



عنوان مقالات

- ۱..... ارزیابی تأثیر متقابل منبع تغذیه‌ای و تنوع گیاهان زراعی بر کارآیی مصرف نهاده‌ها در الگوهای مختلف کشت
الهام عزیزی، علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم و مهدی نصیری محلاتی
- ۲۰..... بررسی اثر تلقیح با میکوریزا و حجم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس دو گونه دارویی رازیانه
(*Foeniculum vulgare* Mill.) و زنیان (*Trachyspermum ammi* L.)
علیرضا کوچکی، جواد شهابانگ، سرور خرم‌دل و فرزاد نجفی
- ۳۸..... بررسی رقابت و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)
مرضیه اله‌دادی، عادل دباغ محمدی نسب، محمدرضا شکیبا و روح‌اله امینی
- ۵۲..... بررسی عملکرد دانه و شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)
با ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus spp.*)
حکیمه ضیایی، همت‌اله پیردشتی، سودابه زارع و آلاله متقیان
- ۶۲..... تأثیر کاربرد کودهای دامی و زیستی بر عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)
مریم نعمتی و مهدی دهمرده
- ۷۴..... ارزیابی رشد سویا (*Glycine max* L. Merrill) در واکنش به قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه در شرایط اقلیمی مازندران
محمد یزدانی، مهرداد یارنیا، همت‌اله پیردشتی، وهرام رشیدی و محمدعلی بهمنیار
- ۸۴..... آنالیز خلاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک: مطالعه شبیه‌سازی
سیدرضا امیری ده‌احمدی، مهدی پارسا، محمد بنایان اول و مهدی نصیری محلاتی
- ۹۹..... اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح نیتروژن بر تولید میوه، کیفیت روغن، کارآیی مصرف آب و کارآیی زراعی
نیتروژن در کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)
جواد حمزه‌ئی، مجید بابایی و سرور خرم‌دل
- ۱۰۹..... بررسی شاخص تأثیر زیست‌محیطی (EIQ) آفت‌کش‌های مصرفی در محصول
گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) در مشهد
لیلا ملکی، رضا صدرآبادی حقیقی و امیر بهزاد بذرگر
- ۱۲۰..... تأثیر سطوح نیتروژن و روی بر عملکرد، شاخص‌های کیفی و جذب عناصر غذایی کلزا (*Brassica napus* L. var. Okapi)
در شرایط تنش شوری
الناز ابراهیمیان، احمد بای‌بوردی، سید محمد سیدی و رضا محمدی کیا

Contents

- Interaction of nutrient resource and crop diversity on resource use efficiency in different cropping systems 1
E. Azizi, A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and M. Nassiri Mahallati
- Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.)..... 2
A.R. Koocheki, J. Shabahang, S. Khorramdel and F. Nadjafi
- Evaluation of competition, yield quantity and quality of soybean (*Glycine max* L.) Merrill) and calendula (*Calendula officinalis* L.) in intercropping systems 3
M. Allahdadi, A. Dabbagh Mohammadi Nasab, M.R. Shakiba and R. Amini
- Evaluation of seed yield and competition indices of corn (*Zea mays* L.) intercropped with different bean (*Phaseolus spp.*) cultivars 4
H. Ziaei, H. Pirdashti, S. Zare and A. Mottaghian
- Effect of application of bio-fertilizers and organic manure on yield and morphological index of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) 5
M. Nemati and M. Dahmardeh
- Evaluating soybean (*Glycine max* L. Merrill) growth parameters in response to plant growth promoting fungi under Mazandaran's climate conditions 6
M. Yazdani, M. Yarnia, H. Pirdashti, V. Rashidi and M.A. Bahmanyar
- Yield gap analysis of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-arid conditions: a simulation study 7
S.R. Amiri Deh Ahmadi, M. Parsa, M. Bannayan and M. Nassiri Mahallati
- Effect of different irrigation regimes and nitrogen levels on fruit production, oil quality, water use efficiency and agronomic nitrogen use efficiency of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) 8
J. Hamzei, M. Babaei and S. Khorramdel
- The study of environmental impact quotient (EIQ) of pesticides used in wheat and barley farms in Mashhad 9
L. Maleki, R. Sadrabadi Haghighi and A.B. Bazrgar
- Effects of nitrogen, zinc and water salinity levels on yield, quality indices and nutrient uptake in canola (*Brassica napus* L.) Okapi variety 10
E. Ebrahimian, A. Bybordi, S.M. Seyyedi and R. Mohammadi Kia

نشریه بوم‌شناسی کشاورزی

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 ۷ شماره ۱ بهار ۱۳۹۴

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

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

سرمدیر: 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 محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر احمد زارع فیض‌آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

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، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

دکتر مهدی نصیری‌محلّاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۳۵ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، صندوق

پستی: ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۹۶۸۴۱

تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴

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/index>

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

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

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مندرجات

- ۱ ارزیابی تأثیر متقابل منبع تغذیه‌ای و تنوع گیاهان زراعی بر کارآیی مصرف نهاده‌ها در الگوهای مختلف کشت
الهام عزیزی، علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم و مهدی نصیری محلاتی
- ۲۰ بررسی اثر تلقیح با میکوریزا و حجم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس دو گونه دارویی رازیانه
(*Foeniculum vulgare* Mill.) و زینان (*Trachyspermum ammi* L.)
علیرضا کوچکی، جواد شهابنگ، سرور خرم‌دل و فرزاد نجفی
- ۳۸ بررسی رقابت و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) و همیشه‌بهار
(*Calendula officinalis* L.)
مرضیه اله‌دادی، عادل دباغ محمدی نسب، محمدرضا شکبیا و روح‌اله امینی
- ۵۲ بررسی عملکرد دانه و شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) با ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus* spp.)
حکیمه ضیایی، همت‌اله پیردشتی، سودابه زارع و آلاله متقیان
- ۶۲ تأثیر کاربرد کودهای دامی و زیستی بر عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)
مریم نعمتی و مهدی دهمرده
- ۷۴ ارزیابی رشد سویا (*Glycine max* L.) در واکنش به قارچ‌های افزاینده رشد گیاه در شرایط اقلیمی مازندران
محمد یزدانی، مهرداد یارنیا، همت‌اله پیردشتی، وره‌رام رشیدی و محمدعلی بهمنیار
- ۸۴ آنالیز خلاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک: مطالعه شبیه‌سازی
سیدرضا امیری ده‌احمدی، مهدی پارسا، محمد بنایان اول و مهدی نصیری محلاتی
- ۹۹ اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح نیتروژن بر تولید میوه، کیفیت روغن، کارآیی مصرف آب و کارآیی زراعی
نیتروژن در کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)
جواد حمزه‌ئی، مجید بابایی و سرور خرم‌دل
- ۱۰۹ بررسی شاخص تأثیر زیست‌محیطی (EIQ) آفت‌کش‌های مصرفی در محصول گندم و جو در مشهد
لیلا ملکی، رضا صدرآبادی حقیقی و امیر بهزاد بذرگر
- ۱۲۰ تأثیر سطوح نیتروژن و روی بر عملکرد، شاخص‌های کیفی و جذب عناصر غذایی کلزا (*Brassica napus* L. var. Okapi)
در شرایط تنش شوری
الناز ابراهیمیان، احمد بای‌بوردی، سید محمد سیدی و رضا محمدی کیا
- چکیده‌های مبسوط

ارزیابی تأثیر متقابل منبع تغذیه‌ای و تنوع گیاهان زراعی بر کارایی مصرف نهادها در الگوهای مختلف کشت

الهام عزیزی^۱، علیرضا کوچکی^{۲*}، پرویز رضوانی مقدم^۳ و مهدی نصیری محلاتی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۱/۱۹

چکیده

به منظور بررسی اثر تنوع گیاهی و نوع منبع تغذیه‌ای بر کارایی مصرف آب و عناصر غذایی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۸۴-۱۳۸۵ و ۱۳۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای مورد بررسی دو منبع کود دامی و کود شیمیایی در کرت‌های اصلی و کشت مخلوط سه واریته سویا (*Glycine max L.*) (ویلیامز، سحر و گرگان ۳)، کشت مخلوط سه گونه ارزن (ارزن معمولی (*Panicum miliaseum L.*)، مرواریدی (*Pennisetum glaucum L.*) و دم روباهی (*Setaria italic L.*))، کشت مخلوط ارزن معمولی - سویا - کنجد (*Sesamum indicum L.*) و کشت مخلوط ارزن - کنجد - شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum L.*) - زنیان (*Trachyspermum ammi L.*) همراه با تک‌کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی در کرت‌های فرعی را شامل می‌شد. نتایج نشان داد که الگوهای مختلف کشت از نظر کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری داشتند. در سال زراعی اول، در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، مخلوط سه گونه ارزن و مخلوط ارزن، سویا و کنجد، دارای بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بیولوژیکی بودند. در سال زراعی دوم در بین الگوهای مخلوط مورد بررسی، کشت مخلوط سه گونه ارزن بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بیولوژیکی داشت. برترین الگوی مخلوط از نظر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بافت گیاهی در واحد سطح، مخلوط سه واریته سویا و مخلوط ارزن، سویا و کنجد بود. در سال زراعی اول، در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، کشت مخلوط سه واریته سویا بیشترین کارایی مصرف عناصر غذایی را داشت. در سال زراعی دوم، در بین الگوهای مخلوط، کشت مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و شنبلیله و زنیان از نظر کارایی مصرف عناصر غذایی، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند و برتر از مخلوط سه گونه ارزن بودند. در هر دو سال زراعی، کشت‌های مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان دارای کارایی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. از نظر کارایی جذب پتاسیم نیز مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد بهتر از دیگر کشت‌های مخلوط عمل کرد. در این مطالعه نوع منبع تغذیه‌ای بر کارایی مصرف آب و عناصر غذایی تأثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: آب، تک‌کشتی، عناصر غذایی، کارایی جذب، کارایی مصرف، کشت مخلوط

مقدمه

پیچیده بین عوامل محیطی و اقتصادی - اجتماعی، راهکاری جهت استفاده بهتر از منابع محدود می‌باشد (Tengberg et al., 1998). بعضی از محققین (Mannion, Walker & Ogindo, 2003; 1995) عقیده دارند که در طی دوره‌ها و فصول خشک، متنوع‌ترین بوم‌نظام‌ها، تولید بیشتری در مقایسه با بوم‌نظام‌های دارای تنوع کمتر دارند. دلیل این امر ممکن است کارایی بهتر در استفاده از منابع محیطی نظیر آب، نور و عناصر غذایی باشد (Hulugalle & Lal, 1986; Walker & Ogindo, 2003). افزایش کارایی مصرف

عملیات رایج در اراضی زراعی و مدیریت آب و خاک کارآمد نبوده و در آن، هدررفت منابع و خسارت به محیط زیست قابل ملاحظه است (Lal, 2000). در این میان، تنوع زراعی و درک اثرات متقابل

۱ و ۲ - به ترتیب استادیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: akooch@um.ac.ir)

* - نویسنده مسئول:

مزارع با حفظ عملکرد آن‌ها باشد. اوفسو- بديو و همکاران (Ofosu-Budu et al., 1995) اظهار داشتند که در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)- سویا (*Glycine max* L.)، کل نیتروژن تجمع یافته در اندام‌های سورگوم بیشتر از تک‌کشتی آن بود. به نظر می‌رسد که توسعه و هم‌پوشانی بیشتر سیستم ریشه‌های گیاهان، مقدار جذب و انتقال نیتروژن را افزایش داد.

نصیری و الگرشما (Nassiri & Elgersma, 2002) در بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن بر کشت مخلوط و تک‌کشتی شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) و چچم (*Lolium temulentum* L.) اظهار داشتند که کاربرد کود نیتروژن، چچم و شبدر را به طور متفاوتی تحت تأثیر قرار داد. در کشت مخلوط، عملکرد کل ماده خشک، بالاتر بوده، اما ماده خشک شبدر در حدود نصف مقدار آن در تک‌کشتی‌ها بود. نامبردگان گزارش کردند که شاخص سطح برگ چچم در پاسخ به کود به کار رفته به طور معنی‌داری هم در تک‌کشتی‌ها و هم در کشت‌های مخلوط افزایش یافت.

زنگ و لی (Zhang & Li, 2003) اظهار داشتند که در کشت‌های مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.)- ذرت، گندم- سویا، باقلا (*Vicia faba* L.)- ذرت و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)- ذرت، تسهیل بین گونه‌ای مشاهده شد. به طوری که ذرت، جذب آهن را در مخلوط با بادام زمینی بهبود بخشید و باقلا جذب نیتروژن و فسفر توسط مخلوط باقلا- ذرت را افزایش داد. نامبردگان نتیجه گرفتند که کشت مخلوط با کارایی بیشتر مصرف منابع غذایی، مقدار نیترات در پروفیل خاک را کاهش داد.

ارقام مختلف یک گونه نیز ممکن است در کارایی مصرف عناصر غذایی متفاوت باشند. اسونجاک و رنجل (Svečnjak & Renjel, 2006) به نقل از ساتلماچر و همکاران (Satelmacher et al., 1994) اظهار داشتند که تغییرات ژنتیکی در استفاده از عناصر غذایی ممکن است به دو جزء اصلی تفاوت ژنوتیپ‌ها در کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی جهت تولید ماده خشک نسبت داده شود. اسونجاک و رنجل (Svečnjak & Renjel, 2006) در بررسی تفاوت رقم‌های کلزا (*Brassica napus* L.) از لحاظ راندمان مصرف نیتروژن در مرحله رویشی دریافتند که اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها از نظر میزان نیتروژن در ریشه‌ها و ساقه‌ها وجود داشت. اگرچه گیاهان، جذب نیتروژن کل مشابهی داشتند، تفاوت در کارایی مصرف نیتروژن به دلیل اختلاف در زیست توده گیاهی ارقام بود. نتایج

عناصر غذایی در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی ممکن است از این طریق قابل توصیف باشد که دو گونه در مخلوط دقیقاً برای منابع غذایی یکسان رقابت نکرده و ساختار ریشه و فنولوژی گیاهان منجر به حالت تکمیل‌کنندگی در تسخیر منابع می‌شود (Vandermeer et al., 1998; Hauggaard-Nielsen et al., 2001a; Hauggaard-Nielsen, 2001b).

کاوچلیا و همکاران (Caviglia et al., 2004) دریافتند که اثر کشت دوگانه، بر تسخیر و جذب آب در مقایسه با تشعشع بسیار بیشتر بود. جزئی از بارندگی سالانه که توسط گیاهان دریافت گردید از ۰/۲۶ تا ۰/۵۱ در تک‌کشتی به ۰/۵۳ تا ۰/۷۱ در مخلوط دوگانه افزایش یافت در حالی که جذب تشعشع فعال فوتوسنتزی از ۰/۲۴ تا ۰/۳۱ به ۰/۳۸ تا ۰/۴۴ رسید. نامبردگان اظهار داشتند که اثر متفاوت مخلوط بر جذب این دو منبع به ماهیت قابل ذخیره بودن آب و غیر قابل ذخیره بودن تشعشع باز می‌گردد. آب در خاک ذخیره شده و قابلیت ایجاد تعادل بین دسترسی منبع و تقاضا وجود داشت در صورتی که جذب تشعشع به ساختار و اندازه پوشش گیاهی بستگی داشته و هیچ مکانیسم جبران‌کنندگی برای بازیابی نور جهت جذب وجود نداشت. بنا بر گزارش رانگاسامی و همکاران (Rangasamy et al., 1988) در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiate* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، مصرف آب کاهش و کارایی مصرف آن افزایش یافت.

گراهام و وانس (Graham & Vance, 2000) گزارش کردند که سیستم کشت مخلوط در کنار سایر عوامل، مدیریت نیتروژن در مزرعه را بهبود می‌بخشد. نئومان و همکاران (Neumann & Rauber, 2007) گزارش کردند که کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و یولاف (*Avena sativa* L.)، منجر به افزایش معنی‌داری در محتوای نیتروژن دانه در یولاف و نخود شد. خطر آبشویی نیتروژن بعد از کشت مخلوط در مقایسه با نخود تک‌کشتی کمتر بود و یک همبستگی منفی بین محتوای نیتروژن و عملکرد دانه در کشت مخلوط نخود- یولاف مشاهده شد. وایتمور و شرودر (Whitmore & Schröder, 2007) در مطالعه مدلسازی میزان نیتروژن آبشویی شده در مزرعه تک‌کشتی و مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) با گندمیان دیگر دریافتند که عملکرد و سودمندی الگوهای مخلوط، رابطه معکوسی با بقایای نیتروژن بعد از برداشت داشت. نامبردگان اظهار داشتند که کشت مخلوط شاید روش مفیدی برای کاهش آلودگی

تنوع گونه‌ای: کشت همزمان سه گونه ارزن شامل ارزن معمولی، دم روباهی و مرواریدی تنوع ژنتیکی: کشت همزمان سه رقم سویا شامل ویلیامز، سحر و گرگان ۳ تنوع کارکردی: کشت همزمان رقم اکتان کنجد، ارزن معمولی و سویا (رقم سحر) و همچنین کشت همزمان ارزن معمولی، کنجد، شنبلله و زنیان تک‌کشتی هر یک از گیاهان مورد بررسی پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر، کرت‌بندی مزرعه صورت گرفت و گیاهان درون کرت‌ها و با تراکم توصیه شده کشت گردید. در تیمارهای چندکشتی نیز، کشت بذور گونه‌ها به صورت مخلوط درهم در قالب طرح افزایشی انجام شد. برای پوشاندن بذرها از خاکبرگ همراه با ماسه استفاده شد. کود دامی یک ماه قبل از کاشت و کود شیمیایی، همزمان با کاشت و چهار هفته بعد از کاشت به صورت سرک به خاک داده شد.

ابعاد هر کرت اصلی ۷۱×۳ متر و هر کرت فرعی ۵×۳ متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی در داخل هر کرت اصلی ۵۰ سانتی‌متر و بین کرت‌های اصلی در هر تکرار دو متر بود. به منظور اندازه‌گیری کارایی مصرف آب و عناصر غذایی، نمونه‌گیری، بعد از بسته شدن پوشش گیاهی و در زمان گلدهی انجام شد. کل گیاهان موجود در کودرانی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر که به طور تصادفی در هر کرت قرار داده شده بود، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد.

نامبردگان حاکی از آن است که در سطوح پایین نیتروژن، همه نیتروژن اضافه شده به خاک، توسط گیاه جذب و در محصول برداشت شده مشاهده شد در صورتی که با افزایش نیتروژن کودی، بخش اعظمی از آن در خاک باقی مانده و توسط گیاه جذب نگردید.

هدف از اجرای این طرح بررسی اثر تنوع گیاهی بر کارایی مصرف آب و عناصر غذایی در طیف وسیعی از گیاهان شامل سه وارسته سویا (سویای زودرس - رقم ویلیامز، سویای متوسط رس - رقم سحر و سویای دیر رس - رقم گرگان ۳، سه گونه ارزن (ارزن دم روباهی، ارزن معمولی و ارزن مرواریدی)، کنجد و گیاهان دارویی زنیان و شنبلله با منابع تغذیه‌ای متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۸۴-۸۵ و ۱۳۸۵-۸۶ به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوع نهاده تغذیه‌ای (آلی و معدنی) در کرت‌های اصلی و الگوهای مختلف کشت در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نهاده آلی مورد استفاده، از نوع کود گوسفندی به میزان ۲۰ تن در هکتار با مشخصات مندرج در جدول ۱ بود و در تیمار نهاده معدنی، معادل عناصر پرمصرف موجود در نهاده آلی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم، نهاده معدنی (اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) استفاده شد. الگوهای کشت گیاهان زراعی نیز بر اساس انواع تنوع طراحی شد:

جدول ۱- مشخصات خاک و کود دامی محل آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۴-۸۵ و ۱۳۸۵-۸۶
Table 1- Manure and soil characteristics of experiment place during growth season in 2005-2006

سال زراعی Year	منابع تغذیه‌ای Nutrient resource	نیتروژن کل (درصد) Nitrogen (%)	فسفر کل (پی‌پی‌ام) Phosphorus (ppm)	پتاسیم کل (پی‌پی‌ام) Potassium (ppm)	واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	بافت Texture
2005-2006	خاک Soil	0.05	14.00	110.11	7.1	2.99	loam
	کود دامی Manure	1.23	168.12	171.06	-	-	-
2006-2007	خاک Soil	0.07	20.92	8.60	7.7	2.08	loam
	کود دامی Manure	1.28	276.07	2992.50	-	-	-

الف) اندازه‌گیری کارآیی مصرف آب در پوشش‌های گیاهی مختلف

تبخیر و تعرق بالقوه تجمعی از طریق اندازه‌گیری میزان تبخیر روزانه از تشتک تبخیر کلاس A در طی فصل رشد و در ایستگاه هواشناسی تعیین شد. متوسط ضریب گیاهی گونه‌های مختلف ارزن، سویا و کنجد به ترتیب ۱، ۱/۱۵ و ۱/۱ در نظر گرفته شدند. برای تعیین ضریب گیاهی شنبلیل و زینان نیز از گونه‌های مشابه استفاده گردید (Alizadeh & Kamali, 2007).

کارآیی مصرف آب پوشش‌های گیاهی مختلف، با محاسبه میزان تبخیر و تعرق گیاهی (معادله ۱) در طی فصل رشد و تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی مربوط به هر تیمار، اندازه‌گیری شد (معادله ۲).

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله، ET_c : تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)، ET_o : تبخیر و تعرق بالقوه (میلی‌متر) و K_c : ضریب گیاهی (واحد ندارد) می‌باشد.

$$WUE = \frac{y}{ET_c} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله، y : عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی گیاه بر حسب گرم در مترمربع و WUE : کارآیی مصرف آب (گرم عملکرد بر میلی‌متر تبخیر و تعرق) می‌باشد.

ب) اندازه‌گیری درصد و کارآیی جذب و مصرف نیتروژن در پوشش‌های گیاهی مختلف

پوشش گیاهی برداشت شده به لایه‌های ۲۰ سانتی‌متری تقسیم شده و پس از جداسازی برگ و ساقه و خشک شدن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، درصد نیتروژن برگ هر لایه به طور مجزا اندازه‌گیری شد. درصد نیتروژن ساقه نیز در کل پوشش گیاهی و بدون لایه‌بندی تعیین شد. در الگوهای کشت مخلوط، علاوه بر اندازه‌گیری درصد نیتروژن برگ هر گیاه در لایه‌های مختلف پوشش گیاهی، نسبت وزنی هر یک از گیاهان موجود در مخلوط در واحد سطح تعیین و درصد نیتروژن پوشش گیاهی مخلوط محاسبه شد.

به منظور تعیین درصد نیتروژن در اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) و کارآیی جذب و مصرف نیتروژن گیاه، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب

شده و پس از هضم آن با اسید سولفوریک و کاتالیزور، مقدار نیتروژن در عصاره حاصل توسط روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد.

ج- اندازه‌گیری کارآیی جذب و مصرف فسفر و پتاسیم در پوشش‌های گیاهی مختلف

به این منظور ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب شده، به کوره با دمای ۷۶۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد و پس از گذشت سه ساعت، میزان فسفر و پتاسیم موجود در خاکستر حاصل اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فسفر و پتاسیم به ترتیب از دستگاه‌های اسپکتروفتومتر و فلیم-فتومتر استفاده گردید. برای تعیین کارآیی جذب و مصرف عناصر غذایی معادلات (۳) و (۴) استفاده شد.

$$NAE = \frac{N_{DM}}{N_{initial}} \quad \text{معادله (۳)} \quad \text{(کارآیی جذب عنصر غذایی)}$$

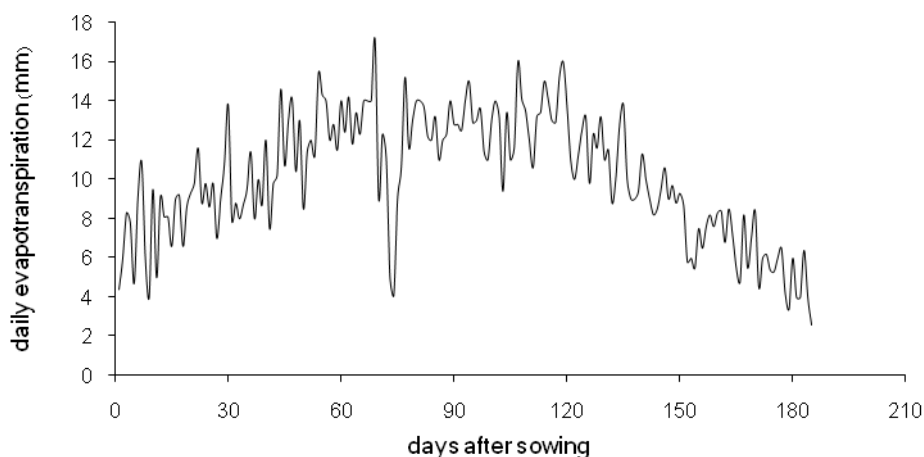
$$NUE = \frac{Y}{N_{initial}} \quad \text{معادله (۴)} \quad \text{(کارآیی مصرف عنصر غذایی)}$$

که در این معادله‌ها، N_{DM} میزان عنصر غذایی موجود در گیاه بر حسب گرم در متر مربع، $N_{initial}$ میزان عنصر غذایی موجود در کود دامی و خاک در ابتدای کاشت بر حسب گرم در مترمربع و Y : عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی گیاه بر حسب گرم در مترمربع می‌باشد. تجزیه آماری داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab Var.13، Mstat-C و Excel صورت گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند.

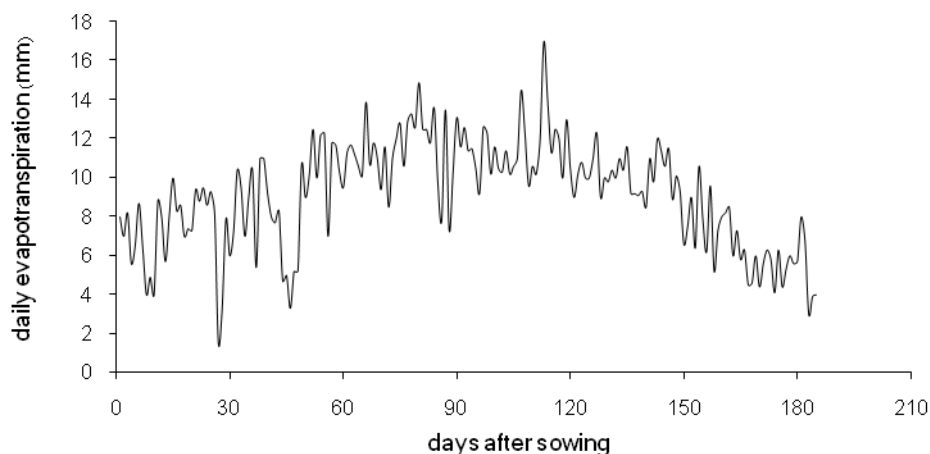
نتایج و بحث

الف) کارآیی مصرف آب

میزان تبخیر و تعرق تجمعی و روزانه در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. میانگین تبخیر و تعرق روزانه در طی فصل رشد در سال زراعی اول، یک میلی‌متر بیشتر از سال زراعی دوم بود. تبخیر و تعرق تجمعی در انتهای فصل رشد در سال زراعی اول معادل ۱۸۷۳/۱ میلی‌متر و در سال زراعی دوم معادل ۱۶۹۲/۶ میلی‌متر بود.



شکل ۱- میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در طی فصل رشد در سال زراعی ۱۳۸۴-۸۵
 Fig. 1- Daily potential evapotranspiration during growth season in 2005-2006



شکل ۲- میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در طی فصل رشد در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶
 Fig. 2- Daily potential evapotranspiration during growth season in 2006-2007

دارای بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بیولوژیکی بودند. با کاربرد یک گیاه چهارکربنه علوفه‌ای با گیاهان سه‌کربنه‌ای که دارای توسعه سیستم ریشه‌ای متفاوتی هستند، از آب موجود بهتر استفاده شده و عملکرد بیولوژیکی بیشتری در ازای آب مصرفی تولید می‌گردد.

اثر الگوی کاشت بر کارایی مصرف آب از نظر آماری معنی‌دار بود. اما کارایی مصرف آب تحت تأثیر نوع منبع تغذیه‌ای قرار نگرفت (جدول ۲).

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، الگوهای تک‌کشتی و چندکشتی، کارایی مصرف آب متفاوتی داشتند. در سال زراعی اول، بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بذر مربوط به تک‌کشتی ارزن دم‌روباهی و سویا وارینته‌های ویلیامر و گرگان ۳ بود. چهار نوع مخلوط مورد بررسی از نظر کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بذر، اختلاف معنی‌داری نداشتند. در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، مخلوط سه‌گونه ارزن و مخلوط ارزن، سویا و کنجد،

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کارایی مصرف آب در سال‌های زراعی ۱۳۸۵-۸۶ و ۱۳۸۴-۸۵
 Table 2- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on water use efficiency during in 2005-2006 and 2006-2007

میانگین مربعات Mean of square				درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
2006-2007		2005-2006			
بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield		
16.15 ^{ns}	4.02 ^{ns}	508.32 ^{ns}	14.55 ^{ns}	2	بلوک Block
856.83 ^{ns}	22.28 ^{ns}	115.32 ^{ns}	1.72 ^{ns}	1	نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource
64.86	4.18	237.06	8.35	2	خطای ۱ Error 1
112.46 ^{**}	27.97 ^{**}	311.21 ^{**}	24.27 ^{**}	12	الگوی کاشت Planting systems
169.27 ^{**}	10.78 ^{**}	112.09 ^{ns}	3.01 ^{ns}	12	منبع تغذیه‌ای×الگوی کاشت Planting systems×nutrient resource
44.91	2.02	65.58	5/00	48	خطای ۲ Error2

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

***: significant at $\alpha=0.01$ probability level, **: significant at $\alpha=0.05$ probability level and ns: no significant

جدول ۳- اثر الگوهای کشت مختلف بر کارایی مصرف آب در دو سال زراعی
 Table 3- Effect of different cropping systems on water use efficiency in two years

نام گونه Species	2005-2006		2006-2007	
	کارایی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm ⁻¹)		کارایی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm ⁻¹)	
	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذر On the basis of seed yield
Pan	25.60 ^{abc*}	2.25 ^{cd}	25.98 ^{cd}	1.63 ^{defg}
Pen	11.08 ^{ef}	0.74 ^d	59.28 ^a	0.00 ^g
Set	22.23 ^{abcd}	6.71 ^a	23.95 ^{cd}	4.47 ^{bc}
Soyv	20.05 ^{bcde}	6.13 ^{ab}	21.48 ^{cde}	7.39 ^a
Soys	19.54 ^{bcde}	3.67 ^{bcd}	13.55 ^{efg}	2.79 ^{cde}
Soyg	30.67 ^a	6.05 ^{ab}	9.41 ^g	1.14 ^{efg}
Se	13.20 ^{def}	1.89 ^{cd}	10.94 ^{fg}	1.87 ^{def}
Tri	16.57 ^{cde}	3.00 ^{cd}	18.53 ^{def}	5.85 ^{ab}
tra	4.78 ^f	0.78 ^d	17.39 ^{defg}	1.09 ^{efg}
pps	24.79 ^{abc}	2.01 ^{cd}	40.28 ^b	0.75 ^{fg}
sss	19.32 ^{bcde}	3.83 ^{bc}	12.33 ^{fg}	3.41 ^{cd}
pss	28.60 ^{ab}	2.99 ^{cd}	28.37 ^c	2.76 ^{cde}
pstt	17.06 ^{cde}	1.50 ^{ed}	27.17 ^c	4.41 ^{bc}

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

* Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا-رقم ویلیامز soyv، سویا-رقم سحر soys، سویا-رقم گرگان ۳ soyg، کنجد se، شنبلله tri، زنیان

tra، ارزن مرواریدی- معمولی- دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان ۳ sss، ارزن معمولی- سویا- کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبلله- زنیان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set (foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult. Gorgan 3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

داشت. هالوگان و لال (Hulugalle & Lal, 1986) گزارش نمودند که کشت مخلوط ذرت و دال عدس (*Cajanus cajan* L.) در غرب نیجریه در شرایط بارندگی مناسب عملکرد بیشتری داشت. ایشان دلیل افزایش محصول را افزایش کارایی مصرف آب در کشت مخلوط ذکر کردند. رانگاسامی و همکاران (Rangasamy et al., 1988) نیز اظهار داشتند که در کشت مخلوط ماش و پنبه، مصرف آب کاهش و کارایی مصرف آن افزایش یافت.

در سال زراعی دوم، در بین الگوهای تک کشتی، بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بذریه، در تک کشتی سویا واریته ویلیامز و شنبليله مشاهده شد و کشت‌های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبليله و زنیان اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. نتایج نشان داد که در سال زراعی دوم در بین الگوهای مخلوط مورد بررسی، کشت مخلوط سه گونه ارزن بیشترین کارایی مصرف آب را بر حسب عملکرد بیولوژیکی

جدول ۴- اثر متقابل نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کارایی مصرف آب در دو سال زراعی

Table 4- Effect of nutrient resource and different cropping systems on water use efficiency in two years

منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	الگوهای کشت Planting systems	2005- 2006		2006- 2007	
		کارایی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm ⁻¹)		کارایی مصرف آب (گرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (g.mm ⁻¹)	
		بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذریه On the basis of seed yield	بر حسب عملکرد بیولوژیک On the basis of biological yield	بر حسب عملکرد بذریه On the basis of seed yield
کود آلی Manure	pan	30.85 ^{a*}	2.65 ^a	19.32 ^{defghij}	1.20 ^{fghi}
	pen	10.36 ^a	1.02 ^a	47.16 ^b	0.00 ⁱ
	set	31.62 ^a	4.93 ^a	27.02 ^{cde}	3.24 ^{cdefgh}
	soyv	20.63 ^a	6.53 ^a	12.97 ^{fghij}	3.75 ^{cdefg}
	soys	16.56 ^a	2.45 ^a	12.69 ^{fghij}	2.24 ^{defghi}
	soyg	39.55 ^a	6.62 ^a	8.09 ^{ij}	0.98 ^{ghi}
	se	10.71 ^a	1.50 ^a	7.21 ^j	0.99 ^{ghi}
	tri	14.18 ^a	2.45 ^a	25.32 ^{cdef}	7.97 ^b
	tra	4.07 ^a	0.68 ^a	12.71 ^{fghij}	1.39 ^{fghi}
	pps	21.11 ^a	2.37 ^a	30.67 ^{cd}	0.76 ^{hi}
	sss	19.42 ^a	4.06 ^a	9.98 ^{hij}	2.04 ^{efghi}
	pss	29.72 ^a	2.55 ^a	23.57 ^{cdefg}	1.17 ^{fghi}
	pstt	20.52 ^a	1.79 ^a	28.86 ^{cd}	4.88 ^{cd}
کود معدنی Chemical fertilizer	pan	20.35 ^a	1.84 ^a	32.63 ^c	2.06 ^{efghi}
	pen	11.81 ^a	0.46 ^a	71.40 ^a	0.00 ⁱ
	set	21.84 ^a	8.48 ^a	20.88 ^{cdefghi}	5.70 ^{bc}
	soyv	19.48 ^a	5.72 ^a	30.00 ^{cd}	11.03 ^a
	soys	22.52 ^a	4.89 ^a	14.41 ^{efghij}	3.35 ^{cdefgh}
	soyg	21.80 ^a	5.48 ^a	10.73 ^{ghij}	1.30 ^{fghi}
	se	15.70 ^a	2.28 ^a	14.68 ^{efghij}	2.75 ^{defghi}
	tri	18.96 ^a	3.54 ^a	11.74 ^{ghij}	3.72 ^{cdefg}
	tra	5.49 ^a	0.88 ^a	22.07 ^{cdefgh}	0.79 ^{hi}
	pps	28.47 ^a	1.64 ^a	49.90 ^b	0.75 ^{hi}
	sss	19.21 ^a	3.61 ^a	14.68 ^{efghij}	4.79 ^{cde}
	pss	27.47 ^a	3.44 ^a	33.16 ^c	4.35 ^{cd e}
	pstt	13.60 ^a	1.19 ^a	25.47 ^{cdef}	3.94 ^{cdef}

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

* Means with the similar letters in the each column are not significantly different at p≤0.05.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان ۳ soyg، کنجد se، شنبليله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی- معمولی- دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان ۳ sss، ارزن معمولی- سویا- کنجد pss، ارزن معمولی- کنجد- شنبليله- زنیان pstt pan (common millet), pen (pearl millet), set (foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult. Gorgan 3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

مخلوط ردیفی آکاسیا (*Acacia saligna* L.) و سورگوم افزایش یافته و به تبع آن تخلیه آب خاک نیز بیشتر شد.

ب) کارایی مصرف عناصر غذایی

همان گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، نوع الگوی کشت، تأثیر معنی‌داری بر درصد نیتروژن اندام‌های گیاهی داشت ولی تأثیر نوع منبع تغذیه‌ای بر درصد نیتروژن از نظر آماری معنی‌دار نبود. الگوهای مختلف کشت از نظر درصد نیتروژن برگ و ساقه اختلاف معنی‌داری داشتند. در سال زراعی اول و دوم، شنبلیل و زینان دارای بیشترین درصد نیتروژن برگ به ترتیب معادل ۴/۰۳ و ۳/۴۹ درصد بودند. متوسط نیتروژن گیاه نیز در کلیه الگوهای کشت در طی سال‌های مختلف، متفاوت بود.

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود کارایی مصرف آب با تغییر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت تغییر کرد. البته اختلاف بین تیمارها فقط در سال زراعی دوم معنی‌دار بود. بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب مربوط به تک‌کشتی‌های سویا رقم ویلیامز به میزان ۱۱/۰۳ درصد و ارزن مرواریدی به میزان ۷۱/۴۰ درصد بود.

در سال زراعی دوم، در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بیولوژیکی، در کشت مخلوط سه گونه ارزن با نهاده تغذیه‌ای معدنی به دست آمد. بیشترین کارایی مصرف آب بر حسب عملکرد بذر مربوط به الگوهای مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد و مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، شنبلیل و زینان بود. (جدول ۳). لهما و همکاران (Lehmann et al., 1998) دریافتند که تراکم ریشه‌ای و تمایز مکانی ریشه‌ها در کشت

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر نیتروژن برگ، ساقه و متوسط نیتروژن موجود در گیاه در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵

Table 5- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on nitrogen of leaf, stem and average of plant nitrogen in 2005-2006 and 2006-2007

میانگین مربعات Mean of square							درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
2006-2007			2006-2007					
متوسط نیتروژن گیاه (درصد) Average of plant nitrogen (%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	متوسط نیتروژن گیاه (درصد) Average of plant nitrogen (%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)			
0.58 ^{ns}	0.08 ^{ns}	1.46 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.47 ^{ns}	2	بلوک Block	
0.24 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.28 ^{ns}	1	نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	
0.59	0.04	1.00	0.19	1.04	0.34	2	خطای ۱ Error 1	
2.24 ^{**}	0.96 ^{**}	2.07 ^{**}	1.34 ^{**}	1.82 ^{**}	3.42 ^{**}	12	الگوی کاشت Planting systems	
0.43 ^{ns}	0.21 ^{ns}	1.05 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.95 [*]	0.52 ^{ns}	12	منبع تغذیه‌ای×الگوی کاشت Planting systems×nutrient resource	
0.28	0.24	0.73	0.33	0.48	0.57	48	خطای ۲ Error 2	

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

** : significant at $\alpha=0.01$ probability level, * : significant at $\alpha=0.05$ probability level and ns: no significant

در سال زراعی اول، بیشترین درصد نیتروژن در الگوهای تک کشتی شنبليله (۲/۵۹)، زنیان (۲/۷۴) و سویا رقم ویلیامز (۲/۲۱) و کشت مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبليله و زنیان به دست آمد. در سال زراعی دوم نیز تک کشتی شنبليله بیشترین درصد نیتروژن (۳/۵۰ درصد) را دارا بود. در هر دو سال زراعی در بین الگوهای مخلوط مورد بررسی، بیشترین درصد نیتروژن در الگوی مخلوط چهارگونه ارزن، کنجد، شنبليله و زنیان مشاهده شد (جدول ۶). نتایج نشان داد که در کلیه تیمارها، درصد نیتروژن برگ بیشتر از ساقه بود. دلیل این امر وجود آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز در برگها جهت فتوسنتز است که نیتروژن یکی از عناصر غذایی لازم در ساخت این آنزیم می باشد. اسونجاک و رنجل (Svečnjak & Renjel, 2006) در بررسی مصرف نیتروژن توسط اندامهای مختلف وارپته های کلزا (*Brassica napus L.*) دریافتند که اختلاف معنی داری بین ارقام از نظر میزان نیتروژن در اندامهای مختلف وجود داشت و پهنک های جوان در مقایسه با ساقه های وارپته های مختلف کلزا

دارای محتوای نیتروژن بیشتری بودند.

میانگین تغییرات درصد نیتروژن گیاهان در لایه های مختلف الگوهای کشت مورد بررسی در جدول ۷ نشان داده شده است. در اغلب گیاهان با تغییر ارتفاع گیاهان از پایین به سمت بالای پوشش گیاهی، درصد نیتروژن گیاه افزایش یافت که شاید یکی از دلایل آن وجود برگ های جوان تر با توان فتوسنتزی بالاتر در قسمت های فوقانی گیاه باشد. در الگوی مخلوط ارزن، کنجد، شنبليله و زنیان با نهاده آلی، میزان نیتروژن موجود در گیاهان کنجد و زنیان در مقایسه با تک کشتی افزایش یافت اما درصد نیتروژن موجود در اندام های مختلف گیاه شنبليله کاهش یافت. یکی از دلایل افزایش درصد نیتروژن کنجد و زنیان در مخلوط، مجاورت آن ها با گیاه تثبیت کننده نیتروژن می باشد. حضور گیاهان تثبیت کننده نیتروژن علاوه بر افزایش درصد نیتروژن موجود در خاک، با نیاز کمتر این گیاهان به نیتروژن کودی، به افزایش سهم گیاهان دیگر از نیتروژن در دسترس، منجر می شود.

جدول ۶- درصد نیتروژن برگ، ساقه و متوسط نیتروژن گیاهان در الگوهای کشت مختلف در دو سال زراعی
Table 6- Nitrogen percentage of leaf, stem and average of plant nitrogen in different cropping systems in two years

گونه Species	2005-2006			2006-2007		
	متوسط نیتروژن گیاه (درصد) Average of plant nitrogen (%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	متوسط نیتروژن گیاه (درصد) Average of plant nitrogen (%)	نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)
Pan	1.36 ^{c*}	1.38 ^c	1.83 ^{cd}	1.60 ^{de}	1.06 ^c	1.66 ^c
Pen	1.67 ^{bc}	1.51 ^c	1.71 ^{cd}	1.61 ^{de}	1.72 ^{ab}	1.62 ^c
Set	1.38 ^c	1.17 ^c	1.39 ^d	1.28 ^c	1.11 ^{bc}	1.63 ^c
Soyv	2.21 ^{ab}	1.67 ^c	2.62 ^{bc}	2.14 ^{bcd}	2.04 ^a	2.38 ^{abc}
Soys	1.70 ^{bc}	2.57 ^{ab}	2.32 ^{cd}	2.44 ^{bc}	1.33 ^{bc}	2.07 ^{bc}
Soyg	1.75 ^{bc}	1.79 ^{bc}	2.39 ^{cd}	2.09 ^{bed}	1.39 ^{bc}	2.11 ^{bc}
Se	1.58 ^{bc}	1.22 ^c	2.26 ^{cd}	1.74 ^{cde}	1.18 ^{bc}	1.98 ^c
Tri	2.59 ^a	2.96 ^a	4.03 ^a	3.50 ^a	2.03 ^a	3.15 ^{ab}
tra	2.74 ^a	1.97 ^{bc}	3.49 ^{ab}	2.73 ^b	2.15 ^a	3.34 ^a
pps	1.45 ^{bc}	1.14 ^c	1.40 ^d	1.27 ^e	1.21 ^{bc}	1.68 ^c
sss	1.34 ^c	1.22 ^c	2.50 ^c	1.85 ^{cde}	1.07 ^{bc}	1.61 ^c
pss	1.46 ^{bc}	1.55 ^c	2.06 ^{cd}	1.81 ^{cde}	1.17 ^{bc}	1.76 ^c
pstt	2.12 ^{abc}	1.72 ^{bc}	2.34 ^{cd}	2.03 ^{cd}	1.65 ^{abc}	2.58 ^{abc}

* میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the similar letters in the each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان ۳ soyg، کنجد se، شنبليله tri، زنیان tra، ارزن مرواریدی - معمولی - دم روباهی pps، سویا: ویلیامز، سحر، گرگان ۳ sss، ارزن معمولی - سویا - کنجد pss، ارزن معمولی - کنجد - شنبليله - زنیان pstt pan (common millet), pen (pearl millet), set (foxtail millet), soyv (soybean, cult. Viliams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult. Gorgan 3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

جدول ۷- تغییرات درصد نیتروژن در لایه‌های مختلف پوشش گیاهی (میانگین دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵)
 Table 5- Variation of nutrient percentage in different canopy layers in 2005-2006 and 2006-2007

نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	لایه‌ها Layer height (cm)	تک‌کشتی Monoculture											مخلوط سه گونه‌ارزن Intercropping of 3 millet species			مخلوط ارزن-کنجد-سویا Intercropping of millet-sesame-soybean			مخلوط ارزن-کنجد-شنبلیله-زینان Intercropping of millet-fenugreek-ajowan		
		pan	pen	set	soy v	soys	soy g	se	tri	tra	sss	pan	pen	set	pan	soy	se	pan	pan	tri	tra
کود دامی Manure	لایه اول Layer 1	2.16	0.36	0.45	1.29	0.51	1.23	1.00	1.34	3.05	0.10	1.11	1.44	0.06	0.75	0.94	-	1.05	1.05	1.99	2.71
	لایه دوم Layer 2	1.96	1.77	0.52	1.94	1.33	1.11	1.11	5.16	3.50	0.70	1.94	1.32	0.67	0.75	1.38	-	1.17	1.17	3.83	3.81
	لایه سوم Layer 3	2.67	1.97	0.54	2.25	1.54	1.31	3.22	-	3.61	0.033	2.34	1.53	1.14	1.09	1.54	-	1.15	1.15	3.93	3.66
	لایه چهارم Layer 4	1.72	2.06	1.41	2.46	1.74	2.64	3.27	-	3.68	1.26	1.55	1.45	0.72	2.63	1.71	-	1.99	1.99	-	4.70
	لایه پنجم Layer 5	-	2.24	-	2.66	-	-	-	-	-	-	-	2.01	1.57	-	-	-	-	-	-	-
	لایه ششم Layer 6	-	2.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کود شیمیایی Chemical fertilizer	لایه اول Layer 1	1.58	1.82	1.29	1.49	0.43	1.00	1.07	1	2.80	0.18	1.13	1.72	1.47	1.42	1.70	1.55	0.71	0.71	1.14	0.35
	لایه دوم Layer 2	2.43	2.60	2.35	2.27	0.72	2.23	1.50	4.26	3.64	0.56	1.60	1.67	2.02	1.42	1.14	2.14	1.13	1.13	3.24	0.49
	لایه سوم Layer 3	3.40	1.11	2.73	2.57	0.31	3.62	2.22	-	5.04	1.12	0.90	2.33	2.80	1.32	3.01	2.08	2.96	2.96	-	1.24
	لایه چهارم Layer 4	3.56	2.47	2.42	2.82	3.57	2.83	2.59	-	4.49	1.36	1.89	2.62	3.31	1.96	3.46	-	2.74	2.74	-	1.48
	لایه پنجم Layer 5	3.49	2.99	3.60	-	-	-	-	-	-	-	2.95	2.68	3.60	-	-	-	2.85	2.85	-	-
	لایه ششم Layer 6	-	3.04	-	-	-	-	-	-	-	-	2.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* پوشش گیاهی از پایین به سمت بالا می‌پوشد، تقسیم بندی شده.

ارزن معمولی pan، ارزن مرواریدی pen، ارزن دم روباهی set، سویا- رقم ویلیامز soyv، سویا- رقم سحر soys، سویا- رقم گرگان soyg3، کنجد se، شنبلیله tri، زینان tra، ارزن مرواریدی معمولی - دم روباهی pps، سویا، ویلیامز، سحر، گرگان 3 sss، ارزن معمولی - سویا-کنجد pss، ارزن معمولی - کنجد- شنبلیله- زینان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set (foxtail millet), soyv (soybean, cult. Williams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult. Gorgan3), se (sesame), tri (fenugreek), tra (ajowan), pps (3 Millet species), sss (3 soybean varieties), pss (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کشت بر مقدار کل و کارایی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو سال زراعی ۱۳۸۴-۸۵ و ۱۳۸۵-۸۶
 Table 8- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on the total amount and absorption of N, P and K.s in 2005-2006 and 2006-2007

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میزان عناصر غذایی گیاه (گرم در مترمربع) Amount of nutrient per plant (g.m ²)				میانگین مریعات در سال زراعی ۱۳۸۴-۸۵ Mean of square during growing season of 2005-2006			
		نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium	میانگین مریعات در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ Mean of square during growing season of 2006-2007	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium	کارایی جذب (گرم بر گرم) Absorption efficiency (g.g ⁻¹)
بلوک Block	2	72.82 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	
نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	1	0.11 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	
خطای ۱ Error 1	2	46.23	0.002	0.016	0.002	0.000	0.002	0.002	
الگوی کاشت Planting systems	12	250.53 ^{**}	0.002 [*]	0.017 [*]	0.003 ^{**}	0.000 ^{**}	0.001 [*]	0.001 [*]	
منبع تغذیه‌ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource	12	105.56 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	
خطای ۲ Error 2	48	91.90	0.001	0.008	0.001 ^{ns}	0.000	0.001	0.001	
بلوک Block	2	0.90 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	
نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	1	25.22 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	
خطای ۱ Error 1	2	65.43	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	
الگوی کاشت Planting systems	12	79.05 ^{**}	0.002 ^{**}	0.003 ^{**}	0.003 ^{**}	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}	
منبع تغذیه‌ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource	12	34.49 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	
خطای ۲ Error 2	48	19.18	0.000	0.001	0.001 ^{ns}	0.000	0.001	0.000	

** : significant at α=0.01 probability level, * : significant at α=0.05 probability level and ns: no significant

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر نوع منبع تغذیه‌ای و الگوی کشت بر کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو سال زراعی ۱۳۸۴-۸۵ و ۱۳۸۵-۸۶
 Table 9- Variance analysis of nutrient resource and planting system effect on N, P and K use efficiency in 2005-2006 and 2006-2007

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کارایی مصرف (گرم ماده خشک بر گرم عناصر غذایی در محیط) Nutrient use efficiency based on dry weight			کارایی مصرف (گرم دانه بر گرم عناصر غذایی موجود در محیط) Nutrient use efficiency based on seed yield		
		نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium
Mean of square during growing season of 2005-2006							
بلوک Block	2	10.40 ^{ns}	554.56 ^{ns}	536.20 ^{ns}	356.14 ^{ns}	19002.20 ^{ns}	18375.08 ^{ns}
نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	1	1.12 ^{ns}	59.60 ^{ns}	57.62 ^{ns}	76.57 ^{ns}	4080.90 ^{ns}	3946.34 ^{ns}
خطای ۱ Error 1	2	5.42	289.59	280.10	156.23	8332.88	8057.42
الگوی کاشت Planting systems	12	17.49**	932.46**	901.66**	232.85**	12418.19**	12007.76**
منبع تغذیه‌ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource	12	1.97 ^{ns}	105.11 ^{ns}	101.61 ^{ns}	73.82 ^{ns}	3936.25 ^{ns}	3806.23 ^{ns}
خطای ۲ Error 2	48	3.25	173.59	167.83	43.65	2327.48	2250.66
Mean of square during growing season of 2006-2007							
بلوک Block	2	2.24 ^{ns}	48.17 ^{ns}	42.94 ^{ns}	6.00 ^{ns}	131.72 ^{ns}	117.61 ^{ns}
نوع منبع تغذیه‌ای Nutrient resource	1	12.79 ^{ns}	273.47 ^{ns}	244.23 ^{ns}	414.23 ^{ns}	9091.01 ^{ns}	9116.14 ^{ns}
خطای ۱ Error 1	2	2.33	49.70	44.41	33.59	737.62	658.33
الگوی کاشت Planting systems	12	15.17**	324.79**	289.99**	457.25**	10039.01**	8961.19**
منبع تغذیه‌ای × الگوی کاشت Planting systems × nutrient resource	12	5.88**	125.81**	112.33**	77.55**	1702.08**	1519.51**
خطای ۲ Error 2	48	1.06	22.79	20.34	21.42	470.40	419.93

** : significant at $\alpha=0.01$ probability level, * : significant at $\alpha=0.05$ probability level and ns: no significant

ns: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، * : معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: معنی‌دار

جدول ۱۰- میزان، کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی در الگوهای کشت مختلف در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴
 Table 10- Amount, absorption and use efficiency of nutrient in different cropping systems in 2005-2006

گونه Species	میزان عناصر غذایی در گیاه (گرم در مترمربع) Amount of nutrient in plant (g.m ⁻²)			کارایی جذب عناصر غذایی (گرم بر گرم) Absorption efficiency (g.g ⁻¹)			کارایی مصرف عناصر غذایی (گرم دانه بر گرم) Nutrient use efficiency based on seed yield (g.g ⁻¹)			کارایی مصرف (گرم ماده خشک بر گرم عناصر غذایی موجود در خاک و کود) Nutrient use efficiency based on dry weight (g.g ⁻¹)		
	نیترژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیترژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیترژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیترژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
Pan	8.265 ^{abcd}	0.015 ^c	0.068 ^{bc}	0.337 ^{abcd}	0.005 ^b	0.020 ^{ab}	1.710 ^{bc}	12.480 ^{bc}	12.270 ^{bc}	19.500 ^{abc}	142.400 ^{abc}	140.000 ^{abc}
Pen	1.488 ^d	0.003 ^c	0.013 ^c	0.060 ^d	0.000 ^b	0.003 ^b	0.563 ^c	4.118 ^c	4.050 ^c	8.440 ^{de}	61.630 ^{de}	60.610 ^{de}
Set	2.518 ^{cd}	0.008 ^c	0.031 ^c	0.101 ^d	0.000 ^b	0.010 ^b	5.107 ^a	37.290 ^a	36.670 ^a	16.930 ^{bcd}	123.600 ^{bcd}	121.600 ^{bcd}
Soyv	18.020 ^{abc}	0.025 ^{bc}	0.115 ^{abc}	0.733 ^{abc}	0.006 ^{ab}	0.035 ^{ab}	5.360 ^a	39.150 ^a	38.500 ^a	17.560 ^{bc}	128.200 ^{bc}	126.100 ^{bc}
Soys	10.240 ^{abcd}	0.020 ^{bc}	0.070 ^{bc}	0.417 ^{abcd}	0.003 ^b	0.021 ^{ab}	3.217 ^{ab}	23.470 ^{ab}	23.080 ^{ab}	17.110 ^{bcd}	124.900 ^{bcd}	122.900 ^{bcd}
Soyg	11.580 ^{abcd}	0.018 ^{bc}	0.088 ^{abc}	0.468 ^{abcd}	0.005 ^b	0.025 ^{ab}	5.300 ^a	38.690 ^a	38.040 ^a	26.860 ^a	196.200 ^a	192.900 ^a
Se	7.710 ^{bcd}	0.030 ^{abc}	0.065 ^{bc}	0.313 ^{bcd}	0.008 ^{ab}	0.018 ^{ab}	1.587 ^{bc}	11.570 ^{bc}	11.380 ^{bc}	11.060 ^{de}	80.760 ^{de}	79.420
Tri	12.790 ^{abcd}	0.010 ^c	0.052 ^{bc}	0.520 ^{abcd}	0.003 ^b	0.015 ^b	2.395 ^{bc}	17.480 ^{bc}	17.190 ^{bc}	13.250 ^{cd}	96.760 ^{cd}	95.130 ^{cd}
tra	4.353 ^d	0.013 ^c	0.028 ^c	0.178 ^d	0.002 ^b	0.007 ^b	0.623 ^c	4.550 ^c	4.473 ^c	3.818 ^c	27.890 ^c	27.420 ^c
pps	13.860 ^{abcd}	0.030 ^{abc}	0.115 ^{abc}	0.562 ^{abcd}	0.008 ^{ab}	0.033 ^{ab}	1.528 ^{bc}	11.150 ^{bc}	10.970 ^{bc}	18.880 ^{abc}	173.900 ^{abc}	135.600 ^{abc}
sss	5.845 ^{cd}	0.033 ^{abc}	0.075 ^{bc}	0.238 ^{cd}	0.010 ^{ab}	0.020 ^{ab}	3.360 ^{ab}	24.510 ^{ab}	24.110 ^{ab}	16.910 ^{bcd}	123.500 ^{bcd}	121.500 ^{bcd}
pss	20.340 ^{ab}	0.060 ^{ab}	0.195 ^a	0.825 ^{ab}	0.018 ^a	0.058 ^a	2.622 ^{bc}	19.150 ^{bc}	18.830 ^{bc}	25.040 ^{ab}	182.800 ^{ab}	179.800 ^{ab}
pstt	21.130 ^a	0.067 ^a	0.161 ^{ab}	0.858 ^a	0.018 ^a	0.047 ^{ab}	1.252 ^{bc}	9.155 ^{bc}	9.002 ^{bc}	14.290 ^{cd}	104.400 ^{cd}	102.600 ^{cd}

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

* Means with the similar letters in the each column are not significantly different at p<0.05.

ارزن معمولی pan, ارزن مرواریدی pen, ارزن دم روهی set, رقم سویا- سویا- ویلیامز soyv, رقم سحر soys, رقم گرگان soyg, کتجد se شنبلیله tra, ارزن مرواریدی- معمولی- دم روهی pps, سویا: ویلیامز, سحر, گرگان ۳ sss, ارزن معمولی- سویا- کتجد- معمولی- کتجد- شنبلیله- زبان pstt

pan (common millet), pen (pearl millet), set (foxtail millet), soyv (soybean, cult. Williams), soys (soybean, cult. Sahar), soyg (soybean, cult. Gorgan 3), se (sesame), tra (fenugreek), pps (common millet, soybean, sesame) and pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan).

بیشترین کارایی مصرف عناصر غذایی را داشت. با محاسبه کارایی مصرف عناصر غذایی بر حسب عملکرد بیولوژیکی، تک‌کشتی سویای دیررس در بین تک‌کشتی‌ها و کشت‌های مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط سه گونه ارزن، در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، بیشترین کارایی مصرف را نشان دادند (جدول ۱۰). در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ بیشترین میزان نیتروژن در واحد سطح در تیمار تک‌کشتی زنیان مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تک‌کشتی‌های ارزن معمولی، ارزن مرواریدی، سویا رقم گرگان ۳ و شنبلیله و کشت‌های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا، کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان نداشت. به طور کلی برترین الگوی مخلوط از نظر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بافت گیاهی در واحد سطح، مخلوط سه واریته سویا و مخلوط ارزن، سویا و کنجد بود (جدول ۱۱).

کشت‌های مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان دارای کارایی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. از نظر کارایی جذب پتاسیم نیز مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد بهتر از دیگر کشت‌های مخلوط عمل کرد. کارایی مصرف عناصر غذایی، بر حسب عملکرد دانه در گیاهان و الگوهای مختلف کشت متفاوت بود. بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر حسب عملکرد دانه در تک‌کشتی سویا واریته ویلیامز به مقادیر ۵/۶۲، ۲۶/۰۲ و ۲۴/۵۸ گرم عملکرد دانه بر گرم عناصر غذایی موجود در کود و خاک مشاهده شد. در بین الگوهای مخلوط، کشت مخلوط سه واریته سویا، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان از نظر کارایی مصرف عناصر غذایی، اختلاف معنی‌داری با هم نداشته و برتر از مخلوط سه گونه ارزن عمل کردند (جدول ۱۱). از نتایج حاصله می‌توان اظهار داشت که کشت مخلوط ارزن، سویا و کنجد از نظر میزان و کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی بهتر از دیگر تیمارهای مخلوط عمل کرد. افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی ممکن است از این طریق قابل توصیف باشد که دو گونه در مخلوط برای منابع غذایی یکسان رقابت نکرده و ساختار ریشه و فنولوژی گیاهان منجر به حالت تکمیل‌کنندگی در تسخیر منابع می‌شود (Haugaard-Nielsen et al., 2001a; Haugaard-Nielsen et al., 2001 b; Vandermeer, 1998).

نتایج نشان داد که درصد نیتروژن گیاهی در الگوهای مختلف تک‌کشتی و مخلوط، با اعمال نهاده معدنی در مقایسه با نهاده آلی افزایش یافت. بدیهی است با افزایش نیتروژن در دسترس از طریق نهاده معدنی، جذب نیتروژن و به تبع آن درصد نیتروژن بافت‌های گیاهی افزایش می‌یابد، در صورتی که نهاده آلی، عناصر غذایی نظیر نیتروژن را به صورت تدریجی رها و وارد محیط خاک می‌کند.

در هر دو سال آزمایش، نوع منبع تغذیه‌ای بر کارایی مصرف عناصر غذایی تأثیر معنی‌داری نداشت ولی اثر نوع الگوی کاشت بر این پارامترهای مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول‌های ۸ و ۹). همان گونه که در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود در سال زراعی ۱۳۸۴-۱۳۸۵ میزان عناصر غذایی در بافت گیاه بسته به نوع الگوی کشت متفاوت بود. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان به ترتیب به میزان ۲۱/۱۳، ۰/۰۷ و ۰/۱۶ گرم در مترمربع مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط سه گونه ارزن، سویا و کنجد نداشت. در بین تک‌کشتی‌های مختلف، بیشترین کارایی جذب نیتروژن مربوط به تک‌کشتی‌های سه واریته سویا، ارزن معمولی و شنبلیله بود. در بین الگوهای مخلوط نیز کشت مخلوط سه گونه ارزن، مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط چهار گونه ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان بیشترین کارایی جذب نیتروژن را نشان دادند. همچنین کلیه کشت‌های مخلوط مورد بررسی، دارای بیشترین کارایی جذب فسفر و پتاسیم بوده و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. زومیگالسکی و وان-ایگر (Szumigalski & Van Acker, 2006) اظهار داشتند که کشت‌های مخلوط گندم-کلزا-نخود و کلزا-نخود، کارایی استفاده از نیتروژن بالاتری در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از اجزاء داشتند. هاگارد-نیلسن و همکاران (Nielsen et al., 2006) در بررسی تک‌کشتی و کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود در سه تراکم و با دو فراوانی نسبی گزارش کردند که تراکم گیاهی تأثیری بر جذب نیتروژن موجود در خاک نداشت اما با افزایش فراوانی نسبی نخود در مخلوط، جذب نیتروژن از خاک به علت تثبیت نیتروژن توسط نخود کاهش یافت.

