری به شش و نه روز، درصد میوه‌های بازاریسند و پوسیده گلگاه به‌شدت کاهش و درصد میوه‌های ترک‌خورده افزایش یافت. با افزایش فاصله بین دفعات آبیاری عملکرد گیاهان تیمار شده و شاهد هر دو کاهش یافت. اما هر چه فواصل بین دو آبیاری بیشتر شد، تیمارهای پلیمر آبدوست، سایه‌انداز و خاک‌پوش اثر مثبت بیشتری از خود نشان دادند که با نتایج محققان دیگر روی گوجه‌فرنگی (Haqhighi & Afifpoor, 2011; Safarinia, 2014) و خیار (*Cucumis sativus* L.) (Abedi Koupai & Mesforoush, 2009) هم‌خوانی داشت.

بررسی اثر برهمکنش دور آبیاری و تیمارها بر میانگین وزن میوه نشان داد که تیمار پلیمر آبدوست+سایه‌انداز+خاک‌پوش در دور آبیاری سه روز درشت‌ترین میوه (۱۰۲/۹۶ گرم) را تولید نمود. درحالی‌که، با افزایش دور آبیاری به شش روز، ترکیب‌های تیماری‌ایی که خاک‌پوش پلاستیکی در آن‌ها مشارکت داشت بالاترین وزن میوه را به خود اختصاص دادند. اما در دور آبیاری نه روز، تیمار خاک‌پوش پلاستیکی به‌تنهایی همچنان کارایی خود را در تحمل شرایط کم‌آبی حفظ کرد و سنگین‌ترین میوه‌ها را تولید نمود. پیش از این جهانی و کاشی (Jahany & Kashi, 2003) در تولید طالبی (*Cucumis melo* var. *reticulatus* L.) و اکینچی و دورسان (Ekinci & Dursun, 2009) نیز در مزارع خربزه (*Cucumis melo* grp. *indorus* L.) بیشترین وزن میوه را با کاربرد خاک‌پوش شفاف به‌دست آوردند. خاک‌پوش پلاستیکی تیره با جلوگیری از رویش علف‌های هرز و حفظ رطوبت خاک باعث افزایش وزن تر اندام‌های هوایی می‌شود (Kashi et al., 2004).

می‌گیرد. خاک‌پوش و سایه‌دهی با کاهش تبخیر تولیدی (تعرق) و غیر تولیدی (تبخیر از سطح خاک) طول دوره رشد میوه را افزایش می‌دهند (Farhadi & Akbari, 2003; Clarkson, 1960; Guertal et al., 1996).

ثبت بیشترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی برای تیمار سایه‌انداز و اختلاف معنی‌دار آن با سایر تیمارها نشان داد که کاهش شدت نور باعث دیررس شدن محصول گوجه‌فرنگی می‌شود.

مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده تحت تأثیر برهمکنش فواصل آبیاری و تیمارهای پلیمر آبدوست رطوبتی، سایه‌اندازی و خاک‌پوش پلاستیکی (جدول ۴) نشان داد که در دور آبیاری سه روزه، بیشترین عملکرد کل برای تیمار پلیمر آبدوست+سایه‌انداز+خاک‌پوش (۱۰۶/۲۰ تن درهکتار) ثبت گردید که تقریباً دو برابر میانگین سایر ترکیب‌های تیماری بود. اما با افزایش فاصله آبیاری به شش و نه روز، اگرچه استفاده از پلیمر آبدوست، سایه‌انداز و خاک‌پوش به‌صورت تکی یا ترکیبی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد کل شد، اما اختلاف آن‌ها با تیمار شاهد بسیار ناچیز بود. عملکرد بالقوه نیز چنانچه انتظار می‌رفت، در دور آبیاری سه روز توسط کلیه ترکیب‌های تیماری به استثنای تیمارهای خاک‌پوش و سایه‌انداز+خاک‌پوش افزایش معنی‌داری نشان داد. اما با افزایش دور آبیاری به شش روز، کلیه ترکیب‌های تیماری به استثنای تیمار پلیمر آبدوست+سایه‌انداز+خاک‌پوش در مقایسه با شاهد عملکرد پایین‌تری داشتند. این نتایج نشان داد که با طولانی شدن فاصله بین دو آبیاری، کارایی تیمارها برای حفظ رطوبت خاک کاهش می‌یابد. اما در دور آبیاری نه روزه، تنها تیمارهایی که در آن‌ها از پلیمر آبدوست رطوبتی استفاده شده بود توانستند عملکرد بالقوه بالاتری نسبت به شاهد ثبت نمایند. این نتایج با گزارشات یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2007)، نظری و همکاران (Nazarli et al., 2010)، صیدی و همکاران (Saidi et al., 2013)، الهادی و کاملیا (El-Hadi & Camelia, 2004) و تیموری (Timuri, 2012) مطابقت داشت. پلیمرهای آبدوست ظرفیت نگهداری آب در خاک و راندمان مصرف آن را افزایش داده که با گذشت زمان این اثر کاهش می‌یابد (Shaabani et al., 2009).