در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴، در بین تک‌کشتی‌ها، بیشترین کارایی مصرف عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر حسب عملکرد دانه، مربوط به تک‌کشتی‌های سه واریته سویا و ارزن دم‌روباهی بود. کشت مخلوط سه واریته سویا نیز در بین مخلوط‌های مورد بررسی،

جدول ۱۲ - کارایی مصرف نیتروژن ازن معمولی، مرواریدی و دم رویی در الگوهای کشت مختلف در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵
 Table 12- Nitrogen use efficiency in common millet, foxtail millet and pearl millet in different cropping systems in 2005-2006 and 2006-2007

گونه Species	2005-2006			2006-2007		
	Monoculture	pps	psst	Monoculture	pps	psst
نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)						
ارزن معمولی Common millet	1.66 ^{ab*}	2.22 ^a	1.78 ^{ab}	1.83 ^a	1.56 ^a	1.95 ^a
ارزن مرواریدی Pearl millet	1.54 ^a	1.52 ^a	-	1.70 ^a	1.70 ^a	-
ارزن دم رویی Foxtail millet	1.63 ^a	1.45 ^a	-	1.39 ^a	1.06 ^a	-
نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)						
ارزن معمولی Common millet	1.06 ^b	1.61 ^a	1.66 ^a	1.38 ^{ab}	1.85 ^a	1.18 ^b
ارزن مرواریدی Pearl millet	1.84 ^a	1.10 ^b	-	1.04 ^b	1.36 ^a	-
ارزن دم رویی Foxtail millet	1.1 ^a	0.87 ^a	-	1.17 ^a	0.72 ^a	-
میزان نیتروژن گیاه (گرم در مترمربع) Amount of plant nitrogen (g.m ⁻²)						
ارزن معمولی Common millet	8.27 ^a	9.98 ^a	12.80 ^a	9.00 ^a	0.92 ^b	2.13 ^b
ارزن مرواریدی Pearl millet	1.42 ^a	2.56 ^a	-	5.49 ^b	6.71 ^a	-
ارزن دم رویی Foxtail millet	2.52 ^a	1.39 ^a	-	2.01 ^a	0.60 ^a	-
کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) Nitrogen absorption efficiency (g.g ⁻¹)						
ارزن معمولی Common millet	0.34 ^a	0.41 ^a	0.52 ^a	0.35 ^a	0.03 ^b	0.09 ^b
ارزن مرواریدی Pearl millet	0.06 ^a	0.10 ^a	-	0.37 ^a	0.10 ^b	-
ارزن دم رویی Foxtail millet	0.10 ^a	0.06 ^a	-	0.08 ^a	0.03 ^a	-
کارایی مصرف نیتروژن (بر حسب عملکرد دانه) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on seed yield (g.g ⁻¹)						
ارزن معمولی Common millet	1.71 ^a	0.86 ^b	0.74 ^b	1.08 ^a	0.34 ^b	0.66 ^{ab}
ارزن مرواریدی Pearl millet	0.56 ^a	0.21 ^a	-	0.00 ^a	0.00 ^a	-
ارزن دم رویی Foxtail millet	5.11 ^a	0.45 ^a	-	2.96 ^a	0.16 ^b	-
کارایی مصرف نیتروژن (بر حسب عملکرد بیولوژیک) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on biological yield (g.g ⁻¹)						
ارزن معمولی Common millet	19.50 ^a	8.04 ^b	10.84 ^b	17.17 ^a	7.51 ^c	8.66 ^c
ارزن مرواریدی Pearl millet	8.44 ^a	4.94 ^b	-	37.40 ^a	13.80 ^b	-
ارزن دم رویی Foxtail millet	16.93 ^a	5.89 ^b	-	15.84 ^a	0.81 ^b	-

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر سطر و برای هر سال زراعی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the similar letters in the each row and year are not significantly different at p≤0.05.

psst - زینان - شنبلیله - کنجد - ارزن معمولی pps - ارزن معمولی - سویا - کنجد pps - ارزن مرواریدی - معمولی - دم رویی

Psst (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan), pps (common millet, soybean, sesame), pps (3 Millet species)

جدول ۱۳- کارایی مصرف نیتروژن کنگد، سویا، شنبلله و زنیان در الگوهای کشت مختلف در سال‌های زراعی ۱۳۸۴-۸۵ و ۱۳۸۵-۸۶
 Table 13- Nitrogen use efficiency in millet, soybean, sesame and fenugreek in different cropping systems in 2005-2006 and 2006-2007

گونه Species	تک‌کشتی Monoculture			تک‌کشتی Monoculture					
	pps	pss	pstt	pps	pss	pstt			
نیتروژن برگ (درصد) Leaf nitrogen (%)	کنجد Sesame	1.98 ^{b*}	-	2.47 ^a	2.06 ^{ab}	2.26 ^a	-	2.23 ^a	1.99 ^a
	سویا Soybean	2.05 ^a	-	1.46 ^a	-	2.33 ^a	-	3.24 ^a	-
	شنبلله Fenugreek	3.15 ^a	-	-	-	4.03 ^a	-	-	3.17 ^b
	زنیان Ajowan	3.34 ^a	-	-	2.38 ^b	3.49 ^a	-	-	2.74 ^a
	کنجد Sesame	1.18 ^a	-	1.1 ^a	1.58 ^a	1.22 ^a	-	0.89 ^a	1.30 ^a
نیتروژن ساقه (درصد) Stem nitrogen (%)	سویا Soybean	1.28 ^a	-	1.00 ^a	-	2.92 ^a	-	1.52 ^a	-
	شنبلله Fenugreek	2.03 ^a	-	-	1.87 ^a	2.96 ^a	-	-	2.68 ^a
	زنیان Ajowan	2.15 ^a	-	-	1.49 ^b	1.97 ^a	-	-	1.37 ^a
	کنجد Sesame	7.71 ^a	-	6.40 ^a	2.29 ^b	2.75 ^a	-	0.73 ^a	1.57 ^a
	سویا Soybean	8.31 ^a	-	8.51 ^a	-	5.29 ^a	-	2.76 ^a	-
میزان نیتروژن کل (گرم در مترمربع) Amount of nitrogen (g.m ⁻²)	شنبلله Fenugreek	12.79 ^a	-	-	5.74 ^a	12.68 ^a	-	-	5.58 ^a
	زنیان Ajowan	4.35 ^a	-	-	0.29 ^b	13.56 ^a	-	-	0.98 ^b
	کنجد Sesame	0.31 ^a	-	0.26 ^a	0.09 ^b	0.11 ^a	-	0.03 ^a	0.06 ^a
	سویا Soybean	0.34 ^a	-	0.35 ^a	-	0.21 ^a	-	0.11 ^b	-
	شنبلله Fenugreek	0.52 ^a	-	-	-	0.50 ^a	-	-	0.22 ^a
کارایی جذب نیتروژن (گرم بر گرم) Nitrogen absorption efficiency (g.g ⁻¹)	زنیان Ajowan	0.17 ^a	-	-	0.01 ^b	0.53 ^a	-	-	0.04 ^b
	کنجد Sesame	1.59 ^a	-	0.03 ^b	0.11 ^b	1.36 ^a	-	0.03 ^b	0.03 ^b
	سویا Soybean	3.06 ^a	-	1.83 ^a	-	1.89 ^a	-	1.40 ^a	-
	شنبلله Fenugreek	2.40 ^a	-	-	0.26 ^b	4.06 ^a	-	-	2.23 ^a
	زنیان Ajowan	0.62 ^a	-	-	0.14 ^b	0.76 ^a	-	-	0.22 ^b
کارایی مصرف نیتروژن (بر حسب عملکرد دانه) (گرم بر گرم) Nitrogen use efficiency based on seed yield (g.g ⁻¹)	کنجد Sesame	11.06 ^a	-	1.87 ^b	1.44 ^b	7.96 ^a	-	1.38 ^b	1.40 ^b
	سویا Soybean	16.39 ^a	-	7.05 ^b	-	9.63 ^a	-	5.95 ^a	-
	شنبلله Fenugreek	13.25 ^a	-	-	1.12 ^b	12.86 ^a	-	-	8.71 ^a
	زنیان Ajowan	3.82 ^a	-	-	0.89 ^b	12.07 ^a	-	-	0.99 ^b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر سطر و برای هر سال زراعی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the similar letters in the each row and year are not significantly different at $p \leq 0.05$.

ارزن مرواریدی- معمولی- دم روباهی pps، ارزن معمولی- سویا- کنگد pss، ارزن معمولی- کنگد- شنبلله- زنیان pstt

pstt (intercropping of millet, sesame, fenugreek, ajowan), pss (common millet, soybean, sesame), pps (3 Millet species)

نتایج حاکی از آن است که ارزن معمولی دارای میزان نیتروژن و کارایی جذب و مصرف متفاوتی در الگوهای تک‌کشتی و مخلوط بود. میزان نیتروژن در کشت‌های مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی ارزن معمولی کاهش یافت البته اختلاف مخلوط ارزن، سویا و کنگد با تک‌کشتی ارزن معنی‌دار نبود. تک‌کشتی ارزن معمولی دارای کارایی جذب و مصرف نیتروژن بالاتری نسبت به کشت‌های مخلوط بود. این روند تغییرات در مورد گیاهان ارزن دم روباهی و ارزن مرواریدی نیز

واندرمیر (Vandermeer, 1989) گزارش کرد که در اغلب کشت‌های مخلوط بقولات و غیر بقولات مورد بررسی، میزان نیتروژن گیاهان، بیشتر از کشت‌های خالص بود که بیانگر اثر هم‌افزایی (سینرژیستی) در کشت‌های مخلوط بود. زومیگالسکی و وان-ایکر (Szumigalski & Van Acker, 2006) اظهار داشتند که کشت مخلوط گندم، کلزا و نخود کارایی مصرف نیتروژن بالاتری در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از اجزاء داشت.

عملکرد بیولوژیکی و بذر این گیاهان در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی به علت تراکم بوته‌های کمتر و بوته‌های ضعیف‌تر باشد.

نتیجه‌گیری

در بین کشت‌های مخلوط مورد بررسی، مخلوط سه‌گونه ارزن بیشترین کارایی مصرف آب را بر حسب عملکرد بیولوژیکی داشت. برترین الگوی مخلوط از نظر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بافت گیاهی در واحد سطح، مخلوط سه‌وارپته سویا و مخلوط ارزن، سویا و کنجد بود. به طور کلی، با انتخاب صحیح گیاهان در کشت‌های مخلوط و یا در تناوب‌های زراعی در سیستم‌های تک-کشتی و افزایش تنوع گیاهان زراعی علاوه بر استفاده از مزایای مختلف تنوع زیستی در بوم‌نظام، می‌توان از نهاده‌های موجود نیز بهتر استفاده نمود.

مشاهده شد (جدول ۱۲). البته لی و همکاران (Li et al., 2001) به نتایج متفاوتی دست یافتند. نامبرندگان اظهار داشتند که عملکرد و جذب نیتروژن در گندم، سویا و ذرت، در کشت‌های مخلوط به طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص بود. بومان و همکاران (Baumann et al., 2001) گزارش کردند که جذب نیتروژن در کشت مخلوط کرفس (*Apium graveolens* L.) و تره‌فرنگی (*Allium ampeloprasum* L.) در مقایسه با تک‌کشتی کرفس تفاوتی نداشت. در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴، در گیاه کنجد، با تغییر الگوی کشت از تک‌کشتی به مخلوط، درصد نیتروژن برگ افزایش یافت ولی این برتری در سال دوم حاصل نشد. در کنجد، سویا، شنبلیل و زنیان، میزان نیتروژن در واحد سطح، کارایی جذب و مصرف نیتروژن بر حسب عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیکی در تک‌کشتی این گیاهان بیشتر از الگوهای مخلوط بود (جدول ۱۳). شاید دلیل این امر کاهش

منابع

- Alizadeh, A., and Kamali, G.A. 2007. Water Needs of Plants in Iran. Imam Reza Publications, Mashhad, Iran 228 pp. (In Persian)
- Baumann, D.T., Bastiaans, L., and Kropff, M.J. 2001. Composition and crop performance in a leek-celery intercropping system. *Crop Science* 41: 764-774.
- Caviglia, O.P., Sadras, V.O., and Andrade, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas, I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean. *Field Crops Research* 87: 117-129.
- Graham, P.H., and Vance, C.P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: a over view of research and extension needs. *Field Crops Research* 65:23-106.
- Haugaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001a. Interspecific competition N use and interference with weeds in pea- barley intercropping. *Field Crops Research* 70: 101-109.
- Haugaard-Nielsen, H., Ambus, P., Jensen, E.S. 2001b. Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea-barley intercrops—a field study employing P-32 technique. *Plant and Soil* 236: 63-74.
- Haugaard-Nielsen, H., Andersen, M.K., Jørnsgaard, B., and Jensen, E.S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. *Field Crops Research* 95: 256-267.
- Hulugalle, N.R., and Lal, R. 1986. Soil water balance of intercropped maize and cowpea grown in tropical hydromorphic soil Western Nigeria. *Agronomy Journal* 74: 86-90.
- Lal, R. 2000. Soil management in the developing countries. *Soil Science* 105: 57-72.
- Lehmann, J., Peter, I., Steglich, C., Gebauer, G., Huwe, B., and Zech, W. 1998. Below-ground interactions in dryland agroforestry. *Forest Ecology and Management* 111: 157-169.
- Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S. and Rengel, Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: 1. yield advantage and interspecific interactions on nutrient. *Field Crops Research* 123-137.
- Mannion, A.M. 1995. Biodiversity, biotechnology and business. *Environmental Conservation* 22: 201-210.
- Nassiri, M., and Elgersma, A. 2002. Effects of nitrogen on leaves, dry matter allocation and regrowth dynamics in *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. in pure and mixed swards. *Plant and Soil* 249: 107-121.
- Neumann, A., Schmidtke, K., and Rauber, R. 2007. Effects of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat. *Field Crops Research* 100: 285-293.
- Ofori-Budu, K.G., Noumura, K., and Fujita, K. 1995. N₂ fixation, N transfer and biomass production of soybean cv. Bragg or its super nodulating nts1007 and sorghum mixed-cropping at two rates of N fertilizer. *Soil Biology and*

- Biochemistry 27: 311-317.
- Rangasamy, A., Krishnamurthi, V.V., Rajkannan, B., Iruthagaraj, M.R., and Ajyaswamy, M. 1988. Intercropping of rows of green gram in cotton. *Seed and Farmers* 14: 20-23.
- Svečnjak, Z., and Renjel, Z. 2006. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. *Field Crops Research* 97: 221-226.
- Szumigalski, A.R., and Van Acker, R.C. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. *Agronomy Journal* 98: 1030-1040.
- Tengberg, A., Ellis-Jones, J., Kiome, R., and Stocking, M. 1998. Applying the concept of agrodiversity to indigenous soil and water conservation practices in eastern Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 70: 259-272.
- Vandermeer, J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge 237 pp.
- Vandermeer, J., Van Noordwijk, M., Anderson, J., Ong, C., and Perfecto, I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 67: 1-22.
- Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. *Physics and Chemistry of the Earth* 28: 919-926.
- Whitmore, A.P., and Schröder, J.J. 2007. Intercropping reduces nitrate leaching from under field crops without loss of yield: A modelling study. *European Journal of Agronomy* 27: 81-88.
- Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil* 248: 305-312.

بررسی اثر تلقیح با میکوریزا و حجم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس دو گونه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و زنیان (*Trachyspermum ammi* L.)

علیرضا کوچکی^{۱*}، جواد شباهنگ^۲، سرور خرم‌دل^۳ و فرزاد نجفی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۵/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر تلقیح با میکوریزا و سطوح مختلف آبیاری بر رشد، عملکرد کمی و کیفی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تلقیح با میکوریزا در دو سطح (با تلقیح و بدون تلقیح) و حجم‌های آبیاری در سه سطح (۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار) به ترتیب به عنوان فاکتور اول و دوم در نظر گرفته شدند. صفات مورد بررسی شامل اجزای عملکرد (از جمله تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و درصد اسانس هر دو گونه بود. نتایج نشان داد که اثر ساده تلقیح با میکوریزا و حجم‌های آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، اجزای عملکرد، درصد اسانس و عملکرد اسانس رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود. در شرایط تلقیح با میکوریزا عملکرد بیولوژیکی رازیانه و زنیان به ترتیب ۵/۰۳ و ۴/۳ گرم بر مترمربع بود. همچنین همزیستی با قارچ میکوریزا موجب بهبود عملکرد دانه رازیانه و زنیان به ترتیب به میزان ۴۶ و ۹۷ درصد در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تلقیح با میکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود. بیشترین و کمترین عملکرد دانه رازیانه و زنیان به ترتیب برای حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۱/۶ و ۰/۹ گرم بر مترمربع) و ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۱/۴ و ۰/۷ گرم بر مترمربع) به دست آمد. بیشترین میزان اسانس رازیانه و زنیان (به ترتیب با ۴/۰ و ۳/۴ درصد) در حجم آبیاری ۱۰۰۰ مترمکعب و کمترین میزان آن در حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۳/۲ و ۲/۹ درصد) مشاهده شد. اثر متقابل حجم‌های آبیاری و تلقیح با قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و برخی اجزای عملکرد رازیانه (تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد چتر در شاخه جانبی، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک) و زنیان (تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه) معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود. تلقیح با میکوریزا به دلیل تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای باعث فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر گردید که در نتیجه بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد را به دنبال داشت. افزایش حجم آبیاری با بهبود رشد رویشی و سطح فتوسنتز کننده باعث افزایش سرعت فتوسنتز و بهبود سطح برگ شد.

واژه‌های کلیدی: کود بیولوژیکی، گیاه دارویی، همزیستی

مقدمه

بیماری‌های مختلف استفاده می‌شدند (Lupez-Lutz et al., 2008). امروزه تقاضا برای گیاهان دارویی در طب سنتی و مدرن در حال افزایش است (Hecl & Susrikova, 2006). بنابر گزارش سازمان بهداشت جهانی امروزه بیش از ۸۰ درصد مردم جهان برای درمان بیماری‌های مختلف به طب سنتی وابسته می‌باشند. از جمله دلایل مهم اهمیت گیاهان دارویی می‌توان به عدم امکان تولید بسیاری از مواد مؤثره گیاهی با استفاده از روش‌های مصنوعی و نیز عدم وجود تأثیرات جانبی منفی در داروهای گیاهی اشاره نمود (Omidbeygi,

کاشت گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های سنتی ایران بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری نقش مهمی ایفاء کرده‌اند. گیاهان دارویی از زمان‌های دور برای درمان

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی، استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی

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

تنش آب، محتوی اسانس بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) افزایش یافت. هولترز و همکاران (Holtzer et al., 1988) بیان داشتند که گونه‌ها و ژنوتیپ‌های گیاهی و میزان آبیاری (بسته به حجم آب مورد استفاده) می‌توانند اثرات محرک و بازدارنده‌ای بر میزان تولید متابولیت‌های برگ داشته باشند. در این راستا، شبیه و همکاران (Shabih et al., 1999) گزارش نمودند در شرایطی که کمبود رطوبت اثر محدودکنندگی بر رشد و بقای گیاهی نداشته باشد، تولید متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس به وسیله کاهش میزان آبیاری افزایش می‌یابد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که بتوان با استفاده از مدیریت عوامل زراعی به ویژه آبیاری، رشد و تولید کمی و کیفی گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار داد.

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان، بهبود میزان حاصلخیزی خاک می‌باشد. عناصر غذایی نه تنها بر بهبود کمیت محصول از جمله گیاهان دارویی مؤثرند، بلکه کیفیت محصول را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. وجود خواص کاهندگی و هم‌افزایی بین میزان عناصر غذایی در خاک، منجر به بروز تغییراتی در میزان جذب برخی عناصر برای گیاه می‌شود که اغلب اوقات این عناصر برای تولید اسانس و مواد مؤثره در گیاهان دارویی، نامناسب می‌باشند. بنابراین توصیه کودی برای گیاهان دارویی، باید با در نظر گرفتن موارد فوق صورت گیرد، زیرا اگر چه ممکن است استفاده از کودهای مختلف افزایش محصول را موجب گردد، ولی میزان ماده مؤثره را کاهش دهد و یا تغییراتی در اجزای متشکله این مواد ایجاد نماید که در نهایت تأثیر نامطلوبی را بر کیفیت این گیاهان داشته باشد (Omid Beygi, 1995).

یکی از عناصر غذایی ضروری برای بهبود رشد کیفی و کمی گیاهان فسفر می‌باشد. در همین راستا، وانس و همکاران (Vance et al., 2003) بیان داشتند که کمبود فسفر باعث کاهش ۳۰-۴۰ درصدی عملکرد شد. ساردانس و همکاران (Sardans et al., 2005) فراهمی فسفر را بر رشد و گلدهی رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.) بررسی و گزارش نمودند که افزایش فسفر باعث بهبود خصوصیات رشدی این گونه دارویی شده و تأثیر مثبتی بر گلدهی آن داشت. اگر چه استفاده از کودهای شیمیایی می‌تواند باعث بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاهان شود، ولی با توجه به افزایش هزینه‌های تولید، آلودگی‌های زیست محیطی و همچنین تأثیر سوء کودهای شیمیایی بر خصوصیات کیفی گیاهان

(1995). بدین ترتیب، اهمیت گیاهان دارویی به علت وجود متابولیت‌های ثانویه است. میزان این متابولیت‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی، میزان رطوبت و حاصلخیزی خاک می‌باشد (Omid Beygi, 1995). در این میان، نتایج برخی بررسی‌ها (Jones & Corlett, 1992; Munns, 2002) نشان داده است که میزان رطوبت خاک یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌باشد.

از آن‌جا که تأثیر تنش رطوبت بر رشد و نمو گیاهان در تمام مراحل رشد یکسان نیست و برخی از مراحل نسبت به افزایش تنش آب حساس‌تر می‌باشد، لذا تطبیق زمان آبیاری با دوره‌های بحرانی رشد گیاه و استفاده از حجم‌های مناسب آبیاری، برای دستیابی به حداکثر عملکرد ضرورت دارد. آلکایر و همکاران (Alkire et al., 1993) اثر آبیاری زیاد، کم و عدم آبیاری را بر رشد و عملکرد نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L.) بررسی و مشاهده کردند که تنش آبی طول میان‌گره‌ها، ارتفاع گیاه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را کاهش داد. در همین راستا نتایج تحقیقات انجام شده بر روی تعدادی از گیاهان دارویی از جمله زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) (Jangir & Sing, 1996)، گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (Surendra et al., 1994) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Hasani & Omid Beygi, 2002) نیز نشان داده است که آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت. لذا چنین به نظر می‌رسد که آبیاری کافی و به موقع، رشد کامل گیاه را به همراه دارد.

علاوه بر تأثیر زیاد آبیاری بر رشد و عملکرد کمی گیاهان دارویی، نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که به دلیل تأثیر آب بر تحریک تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی، آبیاری و مدیریت آن بر اساس حجم و زمان آبیاری می‌تواند تأثیر به‌سزایی بر خصوصیات کیفی این گیاهان داشته باشد. در همین راستا، نتایج بررسی‌های رزمجو و همکاران (Razmjoo et al., 2008) نشان داد که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات رویشی، زایشی و درصد اسانس بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) معنی‌دار بود. سینگ و همکاران (Sing et al., 2002) کاهش محتوی اسانس گونه دارویی نعنای هندی (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) با افزایش حجم آبیاری را گزارش نمودند. از ترک و همکاران (Ozturk et al., 2004) گزارش نمودند که با افزایش

دارویی، استفاده از کودهای آلی برای بهبود حاصلخیزی خاک ضروری و مفید به نظر می‌رسد.

بدین ترتیب، با توجه به تأثیر منفی کودهای شیمیایی بر کیفیت گیاهان دارویی (Omid Beygi, 1995; Omid Beygi, 1997) و همچنین از آن‌جا که فرآیندهای بیوشیمیایی این گیاهان که تعیین‌کننده کیفیت محصول می‌باشد به میزان زیادی تحت تأثیر میزان رطوبت و عناصر غذایی موجود در خاک می‌باشد (Sardans et al., 2005; Surendra et al., 1994; Vance et al., 2003)، استفاده از انواع نهادهای آلی می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای بوم‌شناختی مؤثر بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی مدنظر قرار گیرد. از جمله حاصلخیزکننده‌های آلی که می‌تواند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد، کودهای زیستی می‌باشند. در بین میکروارگانیسم‌هایی که توانایی همزیستی با گیاهان را دارند، می‌توان به قارچ میکوریزا اشاره کرد.

میکوریزا به عنوان جزء کلیدی در بوم‌نظام‌های زراعی، اثرات مثبتی بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان همزیست دارد. افزایش سطح فعال سیستم ریشه‌ای گیاه برای جذب بهتر مواد غذایی از خاک، به ویژه در شرایط پایین بودن میزان فسفر خاک (Kapoor et al., 2007; et al., 2004; Kapoor et al., 2007) همیود فتوسنتز و عملکرد اسانس (Cardoso & Kuyper, 2006; Copetta et al., 2006; Richter et al., 2005; Morone- et al., 2008; Fortunato & Avato, 2008)، افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان میزبان (Estrada-Luna & Davies, 2003)، افزایش مقاومت نسبت به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی و شوری (Feng et al., 2002; Kothamasi et al., 2001; Pinior et al., 2005)، افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی و محتوای کلروفیل (Cardoso & Kuyper, 2006)، افزایش مقاومت میزبان نسبت به حمله آفات و بیماری‌ها (El-Mougy & Abdel-Kader, 2007; Harrier & Watson, 2004) و بهبود ساختمان خاک (Celik et al., 2004; Oehl et al., 2004) نمونه‌هایی از نقش مثبت این قارچ بر گیاهان همزیست می‌باشد. همزیستی با این قارچ همزیست باعث بهبود وضعیت آبی گیاهان می‌شود، به طوری که این افزایش در بوم‌نظام‌های خشکی نمود بیشتری دارد. برخی محققان، دلیل این بهبود را به کمبود دسترسی به آب و فسفر در این شرایط نسبت داده‌اند (Uhlmann

et al., 2006). دیگر محققان، همچون آنتیونس و همکاران (Antunes et al., 2007) تلقیح با این ریزوموجودات محلول-کننده فسفات را به عنوان راهکاری برای کاهش هزینه و انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی معرفی نموده‌اند. در همین راستا، کوپتا و همکاران (Copetta et al., 2006) نیز گزارش کردند که تلقیح گونه دارویی ریخان با سه گونه قارچ همزیست میکوریزا (*Gigaspora rosea* BEG 9, *Glomus mosseae* BEG 12, *Gigaspora margarita* BEG 34) باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، زیست توده، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و میزان اسانس در مقایسه با شاهد شد. گیوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) نیز با بررسی اثر تلقیح با میکوریزا آرباسکولار-وزیکولار (VAM) گونه *Glomus intraradices* بر کلونیزاسیون ریشه، رشد، عملکرد اسانس و جذب عناصر غذایی ارقام مختلف نعناع (*Mentha arvensis* L.) بیان داشتند که خصوصیات رشدی نظیر ارتفاع و عملکرد ماده خشک و محتوی و درصد اسانس، به طور معنی‌داری تحت تأثیر تلقیح قرار گرفت. آن‌ها با توجه به تخلیه بیشتر عناصر غذایی پرمصرف به ویژه فسفر از محیط ریزوسفر، دلیل این بهبود را به افزایش جذب این عناصر از خاک نسبت دادند.

بنابراین با توجه به موقعیت ایران از نظر اقلیمی، وجود بحران آب در این مناطق و همچنین اهمیت گیاهان دارویی، انجام مطالعه در این زمینه امری اجتناب‌ناپذیر است. از طرف دیگر، با توجه به تأثیر به سزای قارچ میکوریزا بر فراهمی فسفر خاک، توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان و به تبع آن افزایش محتوی آب قابل دسترس، آزمایشی با هدف بررسی اثر حجم‌های مختلف آبیاری و همزیستی میکوریزایی بر خصوصیات رشدی، عملکرد کمی و کیفی دو گونه دارویی رازیانه و زنیان در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا و حجم‌های مختلف آبیاری بر رشد، عملکرد کمی و کیفی دو گونه دارویی رازیانه و زنیان، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی ۲۸° ۵۹' E و عرض جغرافیایی ۳۶° ۱۵' N و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح

ازای هر بوته، در زیر بذرها قرار داده شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهان، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی از یک ماه پس از سبز شدن کامل گیاهان، با توجه به حجم آبیاری تا پایان فصل رشد ادامه یافت. به منظور دستیابی به حجم‌های مورد نظر آب مورد نظر برای هر نوبت آبیاری از کنتور استفاده شد. جهت جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، آبیاری کرت‌ها و بلوک‌ها به طور کاملاً جداگانه انجام گردید. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های هرز در سه نوبت (از مرحله پس از کاشت و به فاصله هر ۱۴ روز یک‌بار) از طریق وجین دستی انجام شد.

عملیات برداشت دو گیاه در زمان زرد شدن برگ‌ها و چترها انجام شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، اجزای عملکرد (شامل تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه) اندازه‌گیری شد و با تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت گیاهان محاسبه گردید.

دریا) در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا شد. در این آزمایش تلقیح با میکوریزا در دو سطح (با تلقیح و بدون تلقیح) و حجم‌های آبیاری در سه سطح (۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار) به ترتیب به عنوان عامل اول و دوم در نظر گرفته شدند.

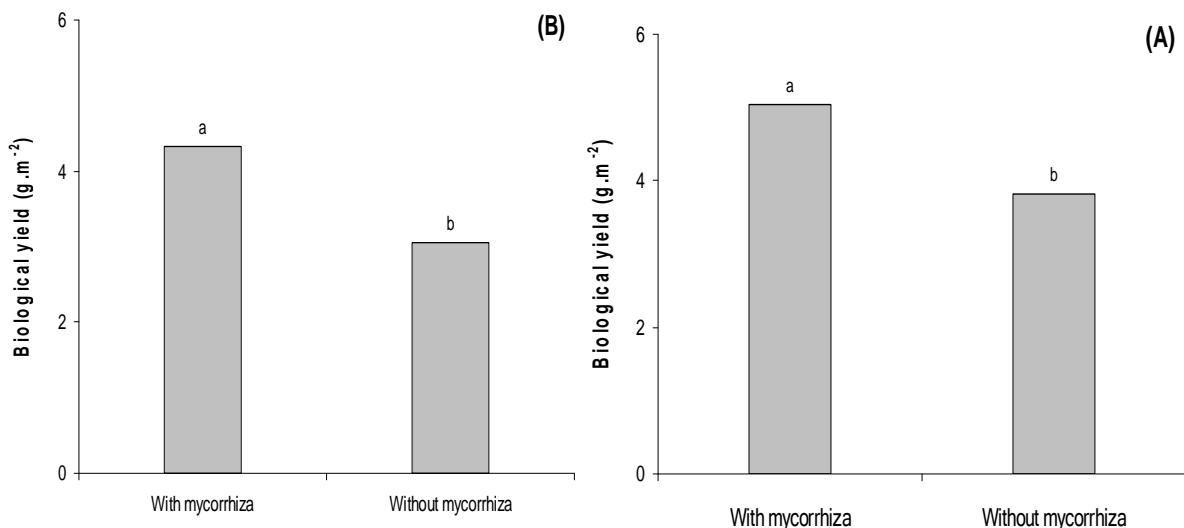
قبل از اجرای آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (نظیر میزان عناصر معدنی قابل دسترس (شامل نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم)، pH، EC و بافت خاک) نمونه‌برداری از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر محل اجرای آزمایش انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳×۲ متر و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد.

عملیات کاشت گیاهان با فاصله بین ردیف و روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر انجام شد. در هنگام کاشت گیاهان، ۲۰ گرم خاک حاوی قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) به

جدول ۱- نتایج برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

Table 1- Soil physical and chemical properties

بافت خاک Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	فسفر در دسترس Available P (میلی‌گرم در کیلوگرم) (ppm)		نیتروژن کل Total N
			پتاسیم در دسترس Available K		
سیلتی-لوم Silty-loam	8.02		115	9	387



شکل ۱- اثر تلقیح با میکوریزا بر عملکرد بیولوژیکی (الف) رازیانه و (ب) فنیان

Fig. 1- Effect of mycorrhiza inoculation on biological yield of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

جدول ۲ - نتایج آتانیوارانس (میانگین مریانس) با تلقیح با میکوریزا و حجم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی رازیانه
 Table 2- Variance analysis (mean of squares) of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on fennel quantitative and qualitative characteristics

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی per plant	تعداد چتر در شاخه جانبی per plant	تعداد چتر در چتر Umbellet number per umbel	تعداد دانه در چتر Seed number per umbellet	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	محتوی اسانس Essential oil content	عملکرد اسانس Essential oil yield
سال (L) Year (L)	1	0.171	0.168	0.124	1.845	11.290	0.020	71.768	3.907	12.662
تکرار × L Replication × L	4	0.009	0.004	0.012	0.027	0.008	0.013	8.123	0.183	0.703
میکوریزا (A) Mycorrhiza (A)	1	7.877**	38.316**	11.278**	38.95**	13.177**	2.873**	92.256**	13.518**	133.672**
سال × میکوریزا L × A	1	0.001	0.003	0.001	0.005	0.0001	0.057	533.656	0.348	0.327
آبیاری (B) Irrigation (B)	2	1.053**	2.130**	2.774**	5.948**	1.415**	0.179**	0.762 ^{ns}	1.612 ^{ns}	0.182 ^{ns}
سال × آبیاری L × B	2	0.0001	0.006	0.001	0.099	0.0001	0.002	2.332	0.194	0.667
میکوریزا × آبیاری A × B	2	0.401**	0.798**	0.878**	3.266**	0.303**	0.002 ^{ns}	17.240**	0.004 ^{ns}	0.011 ^{ns}
آبیاری × L × A × B	2	0.0001	0.004	0.003	0.088	0.0001	0.001	0.832	0.013	0.097
خطا Error	20	0.003	0.002	0.001	0.003	0.006	0.005	2.463	0.031	0.201
کل Total	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
 ns and **: are non-significant and significant at 1% probability level respectively.

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر تلقیح با میکوریزا و حجم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی زیان
Table 3- Variance analysis (mean of squares) of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on caraway quantitative and qualitative characteristics

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی Branch number per plant	تعداد چتر در شاخه جانبی Umbel number per plant	تعداد چتر در چتر Umbel number per umbel	تعداد دانه در چتر Seed number per umbel	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	محتوی اسانس Essential oil content	عملکرد اسانس Essential oil yield
سال (L) Year (L)	1	0.001	42.250	16.497	49.280	0.290	0.010	258.834	0.045	0.216
تکرار L × Replication × L	4	0.098	7.139	1.662	5.389	0.004	0.006	3.133	0.030	0.066
میکوریزا (A) Mycorrhiza (A)	1	11.022**	1586.694**	152.234**	186.778**	2.440**	2.502**	483.927**	4.587**	45.855**
سال × میکوریزا L × A	1	0.039	1.361	0.138	0.0001	0.0001	0.035	36.502	0.025	0.156
آبیاری (B) Irrigation (B)	2	2.183**	238.778**	47.215**	60.778**	1.354**	0.146**	18.839**	0.594 ^{ns}	0.344 ^{ns}
سال × آبیاری L × B	2	0.007	1.000	0.138	0.0001	0.0001	0.0001	0.811	0.0001	0.001
میکوریزا × آبیاری A × B	2	0.050 ^{ns}	3.444 ^{ns}	2.375*	2.111**	0.304**	0.003 ^{ns}	52.084**	0.009 ^{ns}	0.024 ^{ns}
میکوریزا × آبیاری L × A × B	2	0.008	1.444	0.138	0.0001	0.0001	0.007	17.562	0.007	0.096
خطا Error	20	0.022	2.439	0.499	0.322	0.006	0.002	2.514	0.004	0.017
کل Total	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

مقدار ۵۰ گرم از بذر هر گونه انتخاب و میزان اسانس آن با استفاده از دستگاه کلونجر اندازه‌گیری شد. سپس عملکرد اسانس از معادله (۱) محاسبه شد:

معادله (۱) عملکرد اسانس = عملکرد کمی × میزان اسانس

به منظور تفکیک اثر سال، داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Minitab-ver 13 به صورت مرکب تجزیه شدند. از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال پنج درصد) و نرم‌افزار Mstat-C جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر تلقیح با میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه و زنیان

اثر تلقیح با میکوریزا بر عملکرد بیولوژیکی رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که در شرایط تلقیح با میکوریزا عملکرد بیولوژیکی رازیانه و زنیان به ترتیب ۵/۰۳ و ۴/۳ گرم بر مترمربع بود (شکل ۱- الف و ب). بدین ترتیب، تلقیح با میکوریزا باعث بهبود ۳۲ و ۴۱ درصدی عملکرد بیولوژیکی به ترتیب برای رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد. به نظر می‌رسد که همزیستی با میکوریزا به دلیل تحریک تولید انواع هورمون‌های محرک و انواع مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه (Copetta et al., 2006; Jakobsen, 1987; Kravchenko et al., 1994) باعث تحریک رشد رویشی هر دو گونه دارویی شده که این امر در نهایت، بهبود عملکرد بیولوژیکی رازیانه و زنیان را به دنبال داشت.

نتایج گیوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) نیز مؤید بهبود عملکرد نعنای تلقیح شده با قارچ میکوریزا (*Glomus fasciculatum*) می‌باشد. علاوه بر این، مقایسه میزان بهبود عملکرد بیولوژیکی این دو گونه دارویی در پاسخ به همزیستی میکوریزایی، حاکی از آن است که تلقیح با میکوریزا تأثیر بیشتری بر بهبود رشد زنیان در مقایسه با رازیانه داشته است.

تلقیح با میکوریزا اثر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر عملکرد دانه دو گونه دارویی رازیانه و زنیان داشت (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که

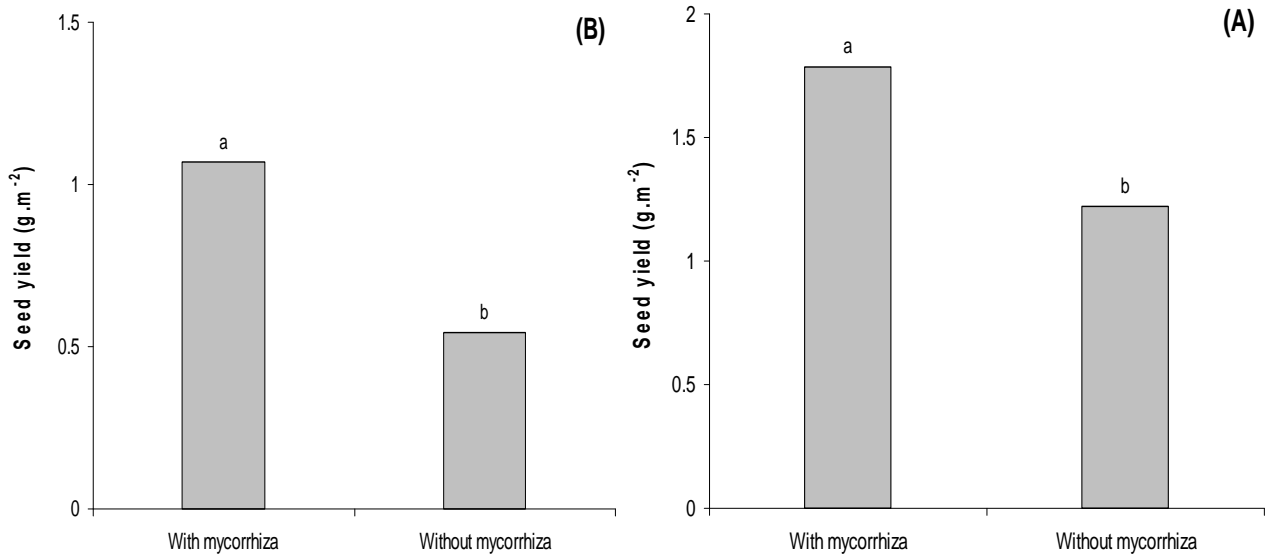
همزیستی با قارچ میکوریزا باعث بهبود عملکرد دانه رازیانه و زنیان به ترتیب ۱/۸ و ۱/۱ گرم بر مترمربع شد (شکل ۲- الف و ب). همزیستی با قارچ میکوریزا باعث بهبود عملکرد دانه رازیانه و زنیان به ترتیب ۴۶ و ۹۷ درصد در مقایسه با شاهد شد. به نظر می‌رسد که همزیستی با میکوریزا به دلیل افزایش سرعت و مدت فتوسنتز (Copetta et al., 2006; Richter et al., 2005) افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی (دانه) گیاهان همزیست شده که این امر در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه رازیانه و زنیان شده است. کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) گزارش نمودند که تلقیح بذر رازیانه با دو گونه قارچ همزیست میکوریزا منجر به بهبود اجزای عملکرد و به تبع آن افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. علاوه بر این، با مقایسه درصد افزایش عملکرد دانه دو گیاه دارویی رازیانه و زنیان در پاسخ به تلقیح میکوریزایی مشخص شد که تأثیر میکوریزا بر بهبود عملکرد دانه زنیان بالاتر از رازیانه بود.

اثر تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا بر شاخص برداشت دو گونه دارویی رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول‌های ۲ و ۳). همزیستی میکوریزایی علاوه بر بهبود عملکرد بیولوژیکی و دانه هر دو گونه دارویی (شکل‌های ۱ و ۲)، منجر به افزایش شاخص برداشت هر دو گونه شد. شاخص برداشت رازیانه و زنیان در شرایط همزیستی میکوریزایی به ترتیب ۳۵/۸ و ۲۵/۳ درصد بود و تلقیح به ترتیب باعث افزایش ۱۰ و ۴۱ درصدی شاخص برداشت این دو گونه دارویی در مقایسه با شاهد شد (شکل ۳- الف و ب). نتایج برخی از بررسی‌ها نیز تأثیر مثبت تلقیح با میکوریزا را بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی برخی گیاهان همزیست از جمله گیاهان دارویی را اثبات کرده‌است (Gosling et al., 2006; Harrier & Watson, 2004;) (Khorramdel et al., 2008; Khorramdel et al., 2010).

تلقیح با میکوریزا اثر معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بر اجزای عملکرد دو گونه دارویی رازیانه و زنیان داشت (جدول‌های ۲ و ۳). همزیستی قارچ میکوریزا باعث بهبود اجزای عملکرد هر دو گیاه دارویی در مقایسه با عدم تلقیح شد. به طوری که تلقیح با قارچ، تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته و تعداد دانه در چترک رازیانه را به ترتیب ۲۲، ۴۶، ۱۷، ۲۶ و ۸۶ درصد در مقایسه با شاهد بهبود بخشید.

ترتیب با ۴/۱ و ۰/۵ گرم) و کمترین میزان آن نیز برای شاهد (۲/۲ و ۰/۴ گرم) حاصل شد (جدول ۴).

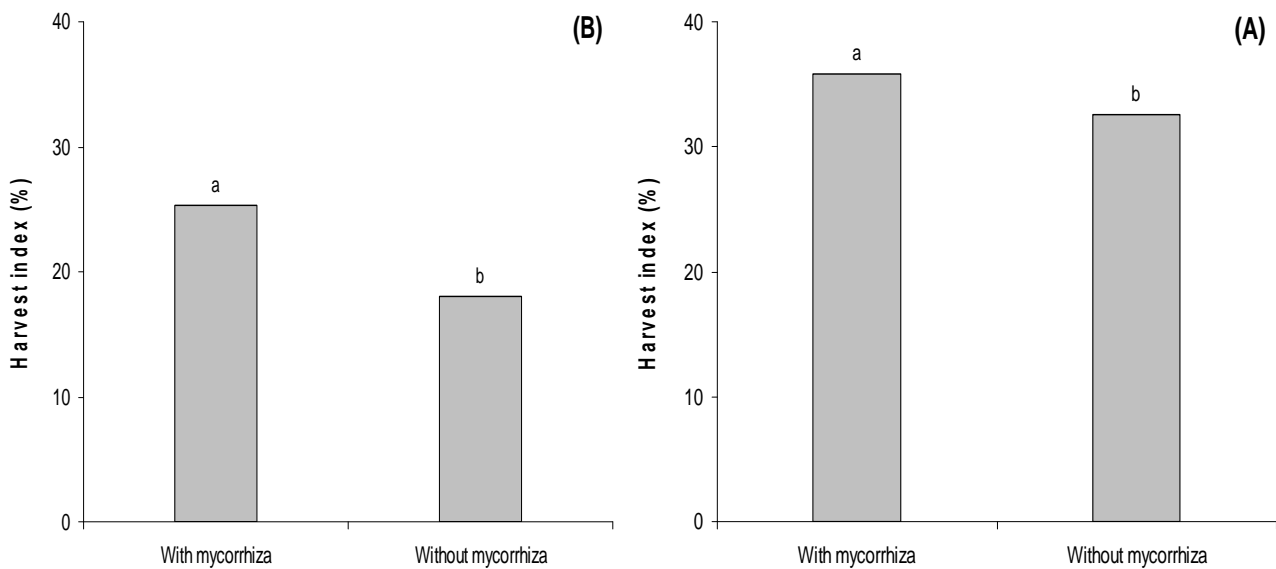
همچنین تلقیح باعث بهبود تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه زنیان به ترتیب برابر با ۳۰، ۴۰، ۵۵، ۳۰ و ۲۳ درصد در مقایسه با شاهد شد. بیشترین وزن هزار دانه رازیانه و زنیان در شرایط تلقیح با میکوریزا (به



شکل ۲- اثر تلقیح با میکوریزا بر عملکرد دانه (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 2- Effect of mycorrhiza inoculation on seed yield of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).



شکل ۳- اثر تلقیح با میکوریزا بر شاخص برداشت (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 3- Effect of mycorrhiza inoculation on harvest index of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

نتایج دیگر بررسی‌ها نیز بهبود خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد برخی گیاهان دارویی همچون سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) (Clark & Khorramdel et al., 2010)، نعناع (Copetta et al., 2002) و مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) (et al., 2006) را در شرایط تلقیح با کودهای مختلف بیولوژیکی همچون قارچ میکوریزا تأیید کرده است.

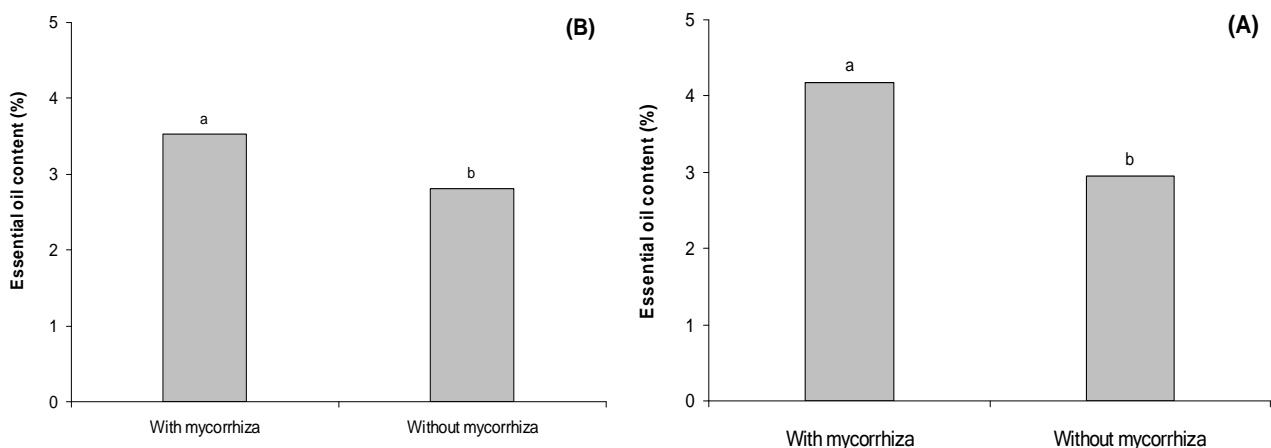
چنین به نظر می‌رسد که به دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان همزیست در شرایط تلقیح با میکوریزا، دسترسی به منابع موجود از جمله رطوبت و عناصر غذایی همچون فسفر افزایش یافته که به دنبال آن باعث بهبود رشد و در نتیجه افزایش اجزای عملکرد گونه‌های همزیست در مقایسه با شاهد شده است. کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) نیز افزایش اجزای عملکرد رازیانه را تحت تأثیر همزیستی با قارچ میکوریزا به بهبود شرایط تغذیه‌ای به ویژه افزایش فراهمی فسفر برای این گیاه دارویی مربوط دانستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تلقیح با میکوریزا بر اجزای عملکرد رازیانه و زنیان
Table 4- Mean comparisons of mycorrhiza inoculation on yield components of fennel and ajwain

نام گونه دارویی Medicinal plant name	تلقیح با میکوریزا Mycorrhiza inoculation	تعداد شاخه جانبی Branch number per plant	تعداد چتر در شاخه جانبی Umbel number per plant	تعداد چتر در چتر Umbelet number per umbel	تعداد دانه در چتر Seed number per umbel	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)
رازیانه Fennel	با تلقیح With inoculation	5.25 ^{a*}	6.66 ^a	7.55 ^a	10.23 ^a	4.12 ^a
	بدون تلقیح Without inoculation	4.32 ^b	4.49 ^b	6.43 ^b	8.15 ^b	2.22 ^a
زنیان Ajwain	با تلقیح With inoculation	5.47 ^a	46.61 ^a	11.63 ^a	19.84 ^a	0.48 ^a
	بدون تلقیح Without inoculation	3.63 ^b	33.33 ^b	7.52 ^b	15.28 ^b	0.39 ^b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر گیاه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column and for each medicinal plant are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range test.



شکل ۴- اثر تلقیح با میکوریزا بر میزان اسانس (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 4- Effect of mycorrhiza inoculation on essential oil content of (A) fennel and (B) ajwain

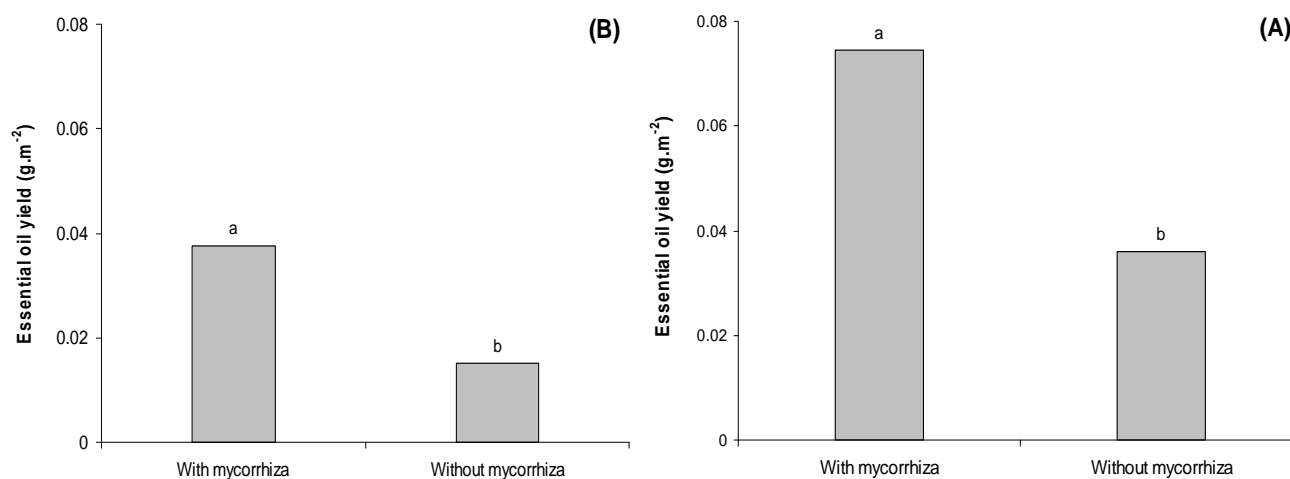
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

نتیجه به دلیل تأثیر مثبت بر گلدهی و افزایش تعداد و وزن دانه (جدول ۴)، در نهایت منجر به افزایش درصد اسانس رازیانه و زنیان است. درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) بیان داشتند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش محتوی اسانس رازیانه (۳/۸۸ درصد) شد. نتایج گیوپتا و همکاران (Gupeta et al., 2002) نیز مؤید بهبود عملکرد نعنای تلقیح شده با قارچ میکوریزا می‌باشد.

چنین به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی با تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه (Jakobsen, 1987; Kravchenko et al., 1994; Copetta et al., 2006) بهبود رشد رویشی و رشد زایشی این گیاهان دارویی همزیست از جمله تعداد و وزن دانه (جدول ۴) و در نهایت بهبود عملکرد اسانس را موجب شد. نتایج گیوپتا و همکاران (Gupeta et al., 2002) نیز مؤید بهبود عملکرد نعنای تلقیح شده با قارچ میکوریزا می‌باشد. علاوه بر این، با مقایسه میزان بهبود عملکرد اسانس این دو گونه دارویی در پاسخ به همزیستی میکوریزایی، مشخص شد که تلقیح با این قارچ تأثیر بیشتری بر بهبود عملکرد اسانس زنیان در مقایسه با رازیانه داشت.

نتایج دیگر بررسی‌ها (Gharib et al., 2008; Mahfouz & Shraf-Eldin, 2007; Richter et al., 2005; Sing et al., 2002) نیز بهبود میزان اسانس برخی گیاهان دارویی را در شرایط تلقیح با انواع میکروارگانیسم‌های خاکزی از جمله میکوریزا اثبات کرده است. تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) عملکرد اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان را تحت تأثیر قرار داد (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که در شرایط تلقیح عملکرد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب برابر با ۰/۰۳۸ و ۰/۰۷۴ گرم در مترمربع بود (شکل ۵- الف و ب).

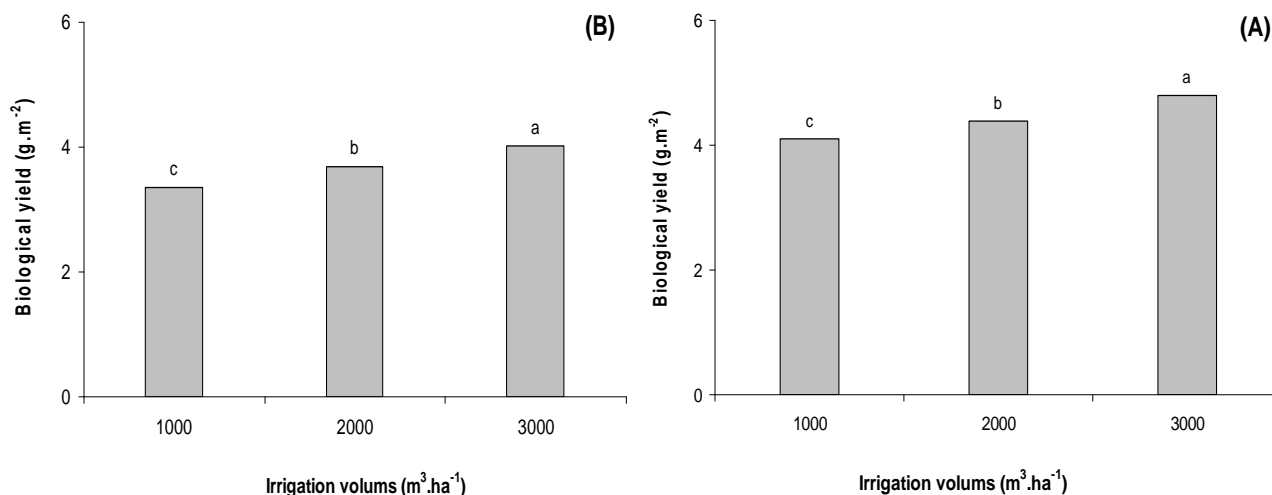
اثر تلقیح با میکوریزا بر میزان اسانس رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که در شرایط تلقیح با میکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود (شکل ۴- الف و ب). بدین ترتیب، تلقیح با قارچ میکوریزا باعث بهبود ۴۱ و ۲۵ درصدی محتوی اسانس دو گیاه دارویی رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد. چنین به نظر می‌رسد که تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه، سبب افزایش فتوسنتز گیاهی شده (Copetta et al., 2006; Kapoor et al., 2007) که در



شکل ۵- اثر تلقیح با میکوریزا بر عملکرد اسانس (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 5- The effects of mycorrhiza inoculation on essential oil yield of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

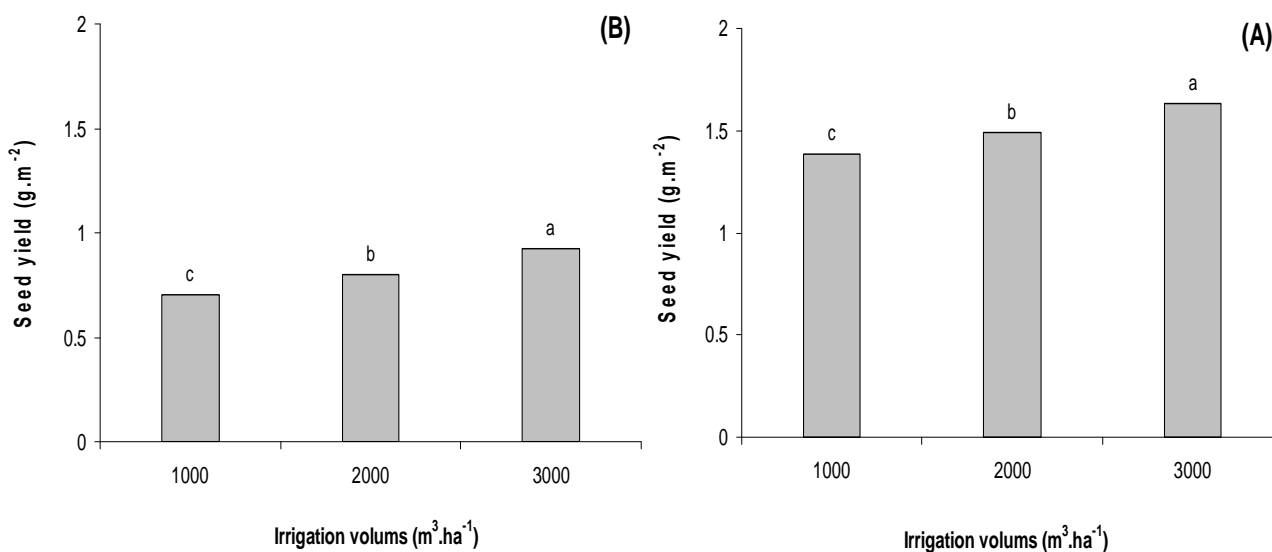


شکل ۶- اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 6- Effects of different irrigation levels on biological yield of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

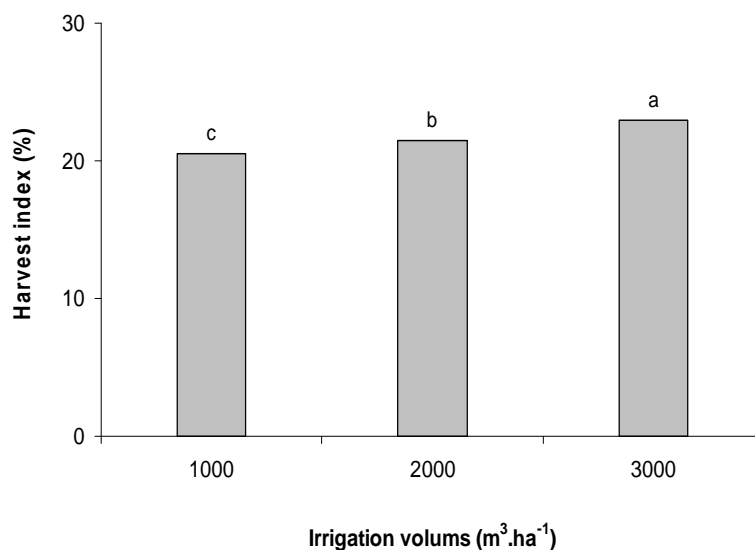


شکل ۷- اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 7- Effects of different irrigation levels on seed yield of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).



شکل ۸- اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص برداشت زنیان

Fig. 8- Effects of different irrigation levels on harvest index of ajwain

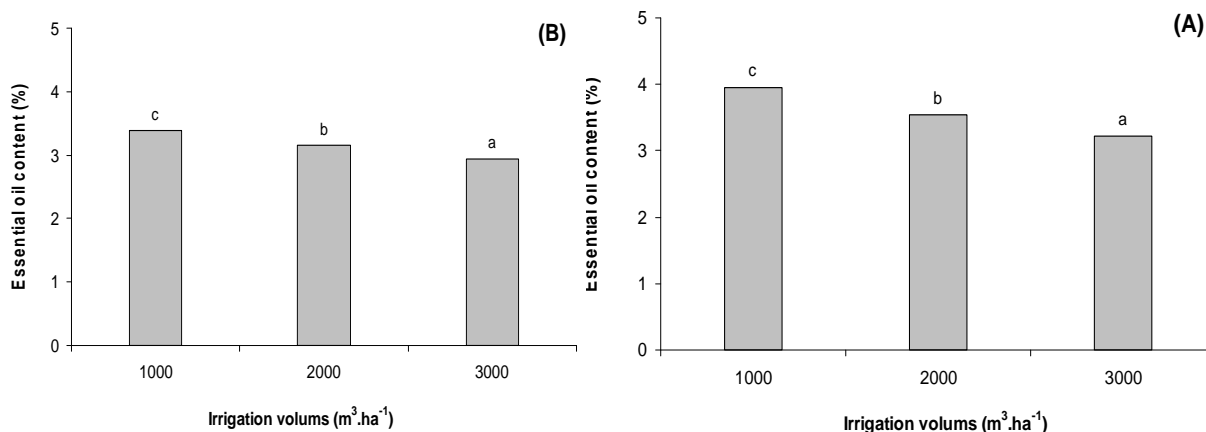
میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

حجم‌های مختلف آبیاری اثر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر عملکرد دانه دو گونه دارویی رازیانه و زنیان داشتند (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد دانه رازیانه و زنیان به ترتیب برای حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۱/۶ و ۰/۹ گرم بر مترمربع) و ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۱/۴ و ۰/۷ گرم بر مترمربع) به دست آمد (شکل ۷). دلیل بهبود عملکرد دانه رازیانه و زنیان در شرایط افزایش حجم آبیاری تا ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار را می‌توان به رشد رویشی بیشتر و در نتیجه بهبود تولید سطح فتوسنتز کننده گیاهی نسبت داد که این موارد افزایش سرعت فتوسنتز و به تبع آن بهبود تولید ماده فتوسنتزی را موجب شده است. سورندرا و همکاران (Surendra et al., 1994) و جانگیر و سینگ (Jangir & Sing, 1996) نیز با بررسی اثر آبیاری بر رشد تعدادی از گونه‌های دارویی گزارش کردند که آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. به طوری که افزایش میزان آبیاری باعث بهبود عملکرد گیاهان گردید. با مقایسه درصد بهبود عملکرد دانه دو گیاه دارویی رازیانه و زنیان در پاسخ به حجم‌های مختلف آبیاری مشخص شد که تأثیر حجم آب بر بهبود عملکرد دانه زنیان به مراتب بالاتر از رازیانه بود.

اثر حجم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه و زنیان

اثر حجم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی دو گونه دارویی رازیانه و زنیان معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیکی رازیانه و زنیان در حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۴/۸ و ۴/۰ گرم بر مترمربع) و کمترین میزان آن برای حجم ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۴/۱ و ۳/۴ گرم بر مترمربع) مشاهده شد (شکل ۶). از آن‌جا که فراهم بودن آب و عناصر غذایی کافی، رشد رویشی و زایشی مطلوب گیاهان را موجب می‌شود (Koocheki, 2001)، چنین به نظر می‌رسد که به دلیل رشد بهتر اندام‌های هوایی دو گونه رازیانه و زنیان، در تیمارهایی که حجم آب کافی دریافت نموده‌اند، عملکرد بیولوژیکی افزایش یافته است. نتایج برخی بررسی‌ها (Colom & Vazzana, 2002; Surendra et al., 1994) نیز بهبود خصوصیات رویشی گیاهان را تحت تأثیر میزان رطوبت تأیید کرده است. با مقایسه درصد بهبود عملکرد بیولوژیکی دو گونه دارویی رازیانه و زنیان در پاسخ به حجم‌های مختلف آبیاری مشخص شد که تأثیر حجم آب بر بهبود عملکرد بیولوژیکی زنیان بالاتر از رازیانه بود.