با بررسی اثر برهمکنش ترکیب‌های تیماری بر عملکرد میوه‌های بازاریسند، پوسیده گلگاه و ترک‌خورده مشخص گردید که در دور

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده گوجه فرنگی تحت تأثیر برهمکنش فواصل آبیاری و تیمارهای پلیمر آبدوست، سایه‌اندازی و خاک‌پوش پلاستیکی

Table 4- Mean comparison of evaluated traits for tomato under interaction of irrigation intervals and superabsorbent, shading and plastic mulch treatments

فاکتورها Factors	تیمارها Treatments	عملکرد کل (تن در هکتار) Total yield (t.ha ⁻¹)	عملکرد بالقوه (تن در هکتار) Potential yield (t.ha ⁻¹)	عملکرد بازار پسند (کیلوگرم در گیاه) Marketable yield (kg.plant ⁻¹)	عملکرد میوه پوسیده گلگاه (درصد) Blossom end rotten Fruits yield (%)	عملکرد میوه ترک- خورده (درصد) Cracked fruit yield (%)	میانگین وزن میوه (گرم) Average fruit weight (g)
فواصل آبیاری (روز) Irrigation interval (day)	الف A	54.12 ^{bcd*}	95.92 ^{de}	45.25 ^{ghi}	7.4 ^{bcd}	6.02 ^{ghi}	63.98 ^{de}
	ب B	59.84 ^{bcd}	118.36 ^a	35.55 ^{ij}	3.25 ^g	2.89 ^{ghi}	65.55 ^{de}
	ج C	58.96 ^{bcd}	112.64 ^{ab}	89.23 ^a	6.08 ^{cde}	3.96 ^{fgh}	77.78 ^{cd}
	د D	51.04 ^{cde}	104.28 ^{bcd}	61.09 ^{cde}	3.02 ^{gh}	4.91 ^{def}	96.01 ^{ab}
	ت E	106.92 ^a	109.56 ^{abc}	64.39 ^{cd}	4.16 ^{efg}	2.74 ^{ghi}	102.96 ^a
	ر F	65.12 ^b	99.00 ^{cde}	67.52 ^c	7.48 ^{bc}	3.30 ^{de}	83.15 ^{bc}
	س G	50.60 ^{def}	91.52 ^c	53.33 ^{efg}	12.15 ^a	3.91 ^{def}	83.14 ^{bc}
	ی H	58.08 ^{bcd}	44.44 ^{mn}	84.78 ^b	11.48 ^a	3.53 ⁱ	75.83 ^{cd}
6	الف A	39.16 ^{fghi}	62.04 ^{fg}	18.72 ^{mno}	2.18 ^{ghij}	10.16 ^b	35.64 ^{hij}
	ب B	42.68 ^{efg}	53.68 ^{gh}	28.50 ^{klm}	2.53 ^{ghij}	6.21 ^d	33.18 ^{hij}
	ج C	40.92 ^{efgh}	51.92 ^{gh}	64.78 ^{cd}	5.73 ^{cde}	8.51 ^{def}	46.48 ^{fgh}
	د D	36.96 ^{ghij}	35.20 ^{klm}	31.46 ^{jkl}	3.55 ^{fg}	12.25 ^c	46.43 ^{fgh}
	ت E	50.16 ^{bc}	73.04 ^f	47.89 ^{fgh}	3.49 ^{fg}	6.07 ^{def}	56.74 ^{ef}
	ر F	49.72 ^{def}	53.68 ^{gh}	48.83 ^{fgh}	9.08 ^b	12.31 ^d	78.15 ^{cd}
	س G	40.04 ^{efghi}	48.40 ^d	55.4 ^{defg}	12.15 ^a	12.11 ⁱ	94.78 ^{ab}
	ی H	29.48 ^{hij}	31.69 ^{lmn}	60.37 ^{cde}	11.26 ^a	8.73 ^{efg}	65.28 ^{de}
9	الف A	27.72 ^j	31.68 ^{lmn}	22.50 ^{lmno}	4.00 ^{efg}	49.04 ^a	41.48 ^{fghij}
	ب B	37.84 ^{ghi}	39.16 ^{klm}	14.35 ^{no}	0.79 ^{ij}	12.55 ⁱ	30.26 ^{ij}
	ج C	34.76 ^{ghij}	41.36 ^{hijk l}	33.73 ^{jk}	2.71 ^{ghi}	11.77 ^{hi}	35.92 ^{hij}
	د D	26.84 ^j	27.72 ^{mn}	12.21 ^o	0.56 ^j	17.62 ⁱ	27.87 ^j
	ت E	34.76 ^{ghij}	50.16 ^{ghi}	1.12 ^{hij}	11.31 ⁱ	44.25 ^{fghi}	18.05 ^{mno}

ر	35.64 ^{ghij}	37.40 ^{ijklm}	2.31 ^{ghij}	13.28 ⁱ	40.65 ^{ij}	23.97 ^{klmn}
F						
س	28.60 ^{ij}	28.60 ^{hij}	5.3 ^{def}	38.11 ^a	28.61 ^{ij}	58.25 ^{cdef}
G						
ی	26.84 ^j	22.35 ^{lmn}	7.74 ^{bc}	29.56 ^b	55.64 ^{efg}	38.17 ^{hij}
H						

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*Means with at least one similar letter in each column have no significant difference at 5% of probability level.

الف: شاهد؛ ب: پلیمر آبدوست+سایه‌انداز؛ ج: پلیمر آبدوست؛ د: سایه‌انداز؛ ت: پلیمر آبدوست+سایه‌انداز + خاک‌پوش؛ ر: پلیمر آبدوست+خاک‌پوش؛ س: سایه‌انداز+خاک‌پوش؛ ی: خاک‌پوش

A: Control; B: Superabsorbent+Shading; C: Superabsorbent; D: Shading; E: Superabsorbent+Shading+Mulch; F: Superabsorbent+Mulch; G: Shading+Mulch; H: Mulch

نتیجه‌گیری

راندمان آب آبیاری و کمیت و کیفیت محصول تولیدی توصیه می‌شود، اما در شرایط کمبود شدید منابع آب و الزام به آبیاری مزارع گوجه‌فرنگی با فواصل بیش از شش روز، افزودن پلیمر آبدوست A₂₀₀ می‌تواند نه تنها تولید گوجه‌فرنگی را امکان‌پذیر و از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نماید، بلکه عملکرد و کیفیت محصول تولیدی را نیز ارتقاء بخشد.

این پژوهش ثابت نمود که کاربرد پلیمر آبدوست، سایه‌انداز و خاک‌پوش تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی دارد. اما با توجه به وضعیت منابع آب موجود، در شرایطی که آبیاری با فواصل کم (سه روز یک‌بار) مقدور باشد، بهره‌گیری از ترکیب تیماری پلیمر آبدوست+سایه‌انداز+خاک‌پوش جهت بهبود