شکل ۹- اثر سطوح مختلف آبیاری بر میزان اسانس (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 9- Effects of different irrigation levels on essential oil content of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

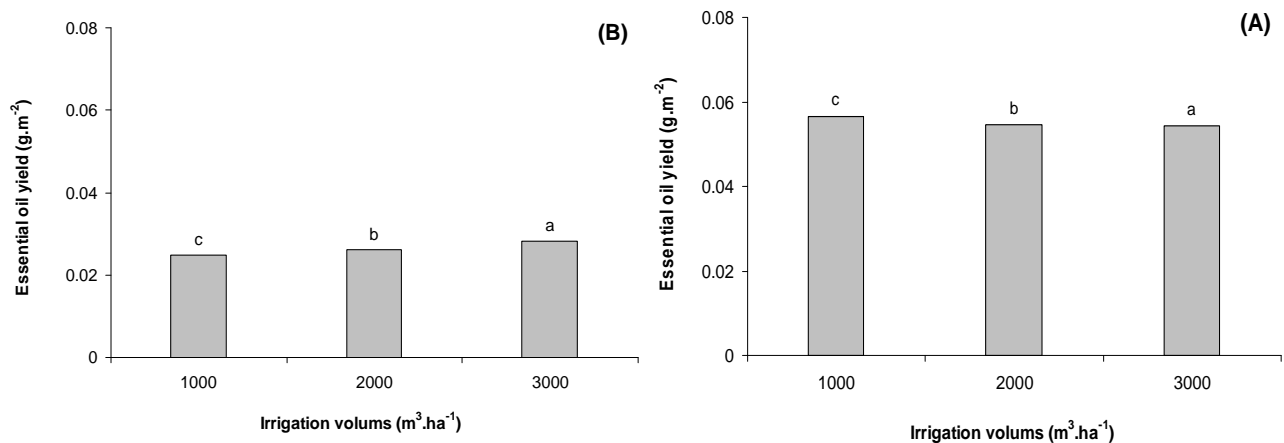
اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان را تحت تأثیر قرار داد (جدول-های ۲ و ۳). به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد اسانس رازیانه به ترتیب در شرایط اعمال هزار و ۳۰۰۰ حجم آب (به ترتیب با ۰/۰۵۷ و ۰/۰۵۴ گرم در مترمربع) مشاهده شد. بالاترین عملکرد اسانس گیاه دارویی زنیان (۰/۰۲۸ گرم در مترمربع) در حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار و کمترین میزان آن (۰/۰۲۵ گرم در مترمربع) در حجم ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار حاصل شد (شکل ۱۰-الف و ب).

حجم‌های مختلف آبیاری اثر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر اجزای عملکرد دو گونه دارویی رازیانه و زنیان داشتند (جدول‌های ۲ و ۳). بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته (۵/۰ شاخه جانبی)، تعداد چتر در شاخه جانبی (۵/۹ چتر)، تعداد چترک در چتر (۷/۵ چترک)، تعداد دانه در چترک (۹/۹ دانه) و وزن هزار دانه (۴/۲ گرم) در حجم ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری و کمترین میزان آن‌ها برای حجم ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۴/۵ شاخه جانبی در بوته، ۵/۱ چتر در شاخه جانبی، ۶/۶ چترک در چتر، ۸/۵ دانه در چترک و ۲/۱ گرم) مشاهده شد. افزایش حجم آبیاری از هزار به ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار باعث بهبود اجزای عملکرد زنیان شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد چتر در شاخه جانبی، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه به ترتیب برابر با ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۲۹ و ۲۸ درصد شد (جدول ۵).

اثر حجم‌های مختلف آبیاری بر شاخص برداشت گیاه دارویی زنیان معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۳). به طوری که افزایش حجم آبیاری از هزار به ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار باعث بهبود ۱۲ درصدی شاخص برداشت زنیان شد (شکل ۸). نتایج برخی بررسی‌ها (Surendra et al., 1994) نیز بهبود خصوصیات رویشی و زایشی برخی گیاهان را تحت تأثیر میزان رطوبت قابل دسترس نشان داده است.

حجم‌های مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر میزان اسانس رازیانه و زنیان داشت (جدول‌های ۲ و ۳). به طوری که با افزایش حجم آبیاری میزان اسانس هر دو گیاه دارویی کاهش یافت. بیشترین میزان اسانس رازیانه و زنیان (به ترتیب با ۴/۰ و ۳/۴ درصد) در حجم آبیاری هزار مترمکعب و کمترین میزان آن در حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب (به ترتیب با ۳/۲ و ۲/۹ درصد) مشاهده شد (شکل ۹-الف و ب). نتایج برخی از بررسی‌ها نیز بهبود محتوی اسانس برخی گیاهان دارویی از جمله بابونه (*Matricaria chamomila* L. (Razmjoo et al., 2008)، بادرنجبویه (Ozturk et al., 2004)، مرزه (*Satureja hortensis* L. (Baher et al., 2002)) و نعناع فلفلی (Charles et al., 1999) را در شرایط کاهش میزان آب قابل دسترس در خاک تأیید کرده است.

حجم‌های مختلف آبیاری به طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) عملکرد



شکل ۱۰- اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد اسانس (الف) رازیانه و (ب) زنیان

Fig. 10- Effects of different irrigation levels on essential oil yield of (A) fennel and (B) ajwain

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند. Means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر حجم‌های مختلف آبیاری بر اجزای عملکرد دو گونه دارویی رازیانه و زنیان

Table 5- Mean comparisons of irrigation levels on yield components of fennel and ajwain

نام گونه دارویی Medicinal plant name	سطح آبیاری (مترمکعب در هکتار) Irrigation level (m ³ .ha ⁻¹)	تعداد شاخه جانبی Branch number per plant	تعداد چتر در شاخه جانبی Umbel number per plant	تعداد چترک در چتر Umbelet number per umbel	تعداد دانه در چترک Seed number per umbelet	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)
رازیانه Fennel	1000	4.47 ^c	5.09 ^c	6.65 ^c	8.52 ^c	2.12 ^c
	2000	4.32 ^b	5.55 ^b	6.90 ^b	9.13 ^b	2.88 ^b
	3000	5.04 ^a	5.93 ^a	7.51 ^a	9.92 ^a	4.22 ^a
زنیان Ajwain	1000	3.88 ^c	35.92 ^c	7.80 ^c	15.34 ^c	0.39 ^c
	2000	4.08 ^b	39.25 ^b	9.20 ^b	17.50 ^b	0.43 ^b
	3000	4.66 ^a	44.75 ^a	11.72 ^a	19.84 ^a	0.50 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر گیاه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column and for each medicinal plant are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range test.

اثر متقابل تلقیح با میکوریزا و حجم‌های مختلف

آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه و زنیان

اثر متقابل تلقیح با قارچ میکوریزا و حجم‌های آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و برخی اجزای عملکرد رازیانه از جمله تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد چتر در شاخه جانبی، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیکی رازیانه در شرایط تلقیح با قارچ میکوریزا و حجم آبیاری ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار (۵/۵ گرم در مترمربع) و بالاترین شاخص برداشت در شرایط بدون تلقیح و حجم آبیاری ۱۰۰۰

چنین به نظر می‌رسد که به دلیل بهبود محتوی رطوبتی قابل

دسترس گیاهان در شرایط افزایش حجم آبیاری، رشد اندام‌های رویشی و تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته که در نتیجه باعث بهبود اجزای عملکرد هر دو گونه دارویی در مقایسه با حجم ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار شده است.

نتایج دیگر بررسی‌ها نیز بهبود خصوصیات رشدی و اجزای

عملکرد برخی از گیاهان دارویی همچون اسفرزه (*Plantago ovata* L. (Khazae et al., 2007)، ریحان (Hasani & Omid Beygi, 2002)، زیره سبز (Jangir & Sing, 1996) و گشنیز (Surendra et al., 1994) را تحت تأثیر افزایش محتوی رطوبتی خاک تأیید کرده است.

شد (جدول ۷).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا به دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای از یک طرف باعث فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی قابل دسترس به ویژه فسفر و از طرف دیگر، منجر به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه گردید که در نهایت موجب بهبود رشد رویشی گیاه شد. با توجه به بهبود رشد گیاه در حضور این قارچ همزیست، کلیه خصوصیات رشدی گیاه نیز افزایش یافت که در نتیجه باعث بهبود محتوی اسانس و عملکرد اسانس شد. علاوه بر این، افزایش حجم آبیاری به دلیل بهبود رشد رویشی و سطح فتوسنتز کننده گیاهی باعث افزایش سرعت فتوسنتز و بهبود تولید ماده فتوسنتزی شد که در نهایت عملکرد دانه و عملکرد اسانس هر دو گونه را افزایش داد. به طور کلی، چنین به نظر می‌رسد که بهتر است استفاده بهینه از حجم آبیاری و همچنین تلقیح با کودهای بیولوژیکی برای این گیاهان دارویی با دقت بیشتری مد نظر قرار گیرد.

مترمکعب در هکتار (۳۶ درصد) و کمترین میزان آن‌ها برای در شرایط بدون تلقیح و حجم آبیاری ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب ۳/۷ گرم در مترمربع و ۳۱ درصد) مشاهده شد. بالاترین تعداد شاخه جانبی در بوته (۵/۶ شاخه جانبی)، چتر در شاخه جانبی (۷/۲ چتر)، چترک در چتر (۸/۴ چترک) و دانه در چترک (۱۱/۵ دانه) در شرایط تلقیح با میکوریزا و حجم آبیاری ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار و کمترین میزان این اجزای عملکرد برای شرایط تلقیح با میکوریزا و حجم آبیاری ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۴/۳ شاخه جانبی، ۴/۵ چتر، ۶/۴ چترک و ۸/۲ دانه) به دست آمد (جدول ۶).

اثر متقابل تلقیح با قارچ میکوریزا و حجم‌های آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و برخی اجزای عملکرد زنیان از جمله تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و وزن هزار دانه زنیان در شرایط تلقیح با میکوریزا و حجم آبیاری ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار (به ترتیب با ۴/۸ گرم در مترمربع، ۲۴/۶ درصد، ۱۴/۳ چترک، ۲۲/۵ دانه و ۰/۵۵ گرم) و کمترین میزان برای شرایط بدون تلقیح و حجم ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری (به ترتیب با ۲/۹ گرم در مترمربع، ۱۴/۸ درصد، ۶/۰ چترک، ۱۳/۵ دانه و ۰/۳۶ گرم) حاصل

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح با میکوریزا و حجم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و برخی اجزای عملکرد رازیانه

Table 6- Mean comparisons of interaction between mycorrhiza inoculation and irrigation levels on quantitative and qualitative characteristics of fennel

تلقیح با میکوریزا Mycorrhiza inoculation	سطح آبیاری (مترمکعب در هکتار) Irrigation level ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع) Biological yield ($g \cdot m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تعداد شاخه جانبی Branch number per plant	تعداد چتر در شاخه جانبی Umbel number per plant	تعداد چترک در چتر Umbelet number per umbel	تعداد دانه در چترک Seed number per umbelet
با تلقیح With inoculation	1000	4.54 ^{c*}	36.92 ^a	4.72 ^c	5.84 ^c	6.87 ^c	9.07 ^c
	2000	5.53 ^a	35.03 ^b	5.64 ^a	7.19 ^a	8.36 ^a	11.51 ^a
	3000	3.73 ^e	33.35 ^b	4.32 ^e	4.47 ^e	6.37 ^e	8.15 ^e
بدون تلقیح Without inoculation	1000	5.03 ^b	35.54 ^a	5.39 ^b	6.63 ^b	7.42 ^b	10.11 ^b
	2000	3.68 ^e	30.98 ^c	4.20 ^f	4.33 ^f	6.26 ^f	7.96 ^f
	3000	4.06 ^d	33.55 ^b	4.43 ^d	4.66 ^d	6.67 ^d	8.33 ^d

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range test.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح با میکوریزا و حجم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و برخی اجزای عملکرد

زنیان

Table 7- Mean comparisons of interaction between mycorrhiza inoculation and irrigation levels on quantitative and qualitative characteristics of ajwain

تلقیح با میکوریزا Mycorrhiza inoculation	سطح آبیاری (مترمکعب در هکتار) Irrigation level (m ³ .ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m ⁻²)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	تعداد چترک در چتر Umbelet number per umbel	تعداد دانه در چترک Seed number per umbelet	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)
با تلقیح With inoculation	1000	3.83 ^e	26.25 ^a	9.65 ^b	17.17 ^c	0.42 ^d
	2000	4.82 ^a	24.57 ^a	14.28 ^a	22.50 ^a	0.55 ^a
	3000	3.05 ^e	17.80 ^c	7.45 ^e	15.17 ^d	0.39 ^e
بدون تلقیح Without inoculation	1000	4.31 ^b	25.14 ^a	10.95 ^b	19.84 ^b	0.48 ^b
	2000	2.88 ^f	14.76 ^d	5.95 ^f	13.50 ^e	0.36 ^f
	3000	3.24 ^d	21.41 ^b	9.15 ^d	17.17 ^c	0.44 ^c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range test.

تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل طرح شماره ۰۴۴ پ مصوب

۱۳۸۹/۱/۳۱ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد

منابع

- Alkire, B.H., Simon, J.E., and Pautievsky, D. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soils, India, USA. *Acta Horticulturae* 344: 544-556.
- Antunes, P.M., Schneider, K., Hillis, D., and Klironomos, J.N. 2007. Can the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* actively mobilize P from rock phosphates? *Pedobiologia* 51: 281-286.
- Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., and Rezaii, M.B. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal* 17(4): 275-277.
- Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 72-84.
- Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research* 78: 59-67.
- Charles, D.J., Joly, R.J., and Simon, J.E. 1999. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Phytochemistry* 29(9): 2837-2840.
- Clark, R.J., and Menary, R.C. 1980. The effect of irrigation and nitrogen on the yield and composition of peppermint oil (*Mentha piperita* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* 31(3): 489-498.
- Colom, M.R., and Vazzana, C. 2002. Water stress effects on three cultivars of *Eragrostis curvula*. *Italy Journal of Agronomy* 6: 127-132.
- Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza* 16: 485-494.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2008. Evaluation the effects of mycorrhiza, vermi compost and phosphate fertilizer on flowering, biological yield and root symbiosis in fennel. *Iranian Journal of Agronomy Sciences* 10(1): 88-109.
- El-Mougy, N.S., and Abdel-Kader, M. 2007. Antifungal effect of powdered spices and their extracts on growth and activity of some fungi in relation to damping-off disease control. *Journal of Plant Protection Research* 47: 267-278.
- Estrada-Luna, A., and Davies, A. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water, relations, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capsicum annuum*) plantlets during acclimatization and post-acclimatization. *Journal of Plant Physiology* 160: 1073-1083.

- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., Tang, C., and Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12: 185-190.
- 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 (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology* 10: 381-387.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., and Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhiza fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 17-35.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular–arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology* 81(1): 77-79.
- Harrier, L.A., and Watson, C.A. 2004. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. *Pest Management Science* 60: 149-157.
- Hasani, A., and Omid Beygi, R. 2002. The effects of water stress on some morphophysiological, physiological and metabolismic characteristics of ocimum. *Agricultural Knowledge* 3(12): 47-59. (In Persian with English Summary)
- Hecl, J., and Sustrikova, A. 2006. Determination of heavy metals in chamomile flower drug- an assurance of quality control. *International Symposium on chamomile Research, Development and Production*. Presov, Slovakia 69 pp.
- Holtzer, T.O., Archer, T.L., and Norman, J.M. 1988. Host plant suitability in relation to water stress. In: Heinrichs, E.A. (ed.), *Plant Stress-Interactions* p. 111-37. Willey-Interscience.
- Jakobsen, I. 1987. Effects of VA mycorrhiza on yield and harvest index of field-grown pea. *Plant and Soil* 98(3): 407-415.
- Jangir, R.P., and Sing, R. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum*). *Indian Journal of Agronomy* 41:140-143.
- Jones, H.G., and Corlett, J.E. 1992. Current tropics in drought physiology. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 119: 291-296.
- Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza* 17: 581-587.
- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* Mill) on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology* 93: 307-311.
- Kazaei, H.R., Sabet Teimuri, M., and Nadjafi, F. 2007. The effects of irrigation regimes and seed planting amount on yield, yield components and quality of *Plantago ovata* L. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)
- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Inoculation effects with biofertilizers on the yield and yield components in black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)
- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application effects of nitrogen and phosphorus biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)
- Kothamasi, D., Kuhand, R.C., and Babu, C.R. 2001. Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies. *Tropical Ecology* 42: 1-13.
- Kravchenko, L.V., Leonova, E.I., and Tikhonovich, I.A. 1994. Effect of root exudates of non-legume plants on the response of auxin production by associated diazotrophs. *Microbial Releases* 2: 267-271.
- Lopes-Lutz, D., Alviano, D.S., Alvino, C.S., and Kolodziejczyk, P.P. 2008. Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of Artemisia essential oils. *Phytochemistry* 69: 1732-1738.
- 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: 361-366.
- Morone-Fortunato, I., and Avato, P. 2008. Plant development and synthesis of essential oils in micropropagated and mycorrhiza inoculated plants of *Origanum vulgare* L. ssp. *Hirtum* (Link) Ietswaart. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 93: 139-149.

- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
- Oehl, F., Sieverding, E., Mader, P., Dubois, D., Ineichen, K., Boller, T., and Wiemken, A. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* 138: 574-583.
- Omid Beygi, R. 1995. Approaches for Production and Processing in Medicinal Plants. Vol. 1. Tarrahan-e-Nashr, Publication, Tehran, Iran 424 pp. (In Persian)
- Omid Beygi, R. 1997. Approaches for Production and Processing in Medicinal Plants. Vol. 3. Fekr-e- Rooz, Publication, Tehran, Iran 283 pp. (In Persian)
- Ozturk, A., Unlukara, A., Ipek, A., and Gurbuz, B. 2004. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Pakistan Journal of Botany* 36(4): 787-792.
- Passioura, J.B., Condon, A.G., and Richards, R.A. 1993. Water deficit, the development of leaf area and crop productivity. In: "Water Deficit, from Cell to Community" (eds. J.A.C. Smith and H. Griffiths). Biosciences, Publication. UK. p. 253-264.
- Pinior, A., Grunewaldt-Stocker, G., Von Alten, H., and Strasser, R.J. 2005. Mycorrhizal impact on drought stress tolerance of rose plants probed by chlorophyll a fluorescence, praline content and visual scoring. *Mycorrhiza* 15: 596-605.
- Razmjoo, K., Heydarizadeh, P., and Sabzalian, M.R. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomila*. *International Journal of Agriculture and Biology* 10: 451-454.
- Richter, J., Stutzer, M., and Schellenberg, I. 2005. Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and ajwain (*Trachyspermum carvi* L.). 36th International Symposium on Essential Oils, 4-7 September, Budapest, Hungary.
- Sardans, J., Roda, F., and Penuelas, J. 2005. Effect of water and a nutrient pulse supply on *Rosemarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. *Environmental and Experimental Botany* 53: 1-11.
- Shabih, F., Farooqi, A.H.A., Ansari, S.R., and Sharma, S. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martinii* cultivars. *Journal of Essential Oil Research* 11: 491-496.
- Singh, M., Sharma, S., and Ramesh, S. 2002. Herbage, oil yield and oil quality of patchouli [*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.] influenced by irrigation, organic mulch and nitrogen application in semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products* 16(2): 101-107.
- Surendra, S.R., Tomar, K.P., Gupta, K.P., Mohd, A., and Nigam, K.B. 1994. Effect of irrigation and fertility levels on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *Indian Journal of Agronomy* 39: 442-447.
- Uhlmann, E., Görke, C., Petersen, A., and Oberwinkler, F. 2006. Arbuscular mycorrhizae from arid parts of Namibia. *Journal of Arid Environments* 64: 221-237.
- Vance, C.P., Uhde-Stone, C., and Allan, D.L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a non-renewable resource. *New Phytologist* 157: 423-447.

بررسی رقابت و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* (L.) Merrill.) و همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)

مرضیه اله دادی^{۱*}، عادل دباغ محمدی نسب^۲، محمدرضا شکیبا^۲ و روح اله امینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی رقابت بین دو گونه سویا (*Glycine max* L. Merrill.) و همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. تیمارها شامل کشت‌های خالص سویا و همیشه بهار، کشت مخلوط با پنج آرایش کشت به صورت ۱:۱، ۲:۲، ۴:۲، ۴:۴ و ۶:۴ به ترتیب همیشه بهار و سویا بودند. اثر آرایش کشت روی تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا در واحد سطح و درصد روغن و پروتئین دانه سویا معنی‌دار نبود. تأثیر آرایش کشت بر روی عملکرد خشک گل‌آذین و گلبرگ همیشه بهار در واحد سطح و تعداد گل در بوته همیشه بهار معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد خشک گل‌آذین و گلبرگ به آرایش کشت ۱:۱ (۸۷/۶۳، ۳۰/۷۵) و ۶:۴ (۴۱/۷۵، ۲۲/۶۸) مربوط بود. براساس نتایج حاصله در آرایش کشت ۱:۱، ۲:۲ و ۴:۴ ضریب ازدحام نسبی همیشه بهار (۰/۷۶، ۰/۴۶ و ۰/۴۶) بیشتر از سویا بود این امر از نظر رقابتی، برتری همیشه بهار را در مقابل سویا اثبات می‌کند. در آرایش کشت ۴:۴ و ۶:۴ به ترتیب غالبیت سویا (۱/۴۳، ۰/۹۸) بزرگتر از همیشه بهار بود که نشان‌دهنده بیشتر بودن عملکرد نسبی سویا در مقایسه با همیشه بهار است. بر عکس کمتر شدن غالبیت همیشه بهار (۱/۱۹، ۰/۹۳) در این تیمارها نشان می‌دهد که عملکرد نسبی آن کمتر از سویا است. مقدار افت واقعی عملکرد در کلیه تیمارها مثبت به دست آمد که نشان‌دهنده افزایش عملکرد است. در آرایش کشت ۱:۱، ۲:۲ و ۴:۴ نسبت رقابتی همیشه بهار (۲/۰۶، ۱/۲۵، ۱/۱۳) بیشتر از یک بود و در آرایش کشت ۶:۴ و ۴:۲ نسبت رقابتی سویا (۱/۲، ۱/۰۷) بیشتر از یک بود که برتری عملکرد را نسبت به تک‌کشتی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آرایش کشت، شاخص غالبیت، ضریب ازدحام نسبی، نسبت رقابتی

مقدمه

هایی که ما را به این هدف نزدیک می‌سازد، کشت گیاهان به صورت مخلوط است (Najafi & Mohammadi, 2005). محققان زیادی مزیت کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی گزارش کرده‌اند. بنیک و همکاران (Banik et al., 2006) افزایش عملکرد و کاهش ریسک، اسکوتنی و همکاران و آجینهو و همکاران (Agegnehu et al., 2010; Schoeny et al., 2006)، کاهش بیماری‌ها و علف‌های هرز و جنسین (Jensen, 1996) بهبود حاصلخیزی و حفاظت خاک را از جمله مهم‌ترین مزایای کشت مخلوط گزارش نموده‌اند.

مافی و موکسیارلی (Maffi & Mucciarelli, 2003) گزارش کردند که در کشت مخلوط نواری نناع فلفلی (*Mentha peperitia*)- سویا (*Glycine max* (L.) Merrill.) عملکرد نناع فلفلی تقریباً ۵۰ درصد در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود و کیفیت اسانس به

با ادامه روند رو به رشد جمعیت جهان، تخریب و به هم خوردن تعادل اکولوژی ادامه می‌یابد، بنابراین باید برای افزایش تولیدات کشاورزی و حفظ محیط زیست اقدام کرد. تا به حال برای افزایش محصولات زراعی و باغی تدابیر مختلفی مثل استفاده از تکنولوژی، ژنتیک، کودهای شیمیایی، سموم گیاهی اتخاذ گردیده است، ولی به- کارگیری این تدابیر فقط توانسته است بخشی از نیاز ما را به مواد غذایی به صورت منطقه‌ای برآورده سازد. بدین جهت باید تأمین مواد غذایی با حفظ محیط زیست در رأس برنامه‌ها قرار گیرد. یکی از راه-

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استاد و دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
(*)- نویسنده مسئول: (Email: allahdadi_m@yahoo.com)

سیستم‌های کشت مخلوط لگوم با غیرلگوم می‌توانند کارایی بیشتری در استفاده از منابع داشته باشند و عملکرد بیشتری را در مقایسه با تک‌کشتی تولید کنند. در بررسی‌های انجام شده توسط ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2007) کشت مخلوط نواری ذرت (*Zea mays* L.) و سویا، عملکرد دانه ذرت را به میزان ۴۹ درصد نسبت به کشت خالص افزایش داد. همچنین در یک بررسی مشخص شد که عملکرد ذرت در کشت مخلوط نواری با سویا ۱۵-۱۲ درصد افزایش داشت (Jurik & Van, 2004).

برای ارزیابی کارایی کشت مخلوط از شاخص‌هایی مانند نسبت برابری زمین^۱ (Alizadeh et al., 2009; Zardari, 2011)، افت واقعی عملکرد^۲ (Dhima et al., 2007; Xu et al., 2008)، شاخص ضریب ازدحام نسبی^۳ (Rahetlah et al., 2010; Ram, 2009)، شاخص غالبیت^۴ (Singh et al., 2008; Yilmaz et al., 2008) و نسبت رقابتی^۵ (Ghosh et al., 2006; Yilmaz et al., 2008) استفاده می‌کنند.

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر الگوهای مختلف کاشت بر رقابت بین دو گونه سویا و همیشه‌بهار و ارزیابی عملکرد کمی و کیفی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرکج با موقعیت به ترتیب $38^{\circ}5'$ و $46^{\circ}27'$ طول و عرض جغرافیایی و با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۸۸ اجرا شد. اقلیم منطقه از جمله اقلیم‌های نیمه‌استپی سرد و یا نیمه‌خشک محسوب می‌شود. میانگین نزولات سالیانه در دراز مدت ۲۱۸/۴۵ میلی‌متر گزارش شده است. بافت خاک از نوع لوم-شنی، هدایت الکتریکی ۱/۴۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر و pH آن برابر ۷/۴ بود (Jafarzadeh, 2009). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار اجرا شد. تیمارها شامل کشت‌های خالص سویا و همیشه‌بهار، کشت مخلوط به روش سری‌های جایگزینی با پنج آرایش کشت با ترکیب‌های ۱:۱، ۲:۲، ۴:۲، ۴:۴ و ۶:۴ به ترتیب همیشه‌بهار و سویا بودند. در ترکیب‌های کشت مخلوط

دلیل افزایش درصد منتول و کاهش درصد منتوفوران و منتیل اکتات در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود. همچنین نتایج تحقیق جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) در کشت مخلوط عدس (*Lens culinaris* Medic.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) نشان داد که وزن خشک اندام‌های رویشی، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر چتر زیره سبز و عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت.

به طور کلی، برای بیان تأثیر یک گیاه بر محیط گیاه مجاور خود از واژه تداخل استفاده می‌شود که عبارت است از اثر متقابلی که بین گونه‌های مختلف گیاهی و یا افراد جمعیت یک گونه وجود دارد (Martin et al., 1998). رقابت یکی از اشکال تداخل منفی بوده و یکی از عواملی است که تأثیر معنی‌داری روی عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص دارد (Connolly et al., 2001). رقابت بین دو گیاه معمولاً شامل رقابت برای آب، مواد غذایی و نور است (Touzi et al., 2010).

عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر همیاری و به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب از جمله تراکم کاشت، نسبت اختلاط و الگوی کشت مخلوط می‌باشد (Mutungamiri et al., 2001). در این راستا انتخاب گیاهانی که کم‌ترین رقابت را چه از نظر عوامل محیطی و چه از نظر زمان با هم ایجاد کنند قدم عمده‌ای محسوب می‌شود.

لگوم‌ها با توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری در افزایش تولید پایدار سیستم کشت مؤثر هستند (Jeyabal & Kuppuswami, 2001) و از جایگاه ویژه‌ای در کشت مخلوط برخوردار می‌باشند.

سویا گیاهی است از تیره Fabaceae که مقام نخست را در تأمین روغن گیاهی در جهان دارا است. این گیاه در بین دانه‌های روغنی، به دلیل رشد سریع و پاسخگویی به تقاضاهای تغذیه‌ای بشر، تأمین مواد غذایی برای دام و طیور و همچنین به عنوان منبع پروتئینی ارزان قیمت پیوسته مورد توجه قرار دارد (Joshi, 2001).

همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) یکی از گیاهان دارویی متعلق به تیره Asteraceae است. این گیاه در درمان برخی از بیماری‌ها و همچنین در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گلبرگ‌های آن در منابع به عنوان دارویی مؤثر معرفی شده است (Omidbeigi, 2000).

- 1- Land equivalent ratio
- 2- Actual yield loss
- 3- Relative crowding coefficient
- 4- Aggressivity
- 5- Competitive ratio

کاسبرگ به طور مجزا در شرایط مشابه هوا خشک گردیدند و با ترازوی حساس توزین شدند. مجموع وزن خشک گلبرگ‌ها و کاسبرگ‌ها پس از هوا خشک شدن به عنوان وزن خشک گل‌آذین در نظر گرفته شد. حاصل جمع وزن خشک گل در شش برداشت برای هر کرت در تعیین عملکرد گل به کار گرفته شد. در محاسبه شاخص-ها از وزن خشک گلبرگ استفاده شد. بوته‌های سویا پس از رسیدگی کامل دانه و زرد شدن نیام‌ها با حذف ردیف‌های حاشیه و بوته‌های ابتدا و انتهای ردیف داخلی در اواخر مهرماه برداشت شد.

دانه‌های سویا پس از جدا شدن از بخش‌های رویشی، هوا خشک گردیدند و وزن خشک آن‌ها به عنوان عملکرد دانه سویا در نظر گرفته شد. در زمان برداشت به منظور اندازه‌گیری صفات مربوط به بوته، تعداد ۱۰ بوته سویا از هر واحد آزمایشی برداشت شد. درصد روغن و پروتئین دانه سویا با استفاده از Seed Analyzer مدل Zx-50 تعیین شد.

به منظور ارزیابی عملکرد دو گیاه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شاخص نسبت برابری زمین (LER)، LER جزئی سویا و LER جزئی همیشه‌بهار از معادله (۱) استفاده شد (Ocallaghan, 2003):

$$LER = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} \right) + \left(\frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \right) \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این رابطه، Yab و Yba: به ترتیب عملکرد سویا و همیشه‌بهار در کشت مخلوط و Yaa و Ybb: به ترتیب عملکرد سویا و همیشه‌بهار در کشت خالص می‌باشند. میزان افت واقعی عملکرد (AYL) هر گونه مطابق با معادله‌های زیر به دست آمد (Banik et al., 2000):

$$AYL = AYL_a + AYL_b \quad \text{معادله (۲)}$$

$$AYL_a = [LER \times (100/Z_{ab}) - 1] \quad \text{معادله (۳)}$$

$$AYL_b = [LER \times (100/Z_{ba}) - 1] \quad \text{معادله (۴)}$$

که در این رابطه، Zab و Zba: به ترتیب سهم سویا در کشت مخلوط و سهم همیشه‌بهار در کشت مخلوط می‌باشند.

رقابت نسبی بین دو محصول با استفاده از ضرایب ازدحامی (K) و غالبیت (A) دو گونه، از معادله‌های زیر تعیین گردید (Banik et al., 2006):

زمانی که نسبت اختلاط دو محصول a و b به صورت ۵۰:۵۰ باشد از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$K_{ab} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} - Y_{ab} \quad \text{معادله (۵)}$$

وقتی که نسبت اختلاط در مخلوط از ۵۰:۵۰ تغییر کند از معادله

نواری اعداد نشانگر تعداد ردیف‌های کاشت در هر نوار می‌باشند. در کشت‌های خالص سویا و همیشه‌بهار و کشت مخلوط ردیفی هر کرت دارای ۲/۵ متر عرض و پنج متر طول بود و در هر کرت هشت ردیف در فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر در دو طرف پشته کاشته شد. در آرایش کشت ۶:۴ (چهار ردیف همیشه‌بهار - شش ردیف سویا)، ۴:۴ (چهار ردیف همیشه‌بهار - چهار ردیف سویا)، ۴:۲ (دو ردیف همیشه‌بهار - چهار ردیف سویا) هر کرت شامل ۱۶ ردیف بود و طول و عرض هر کرت به ترتیب ۵ و ۴/۵ متر بود. آرایش کشت ۲:۲ دارای سه متر عرض و پنج متر طول و شامل ده ردیف بود. زمین آزمایش اواسط فروردین ماه قبل از کاشت شخم و دیسک زده شد. کاشت به صورت جوی و پشته‌ای و با فواصل ۶۰ سانتی‌متر در تاریخ ۳۰ اردیبهشت ماه انجام گرفت. بذور در تیمارهای مختلف کشت‌های مخلوط و خالص در طرفین هر پشته کاشته شدند. بین کرت‌ها دو ردیف نکاشت منظور گردید. تراکم‌های مطلوب برای سویا ۶۰ بوته در مترمربع و برای همیشه‌بهار ۸۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (Dabbagh, Mohammadi Nasab, et al., 2006). فاصله بذرها روی ردیف برای سویا ۵/۵ سانتی‌متر و برای همیشه‌بهار چهار سانتی‌متر بود. بذور رقم ویلیامز سویا و گونه دارویی همیشه‌بهار (رقم کم پر) مورد استفاده قرار گرفتند. بذور سویا قبل از کاشت با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* تلقیح داده شدند (نیم لیتر برای تلقیح بذر یک هکتار). این باکتری با نام تجاری "بایوسوی ۱" از کشت و صنعت مغان تهیه شد. قبل از کاشت مایه تلقیح به وسیله یک آبفشان روی بذرها پاشیده شد تا همه بذرها به طور کامل و یکنواخت با مایه تلقیح آغشته شدند و بعد از مدت یک ربع تا نیم ساعت بذور کاشته شدند. وجین علف‌های هرز پس از سبز شدن به طور مکرر در طول فصل رشد صورت گرفت. ردیف‌های کاشت هر هفته به صورت نشتی آبیاری شدند. به منظور شمارش تعداد گل در بوته در طول مرحله رشد ۱۰ بوته همیشه‌بهار از هر کرت علامت گذاری شدند. گلچینی همیشه‌بهار از تاریخ ۳۰ تیر ماه آغاز شد و تا مرحله برداشت نهایی هر ۱۵ روز یک بار در شش مرحله (تا اواسط مهرماه) ادامه یافت. برداشت نهایی همیشه‌بهار نیز در ۱۳ آبان ماه انجام شد. در زمان برداشت با حذف ردیف‌های حاشیه و بوته‌های ابتدا و انتهای ردیف داخلی، گل‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل و گلبرگ‌ها پس از جدا شدن از

زیر استفاده می‌شود:

$$Kdb = Yab.Zba / (Yaa - Yab).Zab \quad (۶)$$

که در این رابطه، K: ضریب ازدحام نسبی در هر گونه رقیب، Yab و Yaa: به ترتیب محصول سویا در کشت خالص و کشت مخلوط و Zab و Zba: به ترتیب نسبت کشت سویا در مخلوط با همیشه‌بهار و نسبت کشت همیشه‌بهار در مخلوط با سویا می‌باشند. در نهایت ضریب ازدحام نسبی از این رابطه به دست می‌آید (Dhima et al., 2007):

$$K = Ka.Kb \quad (۷)$$

$$Adb = \left(\frac{Yab}{Yaa} . Zab \right) - \left(\frac{Yba}{Ybb} . Zba \right) \quad (۸)$$

Aab: غالبیت سویا نسبت به همیشه‌بهار، Yab و Yba: به ترتیب عملکرد محصول سویا در مخلوط با همیشه‌بهار و عملکرد محصول همیشه‌بهار در مخلوط با سویا، Zab و Zba: به ترتیب نسبت کشت همیشه‌بهار در مخلوط با سویا و Zab: نسبت کشت سویا در مخلوط با همیشه‌بهار، Yaa و Ybb: به ترتیب عملکرد محصول سویا در تک کشتی و عملکرد محصول همیشه‌بهار در تک کشتی می‌باشند.

شاخص نسبت رقابتی دو گونه طبق معادله‌های (۹) و (۱۰) محاسبه گردید (Dhima et al., 2007):

$$CRA = \left(\frac{LERa}{LERb} \right) \left(\frac{Zba}{Zab} \right) \quad (۹)$$

$$CRb = \left(\frac{LERb}{LERa} \right) \left(\frac{Zab}{Zba} \right) \quad (۱۰)$$

LERa و LERb: به ترتیب عملکرد جزء سویا و عملکرد جزء همیشه‌بهار، Zab و Zba: به ترتیب نسبت کشت همیشه‌بهار در مخلوط با سویا و نسبت کشت سویا در مخلوط با همیشه‌بهار می‌باشند.

در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار Mstat-C استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد سویا

بر اساس نتایج جدول ۱ اثر تیمار آرایش کشت روی تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا در واحد سطح معنی‌دار نبود.

درصد روغن و درصد پروتئین دانه سویا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مورد آزمایش روی درصد روغن و درصد پروتئین دانه سویا معنی‌دار نبود (جدول ۱). بر اساس نتایج هاشمی دزفولی و همکاران (Hashemi Dezfuli et al., 2000) در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) اثر تیمار بر درصد روغن دانه آفتابگردان معنی‌دار نبود. آن‌ها این امر را به پایداری نسبتاً بالای این جزء از عملکرد دانه آفتابگردان نسبت دادند و اظهار داشتند که درصد روغن دانه در بسیاری از آزمایش‌ها تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف کاشت قرار نمی‌گیرد. در کشت مخلوط سویا و آفتابگردان (به صورت ۲:۱ به ترتیب سویا و آفتابگردان) همراه با تیمار کنترل علف‌های هرز (بوترالین + پرومترین) عملکرد روغن آفتابگردان افزایش یافت (Saudy & El-Metwally, 2009). میلر (Miller, 2007) در ارقام سویا گزارش کرد که کیفیت دانه سویا تحت تأثیر گیاهان مجاور است، حتی اگر تداخل آن‌ها عملکرد کل محصول را کاهش ندهد. نتایج تحقیق زمان و اصغر مالیک (Zaman & Asgharmalik, 2000) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نشان داد که کشت مخلوط به طور معنی‌داری مقدار پروتئین لوبیا را متأثر کرد. لوبیا در ترکیبات کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص محتوای پروتئین کمتری را نشان داد که این امر ممکن است از رقابت شدید برای منابع مؤثر در رشد از قبیل نور، مواد غذایی و آب باشد.

عملکرد گل‌آذین خشک همیشه‌بهار

اثر الگوی کشت بر عملکرد گل‌آذین همیشه‌بهار بر اساس وزن خشک در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۲). در آرایش‌های کشت ۱:۱ و ۶:۴ عملکرد گل‌آذین بیشتر از کشت خالص بود، در حالی که اختلاف کشت ۶:۴ نسبت به کشت خالص معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد گل‌آذین به آرایش کشت ۱:۱ و کمترین آن به آرایش کشت ۲:۲، ۴:۴ و ۴:۲ اختصاص داشت (شکل ۱). در آرایش کشت ۱:۱ همیشه‌بهار از دو طرف بین نوارهای سویا قرار می‌گیرد. بنابراین، افزایش عملکرد بیشتر نسبت به کشت خالص در این ترکیب دیده می‌شود. در تیمار ۶:۴ همیشه‌بهار دارای چهار ردیف کاشت است که ردیف‌های کناری همیشه‌بهار در نوار کشت با نوار عریض سویا مجاور هستند.

بر اساس نتایج فوق نحوه مجاورت گونه‌ها در کشت مخلوط عامل مهمی در افزایش یا کاهش عملکرد نسبت به کشت‌های خالص است.

نیترژن اتمسفری، محیط مساعدی را برای همیشه بهار فراهم کرده است.

در کشت مخلوط ذرت - سویا - همیشه بهار کمترین عملکرد گلبرگ بر اساس وزن خشک به کشت خالص همیشه بهار و بیشترین عملکرد به کشت مخلوط نواری سویا - ذرت - سویا - همیشه بهار - سویا - ذرت (۱:۳:۳:۲) اختصاص داشت و بر اساس نتایج به دست آمده بهترین شرایط در بین ترکیب‌های مورد بررسی شامل نوار سه ردیف همیشه بهار در مجاورت سویا از هر دو طرف بود (Dabbagh Mohammadi Nasab et al., 2006). بر اساس تحقیق کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) کشت خالص زعفران و کشت مخلوط آن با زنیان (*Carum copticum* L.) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد را دارا بودند.

تعداد گل در بوته

بر اساس نتایج جدول ۲ اثر تیمار آرایش کشت روی تعداد گل در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. در ترکیب‌های کشت ۱:۱ و ۴:۴ تعداد گل در بوته بیشتر از کشت خالص بود. آرایش کشت ۴:۴ تعداد گل در بوته بیشتری نسبت به کشت خالص داشت، ولی از نظر آماری معنی دار نبود. در هر دو برداشت دوم و چهارم بیشترین تعداد گل در بوته به آرایش کشت ۱:۱ و کمترین آن به آرایش‌های کشت ۲:۲، ۴:۴ و ۴:۲ اختصاص داشت (شکل‌های ۳ و ۴).

در کشت مخلوط نواری ذرت - سویا - همیشه بهار در ترکیب‌های کشت مخلوط عملکرد گل آذین خشک به طور معنی‌داری بیشتر از خالص بود (Dabbagh Mohammadi Nasab et al., 2006). در کشت مخلوط سه گونه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) بابونه گاوی (*Tanacetum parthenium* L.) و بابونه شیرازی (*Anthemis nobilis* L.) در یک مزرعه زعفران (*Crocus sativus* L.) با عمر سه ساله، نتایج نشان داد که امکان کشت بابونه در بین ردیف‌های زعفران بدون رقابت معنی‌دار بین این دو گیاه وجود دارد؛ به طوری که عملکرد زعفران در تیمارهای زعفران خالص و تیمارهای مخلوط با بابونه هیچ اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (Naderi Darbaghshahi, 2009).

عملکرد گلبرگ خشک همیشه بهار

اثر آرایش کشت بر عملکرد گلبرگ همیشه بهار بر اساس وزن خشک معنی‌دار بود (جدول ۲). بین آرایش کشت ۱:۱ با سایر آرایش‌ها و کشت خالص از نظر عملکرد گلبرگ بر اساس وزن خشک در واحد سطح اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. کمترین عملکرد گلبرگ بر اساس وزن خشک به کشت‌های مخلوط نواری و کشت خالص و بیشترین عملکرد به آرایش کشت ۱:۱ اختصاص داشت (شکل ۲). آرایش کشت ۱:۱ وضعیت مناسب‌تری برای تولید گل در همیشه بهار ایجاد نموده است چرا که از هر دو طرف در مجاورت سویا می‌باشد و وجود سویا در مجاورت همیشه بهار با برخوردارگی از توانایی تثبیت

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات سویا در کشت خالص و ترکیب‌های کشت مخلوط
Table 1- Analysis of variance for soybean under different planting arrangements

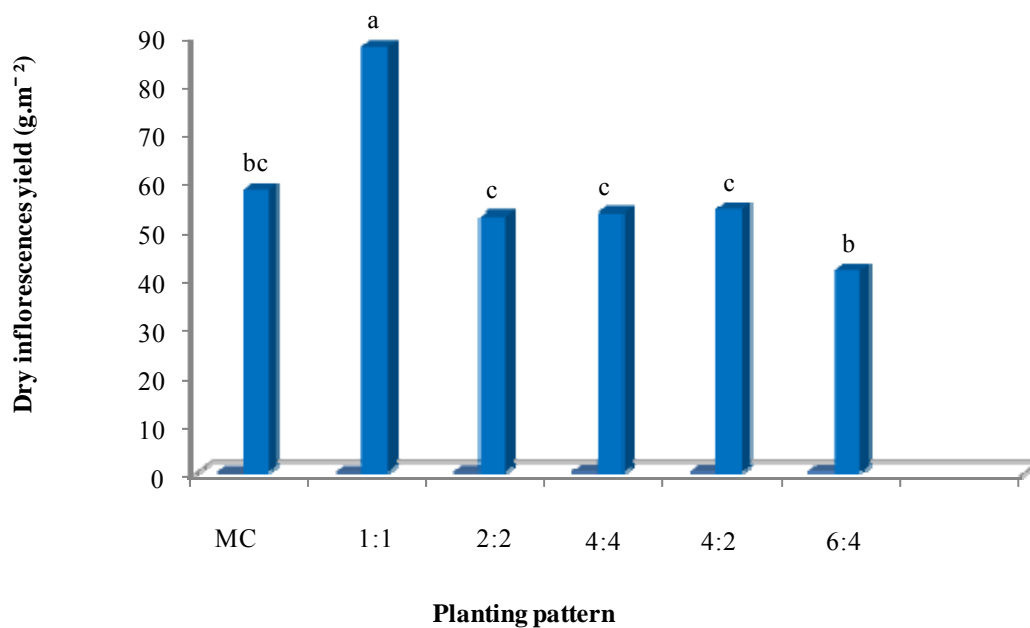
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		تعداد نیام در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه seed yield	درصد روغن دانه (درصد) seed Oil (%)	درصد پروتئین دانه (درصد) seed protein (%)
تکرار Replication	2	31.824 ^{ns}	181.545 ^{ns}	138.818 ^{ns}	836.084 ^{**}	22.413 ^{ns}	2.589 ^{ns}
نوع کشت Planting pattern	5	29.772 ^{ns}	221.185 ^{ns}	376.188 ^{ns}	316.964 ^{**}	8.346 ^{ns}	8.581 ^{ns}
خطا Error	10	9.269	95.905	616.249	685.929	6.31	7.422
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		17.89	15.79	11.31	22.41	12.63	8.03

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns and **: are non-significant and significant at 1% probability level respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات همیشه بهار در کشت خالص و ترکیبات کشت مخلوط
Table 2- Analysis of variance for marygold under different planting arrangements

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		عملکرد گل آذین خشک Dry inflorescence yield	عملکرد گلبرگ خشک Dry petal yield	تعداد گل در بوته Number of flower per plant	
				برداشت دوم Second cutting	برداشت چهارم Fourth cutting
تکرار Replication	2	57.133 ^{ns}	9.429 ^{ns}	6.707 ^{**}	6.134 ^{**}
نوع کشت Planting pattern	5	.561.985 [*]	67.149 [*]	7.489 ^{**}	60.234 ^{**}
خطا Error	10	.113.298	13.665	0.457	3.511
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		17.04	17.05	6.9	8.17

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and ** are non significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد گل آذین همیشه بهار بر اساس وزن خشک در ترکیبات مختلف کشت مخلوط و کشت خالص
Fig. 1- Comparison of the dry inflorescences yield of Marygold intercropping and sole cropping

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

MC: کشت خالص همیشه بهار
MC: Marygold pure stands

در آرایش کشت ۱:۱ همیشه بهار از دو طرف بین ردیف های سویا قرار می گیرد، بنابراین، تعداد گل در بوته نسبت به کشت خالص در

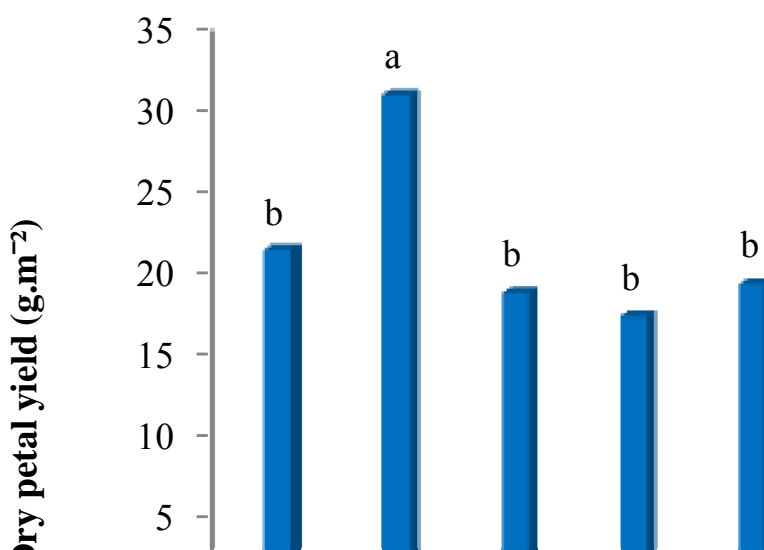
علت این امر می‌تواند ناشی از افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی باشد.

شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین (LER)

در این بررسی آرایش کشت ۶:۴ و ۱:۱ بیشترین نسبت برابری زمین (LER) را به ترتیب معادل ۱/۳۴ و ۱/۱۳ داشتند (جدول ۳). کمترین نسبت برابری زمین به ترکیب ۲:۲ مربوط بود. در آرایش کشت ۱:۱ و ۶:۴ نسبت برابری زمین بزرگتر از یک بود که این امر نشان‌گر سودمندی این دو مخلوط است. در ترکیب ۶:۴ با نسبت برابری زمین معادل ۱/۳۴، سویا بیش‌ترین جزء نسبت برابری زمین را دارا بود، به عبارت دیگر عملکرد نسبی سویا در این ترکیب بیشتر از همیشه‌بهار بود. همچنین در آرایش کشت ۱:۱ بیش‌ترین جزء نسبت برابری زمین به همیشه‌بهار مربوط بود.

این حالت به طور معنی‌داری بیشتر است. در تیمار ۶:۴ نوار همیشه‌بهار دارای چهار ردیف کاشت است و ردیف‌های کناری همیشه‌بهار در نوار کشت با سویا مجاور هستند. این افزایش تعداد گل در بوته را می‌توان به کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط سویا نسبت داد یعنی سویا گونه مناسبی برای مجاورت با همیشه‌بهار بوده است. عزیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2009) در کشت مخلوط لوبیا و ریحان بذری (*Ocimum basilicum* L.) گزارش کردند که در گیاه ریحان بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد گل‌آذین در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج تحقیق زرداری (Zardari, 2011) در کشت مخلوط لوبیا و شوید (*Anethum graveolens* L.) به روش سری‌های جایگزینی نشان داد که بیش‌ترین تعداد گل‌آذین در بوته از ترکیب مخلوط ۱:۱ و کم‌ترین آن از کشت خالص به دست آمد و به تدریج با تغییر الگوی کشت از ردیفی به کشت خالص از تعداد گل‌آذین در بوته شوید کاسته شد.



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد گلبرگ همیشه‌بهار بر اساس وزن خشک در ترکیبات مختلف کشت مخلوط و کشت خالص

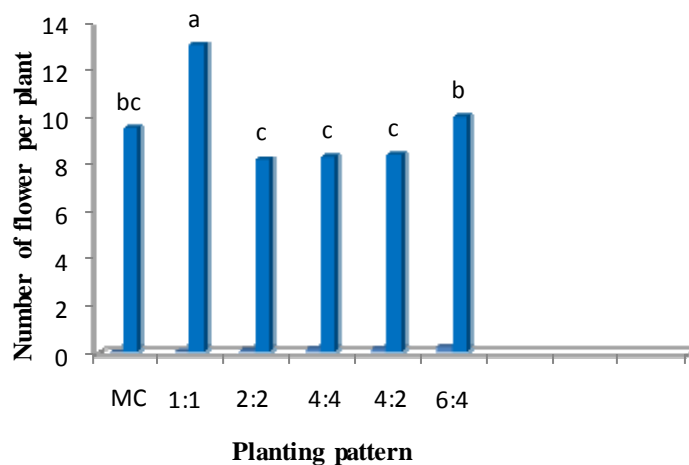
Fig. 2- Comparison of the dry petal yield of Marygold intercropping and sole cropping

حروف غیر مشابه نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

MC: کشت خالص همیشه‌بهار

MC: Marygold pure stands



شکل ۳- تعداد گل در بوته همیشه بهار در برداشت دوم

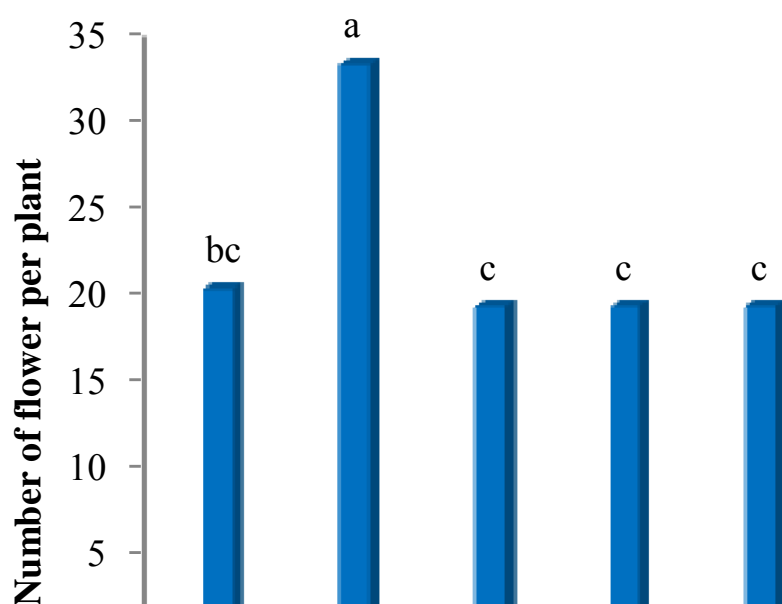
Fig. 3- Number of flower in Marygold at second cutting

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

MC: کشت خالص همیشه بهار

MC: Marygold pure stands



شکل ۴- تعداد گل در بوته همیشه بهار در برداشت چهارم

Fig. 4- Number of flower in Marygold at fourth cutting

حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

MC: کشت خالص همیشه بهار

MC: Marygold pure stands

جدول ۳- نسبت برابری زمین در ترکیبات مختلف کشت مخلوط سویا و همیشه بهار
 Table 3- Land equivalent ratio in different treatments of intercropping Soybean and marygold

نسبت برابری زمین LER	نسبت برابری زمین جزئی Partial LER		الگوی کشت Planting arrangements	
	همیشه بهار LER _{Marygold}	سویا LER _{Soybean}	همیشه بهار Marygold	سویا Soybean
	1.13	0.76	0.37	1
0.83	0.46	0.37	2	2
0.87	0.46	0.41	4	4
0.98	0.31	0.67	2	4
1.34	0.48	0.86	4	6

ارزیابی نسبت برابری زمین نشان داد کشت مخلوط لوبیا و ریحان بر کشت خالص آن‌ها برتری دارد و کشت مخلوط ردیفی بیش‌ترین نسبت برابری زمین (۱/۲) را به خود اختصاص داد (Alizadeh et al., 2009). در کشت مخلوط لوبیا و شوید به روش سری‌های جایگزینی، مقادیر نسبت برابری زمین در همه تیمارها بالاتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد (Zardari, 2011).

افت واقعی عملکرد (AYL)

مقادیر افت واقعی عملکرد (AYL) اطلاعات دقیق‌تری نسبت به دیگر شاخص‌ها درباره رقابت درون و برون‌گونه‌ای محصولات و رفتار هر گونه در کشت مخلوط می‌دهد (Banik et al., 2000). مقادیر مثبت یا منفی AYL زمانی که هدف مقایسه عملکرد بر اساس هر گیاه است، سود یا ضرر را در کشت مخلوط نشان می‌دهد (Thorsted et al., 2006). جدول ۴ شاخص افت واقعی عملکرد (AYL) را نشان می‌دهد. همان‌طوری که در این جدول مشخص شده است، کم‌ترین میزان این شاخص در گیاه سویا به آرایش کشت ۱:۱ و ۲:۲ و در همیشه بهار به آرایش کشت ۲:۲ و ۴:۴ مربوط بود. بالاترین میزان این شاخص (AYL) در گیاه سویا از آرایش کشت ۶:۴ و در همیشه بهار از آرایش کشت ۱:۱ به دست آمد. همان‌طوری که در جدول ۴ مشخص شده است، مثبت بودن کلیه مقادیر AYL نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو

در آرایش کشت ۴:۴ و ۲:۲ همیشه بهار و در ترکیب ۴:۲، سویا بیش‌ترین سهم را در نسبت برابری زمین به عهده داشت. نسبت برابری زمین نشان‌گر سودمندی کشت مخلوط از نظر بهره‌برداری از زمین می‌باشد. در آرایش کشت ۶:۴ و ۱:۱ به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۱۳ هکتار در استفاده از زمین برای تولید محصول صرفه‌جویی شده است. به عبارت دیگر در آرایش کشت ۶:۴ برای تولید عملکردی معادل یک هکتار کشت مخلوط ۱/۳۴ هکتار زمین در کشتهای خالص نیاز خواهد بود. بر اساس نتایج یک تحقیق، در کشت مخلوط نواری ذرت-سویا-همیشه بهار شامل آرایش فضایی به صورت ذرت-سویا-همیشه بهار-سویا و سویا-همیشه بهار-ذرت در دو سطح از عرض نوارهای کاشت به صورت ۳:۳:۲ و ۶:۶:۳ نسبت برابری زمین بزرگتر از یک گزارش شد. بیش‌ترین نسبت برابری زمین به آرایش فضایی و نسبت کاشت سویا-ذرت-سویا-همیشه بهار-سویا-ذرت مربوط بود (۱/۹۴) و همیشه بهار بیش‌ترین جزء نسبت برابری زمین را دارا بود، به عبارت دیگر عملکرد نسبی همیشه بهار در این ترکیب بیشتر از سایر گونه‌ها بود. در کشت مخلوط سویا-ذرت-سویا-همیشه بهار-سویا-ذرت (۱:۶:۶:۶:۳:۲) بیش‌ترین جزء نسبت برابری زمین مربوط به سویا بود. در کشتهای مخلوط به صورت ذرت-سویا-همیشه بهار-ذرت-سویا (۲:۲:۳:۳:۲) و ذرت-سویا-همیشه بهار-ذرت-سویا (۱:۶:۶:۳:۲) نیز همیشه بهار بیش‌ترین سهم را در نسبت برابری زمین به عهده داشت (Dabbagh Mohammadi et al., 2006). در کشت مخلوط لوبیا و ریحان بذری،

گیاه در کلیه الگوهای کاشت است.

در کشت مخلوط ماش (*Vicia sativa* L.) و غلات مقادیر بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط در کلیه الگوهای کاشت دارای رعایت اصل تولید حمایتی بود، به عبارت دیگر مساعدت در کلیه تیمارها وجود داشت. مقادیر AYL با افزایش تعداد ردیف‌های هر گونه در نوار افزایش یافت، این امر حاکی از افزایش رقابت دو گیاه با افزایش تعداد ردیف‌ها در نوار است.

AYL برای جو (*Hordeum vulgare* L.) و یولاف (*Avena sativa* L.) نسبت به گندم (*Triticum aestivum* L.) و تریکاله (*Triticosecale wittmack* X.) بیشتر بود در حالی که مقادیر AYL برای ماش در مخلوط با جو و یولاف در مقایسه با گندم و تریکاله کمتر شد. این یافته‌ها نشان داد که جو و یولاف در مقایسه با گندم و تریکاله گونه‌هایی رقابتی‌تر بودند و ماش در مخلوط با این دو محصول بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت (Dhima et al., 2007). در کشت مخلوط ذرت- لوبیا و ذرت- لوبیا چشم بلبلی AYL ذرت زمانی که نسبت ذرت کمتر از ۱۰۰ بود در همه الگوهای کشت مثبت بود که نشان‌دهنده برتری سیستم کشت مخلوط بر تک‌کشتی می‌باشد. همچنین در مقایسه دو لگوم مقادیر AYL لوبیاچشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) بیشتر از لوبیا بود که نشان می‌دهد لوبیا چشم بلبلی در مقایسه با لوبیا نسبت به افت عملکرد مقاوم‌تر بود (Yilmaz et al., 2008).

ضریب ازدحام نسبی (RCC)

ضریب ازدحام نسبی توانایی یک گونه را در استفاده از منابع محدود در کشت مخلوط، با توانایی آن گونه در کسب همان منابع در کشت خالص با استفاده از روش مقایسه عملکرد ارزیابی می‌کند و برتری رقابتی اجزای کشت مخلوط را نشان می‌دهد (Snaydon, 1991). در این بررسی مقادیر ضریب ازدحام نسبی در کلیه تیمارها کمتر از یک بود (جدول ۴). ضریب ازدحام نسبی سویا (RCCab) در آرایش کشت ۴:۲ و ۶:۴ بیشتر از همیشه‌بهار بود که نشان‌دهنده برتری سویا از نظر رقابتی در مقابل همیشه‌بهار است یعنی سویا در این تیمارها گونه غالب بوده است. به طور کلی با افزایش تعداد ردیف‌های سویا از قدرت تهاجمی همیشه‌بهار نسبت به سویا کاسته می‌شود و ضریب ازدحام نسبی سویا افزایش می‌یابد. ضریب ازدحام نسبی همیشه‌بهار (RCCba) در آرایش کشت ۱:۱، ۲:۲ و ۴:۴ بیشتر از سویا بود که حاکی از درجه تهاجم زیاد و یا قدرت رقابتی زیاد

جدول ۴- شاخص‌های رقابتی در تیمارهای مختلف کشت مخلوط سویا و همیشه‌بهار
Table 4- Competitive index in different treatments of intercropping soybean and marygold

سیستم کشت Planting patterns	اقت واقعی عملکرد Soybean		اقت واقعی عملکرد کل Total AYL		نسبت رقابتی CR		ضریب ازدحام نسبی RCC		ضریب ازدحام نسبی کل Total RCC		غالبیت Soybean	
	Marygold	Soybean	Marygold	Soybean	Marygold	Soybean	Marygold	Soybean	Marygold	Soybean	Marygold	Soybean
1:1	1.51	0.73	2.24	2.06	0.49	0.76	0.37	0.2812	1.51	0.73	0.91	0.74
2:2	0.91	0.73	1.64	1.25	0.81	0.46	0.37	0.1702	0.91	0.74	0.92	0.82
4:4	0.91	0.81	1.72	1.13	0.9	0.46	0.41	0.1886	0.92	0.82	0.93	0.98
4:2	0.92	0.99	1.91	0.94	1.07	0.31	0.66	0.2046	0.93	0.98	1.19	1.43
6:4	1.19	1.42	2.61	0.37	0.84	0.48	0.86	0.4128	1.19	1.43		

فیزیولوژی و نیازهای غذایی دو گونه می‌باشد. بوته‌های بلند ارزن که در کشت مخلوط با گون بیشتر رشد کرده بودند و نسبت بیشتری در مخلوط داشتند احتمالاً در اثر سایه‌اندازی تثبیت نیتروژن توسط گون را متأثر ساختند. در کشت مخلوط یولاف و ماش مقادیر شاخص غالبیت برای یولاف مثبت و برای ماش منفی بود که نشان‌دهنده غالب بودن یولاف می‌باشد (Rahetlah et al., 2010). در کشت مخلوط ذرت -لوبیا و ذرت -لوبیا چشم بلبلی در همه الگوهای کشت مقادیر غالبیت ذرت مثبت بود که نشان‌دهنده غالبیت ذرت می‌باشد (Yilmaz et al., 2008).