منابع

- Abedi Koupai, J., and Mesforoush, M. 2009. Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 2(3):100-111. (In Persian with English Summary)
- Arvin, P., and Vafabakhsh, J. 2016. Study of drought and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on radiation use efficiency and dry matter partitioning into pod in different cultivars of *Brassica* oilseed rape. Journal of Agroecology 8(1): 134-152. (In Persian with English Summary)
- Azadigonbad, R., and Hassanpour, A. 2003. Effects of plastic wrap on the quantity and quality of peas arranged in the region, Iranian Horticultural Science. In: 3rd Iranian Congress of Horticultural Sciences. 1-3 September, 2003, Karaj, Iran p. 276. (In Persian with English Summary)
- Carter, J., and Johnson, C. 1988. Influence of different types of mulches on eggplant production. Hortscience 23(1): 143-145.
- Clarkson, V.A. 1960. Effect of black polyethylene mulch on soil and microclimate temperature and nitrate level, Agronomy Journal 52: 307-309.
- Ehsani, M., and Khaledi, H. 2003. Recognition and improvement of water productivity in agriculture to ensure food security and the country's water. In: 11th Conference of National Committee on Irrigation and Drainage, 24-25 December, 2003, Tehran, Iran p. 658-674. (In Persian)
- Ekinci, M., and Dursun, A. 2009. Effects of different mulch materials on plant growth, some quality parameters conduction. Pakistan Journal of Botany 41(4): 1891-1901.
- El-Hadi, O.A., and Camelia, Y.E. 2004. The conditioning effect of composts (natural) or/ and acrylamide hydrogels (synthesized) on a sandy calcareous soil. Growth response, nutrients uptake and water and fertilizers use efficiency by tomato plants. Journal of Applied Science Research 2(12): 1293-1297.
- Esmaelpour, B., and Akbari, M. 2013. Evaluation of effects of water deficit on growth properties, yield and post harvest quality of two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars in Miandoab climatic conditions. Journal of Agroecology 5(2): 178-187. (In Persian with English Summary)
- Farhadi, A., and Akbari, M. 2003. Evaluation of plastic mulch and irrigation systems to reduce water stress and cantaloupe plants. In: 3rd Iranian Congress of Horticultural Sciences, 1-3 September, 2003, Karaj, Iran 72 p. (In

- Persian)
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2012. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. (Verified 14 October, 2012).
- Gent, M.P.N. 2007. Effect of degree and duration of shade on quality of greenhouse tomato. *Hortscience* 42: 514-520.
- Guertal, E.A., Edwards, J.H., Gough, R.E., and Bozeman, M.T. 1996. Organic mulch and nitrogen affect spring and fallcollard yield. *HortScience* 31(5): 823-826.
- Haqhighi, M., and Affipoor, Z. 2014. The Effect of superabsorbent polymer and different levels of deficit irrigation on growth and yield and fruit quality of tomato. *Journal of Horticultural Science* 28(1): 125-133. (In Persian with English Summary)
- Hosseini, A., and Neamati, H. 2014. Effect of irrigation intervals on growth properties and qualitative and quantitative yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in used/ unused plastic mulch conditions. *Journal of Agroecology* 6(3): 552-560. (In Persian with English Summary)
- Jahany, E., and Kashi, A. 2003. Effects of black plastic mulch and leaf feeding on the quantity and quality of cantaloupe, *Horticultural Sciences*. In: 3rd Iranian Congress of Horticultural Sciences, 1-3 September, 2003, Karaj, Iran, 70 p. (In Persian)
- Kashi, A., Hosseinzadeh, S., Babalar, M., and Lessani, H. 2004. Effect of black polyethylene mulch and calcium nitrate application on growth, yield, and blossom-End rot of watermelon, cv. charleston gray. *Journal of Water and Soil Sciences* 7(4): 1-10. (In Persian with English Summary)
- Khalili Mahaleh, J. 2005. Uses of superabsorbent crystals in arid zones' agriculture. *Journal of Dryness and Drought Agriculture* 17: 22-29.
- Khosh-khoi, M. 1991. *Plant Propagation*, Volume 2, Shiraz University Press, Shiraz, Iran 427 p. (In Persian)
- Mahdavi Damghani, A.M., and Jami Al-Ahmadi, M. 2007. Water Revolution 2: solutions, tools, and prospects. *Proceedings of the Second National Conference of Ecological Agriculture*, 17-18 October, 2007, Gorgan, Iran, 2492-2460. (In Persian)
- McCraw, D., and Motes, J.E. 1964. Use of plastic mulch and row covers in vegetable production, Oklahoma Cooperative Extension Service, HLA, 34-60. Available at Web site: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Version-14121/HLA-6034web.pdf> (verified 21 July, 2016).
- Montazer, E.A. 2009. Study the effect of stockosorb super absorption polymer on the flow advance time and infiltration parameters in furrow irrigation. *Journal of Soil and Water* 22(2): 341-357 (In Persian with English Summary)
- Naraqi, M., Lotfi, M., and Delshaad, M. 2009. The effect of different levels of shading on the physiology and agronomic characteristics of tomato. 6th Iranian Congress of Horticultural Sciences, 13-16 July, 2009, Rasht, Iran, 242 p. (In Persian)
- Nasuhi, G. 2009. *Tomatoes in the Greenhouse (Greenhouse Production Methods)*, Nasuh Publication, 4th Edition 140 p. (In Persian)
- Nazarli, H.M., Zardashti, R., Darvishzadeh, R., and Najafi, S. 2010. The effects of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. *Notulae Scientia Biologica* 2(4): 53-58.
- Oster, J.D., Singer, M.J., Fulton, A., and Pritchard, T. 1995. *Infiltration Hard Water in the Soil*. Translated by: Haghnia, G.H. University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 225 p.
- Peyvast, G. 2007. *Olericulture*. Agricultural Sciences Publication, Tehran, Iran, 402 pp. (In Persian)
- Safarinia, H. 2011. The effect of superabsorbent polymer (A₂₀₀) on yield and quality of tomato under drought stress conditions. MSc Thesis, Ilam University. (In Persian with English Summary)
- Saidi, M. 2007. *Genetical studies in tomato (L. esculentum* Mill.) with special reference to resistance against leaf curl virus (TLCV). PhD Thesis. Mahatma Phule Agriculture University, Maharashtra State, India.
- Saidi, M., Safrinia, H., Ghanbari, F., and Sayari, M. 2013. Evaluation of some physiological indicators of tomato plants by irrigation and different levels of superabsorbent polymer A₂₀₀. *Journal of Crop Production and Processing*. (In Persian with English Summary)
- Sajedinea, H. 2014. The effect of superabsorbent polymer on the yield and quality of tomato (*Solanumly copersicun*) different irritation regimes in the field. MSc Thesis. Faculty of Agriculture. Ilam University, Iran. (In Persian with English Summary)
- Shaabani, A., Kamkar Haghighi, A., Sepaskhah, A., Emami, Y., and Honar, T. 2009. Effect of water stress on

- physiological parameters of oil seed rape (*Brassica napus*). Journal of Water and Soil Sciences 13(49): 31-42.
- Shennan, C. 1992. Cover crops, nitrogen cycling and soil properties in semi-arid irrigated vegetable production systems. HortScience 27: 749-754.
- Timuri, A. 2012. The effect of irrigation and super absorbent polymer application on morphological characters, yield and yield components of beans in Ilam province. MSc Thesis, Ilam University, Iran. (In Persian with English Summary)
- Torabi Giglou, M., Keramati Toroghi M., Didar Taleshmikail R., and Davari, M. 2005. Investigation of 'mulches and cultivation methods' effects on growth of tomato. In: 4th Congress of Iranian Horticultural Science. Mashhad, Iran p. 289 (In Persian with English Summary)
- Yazdani, F., Aladadi, I., Akbari, G., and Behbehani, M.R. 2007. Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A₂₀₀) on soybean (*Glycine max* L.) yield and yield components. Pajouhesh and Sazandegi 75: 167-174. (In Persian with English Summary)



Evaluation of Tomato Yield and Quality under Deficit Irrigation conditions and Simultaneous Application of Superabsorbent Polymer, Shading and Mulches

M. Bostani¹, M. Saidi^{2*} and Z. Tahmasbi³

Submitted: 01-08-2016

Accepted: 30-10-2016

Bostani, M., Saidi, M., and Tahmasbi, Z. 2017. Evaluation of tomato yield and quality under deficit irrigation conditions and simultaneous application of superabsorbent polymer, shading and mulches. Journal of Agroecology 9(3): 878-891.