نسبت رقابتی (CR)

نسبت رقابتی در مقایسه با ضریب ازدحام نسبی و غالبیت شاخص بهتری می‌باشد و نتیجه بهتری از توانایی رقابت محصولات می‌دهد (Ghosh et al., 2006). همان‌طوری که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در آرایش کشت نسبت رقابتی همیشه‌بهار (CR_b) بیشتر از یک بود و در آرایش کشت ۴:۲ و ۶:۴ نسبت رقابتی سویا (CR_a) بیشتر از یک بود که برتری عملکرد را نسبت به تک‌کشتی نشان می‌دهد. در این تیمارها سویا توانایی رقابت بیشتری نسبت به همیشه‌بهار داشت. به طور کلی، با افزایش تعداد ردیف‌های سویا و همیشه‌بهار توانایی رقابت آن‌ها افزایش یافته است. در کشت مخلوط ماش و غلات در برخی ترکیبات ماش توانایی رقابت بیشتری نسبت به غلات داشت در حالی- که در بقیه مخلوط‌ها غلات توانایی رقابت بیشتری نسبت به ماش داشتند و در بیشتر موارد با افزایش نسبت ماش در مخلوط، نسبت رقابتی غلات کاهش یافت. جو و یولاف توانایی رقابت بیشتری در مقایسه با ماش داشتند همچنین مقادیر نسبت رقابتی برای جو و یولاف نسبت به گندم و تریکاله بیشتر بود (Dhima et al., 2007). نتایج تحقیق قوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) در کشت مخلوط سویا و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) نشان داد که نسبت رقابتی سویا کمتر از یک و نسبت رقابتی سورگوم بیشتر از یک بود که برتری عملکرد را در مقایسه با تک‌کشتی نشان می‌دهد و سویا در سیستم کشت مخلوط توانایی رقابت کمتری نسبت به سورگوم دارد. در کشت مخلوط ذرت -لوبیا و ذرت -لوبیا چشم بلبلی مقادیر نسبت رقابتی ذرت در هر دو مخلوط و در همه الگوهای کشت بالاتر بود. اگر چه لوبیا چشم بلبلی مقادیر نسبت رقابتی بیشتری نسبت به لوبیا داشت (Yilmaz et al., 2008).

همیشه‌بهار نسبت به سویا است. در کشت مخلوط لوبیا و شوید به روش سری‌های جایگزینی، شاخص ضریب ازدحام نسبی برای شوید در کلیه تیمارها بزرگ‌تر از یک بود این امر برتری شوید را در رقابت با لوبیا نشان داد (Zardari, 2011). در کشت مخلوط ماش و یولاف در هر دو الگوی کشت (۵۰:۵۰ و ۷۰:۵۰) مقادیر RCC بالاتر از یک بود که مزایای متعدد کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی نشان می‌دهد. در هر دو تیمار مقادیر RCC برای یولاف بیشتر از ماش بود که نشان‌دهنده توانایی رقابت بیشتر یولاف نسبت به ماش می‌باشد (Rahetlah et al., 2010). مشابه این نتایج توسط بنیک و همکاران (Banik et al., 2006) در کشت مخلوط گندم و نخود (*Cicer arietinum* L.) گزارش شد.

غالبیت (A)

غالبیت شاخصی است که بیان‌گر اختلاف عملکرد نسبی دو گونه می‌باشد و این شاخص در حالت کلی شدت رقابت را به صورت کمی نشان می‌دهد (Dabbagh Mohammadi Nasab et al., 2006). مقادیر شاخص غالبیت سویا در برابر همیشه‌بهار (Aa) در آرایش کشت ۴:۲ و ۶:۴ مثبت بود (جدول ۴). در ترکیباتی که مقدار غالبیت در مورد سویا بیشتر از صفر است حاکی از برتری عملکرد نسبی آن نسبت به کشت‌های دیگر است. مقادیر شاخص غالبیت همیشه‌بهار در برابر سویا (Ab) در آرایش کشت ۴:۲ و ۴:۴ بزرگ‌تر از صفر بود که نشان‌دهنده برتری عملکرد نسبی آن نسبت به سایر تیمارها است. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که همیشه‌بهار رقابت‌کننده قوی‌تری نسبت به سویا است و در کلیه تیمارها نسبت به حالت تک‌کشتی رقابت وجود دارد. در تیمار ۶:۴ سویا مقادیر غالبیت مثبت را نشان داد و در آرایش کشت ۱:۱ و ۶:۴ همیشه‌بهار مقادیر مثبت را نشان داد که احتمالاً به علت تأثیرات مثبت سویا روی همیشه‌بهار در کشت مخلوط بوده است. همچنین در آرایش کشت ۱:۱ همیشه‌بهار گونه غالب بود زیرا AYL آن نسبت به سویا بیشتر بود. در این بررسی نتایج محاسبه غالبیت، مقادیر افت واقعی عملکرد (AYL) را تأیید می‌کند. زو و همکاران (Xu et al., 2008) گزارش کردند که در کشت مخلوط ارزن (*Panicum virgatum* L.) و گون (*Astragalus adsurgens* Pall.) ارزن قابلیت رقابت بیشتری نسبت به گون داشت، در این بررسی نتایج متفاوت بین کشت مخلوط و تک‌کشتی به علت غالبیت ارزن و همچنین دیگر فاکتورها از قبیل تفاوت در مورفولوژی،

ردیف‌ها در نوار کاشت تغییر یافت، به طوری که با افزایش تعداد ردیف‌های سویا در نوار کاشت از قدرت تهاجمی همیشه‌بهار نسبت به سویا کاسته شد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در کلیه تیمارها نسبت به حالت تک‌کشتی رقابت وجود داشت و توانایی رقابت دو گونه با افزایش یا کاهش تعداد

منابع

- Agegnehu, G., Ghizam, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopia highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
- Alizadeh, Y., Koocheki, A.R., and Nasiri Mahalati, M. 2009. Yield, components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Iranian Journal of Crop Research* 7(2): 541-553.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 324-332.
- Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. *Journal of Agronomy* 185: 9-14.
- Connolly, J., Wayne, P., and Bazzaz, F.A. 2001. Interspecific competition in plants: how well do current methods answer fundamental questions? *American National* 157: 107-125.
- Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Shakiba, M.R., Javanshir, A., Zehtab salmasi, S., and Cyrusmehr, A.R. 2006. Review aspects of entrepreneurship maize, soybean, calendula, and vetch. The research report of an approved project in the University of Tabriz. (In Persian)
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- Ebrahimi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., and Mirshekari, B. 2007. Review the performance of some agronomic traits of maize in strip intercropping and monoculture. *Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University of Tabriz* 3: 25-37. (In Persian with English Summary)
- Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research* 88: 227-237.
- Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K., Ajay, K., Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Mirsa, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping systems. *Agronomy Journal* 98(4): 1097-1108.
- Hashemi Dezfuli, A., Abdali, A., and Siadat, S.A. 2000. Study of corn-sunflower intercropping ratios in different dates of planting affecting on quantitative and qualitative forage kernel yields in Ahvaz region. *Iranian Journal of Crop Science* 2(2): 1-18. (In Persian with English Summary)
- Jafarzadeh, A. 2009. Detailed studies of 26 acres of land and soil, Agricultural Research Station, University of Tabriz, Faculty of Humanities and Social Science 4: 16-29. (In Persian)
- Jahani, M., Koocheki, A.R., and Nasiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of

cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Journal of Agricultural Research of Iran 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Jensen, E.S. 1996. Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrop. Plant and Soil 182: 25-38.

Joshi, N.C. 2001. Weed Control Manual. 5th Edition. Ed. Delhi Research Station, Delhi p. 538.

Jurik, T.W., and Van, K. 2004. Micro-environment of a corn-soybean-oat strip intercropping system. Field Crops Research 90: 335-349.

Jeyabal, A., and Kuppaswami, 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.

Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalehgani, B. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) yield in intercropping with cereals, pulses and medicinal plants 7(1): 163-172. (In Persian with English Summary)

Maffi, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.

-Martin, J.S., Harry, T.C., Chandle, J.M., Rodney, W.B., and Carson, K.A. 1998. Above and below ground interference of wheat by Italian ryegrass. Weed Science 46: 438-441.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Press, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Miller, K., Gibson, D.J., Young, B.G., and Wood, A.J. 2007. Impact of interspecific competition on seed development and quality of five soybean cultivars. Australian Journal of Experimental Agriculture 47(12): 1455-1459.

Mutungamiri, A., Margia, I.K., and Chivinge, O.A. 2001. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) cultivars and density for dryland maize-bean intercropping. Tropical Agriculture 78(1): 8-12.

Naderi Darbaghshahi, M.R., Madani, H., Bani Teba, A., and Jalali Zand, A. 2009. Evaluation of agronomic and economic aspects of intercropping saffron and chamomile in Isfahan. Research report in the Azad University of khorasgan. (In Persian with English Summary)

Najafi, A., and Mohammadi, J. 2005. Study of yield components in intercropping of sweet corn and green beans. First National Conference on Pulses Articles 29 and 30 October, Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)

Ocallaghan, J.R. 2003. Modeling the intercropping of maize and beans in Kenya. Computer and Electronics in Agriculture 11: 351-365.

Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Processing Plants. Published Designers of Astane Ghods. Press 420 pp. (In Persian)

Ram, S.N. 2009. Effect of row ratios and fertility levels on performance of Guinea grass+*Stylosanthes hamata* intercropping system under rainfed conditions. Range Management and Agroforestry 30(2): 130-135.

Rahetlah, V.B., Randrianaivoarivony, J.M., Razafimpamo, L.H., and Ramalanjaona, V.L. 2010. Effects of seeding rates on forage yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) vetch (*Vicia sativa* L.) mixtures under irrigated conditions of Madagascar. African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development 10(10): 4257-4267.

Sady, H.I., and El-Metwally, M.I. 2009. Weed management under different patterns of sunflower-soybean intercropping. Journal Central European of Agriculture 10: 41-52.

Schoeny, A., Jumel, S., Rouault, F., Lemarchand, E., and Tivolier, B. 2010. Effect and underlying mechanisms of

pea-cereal intercropping on the epidemic development of ascochyta blight. *European Journal of Plant Pathology* 126: 317-331.

Singh, B., Singh, K., and Dhukia, R.S. 2008. Assessment of yield advantage of different fodder crops in intercropping systems. *Annals of Botany* 24(2): 149-152.

Snaydon, R.W. 1991. Replacement and additive design for competition studies. *Journal of Applied Ecology* 28: 930-946.

Thorsted, M.D., Weiner, J., and Olesen, J.E. 2006. Above- and below-ground competition between intercropped winter wheat (*Triticum aestivum*) and white clover (*Trifolium repens*). *Journal of Applied Ecology* 43: 237-245.

Touzi, S.H., De Tourdonnet, S., Launay, M., and Dore, T. 2010. Does intercropping winter wheat (*Triticum aestivum*) with red fescue (*Festuca rubra*) as a cover crop improve agronomic and environmental performance? A modeling approach. *Field Crops Research* 116: 218-229.

Xu, J. 2007. Scientists find why intercropping of faba bean with maize increase yields, www. Horizon international tv. Org. p. 12-19.

Xu, B.C., Li, F.M., and Shan, L. 2008. Switchgrass and milkvetch intercropping under 2:1 row replacement in semiarid region, northwest China: Aboveground biomass and water use efficiency. *European Journal of Agronomy* 28: 485-492.

Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 32: 111-119.

Zaman, Q.U., and Asghar Malik, M. 2000. Ricebean (*Vigna umbellata*) productivity under various maize-ricebean intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Botany* 2: 255-257.

Zardari, S. 2011. Effect of intercropping pattern on growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris*) and dill (*Anethum graveolens*). MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

بررسی عملکرد دانه و شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) با ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus spp.*)

حکیمه ضیایی^۱، همت‌اله پیردشتی^{۲*}، سودابه زارع^۳ و آلاله متقیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۰

چکیده

به منظور ارزیابی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays L.*) و انواع لوبیا (*Phaseolus spp.*) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص ذرت سینگل کراس ۷۰۴، لوبیا سبز، لوبیا سفید، لوبیا قرمز، لوبیا چیتی، لوبیا خنجری و کشت مخلوط ذرت با انواع لوبیا به نسبت ۵۰:۵۰ در نظر گرفته شد. در این آزمایش لوبیا سبز و لوبیا چیتی در کشت مخلوط با ذرت از حداکثر عملکرد (به ترتیب ۵۷۳۴/۴ و ۵۶۷۴/۳ کیلوگرم در هکتار) و نسبت برابری زمین (به ترتیب $LER = 1/13$ و $LER = 1/21$) برخوردار بودند. با بررسی شاخص‌های رقابتی مشخص گردید که لوبیا قرمز ($k = 1/85$)، لوبیا سفید ($k = 2/41$) و لوبیا خنجری ($k = 2/80$) از حداکثر ضریب ازدحام نسبی برخوردار بودند، در حالی که بیشترین ضریب غالبیت به لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت ($A = -0/02$) تعلق داشت. همچنین لوبیا قرمز و لوبیا چیتی از حداکثر نسبت رقابت (به ترتیب $CR = 0/75$ و $CR = 0/98$) برخوردار بودند. به علاوه حداکثر ضریب ازدحام نسبی ذرت ($K = 1/15$) به کشت مخلوط ذرت و لوبیا خنجری تعلق داشت و بیشترین ضریب غالبیت ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا سفید ($A = +0/60$) و لوبیا سبز ($A = +0/69$) مشاهده شد. در مجموع، با توجه به شاخص‌های رقابتی، کشت مخلوط لوبیا قرمز و لوبیا چیتی با ذرت به نسبت ۵۰:۵۰ بهترین عملکرد برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف، ضریب ازدحام نسبی، غالبیت، نسبت برابری زمین، وزن بلال

مقدمه

امروزه تخریب منابع آب و خاک از پیامدهای کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی و روش‌های رایج تولید در بخش کشاورزی به شمار می‌رود. از این‌رو، ایجاد تنوع نظام زراعی با کشت دو یا چند گیاه زراعی به منظور افزایش توان زیستی و تولید در شرایط مطلوب محیطی و تضمین آن در شرایط نامطلوب یک مزیت در راستای کشاورزی پایدار و رفع برخی مشکلات کشاورزی مدرن تلقی می‌شود (Poggio, 2005). اگرچه کشت مخلوط از دیرباز به طور سنتی در

تولید غذا و معیشت کشورهای در حال توسعه نقش مهمی را ایفا می‌کند، هم‌اکنون از این نظام کشت به منظور رفع برخی مشکلات کشاورزی مدرن استفاده می‌شود (Walker & Ogindo, 2003; Tsubo, 2005). با این وجود مدیریت برقراری توازن و افزایش کارایی استفاده از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی در موفقیت این نظام کشت نقش به‌سزایی دارد. از طرفی کنترل علف‌های هرز یکی از اهداف جانبی اجرای نظام کشت مخلوط می‌باشد که با افزایش تراکم گیاهان زراعی در واحد سطح و به ویژه استفاده از گونه‌های گیاهی با فنولوژی و خصوصیات مورفولوژیک متفاوت که کمترین رقابت را در یک آشیانه اکولوژیکی ثابت چه از نظر عوامل محیطی و چه از نظر زمان با هم ایجاد کنند، گام مهمی در موفقیت کشت مخلوط محسوب می‌شود. در این وضعیت، کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای موجب می‌شود تا دو گیاه در آشیان اکولوژیکی یکسان، رقابت نداشته باشند (Mushagalusa et

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته گیاه‌پزشکی، دانشگاه تبریز، دانشیار، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانش‌آموخته باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی، دانشکده زراعی، دانشگاه ایلام

(Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

(al., 2008).

انجام شد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریای آزاد ۲۵- متر، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۳ درجه شرقی (GPSmap, GARMIN) و منطقه از نظر اقلیمی در زمره مناطق معتدل مرطوب قرار دارد. بافت خاک مزرعه پژوهشی رسی سیلتی بود. متوسط بارندگی سالانه ۶۰۰ میلی‌متر و درجه حرارت در طول دوره این پژوهش بین ۴ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد نوسان داشت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص ذرت سینگل کراس ۷۰۴، لوبیا سفید، لوبیا سبز، لوبیا قرمز، لوبیا چیتی، لوبیا خنجری و کشت مخلوط ذرت با ارقام مختلف لوبیا به نسبت ۵۰:۵۰ در نظر گرفته شد. پس از آماده‌سازی زمین مطابق دستورالعمل‌های به زراعی، گونه‌های گیاهی به صورت ردیف‌های جایگزین در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۶ متر کشت گردید به طوری که تراکم گونه‌های مورد کشت در مخلوط و تک‌کشتی گیاهان مورد نظر به ترتیب ۲۶۵۰۰ و ۵۳۰۰۰ بوته در هکتار بود. کشت ذرت و انواع لوبیا در تاریخ ۳۰ شهریور ماه ۱۳۸۹ به صورت همزمان و با دست انجام شد. در این آزمایش کودهای به کار رفته شامل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل برای انواع لوبیا و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل در کشت ذرت در نظر گرفته شد. مقدار کود مورد نیاز برای هر گونه گیاهی با در نظر گرفتن نسبت کاشت مخلوط در هر کرت و مطابق با آزمون خاک اعمال گردید. مبارزه با علف‌های هرز نیز در طول دوره رشد به صورت دستی و در دو مرحله انجام شد. در پایان فصل رشد با حذف اثر حاشیه‌ای عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شامل وزن خشک هر بلال، طول و قطر بلال، وزن زیست‌توده، عملکرد دانه و وزن صد دانه و نیز خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد گره، تعداد و طول غلاف، وزن زیست‌توده و عملکرد دانه تعیین گردید. به منظور ارزیابی عملکرد دو گیاه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شاخص نسبت برابری زمین (LER^۱)، (LER De Wit & Van den Bergh, 1965) استفاده شد:

$$LER = Y_c / Y_{cc} + Y_b / Y_{bb} \quad (۱) \text{ معادله}$$

که در این رابطه، Y_c / Y_{cc} : نسبت عملکرد ذرت در کشت مخلوط

کشت مخلوط بقولات و غلات و به ویژه مخلوط حبوبات و ذرت (*Zea mays* L.) یکی از متداول‌ترین انواع کشت مخلوط می‌باشد. در این راستا بررسی مخلوط لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و ذرت (Koocheki et al., 2009; Geren et al., 2008)، ماش (*Vicia* L.) و ذرت (Yilmaz et al., 2008)، باقلا (*faba* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) (Agegnehu et al., 2006) بیانگر سودمندی نظام کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی گیاهان مذکور بوده است. تثبیت نیتروژن توسط بقولات و بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک (Hauggaard-Nielsen et al., 2006)، استفاده کارآمد از منابع آب، خاک و نور خورشید (Geren et al., 2008; Banik et al., 2006) و کارایی بالاتر استفاده از زمین و نیروی کارگر (Thobatsi, 2009) از مزایای کشت مخلوط گونه‌های زراعی نسبت به نظام تک‌کشتی گزارش شده است.

ذرت و انواع مختلف لوبیا (*Phaseolus* spp.) از جمله گیاهانی هستند که از سطح کشت بالایی در استان مازندران برخوردارند و معمولاً به صورت تک‌کشتی تولید می‌شوند. از سوی دیگر کشت مخلوط گیاهانی نظیر جو و باقلا (Eslami Khalili et al., 2011)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) و لوبیا چشم بلبلی (Hossenzadeh et al., 2012)، جو و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) (Mohammadi et al., 2012) و کنجد و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Motaghian et al., 2013) در منطقه ساری بیانگر برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود. محققان افزایش چشمگیر زیست‌توده کل اندام هوایی گونه‌های زراعی در واحد سطح و به تبع آن کنترل علف‌های هرز مزرعه از طریق کاهش تعداد، ارتفاع و زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط کنجد- لوبیا چشم بلبلی و جو- شنبلیله را مهم‌ترین عامل مؤثر بر افزایش کیفی و عملکرد محصول گزارش نمودند (Hossenzadeh et al., 2012; Mohammadi et al., 2012). بنابراین، هدف این پژوهش بررسی عملکرد و شاخص‌های رقابتی ذرت و انواع مختلف لوبیا در سامانه کشت مخلوط و تک‌کشتی در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر نه جاده دریا در سال زراعی ۱۳۸۹

1- Land equivalent ratio (LER)

یافت و مخلوط ذرت و لوبیا خنجری از حداقل وزن خشک بلال (میانگین ۱۵۲/۴۸ گرم) برخوردار بود. در این آزمایش قطر و طول بلال به ترتیب در گستره عددی ۴۰/۵۵ تا ۴۳/۵۸ میلی‌متر و ۱۸/۶۱ تا ۲۱/۵۶ سانتی‌متر تحت تأثیر نوع کشت قرار نگرفتند (جدول ۱).

همچنین حداکثر وزن زیست‌توده بوته ذرت به کشت مخلوط ذرت با لوبیا سبز و لوبیا قرمز با میانگین حدود ۹۰۰ گرم در بوته و افزایش ده درصدی نسبت به تیمار تک‌کشتی ذرت تعلق داشت و بین مخلوط ذرت با لوبیا سفید و لوبیا چیتی (به ترتیب با میانگین ۷۸۰ و ۷۹۳ گرم در بوته) تفاوت آماری معنی‌داری از حیث این ویژگی با تیمار تک-کشتی (با میانگین ۸۱۰ گرم در بوته) مشاهده نشد (جدول ۱). با توجه به نتایج تجزیه واریانس تفاوت عملکرد بوته ذرت در مخلوط با انواع لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، به طوری که حداکثر عملکرد تک‌بوته ذرت، معادل ۱۸۹/۶۷ گرم در بوته به مخلوط ذرت و لوبیا سبز با افزایش حدود ۲۸ درصدی عملکرد بوته نسبت به تک-کشتی آن تعلق داشت. البته عملکرد ذرت در مخلوط ذرت و لوبیا سفید، ذرت و لوبیا قرمز و ذرت و لوبیا چیتی نیز با میانگین عملکرد بیش از ۱۵۸/۲۱ گرم در بوته نسبت به تک‌کشتی ذرت و مخلوط ذرت و لوبیا خنجری برتری نشان داد (جدول ۱). به نظر می‌رسد که ویژگی انواع لوبیا به ویژه میزان تثبیت نیتروژن (Koocheki et al., 2009) در مزیت عملکرد ذرت در مخلوط با لوبیا مؤثر باشد. در این زمینه جرن و همکاران (Geren et al., 2008) بهبود عملکرد و کیفیت ذرت در ترکیب کشت با انواع لوبیا چشم بلبلی و لوبیا معمولی را نسبت به تک‌کشتی آن گزارش نمودند. در پژوهش حاضر حداکثر شاخص برداشت ذرت به مخلوط ذرت و لوبیا سفید (با میانگین ۲۰/۴۱ درصد) و ذرت و لوبیا سبز (با میانگین ۲۱/۰۸ درصد) تعلق داشت. بر اساس گزارش اسلامی خلیلی و همکاران (Eslami Khalili et al., 2011) عملکرد تک‌بوته و وزن زیست‌توده جو در کشت خالص به ترتیب حدود ۱۰ و ۱۴ درصد در مقایسه با مخلوط جو و باقلا به نسبت ۵۰:۵۰ کاهش یافت. این محققان بین تک‌کشتی جو و مخلوط مذکور از لحاظ شاخص برداشت گیاه جو تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نکردند. در همین زمینه جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) نیز در بررسی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum L.*) و عدس (*Lens culinaris L.*) اظهار داشتند که عملکرد بیولوژیک زیره در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن افزایش یافت. بنابر گزارش این محققان، شاخص برداشت زیره سبز در

به تک‌کشتی ذرت (LER جزئی ذرت) و Y_b/Y_{bb} : نسبت عملکرد هر یک از انواع لوبیا در کشت مخلوط به تک‌کشتی لوبیا (LER جزئی لوبیا) می‌باشد. رقابت نسبی بین دو محصول با استفاده از ضرایب ازدحام نسبی^۱ (K) و غالبیت^۲ (A) دو گونه از طریق معادله‌های زیر تعیین گردیدند (Dhima et al., 2007):

$$K_{com} = \frac{Y_c \times Z_b}{(Y_{cc} - Y_c) \times Z_c} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$K_{bean} = \frac{Y_b - Z_c}{(Y_{bb} - Y_b) \times Z_b} \quad \text{معادله (۳)}$$

$$A_{com} = \frac{Y_c}{Y_{cc} \times Z_c} - \frac{Y_b}{Y_{bb} \times Z_b} \quad \text{معادله (۴)}$$

$$A_{bean} = \frac{Y_b}{Y_{bb} \times Z_b} - \frac{Y_c}{Y_{cc} \times Z_c} \quad \text{معادله (۵)}$$

$$CR_{com} = (LER_c / LER_b) \times (Z_b / Z_c) \quad \text{معادله (۶)}$$

$$CR_{bean} = (LER_b / LER_c) \times (Z_c / Z_b) \quad \text{معادله (۷)}$$

در این روابط، Y_{cc} و Y_{bb} : به ترتیب عملکرد ذرت و ارقام لوبیا در تک‌کشتی، Y_c و Y_b : عملکرد ذرت و ارقام لوبیا در کشت مخلوط، Z_c و Z_b : نسبت کاشت ذرت و ارقام لوبیا در کشت مخلوط می‌باشد.

شاخص نسبت رقابتی^۳ دو گونه طبق معادله‌های (۶) و (۷) محاسبه گردید (Dhima et al., 2007):

در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 (SAS Institute, 2004) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد ارزیابی نیز به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار^۴ در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در کشت مخلوط با لوبیا

در بررسی خصوصیات زراعی گیاه ذرت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک مشخص گردید که وزن خشک هر بلال در مخلوط ذرت و لوبیا قرمز و ذرت و لوبیا سبز به ترتیب با میانگین ۱۹۷/۱۱ و ۲۲۱/۲۴ گرم بیش از ۱۵ درصد نسبت به تک‌کشتی ذرت افزایش

1- Relative crowding coefficient (K)

2- Aggressivity (A)

3- Competitive ratio (CR)

4- Least significant difference

دلایل پایین بودن وزن صد دانه در تک‌کشتی ذرت باشد. در این راستا اسلامی خلیلی و همکاران (Eslami Khalili et al., 2011) در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه جو و باقلا در سری جایگزینی مخلوط، بین تیمار ۰.۵٪+۰.۵٪ باقلا و تک‌کشتی جو از لحاظ وزن صد دانه جو تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نکردند و حداکثر وزن صد دانه جو را در ترکیب ۰.۷۵٪ باقلا+۰.۲۵٪ جو گزارش نمودند. بنابر گزارش آگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) نیز وزن هزار دانه جو در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی جو و باقلا تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد.

کشت خالص حداکثر (با میانگین ۵۵ درصد) و در تیمارهای مختلف کشت مخلوط حداقل (با میانگین ۳۳ درصد) بوده است. اشمیتک و همکاران (Schmidtke et al., 2004) نیز در بررسی کشت مخلوط جو و عدس، حداکثر شاخص برداشت جو را در کشت خالص آن گزارش نمودند.

مخلوط ذرت و لوبیا خنجری، ذرت و لوبیا قرمز و ذرت و لوبیا سبز در گستره ۲۵/۹۸ الی ۲۷/۶۴ گرم از حداکثر وزن صد دانه ذرت برخوردار بودند و در تیمار تک‌کشتی با میانگین ۲۳/۹۸ گرم، حداقل وزن صد دانه مشاهده شد (جدول ۱). به نظر می‌رسد رقابت درون-گونه‌ای بیشتر و نفوذ کمتر نور به تاج‌پوشش گیاهی گیاهی یکی از

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در کشت مخلوط ذرت و انواع لوبیا

Table 1- Mean comparison of corn yield and yield components in intercropping of corn and bean types

ویژگی‌ها Characters تیمارها treatments	وزن بلال (گرم) Ear weight (g)	طول بلال (سانتی‌متر) length Ear (cm)	قطر بلال (میلی‌متر) Ear diameter (mm)	زیست‌توده اندام هوایی (گرم در بوته) Aerial biomass (g.plant ⁻¹)	وزن دانه در گیاه (گرم در بوته) Seed weight (g.plant ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن صد دانه (گرم) 100- seed weight (g)
نسبت کاشت (P) Planting ratio (P)							
تک‌کشتی ذرت sole cropping of corn	166.91 ^{cd*}	18.82	42.75	810.00 ^b	136.72 ^d	16.81 ^c	23.98 ^c
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سفید 50:50 white -corn bean	182.85 ^{bc}	19.81	41.71	793.33 ^b	161.66 ^b	20.41 ^{ab}	25.45 ^c
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سبز 50:50 bush bean-corn	221.24 ^a	21.56	43.58	900.10 ^a	189.67 ^a	21.08 ^a	27.51 ^a
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا قرمز 50:50 red -corn kidney bean	188.76 ^{bc}	19.69	43.50	903.33 ^a	159.75 ^b	17.74 ^{bc}	27.64 ^a
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا چیتی 50:50 pinto -corn bean	197.11 ^{ab}	19.64	40.55	780.00 ^b	158.21 ^b	20.35 ^{ab}	24.52 ^{bc}
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا خنجری 50:50 sword-corn bean	152.48 ^d	18.61	41.85	690.50 ^c	127.90 ^d	18.53 ^{abc}	25.98 ^a
حداقل اختلاف معنی‌دار (٪۵) LSD (5%)	30.15	3.00		4.61		78.64	19.98
منابع تغییر S.O.V				آزمون F F Test			
سطح احتمال P value	**	ns	ns	**	**	*	**
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	8.96	8.37	5.99	5.31	6.92	8.57	3.60

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.
* Means in the same column of each factor followed by the same letter(s) were not significantly different according to LSD (p≤0.05).

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم تفاوت معنی‌دار

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

خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا در کشت مخلوط با ذرت

بنابر گزارش موجود انواع لوبیا در دامنه وسیعی از تغییرات محیطی، از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردارند اما می‌توان پتانسیل تولید عملکرد را منوط به سازگاری گیاه با شرایط موجود مانند فصل رشد، درجه حرارت، فتوپریود و مدیریت گیاه زراعی دانست (Bagheri, 2001). بین ارقام مختلف لوبیا با نیازها و خصوصیات بیولوژیک متفاوت در این آزمایش تفاوت‌های آماری بسیار معنی‌داری از حیث ویژگی‌های مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد مشاهده شد (جدول ۲). بر این اساس حداکثر ارتفاع بوته به لوبیا قرمز و لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت (به ترتیب با میانگین ۲۶۰/۵۸ و ۲۸۷/۸۳ سانتی‌متر) تعلق داشت که نسبت به تک‌کشتی ارقام مذکور به ترتیب حدود ۲۶ و ۳۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در این آزمایش رقم پلا بلند ذرت (SC 704) در نقش قیم برای ارقام رونده مذکور در رشد گیاه و افزایش جذب نور نقش به‌سزایی داشت. در حالی‌که تفاوت آماری معنی‌داری از حیث این ویژگی بین تک‌کشتی و مخلوط لوبیا سبز و لوبیا خنجری با ذرت مشاهده نشد. البته ارقام مذکور از حداقل ارتفاع بوته برخوردار بودند (جدول ۲). در این راستا آگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) حداکثر ارتفاع بوته باقلا در مخلوط با جو را در تیمارهای تک‌کشتی باقلا و مخلوط ۵۰٪ باقلا + ۱۰۰٪ جو گزارش نمودند.

در بین انواع لوبیا، لوبیا چیتی به صورت تک‌کشتی با میانگین عددی ۴۶ گره در ساقه اصلی از حداکثر تعداد گره و لوبیا سبز در هر دو حالت کشت (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت) و لوبیا خنجری در مخلوط با ذرت در گستره ۸ الی ۱۴/۵ گره از حداقل تعداد گره ساقه برخوردار بودند (جدول ۲). همچنین حداکثر تعداد شاخه فرعی به لوبیا سبز در هر دو حالت کشت (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت) و لوبیا خنجری در مخلوط با ذرت (با میانگین بیش از ۴/۵ شاخه) و حداقل تعداد شاخه فرعی به لوبیا قرمز (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت)، لوبیا چیتی و لوبیا سفید در مخلوط با ذرت (با میانگین کمتر از سه شاخه) تعلق داشت (جدول ۲).

در این آزمایش لوبیا سفید در تک‌کشتی و لوبیا سبز در مخلوط با ذرت به ترتیب با میانگین ۱۹ و حدود ۲۳ غلاف از حداکثر تعداد غلاف در بوته برخوردار بودند در حالی‌که کمترین تعداد غلاف به ارقام لوبیا قرمز (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت) لوبیا چیتی (تک‌کشتی) و لوبیا

خنجری (مخلوط با ذرت) در گستره عددی ۱۰/۷۰ الی ۱۴ غلاف در بوته تعلق داشت (جدول ۲). پژوهشگران تعداد غلاف در گیاه را مهم‌ترین پارامتر مؤثر در عملکرد لوبیا عنوان کردند و یکی از دلایل عمده کاهش عملکرد لوبیا در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی را کاهش تعداد گل‌های بارور در گیاه به دلیل رقابت درون‌گونه‌ای و به تبع آن کاهش تعداد غلاف دانستند (Koocheki et al., 2009). همچنین حداکثر طول غلاف در تک‌کشتی لوبیا سفید، لوبیا قرمز، لوبیا چیتی و لوبیا خنجری (با میانگین بیش از ۱۱ سانتی‌متر) مشاهده شد در حالی‌که لوبیا سبز و لوبیا سفید در مخلوط با ذرت (به ترتیب ۵/۶۰ و ۷/۰۸ سانتی‌متر) از حداقل طول غلاف برخوردار بودند. در این راستا حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) حداقل ارتفاع بوته و طول غلاف لوبیا چشم بلبلی در مخلوط با ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum americanum* L.) را در تک‌کشتی گیاه مذکور مشاهده کردند.

در این آزمایش لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت و تک‌کشتی (به ترتیب با میانگین ۱۴۲/۲۰ و ۱۵۴/۳۳ گرم در بوته) و لوبیا سفید در تک‌کشتی (با میانگین ۱۳۹/۰۰ گرم در بوته) حداکثر زیست‌توده گیاهی را تولید کردند؛ در حالی‌که لوبیا سفید، لوبیا سبز و لوبیا خنجری در مخلوط با ذرت (با میانگین کمتر از ۷۲ گرم در بوته) از حداقل زیست‌توده گیاهی برخوردار بودند (جدول ۲).

در بین انواع مختلف لوبیا، بیشترین عملکرد تک‌بوته به رقم لوبیا چیتی در تک‌کشتی و مخلوط با ذرت (به ترتیب با میانگین ۴۶/۷۵ و ۵۴/۷۰ گرم در بوته) تعلق داشت. در این آزمایش عملکرد تک‌بوته لوبیا سفید و لوبیا خنجری در کشت خالص به ترتیب حدود ۴۱ و ۴۸ درصد در مقایسه با کشت مخلوط افزایش نشان داد، اما بین تک‌کشتی و مخلوط لوبیا سبز و لوبیا قرمز از لحاظ عملکرد تک‌بوته تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). همچنین بین تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه ارقام لوبیا سفید ($r=0/81^{**}$) و لوبیا چیتی ($r=0/86^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده است). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود حداکثر شاخص برداشت به لوبیا چیتی و لوبیا سبز در مخلوط با ذرت (به ترتیب با میانگین ۳۹/۵۳ و ۴۴/۵۶ درصد) تعلق داشت که نسبت به تیمار تک‌کشتی ارقام مذکور بیش از ۲۳ درصد افزایش نشان داد.

کارآیی استفاده از زمین و شاخص‌های رقابتی
 در این آزمایش حداکثر عملکرد دانه به تک کشتی ذرت با میانگین
 ۷۲۸۷/۲ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت و مخلوط ذرت با لوبیا سبز،
 لوبیا چیتی و لوبیا قرمز با میانگین بیش از ۵۲۰۳/۲ کیلوگرم در هکتار
 از حداکثر عملکرد دانه در بین انواع مخلوط و نیز تک کشتی ارقام لوبیا
 برخوردار بودند (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا در کشت مخلوط با ذرت

Table 2- Mean comparison of bean types yield and yield components in intercropping with corn

ویژگی‌ها Characters تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف Pod number	تعداد شاخه Branch number	تعداد گره Nod number	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	زیست توده اندام هوایی (گرم در بوته) Aerial biomass (g.plant ⁻¹)	وزن دانه در گیاه (گرم در بوته) Seed weight per plant (g.plant ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
نسبت کاشت (P) Planting ratio (P)								
تک کشتی لوبیا سفید Sole cropping of white bean	68.00 ^{c*}	29.56 ^{cd}	41.10 ^{bc}	139.00 ^a	12.35 ^a	19.00 ^a	3.66 ^{bc}	21.00 ^{cd}
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سفید 50:50 corn-white bean	184.00 ^b	33.42 ^{bcd}	24.10 ^{fg}	72.11 ^e	7.08 ^{ef}	15.00 ^{cd}	2.00 ^e	23.45 ^c
تک کشتی لوبیا سبز Sole cropping of bush bean	45.5 ^{cd}	33.61 ^{bcd}	33.95 ^{cde}	101.00 ^c	10.33 ^{bc}	17.00 ^c	4.50 ^{ab}	14.50 ^{de}
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سبز 50:50 corn bush bean	39.30 ^{cd}	44.56 ^a	25.50 ^{efg}	57.36 ^e	5.60 ^f	22.50 ^a	4.83 ^a	9.20 ^e
تک کشتی لوبیا قرمز Sole cropping of red kidney bean	192.35 ^b	33.12 ^{bcd}	37.20 ^{cd}	112.33 ^c	11.96 ^{ab}	10.70 ^d	2.33 ^{de}	39.00 ^b
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا قرمز 50:50 corn-red kidney bean	260.50 ^a	36.39 ^{bc}	32.97 ^{cdef}	90.59 ^c	9.43 ^{de}	13.45 ^{cd}	2.17 ^{de}	31.76 ^b
تک کشتی لوبیا چیتی Sole cropping of pinto bean	178.75 ^b	30.29 ^{cd}	46.75 ^{ab}	154.33 ^a	12.33 ^a	13.00 ^{cd}	3.00 ^{cd}	46.00 ^a
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا چیتی 50:50 corn-pinto bean	287.85 ^a	39.53 ^{ab}	54.79 ^a	142.20 ^a	9.00 ^{cd}	15.33 ^c	2.33 ^{de}	34.70 ^b
تک کشتی لوبیا خنجری Sole cropping of sword bean	64.5 ^{cd}	33.93 ^{bcd}	31.10 ^{def}	91.67 ^c	13.33 ^a	16.00 ^c	3.66 ^{bc}	20.30 ^{cd}
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا خنجری 50:50 corn-sword bean	37.5 ^c	27.14 ^d	15.85 ^e	58.40 ^e	9.00 ^{cd}	14.00 ^{cd}	5.33 ^a	8.00 ^e
حداقل اختلاف معنی‌دار (%) LSD (5%)	0.07	8.89	28.2	1.71	4.59	0.89	7.66	29.59
منابع تغییر S.O.V					آزمون F F Test			
سطح احتمال P value	**	**	**	**	**	**	**	**
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	12.75	15.08	16.20	10.50	17.18	15.49	17.87	12.70

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.
 * Means in the same column of each factor followed by the same letter(s) were not significantly different according to LSD (p≤0.05).

** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** : significant at 1% probability levels

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط انواع لوبیا و ذرت
Table 3- Mean comparison of yield and land equivalent ratio in intercropping of corn with bean types

ویژگی‌ها Characters	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)				ارزش عملکرد LER yield value				
	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	مجموع Total	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	مجموع Total	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	مجموع Total
نسبت کاشت (P)									
Planting ratio (P)									
تک کشتی ذرت	-	7287.2 ^a *	7287.2 ^a *	-	1.00 ^a	1.00 ^a	-	1.00 ^a	1.00 ^c
Sole cropping of corn	-	7287.2 ^a *	7287.2 ^a *	-	1.00 ^a	1.00 ^a	-	1.00 ^a	1.00 ^c
تک کشتی لوبیا سفید	2190.8 ^{ab}	-	2190.8 ^{ef}	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
Sole cropping of white bean	2190.8 ^{ab}	-	2190.8 ^{ef}	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
تک کشتی لوبیا سبز	1809.9 ^{bcd}	-	1809.9 ^{ef}	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
Sole cropping of bush bean	1809.9 ^{bcd}	-	1809.9 ^{ef}	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
تک کشتی لوبیا قرمز	1982.8 ^{bc}	-	1982.8 ^{ef}	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
Sole cropping of red kidney bean	1982.8 ^{bc}	-	1982.8 ^{ef}	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
تک کشتی لوبیا چیتی	2491.8 ^a	-	2491.8 ^e	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
Sole cropping of pinto bean	2491.8 ^a	-	2491.8 ^e	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
تک کشتی لوبیا خنجرری	1657.8 ^{cd}	-	1657.8 ^f	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
Sole cropping of sword bean	1657.8 ^{cd}	-	1657.8 ^f	1.00 ^a	-	1.00 ^c	1.00 ^a	-	1.00 ^c
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سفید	642.4 ^{ef}	4308.3 ^{bc}	4950.7 ^c	0.29 ^{cd}	0.60 ^c	0.89 ^d	0.29 ^{cd}	0.60 ^c	0.89 ^d
50:50 corn-white bean	642.4 ^{ef}	4308.3 ^{bc}	4950.7 ^c	0.29 ^{cd}	0.60 ^c	0.89 ^d	0.29 ^{cd}	0.60 ^c	0.89 ^d
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سبز	678.7 ^{ef}	5054.7 ^b	5734.4 ^b	0.39 ^{cd}	0.75 ^b	1.13 ^{ab}	0.39 ^{cd}	0.75 ^b	1.13 ^{ab}
50:50 corn-bush bean	678.7 ^{ef}	5054.7 ^b	5734.4 ^b	0.39 ^{cd}	0.75 ^b	1.13 ^{ab}	0.39 ^{cd}	0.75 ^b	1.13 ^{ab}
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا قرمز	878.7 ^e	4324.6 ^{bc}	5203.2 ^{bc}	0.44 ^c	0.60 ^c	1.04 ^c	0.44 ^c	0.60 ^c	1.04 ^c
50:50 corn-red kidney bean	878.7 ^e	4324.6 ^{bc}	5203.2 ^{bc}	0.44 ^c	0.60 ^c	1.04 ^c	0.44 ^c	0.60 ^c	1.04 ^c
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا چیتی	1457.9 ^d	4216.4 ^{bc}	5674.3 ^b	0.59 ^b	0.61 ^c	1.21 ^a	0.59 ^b	0.61 ^c	1.21 ^a
50:50 corn-pinto bean	1457.9 ^d	4216.4 ^{bc}	5674.3 ^b	0.59 ^b	0.61 ^c	1.21 ^a	0.59 ^b	0.61 ^c	1.21 ^a
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا خنجرری	449.1 ^f	3408.4 ^c	3857.6 ^d	0.27 ^d	0.48 ^d	0.75 ^c	0.27 ^d	0.48 ^d	0.75 ^c
50:50 corn-sword bean	449.1 ^f	3408.4 ^c	3857.6 ^d	0.27 ^d	0.48 ^d	0.75 ^c	0.27 ^d	0.48 ^d	0.75 ^c
حدائق اختلاف معنی دار (٪)	395.17	930.66	694.54	0.11	0.08	0.10	0.11	0.08	0.10
LSD (5%)									
منابع تغییر		F Test	F	F Test	F	F	F Test	F	F
S.O.V		**	**	**	**	**	**	**	**
سطح احتمال		**	**	**	**	**	**	**	**
P level		**	**	**	**	**	**	**	**
ضریب تغییرات (درصد)	16.17	10.73	10.47	6.27	6.47	6.08	6.27	6.47	6.08
CV (%)	16.17	10.73	10.47	6.27	6.47	6.08	6.27	6.47	6.08

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

** Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to LSD (p≤0.05).

*** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

***: significant at 1% probability levels

غالبیت آن گونه در ترکیب مخلوط می باشد (Yilmaz et al., 2008)، بنابراین بر اساس داده‌های جدول ۴ مشاهده می‌شود که گیاه ذرت با ضریب غالبیت مثبت (در گستره ۰/۰۲ تا ۰/۶۹) گونه غالب در مخلوط با انواع لوبیا بوده است. به طوری که حداکثر ضریب غالبیت ذرت در کشت مخلوط با لوبیا سفید (A= ۰/۶۰) و لوبیا سبز (A= ۰/۶۹) به دست آمد. همچنین در بین انواع لوبیا، لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت (A= -۰/۰۲) از بیشترین ضریب غالبیت برخوردار بود.

با بررسی نسبت رقابت دو گونه در مخلوط ذرت با انواع لوبیا مشخص شد که لوبیا قرمز (CR= ۰/۷۵) و لوبیا چیتی (CR= ۰/۹۸) در مخلوط با ذرت از حداکثر نسبت رقابت برخوردار بودند و حداقل نسبت رقابت به رقم لوبیا سفید (CR= ۰/۴۹) در مخلوط با ذرت تعلق داشت. در این آزمایش نسبت رقابت ذرت در مخلوط با انواع لوبیا در گستره عددی ۱/۰۲ تا ۲/۰۷ تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت. با این وجود، ذرت در کشت مخلوط از توان رقابتی بالاتری در مقایسه با انواع لوبیا برخوردار بود (جدول ۳). در این زمینه ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) افزایش غالبیت و نسبت رقابت ذرت در مخلوط ذرت و ماش (*Vigna radiata* L.) به نسبت ۵۰:۵۰ را عامل بهبود عملکرد ذرت دانستند و افت واقعی عملکرد در حداکثر سهم ذرت (مخلوط ذرت و ماش به نسبت ۵۰:۱۰۰) را به دلیل کاهش نسبت رقابت و غالبیت گیاه گزارش نمودند.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا و ذرت به وضوح بیانگر تأثیر تیپ رشدی ارقام لوبیا و واکنش کاملاً متفاوت دو گونه گیاهی در مخلوط و سودمندی این نظام کشت در مخلوط ذرت و لوبیا سبز و نیز ذرت و لوبیا چیتی بوده است به طوری که عملکرد قابل توجه و سودمندی مخلوط ذرت و لوبیا سبز (به ترتیب با میانگین ۵۷۳۴/۴ کیلوگرم در هکتار و $LER=1/13$) منوط به افزایش زیست‌توده، شاخص برداشت و وزن صد دانه ذرت در مجاورت لوبیا سبز و افزایش چشمگیر تعداد غلاف و شاخص برداشت لوبیا سبز در سایه‌انداز گیاه ذرت با وجود کاهش ۴۳ درصدی زیست‌توده این گیاه در مقایسه با تک‌کشتی دانست. در این آزمایش افزایش کارایی استفاده از زمین در مخلوط ذرت و لوبیا چیتی (LER= ۱/۲۱) نیز با افزایش قابل توجه ارتفاع بوته، تولید زیست‌توده بالا و به تبع آن جذب کارآمد نور در مخلوط قابل توجیه است. بنابراین به نظر می‌رسد.

با محاسبه نسبت برابری زمین (LER) مشخص شد که کشت مخلوط ذرت و لوبیا سبز ($LER= 1/13$) و ذرت و لوبیا چیتی ($LER= 1/21$) با بیش از ۱۳ درصد افزایش کارایی استفاده از زمین موجب بهبود عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی دو گونه گردیدند. همچنین کاهش قابل توجه نسبت برابری زمین در مخلوط ذرت و لوبیا سفید ($LER= 0/89$) و ذرت و لوبیا خنجری ($LER= 0/75$) بیانگر عدم سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی این گیاهان می‌باشد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که سهم هر دو گونه گیاهی در مخلوط ذرت و لوبیا چیتی بیش از ۵۰ درصد بوده است؛ در حالی که نقش ذرت ($LER= 0/75$ جزئی) در مخلوط ذرت و لوبیا سبز پر رنگ‌تر از لوبیا سبز ($LER= 0/44$ جزئی) می‌باشد. در این راستا آگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) با بررسی کارایی استفاده از زمین در مخلوط جو و باقلا، افزایش قابل توجه نسبت برابری زمین را در ترکیب ۵۰٪ باقلا+ ۱۰۰٪ جو و ۶۲/۵٪ باقلا+ ۱۰۰٪ جو گزارش نمودند. هایمز و لی (Haymes & Lee, 1999) نیز در بررسی کشت پاییزه گندم (*Triticum aestivum* L.) و لوبیا اظهار داشتند که عملکرد مخلوط و نسبت برابری زمین (در دامنه ۱-۱/۰۸) غیر از ترکیب گندم و لوبیا با نسبت ۵۰:۵۰ ($LER= 1/28$) در نسبت‌های دیگر کشت افزایش چشمگیری را نشان نداد؛ در حالی که در کشت بهاره این مخلوط، افزایش قابل توجه عملکرد و نسبت برابری زمین در اکثر ترکیب‌های کشت گزارش شده است. این پژوهشگران شرایط آب و هوایی منطقه در فصل کشت، مورفولوژی گیاه و عوامل مدیریتی را از مؤلفه‌های مهم تأثیرگذار بر سودمندی کشت مخلوط بیان داشتند. در این راستا گزارش ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) بیانگر افزایش نسبت برابری زمین ($LER= 1/6$) در نسبت ۵۰:۵۰ ذرت و لوبیا معمولی می‌باشد.

در این آزمایش ذرت در مخلوط با لوبیا خنجری از حداکثر ضریب ازدحام نسبی ($K= 1/15$) برخوردار بود و در مخلوط با لوبیا سبز حداقل ضریب ازدحام نسبی ($K= 0/36$) مشاهده شد. بر همین اساس در بین انواع لوبیا نیز لوبیا خنجری و لوبیا چیتی به ترتیب از حداکثر ($K= 2/80$) و حداقل ($K= 0/73$) ضریب ازدحام نسبی برخوردار بودند که این مطلب بیانگر رقابت شدید بین دو گونه زراعی ذرت و لوبیا خنجری است.

با توجه به این که ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط انواع لوبیا و ذرت
Table 4- Mean comparison of competitive indices in intercropping of corn with bean type

ویژگی‌ها Characters تیمارها Treatments	ضریب ازدحام نسبی K value		ضریب غالبیت A value		نسبت رقابتی CR	
	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn
نسبت کاشت (P) Planting ratio (P)						
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سفید 50:50 corn-white bean	2.41 ^{ab*}	0.68 ^b	-0.60 ^c	0.60 ^a	0.50 ^b	2.03 ^a
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا سبز 50:50 corn-bush bean	1.73 ^b	0.36 ^c	-0.69 ^c	0.69 ^a	0.54 ^b	2.07 ^a
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا قرمز 50:50 corn-red kidney bean	1.85 ^{ab}	0.69 ^b	-0.33 ^b	0.33 ^b	0.75 ^{ab}	1.41 ^{ab}
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا چیتی 50:50 corn-pinto bean	0.73 ^c	0.66 ^b	-0.02 ^a	0.02 ^c	0.98 ^a	1.04 ^b
۵۰:۵۰ ذرت- لوبیا خنجر 50:50 corn-sword bean	2.80 ^a	1.15 ^a	-0.41 ^b	0.41 ^b	0.60 ^b	1.88 ^a
حداقل اختلاف معنی‌دار (۵٪) LSD (5%)	0.93	0.16	0.17	0.17	0.26	0.83
منابع تغییر S.O.V			F Test	F آزمون		
سطح احتمال value P	**	**	**	**	*	NS
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	27.68	12.23	21.33	21.33	20.27	26.18

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.
* Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to LSD ($P \leq 0.05$).

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم تفاوت معنی‌دار

* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns: Non significant

که تأثیر تیپ رشدی در موفقیت رقابت بین دو گونه گیاهی در
مخلوط تأثیر به سزائی دارد و از آن می‌توان در مطالعات بعدی برای
پیش‌بینی عملکرد این گیاهان در کشت مخلوط استفاده نمود.

منابع

- Agegnehu, G., Ghizam, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
- Bagheri, A. 2001. *Baen Agronomy and Breeding*. Mashhad University Press. Iran p. 11-30. (In Persian)
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
- De Wit, C.T., and Vanden Bergh, J.P. 1965. Competition between herbage plants. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences* 13: 212-221.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- Eslami Khalili, F., Pirdashti, H., and Motaghian, A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. *Journal of Agroecology* 94-

105. (In Persian with English Summary)

Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: biomass yield and silage quality. *African Journal of Biotechnology* 7(22): 4100-4104.

Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M.K., Jqrnsgaard, B., and Jensen, E.S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. *Field Crops Research* 95: 256-267.

Haymes, R., and Lee, H.C. 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triticum aestivum* L.) and field bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research* 62: 167-176.

Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effect of nitrogen levels on yield and components of forage millet (*Pennisetum americanum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping system. *Journal of Pajouhesh va Sazandegi* 59: 60-67. (In Persian with English Summary)

Hosseinzadeh, D., Esmaili, M.A., Pirdashti, H., and Abbasian, A. 2012. Effect of different rates of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on weeds control. In: 12th Iranian Crop Sciences congress, 4-6 September. 2012. Karaj Branch. Islamic Azad University. Karaj, Iran. (In Persian)

Jahani, M., Koocheki, A., and Nasiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S. 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. *Iranian Journal of Crop Research* 7(2): 605-614. (In Persian with English Summary)

Motaghian, A., Pirdashti, H., Akbarpour, V., Sarajpour, G., Yaghoubi Khanghahi, M., and Shariatnejad, S. 2013. Evaluation of basil (*Ocimum basilicum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) yield in different intercropping mixture via competition indices. *Journal of Agroecology* 5(3): 243-254. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H., Pirdashti, H., Yazdani, M., and Abbasian, A. 2012. Change of weed abundance and diversity in barley (*Hordeum vulgare* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) intercropping. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 3: 788-793.

Mushagalusa, G.N., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany* 64: 180-188.

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 48-58.

SAS Institute. 2004. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary. NC, USA.

Schmidtke, K., Neumann, A., Hof, C., and Rauber, R. 2004. Soil and atmospheric nitrogen uptake by lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. Nudum L.) as monocrops and intercrops. *Field Crops Research* 87: 245-256.

Thobatsi, T. 2009. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in a intercropping system. MSc Thesis, University of Pretoria 149 pp.

Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. *Physiology Chemistry Earth* 28: 919-926.

Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry* 32: 111-119.

تأثیر کاربرد کودهای دامی و زیستی بر عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

مریم نعمتی^{۱*} و مهدی دهمرده^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثرات کود دامی و کودهای زیستی بر عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus Sabdariffai* L.) آزمایشی در مزرعه آموزشی- پژوهشی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح کود دامی شامل: صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار و هشت سطح مصرف کود زیستی شامل: شاهد (بدون مصرف کود زیستی)، نیتروکسین، بیوسولفور، فسفات بارور ۲، نیتروکسین+ بیوسولفور، نیتروکسین+ فسفات بارور ۲، بیوسولفور+ فسفات بارور ۲ و نیتروکسین+ بیوسولفور+ فسفات بارور ۲ بودند. سطوح مختلف کود دامی به عنوان عامل اصلی و تیمارهای کود زیستی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. اضافه کردن کود دامی به خاک و عملیات تلقیح بذور چای ترش با کودهای زیستی قبل از کاشت انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد میوه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی بود که بر اساس نتایج، مصرف سطوح مختلف کود دامی و تیمارهای کود زیستی و برهمکنش آن‌ها بر صفات مورد بررسی معنی‌دار شد. بیشترین مقدار عملکرد اقتصادی چای- ترش برابر با ۱/۲۹ تن در هکتار با مصرف توأم ۱۰ تن در هکتار کود دامی و کود زیستی نیتروکسین به دست آمد. نتایج نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای دامی و زیستی، نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها می‌تواند در افزایش عملکرد اقتصادی و ویژگی‌های رشدی چای ترش نقش مؤثری را ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک، فسفات بارور ۲، نیتروکسین

مقدمه

غذایی که به وسیله اندام‌های گیاهی از زمین خارج می‌شوند، از طریق کودها به زمین بازگردند (Martin et al., 2006). کودهای دامی از سویی قابلیت جذب عناصری مانند روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن را افزایش می‌دهند (Rezaenejad & Afyuni, 2001) و با چرخش مواد غذایی در مناطقی با سیستم زراعی فشرده، حاصل‌خیزی خاک را نیز بهبود می‌بخشند (Al-Nahid, 1991). از سوی دیگر، فعالیت موجودات ذره‌بینی آن را افزایش داده و به تولید دی‌اکسیدکربن، نترات آمونیوم و اسیدهای ساده در خاک کمک می‌کنند (Patel & Patel, 1988) و موجب بالا رفتن شاخص سطح برگ و سرعت تجمع ماده خشک و عملکرد گیاه می‌شود (Koocheki et al., 2000; Khandan, 2005). این نظریات در پژوهش‌های دیگر محققان بر روی همیشه‌بهار (*Calemdula officinalis* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، مرزنجوش بستانی (*Origanum majorana* L.)، گاوزبان اروپایی

در سیستم‌های کشاورزی رایج برای به دست آوردن بیشترین عملکرد، استفاده مداوم از کودهای شیمیایی امری اجتناب ناپذیر تلقی شده است. در حالی که کاربرد بی‌رویه آن‌ها به دلیل تغییر در pH خاک و تجمع نمک بیش از اندازه در آن، سبب کاهش حاصل‌خیزی خاک و فعالیت باکتریایی آن می‌گردد (Pokorna, 1984). سلامتی گیاه، خاک و جانداران بستگی به چرخش عناصر غذایی در بوم‌نظام دارد. این چرخه در نتیجه از بین رفتن حاصل‌خیزی خاک، عدم تعادل مواد غذایی آن و عملیات زراعی نامناسب مختل می‌شود (Koocheki et al., 2000). در مدیریت پایدار خاک، توجه به حفظ توازن عناصر غذایی و حاصل‌خیزی آن بسیار با اهمیت بوده و لازم است عناصر

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

*- نویسنده مسئول: (Email: nemati9531@gmail.com)

(Rahimzadeh et al, 2011).

بنابراین از آن‌جا که فرآیند تولید گیاهان دارویی به سوی بهبود کیفیت، کمیت و سلامت ماده مؤثره موجود در آن‌ها پیش می‌رود، تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی و دامی با این فرآیند سازگارتر می‌نماید.

چای ترش یا چای مکی با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. از خانواده‌ی پنیرک *Malvaceae* گیاهی است یک‌ساله، شاخه‌دار، با رنگ سبز تیره مایل به قرمز و برگ‌ها متناوب و پنجه‌ای دارای سه تا هفت لوب و حاشیه برگ‌ها دندانه‌ای، بدون کرک، گل‌ها بزرگ با دمگل کوتاه است. میوه‌ها توسط کاسبرگ‌های گوشتی احاطه شده که حاوی ۲۲ تا ۳۴ دانه در هر کپسول می‌باشند. این گیاه دارای یک ریشه راست، عمیق و قابل نفوذ است (Zargari, 1992). کاسبرگ‌ها کاهنده فشارخون هستند و به دلیل وجود ویتامین ث فراوان خواص آنتی‌آسکوربیک دارند. گل‌ها حاوی گوسی‌پتین، آنتوسیانین، گلیکوزید هیپوسین می‌باشند. انرژی‌زا هستند و در درمان فشارخون، سوء هاضمه و ناراحتی‌های کبدی استفاده می‌شوند (Kobley, 1968).

طبق تحقیقات حسن (Hassan, 2009) تلقیح بذور چای ترش با مایه باکتریایی حاوی *آزوسپریلیوم*، *باسیلوس* و *سودوموناس* در ترکیب با نصف مقدار معمول کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش عملکرد در کاسبرگ و خصوصیات کیفی در آن شد و گزارشات ابوبکر و مصطفی (Abo-Baker & Mostafa, 2011) بیانگر آن است که استفاده از ترکیب باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات به همراه مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی NPK رایج در گیاه دارویی چای مکی، منجر به افزایش درصد نیتروژن و فسفر در برگ‌ها و میزان آنتوسیانین، ویتامین ث و اسیدیته در کاسبرگ‌ها آن می‌شود.

لازم به ذکر است که بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه واکنش کودی چای ترش بر مبنای مصرف انواع کودهای شیمیایی بوده و واکنش این گیاه نسبت به کودهای زیستی کمتر مورد توجه قرار گرفته است لذا نیازمند مطالعه و تحقیق بیشتری است. به همین منظور این آزمایش با هدف بررسی اثر کودهای دامی و زیستی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و عملکرد گیاه چای ترش در شرایط آب و هوایی گرم و خشک انجام شد.

(*Borage officinalis* L.) سیاهدانه و (*Nigella sativa* L.) و ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) به اثبات رسیده‌است (Vieira et al., 1999; Abdou & Mahmoud, 2003; El-Ghawwas et al., 2002; El-Sayed et al., 2002; Helmy & Zarad, 2003; Shaalan, 2005; Bishr et al., 2006).

کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند (Wu et al., 2005) و باعث کاهش بیماری‌های گیاه، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و بالا رفتن کمیت و کیفیت و افزایش مقاومت آن در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند (Nagananda et al., 2010). نیتروکسین یکی از کودهای بیولوژیک محسوب می‌شود که دارای مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*آزوتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*) است. این باکتری‌ها علاوه بر تثبیت نیتروژن با ترشح مواد محرک، رشد گیاه را افزایش می‌دهند (Amoaghaie & Mostajeran, 2007). تأثیر مثبت کودهای حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن چون نیتروکسین، نیتروبین و... روی شاخص‌های رشدی مرزنجوش بستانی، عملکرد دانه رازبانه و ترکیبات شیمیایی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) مشاهده شده‌است (El-Hindi & El-Boraie, 2005; El-Ghawwas et al., 2002; El-Khashlan, 2001).

کود بیولوژیک فسفات‌ها بارور ۲ نیز حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، *سودوموناس* (*Pseudomonas*) و *باسیلوس* (*Bacillus*) است. این باکتری‌ها با مکانیسم‌هایی مانند تولید و ترشح اسیدهای آلی به ویژه اسید اگزالیک و اسیدسیتریک، در حلالیت فسفات‌های معدنی کم‌محلول و با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، در آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفره نقش مهمی می‌آفرینند (Amoaghaie & Mostajeran, 2007).

کود زیستی بیوسولفور حاوی باکتری‌هایی از جنس *تیوباسیلوس* (*Thiobacillus*) که از طریق اکسیداسیون گوگرد و کاهش pH خاک، باعث جذب کافی برخی از عناصر غذایی به وسیله گیاهان می‌شود (Wainwright, 1984). طی مطالعه‌ای تأثیر مثبت کاربرد کود زیستی بیوسولفور به تنهایی یا در ترکیب با دیگر کودهای زیستی چون نیتروکسین و فسفات بارور ۲ در بهبود عملکرد و کیفیت گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) به اثبات رسید

جدول ۱- خصوصیات فیزیوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Soil physicochemical characteristics of experimental location

بافت Texture	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر (پی پی ام) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (پی پی ام) Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
لومی- شنی Loam-clay	0.15	0.05	11.1	176	7.7	1.5

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical characteristics of organic manure used in the experiment

پتاسیم (درصد) Potassium (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
0.34	0.51	1.2	8.4	12.4

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۴۸۱ متر بوده و در ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه جزء اقلیم‌های خشک و بسیار گرم، با میانگین بارندگی سالیانه ۶۳ میلی‌متر و دمای متوسط ۲۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی- شنی و pH آن برابر با ۷/۷ بود (جدول ۱).

پس از انجام عملیات خاکورزی، کرت‌هایی با ابعاد ۲×۲/۵ متر، ایجاد گردید. فاصله بین کرت‌ها نیم متر و بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. افزودن کودهای شیمیایی پایه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به نسبت ۵۰:۱۰۰:۱۰۰ و کود دامی (نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی کود گاوی مورد استفاده در جدول (۲) نشان داده شده است) و کود زیستی بیوسولفور (۱۰۰ گرم در هکتار) در اسفندماه انجام گرفت. بذرها به صورت کپه‌ای و پس از تلقیح بذری با کودهای زیستی با تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار (فاصله بین بوته‌ها ۲۵ و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر) در ۲۵ فروردین‌ماه کاشته و بلافاصله به صورت شیاری آبیاری شد. بذر مورد استفاده از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل تهیه شد.

عامل اصلی شامل کود دامی گاوی در سه سطح بدون کود (شاهد)، ۱۰ تن در هکتار و ۲۰ تن در هکتار و عامل فرعی شامل هشت سطح کود زیستی شامل: شاهد (عدم کاربرد کود)، نیتروکسین، بیوسولفور، فسفات بارور ۲، نیتروکسین+بیوسولفور، نیتروکسین+

فسفات بارور ۲، بیوسولفور+ فسفات بارور ۲، نیتروکسین+ بیوسولفور+ فسفات بارور ۲ در نظر گرفته شدند.

در مراحل اولیه رشد گیاه تا زمانی که گیاهچه‌ها از خاک خارج و به طور کامل مستقر شوند، آبیاری با دور کوتاه انجام گرفت و در مراحل بعد به طور یکنواخت و با توجه به نیاز گیاه انجام شد و مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز در مراحل مختلف رشد گیاه رشد در چند نوبت انجام گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های مورفولوژیکی، در پایان فصل رشد (آبان‌ماه) هنگامی که میوه‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی قرار داشتند، انجام شد. بدین صورت که در هر کرت نمونه‌گیری از دو ردیف وسط و پس از حذف آثار حاشیه‌ای در سطح یک مترمربع انجام گرفت. ارتفاع بوته از ناحیه طوقه تا انتهایی‌ترین بخش ساقه، با متر و قطر ساقه در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری به کمک کولیس سنجیده شد. بوته‌ها از سطح زمین قطع و کدگذاری شد و سپس به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از شمارش تعداد شاخه‌های فرعی و میوه‌ها در بوته و محاسبه میانگین آن‌ها برای هر کرت، اقدام به جداسازی کاسبرگ‌ها شد. پس از خشک کردن در آون در دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک بوته و وزن خشک کاسبرگ اندازه‌گیری شد. این دو ویژگی، به ترتیب معادل عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی چای‌ترش هستند. شاخص برداشت نیز از طریق نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS^۱ نسخه ۱۱ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن^۲ در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

1- Statistical analysis system

2- Least significant range

غذایی، به ویژه فسفر و نیتروژن و تأثیر آن بر بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد بوته است.

نتیجه این آزمایش با یافته‌های دیگر محققان بر روی رازیانه مطابقت دارد، این محققان افزایش ارتفاع رازیانه در دوفصل زراعی در اثر استفاده از کود زیستی را نسبت به شاهد هشت درصد عنوان کردند (Azzaz et al., 2009).

مقایسه میانگین برهمکنش کودهای دامی و زیستی نشان داد که تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی + نیتروکسین، بیشترین ارتفاع بوته (۱۶۸/۵ سانتی‌متر) را داشت. این مقدار، نسبت به شاهد (۱۳۵/۴ سانتی‌متر) افزایشی ۲۴ درصدی را نشان می‌دهد (جدول ۵). نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات آراز و همکاران (Azzaz et al., 2009) روی گیاه دارویی رازیانه مطابقت دارد، ایشان افزایش ارتفاع رازیانه در اثر مصرف توأم کود دامی و زیستی را نسبت به شاهد ۲۳ درصد گزارش کردند.

نتایج و بحث

خصوصیات رشدی

ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر کودهای دامی و زیستی و بر همکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۴/۰ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی بود که نسبت به شاهد چهار درصد افزایش داشت (جدول ۴). یادآو و همکاران (Yadav et al., 2003) نیز افزایش ارتفاع بوته اسفرزه همکاران (*Plantago psyllium* L.) را بر اثر مصرف کودهای دامی گزارش کرده‌اند.

با کاربرد کودهای زیستی، ارتفاع بوته افزایش یافت و بیشترین ارتفاع (۱۵۰/۶ سانتی‌متر) در تیمار نیتروکسین مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و نسبت به شاهد حدود ۱۰ درصد افزایش داشت (جدول ۴). درخصوص اثر کودهای زیستی بر افزایش ارتفاع بوته باید گفت که این امر احتمالاً ناشی از افزایش جذب عناصر

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی چای ترش در تیمارهای کود دامی و کودهای زیستی

Table 3- Analysis of variance for yield and morphological indexes of Roselle in manure and bio fertilizers treatments

میانگین مربعات (MS)								
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد میوه Number of fruit	تعداد شاخه فرعی Number of lateral branch	عملکرد اقتصادی Economical yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.29	0.02	0.38	0.97	0.0001	0.65	0.33
کود دامی Manure (A)	2	239.6**	0.63*	51.0*	4.22**	0.041**	4.2*	0.54
خطای اصلی Error a	4	9.16	0.04	4.6	0.97	0.0002	0.41	0.13
کود زیستی Biofertilizers (B)	7	423.8**	2.02*	209.3**	8.07**	0.12**	28.5**	4.7**
دامی × زیستی (A×B)	14	321.2**	2.4**	110**	4.28**	0.052**	11.8*	2.8**
خطای فرعی Error b	42	13.13	0.04	2.96	0.28	0.0002	0.45	0.20
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.54	1.74	7.18	9.63	2.3	5.5	8.1

***، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری
**، * and ns: are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and no significant, respectively.

کردند که در بین کودهای زیستی بیشترین تعداد میوه در هکتار، در نتیجه استفاده از نیتراژین به دست آمد و کاربرد نیتراژین برتری ۷۲/۵ درصدی را نسبت به شاهد به دنبال داشت.

برهمکنش کودهای دامی و زیستی بر تعداد میوه چای‌ترش در سطح احتمال یک درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۳) و بالاترین تعداد میوه در بوته در هر مترمربع با کاربرد ۱۰ تن کود دامی+ نیتروکسین (۳۶ میوه) به دست آمد. این مقدار با دیگر تیمارها اختلافی معنی‌دار داشت، به طوری که نسبت به شاهد (۱۷ میوه) افزایشی حدود ۱۱۱ درصدی را داشت (جدول ۵).

برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند که ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه بر تسهیم و تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف آن تأثیر می‌گذارند برای مثال، دل‌آمورا و همکاران (Del Amora et al., 2008) گزارش کردند که محدودیت در ذخیره نیتروژن پیش از تلقیح با *Azospirillum sp.* و *پلانتوآ پانتوئا* (*Pantoea sp.*) سبب تولید ترکیبات فنولی در برگ‌ها و میوه فلفل شیرین (*Capsicum annuum L.*) شد. آن‌ها اظهار داشتند که مقدار ترکیبات فنولی به عنوان متابولیت‌های ثانویه، همزمان با رسیدگی میوه افزایش می‌یابد و سبب زردی رنگ میوه‌ها و برگ‌ها می‌شود و نتیجه گرفتند که باکتری‌های همیار گیاه^۱ از طریق تأثیر بر متابولیسم ثانویه آن، الگوهای تسهیم و انتقال مواد فتوسنتزی، فرآیندهای مسئول میوه‌دهی و توسعه گیاه را در شرایط محدودیت ذخیره نیتروژن اصلاح می‌کنند.

اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که مصرف کودهای دامی و زیستی و برهمکنش آن‌ها بر تعداد شاخه فرعی در بوته چای‌ترش در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین سطوح کود دامی، بیشترین تعداد شاخه فرعی (شش شاخه) مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی بود که نسبت به شاهد (۵/۱ شاخه) افزایشی ۱۷ درصدی را نشان داد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر تعداد شاخه‌های فرعی نیز بیانگر آن است که بیشترین تعداد (۷/۴ شاخه) در تیمار نیتروکسین به دست آمد.

قطر ساقه به طور معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آماری تحت تأثیر کودهای دامی و زیستی و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین قطر ساقه از تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی (۱۱/۶ میلی‌متر) به دست آمد که نسبت به شاهد سه درصد افزایش داشت (جدول ۴). با تلقیح کودهای زیستی، قطر ساقه نیز افزایش یافت و بیشترین قطر، مربوط به تیمار تلقیح بذور با کود نیتروکسین بود که این مقدار نسبت به شاهد حدود ۱۲ درصد بود (جدول ۴). برهمکنش تیمار کودهای دامی و زیستی بر قطر ساقه معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطر ساقه در تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی+ نیتروکسین در بالاترین سطح (۱۳/۳ میلی‌متر) قرار داشت. این میزان، نسبت به شاهد (۱۰/۷ میلی‌متر) حدود ۲۴ درصد افزایش داشت (جدول ۵).

محققان معتقدند که اثر هورمونی القا شده در گیاه توسط تثبیت‌کننده‌های نیتروژن، ممکن است یا به طور مستقیم تغییراتی در مورفولوژی ساقه گیاهان تلقیح شده (مانند قطور شدن ساقه، افزایش شاخه و برگ و تعداد سرشاخه‌های گلدار) ایجاد کند و یا با ازدیاد رشد ریشه و به تبع آن افزایش زمینه دسترسی به آب و املاح، رشد بیشتر بخش هوایی گیاه را ممکن سازد (Amoaghaie & Mostajeran, 2007).

تأثیر مصرف کود دامی بر تعداد میوه در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین تعداد میوه (۲۵/۶) از کاربرد تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی تولید شد که نسبت به شاهد (۲۲/۸) حدود ۱۲ درصد افزایش داشت (جدول ۴).

مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) نیز افزایش تعداد دانه در بوته رازیانه را ناشی از مصرف کودهای دامی گزارش کرده‌اند. به نظر می‌رسد که بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و همچنین افزایش دسترسی آن به آب در اثر بهبود خواص فیزیکی خاک برخوردار از کودهای دامی، باعث افزایش قدرت رشد گیاه، تعداد گل و به دنبال آن تعداد میوه در بوته می‌شود.

تعداد میوه نیز تحت تأثیر کودهای زیستی قرار گرفت (جدول ۳). با مصرف تیمار کود نیتروکسین بیشترین مقدار میوه در بوته (۳۱ عدد) به دست آمد که نسبت به شاهد (۱۸/۳۳) افزایشی ۶۹ درصدی را نشان داد (جدول ۴). جهان و همکاران (Jahan et al., 2010) طی تحقیقی روی کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo L.*) گزارشی

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کود دامی و کودهای زیستی بر عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی جای ترش

Table 4- Means comparison of yield and morphological indexes of Roselle in manure and biofertilizers

تیمارهای آزمایش Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	تعداد میوه Number of fruit	تعداد شاخه فرعی Number of lateral branch	عملکرد اقتصادی (تن در هکتار) Economical yield (t.h ⁻¹)	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار) Biological yield (t.h ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
کود دامی (تن در هکتار) Organic manure (t.h ⁻¹)							
0	138.5 ^b	11.4 ^b	22.8 ^b	5.1 ^c	0.65 ^b	11.7 ^b	5.5 ^a
10	144.0 ^a	11.7 ^a	25.6 ^a	6.0 ^a	0.73 ^a	12.8 ^a	5.8 ^a
20	143.9 ^a	11.6 ^a	25.5 ^a	5.6 ^b	0.66 ^b	12.3 ^{ab}	5.3 ^a
کود زیستی Biofertilizer							
نیتروکسین Nitroxin	150.6 ^a	12.0 ^a	31.0 ^a	7.4 ^a	0.91 ^a	15.1 ^a	6.9 ^a
بیوسولفور Biosulfur	132.2 ^e	11.8 ^b	26.0 ^b	6.3 ^b	0.57 ^f	11.7 ^c	4.9 ^{cd}
فسفات بارور ۲ Biological phosphorus	137.8 ^d	11.9 ^a	22.7 ^b	4.6 ^d	0.61 ^e	10.4 ^d	6.0 ^b
نیتروکسین + بیوسولفور Nitroxin+ biosulfu	142.19 ^c	11.7 ^b	30.8 ^a	5.3 ^c	0.61 ^e	11.6 ^c	5.3 ^c
نیتروکسین + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ biological phosphorus	146.3 ^b	11.1 ^c	19.8 ^{ef}	5.9 ^b	0.60 ^e	10.6 ^d	5.9 ^b
بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Biosulfur+ biological phosphorus	148.8 ^{ab}	11.6 ^b	22.4 ^{cd}	5.0 ^{dc}	0.70 ^b	11.4 ^c	6.1 ^b
نیتروکسین + بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ bio sulfur+ biological phosphorus	145.9 ^b	11.9 ^a	20.9 ^{de}	4.9 ^{dc}	0.68 ^d	14.5 ^a	4.7 ^d
شاهد Control	136.7 ^d	10.7 ^d	18.3 ^f	5.1 ^c	0.77 ^b	13.5 ^b	5.2 ^c

* در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

همکاران (Swafy Hend et al., 2007) نیز اعلام داشتند، افزایش تعداد گل و شاخه‌ها می‌تواند ناشی از ایجاد تعادل در جذب عناصر غذایی و آب در محیط ریشه و اثر مفید این باکتری‌ها بر آنزیم‌های حیاتی و هورمون‌ها و آثار تحریک‌کننده آن‌ها بر رشد گیاه باشد، این امر در مورد کود زیستی نیتروکسین نیز مشاهده شد. مقایسه میانگین

این میزان در مقایسه با شاهد (۵/۱ شاخه)، ۴۵ درصد افزایش داشت (جدول ۴). در همین رابطه عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al., 2007) گزارش کردند که استفاده از تثبیت‌کننده‌های نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم)، سبب ازدیاد معنی‌دار تعداد گل و شاخه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L) می‌شود. سیفی‌هند و

افزایش این ویژگی‌ها ارتباط مستقیمی با رشد عملکرد اقتصادی دارد. این نتیجه با نتایج سانچز‌گوین و همکاران (Sanches Govin et al., 2005) در بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر دو گیاه دارویی بابونه (*Matricaria recutita* L.) و همیشه‌بهار هم‌خوانی دارد، آن‌ها نشان دادند که کاربرد این کودها در همیشه‌بهار باعث افزایش عملکرد گل و بهبود کیفیت دارویی شد، در حالی که در بابونه باعث افزایش عملکرد گل گردید، اما بر کیفیت اثری نداشت. امیدی و همکاران (Omid et al., 2009) نیز گزارش کردند که کاربرد نیتروکسین (به میزان پنج لیتر در هکتار) در زعفران (*Crocus sativus* L.) عملکرد کلاله و خامه را به میزان ۸۳ درصد افزایش داد. همچنین طی تحقیقی روی گیاه دارویی بابونه آلمانی نشان داده شد که بیشترین عملکرد گل تر و خشک، عملکرد اسانس و کامازولن در تیمارهای نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات به دست آمد (Fallahi et al., 2009). برهمکنش کودهای دامی و زیستی بر عملکرد کاسبرگ نشان داد که بالاترین میزان (۱۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی + نیتروکسین به دست آمد. این مقدار نسبت به شاهد (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بیش از ۳۰۰ درصد افزایش عملکرد داشت (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که مصرف کودهای دامی و زیستی و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۱۲۸۰۰ کیلوگرم در هکتار) از کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت، در این رابطه می‌توان گفت، احتمالاً افزودن کود دامی به خاک با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی آن، ضمن ایجاد بستری مناسب برای رشد ریشه و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، امکان افزایش رشد و در پی آن تولید ماده خشک را فراهم کرده است. این نتیجه یافته‌های سایر محققین روی ریحان، مریم‌گلی (*Salvia fruticosa* Mill.) و بومادران (*Achillea millefolium* L.) را مورد تأیید قرار می‌دهد (Biasi et al., 2009; Kaplan et al., 2009; Scheffer et al., 1993) مقایسه میانگین‌های کودهای زیستی بیانگر وجود اختلاف معنی‌داری بین آن‌هاست (جدول ۳)، به نحوی که عملکرد بیولوژیک در تلقیح بذور با نیتروکسین (۱۵۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۱۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش داشته است (جدول ۴).

برهمکنش کودهای دامی و زیستی نیز نشان داد که بالاترین تعداد شاخه فرعی (۸/۳ شاخه) با مصرف ۱۰ تن در هکتار کود دامی + نیتروکسین به وجود آمد که نسبت به شاهد (۵/۱ شاخه)، ۶۶ درصد افزایش داشته است (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود دامی بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد اقتصادی (۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) از کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت؛ در حالی که کمترین مقدار عملکرد اقتصادی (۶۵۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به شاهد بود (جدول ۴). مصرف ۱۰ تن کود دامی مقدار عملکرد اقتصادی را حدود ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کود دامی نقش مثبتی در افزایش عملکرد اقتصادی دارد. کود دامی از مهمترین منابع انرژی و مواد غذایی اکوسیستم خاک به شمار می‌رود و از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود (Fallahi et al., 2009). نتایج تحقیق احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2004) روی بررسی اثر مصرف کود دامی بر کمیت و کیفیت عملکرد زیره سبز نیز نشان داد که تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در گیاه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار کود دامی افزایش می‌یابند. اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2004) نیز در پژوهش خود روی مورد زنیان (*Carum copticum* L. C.B. Clarke) ملاحظه کردند که با افزایش مقدار کود دامی، عملکرد دانه افزایش می‌یابد و بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۳۰ تن در هکتار به دست می‌آید.

تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد اقتصادی (۹۱۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار نیتروکسین به دست آمد (جدول ۴). این‌گونه به نظر می‌رسد که گیاهان تیمار شده توسط کود زیستی نیتروکسین در مقایسه با شاهد (بدون تلقیح) در حدود ۱۸ درصد، افزایش عملکرد کاسبرگ داشتند. در این ارتباط می‌توان اظهار داشت که به دنبال کاربرد نیتروکسین، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق تولید ویتامین‌ها و محرک‌های رشد، افزایش رشد ریشه، تسریع جذب آب و عناصر غذایی، باعث بهبود صفات تعداد سرشاخه گلدار، تعداد میوه و عملکرد بیولوژیک شدند.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای کود دامی و کودهای زیستی بر عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی چای ترش
 Table 5- Means comparison of yield and morphological indexes of Roselle in interaction effects of manure and biofertilizers treatments

کود دامی (تن در هکتار) Organic manure (t.h ⁻¹)	کود زیستی Biofertilizer	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (t.h ⁻¹)	عملکرد اقتصادی (تن در هکتار) Economic yield (t.h ⁻¹)	تعداد شاخه فرعی Number of lateral branch	تعداد میوه Number of fruit	قطر ساقه (میلی متر) Stem diameter (mm)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)
0	نیتروکسین Nitroxin	5.9 ^{bcd}	14.0 ^{cd}	0.82 ^d	4.0 ^h	10.2 ^{kl}	10.2 ^{jk}	150.5 ^{cde}
	بیوسولفور Biosulfur	6.75 ^c	12.4 ^{ef}	0.82 ^d	6.7 ^{bc}	33.0 ^{bc}	11.6 ^f	134.5 ^{kl}
	فسفات بارور ۲ Biological phosphorus	6.1 ^{bg}	11.5 ^{fgh}	0.43 ^k	8.0 ^a	30.3 ^{cd}	11.6 ^f	124.2 ^m
	نیتروکسین + بیوسولفور Nitroxin+ biosulfur	6.2 ^{bc}	10.9 ^{gh}	0.67 ^g	4.6 ^{gh}	24.3 ^{fgh}	12.6 ^b	138.1 ^{hijkl}
	نیتروکسین + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ biological phosphorus	5.2 ^{defgh}	11.8 ^{fg}	0.61 ⁱ	7.0 ^b	25.0 ^{fgh}	12.3 ^d	159.4 ^b
	بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Biosulfur+ biological phosphorus	5.4 ^{gh}	11.8 ^{fg}	0.63 ^{hi}	4.3 ^{gh}	18.0 ^{jk}	11.1 ^h	132.4 ^l
	نیتروکسین + بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ biosulfur+ biological phosphorus	5.5 ^{gh}	13.3 ^{de}	0.73 ^e	5.3 ^{efg}	20.0 ^{ij}	11.4 ^j	133.8 ^{kl}
	شاهد Control	4.2 ⁿ	17.1 ^a	0.3 ^l	5.0 ^{fg}	17.0 ^{jk}	10.7 ⁱ	135.4 ^{ijkl}
	10	نیتروکسین Nitroxin	7.6 ^a	17.4 ^a	1.29 ^a	8.3 ^a	36.0 ^a	13.3 ^a
بیوسولفور Biosulfur		5.1 ^{jk}	12.5 ^{ef}	0.64 ^h	5.3 ^{efg}	29.0 ^{de}	12.3 ^{cd}	139.4 ^{hijkl}
فسفات بارور ۲ Biological phosphorus		5.3 ^{hij}	11.6 ^{fgh}	0.6 ^{li}	3.7 ^h	13.0 ^l	12.5 ^{bc}	137.5 ^{hijkl}
نیتروکسین + بیوسولفور Nitroxin+ biosulfur		4.7 ^m	14.6 ^{cd}	0.67 ^g	6.3 ^{bcd}	32.0 ^{cd}	11.4 ^g	148.6 ^{def}
نیتروکسین + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ biological phosphorus		7.2 ^b	9.3 ^j	0.67 ^g	3.6 ^h	18.0 ^{jk}	10.3 ^j	138.3 ^{hijkl}
بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Biosulfur+ biological phosphorus		5.7 ^{fg}	10.6 ^{ghi}	0.606 ⁱ	4.0 ^h	23.0 ^{ghi}	11.8 ^f	151.0 ^{cde}
نیتروکسین + بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ biosulfur+ biological phosphorus		4.4 ⁿ	14.2 ^{cd}	0.616 ^{hi}	4.0 ^h	20.0 ^{ij}	12.0 ^e	147.3 ^{efg}
شاهد Control		6.1 ^{de}	14.6 ^{cd}	0.88 ^b	5.7 ^{def}	16.0 ^k	10.0 ^k	136.2 ^{hijkl}
20		نیتروکسین Nitroxin	5.4 ^{gh}	15.2 ^{bc}	0.82 ^d	6.0 ^{cde}	27.0 ^{ef}	12.6 ^b
	بیوسولفور Biosulfur	4.6 ^m	10.4 ^{hij}	0.47 ^j	7.0 ^b	31.0 ^{cd}	11.3 ^{gh}	122.9 ^m
	فسفات بارور ۲	6.4 ^c	12.7 ^{bf}	0.81 ^d	6.0 ^{cde}	24.3 ^{fgh}	11.7 ^f	142.6 ^{fgh}

Biological phosphorus							
نیتروکسین + بیوسولفور Nitroxin+ biosulfur	5.2 ^{ij}	9.5 ^{ij}	0.49 ⁱ	5.0 ^{efg}	35.7 ^{ab}	11.3 ^{gh}	139.6 ^{hijkl}
نیتروکسین + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ biological phosphorus	4.6 ^m	10.7 ^{ghi}	0.49 ⁱ	7.0 ^b	16.3 ^k	10.7 ⁱ	141.1 ^{ghij}
بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Biosulfur+ biological phosphorus	7.3 ^b	11.7 ^{fg}	0.85 ^c	6.7 ^{cde}	26.0 ^{fg}	11.8 ^f	154.3 ^{bcd}
نیتروکسین + بیوسولفور + فسفات بارور ۲ Nitroxin+ biosulfur+ biological phosphorus	4.3 ⁿ	16.0 ^b	0.69 ^{fg}	5.3 ^{efg}	22.7 ^{hi}	12.6 ^b	156.8 ^{bc}
شاهد Control	4.7 ^m	13.3 ^{de}	0.62 ^{hi}	4.7 ^{fgh}	22.0 ^{hi}	11.4 ^g	138.5 ^{hijkl}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

انتقال نیتروژن و فسفر از اندام هوایی و یا خاک به دانه برنج (*Oryza sativa* L.) شد و شاخص برداشت را افزایش داد. مقایسه میانگین‌های برهمکنش مصرف کودهای دامی و زیستی نشان داد که کاربرد تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی + نیتروکسین، دارای بیشترین شاخص برداشت (۷/۶ درصد) و کمترین آن مربوط به شاهد (۴/۲ درصد) است (جدول ۵). همچنین به عقیده گائور (2001) (Gaur) کودهای بیولوژیک توانایی قابل توجهی در جبران کمبود نیتروژن و فسفر خاک دارند. طبق این گزارش، واکنش شاخص برداشت کلزا (*Brassica napus* L.) در تلقیح با/توباکتر (*Azotobacter* sp.) درمقایسه با شاهد، چهار درصد بود. مقایسه میانگین‌های برهمکنش مصرف کودهای دامی و زیستی نشان داد که کاربرد تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی + نیتروکسین، دارای بیشترین شاخص برداشت (۷/۶ درصد) و کمترین آن مربوط به شاهد (۴/۲ درصد) است (جدول ۵).

نتیجه گیری

براساس نتایج به دست آمده، کاربرد تلفیقی کود دامی و زیستی برتری قابل توجهی را نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آن‌ها داشت. با توجه به نقش مهم کودهای زیستی در خصوص بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصل خیزی زمین‌های زراعی، تأمین سطوح مناسب این مواد در خاک جهت دستیابی به حداکثر عملکرد لازم به نظر می‌رسد. هر چند استفاده از کودهای آلی نسبت به کودهای معدنی هزینه بیشتری را در بر دارد، ولی به دلیل تأثیر بلند مدت آن بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای خاک می‌تواند از لحاظ اقتصادی قابل توجیه باشد و استفاده متوالی و بهینه از زمین‌های کشاورزی را ممکن سازد. بر این اساس مدیریت کودی

به نظر می‌رسد که کاربرد نیتروکسین از طریق جذب بیشتر نیتروژن سبب افزایش رشد پیکره رویشی و تولید ماده خشک در گیاه شده است. این امر زمینه بهبود عملکرد بیولوژیک آن را فراهم آورده است. بررسی‌های محفوظ و شرف‌الدین (Mahfouz & Sharaf Eldin, 2007) روی گیاه دارویی رازیانه و در شرایط مزرعه‌ای نیز، نشان داد که کاربرد همزمان دو نوع از باکتری تثبیت کننده نیتروژن *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum liboferum* موجب افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک این گیاه شد.

برهمکنش کودهای دامی و زیستی نیز دارای اختلافی معنی‌دار از نظر عملکرد بیولوژیک می‌باشد (جدول ۵)؛ به طوری که عملکرد بیولوژیک در تیمار مصرف ۱۰ تن کود دامی + نیتروکسین (۱۷۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (جدول ۵). در این رابطه می‌توان گفت که مصرف مقادیر مناسب کود دامی توأم با نیتروکسین، موجب بهبود احتمالی فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک و معدنی کردن عناصر غذایی شده است و در نهایت وزن خشک بوته چای‌ترش (عملکرد بیولوژیک) را افزایش داده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر کودهای زیستی و برهمکنش آن‌ها از نظر شاخص برداشت، بود (جدول ۴). بیشترین میزان شاخص برداشت (۵/۸ درصد) در تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد که نسبت به شاهد (۵/۵ درصد) حدود پنج درصد افزایش داشت. بیشترین میزان شاخص برداشت در کاربرد کودهای زیستی از تیمار نیتروکسین (۶/۹ درصد) حاصل شد که نسبت به شاهد (۵/۲ درصد) بیش از ۳۳ درصد بود (جدول ۴). این نتیجه با یافته‌های آزمایش سلیمان و هیراتا (Solaiman & Hirata, 1995) هم‌خوانی دارد. آنان گزارش کردند که میکوریزا سبب تسریع

خاک با کودهای دامی و زیستی امری مهم در کشاورزی اکولوژیک محسوب می‌شود. کشاورزی آن دانشگاه، به‌خاطر همکاری‌های بی‌دریغشان کمال تشکر و قدردانی را داریم.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کارکنان محترم دانشگاه زابل و پژوهشکده

منابع

- Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, Chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici cluj- Napoca 35: 86-90.
- Abdou, M.A., and Mahmoud, A.H. 2003. Growth and oil production of *Foeniculum vulgare* Mill. 2. The effect of number of irrigation and organic fertilizers. Mansoura University Journal of Agricultural Sciences 28(5): 3868-3888.
- Abo-Baker, A.A., and Mostafa, G.G. 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.
- Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2004. The effect of consume manure on yield, yield index and quality of cumin. Abstract Article 2nd Drug Plant. Shahed University of Tehran, Iran, 27-28 January 2004. (In Persian)
- Akbarinia, A., Ghalavand, A., Tahmasbi Sarvestani, Z., Sharrifi Ashorabadi, A., and Banj Shafieei, S. 2004. Effect of different nutrition systems on soil properties, Elemental uptake and seed yield of ajowan (*Carum copticum*). Pajouhesh and Sazendegi 62: 11- 19. (In Persian with English Summary)
- Al-Nahid, T.S. 1991. Effect of frequency of irrigation on sewage sludge amended soil and corn nutrition. Arid Soil Research Rehabilitation 5: 137-146.
- Amoaghaie, R., and Mostajeran, A. 2007. Symbiosis (Plant and Bacteria Cooperation). Isfahan University Publisher, Iran 237 pp. (In Persian)
- Azzaz, N.A., Hassan, E.A., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of Fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(2): 579-587.
- Biasi, L.A., Machado, E.M., Kowalski, A.P., Signor, D., Alves, M.A., Lima, F.I., Deschamps, C., Cocco, L.C., and Scheer, A.P. 2009. Organic fertilization in the production, yield and chemical composition of basil chemotype eugenol. Horticultura Brasileira 27(1): 35-39.
- Bishr, G.A., Meawad, A.A., Gewaifel, S.G., and Mohamed, M.S. 2006. Effect of chicken manure and dry yeast on the growth, seed yield and active ingredients of *Silybum marianum* plant. Zagazig Journal of Agricultural Research 33(4): 665-683.
- Del Amora, F.M., Serrano-Martinez, A., Forteab, M.I., Leguac, P., and Nunez Delicado, E. 2008. The effect of plantassociative bacteria (*Azospirillum* and *Pantoea*) on the fruit quality of sweet pepper under limited nitrogen supply. Scientia Horticulturae 117: 191-196.
- El-Ghawwas, E.O., Eid, M.A., and Mahmoud, S.M. 2002. Effect of different levels of organic manures and plant spacing on different (*Foeniculum vulgare* Mill.) Plants. Egyptian Journal of Applied Sciences 17(5): 198-219.
- El-Khashlan, S.H. 2001. Physiological studies on Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). PhD Thesis, Faculty of Agricultural Kafr El-Sheikh Tanta University.
- El-Sayed, A.A., Mansour, W.A., El-Maadawy, E., Mahassen Sidky, M., and El Ghaban, M.A. 2002. Effect of organic and inorganic fertilization on herb and oil productivity of spearmint and marjoram. Zagazig Journal of Agricultural Research 29(6): 1859-1888.
- Fallahi, J., Koocheki, A.R., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 127- 135. (In Persian with English Summary)
- Gaur, A.C. 2001. Effects of Azotobacterization in presence of fertilizer nitrogen in the yield of canola (*Brassica*

napus L.): field experiment. Indian Society of Soil Science 41: 50-54.

Hassan, F.A.S. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* plant to some biofertilization treatments. Annals Agricultural Science 54(2): 437-445.

Helmy, A., and Zarad, D. 2003. Effect of different rates of some organic manures on the productivity of Borage (*Borage officinalis*, L.) plant in sandy soil. Mansoura University Journal of Agricultural Sciences 28(5): 3911-3926.

Jahan, M., Nasiri Mahallati, M., Salari, M.D., and Ghorbani, R. 2010. The effect of time used manures and species application biofertilizer on qualitative and quantitative traits on *Cucurbita pepo* L. Iranian Journal of Field Crops Research 8(4): 726- 737. (In Persian with English Summary)

Kaplan, M., Kocabas, I., Sonmez, I., and Kalkan, H. 2009. The effects of different organic manure applications on the dry weight and the essential oil quantity of sage (*Salvia fruticosa* Mill.). Acta Horticulturae 826: 147-152.

Khandan, A., Astaraeii, A., Nassiri mahallati, M., and Fotovvat, A. 2005. Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Iranian Journal of Field Crop Research 3(2): 245-253.

Kobley, L.S. 1968. An Introduction to Botany of Tropical Crops. London: Longman p. 95-98.

Kuchaki, A., Hosseini, M., and Dezfouli Hashemi, A. 2000. Sustainable Agriculture (Translated). Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran 164 pp. (In Persian)

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: 361-366.

Martin, E.C., Slack, D.C., Tannksley, K.A., and Basso, B. 2006. Fresh and composted dairy manure applications on alfalfa yield and the environment in Arizona. Agronomy Journal 98: 80-84.

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal of Agricultural Research 7(2): 625- 635. (In Persian with English Summary)

Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. Internatinal Journal of Botany 6: 394-403.

Omidi, H., Naghdi Abadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoookian, M.H. 2009. Effect of fertilizer and biofertilizer nitroxin on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 9(30): 98-109. (In Persian with English Summary)

Patel, P.C., and Patel, J.R. 1988. Effect of Zinc nutrition of different genotypes of sorghum. Journal of the Indian Society of Soil Science 36: 820-832.

Pokorna, K. 1984. Effects of long term fertilization on the dynamics of changes of soil organic matter. Zbl. Microbiology (Zentralblatt Fur Bakteriologie-international Journal of Medical Microbiology Virology Parasitology and Infectious Diseases) 139: 497-504.

Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, G.R., Eivazi, A.R., and Hoseini, T. 2011. Effect of bio and chemical fertilizers on yield and quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27 (1): 81-96. (In Persian with English Summary)

Rezaenejad, Y., and Afyuni, M. 2001. Effect of organic matter on soil chemical properties, and corn yield and elemental uptake. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 4(4): 19-29. (In Persian with English Summary)

Sanches Govin, E., Rodrigues Gonzales, H., and Carballo Guerra, C. 2005. Influencia de los abonos organicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* L.Y *Matricaria recutita* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales 10(1): 1.

Scheffer, M.C., Ronzelli Junior, P., and Koehler, H.S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. Acta Horticulturae 33: 109-114.

Shalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth yield and seeds quality common corncolck (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83(20): 811-828.

Solaiman, M.Z., and Hirata, H. 1995. Effects of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in paddy fields on rice growth and N, P, K nutrition under different water regimes. Soil Science and Plant Nutrition 41: 505-514.

Swaefy Hend, M.F., Weaam, R.A., Sabh, A.Z., and Ragab, A.A. 2007. Effect of some chemical and biofertilizers on peppermint plants grown in sandy soil. The Journal of Agricultural Science 52(2): 451-463.

Vieira, M.C., Heredia, Z.N.A., and Ramos, M.B.M. 1999. Marigold (*Calemdula officinalis* L.) growth and flower head yield. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s 1(2): 45-51.

Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. *Advances in Agronomy* 37: 349-396.

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

Yadav, R.L., Keshwa, G.L., and Yadav, S.S. 2003. Effect of integrated use of FYM and sulphure on growth and yield of isabgol. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology* 25: 668-671.

Zargari, A. 1992. *Medicinal Plants* (V. I). Tehran University Publisher, Iran p. 375-377. (In Persian)

ارزیابی رشد سویا (*Glycine max* L.) در واکنش به قارچ‌های افزایشنده رشد گیاه در شرایط اقلیمی مازندران

محمد یزدانی^۱، مهرداد یارنیا^{۲*}، همت‌اله پیردشتی^۳، وره‌رام رشیدی^۲ و محمدعلی بهمنیار^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۸

چکیده

نظر به اهمیت و نقش طبیعی میکروارگانیسم‌ها در حاصل خیزی خاک در سیستم‌های کشت کم‌نهاده در مقایسه با کشاورزی متداول، آزمایشی در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در دو سال زراعی ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی تلقیح با انواع قارچ‌های افزایشنده رشد در شش سطح شامل: (۱) شاهد (بدون تلقیح) (۲) تلقیح با تریکودرما هارزینوم (TH)^۱، (۳) تلقیح با میکوریزا گونه گلموسوس اینترادایسس (GI)^۲، (۴) تلقیح با میکوریزا گونه گلموسوس موسه‌آ (GM)^۳، (۵) تلقیح دوگانه (TH+GI)^۶ تلقیح دوگانه TH + GI و مقادیر مختلف کود سوپرفسفات‌تریپل در سه سطح (صفر، ۷۰ و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار) بر گیاه سویا (*Glycine max* L.) (رقم جی کی) بودند. بر اساس نتایج تجزیه مرکب داده‌ها محتوی کلروفیل (عدد SPAD) در تلقیح تریکودرما و میکوریزا گونه گلموسوس موسه‌آ با کاربرد میزان متداول فسفر و فسفر کاهش یافته به ترتیب حدود ۱۶ و ۱۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. کاربرد این قارچ‌ها در تیمار مصرف متداول فسفر و فسفر کاهش یافته نسبت به حذف فسفر از نظر میزان کلروفیل a نیز برتری داشته است. تیمار فسفر کاهش یافته همراه با تلقیح دوگانه تریکودرما و میکوریزا نسبت به تیمار مصرف متداول فسفر تأثیر معنی‌داری در وزن خشک گیاه و میزان کلروفیل a نداشتند. در این بررسی، میزان اثربخشی این قارچ‌ها بر رشد سویا در تیمار فسفر کاهش یافته (۷۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با حذف کود فسفره و عدم کارایی مناسب آن‌ها در مصرف متداول فسفر کاملاً مشهود بود.

واژه‌های کلیدی: تریکودرما، فسفر، میکوریزا

مقدمه

(Agricultural Statistics, 2013). سویا در شمال کشور به عنوان زراعت اصلی در اردیبهشت ماه و به عنوان زراعت دوم در اواخر خرداد ماه پس از برداشت زراعت‌های پاییزه به ویژه غلات کاشته می‌شود. در کشت بهاره، در درجه حرارت‌های پائین آلودگی گیاهچه‌ها به انواع قارچ‌های خاکزی افزایش می‌یابد؛ به طوری که یکی از عوامل محدودکننده کشت سویا، بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه است (Rayat panah & Alavi, 2002). از طرفی، با توجه به افزایش قیمت بیش از حد تهیه و تولید کودهای نیتروژنه و فسفره در راستای هدفمندسازی یارانه‌ها، همچنین به دلایل انباشت فسفر و هدرروی نیتروژن در خاک‌ها، می‌بایستی این امکان را فراهم آورد تا گیاهان بتوانند تا از منابع فسفر و نیتروژن به بهترین نحو استفاده نمایند (Regina et al., 2008; Powlson et Gravel et al., 2007) (al., 2011).

در سال‌های اخیر، محققان بر این باورند که استفاده از قارچ‌های

در ایران بیش از ۹۰ درصد از اراضی زیر کشت سویا (*Glycine max* L.) در استان‌های مازندران و گلستان قرار داشته و تمرکز کشت سویا در این دو استان سبب شده که منحنی تولید کشور وابستگی زیادی به میزان تولید در استان‌های یاد شده داشته باشد

۱، ۲، ۳ - به ترتیب فارغ‌التحصیل دکتری اکولوژی، گروه زراعت، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز و دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(Email: Yarnia@iaut.ac.ir

*- نویسنده مسئول:

- 1- *Trichoderma harzianum* (TH)
- 2- *Glumus intraradices* (GI)
- 3- *Glumus mosseae* (GM)

نقش تلقیح تریکودرما هارزیانوم و گونه‌های میکوریزا به صورت تنها و دوگانه بر رشد و توسعه سویا و تأثیر سطوح مختلف کود فسفره بر میزان اثرگذاری قارچ‌های افزایشنده رشد گیاه در اقلیم مازندران مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این بررسی در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل، تلقیح با انواع قارچ‌های افزایشنده رشد و مقادیر مختلف کود فسفره در سه تکرار به اجرا درآمد. عامل تلقیح در شش سطح شامل: ۱) شاهد (بدون تلقیح) ۲) تلقیح با تریکودرما هارزیانوم (TH)، ۳) تلقیح با میکوریزا گونه گلموس/ایتترارادایسس (GI)، ۴) تلقیح با میکوریزا گونه گلموس/موسه (GM)، ۵) تلقیح دوگانه (TH + GM) ۶) تلقیح دوگانه +GI و TH و عامل کود فسفره در سه سطح (صفر، ۷۰ و ۱۴۰) کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر دارای بافت لوم-رسی، اسیدیته ۷/۲، میزان فسفر ۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و میزان نیتروژن ۱۶ گرم در کیلوگرم بوده است. قارچ‌های میکوریزا از شرکت گیاهپزشکی ارگانیک و تریکودرما از آزمایشگاه قارچ‌شناسی گروه گیاهپزشکی تهیه گردید.

جهت تکثیر تریکودرما ابتدا این جدایه در محیط کشت PDA (عصاره سیب زمینی، دکستروز و آگار) به مدت یک هفته در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تکثیر و پس از پنج روز اسپورزایی در محیط کشت سبوس گندم بر اساس بررسی‌های (Cavalcante et al., 2008) قرار داده شد. مقدار ده گرم از محیط کشت سبوس و اسپورهای قارچ تریکودرما به تعداد 10^8 واحد کلونی‌ساز در هر گرم که با لام هموسیستمتر شمارش شده با یک کیلوگرم بذر سویا رقم جی کی تلقیح گردید. جهت کاهش خطای آزمایش در کرت‌های شاهد همان مقدار ماده مؤثره پس از ضدعفونی در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، به کرت‌های شاهد اضافه گردید. هر کرت آزمایشی از پنج ردیف چهار متری به فواصل ۷۰ سانتی‌متر تشکیل شده و فواصل بوته‌های روی ردیف هشت سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مراحل مختلف داشت و برداشت با رعایت اصول به زراعی انجام گردید. در مرحله گلدهی

افزاینده رشد گیاه^۱ مانند میکوریزا و تریکودرما می‌تواند ضمن بهبود رشد گیاه، میزان مصرف کود شیمیایی و قارچ‌کش‌ها را کاهش دهد (Gosling et al., 2006; Meghvansi Johansson et al., 2004) et al., 2008; Nzanza et al., 2011; Martinez-Medina et al., 2011). افزایش جذب فسفر مهمترین ویژگی سودمند میکوریزا در ارتباط همزیستی با سویا مطرح بوده و میزان سطح فسفر خاک اغلب مهمترین عامل تعیین‌کننده در این ارتباط است (Schroeder & Djebali et al., 2010; Gianinazzi et al., Janos, 2005 (2011).

قارچ تریکودرما نیز در بررسی محققان علیه دو پاتوژن قارچ فوزاریوم و پیتیوم در سویای آلوده شده، عامل بیوکنترل شناخته شده است (Harman et al., 2004; Rojan et Brunner et al., 2005) (al., 2010; مطالعات متعددی بیانگر آن است اثر متقابل دو گروه از میکروارگانیسم‌ها ممکن است جهت رشد و توسعه بهتر گیاه و کنترل برخی از بیماری‌ها مؤثرتر باشد (Martinez Harman et al., 2004) همچنین (Martinez-Medina et al., 2011 & Johnson, 2010). در بررسی‌ها دیده شده که فعالیت توأم تریکودرما هارزیانوم و میکوریزا/آربوسکولار، می‌تواند در افزایش تولید محصول نقش مؤثری داشته باشد (Meghvansi et al., 2008; Johansson et al., 2004). نتایج دیگری از مارتینز-مدینا و همکاران (Martinez-Medina et al., 2011) نیز بیانگر آن است که تیمار تریکودرما و میکوریزا طول ساقه، ریشه و زیست‌توده اندام هوایی میوه هندوانه^۲ (*Citrullus lanatus* L.) را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. (Egberongbe et al., 2010) اذعان داشتند که به علت اثرات هم‌افزایی تریکودرما هارزیانوم و میکوریزا وزن خشک سویا نسبت به شاهد (عدم تلقیح) به طور معنی‌داری افزایش یافت. در شمال کشور به دلیل گستردگی کشت سویا، بررسی پتانسیل استفاده از قارچ تریکودرما و میکوریزا و شناخت اثر متقابل این دو قارچ، جهت حفظ منابع تولید و کاهش میزان مصرف کود فسفره و قارچ‌کش‌ها با استفاده از این قارچ‌ها هم به لحاظ اقتصادی و هم به لحاظ اکولوژیکی مفید خواهد بود. با وجود آن که پژوهش‌های متعددی در زمینه آثار قارچ تریکودرما و میکوریزا بر رشد و متابولیسم گیاهان مختلف انجام شده است، اما اطلاعات کاملی درباره برهمکنش این قارچ‌ها روی سویا در کشور وجود ندارد. بنابراین، در پژوهش حاضر،

1- Plant growth-promoting fungi

2- Watermelon

حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)^۵ در سطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی

بر اساس نتایج این بررسی، تیمارهای مختلف قارچ‌های افزاینده رشد گیاه تحت مقادیر مختلف فسفر اثرات معنی‌داری بر میزان کلروفیل a و b و کلروفیل b + a داشت. به طوری‌که کاربرد این قارچ‌ها در تیمارهای مصرف متداول فسفر نسبت به حذف فسفر از نظر میزان کلروفیل a برتری داشت (جدول ۱). در تیمارهای شاهد (بدون تلقیح) با حذف و کاهش فسفر میزان کلروفیل a به شدت کاهش یافت اما این صفت با کاربرد قارچ‌های افزاینده رشد و کاهش میزان فسفر از ۱۴۰ به ۷۰ کیلوگرم در هکتار افت معنی‌داری نشان داد. این صفت در تیمار فسفر کاهش‌یافته در تلقیح *تری‌کودرما* نسبت به تیمار حذف فسفر تفاوت معنی‌داری نداشته است اما نسبت به تیمار فسفر متداول کاهش قابل توجه داشت. بیشترین محتوی مجموع کلروفیل در تیمار *تری‌کودرما* و میکوریزا گونه *گلوبوسا موسه* با کاربرد میزان متداول فسفر دیده شد که نسبت به تیمار شاهد (بدون تلقیح قارچ) حدود ۱۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۱). - Martinez (Medina et al., 2011) در بررسی اثر بین میکوریزا و *تری‌کودرما هارزینوم* در شرایط کم‌نهاده گزارش نمودند که در شرایط کاهش کود شیمیایی قارچ *تری‌کودرما هارزینوم* و *آریسکولار میکوریزا* گونه *گلوبوسا اینترادایسس* در گیاه هندوانه اثرات هم‌افزایی مناسبی داشته و کلونیزاسیون میکوریزا در این شرایط افزایش یافت.

میزان کلروفیل a در تلقیح میکوریزا گونه *گلوبوسا اینترادایسس* و تلقیح‌های دوگانه *تری‌کودرما هارزینوم* و گونه‌های میکوریزا در تیمار مصرف فسفر متداول و فسفر کاهش‌یافته تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند. با این وجود، حذف کود فسفره میزان کلروفیل a را به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای فسفر کاهش داد. تلقیح *تری‌کودرما* نیز در شرایط مصرف متداول فسفر میزان مجموع کلروفیل‌ها (b + a) سویا را نسبت به شاهد به طور قابل توجهی (حدود ۱۶ درصد) افزایش داد. در بررسی محققان نیز افزایش غلظت کلروفیل خیار (*Cucumis sativus* L.) در تیمار *تری‌کودرما هارزینوم* مشاهده شد (Lo & Lin, 2002).

قرائت محتوی کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر^۱ انجام شد. بدین منظور از طرفین رگبرگ اصلی برگ‌های تک برگچه گره اول و هر سه برگچه برگ‌های سه برگچه‌ای ظاهر شده در یک بوته به ترتیب از پایین به بالا در هر برگ محتوی کلروفیل اندازه‌گیری شد و میانگین سه عدد برگچه‌های هر برگ به عنوان معیار مربوط به هر برگ و میانگین تمام برگ‌ها، به عنوان معیار کلروفیل گیاه منظور گردید (Ma et al., 1995). همزمان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) برگ‌های توسعه یافته سویا با استفاده از روش پورا (Porra, 2003) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر^۲ اندازه‌گیری گردید. مطابق با این روش ۰/۱ گرم از بافت تر برگ وزن شده و رنگیزه‌ها با متانول استخراج شدند. پس از صاف نمودن عصاره حاصل با کاغذ صافی، جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده و مطابق با رابطه‌های زیر میزان رنگیزه‌ها بر حسب میلی‌گرم در هر گرم وزن تر بافت گیاهی محاسبه شد (Porra, 2003).

$$\text{Chl } a = 16.29 E_{665.2} - 8.54 E_{652.0} \quad (۱)$$

$$\text{Chl } b = 30.66 E_{652.0} - 13.58 E_{665.2} \quad (۲)$$

$$\text{Chl } a + b = 22.12 E_{652.0} + 2.71 E_{665.2} \quad (۳)$$

همچنین در مرحله گلدهی، از کلیه تکرارها جهت اندازه‌گیری برخی صفات، شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه و ماده خشک کل (TDM)^۳ نمونه‌گیری انجام شد. جهت بررسی شاخص سطح برگ (LAI)^۴ سه بوته از هر تکرار را در مرحله گلدهی کف‌بر نموده و پس از جدا نمودن برگ‌ها سطح برگ به وسیله دستگاه سطح‌برگ‌سنج محاسبه گردید. وزن خشک اندام‌های هوایی نیز با قرار دادن در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس و توزین با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، برای اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از متن هر کرت، در سطح ۴/۵ متر برداشت و عملکرد نهایی دانه بر اساس ۱۳ درصد رطوبت محاسبه گردید. پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها (آزمون کلموگروف-اسمیرنوف) و یکنواختی واریانس‌ها (آزمون بارتلت)، تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه برای دو سال آزمایش بر اساس مدل آماری طرح مربوطه و با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون

1- SPAD-502 Minolta Co., Osaka, Japan

2- Spectrophotometer, JENWAY, 6300

3- Total dry matter

4- Leaf area index

5- Least significant difference

کامل نور و در نتیجه عملکرد دانه افزایش خواهد داشت. براساس داده‌های قرائت کلروفیل (SPAD) با کاهش مصرف کود فسفره و تلقیح جداگانه قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (تری‌کودرما و میکوریزا) تفاوت معنی‌داری نسبت به مصرف متداول کود فسفره نداشته اما در تلقیح دوگانه تری‌کودرما و میکوریزا گلوموس موسه^۱ این صفت در مرحله گلدهی نسبت به شاهد و مصرف متداول فسفر بالاتر بوده است (جدول ۱).

به نظر می‌رسد که هم‌افزایی قارچ‌های مورد بررسی سبب بهبود در تشکیل گره و تثبیت نیتروژن در گیاه سویا شده و افزایش محتوی کلروفیل این مطلب را نیز تایید می‌کند.

بررسی تغییرات نسبت کلروفیل a به b نشان داد که به جز تلقیح تری‌کودرما در تیمار فسفر کاهش یافته تلقیح قارچ‌ها به صورت جداگانه و توأم (دوگانه) تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار مصرف فسفر متداول نشان نداده است (جدول ۱). معمولاً در بررسی کلروفیل، توان فتوسنتزی را با نسبت کلروفیل a به b می‌سنجند. این نسبت نشان می‌دهد که سیستم فتوسنتزی چه میزان کارایی در جذب دارد. هر چه این نسبت کوچکتر باشد بدین معنی است که توان جذب نور با طول موج‌های مختلف بیشتر است و کارایی بالاتری دارد. از طرفی میزان جذب نور با افزایش تعداد کلروپلاست‌ها در واحد سطح برگ و تراکم کلروفیل کلروپلاست ازدیاد حاصل می‌کند. بیشتر بودن محتوی کلروفیل برگ منجر به کارایی مصرف نور بیشتر، جبران فقدان جذب

جدول ۱- اثرات قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر میزان کلروفیل سویا تحت مقادیر مختلف فسفر
Table 1- Effect of plant growth-promoting fungi on chlorophyll content in different phosphorus

قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد PGPF	فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (kg.ha ⁻¹)	کلروفیل b + a	کلروفیل b	کلروفیل a	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll ratio a/b	عدد کلروفیل SPAD
		Chlorophyll l a+b	Chlorophyll b	Chlorophyll a		
(میلی‌گرم در گرم وزن تر) (mg.g ⁻¹ fresh weight)						
شاهد Control	0	0.150 ^{d*}	0.027 ^{e-h}	0.066 ^{gh}	2.46 ^{c-e}	35.09 ^l
	70	0.175 ^c	0.025 ^{f-h}	0.082 ^{ef}	3.44 ^{a-d}	38.94 ^{e-h}
	140	0.185 ^{bc}	0.028 ^{e-g}	0.096 ^{a-d}	4.42 ^{a-c}	42.05 ^{b-c}
بدون تلقیح Noninoculated	0	0.154 ^d	0.024 ^{f-h}	0.076 ^{fg}	3.06 ^{b-d}	38.30 ^{gh}
	70	0.187 ^{bc}	0.069 ^a	0.080 ^{ef}	1.22 ^e	41.45 ^{b-d}
	140	0.216 ^a	0.049 ^b	0.101 ^{ab}	2.16 ^{de}	43.34 ^{ab}
تری‌کودرما هارزیانوم TH	0	0.153 ^d	0.013 ^h	0.067 ^{gh}	5.20 ^a	37.22 ^h
	70	0.177 ^c	0.029 ^{e-g}	0.088 ^{c-e}	4.67 ^{ab}	42.62 ^{a-c}
	140	0.216 ^a	0.045 ^{b-d}	0.103 ^a	2.37 ^{c-e}	40.48 ^{c-f}
گلووموس موسه ^۱ GM	0	0.138 ^d	0.048 ^{bg}	0.055 ^l	1.16 ^e	38.09 ^{gh}
	70	0.191 ^{bc}	0.038 ^{b-f}	0.095 ^{a-d}	3.07 ^{b-e}	41.05 ^{c-e}
	140	0.179 ^{bc}	0.040 ^{b-e}	0.085 ^{d-f}	2.07 ^{de}	40.08 ^{d-g}
گلووموس اینترارادایسس GI	0	0.147 ^d	0.047 ^{bc}	0.057 ^{hi}	1.24 ^e	38.22 ^{gh}
	70	0.182 ^{bc}	0.042 ^{b-e}	0.091 ^{a-c}	2.71 ^{b-e}	44.67 ^a
	140	0.193 ^{bc}	0.036 ^{b-f}	0.094 ^{a-d}	2.62 ^{b-e}	42.05 ^{b-d}
تری‌کودرما + TH GM + TH	0	0.173 ^c	0.018 ^{gh}	0.089 ^{b-e}	5.21 ^a	38.53 ^{f-h}
	70	0.198 ^b	0.034 ^{c-g}	0.099 ^{a-c}	4.02 ^{a-d}	43.39 ^{ad}
	140	0.178 ^c	0.030 ^{d-g}	0.091 ^{a-c}	3.63 ^{a-d}	41.10 ^{c-e}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Values in each row followed by the same letter are not significant different according to LSD test (p<0.05).

ارتفاع گیاه مؤثرتر بوده است. به طوری که در تیمار دوگانه تری‌کودرما هارزیانوم و میکوریزا گونه گلووموس اینترارادایسس ارتفاع بوته نسبت به شاهد افزایش ۲۸ درصدی داشته است (جدول ۲). در این بررسی، نتیجه قابل توجه افزایش این صفت در تیمار تلقیح قارچ تری‌کودرما در نهاده حذف فسفر به دست آمد. در همین زمینه پژوهشگران عقیده دارند که ایجاد کلونی ریشه و ارتباط شیمیایی

ارتفاع گیاه

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر دامنه تغییرات ارتفاع گیاه در تیمارهای مورد بررسی حدود ۳۰ سانتی‌متر بود. به طور کلی، در کرت‌هایی که فسفر مصرف نشد، میزان ارتفاع سویا به جز در تیمار تری‌کودرما به شدت کاهش یافت. در تیمار فسفر کاهش یافته تلقیح دوگانه تری‌کودرما و میکوریزا نسبت به تلقیح جداگانه آن‌ها در بهبود

و برگ) در تیمار تلقیح دوگانه قارچ تریکودرما هازریانوم و میکوریزا گونه گلوموس موسه/ در تیمار فسفر کاهش یافته (حدود ۳۲ تا ۳۶) درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد دیده شد (جدول ۲). بررسی محققان حاکی از آن است که حضور میکوریزا/ اینترادایس در ریشه سویا میزان گره‌زایی، ارتفاع و وزن خشک ساقه را به طور معنی‌داری افزایش داد (Johansson et al., 2004; Egberongbe et al., 2010). با این وجود، در تیمار حذف کود فسفره در دو سال زراعی اثربخشی قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه مشهود نبوده و این صفت در تیمارهای تلقیح این قارچ‌ها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. از نظر میزان وزن خشک در گیاه، مصرف متداول فسفر در مقایسه با تیمار حذف فسفر برتری نسبی داشت؛ در حالی که نسبت به تیمار فسفر کاهش‌یافته (۷۰ کیلوگرم در هکتار) کاربرد قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد اثربخشی پایین‌تری داشتند. در تیمار مصرف کامل کود فسفره، تلقیح قارچ تریکودرما نیز وزن خشک اندام‌های هوایی سویا را نسبت به شاهد حدود ۲۰ درصد افزایش داد. بنابراین، به نظر می‌رسد که تریکودرما می‌تواند بخشی از میزان مصرف کود فسفره را کاهش دهد.

توسط کلونی‌های تریکودرما به شدت تحت تأثیر فیزیولوژی گیاه به جهت تغییرات در بیان ژن قرار می‌گیرد (Shoresh et al., 2010). در همین زمینه، (Shoresh & Harman, 2008) دریافتند که تغییر بیان ژن در اندام‌های هوایی نسبت به ریشه بیشتر است. این تغییرات در بیان ژن توسط گیاه به طور کلی کارایی و توان گیاه را بهبود می‌بخشد. بر اساس نظر محققان، تریکودرما به ویژه در زمانی که فسفر عامل محدودکننده است، می‌تواند با افزایش حلالیت فسفر، تولید هورمون‌های رشد و سیدروفور، رشد گیاه را تحریک نماید. این موضوع در خاک‌های قلیایی (خاک‌های مناطق دشت مازندران) که فسفر پس از افزودن به خاک به سرعت به صورت غیرمتحرک تبدیل شده و به صورت قابل جذب توسط گیاه وجود ندارد، بسیار اهمیت دارد (Richardson et Gravel et al., 2007; Yedidia et al., 2004) (al., 2011).

وزن خشک گیاه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد و مقادیر مختلف فسفر اثرات معنی‌داری بر وزن خشک سویا داشته‌اند (جدول ۲). در این بررسی وزن خشک اندام‌های هوایی (ساقه

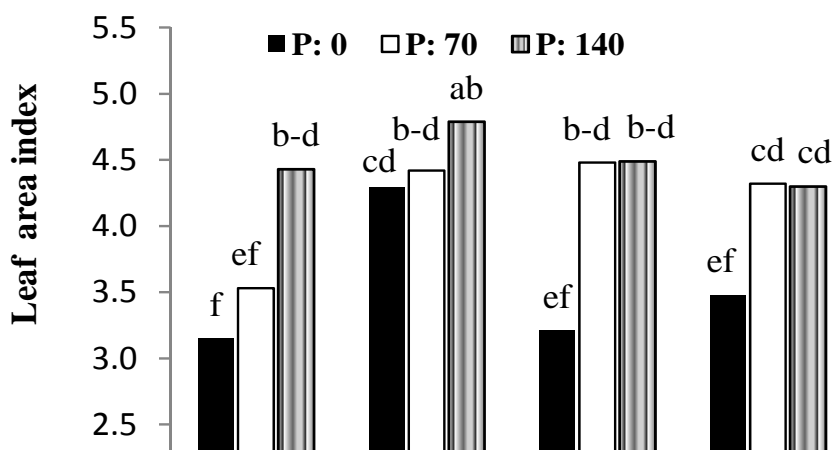
جدول ۲- اثرات قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر ارتفاع و وزن خشک اندام‌های هوایی سویا تحت مقادیر مختلف فسفر

Table 2- Effect of plant growth-promoting fungi on chlorophyll content in different phosphorus

قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد PGPF	فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک (گرم در گیاه) Dry matter (g.plant ⁻¹)			ارتفاع گیاه (سانتی- متر) Plant height (cm)
		برگ Leaf	ساقه Stem	کل Total	
شاهد Control بدون تلقیح Noninoculated	0	46.35 ^{1*}	132.5 ^h	178.9 ^h	73.10 ^f
	70	79.88 ^{fg}	205.8 ^{b-d}	285.7 ^{de}	86.23 ^{de}
	140	93.81 ^{b-e}	206.3 ^{b-d}	300.1 ^{c-e}	100.32 ^{ab}
تریکودرما هازریانوم TH	0	67.09 ^h	164.5 ^{e-h}	231.6 ^{fg}	97.05 ^{a-c}
	70	85.73 ^{ef}	203.2 ^{b-e}	288.9 ^{de}	92.10 ^{b-d}
	140	112.82 ^a	258.8 ^a	371.6 ^a	97.68 ^{ab}
گلوموس موسه/آ GM	0	69.77 ^{gh}	155.5 ^{f-h}	225.3 ^{fg}	84.48 ^{de}
	70	87.19 ^{d-f}	228.8 ^{a-c}	316.0 ^{b-d}	91.43 ^{b-d}
	140	63.09 ^h	170.9 ^{d-h}	258.4 ^{fg}	92.93 ^{b-d}
گلوموس اینترادایسس GI	0	59.64 ^h	156.0 ^{f-h}	215.6 ^{f-h}	86.60 ^{de}
	70	91.70 ^{c-e}	237.8 ^{ab}	329.5 ^{a-d}	92.60 ^{b-d}
	140	63.22 ^h	190.1 ^{c-f}	258.4 ^{ef}	92.77 ^{b-d}
GM + TH	0	62.63 ^h	176.4 ^{d-g}	240.1 ^{fg}	79.53 ^{ef}
	70	104.71 ^{ab}	264.7 ^a	429.4 ^a	102.87 ^a
	140	92.34 ^{c-e}	223.7 ^{a-c}	332.7 ^{b-d}	89.52 ^{cd}
GI + TH	0	59.88 ^h	140.9 ^{gh}	194.1 ^{gh}	88.17 ^{cd}
	70	97.57 ^{b-d}	259.1 ^a	317.7 ^{ab}	100.20 ^{ab}
	140	99.80 ^{bc}	239.5 ^{ab}	362.7 ^{a-c}	86.60 ^{a-c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (میانگین داده‌های دو ساله).

* Values in each row followed by the same letter are not significant different according to LSD test ($p \leq 0.05$) (The average two-year data).



شکل ۱- اثر قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر شاخص سطح برگ سویا تحت مقادیر مختلف فسفر
 Fig. 1- Effect of plant growth-promoting fungi on LAI of soybean in different phosphorus

فسفر متداول و فسفر کاهش‌یافته نشان نداد.

محققان اظهار داشتند که تریکودرما به واسطه بهبود محتوی کلروفیل، ارتفاع ساقه و سطح برگ موجب افزایش رشد در اندام‌های مختلف گیاه بامیه^۱ (*Abelmoschus esculentus* L.) شده و می‌تواند جایگزینی بخشی از کودهای معدنی مصرفی در زراعت این گیاه عمل نماید (Siddiqui et al., 2008). در همین راستا، در بررسی رشد و نمو گوجه‌فرنگی^۲ (*Solanum lycopersicum* L.) تحت تأثیر قارچ تریکودرما هارزیانوم و میکوریزا نشان داده شد که رشد اندام هوایی گیاه تحت تأثیر این قارچ‌ها به طور قابل توجهی نسبت به شاهد افزایش یافت (Nzanza et al., 2011). روش‌های مدیریتی کشاورزی از جمله میزان کود و سموم مصرفی، نوع گیاه زراعی و میکروارگانسیم‌های موجود در خاک ساختار و عملکرد همزیستی قارچ‌های میکوریزی و تریکودرما را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Martinez & Ruano et al., 2009; Meghvansi et al., 2008; Richardson et al., 2011; Johnson, 2010).