Introduction

Drought is one of the most important environmental factors that influences yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* Peralta & Spooner) in arid and semi-arid regions. Drought stress causes different physiological effects on plant growth. Vegetable crops are more sensitive to water shortage and any deficit in providing water requirement of plant leads to considerable reduction of yield. For future global food security, water use in agriculture must become sustainable. Agricultural water-use efficiency and water productivity can be improved by many approaches and strategies. Super absorbent polymers (SAP) as a soil improvement substance, covering soil by different types of mulches and blocking a part of sun light by shading have been used effectively to increase the water use efficiency sustainability of production in agricultural systems. But, still there is a limited knowledge on interactions of SAPs, plastic mulches and shading under deficit irrigation on yield and quality of tomato.

Material and Methods

In order to evaluate the effects of SAP, black plastic mulches and decreasing light intensity under deficit irrigation on yield and quality of tomato 'Early Urbana VF 132- 7171' fruits, the current research carried out in a field experiment at department of Horticulture, Ilam University during 2014 using a $3 \times 8 \times 3$ split plot assay based on a randomized complete block design (RCBD) with two factor. The main factor was including three irrigation intervals (once after 3, 6 or 9 days equivalent to soils field capacity) and sub-factor was including eight treatments viz., mulch, superabsorbent, shading, mulch + superabsorbent, mulch + shading, superabsorbent + shading, mulch + shading + superabsorbent and control. Light intensity was measured by a digital exposure meter 'Mastech MS6610'. Data were subjected to ANOVA using SAS software version 9.3. Verification of significant differences was done using Duncan's Test at 5% probability level.

Results and Discussion

Analysis of variances revealed that effects of irrigation intervals, treatments and their interactions were highly significant on total yield, potential yield, marketable yield, blossom end rotten fruits yield, sunburned fruits yield, cracked fruits yield, average weight of fruits and number of main and lateral branches. Also, effects of treatments on number of days to 50 percent flowering, plant height and fruit wall thickness and effects of irrigation intervals on fruit shape index were significant at 5 percent of probability level. Results showed that increasing irrigation intervals decreased yield and its important components and increased blossom end rot, and cracked fruits. Increasing irrigation intervals from 3 to 9 days decreased 50 percent of total and marketable yield and quadrupled percentage of blossom end rotten fruits. Although shading improved total and marketable yield, but recording the highest number of days to 50 percent flowering for plants grown under shade of Saran® clothes, proved that shading delays harvesting of tomato. The maximum of total and potential yields produced by

¹ 1, 2 and 3- Fomer MSc. Student of Agroecology, Associate Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Ilam University and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ilam University, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: m.saidi@ilam.ac.ir)

DOI:10.22067/jag.v9i3.57683

superabsorbent + shading + mulch treatment and the highest percentage of marketable fruits recorded for superabsorbent, mulches and shading + mulch, respectively. Application of shading clothes alone or along with mulches or superabsorbent minimized the percentage of sunburned fruits. The biggest fruits produced by treatments in which mulches were participated. Increasing irrigation intervals to six and nine days extremely decreased percentage of marketable and blossom rotten fruits, while increased cracked fruits.

Conclusion

Generally, for short irrigation intervals, superabsorbent + shading + mulch compound treatment and for extreme water deficit conditions and irrigation intervals more than six days adding superabsorbent A₂₀₀ (10 g.plant⁻¹, mixing into 30 cm depth of soil) is recommended to improve yield and quality of tomato crop.