عملکرد دانه

مقایسه میانگین داده‌های دو ساله عملکرد دانه نشان داد که حذف فسفر در کلیه تیمارها حتی با تلقیح قارچ‌های مختلف سبب کاهش عملکرد دانه سویا از ۲ تا ۲/۵ تن در هکتار شد. این افت عملکرد به جهت کاهش میزان فسفر قابل دسترس در تیمارهای عدم مصرف کود فسفره می‌باشد. به نظر می‌رسد که تلقیح قارچ‌های

بررسی محققان نیز نشان‌دهنده آن است که مصرف میزان کودی متداول، رشد گیاه تحت تأثیر میکوریزا قرار نگرفت، اما پاسخ معنی‌داری به افزودن تریکودرما هارزیانوم نشان داد (Martinez-Medina et al., 2011). در تیمار کاربرد گونه‌های میکوریزا و کاهش مصرف فسفر میزان وزن خشک کل اندام‌های هوایی سویا نسبت به تیمار مصرف متداول فسفر افزایش یافت (جدول ۲). افزایش جذب فسفر مهمترین ویژگی سودمند میکوریزا در ارتباط همزیستی با گیاه مطرح بوده و میزان سطح فسفر خاک اغلب مهمترین عامل تعیین‌کننده در این ارتباط است (Richardson et al., 2011). به طور کلی عقیده بر این است که در مدیریت کم‌نهاد، نقش میکوریزا و دیگر میکروارگانسیم‌های مفید خاک در پایداری عملکرد محصولات بسیار مؤثرتر و مهم‌تر است (Martinez & Johnson, 2010; Harman, 2005).

شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ که میزان دارایی برگ در گیاه را عنوان می‌کند، نشان‌دهنده میزان انرژی ورودی به واحد سطح برگ و تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است. بررسی تیمارها از نظر صفت شاخص سطح برگ بیانگر اثربخشی بالاتر تلقیح دوگانه تریکودرما هارزیانوم و میکوریزا گونه گلموس موسه^۱ در مقدار کاهش-یافته فسفر (۷۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تلقیح جداگانه میکوریزا بود (شکل ۱). در تیمارهای شاهد با کاهش و حذف فسفر شاخص سطح برگ کاهش یافت. همچنین، این صفت در تلقیح جداگانه گونه‌های میکوریزا با بذر سویا تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای

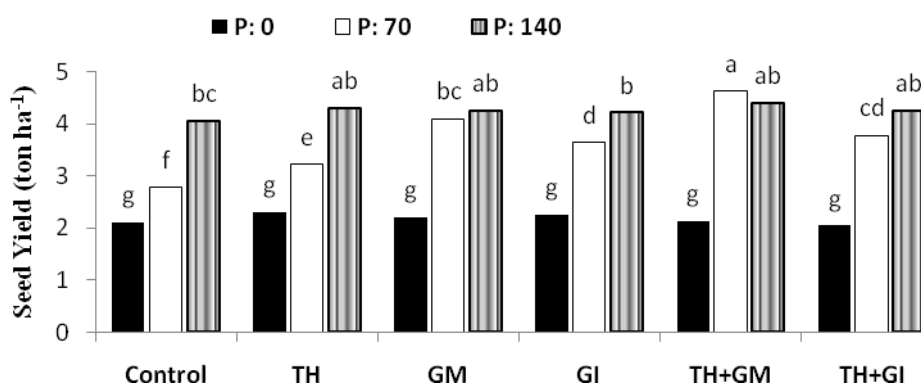
1- Edible hibiscus-okra

2 - Tomato

میکوریزا/ایترارادیس، تریکودرما و تلقیح دوگانه این قارچ‌ها با کاهش ۵۰ درصدی میزان کود فسفوره عملکرد دانه کاهش معنی‌داری حدود ۲۵ و ۱۱ درصد داشت. با این وجود، عملکرد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) به ترتیب حدود ۱۴ و ۲۷ درصد بیشتر بود (شکل ۲). بر اساس نظر پژوهشگران، بهبود رشد سویا به واسطه حضور این قارچ‌ها ممکن است به دلیل افزایش رشد ریشه باشد که سبب می‌شود ریشه در دامنه وسیعتری از خاک، عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را برای گیاه در حد کیفیت جذب نماید (Shoresh et al., 2010; Richardson et al., 2011). در تیمار مصرف کامل کود فسفوره (۱۴۰ کیلوگرم در هکتار) در بین تیمارهای مختلف اعمال شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است. بنابراین، به نظر می‌رسد که تریکودرما می‌تواند بخشی از میزان مصرف کود را کاهش دهد. به طور کلی عقیده بر این است که در مدیریت کم‌نهاد، نقش میکوریزا و دیگر میکروارگانیسم‌های مفید خاک در پایداری عملکرد محصولات بسیار مؤثرتر و مهم‌تر است (Martinez & Johnson, Harman, 2005). 2010;

افزاینده رشد بدون مصرف فسفر جهت تولید مناسب‌تر سویا مؤثر نبوده است (شکل ۲). با کاهش پنجاه درصدی فسفر در تیمار شاهد (عدم تلقیح) عملکرد دانه نسبت به مصرف کامل فسفر در این شرایط، کاهش معنی‌داری داشته است. اما در تیمارهای تلقیح قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد میکوریزا گلوموس موسه^آ و تلقیح دوگانه تریکودرما و میکوریزا گلوموس موسه^آ با کاهش ۵۰ درصدی کود فسفوره، عملکرد دانه با مصرف کامل کود فسفوره تفاوت معنی‌داری نداشت. محققان نیز در این ارتباط اعلام داشتند که اثربخشی این نوع از قارچ‌ها در حضور عنصر فسفر قابل مشاهده است (Gosling et al., 2006; Martinez & Johnson, 2010).

بررسی اثر قارچ تریکودرما نشان داد که با کاهش کود فسفوره عملکرد دانه نسبت به همین تیمار و عدم تلقیح (شاهد) به ترتیب حدود ۱۲، ۸ و ۱۴ درصد افزایش یافته است. پژوهش نشان داد فعالیت قارچ تریکودرما سبب افزایش حلالیت فسفر و سایر عناصر شده و افزایش جذب عناصر غذایی در نتیجه فعالیت این قارچ‌ها سبب افزایش رشد و بنیه گیاه می‌گردد (Singh et Yedidia et al., 2004; Adriano et al., 2012; al., 2007).



شکل ۲- اثر قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر عملکرد دانه سویا تحت مقادیر مختلف فسفر
 Fig. 2- Effect of plant growth-promoting fungi on yield of soybean in different phosphorus

شاخص سطح برگ ($r=0.77^{**}$) و میزان کلروفیل a ($r=0.67^{**}$) بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه سویا داشته‌اند (جدول ۳). این نتایج حاکی از آن است که قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه با تأثیر بر میزان کلروفیل برگ و سطح برگ سهم بالایی در تولید ماده خشک در گیاه سویا داشته‌اند.

همبستگی بین صفات

بررسی ضرایب همبستگی بین صفات بررسی شده پارامترهای رشدی سویا در تیمارهای آزمایشی مشخص گردید که تمامی صفات مورد بررسی دارای رابطه همبستگی قوی با میزان عملکرد دانه در سویا بودند. به طوری که عدد حاصل از قرأت کلروفیل ($r=0.91^{**}$),

جدول ۳- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در گیاه سویا تحت تیمار قارچ‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (n = ۱۸)
Table 3- Correlation coefficients among studied traits in different phosphorus (n=18)

صفات Traits	ارتفاع بوته Plant height	کلروفیل a Chlorophyll a	مجموع کلروفیل Chlorophyll total	محتوی کلروفیل SPAD	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک بوته Dry matter	عملکرد دانه Seed yield
ارتفاع بوته Plant height	1						
کلروفیل a Chlorophyll a	0.70**	1					
مجموع کلروفیل Chlorophyll total	0.59**	0.85**	1				
محتوی کلروفیل SPAD	0.83**	0.71**	0.72**	1			
شاخص سطح برگ LAI	0.86**	0.77**	0.72**	0.91**	1		
وزن خشک بوته Dry matter	0.73**	0.62**	0.65**	0.91**	0.77**	1	
عملکرد دانه Seed Yield	0.62**	0.73**	0.80**	0.72**	0.65**	0.74**	1

** معنی‌دار در سطح یک درصد

** : significant at 1 % level

نتیجه‌گیری

اثر بخشی قارچ‌های *تریکودرما هارزیانوم* و میکوریزا بر افزایش محتوی کلروفیل و وزن خشک اندام‌های هوایی در شرایط کاربرد ۵۰ درصد فسفر در بررسی دو ساله مشاهده گردید. همچنین بر اساس نتایج آزمایش دو ساله عملکرد دانه در تیمار تلقیح دوگانه قارچ *تریکودرما هارزیانوم* و میکوریزا در تیمار فسفر کاهش یافته نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است. بنابراین، با توجه به سطح کشت نسبتاً وسیع سویا در استان مازندران و اثبات سودمندی این گونه از قارچ‌ها در بهبود رشد و توسعه این گیاه و همچنین ضرورت حفظ منابع تولید، تلقیح توأم میکوریزا و *تریکودرما* می‌تواند در مدیریت

تلفیقی عناصر غذایی (INM) جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و نظام‌های پرنهاده باشد. اگرچه بررسی مکانیسم‌های دیگر افزایش رشد سویا در تعامل با این قارچ‌ها نیازمند مطالعه بیشتری است.

سپاسگزاری

این بررسی با حمایت پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام گردید. بدین جهت از حمایت کلیه مسولین محترم پژوهشکده تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- Agricultural Statistics, 2013. Center of Economic Information and Communication Technology. Ministry of Jihad-e-Agriculture p. 132. Available online at, <http://dpe.agri-jahad.ir>.
- Brunner, K., Zeilinger, S., Ciliento, R., Woo, S.L., Lorito, M., Kubicek, C.P., and Mach, R.L. 2005. Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and induction of plant systemic disease resistance. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 3959-3965.
- Cavalcante, R.S., Lima, H.L.S., Pinto, G.A.S., Gava, C.A.T., and Rodriguez, S. 2008. Effect of moisture on

- Trichoderma* conidia production on corn and wheat bran by solid state fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24: 319-325.
- Djebali, N., Turki, S., Zid, M., and Hajlaoui, M.R. 2010. Growth and development responses of some legume species inoculated with a mycorrhiza-based biofertilizer. *Agriculture and Biology Journal of North America* 5: 748-754.
- Egberongbe, H.O., Akintokun, A.K., Babalola, O.O., and Bankole, M.O. 2010. The effect of *Glomus mosseae* and *Trichoderma harzianum* on proximate analysis of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.), seed grown in sterilized and unsterilized soil. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 2(4): 54-58.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., and Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 113: 17-35.
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M., Tuinen, D., Redecker, D., and Wipf, D. 2010. Agroecology, the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20: 519-530.
- Gravel, V., Antoun, H., and Tweddell, R.J. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biology and Biochemistry* 39: 1968-1977.
- Harman, G.E. 2005. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. the nature and application of biocontrol microbes II: *Trichoderma* spp. *Phytopathology* p. 190-194.
- Johansson, J.F., Paul, L.R., and Finlay, R.D. 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology* 48: 1-13.
- Lo, C.T., and Lin, C.Y. 2002. Screening strain of *Trichoderma* spp. for plant growth enhancement in Taiwan. *Plant Pathology bulletin* 11: 215-220.
- Ma, B.L., Morrison, M.J., and Voldeng, H.D. 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates of soybean. *Crop Science* 35: 1411-1414.
- Martinez-Medina, A., Antonio, R., Alfonso, A., and Jose, A.P. 2011. The interaction with arbuscular mycorrhizal fungi or *Trichoderma harzianum* alters the shoot hormonal profile in melon plants. *Phytochemistry* 72: 223-229.
- Martinez-Medina, A., Roldana, A., and Jose Pascuala, A. 2011. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* under conventional and low input fertilization field condition in melon crops: Growth response and Fusarium wilt biocontrol. *Applied Soil Ecology* 47: 98-105.
- Martinez, T.N., and Johnson, N.C. 2010. Agricultural management influences propagule densities and functioning of arbuscular mycorrhizas in low- and high-input agroecosystems in arid environments. *Applied Soil Ecology* 46: 300-306.
- Meghvansi, M.K., Prasad, K., Harwani, D., and Mahna, S.K. 2008. Response of soybean cultivars toward inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* in the alluvial soil. *European Journal of Soil Biology* 44: 316-323.
- Nzanza, B., Diana, M., and Puffy, S. 2011. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling growth and development as influenced by *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi. *African journal of microbiology research* 5: 425-43.
- Porra, R.J. 2003. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research* 73: 149-156.
- Powlson, D.S., Gregory, P.J., Whalley, W.R., Quinton, J.N., Hopkins, D.W., Whitmore, A.P., Hirsch, P.R., and Goulding, K.W.T. 2011. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. *Food Policy* 36: 72-87.
- Rayat panah, S., and Alavi, S.V. 2002. Study on soybean charcoal rot Disease in Mazandaran. *Journal of Agriculture Science Natural Resource* 13: 107-114.
- Regina, H., Hasegawa, H., Fonseca, A.L., Fancelli, V.N., Silva, E.A., Schammas, T., Reis, A., and Correa, B. 2008. Influence of macro and micronutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Food Control* 19: 36-43.
- Richardson, A.E., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H., Oberson, A., Culvenor, R.A., and Simpson, R.J. 2011. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant and Soil* 349: 121-156.
- Rojan, P., John, R.D., Tyagi, D., Prevost, S.K., Brar, Pouleur, S., and Surampalli, R.Y. 2010. Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. adzuki and *Pythium arrhenomanes* and as a

growth promoter of soybean. *Crop Protection* 29: 1452-1459.

Ruano, R.D., and Lopez Herrera, C.J. 2009. Evaluation of *Trichoderma* spp. as biocontrol agents against avocado white root rot. *Biological Control* 51: 66-71.

SAS, 2006. SAS Institute User's Guide. Statistical Version Package 9.1. SAS Institute, Carolina, USA.

Schroeder, M.S., and Janos, D.P. 2005. Plant growth, phosphorus nutrition, and root morphological responses to arbuscular mycorrhizas, phosphorus fertilization, and intraspecific density. *Mycorrhiza* 15: 203-216.

Shoresh, M., Mastouri, F., and Harman, G. 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology* 48: 21-43.

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*). *Scientia Horticulture* 117: 9-14.

Yedidia, I., Srivastva, A.K., Kapulnik, Y., and Chet, I. 2004. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil* 2: 235-24.

آنالیز خلاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط اقلیمی

نیمه خشک: مطالعه شبیه سازی

سیدرضا امیری ده احمدی^{۱*}، مهدی پارسا^۲، محمد بنایان اول^۲ و مهدی نصیری محلاتی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۴

چکیده

آنالیز خلاء عملکرد راهکار مفیدی برای اولویت بندی تحقیقات و سیاست های تولید در کشاورزی را فراهم می آورد. به منظور یافتن راهکارهایی جهت افزایش عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.)، مدل SSM-chickpea جهت آنالیز عملکردهای پتانسیل آبی و دیم در نه منطقه (واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی تا ۳۳ درجه جنوبی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه غربی و ۵۶ درجه شرقی) تحت کشت نخود در استان خراسان رضوی واسنجی و تعیین اعتبار شد. متوسط عملکرد پتانسیل آبی نخود در مناطق مورد بررسی ۲۲۵۱ کیلوگرم در هکتار بود؛ در حالی که متوسط عملکرد پتانسیل دیم ۱۰۲۶ کیلوگرم در هکتار بود که کاهش ۵۴ درصدی در نتیجه وضعیت نامناسب رطوبتی خاک را نشان می داد. همچنین متوسط عملکردهای واقعی دیم و آبی به ترتیب ۶۴ و ۷۹ درصد کمتر از عملکردهای پتانسیل آبی و دیم بود. بیشترین و کمترین خلاء عملکرد در شرایط اختلاف عملکرد پتانسیل و واقعی به ترتیب در شهرستان های تربت جام و قوچان مشاهده شد. به طور کلی خلاء عملکرد از شمال (نیشابور، مشهد و قوچان) به سمت جنوب (تربت جام و گناباد) استان روند افزایشی داشت. همچنین، مقادیر خلاء عملکرد بین عملکرد پتانسیل دیم شبیه سازی شده و عملکرد واقعی دیم بسیار پایین بودند، زیرا هم عملکرد پتانسیل دیم شبیه سازی شده و هم عملکرد واقعی دیم در این مناطق پایین بود.

واژه های کلیدی: اعتبار سنجی، دیم، رطوبت خاک، عملکرد پتانسیل، عملکرد واقعی

مقدمه

ارقام پرمحصول، هنوز شرایط اقلیمی یکی از مهم ترین عوامل تعیین کننده عملکرد نخود می باشد (Gholipoor, 2007). عملکرد این گیاه توسط عوامل متعددی محدود می شود که از جمله می توان به محدود بودن طول فصل رشد به علت وجود دمای نامناسب پایین و بالا، خشکی و توزیع نامناسب بارندگی یا رقابت برای استفاده از زمین توسط سایر گیاهان اشاره کرد. برای دستیابی به عملکردهای بالا، لازم است طول فصل رشد این گیاه با منابع محیطی موجود تطبیق داشته باشد و سایر صفات گیاهی برای استفاده از منابع محیطی در حد مطلوب باشند. بر این اساس، می توان محدودیت های محیطی، ژنتیکی و مدیریتی در تولید گیاهان زراعی در هر نقطه ای را با کمک مدل شبیه سازی گیاه زراعی تجزیه و تحلیل کرد. از مدل های ساده که استفاده و تفسیر نتایج آن ها آسان است به صورت موفقیت آمیزی برای بررسی پتانسیل عملکرد و محدودیت های محیطی، ژنتیکی و مدیریتی استفاده شده است (Soltani et al., 1999). یک نمونه از چنین مدل هایی در ابتدا توسط سینکلر (Sinclair, 1986) برای سویا

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از حبوبات مهم در غرب آسیا و شمال آفریقا است. همچنین این محصول یکی از حبوبات مهم در نظام های کشاورزی دیم این مناطق است (Silim et al., 1993). اگرچه ایران بعد از هندوستان بیشترین سطح زیر کشت نخود در مقیاس جهانی را دارد، اما از نظر عملکرد جهانی (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) در میان ۴۵ کشور تولید کننده نخود در جایگاه آخر قرار دارد (FAO, 2006). علاوه بر این، استان خراسان رضوی رتبه اول، بیشترین سطح زیر کشت و همچنین رتبه دوم از نظر تولید در کشور را داراست (Anonymous, 2012).

به رغم پیشرفت های قابل ملاحظه در مکانیزاسیون تولید و اصلاح

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار مجتمع آموزش عالی سراوان، دانشکده کشاورزی، گروه تولیدات گیاهی، دانشیار و استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات
* نویسنده مسئول: (Email: seyedrezaamiri@yahoo.com)

جغرافیایی ۱۶° $۳۶'$ شمالی و طول جغرافیایی ۳۸° $۵۹'$ شرقی) در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. ژنوتیپ مورد استفاده ILC 482 بود. برای دستیابی به عملکرد پتانسیل، آبیاری و کوددهی به میزان بهینه انجام شد تا از بروز تنش در گیاه جلوگیری شود. مقدار کود نیتروژن مورد نیاز (به صورت اوره)، بر اساس آزمایش تجزیه شیمیایی خاک قبل از کاشت مشخص شد. تاریخ کاشت ۲۵ اسفندماه و تراکم بوته ۳۳ گیاه در مترمربع بود. پس از کاشت به منظور تسهیل در سبز شدن یکنواخت بذرهای کلیه تیمارها به طور سطحی آبیاری شدند. آبیاری هر ده روز یک بار انجام شد. عملیات کنترل حشرات، بیماری‌های احتمالی و علف‌های هرز به گونه‌ای انجام گرفت که هیچ‌گونه آثاری از آفت‌زدگی، بیماری و خسارت در نخود مشاهده نگردد. همچنین سایر عناصر مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک تأمین شدند.

اندازه‌گیری‌های گیاهی شامل یادداشت‌برداری‌های وقوع مراحل اصلی فنولوژیک (رویشی، گلدهی، غلاف‌دهی و دانه بستن)، اندازه‌گیری سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی بودند. بدین منظور، نمونه‌برداری‌های تخریبی از دو هفته پس از کاشت آغاز و تا انتهای فصل رشد به فاصله هر دو هفته یک بار ادامه یافت. در هر مرحله نمونه‌برداری، پس از حذف یک ردیف از هر طرف و نیم متر از هر یک از دو انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان اثرات حاشیه، تعداد پنج بوته از سطح هر کرت برداشت شده و صفات مورد اشاره در بالا (به غیر از صفات فنولوژیک) بر روی آن‌ها اندازه‌گیری شد.

به منظور اندازه‌گیری عملکرد نهایی و اجزای عملکرد، گیاهان موجود در کل کرت آزمایشی که بدین منظور اختصاص یافته، با رعایت حاشیه برداشت گردید. علاوه بر این، از داده‌های آزمایشات مزرعه‌ای به دست آمده که در آن‌ها شرایط عملکرد پتانسیل (آبیاری کامل و مبارزه با علف‌های هرز) رعایت شده بود در مناطق مختلف ایران برای اعتبار سنجی عملکرد پتانسیل آبی و دیم (که تنها آبیاری محدود بود) استفاده شد (جدول ۱).

مدل

در این مطالعه از مدل SSM-Chickpea استفاده شد. مدل، نمو فنولوژیک، تولید و توزیع ماده خشک، رشد و پیر شدن سطح برگ، موازنه نیتروژن در گیاه، تشکیل عملکرد و موازنه آب خاک را شبیه‌سازی می‌کند.

Glycine max (L.) Merr.) ساخته شد. سپس این مدل به عنوان چارچوبی استفاده شد و مدل‌هایی برای سایر گیاهان زراعی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) (Amir & Sinclair., 1991)، جو (*Hordium vulgare* L.) (Wahabi & Sinclair, 2005)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) (Hammer et al., 1995) و نخود (Soltani et al., 1999) ساخته شد که از آن‌ها در بررسی پتانسیل تولید استفاده شده است.

منظور از عملکرد پتانسیل، عملکرد یک محصول تحت شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی و تنش‌های زیستی می‌باشد. در این شرایط عوامل محدودکننده دما، نور، دی‌اکسیدکربن و خصوصیات ژنتیکی گیاه می‌باشند (Evans, 1993; Van Ittersum & Rabbinge, 1997). خلاء عملکرد تفاوت بین عملکرد پتانسیل و واقعی می‌باشد. قبل از هر گونه بهبود عملیات مدیریتی لازم است عملکرد پتانسیل و تفاوت بین عملکرد پتانسیل و واقعی تعیین شود و سرانجام عوامل ایجاد خلاء عملکرد بررسی شوند (Lobell et al., 2009). مفهوم خلاء عملکرد در مطالعات متعددی اخیراً (Bhatia et al., 2008; Lobell et al., 2009; Neumann et al., 2010; Liu et al., 2011) به عنوان یک شاخص مهم برای افزایش عملکرد در مناطق مختلف استفاده شده است.

دلایل پایین بودن عملکرد نخود در سطح استان خراسان رضوی مطالعه نشده است و عمدتاً مطالعات به صورت ایستگاهی بوده است. نتایج این مطالعه ظرفیت تولید بالقوه نخود در استان خراسان رضوی را از نظر تولید این محصول مشخص خواهد ساخت و با مقایسه عملکرد بالقوه با عملکرد واقعی، خلاء عملکرد تعیین می‌شود. نتایج به دست آمده برنامه‌ریزان را قادر خواهد ساخت تا با اطلاع از ظرفیت‌های تولید، سیاست‌گذاری خود را بسته به شرایط هر منطقه در جهت مدیریت خلاءهای تولید هماهنگ کرده و تا حد امکان به تولید بالقوه نزدیک شوند. از سوی دیگر، به دست آوردن الگویی برای آنالیز خلاء عملکرد در استان خراسان رضوی در آینده برای سایر استان‌ها نیز قابل تعمیم بوده و در نتیجه امکان برنامه‌ریزی دقیق‌تر تولید بر اساس تغییرات مکانی و زمانی عملکرد، فراهم خواهد گردید.

مواد و روش‌ها

جزئیات آزمایش و جمع‌آوری داده‌ها

برای واسنجی مدل SSM-chickpea، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (عرض

جدول ۱- داده‌های آزمایشات مختلف برای تعیین اعتبار مدل

Table 1- Data sets for independent model testing

منطقه Region	سال Year	عرض جغرافیایی Latitude	تیمارها Treatments	منبع Reference
مشهد Mashhad	2003	36.15° N	ژنوتیپ، تاریخ کاشت، آبیاری Genotype, planting date, irrigation	Goldani & Rezvani (2005)*
	2005-2006	36.15° N	ژنوتیپ، آبیاری Genotype, irrigation	Gangeali et al. (2009)
	2006	36.15° N	ژنوتیپ Genotype	Zaferanieh et al. (2009)
	2006	36.15° N	ژنوتیپ Genotype	Nezami et al. (2009)
	2007	36.15° N	ژنوتیپ، آبیاری Genotype, irrigation	Parsa et al. (2009)*
نیشابور Nishabur	2001-2002	36.16° N	ژنوتیپ، آبیاری Genotype, irrigation	Rezvani Moghaddam & Sadeghi Samarjan (2008)*
	2005-2006	36.16° N	ژنوتیپ Genotype	Gangeali et al. (2011)
کرمانشاه Kermanshah	2001-2002	34.43° N	ژنوتیپ، تاریخ کاشت Irrigation, plant density	Jalilian et al. (2005)*
	2006-2007	34.43° N	ژنوتیپ، آبیاری Genotype, irrigation	Karimi & Farneya (2009)*
	2006-2007	34.43° N	ژنوتیپ، آبیاری Genotype, irrigation	Farshadfar & Javadi neya (2011)*
	2009	34.43° N	آبیاری Irrigation	Shaban et al. (2011)*
همدان Hamedan	2005-2006	34.52° N	تاریخ کاشت Planting date	Majnoun Hosseini & Hamzeii (2011)*
	2006	34.52° N	ژنوتیپ، آبیاری Genotype, irrigation	Saman et al. (2010)
اردبیل Ardabil	2006	38.15° N	آبیاری، تراکم گیاهی Irrigation, plant density	Raey et al. (2007)

ارومیه Oroomeih	2008	38.15° N	تراکم گیاهی Plant density	Khandan Bejandi et al. (2010)
خرم آباد Khoram abad	2007-2008	37.53° N	ژنوتیپ، آبیاری Genotype, irrigation	Taghikhani et al. (2010)
	2004-2005	33.48° N	آبیاری، تراکم گیاهی Irrigation, plant density	Mirzaye Heydari et al. (2009)*
	2004-2005	33.48° N	آبیاری، تراکم گیاهی Irrigation, plant density	Mousavi et al. (2009)*
کرج Karaj	2006	35.55° N	تراکم گیاهی Plant density	Kashfi et al.(2001)

* از پلات‌های این آزمایشات که در شرایط دیم بودند برای ارزیابی عملکرد دیم شبیه‌سازی شده استفاده شد.
* water limited plots from these field experiments were also used for water limited yield evaluation.

شبیه‌سازی فورترن تبدیل شد که یک زبان شبیه‌سازی قدرتمند و آسان همراه با پیام‌های خطای روشن است (Van Kraanlingen, 2003).

واسنجی و اعتبارسنجی مدل

واسنجی مدل در سه مرحله انجام شد. نخست، تعدادی از پارامترهای گیاهی بر اساس داده‌های مشاهده شده آزمایشات مزرعه‌ای تغییر داده شدند. این پارامترها با اجرای مکرر مدل تخمین زده شدند تا اختلاف داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده کاهش یابد (جدول ۲). در مرحله دوم، این پارامترهای تغییر یافته برای شبیه‌سازی رشد گیاه نخود با توجه به در دسترس بودن داده‌های آب و هوایی روزانه مورد استفاده قرار گرفتند. شبیه‌سازی‌ها از تاریخ کاشت تا رسیدگی ادامه یافت. سرانجام، نتایج سطح برگ، ماده خشک تولیدی، عملکرد دانه شبیه‌سازی شده و مشاهده شده به وسیله رگرسیون خطی و ریشه میانگین مربعات خطا^۳ بررسی شدند. بر این اساس، مدل برای تیمار پتانسیل واسنجی شد. بر اساس این روش، محاسبه انحراف مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل از مقادیر اندازه‌گیری شده که توصیفی از قابلیت پیش‌بینی مدل را ارائه

در این مدل، واکنش فرآیندهای رشد گیاه به عوامل محیطی شامل نور، طول روز، دما و در دسترس بودن آب منظور شده است. مدل جهت شبیه‌سازی روزانه به اطلاعات آب و هوایی و خاک نیاز دارد. مدل مراحل فنولوژیک را به عنوان تابعی از دما، طول روز و تنش کمبود آب پیش‌بینی می‌کند. گسترش و پیر شدن سطح برگ تابعی از دما، مواد فتوسنتزی فراهم برای رشد برگ، تراکم بوته و انتقال مجدد نیتروژن می‌باشد. تولید ماده خشک به عنوان تابعی از تشعشع دریافت شده و دما تخمین زده می‌شود و ماده خشک تولیدی بر اساس نمو و رابطه مبدأ- مقصد بین اندام‌های رویشی و دانه توزیع می‌شوند. موازنه آب خاک شامل رواناب، رشد ریشه و افزایش عمق مؤثر استخراج آب، تبخیر از سطح خاک، تعرق و زهکشی و نیز اثرات تنش کمبود آب بر گسترش سطح برگ، تولید ماده خشک و تجمع نیتروژن را به صورت روزانه انجام می‌دهد و به اطلاعات قابل دسترس درباره هوا (حداقل و حداکثر دما، تشعشع خورشیدی یا تعداد ساعات آفتابی و بارندگی روزانه) و خاک نیاز دارد (Soltani & Sinclair, 2011).

کد مدل در برنامه ویژوال بیسیک^۱ نوشته شده است اما برای این مطالعه دستورات مدل به زبان نرم‌افزار FST^۲ یا مترجم

1- Visual basic

2- Fortran simulation translator

3- Root mean square error (RMSE)

می‌کند، محاسبه گردید (Wallach & Goffinet, 1987):

Pi: مقادیر پیش‌بینی شده، Oi: مقادیر اندازه‌گیری شده و n: تعداد مشاهدات است. این شاخص میانگین فاصله مقادیر پیش‌بینی شده از مقادیر واقعی را نشان می‌دهد. بدیهی است که کمتر بودن این شاخص، دقت بالاتر مدل را در پیش‌بینی عملکرد نشان می‌دهد.

عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده

مطالعه در نه منطقه از خراسان رضوی واقع در شمال شرق (واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی تا ۳۳ درجه جنوبی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه غربی و ۵۶ شرقی) ایران تحت دو سناریو عدم محدودیت و محدودیت آب انجام شد. بر اساس در دسترس بودن داده‌های آب و هوایی، شبیه‌سازی‌ها بین ۱۸ تا ۲۱ سال انجام شدند. برای هر سال، شبیه‌سازی‌های جداگانه انجام شد. شرایط استاندارد شبیه‌سازی‌ها در جدول ۳ آورده شده است.

عملکردهای واقعی

عملکردهای واقعی، محصول آب و هوای منطقه و شیوه‌های مدیریتی اتخاذ شده توسط کشاورزان است. عملکرد واقعی آبی و دیم در سطح استان برای دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۲، از جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی (Anonymous, 2012) جمع‌آوری شدند. سپس از متوسط عملکرد واقعی در هر شهرستان برای آنالیز خلاء عملکرد استفاده شد.

روش محاسبه خلاء عملکرد

با استفاده از عملکردهای به دست آمده در شرایط پتانسیل و عملکردهای واقعی کشاورزان، خلاء عملکرد در هر شهرستان در سه وضعیت محاسبه شد:

۱- خلاء عملکرد بین عملکرد پتانسیل آبی و عملکرد پتانسیل دیم شبیه‌سازی شده.

۲- خلاء عملکرد بین عملکرد پتانسیل آبی شبیه‌سازی شده و عملکرد واقعی آبی کشاورزان.

۳- خلاء عملکرد بین عملکرد پتانسیل دیم شبیه‌سازی شده و عملکرد واقعی دیم کشاورزان.

نتایج و بحث

واسنجی و اعتبارسنجی مدل

در این مطالعه، تغییرات اندکی در برخی پارامترهای مدل داده شد، این پارامترها در جدول ۲ ارائه شده‌اند. ارزیابی مدل برای رشد گیاه بر اساس شاخص سطح برگ و ماده خشک کل تولیدی بالای سطح خاک نشان داد که مدل این ویژگی‌های رشد را به خوبی پیش‌بینی می‌کند. شاخص سطح برگ و ماده خشک تولیدی شبیه‌سازی و مشاهده شده در شکل ۱ ارائه شده‌اند. مقدار ریشه میانگین مربعات خطا برای شاخص سطح برگ ۰/۳۱ بود. همچنین مقدار این شاخص برای ماده خشک تولیدی ۶۳۵ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۲- پارامترهای حاصل از واسنجی مدل برای رقم ILC482.

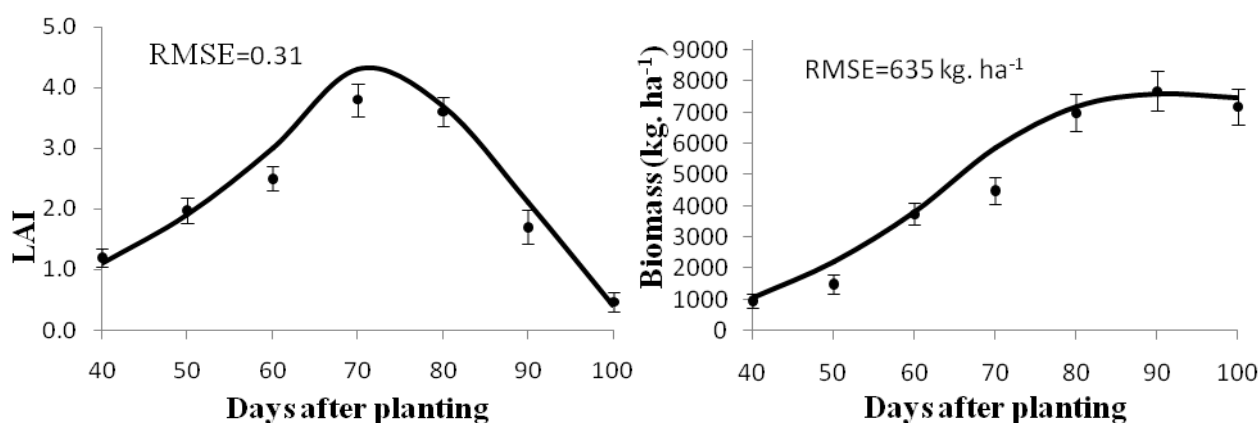
Table 2- Parameters of ILC482 genotype obtained in parameterization

پارامترهای گیاهی Crop parameters	تعریف Description	ضریب برای ILC482 Coefficient for ILC482
PTDVER1	روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن تا گلدهی (روز) Biological day between plant emergence and flower appearance (day)	23
PTDR1R3	روز بیولوژیک مورد نیاز برای گلدهی تا غلافدهی (روز) Biological day between first flower and first pod (day)	9
PTDR3R5	روز بیولوژیک مورد نیاز برای غلافدهی تا شروع پر شدن دانه (روز) Biological day between first pod and initiate seed filling (day)	3
PS	ضریب حساسیت به طول روز Photoperiod sensitivity coefficient	0.00730
MXNOD	حداکثر سرعت تولید گره در ساقه (گره در روز) The maximum rate of node production at stem (node.d ⁻¹)	0.61
GNC	غلظت نیتروژن دانه (میلی‌گرم بر گرم) Seed nitrogen concentration (mg.g ⁻¹)	0.009
PDHI	حداکثر سرعت افزایش در شاخص برداشت در روز در مرحله خطی افزایش آن Maximum increase of harvest index rate per day at linear stage of its increase	0.004

جدول ۳- اطلاعات جغرافیایی، آب و هوایی مورد استفاده برای شبیه‌سازی عملکرد نخود در استان خراسان رضوی

Table 3- Geographical details, period of weather data used of regions selected for simulation of potential yields of chickpea in Khorasan Razavi province

منطقه Region	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	دوره Period	تعداد سال No. of year	تاریخ کاشت Sowing date	تراکم گیاهی (تعداد گیاه بر مترمربع) Plant density (plant.m ⁻²)
درگز Daregaz	37.26°	59.6°	1995-2012	18	۳۰ بهمن 19 February	33
قوچان Qoochan	37.40°	58.30°	1995-2012	18	۱۵ فروردین 1 April	33
گناباد Gonabad	34.21°	58.41°	1995-2012	18	۳۰ بهمن 19 February	33
کاشمر Kashmar	35.23°	58.48°	1995-2012	18	۳۰ بهمن 19 February	33
مشهد Mashhad	36.15°	56.28°	1993-2012	21	۳۰ بهمن 19 February	33
نیشابور Nishabur	36.16°	58.48°	1993-2012	21	۲۵ اسفند 16 March	33
تربت جام Torbat Jam	35.15°	60.35°	1995-2012	18	۳۰ بهمن 19 February	33
تربت حیدریه Torbat Heidareye	35.16°	59.13°	1995-2012	18	۲۵ اسفند 16 March	33
سبزوار Sabzevar	36.12°	57.39°	1995-2012	18	۳۰ بهمن 19 February	33



شکل ۱- مقادیر شبیه‌سازی شده (خطوط) و مشاهده شده (نقاط) شاخص سطح برگ و ماده خشک تولیدی نخود در مشهد

Fig. 1- Comparison of simulated (lines) and observed (data points) values of leaf area index (LAI) and above ground biomass of chickpea in Mashhad

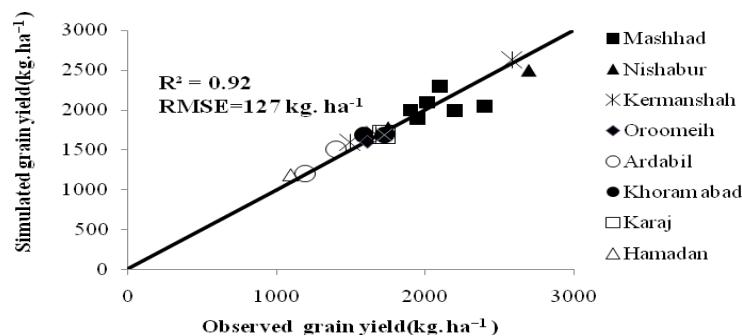
مربعات خطا و ضریب تبیین به ترتیب ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار و ۰/۷۴ بود (شکل ۳).

عملکردهای واقعی

عملکردهای واقعی آبی از ۶۱۶ کیلوگرم در هکتار در گناباد تا ۱۰۱۶ کیلوگرم در هکتار در نیشابور نوسان داشتند. همچنین متوسط عملکرد واقعی آبی ۷۹۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). علاوه بر این، عملکرد واقعی دیم از ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار در نیشابور تا ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار در تربت حیدریه متغیر بود. متوسط عملکرد واقعی دیم ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار بود.

برای ارزیابی عملکرد پتانسیل آبی شبیه‌سازی شده، کرت‌هایی از ۱۹ آزمایشات مزرعه‌ای که در شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی و همچنین عوامل تنش‌زای زنده به خوبی کنترل شده بودند، استفاده شد (جدول ۱). مقدار ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین برای عملکرد دانه به ترتیب ۱۲۷ کیلوگرم در هکتار و ۰/۹۲ به ترتیب بود (شکل ۲) که نشان‌دهنده مطابقت نزدیک بین عملکرد دانه شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در گستره وسیعی از این آزمایشات مزرعه‌ای بود.

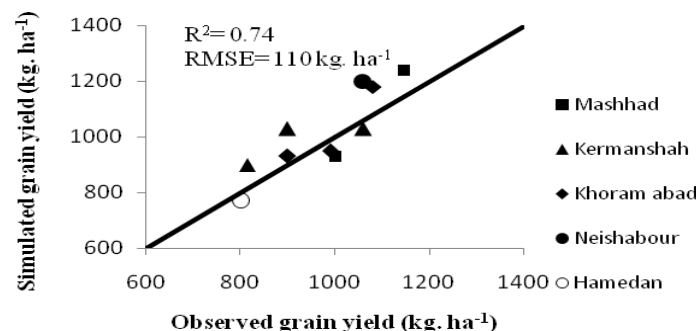
علاوه بر این برای اعتبارسنجی عملکرد دیم شبیه‌سازی، داده‌هایی از ۱۰ آزمایش مزرعه‌ای که تنها آبیاری محدودکننده بود استفاده شد (جدول ۱). نتایج اعتبارسنجی مدل برای ریشه میانگین



شکل ۲- مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

بر اساس داده‌های حاصل از مطالعات مستقل که در جدول ۱ فهرست شده‌اند. خط تو پر، خط ۱:۱ است.

Fig. 2- Simulated versus measured grain yield (kg.ha⁻¹)
Data obtained from different experiments are indicated with different symbols.
Solid line is 1:1 line.



شکل ۳- مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده عملکرد دیم (کیلوگرم در هکتار)

بر اساس داده‌های حاصل از مطالعات مستقل که در جدول ۱ فهرست شده‌اند. خط تو پر، خط ۱:۱ است.

Fig. 3- Simulated versus measured water limited yield (kg.ha⁻¹)
Data obtained from different experiments are indicated with different symbols.
Solid line is 1:1 line.

بیش از ۹۰ درصد از سطح زیر کشت نخود در ایران به صورت دیم است لذا یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه نخود است (Ganjeali et al., 2009). تحقیقات انجام شده (Parsa et al., 2012; Gangali, & Nezami, 2008; Ganjeali et al., 2009) نشان می‌دهد که کاشت پاییزه و یا زمستانه نخود، عملکرد دانه بیشتری تولید می‌کند زیرا در این نوع کشت، گیاه به نحو مؤثرتری از نزولات آسمانی استفاده می‌نماید.

عملکردهای واقعی دیم به علت کمبود بارندگی و توزیع نامناسب بارندگی در این مناطق بسیار پایین بود (جدول ۵). بررسی نوسانات عملکرد واقعی طی سال در مناطق مورد مطالعه نشان داد که در هیچ کدام از مناطق روند عملکرد واقعی معنی‌دار نیست (داده‌ها ارائه نشده‌اند)، زیرا نوسانات بارندگی در این مناطق زیاد می‌باشد و از طرفی در کشت آبی نخود نیز یک یا دو مرحله آبیاری در مراحل بحرانی رشد گیاه صورت می‌گیرد لذا چنین نوساناتی قابل انتظار است. از آن‌جا که

جدول ۴- متوسط عملکردهای پتانسیل، واقعی و خلاءهای عملکرد در مناطق مورد بررسی استان خراسان رضوی

Table 4- average of simulated potential yield, actual yields and yield gaps at selected regions in Khorasan Razavi province

منطقه Region	عملکرد واقعی دیم (کیلوگرم در هکتار) (D)	عملکرد واقعی آبی (کیلوگرم در هکتار) (C)	ضریب تغییرات (درصد) CV	عملکرد پتانسیل دیم (کیلوگرم در هکتار) (B)	ضریب تغییرات (درصد) CV	عملکرد پتانسیل آبی (کیلوگرم در هکتار) (A)	خلاء عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield gap (kg.ha ⁻¹)		
							YGM _{MR} ³ (B-D)	YG _{MM} ² (A-B)	YG _{MI} ¹ (A-C)
درگز Daregaz	265	840	33	900	8	2186	635	1286	1346
قوچان Qoochan	265	900	28	1300	22	1956	1035	656	1055
گناباد Gonabad	-	617	35	850	17	2197	-	1347	1580
کاشمر Kashmar	172	702	32	1153	12	2225	981	1072	1522
مشهد Mashhad	245	885	34	1251	16	2213	1006	962	1327
نیشابور Nishabur	270	1016	24	952	17	2421	682	1469	1404
سبزوار Sabzevar	236	751	30	967	10	2224	731	1257	1472
ترتیب حیدریه Torbat Heydarie	162	850	36	977	15	2257	815	1280	1407
ترتیب جام Torbat Jam	226	630	36	880	11	2584	654	1704	1954
میانگین Average	230	799	32	1026	14	2251	817	1226	1452
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	16	15		15		7	18	23	15

۱ - خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و عملکرد واقعی آبی

YG_{MM}= Modeled water nonlimiting potential yield-Modeled water limiting potential yield

۲ - خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و دیم

YG_{MI}= Modeled water nonlimiting potential yield-Irrigated actual yield

۳ - خلاء بین عملکرد پتانسیل دیم و عملکرد واقعی دیم

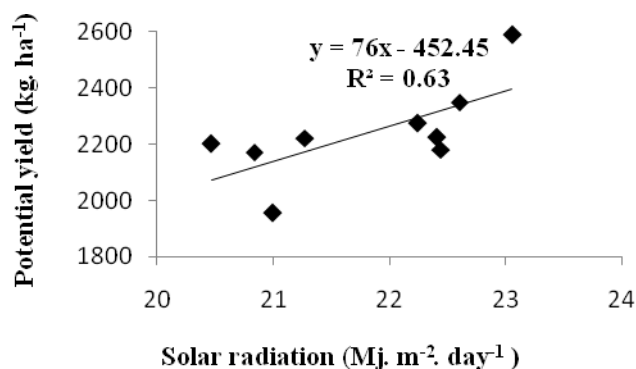
YG_{MR}= Modeled water limiting potential yield-rainfed actual yield

نخود در سری‌های تاریخی آب و هوا به ترتیب از ۲۰ تا ۲۳ مگاژول بر مترمربع بر روز و ۱۵ تا ۲۱ °C متغیر بود. در مطالعه مذکور، متوسط عملکردهای پتانسیل آبی همبستگی مثبت و معنی‌داری با تشعشع فصلی ($R^2 = 0.63, p \leq 0.05$) و دما ($R^2 = 0.51, p \leq 0.05$) نشان داد (شکل‌های ۴ و ۵). بنابراین، تنوع مکانی و زمانی عملکردهای پتانسیل آبی در استان خراسان رضوی به میزان زیادی توسط تنوع زمانی و مکانی تشعشع و دما کنترل می‌شود. باتیا و همکاران (Bhatia et al., 2008) در مطالعه خود بر روی گیاه سویا در هند نشان دادند که نوسانات عملکرد پتانسیل سویا تحت تأثیر نوسانات تشعشع قرار می‌گیرد.

با توجه به عدم بارندگی مناسب و پراکنش نامناسب آن در بهار در اراضی دیم و همچنین محدودیت منابع آب در اراضی فاریاب، در تغییر تاریخ کاشت نخود از بهار به زمستان یا پاییز، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین بین عوامل مختلف ایجاد کننده تنش در نخود مانند بیماری، آفت، علف‌های هرز، خشکی، غرقابی، شوری و سرما، عامل خشکی به تنهایی ۴۵ درصد از عملکرد دانه می‌کاهد (Gangali et al., 2008; Malhotra, 2002).

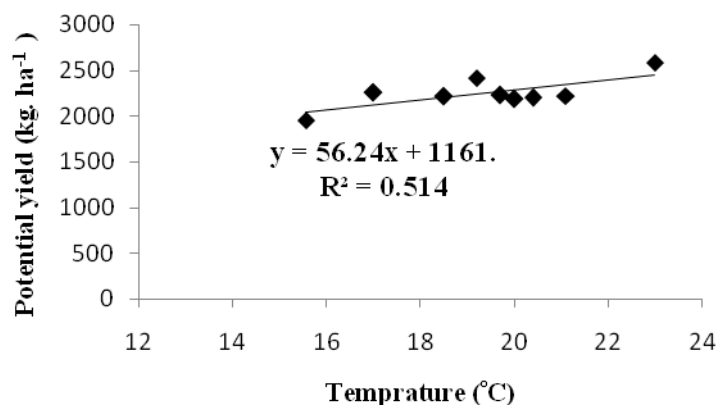
عملکرد پتانسیل آبی شبیه‌سازی شده

عملکرد پتانسیل آبی تحت تأثیر دو متغیر اقلیمی تشعشع و دما است. مقادیر متوسط متغیرهای اقلیمی در طی دوره رشد و نمو نخود در جدول ۵ ارائه شده‌اند. متوسط تشعشع و دما در طی دوران رشد



شکل ۴- رابطه عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده با تشعشع طی دوران رشد در مناطق مورد مطالعه در استان خراسان رضوی

Fig. 4- Association of long-term mean simulated potential yield with mean crop season solar radiation among selected regions across Khorasan Razavi



شکل ۵- رابطه عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده با دما طی دوران رشد در مناطق مورد مطالعه در استان خراسان رضوی

Fig. 5- Association of long-term mean simulated potential yield with mean temperature among selected regions across Khorasan Razavi

جدول ۵- متوسط تشعشع، دما و بارندگی در طی دوران رشد نخود در مناطق مورد مطالعه استان خراسان رضوی

Table 5- average of solar radiation, temperature and rainfall during growth period of chickpea at selected regions in Khorasan Razavi province

منطقه Region	بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)	دما (درجه سانتی گراد) Temperature (°C)	تشعشع (مگاژول بر مترمربع در روز) Solar radiation (MJ.m ⁻² .day ⁻¹)
درگز Daregaz	96	20.1	20.8
قوچان Qoochan	124	15.57	20.9
گناباد Gonabad	36	20.4	22.2
کاشمر Kashmar	60	19.7	22.4
مشهد Mashhad	92	18.5	20.4
نیشابور Nishabur	82	19.2	22.6
سبزوار Sabzevar	54	21.1	21.2
تربت حیدریه Torbat Heydarie	82	15.0	22.7
تربت جام Torbat Jam	60	22.7	23.0

عملکرد پتانسیل دیم

تحت شرایط محدودیت آبیاری، متوسط عملکرد پتانسیل شبیه سازی، ۱۰۲۶ کیلوگرم در هکتار با ضریب تغییرات ۱۵ درصد بود (جدول ۴). به طور کلی متوسط عملکردهای دیم بسیار پایین بود زیرا میزان بارندگی در منطقه پایین و متوسط آن ۷۶ میلی متر بود. در بین مناطق مختلف، عملکرد پتانسیل دیم بین ۱۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (قوچان) تا ۸۵۰ کیلوگرم در هکتار (گناباد) متغیر بود. همچنان که در جدول ۵ مشاهده می شود متوسط بارندگی در قوچان و گناباد به ترتیب ۱۲۴ و ۳۶ میلی متر است. از آن جا که تولید در این سطح عمدتاً به وسیله در دسترس بودن آب (بارندگی) علاوه بر دیگر عناصر آب و هوایی کنترل می شود لذا نوسان زمانی و مکانی عملکرد پتانسیل دیم در مقایسه با عملکرد پتانسیل آبی بسیار بیشتر بود (جدول ۴). چنین نوسانات قابل توجه در عملکرد پتانسیل دیم، میزان نوسانات عملکرد نخود تحت شرایط دیم در استان خراسان رضوی را به خوبی نشان می دهد.

دستیابی به عملکردهای بالای نخود در مناطق با بارندگی اندک بسیار ناچیز است. در ایران، نخود اساساً در مناطقی که بارندگی سالانه

رابطه رگرسیونی عملکرد پتانسیل و سال در هیچ کدام از مناطق معنی دار نبود (نتایج رگرسیون ارائه نشده اند) که بدین معنی است نوسان کمتر عملکردهای پتانسیل در نتیجه فراهمی آب و عناصر غذایی و کنترل مناسب عوامل تنش زای زنده است. محققان دیگر نیز نشان دادند که نوسانات عملکرد پتانسیل در طی سال خیلی زیاد نیست (Aggarwal et al., 1994; Bhatia et al., 2008).

متوسط عملکردهای پتانسیل آبی در بین فصول و مناطق مختلف ۲۲۵۱ کیلوگرم در هکتار و دارای ضریب تغییرات هفت درصد بود. در بین مناطق مختلف، متوسط عملکرد پتانسیل آبی بین ۱۹۵۵ کیلوگرم در هکتار در قوچان تا ۲۵۸۴ کیلوگرم در هکتار در تربت جام بود. متوسط تشعشع در این مناطق به ترتیب ۲۰/۹ و ۲۳ مگاژول بر مترمربع در روز بود (جداول ۴ و ۵). علاوه بر این، کمترین عملکرد پتانسیل آبی در قوچان با ۱۱۱۶ کیلوگرم در هکتار در سال ۲۰۱۲ و بیشترین عملکرد پتانسیل آبی در تربت جام با ۳۱۵۹ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۹۹۴ مشاهده شد. همچنین متوسط تشعشع و دما در قوچان به ترتیب ۲۱/۲ مگاژول بر مترمربع در روز و ۱۵ °C بود. از طرفی مقادیر متوسط تشعشع و دما در تربت جام به ترتیب ۲۳/۳ مگاژول بر مترمربع در روز و ۱۸ °C بود.

حدود ۸۱۷ کیلوگرم در هکتار کمتر از عملکرد پتانسیل دیم شبیه‌سازی بود که کاهش ۷۹ درصدی نسبت به عملکرد پتانسیل دیم نشان داد.

خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و عملکرد واقعی آبی کشاورزان از ۱۰۵۵ (قوچان) کیلوگرم در هکتار تا ۱۹۵۴ (تربت جام) کیلوگرم در هکتار نوسان داشت (جدول ۴). همچنان‌که در جدول ۵ مشاهده می‌شود تربت جام بیشترین عملکرد پتانسیل آبی و کمترین عملکرد واقعی آبی را در بین مناطق مورد مطالعه دارد که منجر به افزایش خلاء عملکرد شد. در مقابل، کمتر بودن خلاء عملکرد در قوچان نتیجه پایین بودن عملکرد پتانسیل آبی (۱۹۵۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد واقعی آبی نسبتاً بالای آن بود (۹۰۰ کیلوگرم در هکتار). به طور کلی، رابطه منفی و معنی‌داری بین بارندگی و خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و عملکرد واقعی آبی مشاهده شد ($R^2=0/۵۶$ و $p \leq 0/۰۵$)؛ به طوری که به ازای افزایش هر میلی‌متر بارندگی خلاء عملکرد حدود شش کیلوگرم کاهش یافت (شکل ۶).

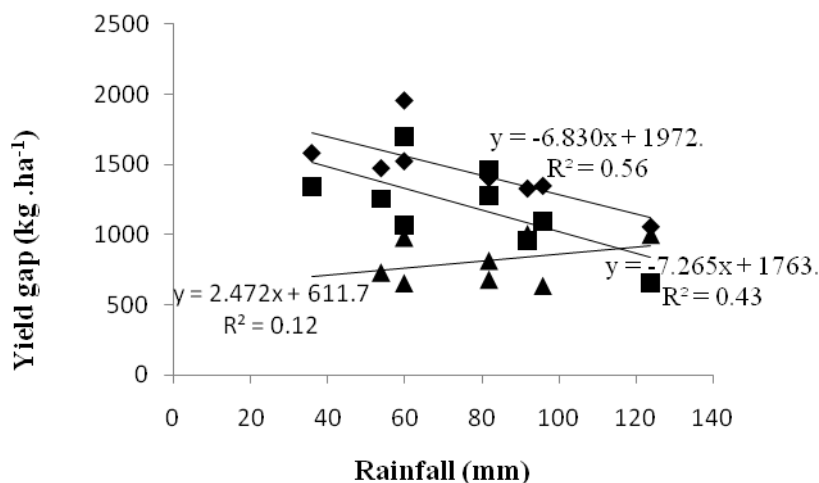
لوبل و همکاران (Lobell et al., 2009) دلایل خلاءهای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.)، گندم و ذرت (*Zea mays* L.) را در مناطق اصلی کشت این گیاهان در جهان را بررسی و اعلام کردند که عملکردهای این گیاهان به ندرت از ۸۰ درصد عملکردهای پتانسیل آن‌ها بیشتر است.

آن ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر است رشد می‌کند. اما این مناطق بیشتر از توزیع نامناسب بارندگی تا کمبود بارندگی رنج می‌برند (Gangeali & Nezami, 2008). علاوه بر این، مطالعات اخیر (Karimi, Farneya, 2009; Parsa et al., 2012; Nezami et al., 2009) نشان داده است که حداقل ۵۰ درصد از مناطق تحت کشت نخود بارندگی کافی دارند ولی توزیع آن مناسب نیست و با فصل رشد گیاه هماهنگ نیست. لذا بایستی تاریخ کاشت را جلو انداخت تا از بارندگی‌های اواخر زمستان و اوایل بهار به خوبی استفاده شود.

در مقایسه با عملکرد پتانسیل آبی، رابطه بین عملکرد پتانسیل دیم و تشعشع طی دوران رشد در این مناطق معنی‌دار نبود. این مؤید آن است که در این سطح تولید، نوسان عملکرد پتانسیل در مناطق مختلف به میزان زیادی به وسیله در دسترس بودن آب کنترل می‌شود.

خلاء عملکرد

عملکردهای پتانسیل شبیه‌سازی شده در مناطق اصلی تحت کشت نخود در استان خراسان رضوی نشان داد که پتانسیل عملکرد بالایی وجود دارد که توسط کشاورزان شناسایی نشده است. متوسط عملکردهای واقعی آبی در این مناطق حدود ۱۴۵۲ کیلوگرم در هکتار کمتر از عملکردهای پتانسیل آبی شبیه‌سازی بود که ۶۴ درصد کمتر از مقدار پتانسیل بود (جدول ۴). همچنین متوسط عملکرد واقعی دیم



شکل ۶- رابطه خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و عملکرد واقعی آبی (◆)، خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و دیم شبیه‌سازی (■) و خلاء بین عملکرد پتانسیل دیم و عملکرد واقعی دیم (▲) با بارندگی طی دوران رشد در مناطق مورد مطالعه در استان خراسان رضوی.

Fig. 6- Association of long-term mean yield gap between simulated potential and irrigated actual yield (◆), mean yield gap between simulated potential and water limited yield (■) and yield gap between simulated water limited and rainfed actual yield (▲) with mean crop season rainfall among selected regions across Khorasan Razavi province.

عملکردهای بالا و قابل قبولی کسب کنند. مطالعات گنجعلی و همکاران؛ نظامی و همکاران؛ زعفرانی و همکاران (Zaferanieh et al., 2009; Nezami et al., 2009; Gangeali et al., 2009) نشان داده است که تاریخ کاشت زمستانه در مقایسه با بهاره عملکرد را تا ۱۰۰ درصد افزایش می‌دهد. این دستاورد در نتیجه همزمانی مراحل حساس فنولوژی نخود با رژیم‌های رطوبتی مناسب و همچنین افزایش رشد رویشی قبل از گلدهی می‌باشد.

باتیا و همکاران (Bhatia et al., 2008) با استفاده از مدل CROPGRO-Peanut پتانسیل و خلاء عملکرد سویای دیم را برای ۲۱ منطقه واقع در هندوستان ارزیابی کرده و نشان دادند که به طور متوسط پتانسیل عملکرد این مناطق ۳۰۲۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین خلاء عملکرد در حدود ۷۰ درصد می‌باشد به عبارت دیگر تنها ۳۰ درصد از عملکرد پتانسیل در مزارع برداشت می‌شود. آن‌ها برای کاهش آن پیشنهاد کردند در مناطق با فصل بارندگی طولانی مدیریت زراعی مانند کشت ارقام پرمحصول، بهبود وضعیت تغذیه گیاه و کنترل آفات و بیماری‌ها صورت گیرد و در مناطق با بارندگی کمتر اقدام به حفظ رطوبت و آبیاری تکمیلی شود.

مینگ و همکاران (Meng et al., 2013) عملکردهای پتانسیل و خلاءهای عملکرد را در چهار منطقه اصلی کشت ذرت در چین را برآورد کردند. آن‌ها نشان دادند که خلاء بین عملکرد پتانسیل و عملکرد متوسط واقعی کشاورزان ۸/۶ و ۶ مگاگرم در هکتار به ترتیب برای کشت‌های آبی و دیم متغیر است. همچنین متوسط عملکرد واقعی کشاورزان ۴۸ تا ۵۶ درصد عملکرد پتانسیل بود.

نتیجه‌گیری

استان خراسان رضوی با عملکردهای واقعی پایین نخود، خلاء عملکرد بالا و پتانسیل زیادی برای افزایش فعلی عملکرد دارد. شبیه‌سازی‌ها نشان داد که متوسط عملکرد پتانسیل آبی نخود برای این مناطق ۲۲۵۱ کیلوگرم در هکتار است این در حالی است که متوسط پتانسیل عملکرد دیم ۱۰۲۶ کیلوگرم در هکتار است که ۵۴ درصد کاهش عملکرد در نتیجه شرایط نامناسب رطوبتی را نشان می‌دهد. همچنین متوسط عملکردهای واقعی آبی و دیم به ترتیب ۶۴ و ۷۹ درصد کمتر از عملکردهای پتانسیل آبی و دیم بود. در بین مناطق مورد مطالعه عملکردهای پتانسیل آبی نسبت به عملکردهای

کالدیز و همکاران (Caldiz et al., 2002) با هدف شناسایی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی مناطق مختلف تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در آرژانتین و تعیین پتانسیل عملکرد در طول دوره رشد این محصول در مناطق مختلف، مطالعه‌ای بر مبنای پهنه‌بندی اکولوژیکی انجام دادند. آن‌ها در این بررسی پهنه‌های اگرواکولوژیکی برای تولید سیب‌زمینی را مشخص نموده و دوره رشدی مناسب هر پهنه را تعیین کردند، همچنین آن‌ها اعلام کردند که همراه با افزایش پتانسیل عملکرد در مناطق مختلف خلاء عملکرد نیز افزایش یافت.

خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و دیم شبیه‌سازی شده از ۶۵۶ (قوچان) تا ۱۷۰۴ (ترت جام) کیلوگرم در هکتار متغیر بود (جدول ۴). همچنان که در جدول ۴ مشاهده می‌شود کمترین عملکرد پتانسیل آبی و بیشترین عملکرد پتانسیل دیم در قوچان مشاهده شد. به طور کلی، خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و عملکرد واقعی آبی کشاورزان و خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و دیم شبیه‌سازی شده در این استان از شمال (نیشابور، مشهد، قوچان و درگز) به جنوب (ترت جام و گناباد) روند افزایشی نشان داد، زیرا عملکرد پتانسیل آبی در این استان روند افزایشی از شمال به جنوب داشت. همچنین رابطه منفی و معنی‌داری بین بارندگی و خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و دیم شبیه‌سازی شده مشاهده شد ($R^2=0/43$ و $p \leq 0/05$) به طوری که به ازای افزایش هر میلی‌متر بارندگی خلاء عملکرد حدود هفت کیلوگرم کاهش یافت (شکل ۶).

خلاء بین عملکرد پتانسیل دیم و عملکرد واقعی دیم کشاورزان از ۶۳۵ (درگز) تا ۱۰۳۵ (قوچان) کیلوگرم در هکتار نوسان داشت. همچنان که در جدول ۴ مشاهده می‌شود مقادیر این خلاء عملکرد در مقایسه با دیگر خلاءهای عملکرد ذکر شده بسیار پایین است زیرا هم عملکرد پتانسیل دیم و هم عملکرد واقعی دیم کشاورزان در این مناطق پایین است. علاوه بر این، خلاء عملکرد در این سطح کم و بیش تحت تأثیر مقدار بارندگی در این مناطق قرار نگرفت، زیرا عملکردهای دیم تولیدی در این مناطق بسیار پایین بود (جدول ۴) که منجر به عدم معنی‌داری رابطه بین بارندگی و خلاء بین عملکرد پتانسیل دیم و عملکرد واقعی دیم شد (شکل ۶). بنابراین، کشاورزان بایستی با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، همزمانی مراحل حساس فنولوژیکی را با بارندگی و شرایط اقلیمی منطقه تنظیم کنند تا

قوچان و درگز) به جنوب (تربت جام و گناباد) روند افزایشی نشان داد. مقادیر خلاء بین عملکرد پتانسیل دیم و عملکرد واقعی دیم در مقایسه با دیگر خلاءهای عملکرد ذکر شده بسیار پایین بود زیرا هم عملکرد پتانسیل دیم و هم عملکرد واقعی دیم کشاورزان در این مناطق پایین بود.

پتانسیل دیم و واقعی نوسان کمتری داشت و همبستگی مثبت و معنی‌داری ($R^2 = 0.63$, $p \leq 0.05$) با تشعشع و دما ($p \leq 0.05$) در طی دوران رشد داشت. به طور کلی، خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و عملکرد واقعی آبی کشاورزان و خلاء بین عملکرد پتانسیل آبی و دیم در این استان از شمال (نیشابور، مشهد

منابع

- Aggarwal, P.K., and Kalra, N. 1994. Simulating the effect of climatic factors, genotype, water and nitrogen availability on productivity of wheat: II. Climatically potential yields and optimal management strategies. *Field Crops Research* 38: 93-103.
- Amir, J., and Sinclair, T.R. 1991. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. *Field Crops Research* 29: 59-69.
- Anonymous, 2011-2012. Annual report of 2001-2012. Agricultural Research Institute, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Becker, M., and Johnson, D.E. 1999. Rice yield and productivity gaps in irrigated systems of the forest zone of Côte d'Ivoire. *Field Crops Research* 60: 201-208.
- Bhatia, V.S., Singh, P., Wani, S.P., Chauhan, G.S., Kesava Rao, A.V.R., Mishra, A.K., 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: 1252-1265.
- Caldiz, D.O., Haverkort, A.L., and Struik, P.C. 2002. Analysis of a complex crop production system in interdependent agro-ecological zones: a methodological approach for potatoes in Argentina. *Agricultural Systems* 73: 297-311.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2006. The FAOSTAT Database. Available at Web site <http://faostat.fao.org/default.aspx> (verified 12 June 2012).
- Farshadfar, E., and Javadi Neya, J. 2011. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. *Seed and Plant Journal* 17: 517-537. (In Persian with English Summary)
- Ganjeali, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2009. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 183-194. (In Persian with English Summary)
- Ganjeali, A., Joveynipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Nishabur region. *Iranian Journal of Pulses Research* 2: 27-38. (In Persian with English Summary)
- Gangeali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Determinatives Yield of Pulses. In: M. Parsa and A.R. Bagheri (Eds.). *Pulses*. Jahad-e Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran 500 pp. (In Persian)
- Goldani, M., and Rezvani, P. 2005. Effects of different drought levels and planting date on yield and yield components of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 2: 1-12. (In Persian with English Summary)
- Gholipoor, M. 2007. Potential effects of individual versus simultaneous climate change factors on growth and water use in chickpea. *International Journal of Plant Production* 2: 189-204.
- Jalilian, S.A., Modarres Sanavy, M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield component and protein content of flour chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land conditions. *Journal of Agricultural Sciences and natural resources* 12: 1-9.
- Karimi, B., and Farneya, A. 2009. Evaluation of cultural traits, yield and yield components of rainfed chickpea cultivars with supplemental irrigation. *Modern Agriculture Journal* 17: 83-90. (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. Kouros) at Karaj conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 11-20. (In Persian with English Summary)
- Khandan Bejandi, T., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Asgari Zakaria, R., Namvar, A., Jafari, and Moghaddam, M. 2010. Effect of plant density, rhizobia and microelements on yield and some of morphophysiological characteristics of pea. *Electronic Journal of Crop Production* 3: 139-157. (In Persian with English Summary)
- Laborte, A.G., Bie, K.D., Smaling, E.M.A., Moya, P.F., Boling, A.A., and Van Ittersum, M.K. 2012. Rice yields and

- yield gaps in Southeast Asia: Past trends and future outlook. *European Journal of Agronomy* 36: 9-12.
- Lu, C., and Fan, L. 2013. Winter wheat yield potentials and yield gaps in the North China Plain. *Field Crops Research* 143: 98-105.
- Liu, X.Y., He, P., Jin, J.Y., Zhou, W., Gavin, S., and Steve, P. 2011. Yield gaps, indigenous nutrient supply, and nutrient use efficiency of wheat in China. *Agronomy Journal* 103: 1452-1463.
- Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources* 34: 179-204.
- Meng, Q., Hou, P., Wu, L., Chen, X., Cui, Z., and Zhang, F. 2013. Understanding production potentials and yield gaps in intensive maize production in China. *Field Crop Research* 143: 91-97.
- Millan, T., Clarke, H.J., Siddique, K.H.M., Buhariwalla, H.K., Gaur, P.M., Kumar, J., Gil, J., Kahl, G., and Winter, P. 2006. Chickpea molecular breeding: new tools and concepts. *Euphytica* 147: 81-103.
- Mirzaye Heidari, M., Noori, M.H., Khorgami, A., Pezeshkpoor, P., and Arzani, A. 2009. Effects of plant density and supplemental irrigation on crop yield, chlorophyll content and light penetration in the canopy chickpea cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science* 40:113-121. (In Persian with English Summary)
- Majnoun Hosseini, N., and Hamzeii, R. 2011. Effect of winter and spring planting time on yield and yield components of chickpea at dry land conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 59-68. (In Persian with English Summary)
- Mousavi, S.K. Pezeshkpoor, P., Khorgami, A., and Noori, M.N. 2009. Effects of supplemental irrigation and crop density on yield, and yield components of Kabuli chickpea cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 657-672. (In Persian with English Summary)
- Naab, J.B., Singh, P., Boote, K.J., Jones, J.W., and Marfo, K.O. 2004. Using the CROPGRO peanut model to quantify yield gaps of peanut in the Guinean Savanna Zone of Ghana. *Agronomy Journal* 96: 1231-1242.
- Neumann, K., Verburg, P.H., Stehfest, E., and Mueller, C. 2010. The yield gap of global grain production: a spatial analysis. *Agricultural Systems* 103: 316-326.
- Nezami, A., and Bagheri, A. 2001. Screening of Mashhad chickpea (*Cicer arietinum* L.) collection for cold tolerance under field conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15: 155-162.
- Nezami, A., Sedaghat Khahi, H., Porsa, H., Parsa, M., and Bagheri, A. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to cold under supplemental irrigation in Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8: 415-423. (In Persian with English Summary)
- Parsa, M., Ganjeali, A., Rezaeyanzadeh, E., and Nezami, A. 2012. Effects of supplemental irrigation on yield and growth indices of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 9: 1-14. (In Persian with English Summary)
- Raey, Y., Demaghsi, N., and Seied Sharifi, R. 2007. Effect of different levels of irrigation and plant density on grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 9: 371-381. (In Persian with English Summary)
- Rezvani Moghaddam, P., and Sadeghi Samarjan, R. 2008. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) (cultivar 3279 ILC). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 315-325. (In Persian with English Summary)
- Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpoor, S.H. 2010. The effect of terminal drought on yield and yield components of chickpea genotypes. *Iranian Journal of Crop Science* 41: 259-269. (In Persian with English Summary)
- Shaban, M., Mansoori Far, S., Ghobadi, M., and Ashrafi Parchin, R. 2011. Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristics and seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Seed and Plant Journal* 17: 451-470. (In Persian with English Summary)
- Silim, S.N., Saxana, M.C., and Singh, K.B. 1993. Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin .II. Factors influencing yield under drought. *Field Crops Research* 34: 137-141.
- Sinclair, T.R. 1986. Water and nitrogen limitations in soybean grain production: I. model development. *Field Crops Research* 15: 125-141.
- Sinclair, T.R., and Seligman, N.G. 2000. Criteria for publishing papers on crop modeling. *Field Crops Research* 68: 165-172.
- Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K., Rahimzadeh-Khoioe., and Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea

growth and yield. *Field Crops Research* 62: 213-224.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. *Field Crop Research* 124: 252-260.

Taghi Khani, H., Eivazi, A.R., Reza Dost, S., and Roshdi, M. 2010. Evaluation of tolerant indices to drought stress at different stages of growth in chickpea. *Crop Science Journal* 7: 2-13. (In Persian with English Summary)

van Ittersum, M.K., and Rabbinge, R. 1997. Concepts in production ecology for the analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research* 52: 197-208.

Van Kraalingen, D.W.G., Rappoldt, C., and Van Laar, H.H. 2003. The Fortran simulation translator, a simulation language. *European Journal of Agronomy* 18: 359-361.

Wahabi, A., and Sinclair, T.R. 2005. Simulation analysis of relative yield advantage of barley and wheat in an eastern Mediterranean climate. *Field Crops Research* 91: 287-296.

Wallach, D., and Goffinet, B. 1987. Mean squared error of prediction in models for studying ecological and agronomic systems. *Biometrics* 43: 561-573.

Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Bagheri, A., and Porsa, H. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 1- Phenological and morphological characteristics. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 473-481. (In Persian with English Summary)

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح نیتروژن بر تولید میوه، کیفیت روغن، کارایی مصرف آب و کارایی زراعی نیتروژن در کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)

جواد حمزه‌ئی^{۱*}، مجید بابایی^۲ و سرور خرم دل^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۷

چکیده

به منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح نیتروژن بر درصد اسیدهای چرب دانه، عملکرد، کارایی مصرف آب و نیتروژن در کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) آزمایشی به صورت اسپلٹ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه بوعلی سینا در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. آبیاری (۳۲۰، ۴۲۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌متر در هکتار) در کرت‌های اصلی و کود نیتروژن (صفر، ۱۳۰، ۲۶۰، ۳۹۰ و ۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار گرفت. آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته‌ای بود و اعمال تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاه صورت گرفت. کود اوره نیز در سه مرحله کاشت، گلدهی و میوه‌دهی مصرف شد. صفات مورد بررسی شامل اسید چرب اولئیک، لینولئیک، عملکرد میوه و دانه و کارایی مصرف آب و نیتروژن بودند. اثر آبیاری و نیتروژن بر کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل نیز بر کلیه صفات به جز کارایی مصرف آب و کارایی زراعی نیتروژن تأثیر معنی‌دار داشت. بیشترین اسید چرب لینولئیک (۳۹/۹۹ درصد)، عملکرد میوه ($4/40 \text{ g.m}^{-2}$)، عملکرد دانه ($77/23 \text{ kg.m}^{-2}$) و کارایی زراعی نیتروژن (۳۲/۲۷ کیلوگرم میوه بر کیلوگرم اوره) از رژیم آبیاری ۶۰۰ میلی‌متر و ۳۹۰ کیلوگرم اوره حاصل شد. کمترین عملکرد میوه و دانه نیز از رژیم آبیاری ۳۲۰ میلی‌متر و عدم مصرف کود به دست آمد. بیشترین کارایی مصرف آب برای عملکرد میوه و دانه که معادل ۵۶/۶۱ و ۱/۱۰ کیلوگرم بر میلی‌متر بود، از رژیم آبیاری ۶۰۰ میلی‌متر حاصل شد. در بین سطوح کود اوره نیز بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب برای عملکرد میوه و دانه به ترتیب از تیمارهای ۳۹۰ کیلوگرم و عدم مصرف اوره به دست آمد. همچنین، بیشترین کارایی زراعی نیتروژن به تیمار ۳۹۰ کیلوگرم اوره تعلق گرفت و کمترین میزان این ویژگی با ۳۳ درصد کاهش از تیمار ۵۲۰ کیلوگرم اوره حاصل شد. بر اساس نتایج این تحقیق و با در نظر گرفتن بازده مصرف آب و نیتروژن، آبیاری کدوی تخمه کاغذی با ۶۰۰ میلی‌متر آب آبیاری در هکتار و تغذیه آن با ۳۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار مناسب تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: اسید اولئیک، اسید لینولئیک، تغذیه گیاه، گیاه دارویی، مدیریت آب

مقدمه

کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) از جمله گیاهانی است که به واسطه اثرات دارویی متعدد، توجه محققان را به خود معطوف داشته است (Shahidi et al., 2006). کدوی تخمه کاغذی گیاهی علفی و یک‌ساله است که از مهم‌ترین و پر مصرف‌ترین گیاهان دارویی تیره کدوئیان^۴ می‌باشد و در نقاط مختلفی از دنیا کشت می‌شود (Aroei et al., 2000).

عوامل اقلیمی نقشی اساسی در فرآیند تولید گیاهان ایفاء می‌نمایند و این عوامل کیفیت و تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از جمله این عوامل کمبود آب است که غالباً یکی از علل کاهش

امروزه با توجه به اثرات سوء ناشی از مصرف داروهای شیمیایی و گرایش روز افزون به استفاده از طب گیاهی در درمان بیماری‌ها، کشت انبوه انواع گیاهان دارویی مورد توجه قرار گرفته است. تنوع آب و هوایی و شرایط اکولوژیک مختلف در ایران موجب گردیده است که کشورمان در زمره غنی‌ترین کشورهای دارای منابع ارزشمند گیاهان دارویی و مستعد برای کشت و پرورش این گیاهان قرار گیرد.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: J.hamzei@basu.ac.ir

*- نویسنده مسئول:

بین میزان فراهمی آب و مصرف کود برقرار گردد تا هزینه تولید کاهش یافته و از مصرف بی‌رویه نیتروژن که تأثیری بر افزایش عملکرد ندارد، خودداری گردد (Mojadam, 2005). بهبود کارایی مصرف نیتروژن یک استراتژی کلیدی جهت پیشرفت سیستم‌های کشاورزی پایدار است که منجر به رسیدن به حداکثر عملکرد در ازای مصرف حداقل نهاده‌ها و هدر رفت نیتروژن می‌شود.

بنابراین، از آن‌جا که در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر همدان، کمبود آب خصوصاً از اواسط فصل رشد به بعد در طول فصل تابستان، یکی از عوامل اصلی محدودکننده تولید می‌باشد، مصرف بهینه آب و مدیریت صحیح مصرف کود اهمیت به سزایی دارد. از این رو تحقیق حاضر با هدف مطالعه اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح کود نیتروژن بر تولید میوه، کیفیت روغن، کارایی مصرف آب و کارایی زراعی نیتروژن در کدوی تخمه کاغذی در شرایط آب و هوایی همدان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان (عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و یک دقیقه عرض شمالی و ۱۶۹۰ متر ارتفاع از سطح دریا) در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. پس از مشخص کردن قطعه زمین مورد آزمایش، نمونه‌برداری از خاک و توزیع کود شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک و عملیات آماده‌سازی زمین برای کاشت انجام شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس آزمون خاک ۱۷۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار و در زمان کاشت مصرف شد. رژیم‌های آبیاری (W_1, W_2, W_3 و W_4 : به ترتیب ۳۲۰، ۴۲۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌متر در هکتار که به ترتیب معادل دور آبیاری ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ روز می‌باشد) در کرت‌های اصلی و مقادیر نیتروژن (U_1, U_2, U_3, U_4 و U_5 : به ترتیب صفر، ۱۳۰، ۲۶۰، ۳۹۰ و ۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. رقم مورد مطالعه *Cucurbita pepo* L. var. *styriaca* بود که از مؤسسه پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش مانکوزب ضدعفونی شدند و کاشت در دوم خرداد ماه ۱۳۹۲ انجام گرفت.

کیفیت و عملکرد در واحد سطح خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Fatemi et al., 2006). نظر به این‌که با افزایش جمعیت جهان، نیاز صنایع و خانوارها به آب افزایش می‌یابد، تقاضا برای آب شیرین به طور جهانی و پیوسته در حال افزایش است. این رشد تقاضا به آب شیرین ایجاب می‌کند که بخش کشاورزی سیاست‌های خود را از مدیریت تأمین آب به مدیریت تقاضای آب تغییر داده و مصرف آب با کارایی بیشتر را در تولید غذا، علوفه و لیاف در دستور کار خود قرار دهند. محققان کشاورزی با این دیدگاه که آب مورد استفاده در آبیاری محدود است باید توجه بیشتری به مدیریت تولید گیاهان زراعی با کارآمدی بیشتر داشته باشند. مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان، به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از اهمیت خاصی برخوردار است (Wang et al., 2001). از این رو، کم‌آبیاری یک راهکار بهینه در تولید محصولات کشاورزی در شرایط کم‌آبی است. هدف اصلی از اجرای کم‌آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی را دارند (Zwart & Bastiansen, 2004). کانگ و همکاران (Kang et al., 2000) با مقایسه آبیاری کامل و کم آبیاری در ذرت به این نتیجه رسیدند که کم‌آبیاری، ضمن افزایش تولید محصول، سبب صرفه‌جویی ۵۰ درصدی در مصرف آب شد.

از دیگر عوامل محدودکننده محیطی، عنصر نیتروژن است که نقش به سزایی در فرآیند ماده‌سازی و فیزیولوژی عملکرد و کیفیت محصولات مختلف به خصوص گیاهان دارویی دارد و کمبود آن می‌تواند عملکرد و کیفیت گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. تاکنون گزارشات متعددی در خصوص اثر مثبت نیتروژن بر عملکرد دانه ارائه شده است (Lack et al., 2007; Majidean et al., 2008). قلی‌پور و همکاران (Gholipoori et al., 2006) و رایان هارلسون و همکاران (Ryan Harrelson et al., 2008) با مطالعه اثر نیتروژن بر روی کدوی تخمه کاغذی بیان داشتند که مصرف بهینه کود نیتروژن موجب افزایش تعداد میوه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه و میوه در بوته شد. توجه به میزان مصرف کود متناسب با مقدار آب موجود برای حصول یک عملکرد قابل قبول حایز اهمیت می‌باشد، چرا که در شرایط کمبود آب در خاک جذب عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن کاهش می‌یابد و این امر ایجاب می‌کند که تناسب مطلوبی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Soil physical and chemical characteristics of the experimental site

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی‌متر) (mmhos.cm ⁻¹)	کربن آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Available phosphorous (ppm)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) Available Potassium (ppm)
لوم Loam	7.65	0.27	0.78	0.07	4.17	401

هکتار و W میزان آب مصرفی بر حسب میلی‌متر در هکتار است. کارایی زراعی مصرف نیتروژن (ANUE)^۳ نیز بر اساس معادله (۲) محاسبه شد (El-Gizawy, 2011). در این معادله، ANUE: کارایی زراعی مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود مصرفی، N₁: عملکرد دانه در تیمار کودی و N₀: عملکرد دانه در تیمار شاهد و N_t: کل کود مصرفی می‌باشد.

$$\text{ANUE} = (N_1 - N_0) / N_t \quad (2)$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 6.12 و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

اسید چرب لینولئیک و اولئیک

اثر آبیاری و نیتروژن بر درصد اسید چرب لینولئیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین، اثر متقابل آن‌ها ویژگی مذکور را در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در نیتروژن نشان داد که با افزایش میزان آب و کود نیتروژن مصرفی میزان اسید چرب لینولئیک افزایش یافت، به طوری که بیشترین درصد اسید چرب لینولئیک (۴۰/۲۶ درصد) از رژیم آبیاری ۹۰۰ میلی‌متر و مصرف ۵۲۰ کیلوگرم اوره به دست آمد که با تیمارهای W₃U₄، W₄U₄ و W₃U₅ در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین میزان این ویژگی (۳۷/۱۲ درصد) با W₁U₁ در دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کمبود آب و نیتروژن به خصوص در مرحله پر شدن دانه به علت محدودسازی منبع فتوسنتزی و کاهش

هر کرت فرعی شامل پنج خط کاشت به طول پنج متر بود. فاصله بین ردیف و روی ردیف‌های کاشت به ترتیب ۱۵۰ و ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Jahan et al., 2013). آبیاری تا مرحله استقرار گیاهچه بر اساس دور آبیاری شش روز در همه تیمارها انجام و از این مرحله به بعد تیمار آبیاری اعمال گردید. آبیاری با استفاده از لوله‌های پلی اتیلن انجام شد و جهت اعمال تیمار آبیاری و اندازه‌گیری میزان آب ورودی به هر کرت از کنتور آب استفاده شد. نیتروژن مورد نیاز که از منبع اوره تأمین گردید در سه مرحله همزمان با کاشت و مراحل گلدهی و میوه‌دهی مصرف شد. در طی فصل رشد و بر حسب نیاز، در چند مرحله علف‌های هرز وجین شدند. در این آزمایش صفات اسید چرب لینولئیک، اسید چرب اولئیک، عملکرد دانه، عملکرد میوه، کارایی مصرف آب برای عملکرد میوه و دانه و کارایی زراعی نیتروژن برای عملکرد میوه و دانه اندازه‌گیری و مطالعه شد.

برای این منظور، در پایان فصل رشد با حذف اثر حاشیه، تعداد پنج بوته به طور تصادفی از ردیف‌های وسط هر کرت انتخاب شد و بر اساس آن‌ها صفات تعداد میوه در بوته و عملکرد میوه تعیین گردید. سپس دانه‌ها از میوه‌های مربوط به هر واحد آزمایشی استخراج و در سایه خشک شدند. پس از خشک شدن، دانه‌ها توزین و به عنوان عملکرد دانه در نظر گرفته شد. اسیدهای چرب دانه با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC)^۱ تعیین گردید (Shahidi, 2005). کارایی مصرف آب (WUE)^۲ با استفاده از معادله (۱) به دست آمد (Al-Mefleh et al., 2012).

$$\text{WUE} = Y/W \quad (1)$$

در این معادله، WUE: کارایی مصرف آب بر حسب کیلوگرم دانه بر میلی‌متر آب مصرفی، EY: عملکرد اقتصادی بر حسب کیلوگرم در

3- Agronomic nitrogen use efficiency

1- Gas chromatography
2- Water use efficiency

درصدی برخوردار بود (جدول ۳). سنتز اسیدهای چرب در دانه‌های روغنی تحت تأثیر فعالیت‌های آنزیمی می‌باشد که حساسیت بالایی به شرایط محیطی به خصوص دما دارند (Felaga et al., 2002).

در واقع، در شرایط کمبود آب دمای میکروکلیمای گیاهان افزایش می‌یابد. احتمالاً در این آزمایش، افزایش دمای بافت گیاهی در شرایط تنش خشکی سبب کاهش فعالیت آنزیمی و در نتیجه کاهش میزان اسیدهای چرب غیر اشباع در شرایط تنش خشکی شده است. قلی-پوری و همکاران (Gholipoori et al., 2006) نیز با مطالعه اثر نیتروژن بر روی کدوی تخمه کاغذی بیان داشتند که با افزایش مصرف کود درصد اسید چرب اولئیک دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت. آن‌ها دلیل کاهش اسید چرب مزبور را به افزایش در میزان پروتئین دانه نسبت دادند.

عملکرد میوه و دانه

اثرات اصلی آبیاری و نیتروژن بر عملکرد میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین، اثر متقابل آبیاری × نیتروژن ویژگی مذکور را در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲).

طول دوره رشد گیاه، و همچنین ایجاد شرایط متفاوت محیطی سبب کاهش سنتز اسیدهای چرب می‌شود. در آزمایش بویداک و همکاران (Boydake et al., 2010) بر بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) مشاهده شد که در حالت کمبود آب و نیتروژن، میزان اسید چرب لینولئیک کاهش یافت. در بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر کلزا (*Brassica napus* L.) مشخص شد که با کاربرد نیتروژن، درصد اسید چرب لینولئیک در روغن کلزا افزایش یافت. علت این امر را به تغییر در سرعت سنتز اسید چرب و انتقال آن‌ها از پروپلاستیدها به اجزاء سیتوسول نسبت داده‌اند (Akhtar Cheema et al., 2001).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اسید چرب اولئیک در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن و در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان اسید چرب اولئیک (۳۸/۶۷ درصد) از رژیم آبیاری ۹۰۰ میلی‌متر و عدم کاربرد کود اوره (W_4U_1) به دست آمد و از لحاظ آماری با تیمارهای W_2U_1 و W_3U_1 تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین میزان اسید چرب اولئیک نیز که معادل ۳۵ درصد بود به رژیم آبیاری ۳۲۰ میلی‌متر همراه با کاربرد ۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار (W_1U_5) تعلق گرفت که در مقایسه با تیمار W_4U_1 از کاهش ۹/۵۰

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و نیتروژن بر درصد اسیدهای چرب دانه، عملکرد میوه و دانه کدوی تخمه کاغذی

Table 2- Analysis of variance for the effect of irrigation regimes and nitrogen on seed fatty acids percentage, fruit yield and grain yield of pumpkin

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square			
		اسید چرب لینولئیک Linoleic fatty acid	اسید چرب اولئیک Oleic fatty acid	عملکرد میوه Fruit yield	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	0.05	11.58	1.71	5.64
آبیاری (W) Irrigation (W)	3	11.80**	1.24**	12.77**	4292.61**
خطای a Error a	6	0.32	0.35	0.49	96.85
نیتروژن (U) Nitrogen (U)	4	1.34**	4.65**	2.60**	1086.11**
W×U	12	0.41*	0.75*	0.19**	46.30*
خطای b Error b	32	0.17	0.23	0.08	21.35
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.07	1.33	9.97	8.55

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

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری (W) در اوره (U) بر درصد اسیدهای چرب دانه، عملکرد میوه و دانه کدوی تخمه کاغذی
Table 3- Mean comparisons of W×N co-actions on seed fatty acids percentage, fruit and seed yield of pumpkin

	W ₁					W ₂					W ₃					W ₄				
	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
اسید لینولئیک (درصد) Linoleic acid (%)		37.12 ^{h*}	37.16 ^h	37.35 ^{gh}	37.45 ^{gh}	37.58 ^{efgh}	37.79 ^{efgh}	37.98 ^{efgh}	38.29 ^{def}	38.99 ^{cd}	39.34 ^{bc}	39.99 ^{ab}	40.20 ^{ab}	38.34 ^{de}	39.37 ^{bc}	39.35 ^{bc}	40.10 ^{ab}	40.26 ^a		
اسید اولئیک (درصد) Oleic acid (%)		35.82 ^{fg}	36.18 ^{defg}	36.37 ^{cdefg}	37.76 ^{ab}	35.00 ^{efg}	36.06 ^{cdefg}	36.48 ^{cdef}	38.47 ^a	37.03 ^{bcd}	36.59 ^{cdef}	35.69 ^{fg}	35.38 ^g	38.67 ^a	37.24 ^{bc}	37.02 ^{bcd}	36.18 ^{de}	35.59 ^{fg}		
عملکرد میوه (کیلوگرم در مترمربع) Fruit yield (kg.m ⁻²)		1.53 ^k	1.63 ^{ik}	2.04 ^{ij}	2.03 ^{ij}	2.31 ^{ghij}	2.36 ^{ghij}	2.58 ^{efgh}	2.90 ^{def}	3.06 ^{cdef}	3.16 ^{cde}	4.40 ^{ab}	3.44 ^e	3.22 ^{cd}	3.44 ^e	4.01 ^b	4.84 ^a	4.58 ^a		
عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Grain yield (g.m ⁻²)		25.26 ^k	29.56 ^{jk}	34.13 ^{ij}	38.70 ^{hi}	38.03 ^{hi}	43.96 ^{gh}	49.26 ^{fg}	46.66 ^{gh}	56.81 ^{ef}	67.64 ^{cd}	77.23 ^{ab}	73.76 ^{bc}	54.27 ^f	63.39 ^{de}	72.01 ^{bc}	84.84 ^a	79.64 ^{ab}		

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

W₁ تا W₄: به ترتیب ۳۲۰، ۴۲۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌متر آب در هکتار و U₁ تا U₅: به ترتیب صفر، ۱۳۰، ۲۶۰، ۳۹۰ و ۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار

* Means within each row followed by the same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$ based on LSD test.
(W₁-W₄: 320, 420, 600 and 900 mm of water.ha⁻¹, respectively and U₁-U₅: 0, 130, 260, 390 and 520 kg urea.ha⁻¹, respectively).

از حد رشد رویشی را دلیل این امر گزارش کردند.

بین تیمارهای مختلف آبیاری و سطوح نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد دانه در ترکیبات تیماری حاکی از این بود که بیشترین عملکرد دانه (۸۴/۸۴ گرم در مترمربع) از تیمار W₄U₄ و کمترین میزان آن (۲۵/۲۶ گرم در مترمربع) از تیمار W₁U₁ (مصرف ۳۲۰ میلی‌متر آب در هکتار و عدم کاربرد اوره) به دست آمد (جدول ۳). به طوری که، تیمار W₁U₁ در مقایسه با تیمار W₄U₄ از کاهش ۷۰ درصدی از نظر عملکرد دانه برخوردار بود. تیمار W₄U₄ با تیمارهای W₄U₅ و W₃U₄ از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۲). قابل ذکر است که در هر چهار تیمار دور آبیاری با افزایش مصرف اوره به بیش از ۳۹۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه کاهش یافت. بروز تنش خشکی و کمبود عناصر غذایی به خصوص نیتروژن در طی مراحل مختلف نمو به ویژه مراحل زایشی به علت کاهش طول دوره فتوسنتز و انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری و همچنین کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده، موجب کاهش در اجزای عملکرد

بررسی اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد میوه که معادل ۴/۸۴ کیلوگرم در مترمربع بود به تیمار W₄U₄ تعلق گرفت که با تیمارهای W₄U₅ و W₃U₄ در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین میزان این ویژگی (۱/۵۳ کیلوگرم در مترمربع) نیز در تیمار W₁U₁ مشاهده شد، به طوری که این تیمار در مقایسه با تیمار W₄U₄ عملکرد میوه کدوی تخمه کاغذی را ۶۸ درصد کاهش داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که علت افزایش عملکرد میوه با کاربرد بهینه نیتروژن در شرایط مطلوب آبیاری، توسعه مناسب اندام‌های هوایی طی دوره رشد، استفاده کارآمد از نور خورشید و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه باشد. همچنین، با افزایش سطح برگ تا حد مطلوب، میزان عملکرد بالا می‌رود. در حالی که افزایش بیش از حد شاخص سطح برگ با مصرف نیتروژن زیاد، به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر باعث ایجاد بیماری‌های قارچی و کاهش فتوسنتز کانوبی شده که این امر به کاهش تولید و عملکرد میوه منجر می‌شود (Khalad Barin & Islam Zadeh, 2002). کاهش عملکرد میوه در شرایط مصرف بیش از حد نیتروژن توسط رایان هارلسون و همکاران (Ryan Harrelson et al., 2008) نیز گزارش شده است. به طوری که آن‌ها افزایش بیش

و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط آل عمران و همکاران (Al-Omran et al., 2005) بر روی گیاه کدوی تخمه کاغذی انجام گرفت، نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد کدوی تخمه کاغذی به طور معنی‌داری تحت تنش خشکی کاهش یافت. همچنین، کاربرد بیش از حد نیتروژن به دلیل افزایش رشد رویشی و تولید شاخ و برگ فراوان، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Eftekhari Nasab et al., 2011).

کارایی مصرف آب

اثر آبیاری و نیتروژن بر کارایی مصرف آب دانه و میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است، ولی اثر متقابل آبیاری در نیتروژن بر این ویژگی‌ها معنی‌دار نشد. بیشترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه (۱/۱۰ کیلوگرم بر میلی‌متر) و میوه (۵۶/۶۱ کیلوگرم بر میلی‌متر) برای رژیم آبیاری ۶۰۰ میلی‌متر به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمار W_2 تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). کمترین میزان کارایی مصرف آب دانه (۱/۰۳ کیلوگرم بر میلی‌متر) و میوه (۴۴/۷۰ کیلوگرم بر میلی‌متر) به ترتیب با ۳۶ و ۲۸ درصد کاهش نسبت به تیمار W_3 از رژیم آبیاری ۹۰۰ میلی‌متر (W_4) حاصل شد (جدول ۴). افزایش کارایی مصرف آب در شرایط کم آبیاری (W_3) را می‌توان به هدر روی کمتر آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی کمتر آب آبیاری نسبت داد. در واقع، مختل شدن فرآیند فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سطح برگ در تیمار تنش شدید کم آبی (W_4) منجر به کاهش عملکرد میوه و دانه شد. نیسانکا و همکاران (Nissanka et al., 1997) اظهار داشتند که کاهش بازده مصرف آب در شرایط تنش رطوبتی ناشی از کاهش بیشتر فتوسنتز در مقایسه با تنفس گیاه می‌باشد. این محققان دلیل این امر را به ایجاد خسارت به مزوفیل برگ در اثر تنش رطوبتی نسبت دادند. همچنین، افزایش مقاومت مزوفیلی و روزنه‌ای در شرایط تنش شدید آبی باعث کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به درون گیاه شده و تحت تأثیر این حالت فتوسنتز خالص گیاه کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش عملکرد و کارایی مصرف آب در شرایط تنش خشکی می‌شود. افزایش کارایی مصرف آب تحت شرایط کم آبیاری توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Allen & Musik, 1993). همچنین، علت کاهش کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری W_4 در مقایسه با تیمار آبیاری W_1 ، بیانگر این واقعیت است که اگر چه عملکرد در تیمار

آبیاری W_4 بیشتر بود، ولی به دلیل مصرف زیاد آب در این تیمار و هدر رفت آب، کارایی مصرف آب کاهش یافت. در پژوهشی بر روی خربزه (*Cucumis melo L.*) مشخص شد که کارایی مصرف آب با کاهش میزان آب مصرفی افزایش پیدا کرد (Al-Mefleh et al., 2012). مقایسه سطوح نیتروژن نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب دانه (۱/۱۷ کیلوگرم بر میلی‌متر) و میوه (۶۵/۸۸ کیلوگرم بر میلی‌متر) بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار U_5 مربوط به تیمار U_4 (۳۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و کمترین آن‌ها به ترتیب با ۴۱/۶۶ و ۳۲/۰۶ درصد کاهش نسبت به تیمار ۳۹۰ کیلوگرم اوره از تیمار U_1 (عدم مصرف کود) به دست آمد (جدول ۴). بهبود کارایی مصرف آب در تیمار ۳۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار را می‌توان به بالا بودن عملکرد دانه و میوه در این تیمار نسبت داد. اثر مثبت کاربرد متعادل نیتروژن بر کارایی مصرف آب در کلزا (Daneshvar et al., 2008) و اسفزه (*Plantago psyllium L.*) (Rahimi et al., 2008) نیز گزارش شده است. همچنین، سینگاندهوپ و همکاران (Singandhupe et al., 2002) تأثیر کود نیتروژن را بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum L.*) بررسی گزارش نمودند که کاربرد بهینه کود نیتروژن نسبت به کاربرد بیش از حد آن، منجر به افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب و همچنین باعث صرفه جویی ۲۰ تا ۴۰ درصدی در میزان نیتروژن شد.

کارایی زراعی مصرف نیتروژن

اثر آبیاری و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر درصد بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن دانه و میوه معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل آبیاری در نیتروژن فقط بر کارایی زراعی نیتروژن میوه معنی‌دار شد. با مقایسه میانگین رژیم‌های آبیاری مشخص گردید که بیشترین کارایی زراعی نیتروژن دانه (۶/۵۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) را تیمار ۶۰۰ میلی‌متر (W_3) به خود اختصاص داد که با تیمارهای ۴۲۰ و ۹۰۰ میلی‌متر آب مصرفی در هکتار اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین کارایی زراعی نیتروژن دانه (۳/۰۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) از رژیم آبیاری ۳۲۰ میلی‌متر آب مصرفی در هکتار (W_1) به دست آمد که در مقایسه با تیمار W_3 کارایی زراعی نیتروژن را ۵۴ درصد کاهش داد (جدول ۴). حضور آب به دلیل نقش آن در فرآیندهای جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد ضروری است (Karimi, 2009). هنگامی که مقدار آب مصرفی کاهش یابد، امکان جذب بیشتر عناصر

غذایی خصوصاً نیتروژن فراهم نشده و هدر رفت آن به ویژه اگر بافت خاک قابلیت نگهداری رطوبت پایینی داشته باشد، افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن می‌گردد (Karimi, 2009). حمزه‌ئی (Hamzei, 2011) در بررسی اثر سطوح آبیاری بر کارایی زراعی نیتروژن در کلزا دریافت که با کاهش میزان آب آبیاری کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافت.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر آبیاری (W) در اوره (U) بر کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن در کدوی تخمه کاغذی
Table 4- Mean comparisons of the W×U co-action on water use efficiency and agronomic nitrogen use efficiency in pumpkin

تیمار Treatment	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر میلی‌متر) Water use efficiency (kg.mm ⁻¹)		کارایی زراعی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) Agronomic nitrogen use efficiency (kg.kg ⁻¹)	
	دانه Seed	میوه Fruit	دانه Seed	میوه Fruit
W ₁	0.78 ^b	62.44 ^a	0.67 ^b	-
W ₂	1.07 ^a	57.10 ^{ab}	0.90 ^{ab}	-
W ₃	1.10 ^a	56.61 ^{ab}	1.45 ^a	-
W ₄	1.03 ^b	44.70 ^b	1.43 ^a	-
U ₁	0.76 ^d	44.78 ^d	-	-
U ₂	0.90 ^c	48.61 ^c	1.21 ^a	-
U ₃	1.02 ^b	55.69 ^c	1.18 ^a	-
U ₄	1.17 ^a	65.88 ^a	1.24 ^a	-
U ₅	1.12 ^a	61.13 ^a	0.81 ^b	-

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

W₁ تا W₄: به ترتیب ۳۲۰، ۴۲۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌متر آب در هکتار و U₁ تا U₅: به ترتیب صفر، ۱۳۰، ۲۶۰، ۳۹۰ و ۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار

* Means within each row followed by the same letters are not significantly different at α=0.05 based on LSD test.

W₁-W₄: 320, 420, 600 and 900 mm of water.ha⁻¹, respectively. and U₁-U₅: 0, 130, 260, 390 and 520 kg urea.ha⁻¹, respectively.

نامبرده دلیل کاهش این امر را به کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب نسبت داد. همچنین، نتایج این تحقیق با نتایج گان و همکاران (Gan et al., 2008) در کلزا هماهنگ است. مقایسه میانگین کارایی زراعی نیتروژن دانه در سطوح مختلف نیتروژن حاکی از این بود که بیشترین کارایی زراعی نیتروژن (۶/۶۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار U₄ و کمترین میزان آن (۳/۶۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار U₅ (۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به دست آمد. به طوری که تیمار U₄ در مقایسه با تیمار U₅ از افزایش ۳۵ درصدی از نظر کارایی زراعی نیتروژن دانه برخوردار بود (جدول ۴). شایان ذکر است که تیمار U₄ با تیمارهای U₂ و U₃ اختلاف معنی‌دار از لحاظ کارایی زراعی نیتروژن نداشت. به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارایی زراعی نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن، افزایش سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آبشویی و تصعید یا به علت عدم استفاده مؤثر از نیتروژن است (Mojadam, 2005). گوردا و همکاران (Guarda et al., 2004) در تحقیق خود دریافتند که افزایش مصرف زیاد کود نیتروژن باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود. تیمسینا و همکاران (Timsina et al., 2001) نیز در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که افزایش مصرف نیتروژن از ۹۰ کیلوگرم به ۱۳۵ کیلوگرم، کارایی استفاده از نیتروژن را از ۸/۹ به ۵/۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن در برنج کاهش داد. برهمکنش تیمارهای مختلف آبیاری و نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن میوه حاکی از این بود که بیشترین میزان کارایی زراعی نیتروژن (۳۲/۲۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار W₃U₄ به دست آمد که با تیمارهای W₄U₃ و W₄U₄ اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین میزان این ویژگی (۱۰/۹۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) نیز از تیمار W₁U₅ حاصل شد که در مقایسه با تیمار W₃U₄ از کاهش ۶۶ درصدی برخوردار بود (جدول ۵).

نامبرده دلیل کاهش این امر را به کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب نسبت داد. همچنین، نتایج این تحقیق با نتایج گان و همکاران (Gan et al., 2008) در کلزا هماهنگ است. مقایسه میانگین کارایی زراعی نیتروژن دانه در سطوح مختلف نیتروژن حاکی از این بود که بیشترین کارایی زراعی نیتروژن (۶/۶۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار U₄ و کمترین میزان آن (۳/۶۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار U₅ (۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به دست آمد. به طوری که تیمار U₄ در مقایسه با تیمار U₅ از افزایش ۳۵ درصدی از نظر کارایی زراعی نیتروژن دانه برخوردار بود (جدول ۴). شایان ذکر است که تیمار U₄ با تیمارهای U₂ و U₃ اختلاف معنی‌دار از لحاظ کارایی زراعی نیتروژن نداشت. به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارایی زراعی نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن، افزایش سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آبشویی و تصعید یا به علت عدم استفاده مؤثر از نیتروژن است (Mojadam, 2005). گوردا و همکاران (Guarda et al., 2004) در تحقیق خود دریافتند که افزایش مصرف زیاد کود نیتروژن باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود. تیمسینا و همکاران (Timsina et al., 2001) نیز در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که افزایش مصرف نیتروژن از ۹۰ کیلوگرم به ۱۳۵ کیلوگرم، کارایی استفاده از نیتروژن را از ۸/۹ به ۵/۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن در برنج کاهش داد. برهمکنش تیمارهای مختلف آبیاری و نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن میوه حاکی از این بود که بیشترین میزان کارایی زراعی نیتروژن (۳۲/۲۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار W₃U₄ به دست آمد که با تیمارهای W₄U₃ و W₄U₄ اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین میزان این ویژگی (۱۰/۹۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) نیز از تیمار W₁U₅ حاصل شد که در مقایسه با تیمار W₃U₄ از کاهش ۶۶ درصدی برخوردار بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری (W) در اوره (U) بر کارایی زراعی نیتروژن میوه کدوی تخمه کاغذی
 Table 5- Mean comparison of the W×U interaction on agronomic nitrogen use efficiency of pumpkin

	W ₁					W ₂					W ₃					W ₄				
	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	-	12.53 ^{cd} *	14.73 ^{cd}	16.38 ^{cd}	10.95 ^e	-	18.58 ^{cd}	20.66 ^{cd}	18.24 ^{cd}	13.13 ^{de}	-	11.60 ^e	14.20 ^{cd}	32.37 ^a	13.03 ^{de}	-	12.82 ^{de}	29.73 ^{ab}	31.47 ^a	22.17 ^{bc}
Agronomic nitrogen use efficiency (kg.kg ⁻¹)	-	12.53 ^{cd} *	14.73 ^{cd}	16.38 ^{cd}	10.95 ^e	-	18.58 ^{cd}	20.66 ^{cd}	18.24 ^{cd}	13.13 ^{de}	-	11.60 ^e	14.20 ^{cd}	32.37 ^a	13.03 ^{de}	-	12.82 ^{de}	29.73 ^{ab}	31.47 ^a	22.17 ^{bc}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

W₁ تا W₄: به ترتیب ۳۲۰، ۴۲۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌متر آب در هکتار و U₁ تا U₅: به ترتیب صفر، ۱۳۰، ۲۶۰، ۳۹۰ و ۵۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار

* Means within each row followed by the same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$ based on LSD test. (W₁-W₄: 320, 420, 600 and 900 mm of water.ha⁻¹, respectively. and U₁-U₅: 0, 130, 260, 390 and 520 kg urea.ha⁻¹, respectively).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با توجه محدودیت منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، هدف تولید عملکرد کمی و کیفی قابل قبول با توجه به میزان آب مصرفی و نهاده‌های دیگر شامل کود شیمیایی می‌باشد و بهبود کارایی مصرف آب و کود یکی از معیارهای مهم در تولید محسوب می‌شود. بنابراین، بر اساس نتایج این آزمایش و در راستای بهبود کارایی مصرف آب و نیتروژن در زراعت کدوی تخمه کاغذی، تیمار ۶۰۰ میلی‌متر آب مصرفی در هکتار و مصرف ۳۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار مناسب خواهد بود.

واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژن از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند، به این مفهوم که هر چه میزان کود نیتروژن مصرفی افزایش یابد، میزان عملکرد به طور مستمر کمتر افزایش می‌یابد و در نهایت مماس با خط مجانب می‌گردد (Bani Saeidi, 2012). به احتمال زیاد میزان تلفات نیتروژن در سطوح بالای کود نیتروژن از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، آبشویی یا به علت عدم جذب نیتروژن به وسیله گیاه زراعی و بالاخره عدم استفاده مؤثر از آن افزایش می‌یابد که این خود موجب کاهش کارایی زراعی نیتروژن می‌شود (Mojadam, 2008). در مطالعه اسوایدرو همکاران (Swaidar et al., 1994) در زمینه اثر سطوح مختلف نیتروژن بر روی کدو مسمایی (*Cucurbita moschata* Poir.) مشخص شد که کاربرد بیش از حد نیتروژن باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن گردید.

منابع

- Akhtar Cheema, M., Saleem, M., and Asghar Malik, M. 2001. Effect of row spacing and nitrogen management on agronomic traits and oil quality of canola (*Brassica napus* L.). *Agricultural Science* 38(4): 15-18.
- Allen, R.R., and Musik, J.T. 1993. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. *Journal Articles USDA* 36(4): 1123-1129.
- Al-Mefleh, N.K., Samarah, N., Zaitoun, S., and Al-Ghzawi, A. 2012. Effect of irrigation levels on fruit characteristics, total fruit yield and water use efficiency of melon under drip irrigation system. *Journal of Food Agriculture and Environment* 10(2): 540-545.
- Al-Omran, A.M., Sheta, A.S., Falatah, A.M., and Al-Harbi, A.R. 2005. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. *Agricultural Water Management* 73(1): 43-55.
- Arouiee, H., Omid Beigi, R., and Kashi, A. 2000. Effects of salinity and nitrogen nutrition on free-proline and oil content of common pumpkin. *Seed and Plant* 16(3): 359-373. (In Persian with English Summary)
- Bani Saeidi, A.K. 2012. Effect of nitrogen fertilizer on yield, yield components and nitrogen use efficiency of sunflower cultivars in Khuzestan conditions. *Crop Physiology* 15: 71-86.
- Boydake, E., Karaasland, D., and Turkoglu, H. 2010. The effect of nitrogen and irrigation levels on fatty acid

composition of peanut oils. Turkish Journal of Field Crops 15(1): 29-33.

Daneshvar, M., Tahmasevi Sarvestani, G., Mdrssanvi, S.A.A., and Shirani Rad, A.H. 2009. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on the agronomic and morphological indexes two cultivars of rapeseed. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15(4): 56-68. (In Persian with English Summary)

Eftekharinasab, N., Khoramivafa, M., Sayyadian, K., and Najaphy, A. 2011. Nitrogen fertilizer effect on grain yield, oil and protein content of pumpkinseed (*Cucurbita pepo* L. var. styriaca) intercropped with Lentil and Chickpea. International Journal of Agricultur Science 1(5): 283-289.

El-Gizawy, N.K.B. 2009. Effects of nitrogen rate and plant density on agronomic nitrogen efficiency and maize yield following wheat and faba bean. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 5(3): 378-386.

Fatemi, R., Khraryan, B., Ghanbari, A., and Vali Zadeh, M. 2006. Investigate the effect of different irrigation regimes on yield and yield components of maize and blue need Hybrbd S.c 704. Agricultural Science 11(3): 133-141. (In Persian with English Summary)

Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., and DeCaro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. European Journal of Agronomy 17: 221-230.

Gan, Y., Malhi, S.S., Brandt, S., Katempa-Mupondwad, F., and Stevenson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of *juncea* canola under diverse environments. Agronomy Journal 2(100): 285-295.

Gholipoori, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoie, F., Mohammdi, A., and Bayat, H. 2007. The effect of different nitrogen levels and pruning of head on yield and yield components of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(2): 40-44. (In Persian with English Summary)

Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern Italian bred-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21(1): 181-192.

Hamzei, J. 2011. Seed, oil, and protein yields of canola under combinations of irrigation and nitrogen application. Agronomy Journal 103(33): 1152-1158.

Jahan, M., Amiri, M.B., Aghhavan Shajari, M., and Tahami, M.K. 2013. Evaluate the quality and quantity production of the pumpkin influenced by clover and green pea cover crops, inoculated with rizobacter stimulating plant growth and organic manure. Iranian Journal of Field Crops Research 11(2): 337-356. (In Persian with English Summary)

Karimi, A. 2009. Assessment of flood irrigation regimes on nitrogen use efficiency for sugar beet. Journal of Plant Production 16(1): 133-148. (In Persian with English Summary)

Khalad Barin, B., and Islam Zadeh, T. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Shiraz University, Iran. (In Persian)

Kng, S.Z., Shi, P., Pan, Y.H., Liang, Z.S., Hu, X.T., and Zhang, J. 2000. Soil water distribution, uniformity and water use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. Irrigation Science 19(4): 181-190.

Lak, S., Naderi, A., Siadat, S.A., Aynaband, A., and Noor Mohammad, G. 2006. Effect of different levels of nitrogen and plant density in different conditions of moisture on yield, yield components and water use efficiency of maize S.C 704 in Khuzestan. Iranian Journal of Crop Sciences 2(8): 153-170. (In Persian with English Summary)

Majidian, M., Ghalavand, A.A., Karimiyan, N., and Kamkar Haghighi, E.A. 2008. Effect of nitrogen fertilizer, manure and irrigation water on yield and yield components of maize. Electronic Journal of Crop Production 2(1): 67-85. (In Persian with English Summary)

Mojadam, M. 2008. Effects of water deficit stress and nitrogen management on dry matter distribution and some morphological characteristics of corn. Journal of Environmental Stresses in Plant Science 1(2): 123-136.

Nissanka, S.P., Dixon, M.A., and Tollennar, M. 1997. Canopy gas exchange response to moisture stress in old and new maize hybrid. Crop Science 37(1): 172-181.

Rahimi, A., Sayadi, F., Dashtil, H., and Tajabadi Pour, A. 2013. Effects of water and nitrogen supply on growth, water-use efficiency and mucilage yield of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13(2): 341-354.

Ryan Harrelson, E., Hoyt, G.D., Havlin, J.L., and Monks, D.W. 2008. Effect of planting date and nitrogen fertilization rates on no-till pumpkins. Horticultural Science 43(3): 857-861.

Shahidi, F. 2005. Bailey's industrial oil and fat products. Edible seed oils. Journal of Food Science 68: 1240-1243.

Shahidi, F., Koocheki, A., and Baghaie, H. 2006. Evaluation of some chemical combinations and physical traits of

water melon, pumpkin, cantaloupe and melon seeds and determination of their chemical characteristics of oil. Food Science and Technology 20(5): 411-421.

Singandhupe, R.B., Rao, G.G.S.N., Patial, N.G., and Brahmanand, P.S. 2002. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* L.). European Journal of Agronomy 19(2): 327-340.

Swaider, J.M., Chyan, F., and Freill, G. 1994. Genotypic difference in nitrate uptake and utilization efficiency in pupmpikin hybrids. Journal of Plant Nutrition 17(10): 1687-1699.

Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M.R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Research 72(12): 43-161.

Wang, H., Zhang, L., Dawes, W.R., and Liu, C. 2001. Improving water use efficiency of irrigated crops in the North China Plain-measurements and modeling. Agriculture and Water Management 48(2): 151-167.

Winter, S.R. 1990. Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. Agronomy Journal 82(5): 984-988.

Zwart, S.J., and Bastiansen, W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, cotton, and maize. Agricultural Water Management 69(2): 115-133.

بررسی شاخص تأثیر زیست محیطی (EIQ) آفت کش های مصرفی در محصول گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) در مشهد

لیلا ملکی^۱، رضا صدرآبادی حقیقی^{۲*} و امیر بهزاد بذرگر^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۲۶

چکیده

شاخص تأثیر زیست محیطی (EIQ) یک روش محاسبه مخاطرات زیست محیطی آفت کش ها است. با اندازه گیری شاخص می توان به پر مخاطره ترین آفت کش استفاده شده از لحاظ زیست محیطی در یک منطقه پی برد و با جایگزینی آن با آفت کش دیگر، سلامت زیستی جامعه ای خاص را تأمین نمود و همچنین می توان با معرفی آفت کش های جایگزین و کم خطر یک محصول خاص، پایداری محصول در جامعه را سبب شد. برای ارزیابی مخاطره زیست محیطی ناشی از کاربرد آفت کش ها در این تحقیق شاخص تأثیر زیست محیطی (EIQ) و اجزای آن (جز کارگر مزرعه، جز مصرف کننده و جز اکولوژیک) و شاخص تأثیر زیست محیطی مزرعه (EIQ-FUR) مورد استفاده قرار گرفت. مقدار این شاخص برای ماده مؤثره آفت کش های مصرفی در محصول گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) در شهرستان مشهد تعیین شد و برای مقایسه آفت کش ها و روش های مدیریت آفت، شاخص EIQ-FUR محاسبه گردید. طبق نتایج به دست آمده، بیشترین خطر در جزء مصرف کننده و آبشویی و کارگر مزرعه، مربوط به قارچ کش کاربندازیم بود. دیازینون کمترین خطر را در جزء کارگر مزرعه دارا بود. کمترین خطر در جزء مصرف کننده و آبشویی مربوط به حشره کش دلتامترین بود. در جزء اکولوژی بیشترین تخریب زیست محیطی توسط حشره کش دیازینون ایجاد می شد. قارچ کش کاربندازیم پرمخاطره ترین سم مصرفی در بین سموم مورد استفاده در مزارع گندم و جو در شهرستان مشهد شناخته شد. کمترین مقدار میانگین وزنی شاخص EIQ-FUR در کاربرد علف کش ها و بیشترین مقدار این شاخص در کاربرد قارچ کش ها دیده شد.

واژه های کلیدی: جز اکولوژیک، جز کارگر مزرعه، جز مصرف کننده و آبشویی، حشره کش، علف کش، قارچ کش

مقدمه

مدیریت تلفیقی آفات با خطر سمیتی کمتر برای محیط زیست استفاده گردد. شاخص EIQ مفاهیم زیست محیطی که سیستم های کشاورزی با آن مواجه هستند را مورد بررسی قرار می دهد که شامل سه جزء کارگران مزرعه، مصرف کنندگان و اکولوژی است (Kovach et al., 1992). در شاخص EIQ میزان سمیت شامل سمیت های مزمن، پوستی، سمیت برای ماهی ها، پرندگان، بندپایان و زنبورهای عسل، آبشویی و تلفات سطحی بالقوه، و نیمه عمر خاک و گیاه برای تخمین میزان آسیب رسانی زیست محیطی مواد مؤثره آفت کش های مربوطه مدنظر قرار می گیرد. مقدار عددی EIQ میانگین سه جزء اصلی آسیب شامل آسیب بالقوه برای سلامت کارگران مزرعه، آسیب بالقوه برای مصرف کنندگان از طریق اثر مستقیم مواد سمی باقیمانده در محصولات غذایی و یا از طریق آلودگی آب های زیرزمینی و اثرات منفی بالقوه برای محیط زیست شامل موجودات زنده آبی و خشکی -

شاخص تأثیر زیست محیطی EIQ در سال ۱۹۹۲ میلادی در دانشگاه کرنل در ایالات متحده برای ساماندهی داده های تأثیرات زیست محیطی آفت کش ها به صورت قابل استفاده برای کمک به بهره برداران و سایر مجریان برنامه های مدیریت تلفیقی آفات تعریف شد. انتخاب آفت کش ها طبق این شاخص برای محیط زیست مطلوب به نظر می آید. این شاخص تأثیرات زیست محیطی آفت کش ها را ارائه می دهد و می تواند برای مقایسه آفت کش های مختلف و انتخاب برنامه

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران
* نویسنده مسئول : (Email: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir)

اثرات منفی بر توزیع گونه‌های گیاهی، جانوری و ریز موجودات زنده داشته و تنوع زیستی زیر و روی خاک را در بوم‌نظام‌های کشاورزی و محیط‌های اطراف آن‌ها تخریب کرده است (Larson et al., 2005). در تحقیقی بیشترین اثر منفی کاربرد آفت‌کش‌ها را به ترتیب مربوط به جزء اکولوژیکی، کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و آبشویی دانسته‌اند (Bues et al., 2004; Soltani et al., 2011). همچنین در بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) با روش EIQ نشان دادند که حشره‌کش‌ها بیشترین آسیب را بر محیط زیست وارد می‌کنند (Bues et al., 2004). بذرگر و همکاران (Bazrgar et al., 2011) آفت‌کش‌های مورد استفاده در تولید بذرخندرقند (*Beta vulgaris* L.) را در نظام‌های مختلف تولید در خراسان با روش EIQ بررسی و بیان داشتند که دو حشره‌کش تیوکونازول و ایمیداکلوپرید پرخطرترین آفت‌کش‌های مورد استفاده در بذرخندرقند مصرفی در خراسان بوده‌اند. همچنین ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی استفاده از حشره‌کش‌های ثبت شده در ایران با استفاده از این روش در پژوهشی مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس میزان مصرف و اثرات محیطی تجمعی سموم حشره‌کش در استان‌های مختلف کشور، مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از استفاده حشره‌کش‌ها در هر هکتار زمین زیرکشت در استان‌های کرمان، مازندران و گلستان بیشتر از سایر استان‌ها بود (Moeinodini et al., 2014). در مطالعه‌ای بر روی مزارع چغندرقد خراسان، نتایج نشان داد که افزایش استفاده از آفت‌کش‌ها در مزرعه به لحاظ تنوع سموم و هم از نظر مقدار کمی ماده مؤثره افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد چغندرقد نداشتند (Bazrgar et al., 2013). در تحقیقی در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.)، سویا (*Glycine max* L. Merr.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در استان گرگان، نتایج نشان داد که میزان مصرف سموم در مزارع پنبه و سویا، بیش از میانگین در سایر مزارع بوده و این مزارع در آلودگی محیط زیست بیشترین سهم را دارا می‌باشند (Alameh et al., 2013). در تحقیقی مشابه در آلمان، شاخص EIQ مربوط به دو آفت‌کش بیولوژیک HT & BT را با روش معمول منطقه، در زراعت ذرت (*Zea mays* L.)، مقایسه شد. نتایج نشان داد استفاده از این دو محصول بیولوژیک تأثیر زیست‌محیطی کمتری، نسبت به روش رایج منطقه داشته است (Nillesen et al., 2006). در گزارشی از مزارع سویا در آرژانتین،

زی را نشان می‌دهد. هر کدام از این پارامترها با توجه به توان زیان بار بودن آن، درجه یک، سه و یا پنج را به خود اختصاص می‌دهد. شش مورد از این پارامترها بر اساس خصوصیات شناخته شده یا اندازه‌گیری شده و پنج مورد دیگر به صورت تأثیر کم، متوسط و شدید قضاوت می‌گردند. این ۱۱ پارامتر برای محاسبه هشت شاخص زیست‌محیطی به کار می‌روند که با یک معادله ریاضی، مقادیر عددی با وزن‌های نسبت داده شده به هر یک از اثرات، ترکیب می‌شود. این امتیازات در نهایت جمع می‌گردد تا اثر زیست‌محیطی را روی هر یک از این سه جزء (کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و محیط زیست) نشان دهد. رتبه نهایی EIQ متوسط سه امتیاز به دست آمده است و برای ماده مؤثر آفت‌کش به کار می‌رود. بالاترین مقدار EIQ برابر با ۱۰۵/۷ کمترین مقدار آن ۶/۷ است. برای محاسبه فرمولاسیون‌های مختلف یک ماده مؤثره یکسان و الگوهای مختلف استفاده، از نرخ کاربرد مزرعه‌ای^۱ (EIQ-FUR) استفاده می‌شود. با اندازه‌گیری این شاخص می‌توان به پرخطرترین آفت‌کش از لحاظ زیست‌محیطی در یک منطقه پی برد و با جایگزینی آن با آفت‌کش دیگر، سلامت زیستی جامعه‌ای خاص را تأمین نمود و همچنین می‌توان با معرفی آفت‌کش‌های جایگزین و کم‌خطرتر یک محصول خاص، پایداری محصول در جامعه را سبب شد.

در مطالعات بسیاری از EIQ برای مقایسه آسیب‌های زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مختلف و با نظام‌های تولیدی متفاوت استفاده شده است (Avila et al., 2011; Doris et al., 2011; Gallivan et al., 2001; Macharia et al., 2009). همچنین برای ارائه یک معیار کمی به کشاورزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی استفاده می‌شود تا انجام مقایسات مختلف را تسهیل نماید. خصوصیات ویژه اقلیمی و اجتماعی (مانند درجه حرارت‌های بالا و سوء تغذیه جوامع) از سویی و شرایط نامطلوب حفاظتی و مکانیزاسیون کاربرد آفت‌کش‌ها در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران سبب شده است که این کشورها علی‌رغم سهم کمتر در مصرف آفت‌کش‌های تولید شده در دنیا، حساسیت بیشتری نسبت به مصرف این ترکیبات داشته و بیشتر متأثر از سمیت‌های حاصل از آن باشند (Slender, 2008). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که جوامع با درآمد کمتر شدیداً با این عدم تناسب مصرف و آلودگی زیست‌محیطی درگیرند. همچنین تکرار استفاده از ترکیبات شیمیایی

1- EIQ-Field use rate

مواد و روش‌ها

در این مطالعه اطلاعات مربوط به کلیه آفت‌کش‌های مورد استفاده جهت مبارزه و مدیریت آفات (حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها) در دو محصول گندم و جو در مشهد جمع‌آوری گردید. جمع‌آوری این اطلاعات از طریق مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان، مدیران مزرعه و کارشناسان ناظر صورت گرفت.

علف‌کش گلایفوزیت دارای کمترین مقدار شاخص EIQ بوده و حشره‌کش ارگانو فسفات‌ها کلریپروس دارای بالاترین مقدار این شاخص بود. این در حالی است که مقدار شاخص EIQ علف‌کش گلایفوزیت در اراضی بدون شخم نسبت به اراضی با شخم رایج منطقه بسیار بالاتر بود (Bindraban et al., 2009). هدف از این تحقیق بررسی تأثیر زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در تولید محصولات گندم و جو (*Hordeum vulgare L.*) در مشهد می‌باشد.