Keywords: Blossom End Rot, Drought Stress, Fruit Cracking, Water use efficiency

Contents

The Study of Weed Population and Seed Bank Dynamic and Soybean Yield under Different Tillage Methods	591
R. Momen-Yesaghi, A. Siahmarguee, E. Zeinali, F. Ghaderi far and B. Kamkar	
Evaluation of Weed Biodiversity on Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) Agro-ecosystems (Organic and High-input)	605
S.Y. Mousawi Toghani, P. Rezvani Moghaddam, M. Nassiri Mahallati and M.R. Damavandian	
Effects of Bed Type, Corm Weight and Lifting Time on Quantitative and Qualitative Criteria of Saffron (<i>Crocus sativus</i> L.)	616
A. Mollafilabi, A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and M. Nassiri Mahallati	
Strategies of Transition to Sustainable Agriculture in Iran I- Improving Resources Use Efficiency	636
A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, R. Moradi and H. Mansoori	
Effect of Non-chemical Weed Management Strategies on Population and Diversity Index for Weeds in Spinach	650
S. Khorramdel, R. Ghorbani, G.A. Asadi and R. African	
Effect of Different Fertilization Systems (Chemical, Biological and Integrated) on Nitrogen and Phosphorus Concentration, Biochemical Attributes and Sepals Dry Weight of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	673
R. Mohammadpour Vashvaei, A. Ghanbari and B.A. Fakheri	
Fodder Production of two Amaranth (<i>Amaranthus</i> spp. L.) Cultivars Affected by Organic and Chemical Fertilizer Management	687
A. Ayneband, M.R. Mohammadi and E Fateh	
Greenhouse Gases Emission and Global Warming Potential as Affected by Chemical Inputs for Main Cultivated Crops in Kerman Province: II- Horticultural Crops	703
N. Pourghasemian and R. Moradi	
Study of Agronomical and Ecological Parameters of Additive and Replacement Intercropping Systems of Corn (<i>Zea mays</i> L.) and Soybean (<i>Glycine max</i> L. Merr.)	720
I. Piri, B. Zendehdel and A. Tavassoli	
Effect of Mycorrhizal Symbiosis and <i>Azotobacter</i> Application on Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Qualitative Traits under Dry Condition of Khorramabad	732
B. Amraei, M.R. Ardakani, M. Rafiei, F. Paknejad and F. Rejali	
Effect of Organic Fertilizers in Combination with Chemical Fertilizer on Tuber Yield and Some Qualitative Characteristics of Potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	747
R. Amini, A. Dabbagh Mohammadi-Nasab and S. Mahdavi	
Effect of Initial Weight of Shallot Bulb and Farm Manure on Reproduction and Shallot Yield (<i>Allium altissimum</i> Regel.) in Shirvan Climate	758
M. Arefkhani, M. Kheirkhah, M. Ghorbanzadeh Naghab and M. Babaeian	
Soybean (<i>Glycine max</i> L. Merr.) Yield Gap Analysis using Boundary Line Method in Gorgan and Aliabad Katul	775
A.R. Nehbandani, A. Soltani, E. Zeinali, F. Hoseini, A. Shahhoseini and M. Mehmandoei	
Feasibility of Triticale (<i>Triticum secalinum</i> L.) Cropping in Agricultural Lands of Gorgan County by Spatial Analysis Tools	792
M. Niazmoradi, H. Kazemi and F. Ghaderifar	
Net Nitrogen Mineralization as Affected by Residue Quality and Soil Moisture	803
E. Boroumand Rezazadeh, A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam, M. Nassiri Mahallati and A. Lakzian	
Effect of Vermi-compost Fertilizer Application and Foliar Spraying of Compost Tea and Acid Humic on Growth Indices of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	819
M. Safaee, A. Rahimi, B. Torabi and A. Khoram Ghahfarokhi	
Potential Climatic Zoning of Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Golestan Province	832
A. Baniaghi, A. Rahemi Karizaki, A. Biabani, H. Faramarzi	
Effects of Vermi-compost Fertilizer Application and Foliar Spraying on Yield and Yield Component of Isabgol (<i>Plantago ovate</i> L.) Medicinal Plant	846
A. Rahimi and A.A. Pour Mohammadi	

The Influence of Distribution Nitrogen Fertilizer Management on Absorbed and Radiation Use Efficiency in Forage Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) Genotypes	860
A.R. Beheshti and E. Seyyed Kaboli	
Effect of Vermicompost and Micronutrient Application on Forage Quantity and Quality of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	876
A.R. Karimi, M.A. Behdani, M.H. Fathi, M. Nasiri Mohalati and S.V. Eslami	
Evaluation of Tomato Yield and Quality under Deficit Irrigation conditions and Simultaneous Application of Superabsorbent Polymer, Shading and Mulches	890
M. Bostani, M. Saidi and Z. Tahmasbi	

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 9 No. 3 Fall 2017

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>