جدول ۱- نوع و میانگین میزان مصرف آفت‌کش‌ها در تولید محصول گندم و جو در مشهد
Table 1- Type and amount of pesticides used in wheat and barley production in Mashhad

گیاه زراعی Crop	رده Class	آفت‌کش Pesticide	ماده موثر (درصد) Active ingredient (%)	کیلوگرم یا لیتر در هکتار kg or L.ha ⁻¹
حشره‌کش Insecticide		دلتامترین Deltamethrin	2.5	0/5
		دیمتوات Dimethoate	40	1.5
		دiazینون Diazinon	60	1
		تری‌کلروفون Trichlorofon	50	1/2
گندم Wheat	علف‌کش Herbicide	۲، ۴-دی‌کلروفنوئیک‌اسید 2, 4- D Dichlorophenoxyacetic acid	67.5	1/5
		کلودینافوپ- پروپازیل Clodinafop-propargyl	8	1
		تری‌بنورون- متیل Tribenuron-methyl	75	0/05
		فنوکس‌پروپ‌اتیل Fenoxaprop ethyl	12	1
		متیل مزوسولفورون Methyl mesosulfurom	3	1/5
		قارچ‌کش Fungicide		کاربوکسین Carboxin
تیرام Thiram	75			2
تیبوکونازول Tebuconazole	25			2
پروپیکونازول Propiconazole	25			0/5
کاربندازیم Carbendazim	60			2
دی‌فنوکونازول Difenoconazole	3			2
ایپرودیون Iprodione	52.5			1
سیپروکونازول Cyproconazole	10			0/5

حشره‌کش Insecticide	دلتامترین Deltamethrin	2.5	0/5	
	دیمتوات Dimethoate	40	1/5	
	دiazinon دiazinon	60	1	
	تری‌کلروفون Trichlorofon	50	1/2	
علف‌کش Herbicide	۲، ۴- د دیکلروفنوئیکسی استیک اسید 2,4-D dichlorophenoxyacetic acid	67.5	1/5	
	دی‌کلوفوپ-متیل Diclofop-methyl	36	2/5	
	تری‌بنورون-متیل Tribenuron-methyl	75	0.05	
	فنوکس‌پروپ‌اتیل Fenoxaprop ethyl	12	1	
جو barley	کاربوکسین Carboxin	75	2	
	تیرام Thiram	75	2	
	تیبوکونازول Tebuconazole	25	2	
	پروپیکونازول Propiconazole	25	0/5	
	کاربندازیم Carbendazim	60	2	
	دی‌فنوکونازول Difenoconazole	3	2	
	ایپرودیون Iprodione	52.5	1	
	سیپروکونازول Cyproconazole	10	0/5	
	قارچ‌کش Fungicide			

از طریق معادله‌ای مبتنی بر سه جز اصلی گفته شده ارائه می‌دهد. معادله تعیین مقدار EIQ برای هر آفت‌کش در زیر آورده شده است (Bazrgar et al., 2013):

معادله (۱)

$$EIQ = \{ C[(DT \times 5) + (DT \times P)] + [(C \times ((S + P) / 2) \times SY) + (L)] + [(F \times R) + (D \times ((S + P) / 2) \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)] \} / 3$$

که در این معادله، DT: سمیت پوستی، C: سمیت مزمن، SY: سیستمیک بودن، F: سمیت برای ماهی‌ها، L: پتانسیل آبشویی، R: پتانسیل تلفات سطحی، D: سمیت برای پرندگان، S: نیمه عمر خاک، Z: سمیت برای زنبور عسل، B: سمیت برای بند پایان سودمند و P: نیمه عمر سطح گیاه است. مقادیر EIQ و سه جز آن برای هر آفت-کش توسط کواچ و همکاران (Kovach et al., 2010) ارائه شده است. پس از تعیین مقادیر EIQ بر اساس ماده مؤثره هر آفت‌کش، و برای مقایسه اثرات زیست‌محیطی بین آفت‌کش‌ها و برنامه‌های

اطلاعات مربوط به کلیه سموم مورد استفاده در این محصول‌ها جهت مبارزه و مدیریت آفات (حشرات و کنه‌های خسارت‌زا، قارچ‌های بیماری‌زا و علف‌های هرز) بر حسب نوع سم، تعداد تکرار سمپاشی و غلظت ماده مؤثره مورد استفاده جمع‌آوری شد که نوع و میانگین وزنی میزان مصرف آفت‌کش‌ها در جدول ۱ آمده است.

مقدار عددی EIQ متوسط سه جزء اصلی آسیب را نشان می‌دهد: (۱) آسیب بالقوه برای سلامت کارگران مزرعه، (۲) آسیب بالقوه برای مصرف‌کنندگان از طریق اثر مستقیم مواد سمی باقیمانده در محصولات غذایی و یا از طریق آلودگی آب‌های زیرزمینی و (۳) اثرات منفی بالقوه برای محیط زیست شامل موجودات زنده آبی و خشکی-زی. جزییات محاسبه هر یک از این سه بخش توسط کواچ و همکاران (Kovach et al., 1992) ارائه شده است. در نهایت مدل EIQ مجموعه اطلاعات اثرات زیست‌محیطی را به صورت یک عدد

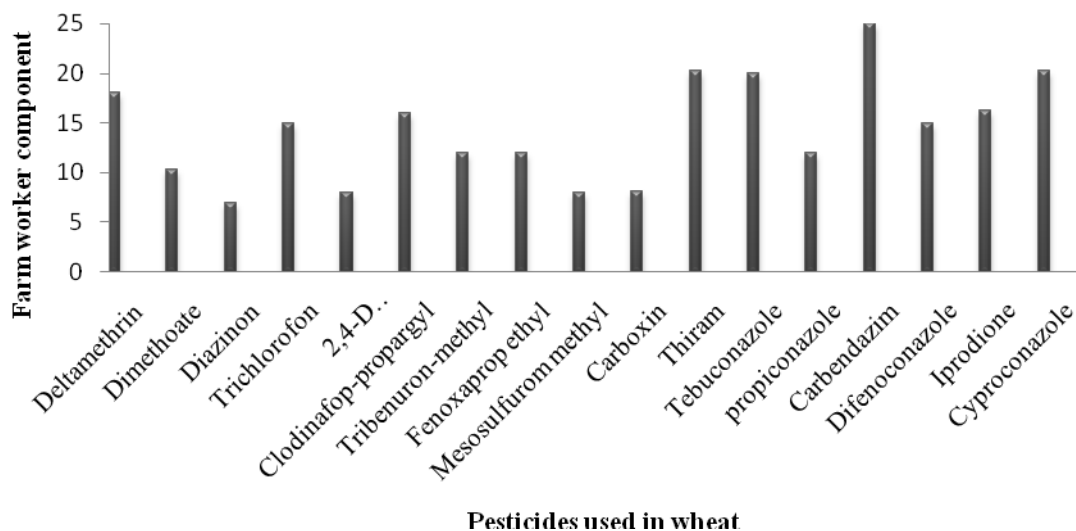
مربوط به حشره کش دورسبان (۶) بود (Bazrgar et al., 2013). بیشترین خطر در جزء مصرف کننده و آبشویی در کشت گندم، مربوط به قارچ کش ها بود. کاربندازیم خطرناکترین قارچ کش در این گروه بود. کمترین خطر در این جزء مربوط به حشره کش دلتامترین بود و بر خلاف جزء کارگر مزرعه استفاده از این حشره کش جهت مبارزه با سن گندم، مناسب تر از تری کلروفن است. جایگزینی کاربندازیم با ایپردیون، تیرام و کاربوکسین که جهت ضد عفونی بذر به کار می روند، باعث بهبود سلامت بیشتر این جزء می شود (شکل ۲). در جزء اکولوژیک در کشت گندم بیشترین مخاطره زیست محیطی توسط حشره کش دیازینون ایجاد شد. در این بخش حشره کش ها از اهمیت بالاتری نسبت به قارچ کش ها برخوردار بودند. استفاده از حشره کش دلتامترین که جهت کنترل سن گندم به کار می رود، به دلیل خطر تخریب اکولوژیک توصیه نمی شود و بهتر است تری کلروفن جایگزین آن شود. بین تخریب اکولوژیک قارچ کش ها اختلاف چندانی مشاهده نشد (شکل ۳). بزرگر و همکاران (Bazrgar et al., 2013) به لحاظ اثرات اکولوژیک در چغندر قند نیز حشره کش های متاسیستوکس-آر و بازودین به ترتیب با ۱۲۸/۱ و ۱۲۲/۷۵ را دارای بیشترین آسیب رسانی و علف کش های رونیت و مچ به ترتیب با ۳۳ و ۳۳/۶۳ دارای کمترین آسیب رسانی معرفی کردند.

مختلف مدیریت آفات در دو محصول مورد مطالعه، شاخص تأثیر زیست محیطی مزرعه (EQ-FUR) برای هر آفت کش از حاصل ضرب مقادیر EQ در میزان ماده مؤثره هر آفت کش و مقدار مصرف آفت-کش در مزرعه محاسبه گردید (معادله ۲) (Bazrgar et al., 2013). در نهایت مقادیر EQ-FUR برای آفت کش های مختلف به کار رفته در هر مزرعه، برای تعیین اثر زیست محیطی تولید هر محصول در مدیریت آفات جمع زده شدند.

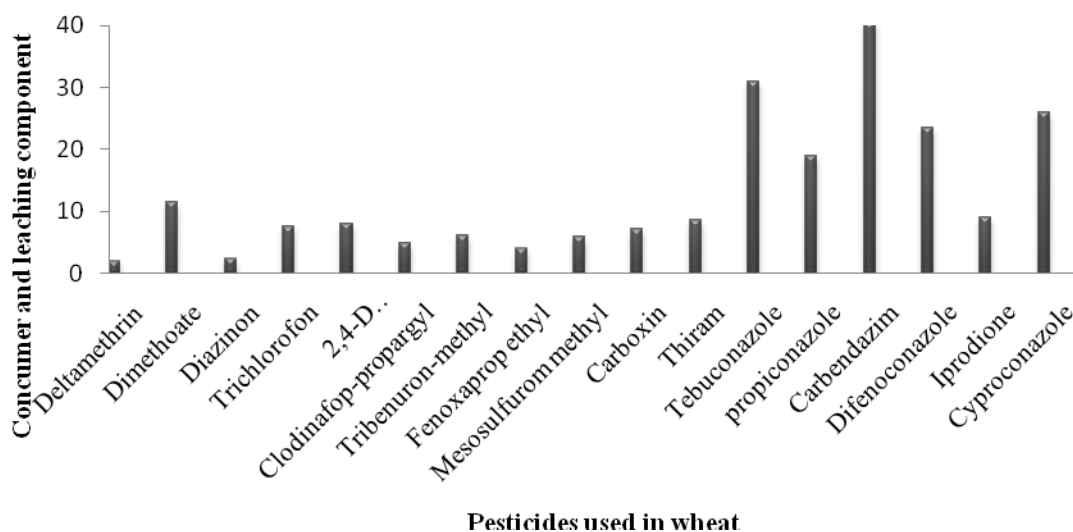
معادله (۲) $EQ \text{ Field Use Rating} = EQ \times \% \text{ active ingredient} \times \text{Rate}$ بر اساس همین روش، اجزای EQ (شامل جز کارگر مزرعه، جز مصرف کننده و جز اکولوژیک) نیز با استفاده از معادله (۲) و در نظر گرفتن اجزای EQ ارایه شده توسط کوچ و همکاران (Kovach et al., 2010) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

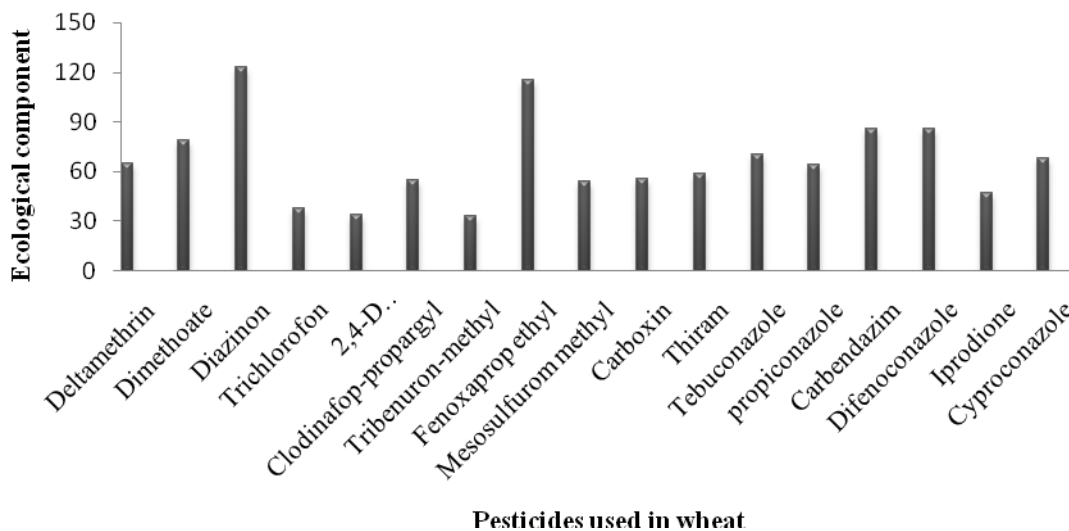
تنوع فراوان در میزان شاخص EQ و اجزای آن (کارگر مزرعه، مصرف کننده و آبشویی، اکولوژی) مشاهده گردید. در کشت گندم جزء کارگر مزرعه شاخص EQ، قارچ کش کاربندازیم بیشترین اثر سوء را دارا بود. دیازینون کمترین خطر را در این جزء دارا بود (شکل ۱). در گزارشی در مورد چغندر قند بیان شد که حشره کش متاسیستوکس-آر (۸۰) دارای بیشترین اثر بر کارگران مزرعه بود و کمترین این جز



شکل ۱- اثر آفت کش های مصرفی (حشره کش، علف کش و قارچ کش) در مزارع گندم مشهد بر جز کارگر مزرعه
Fig. 1- Effects of pesticides used in wheat on farm worker component in Mashhad



شکل ۲- اثر آفت‌کش‌های مصرفی (حشره‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش) در مزارع گندم مشهد بر جز مصرف‌کننده و آبشویی
 Fig. 2- Effects of pesticides used in wheat on consumer and leaching component in Mashhad



شکل ۳- اثر آفت‌کش‌های مصرفی (حشره‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش) در مزارع گندم مشهد بر جز اکولوژیک
 Fig. 3- Effects of pesticides used in wheat on ecological component in Mashhad

حشره‌کش مج (۱۶/۲۹) نیز به ترتیب دارای کمترین مقدار این شاخص در تولید چغندر قند در خراسان بودند. کمترین مقدار میانگین شاخص EIQ-FUR در مزارع گندم در کاربرد علف‌کش‌ها مشاهده شد. بیشترین مقدار این شاخص در کاربرد قارچ‌کش‌ها دیده شد (شکل ۵). بیشترین مقدار EIQ-FUR همچنان مربوط به قارچ‌کش کاربندازیم بود. حشره‌کش دلتامترین به دلیل مصرف پایین مقدار بسیار ناچیزی از این شاخص را به خود اختصاص داد و بر خلاف EIQ با توجه به این شاخص مصرف دلتامترین نسبت به تری‌کلروفن مناسب‌تر ارزیابی شد.

بیشترین مقدار EIQ در بین حشره‌کش‌های مصرفی گندم در مشهد مربوط به دیازینون بوده و کمترین مقدار این شاخص را دلتامترین دارا بود. در بین علف‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم مشهد 2, 4- D کمترین مقدار شاخص EIQ و فنوکساپروپ اتیل بیشترین مقدار این شاخص را دارا بود (شکل ۴). بزرگر و همکاران (Bazrgar et al., 2013) بیان داشتند که بیشترین مقدار EIQ در بین آفت‌کش‌های مورد استفاده مربوط به حشره‌کش متا سیستوکس- آر (۷۵/۰۳) و بازودین (۴۴/۰۳) بود و علف‌کش پیرامین (۱۶/۰۱) و



شکل ۴- شاخص تأثیر زیست محیطی (EIQ) برای آفت کش های استفاده شده در مزارع گندم در مشهد
 Fig. 4- Environmental Impact Quotient (EIQ) for pesticides used in wheat farms in Mashhad

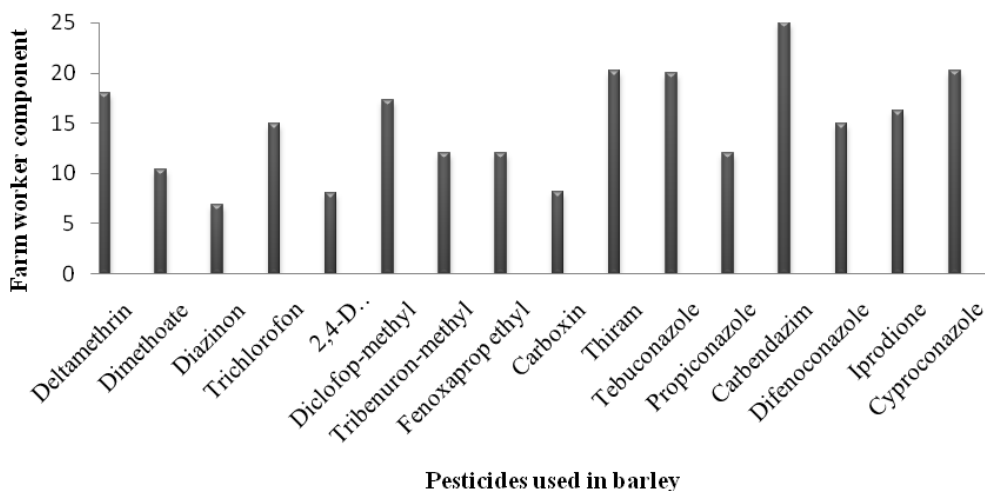
جهت ضد عفونی بذر، ایپردیون و جهت از بین بردن علف های هرز مزارع گندم، تری بنورون متیل با کمترین میزان شاخص EIQ-FUR بهترین انتخاب می باشد. بذرگر و همکاران (Bazrgar et al., 2013) نیز گزارش کردند که مقدار EIQ-FUR برای قارچ کش ها در نظام های تولید مکانیزه چغندر قند بیشترین و در نظام های سنتی کمترین بود. در نظام های مکانیزه سولفور و در نظام های نیمه مکانیزه کالیکسین بیشترین مقدار EIQ-FUR را ایجاد کردند. هومبرت و همکاران (Humbert et al., 2007) (به نقل از بذرگر و همکاران

بازرگار et al., 2013)) نیز در مطالعه خود کالکسین (با ماده مؤثره تریدمورف) را یکی از قارچ کش های با مخاطره زیست محیطی بالا گزارش کرده اند که باید با سموم مشابه کم خطرتر جایگزین گردد. در کشت جو، قارچ کش کاربندازیم بیشترین و حشره کش دیازینون کمترین اثر سوء را در جزء کارگر مزرعه نشان دادند (شکل ۶). در جز مصرف کننده و آبشویی بیشترین اثر متعلق به قارچ کش کاربندازیم و کمترین اثر مربوط به حشره کش دلتامترین بود (شکل ۷).

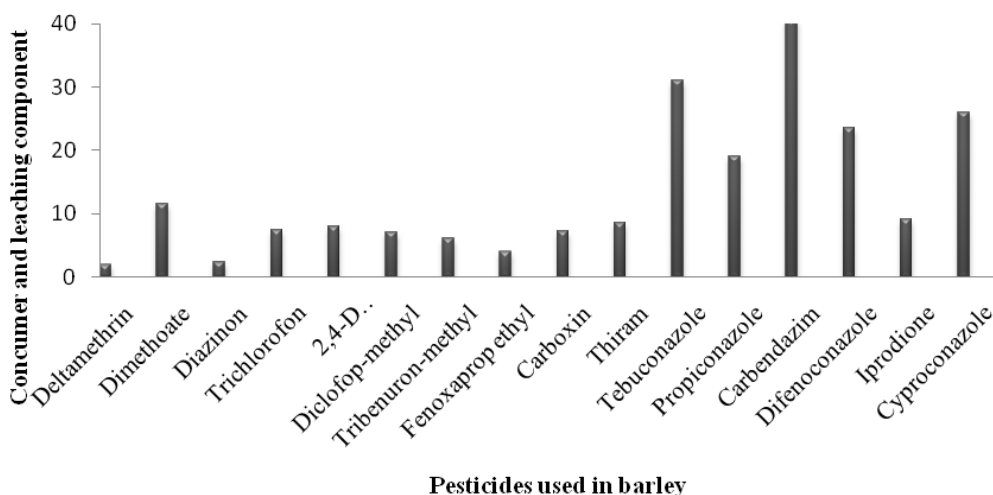
Field Use Rate

Pesticide	Field Use Rate
Deltamethrin	18
Dimethoate	20
Diazinon	25
Trichlorofon	12
2,4-D..	18
Clodinafop-propargyl	2
Tribenuron-methyl	1
Fenoxaprop ethyl	5
Mesosulfurom methyl	1
Carboxin	28
Thiram	42
Tebuconazole	2
propiconazole	4
Carbendazim	60
Difenoconazole	2
Iprodione	12
Cyproconazole	1

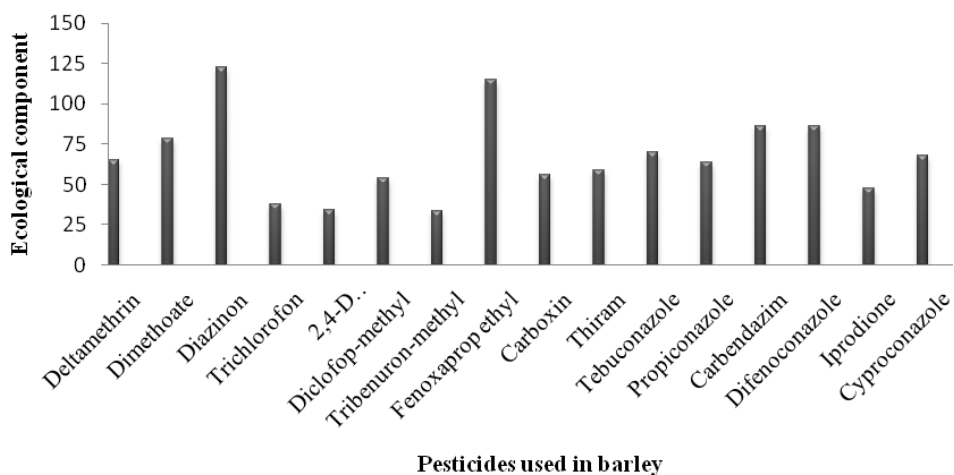
شکل ۵- اثر آفت کش های مصرفی (حشره کش، علف کش و قارچ کش) در مزارع گندم مشهد بر شاخص تأثیر زیست محیطی مزرعه
 Fig. 5- Effects of pesticides used in wheat on EIQ-FUR in Mashhad



شکل ۶- اثر آفت کش های مصرفی (حشره کش، علف کش و قارچ کش) در مزارع جو مشهد بر جز کارگر مزرعه
 Fig. 6- Effects of pesticides used in barley on farm worker component in Mashhad



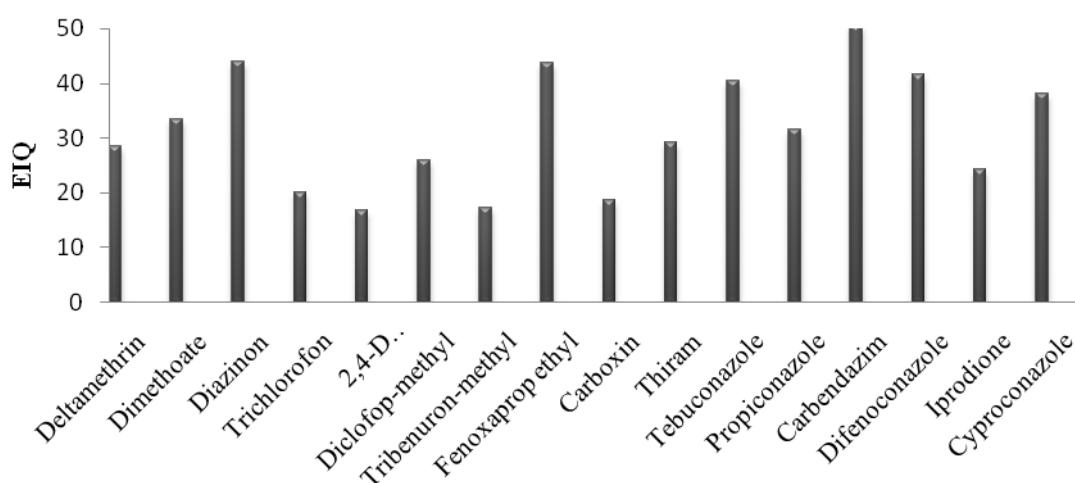
شکل ۷- اثر آفت کش های مصرفی (حشره کش، علف کش و قارچ کش) در مزارع جو مشهد بر جز مصرف کننده و آبشویی
 Fig. 7- Effects of pesticides used in barley on consumer and leaching component in Mashhad



شکل ۸- اثر آفت کش های مصرفی (حشره کش، علف کش و قارچ کش) در مزارع جو مشهد بر جزء اکولوژی
 Fig. 8- Effects of pesticides used in barley on ecological component in Mashhad

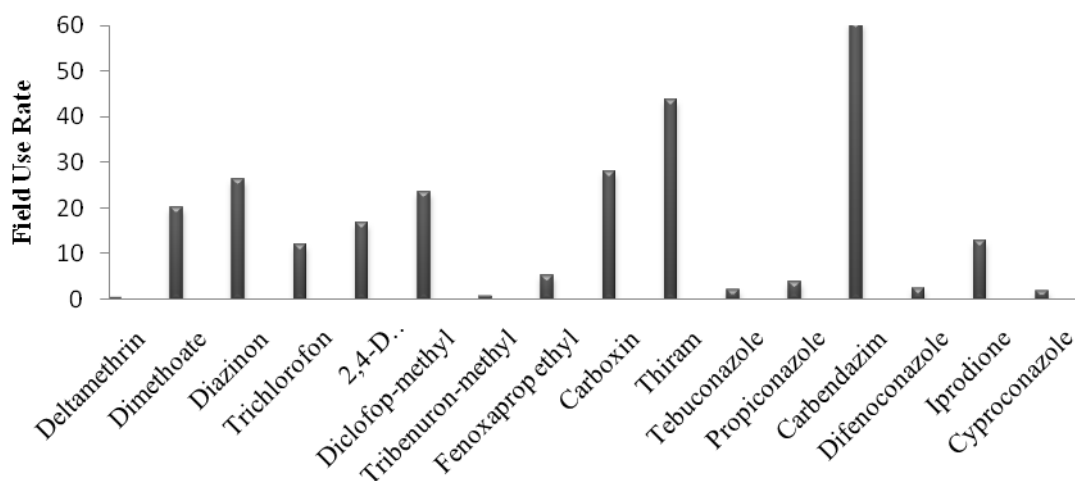
اتیل بیشترین مقدار این شاخص را دارا بودند (شکل ۹). بررسی شاخص تأثیر زیست محیطی مزرعه در مزارع جو مناطق مورد مطالعه نشان داد که قارچ کش سایپروکونازول مناسب ترین سم برای ضد عفونی بذر می باشد و جایگزین مناسبی برای کاربندازیم به شمار می رود. کاربندازیم پر مخاطره ترین آفت کش برای محیط زیست ارزیابی شد. با توجه دوز مصرفی آفت کش ها و مقادیر شاخص تأثیر زیست محیطی مزرعه، دلتامترین مناسب ترین حشره کش علیه سن گندم و تری بنرون متیل کم خطرترین علف کش بود (شکل ۱۰).

در جزء اکولوژیک دیازینون و تری بنورون متیل به ترتیب بیشترین و کمترین اثر را داشتند. در قارچ کش های مصرفی برای ضد عفونی بذر، سموم مصرفی تفاوت چندانی در جز اخیر نشان ندادند (شکل ۸).
شاخص EIQ در آفت کش های مصرفی در مزارع جو شهرستان مشهد، در قارچ کش کاربندازیم بیشترین مقدار را دارا بود. جهت ضد عفونی بذر، قارچ کش ایپردیون کمترین مقدار شاخص را دارا بود. در بین علف کش های مصرفی، 2, 4-D کمترین مقدار و فنوکساپروپ



Pesticides used in barley

شکل ۹- اثر آفت کش های مصرفی (حشره کش، علف کش و قارچ کش) در مزارع جو مشهد بر شاخص تأثیر زیست محیطی
Fig. 9- Effects of pesticides used in barley on EIQ in Mashhad



Pesticides used in barley

شکل ۱۰- اثر آفت کش های مصرفی (حشره کش، علف کش و قارچ کش) در مزارع جو مشهد بر شاخص تأثیر زیست محیطی مزرعه
Fig. 10- Effects of pesticides used in barley on EIQ-FUR in Mashhad

پاراکوات بیشترین EIQ را داشت.

به نظر می‌رسد که EIQ در درجه اول باید به عنوان ابزاری برای شاغلین بخش کشاورزی در جهت شناسایی مضرات ناشی از آفت-کش‌ها و به ویژه برای مقایسه تفاوت‌های نسبی بین آفت‌کش‌های مختلف استفاده گردد و در ارایه گزارشات زیست‌محیطی، اکتفا به مقدار مصرف آفت‌کش‌ها به تنهایی (آنچه در حال حاضر مرسوم است)، برای تصمیم‌گیری در جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی کافی نیست و باید داده‌های مربوط به میزان مصرف در ترکیب با شاخص‌های کیفی ماده مؤثره به صورت ضرایبی میزان تأثیر زیست‌محیطی در واحد مصرف را نشان دهد.

با توجه به ضرورت برنامه‌ریزی جهت استفاده سموم و آگاه‌سازی کشاورزان از مخاطرات مصرف و توجه به استفاده از آفت‌کش‌های کم‌خطرتر و سیاست‌گذاری در جهت انتخاب آفت‌کش‌های کم‌آسیب جایگزین و میزان بهینه مصرف از سوی سیاست‌گذاران بخش کشاورزی، پیشنهاد می‌شود این شاخص در تمامی محصولات باغی و زراعی در شهرهای مختلف محاسبه و مشخص گردد و انتخاب سموم در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات با توجه به این شاخص صورت گیرد.

با توجه به داده‌های موجود، قارچ‌کش کاربندازیم پر مخاطره‌ترین سم مصرفی در بین سموم مورد استفاده در مزارع گندم و جو در شهرستان مشهد شناخته شد. بوئس و همکاران (Bues et al., 2004) نیز قارچ‌کش‌ها را پرخطرتر شناسایی کردند و این تأثیر به ویژه در قارچ‌کش‌های مسی و گوگردی بالاتر بود. سموم شناخته شده پر خطر در هر گروه آفت‌کش (حشره‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش) می‌توانند با یکی از سموم با مخاطره زیست‌محیطی کمتر جایگزین شوند.

دوریس و همکاران (Doris et al., 2011) شاخص EIQ را با ارزیابی مضرات متیل بروماید و جایگزین‌های پیشنهادی آن روی کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان، مهره‌داران مفید، پرندگان، ماهی‌ها و زنبورها نشان داد که یدومتان کمترین مقدار این شاخص و نرخ مصرف مزرعه‌ای را داشت و جایگزینی آن با کمترین خطر همراه است. در بین گروه‌بندی زیست‌محیطی، کارگران و مهره‌داران مفید بالاترین و ماهی و مصرف‌کنندگان کمترین مواجهه با خطر را نشان دادند. طبق نتایج، متیل بروماید بیشترین مقدار این شاخص را نسبت به سایر ضدعفونی‌کننده‌ها داشت. شاخص مربوط به میداس و تلووس با افزایش غلظت کلروپیکرین افزایش یافت. در مقایسه با ضدعفونی‌کننده‌ها، علف‌کش‌ها دارای EIQ مشابه بودند. بین علف‌کش‌ها

منابع

- Alame, Z., Shahriari Rad, A., Soltani, A., and Zeinali, A. 2013. Environmental evaluation of pesticides used in wheat, rapeseed, soy bean and cotton in Gorgan. The 1st National Conference on Solutions to Access Sustainable Development in Agriculture, Natural Resource and Environment. Iran. Tehran. March 10. (In Persian)
- Avila, K., Chaparro-Giraldo, A., and Reyes, G. 2011. Environmental effect of conventional and GM crops of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and corn (*Zea mays* L.). *Agronomia Colombiana* 29(3): 341-348.
- Bazrgar, A.B., Soltani, A., Koocheki, A., Zeinali, A., and Ghaemi, A. 2013. Evaluation of environmental effects of pesticides used in different sugar beet production systems in Khorasan provinces. *Journal of Agroecology* 5(2): 122-133. (In Persian with English Summary)
- Bazrgar, A.B., Soltani, A., Koocheki, A., Zeinali, A., and Ghaemi, A. 2011. Environmental assessment of pesticide used for seed treatment in sugar beet production systems in Khorasan. *Proceeding of 2nd national conference in seed science and technology*, Mashhad Branch-IAU, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Bues, R., Bussieres, P., Dadomo, Y., Garcia-Pomar, M.I., and Lyannaz, J.P. 2004. Assessing the environmental impact of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture Ecosystems and Environment* 102: 155-162.
- Doris, S., Mullen, J., Wetzstein, M., and Houston, J. 2011. Environmental impact from pesticide use: A case study of soil fumigation in Florida tomato production, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 4649-4661. doi: 10.3390/ijerph8124649.
- Gallivan, G.J., Surgeoner, G.A., and Kovach, J. 2001. Pesticide risk reduction on crops in the province of Ontario. *Journal of Environmental Quality* 30: 798-813.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degnl, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides.

New York's Food and Life Science Bulletin 139.

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 2010. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's food and life sciences bulletin. Geneva, NY: NYS Agricultural experiment station, Cornell University. Available at website: http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ_values_2010_p1_4.pdf (verified 20 February 2011).

Larson, D.L., Mcdonald, S., Fivizzani, A., Newton, W., and Hamilton, S. 2005. Effect of pesticides on amphibians and reptiles. *Indian Journal of Experimental Zoology* 7: 39-47.

Macharia, I., Mithöfer, D., and Waibel, H. 2009. Potential environmental impact of pesticides use in the vegetable sub-sector in Kenya. *African Journal of Horticultural Science* (2): 138-151.

Moienodini, S., Zand, E., Kambuziya, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Deyhimfard, R. 2014. Environmental risk assessment of registered insecticide use in Iran Using EIQ. *Journal of Agroecology* 2(6): 250-256. (In Persian with English Summary)

Nillesen, E., Scatasta, S., and Wesseler, J. 2006. *Bt* and *Ht* corn versus conventional pesticide and herbicide use. Do environmental impacts differ? Association of Agricultural Economists Conference. Gold Coast, Australia. August 12-18. 182 pp.

Slender, D.J., Masipiquen, M.D., and de Snoo, G.R. 2008. Risk assessment of pesticide usage by smallholder farmers in the Cagayan Valley (Philippines). *Crop Protection* 27: 747-762.

Soltani, A., Rajabi, M.R., Soltani, E., and Zeinali, E. 2011. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Final Report, Research Vice-Presidency, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources p. 201-218. (In Persian with English Summary)

تأثیر سطوح نیتروژن و روی بر عملکرد، شاخص‌های کیفی و جذب عناصر غذایی کلزا (*Brassica napus* L. var. Okapi) در شرایط تنش شوری

الناز ابراهیمیان^{۱*}، احمد بای‌پوردی^۲، سید محمد سیدی^۱ و رضا محمدی کیا^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۵

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، از جمله ایران، شوری آب یا خاک یکی از مهم‌ترین مشکلات در توسعه کشاورزی است. به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر نیتروژن و روی بر عملکرد، شاخص‌های کیفی و جذب عناصر غذایی کلزا (*Brassica napus* L.) رقم اکاپی تحت تنش شوری، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این مطالعه نیتروژن در سه سطح (۱۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و بدون کاربرد نیتروژن)، روی در سه سطح (پنج و ۱۰ کیلوگرم در هکتار و بدون کاربرد روی) و شوری آب آبیاری در دو سطح (هشت و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) عوامل آزمایش بودند. بر اساس نتایج به دست آمده، کاربرد نیتروژن و روی اثر معنی‌داری در افزایش ارتفاع، تعداد غلاف در بوته و نیز عملکرد دانه کلزا داشت. با این وجود، افزایش سطح شوری (از هشت به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) منجر به کاهش معنی‌دار شاخص‌های ذکر شده گردید. افزایش شوری تا سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر همچنین باعث افزایش درصد گلیکوزینولات در دانه تا ۹/۵ درصد شد (از ۲۷/۴۹ به ۳۰/۱۱ درصد). علاوه بر این، با افزایش میزان شوری، درصد جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم به طور معنی‌دار کاهش و میزان سدیم و کلر در دانه کلزا به طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت. در مجموع می‌توان فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن را به عنوان راهکاری جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: درصد روغن، سدیم، کلر، گلیکوزینولات

مقدمه

این گیاه روغنی در کشور نیز حدود ۱۹۰ هزار تن برآورد شده که ۶۶ درصد آن حاصل کشت آبی می‌باشد.

به طور کلی، کلزا جزء گیاهان غیر مقاوم به شوری به ویژه در مراحل جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌باشد (Alizadeh et al., 2005; Khajehpour, 2005). از این رو، وجود املاح زیاد در خاک یا آب آبیاری می‌تواند با ایجاد تنش به گیاه، پتانسیل عملکرد کلزا را تحت تأثیر قرار دهد (Francois, 1994; Abdolzadeh et al., 2006). تنش شوری اساساً به دلیل تجمع بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محلول خاک بروز می‌کند که در درجه اول شامل سدیم، کلر و سیس بی‌کربنات‌ها، سولفات‌ها، کلسیم، منیزیم، بر و به ندرت نیترات‌ها می‌باشد (Valdiani et al., 2006; Ebrahimian et al., 2011). شوری خاک می‌تواند در مراحل اولیه رشد سبب کاهش ظهور برگ‌های کلزا شده و در مراحل بعدی، منجر به کاهش ارتفاع بوته، تعداد غلاف و نیز تعداد دانه در بوته شود (Boem et al., 1994;

کلزا (*Brassica napus* L.) از خانواده شب بویان (Brassicaceae) گیاهی یک‌ساله است که به طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی سازگار بوده و در این شرایط مورد کشت قرار می‌گیرد. در ایران نیز این گیاه می‌تواند تا ارتفاع کمتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا تولید شود (Khajehpour, 2005). سطح زیر کشت کلزا در کشور حدود ۹۳ هزار هکتار بوده که ۶۱/۸ درصد آن شامل اراضی آبی می‌باشد. استان مازندران و گلستان به ترتیب با ۲۷/۴ و ۱۷/۳ درصد، بیشترین سطح زیر کشت کلزا را به خود اختصاص داده‌اند. میزان تولید

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی و محقق مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تبریز

*- نویسنده مسئول: (Email: elnaz.ebrahimian@stu-mail.um.ac.ir)

دریا) در سال ۸۹-۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار انجام شد. نیتروژن در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، روی در سه سطح (صفر، پنج و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) و شوری در دو سطح (هشت و ۱۶ دسی-زیمنس بر متر) به ترتیب عامل اول، دوم و سوم آزمایش در نظر گرفته شدند.

قبل از اجرای آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زمین مورد نظر، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل انجام آزمایش نمونه‌برداری تصادفی صورت گرفت (جدول ۱).

پس از آماده‌سازی زمین مورد نظر (شخم اولیه، دیسک زنی و تسطیح زمین)، کرت‌هایی با ابعاد 3×8 متر و با فاصله بین ردیف نیم متر ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. کودهای پتاسیم و فسفات به همراه یک سوم کود نیتروژن هنگام کشت مصرف شدند و بقیه کود نیتروژن در دو مرحله (در زمان خروج از رزت و گل‌دهی) استفاده گردید. رقم مورد استفاده در این آزمایش، رقم اکاپی^۱ بود که در پاییز کشت گردید. بر اساس تیمارهای آزمایش، آبیاری در سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر توسط آب حاصل از چاه شور در منطقه شبستر (هدایت الکتریکی: ۱۶ دسی-زیمنس بر متر، pH: ۸/۱، میزان بی‌کربنات، سولفات، کلر، سدیم و کلسیم + منیزیم: به ترتیب، ۳/۶، ۱۶/۵، ۱۴۰، ۱۰۵ و ۵۵ میلی‌اکی-والان در لیتر) انجام گرفت. همچنین آبیاری در سطح هشت دسی-زیمنس بر متر نیز پس از رقیق نمودن آب چاه انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت و سایر آبیاری‌ها تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن بوته‌ها) هر هفته اعمال شد. در طول مراحل اجرای آزمایش نیز از هیچ‌گونه آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی استفاده نشد.

همزمان با مرحله رسیدگی، عملکرد دانه در کل مساحت هر کرت و با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. پیش از برداشت اجزای عملکرد با انتخاب تصادفی هشت بوته از هر کرت تعیین شد. با تعیین عملکرد دانه، میزان پروتئین ($6/25 \times$ درصد نیتروژن کل)، درصد روغن (روش سوکسله) مقدار گلوکوزینولات (با استفاده از روش کروماتوگرافی) اندازه‌گیری شد (Francois, 1994). همچنین در این مرحله عناصر پرمصرف و کم‌مصرفی مانند نیتروژن، فسفر، سدیم و کلر اندازه‌گیری شدند.

(Ahmadi & Ardekani, 2006). در کنار تأثیر شوری آب یا خاک، کسب عملکرد قابل قبول از کلزا وابسته به تأمین نیازهای غذایی خاص این گیاه می‌باشد؛ به طوری که افزایش عملکرد کمی و کیفی کلزا در واحد سطح وابستگی زیادی به فراهمی متعادل عناصر غذایی مانند نیتروژن دارد (Bybordi & Malakouti, 2003; Abdolzadeh et al., 2006). مدیریت صحیح کودهای حاوی نیتروژن، می‌تواند ضمن بهبود عملکرد کلزا (Bybordi & Ebrahimian, 2013)، افزایش بهره‌وری اکوسیستم زراعی را ممکن سازد (Ankumah et al., 2003). نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر در تغذیه گیاهی بوده و از این رو، مصرف بهینه کودهای نیتروژن دار، یکی از فاکتورهای مهم به‌زراعی در افزایش عملکرد و نیز کاهش هزینه‌های تحمیلی به ازای هر واحد تولید محسوب می‌شود (Salvagiotti et al., 2009; Elwan & Abd El-Hamed, 2011).

در کنار نیتروژن، روی نیز از عناصر کم‌مصرف بوده که در کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک، شور و قلیایی به وفور مشاهده می‌شود (Foroughifar & Poor-Kasmani, 2002; Haciasalihoglu & Kochian, 2003). به طوری که تا ۳۰ درصد خاک‌های جهان با کمبود این عنصر مواجه هستند (Beygi et al., 2012). اسیدیت بالای خاک در مناطق ذکر شده از عوامل اصلی در تثبیت عنصر روی در خاک بوده که سبب کاهش حلالیت آن در خاک و جذب آن توسط گیاه می‌شود (Foroughifar & Poor-Kasmani, 2002). از این رو کاربرد این عنصر کم‌مصرف در مناطق ذکر شده می‌تواند در افزایش هر چه بیشتر عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن و پروتئین دانه‌های کلزا مفید باشد (Morshedi & Naghibi, 2004).

به طور کلی، با توجه به این که میزان مصرف کودهای شیمیایی مانند نیتروژن یا روی در شرایط شور متفاوت از شرایط غیر شور می‌باشد، از این رو این مطالعه به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و روی بر کمیت و خواص کیفی کلزا پاییزه در شرایط شور انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و سه دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۰ متری از سطح

بر افزایش وزن خشک و ارتفاع بوته کلزا داشته است (Jafarnejadi, 2005). در این ارتباط، کاهش ارتفاع بوته، سطح برگ و نیز وزن خشک بوته کلزا تحت تأثیر شوری آب آبیاری توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (Abdolzadeh et al., 2006). بر اساس نتایج به دست آمده، تعداد غلاف در بوته کلزا تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول ۲). به نظر می‌رسد که در رقم Okapi، تعداد غلاف در بوته احتمالاً تحت تأثیر شرایط محیطی نبوده و وابسته به ژنوتیپ رقم می‌باشد.

در نتیجه کاربرد کود نیتروژن و روی، تعداد دانه در غلاف و نیز عملکرد دانه کلزا به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). به طوری که بیشترین عملکرد دانه در هکتار به ترتیب در سطوح ۱۰۰ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و روی به دست آمد (جدول ۳). ابراهیمیان و بایوردی (Ebrahimian & Bybordi, 2012) نیز به نقش مؤثر تأمین نیتروژن در بهبود تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه کلزا اشاره کردند.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS 9.3 و Mstat انجام گرفت. میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد کیفی

سطوح نیتروژن، روی و نیز شوری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته کلزا داشتند (جدول ۲).

با افزایش سطوح کاربرد نیتروژن و روی، ارتفاع بوته کلزا به طور معنی‌دار افزایش و نیز در نتیجه اعمال شوری در سطح ۱۶ دسی-زیمنس بر متر، ارتفاع بوته کاهش یافت (جدول ۳). همچنین بر اساس نتایج جدول ۴، کمترین ارتفاع بوته در نتیجه اعمال ۱۶ دسی-زیمنس شوری آب+ عدم کاربرد نیتروژن به دست آمد. در این ارتباط گزارش شده است که کاربرد نیتروژن نقش مثبتی

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه

Table 1- Some of physical and chemical properties of field soil in experiment

بافت Texture	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg.kg ⁻¹)						اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
		فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	آهن Fe	مس Cu	منگنز Mn		
لومی-سیلتی Silty loam	0.02	13.9	325	1.56	2.21	2.21	8.64	7.96	6.8

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های مربوط به اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد کیفی کلزا تحت تأثیر کاربرد تیمارهای آزمایش

Table 2- Analysis of variance for some yield components, seed and quality yield of canola affected by experimental treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	عملکرد دانه Grain yield	روغن Oil	گلیکوزینولات Glucosinolate	پروتئین Protein
بلوک Block	2	122.52**	2.07 ^{ns}	7.46 ^{ns}	46629.90**	1.77 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.59 ^{ns}
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	2	6680.43**	1.24 ^{ns}	254.74**	252859.80**	3.22 ^{ns}	0.03 ^{ns}	18.43**
روی (Z) Zinc (Z)	2	538.80**	0.24 ^{ns}	117.62**	309639.55**	4.01*	0.12 ^{ns}	4.17 ^{ns}
شوری (S) Salinity (S)	1	5012.99**	2.66 ^{ns}	567.12**	591345.75**	166.60**	92.48**	16.84**
N×Z	4	36.55 ^{ns}	0.93 ^{ns}	16.96 ^{ns}	20337.23 ^{ns}	1.34 ^{ns}	0.31 ^{ns}	2.11 ^{ns}
N×S	2	334.29**	0.72 ^{ns}	31.62*	28563.59*	3.78*	0.05 ^{ns}	0.44 ^{ns}
Z×S	2	45.82 ^{ns}	0.72 ^{ns}	20.96 ^{ns}	20192.22 ^{ns}	2.52 ^{ns}	0.38 ^{ns}	2.94 ^{ns}
N×Z×S	4	12.51 ^{ns}	1.36 ^{ns}	10.79 ^{ns}	17188.49 ^{ns}	0.42 ^{ns}	0.17 ^{ns}	3.16 ^{ns}
خطا Error	34	20.27	1.54	6.99	6145.07	1.08	0.18	1.77

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

*, ** and ns: significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های مربوط به اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد کیفی کلزا تحت تأثیر کاربرد تیمارهای آزمایش

Table 3- Mean comparison for some yield components, seed and quality yield of canola affected by experimental treatments

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels (kg.ha ⁻¹)	سطوح روی (کیلوگرم در هکتار) Zinc levels (kg.ha ⁻¹)	سطوح شوری (دسی-زیمنس بر متر) Salinity levels (dS.m ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	روغن (درصد) Oil (%)	پروتئین (درصد) Protein (%)	گلیکوزینولات (درصد) Glucosinolate (%)
0	-	-	50.87 ^{cd}	11.06	25.39 ^c	2519.89 ^c	37.56 ^b	8.98 ^b	28.79
50	-	-	76.22 ^b	11.17	28.17 ^b	2657.35 ^b	38.24 ^{ab}	10.31 ^a	28.74
100	-	-	88.67 ^a	11.56	32.83 ^a	2755.87 ^a	38.33 ^a	10.96 ^a	28.65
-	0	-	66.57 ^c	11.17	26.28 ^c	2500.81 ^c	37.69 ^b	9.54	28.84
-	5	-	71.70 ^b	11.22	28.72 ^b	2674.38 ^b	37.86 ^b	10.21	28.65
-	10	-	77.50 ^a	11.39	31.39 ^a	2757.92 ^a	38.58 ^a	10.48	28.69
-	-	8	81.56 ^a	11.48	32.04 ^a	2749.01 ^a	39.80 ^a	10.64 ^a	27.49 ^b
-	-	16	62.29 ^b	11.04	25.56 ^b	2539.72 ^b	36.29 ^b	9.52 ^b	30.11 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های مربوط به اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد کیفی کلزا تحت تأثیر کاربرد تیمارهای آزمایش

Table 4- Mean comparison for some yield components, gain and quality yields of canola affected by experimental treatments

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels (kg.ha ⁻¹)	سطوح شوری (دسی-زیمنس بر متر) Salinity levels (dS.m ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در غلاف Seed number per plant	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	روغن (درصد) Oil (%)
0	8	56.84 ^{ed}	27.56 ^{cd}	2665.16 ^c	39.83 ^a
	16	44.90 ^f	23.22 ^e	2374.62 ^e	35.28 ^c
50	8	84.77 ^b	31.00 ^b	2745.69 ^b	39.84 ^a
	16	67.67 ^d	25.33 ^{de}	2569.01 ^d	36.65 ^b
100	8	103.01 ^a	37.56 ^a	2836.20 ^a	39.73 ^a
	16	74.29 ^c	28.11 ^c	2675.53 ^{bc}	36.92 ^b

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

نیتروژن در هکتار در مقایسه با عدم کاربرد آن منجر به افزایش ۱۲/۷ درصدی عملکرد دانه (از ۲۳۷۴/۶ به ۲۶۷۵/۵ کیلوگرم در هکتار) شد (جدول ۴). در این ارتباط، گزارش شده است که در خاک‌های شور و دارای حاصلخیزی پایین، تأمین متعادل عناصر غذایی مانند نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش مقاومت گیاه به شوری و نیز جذب هر چه بیشتر عناصر غذایی از خاک شود (Singh, 1998; Ghollar-Atta et al., 2008). از این رو، می‌توان اظهار داشت که مصرف عناصر غذایی شامل نیتروژن یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش عملکرد کمی و کیفی کلزا در شرایط آبیاری با آب شور می‌باشد. به جز شوری خاک، کاربرد سطوح نیتروژن و روی بر درصد گلیکوزینولات دانه کلزا معنی‌دار نبود (جدول ۲). طبق نتایج جدول ۳،

همچنین مصرف روی در سطوح ۱۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با عدم مصرف آن، درصد روغن کلزا را به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۳). با این وجود شوری خاک نقش منفی در کاهش تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه کلزا و نیز درصد روغن کلزا داشت. به طوری- که در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و نیز درصد روغن کلزا در مقایسه با شوری هشت دسی-زیمنس بر متر به ترتیب تا ۲۰/۲، ۷/۶ و ۸/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). با وجود تأثیر منفی شوری خاک در سطح ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد نیتروژن تا حدودی منجر به کاهش اثرات منفی شوری بر عملکرد دانه و نیز درصد روغن شد (جدول ۴). به عبارت دیگر، در شرایط اعمال شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم

سمیت هر چه بیشتر کنجاله در کلزا می‌شود (Khajehpour, 2005). از این رو به نظر می‌رسد که افزایش شوری آب آبیاری و یا خاک، احتمالاً از جمله عوامل کاهش دهنده و یا ضد کیفی در دانه کلزا باشد. با وجود عدم تأثیر کاربرد روی بر پروتئین دانه، اثر سطوح کاربرد نیتروژن بر شاخص ذکر شده معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج جدول ۳، با افزایش سطوح کاربرد نیتروژن، درصد پروتئین دانه کلزا به طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت. افزایش درصد پروتئین دانه کلزا تحت تأثیر کاربرد نیتروژن توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (Bybordi & Malakouti, 2003).

درصد گلیکوزینولات دانه کلزا در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر از ۲۷/۴۹ درصد به ۳۰/۱۱ درصد در سطح هشت دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت (جدول ۳). مقدار گلیکوزینولات (ترکیبی سمی از گروه تیوگلیکوسیدها) در دانه کلزا به عنوان یک صفت کیفی نامطلوب شناخته می‌شود (Bybordi & Malakouti, 2003; Khajehpour, 2005). با این وجود، چگونگی تأثیر شوری آب یا خاک بر میزان گلیکوزینولات چندان شناخته شده نیست. گزارش شده است که وقوع تنش‌های رطوبتی و نیز دمایی سبب افزایش میزان گلیکوزینولات و در نتیجه

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های مربوط به جذب برخی عناصر غذایی در کلزا تحت تأثیر کاربرد تیمارهای آزمایش
Table 5- Analysis of variance for some nutrient uptake of canola affected by experimental treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	کلر Cl
بلوک Block	2	0.01 ^{ns}	0.00008 ^{ns}	0.00024 ^{ns}	0.00029 ^{ns}	0.000001 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.006 ^{ns}
نیتروژن (N)	2	0.47 ^{**}	0.00086 ^{**}	0.00080 ^{ns}	0.00020 ^{ns}	0.000007 ^{ns}	0.197 ^{ns}	0.003 ^{ns}
روی (Z)	2	0.10 ^{ns}	0.00082 ^{**}	0.00159 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	0.000006 ^{ns}	0.026 ^{ns}	0.026 ^{ns}
شوری (S)	1	0.43 ^{**}	0.00038 [*]	0.28747 ^{**}	0.02986 ^{**}	0.000005 ^{ns}	1465.573 ^{**}	811.8515 ^{**}
N×Z	4	0.05 ^{ns}	0.00011 ^{ns}	0.00026 ^{ns}	0.00010 ^{ns}	0.000006 ^{ns}	0.196 ^{ns}	0.023 ^{ns}
N×S	2	0.01 ^{ns}	0.00011 ^{ns}	0.00160 ^{ns}	0.00016 ^{ns}	0.000001 ^{ns}	0.231 ^{ns}	0.009 ^{ns}
Z×S	2	0.07 ^{ns}	0.00037 ^{**}	0.00007 ^{ns}	0.00013 ^{ns}	0.000007 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.005 ^{ns}
N×Z×S	4	0.08 ^{ns}	0.00004 ^{ns}	0.00067 ^{ns}	0.00006 ^{ns}	0.000005 ^{ns}	0.092 ^{ns}	0.008 ^{ns}
خطا Error	34	0.04	0.00004	0.00062	0.00015	0.000023	0.177	0.019

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

*, ** and ns: are significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص‌های مربوط به جذب برخی عناصر غذایی در کلزا تحت تأثیر کاربرد تیمارهای آزمایش
Table 6- Mean comparison for some nutrient uptake of canola affected by experimental treatments

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels (kg.ha ⁻¹)	سطوح روی (کیلوگرم در هکتار) Zinc levels (kg.ha ⁻¹)	سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر) Salinity levels (dS.m ⁻¹)	درصد Percentage					میلی گرم در صد گرم mg.100g ⁻¹	
			نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	کلر Cl
			0	-	-	1.44 ^{b*}	0.118 ^c	2.33	1.29
50	-	-	1.65 ^a	0.124 ^b	2.34	1.30	0.338	9.38	10.43
100	-	-	1.75 ^a	0.132 ^a	2.34	1.30	0.338	9.48	10.45
-	0	-	1.53	0.117 ^b	2.33	1.30	0.339	9.49	10.46
-	5	-	1.63	0.127 ^a	2.34	1.30	0.338	9.52	10.39
-	10	-	1.68	0.30 ^a	2.35	1.30	0.339	9.44	10.45
-	-	8	1.70 ^a	0.127 ^a	2.41 ^a	1.32 ^a	0.338	4.27 ^b	6.56 ^b
-	-	16	1.52 ^b	0.122 ^b	2.27 ^b	1.27 ^b	0.339	14.69 ^a	14.31 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

در کنار پدیده «اثر اسمزی» که حاصل کاهش انرژی آزاد آب و صرف انرژی بیشتر توسط گیاه به منظور جذب آب می‌باشد، یون‌های مانند کلر و سدیم می‌توانند ضمن ایجاد سمیت در گیاه، بر مکانیسم جذب عناصر غذایی در گیاه اختلال ایجاد کنند. به طوری که وجود این یون‌ها سبب بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی موجود در خاک شده و در نهایت جذب و انتقال عناصر ضروری مانند کلسیم و پتاسیم مختل می‌شود (Kafi & Mahdavi Damghani, 2007). در این ارتباط عبدل زاده و همکاران (Abdolzadeh et al., 2006) نیز کاهش جذب نیتروژن و پتاسیم و نیز افزایش جذب سدیم و کلر در اندام هوایی و ریشه کلزا را در نتیجه افزایش شوری گزارش کردند. فرانسویز (Francois, 1994) نیز به نتایج مشابهی دست یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش حاکی از نقش مؤثر کاربرد نیتروژن و روی در بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد کیفی دانه کلزا بود. با این وجود، افزایش شوری نقش منفی بر شاخص‌های ذکر شده داشت. همچنین با افزایش تنش شوری، میزان جذب عناصر غذایی در کلزا کاهش یافت. طبق نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که تأمین عناصر غذایی شامل نیتروژن به عنوان راهکاری جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری بر عملکرد کلزا باشد.

با این وجود، در نتیجه اعمال شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، درصد پروتئین دانه در مقایسه با سطح شوری هشت دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). نقش منفی اعمال شوری بر درصد پروتئین دانه کلزا می‌تواند ناشی از تأثیر منفی آن بر جذب نیتروژن باشد. این تأثیر در ادامه مورد بحث قرار گرفته است.

جذب عناصر غذایی

اثر کاربرد نیتروژن تنها بر درصد نیتروژن و فسفر دانه معنی‌دار بود. همچنین به جز درصد فسفر دانه، اثر سطوح کاربرد روی بر جذب سایر عناصر غذایی معنی‌دار نبود (جدول ۵). با افزایش سطوح کاربرد کود نیتروژن و روی، درصد فسفر دانه کلزا به طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت (جدول ۶). در این ارتباط دوان و همکاران (Duan et al., 2004) نیز همبستگی مثبت بین مصرف نیتروژن و جذب فسفر در گندم بهاره را گزارش نمودند از سویی عدم تأثیر کاربرد نیتروژن و روی در افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف از خاک احتمالاً می‌تواند به دلیل میزان نسبتاً کافی این عناصر در خاک جهت تأمین نیاز گیاه باشد (جدول ۱). به جز منیزیم، اثر شوری بر جذب سایر عناصر غذایی معنی‌دار بود (جدول ۵). به طوری که با افزایش میزان شوری خاک، درصد جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم کاهش و میزان جذب سدیم و کلر به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶).

منابع

- Abdolzadeh, A., Malekjani, Z., Galeshi, S., and Yaghmai, F. 2006. Effects of salinity and nitrogen interaction on growth of canola (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13: 29-43. (In Persian with English Summary)
- Ahmadi, S., and Ardekani, J. 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight Canola (*Brassica napus*) cultivars. Irrigation Science 25: 11-20.
- Alizadeh, B., Valizadeh, M., Moghaddam, M., Ghassemi-Golezani, K., and Ahmadi, M.R. 2005. Genetic analysis of NaCl salinity tolerance of rapeseed (*Brassica napus* L.) at germination stage. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11: 47-58. (In Persian with English Summary)
- Ankumah, R.O., Khan, V., Mwamba, K., and Kpomblekou, A.K. 2003. The influence of source and timing of nitrogen fertilizers on yield and nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars. Agriculture, Ecosystems and Environment 100: 201-207.
- Beygi, M., Savaghebi, G., and Motesharezadeh, B. 2012. Study of zinc efficiency in selected common bean cultivars. Journal of Water and Soil 26: 33-41. (In Persian with English Summary)
- Boem, F.H.G., Scheiner, J.D., and Lavadi, R.S. 1994. Some effect of soil salinity on growth, development and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 137: 182-187.

- Bybordi, A., and Ebrahimian, E. 2013. Growth, yield and quality components of canola fertilized with urea and zeolite. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44: 2896-2915.
- Bybordi, A., and Malakouti, M.J. 2003. The effects of rates of nitrogen and manganese on the yield and quality of two winter canola varieties in Ahar region, East Azarbayjan. *Journal of Water and Soil* 17: 1-8. (In Persian with English Summary)
- Duan, Z., Xiao, H., Dong, Z., Li, X., and Wang, G. 2004. Combined effect of nitrogen–phosphorus–potassium fertilizers and water on spring wheat yield in an arid desert region. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35: 161-175.
- Ebrahimian, E., and Bybordi, A. 2012. Effects of organic and chemical fertilizer combinations on yield, yield components, oil and protein percentages of two canola cultivars. *Journal of New Agricultural Sciences* 8: 11-22. (In Persian with English Summary)
- Ebrahimian, E., Roshdi, M., and Bybordi, A. 2011. Influence of salt stress on cations accumulation, quantity and quality of sunflower cultivars. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 9: 469-476.
- Elwan, M.W.M., and Abd El-Hamed, K.E. 2011. Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. *Scientia Horticulturae* 127: 181-187.
- Foroughifar, H., and Poor–Kasmani, M.E. 2002. *Soil Science and Management*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 336 pp. (In Persian)
- Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline condition. *Agronomy Journal* 86: 233-237.
- Ghollar-Atta, M., Raeesi, F., and Nadian, H. 2008. Salinity and phosphorus interaction on growth, yield and nutrient uptake by berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 117-126. (In Persian with English Summary)
- Hacisalihoglu, G., and Kochian, L.V. 2003. How do some plants tolerate low levels of soil zinc? Mechanisms of zinc efficiency in crop plants. *New Phytologist* 159: 341-350.
- Jafarnejadi, A.R. 2005. Effect of sources and rated of nitrogen fertilizer on yield and canola oil. *Journal of Water and Soil* 19: 39-41. (In Persian with English Summary)
- Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2007. *Mechanisms of environmental stress resistance in plants*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 467 pp. (In Persian)
- Khajehpour, M.R. 2005. *Industrial Crops*. Jahade-e-Daneshghahi Isfahan Press, Isfahan, Iran 571 pp. (In Persian)
- Morshedi, A., and Naghibi, H. 2004. Effects of foliar application of Cu and Zn on yield and quality of canola seed (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 11: 15-22. (In Persian with English Summary)
- Salvagiotti, F., Castellarín, J.M., Miralles, D.J., and Pedrol, H.M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Research* 113: 170-177.
- Singh, O. 1998. Effect of soil salinity and nitrogen on yield and nutrient uptake in okra (*Hibiscus esculantus*). *Indian Journal of Agronomy* 43: 333-337.
- Valdiani, A.R., Hassanzadeh, A., and Tajbakhsh, M. 2006. Study on the effects of salt stress in germination and embryo growth stages of the four prolific and new cultivars of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pajouhesh and Sazandegi* 66: 23-32. (In Persian with English Summary)



Interaction of nutrient resource and crop diversity on resource use efficiency in different cropping systems

E. Azizi¹, A. Koocheki^{2*}, P. Rezvani Moghaddam² and M. Nassiri Mahallati²

Submitted: 20-02-2011

Accepted: 07-04-2012

Keywords: Absorption Efficiency, Intercropping, Monoculture, Nutrient, Use efficiency, Water

Introduction

Conventional operations in fields, soil and water management are not efficient and loss of and damage to the environment are considerable (Lal, 2000). Crop diversity and understanding the complex interactions between environmental and socioeconomic factors are approaches to make better use of limited resources (Tengberg et al., 1998). The most diverse ecosystems have a higher production under environment stress conditions compared with ecosystems with low diversity due to the better efficiency in the use of water, radiation and nutrients (Hulugalle & Lal, 1986; Walker & Ogindo, 2003).

Materials and methods

In order to investigate the effects of crop diversity and nutrient source on resource use efficiency, a split plot experiment was conducted based on complete randomized blocks with 3 replications at the Agricultural Research Station, the Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2006 and 2007. The treatments included manure and chemical fertilizers as the main plots and intercropping of 3 soybean varieties (Williams, Sahar and Gorgan3), intercropping of 3 Millet species (common millet, foxtail millet and pearl millet), intercropping of millet, soybean and sesame (*Sesamum indicum* L.) and intercropping of millet, sesame, fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) and ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) as sub plots.

Results and discussion

The results indicated that in the first year, intercropping of 3 Millet species and intercropping of millet, soybean and sesame showed the highest water use efficiency (WUE) based on biological yield. In the second year, intercropping of 3 millet species showed the highest WUE based on biological yield. The highest concentrations of nitrogen, phosphorous and potassium in crop tissues were observed in intercropping of 3 soybean varieties and intercropping of millet, soybean and sesame. In the first year, intercropping of 3 soybean varieties showed the highest nutrient use efficiency (NUE). In the second year, intercropping of 3 soybean varieties, intercropping of millet, soybean and sesame and intercropping of millet, sesame, fenugreek and ajowan showed the highest NUE. In the two years, intercropping of millet, soybean and sesame and intercropping of millet, sesame, fenugreek and ajowan showed the highest nitrogen and phosphorus absorption efficiency (NAE). Intercropping of millet, soybean and sesame showed the highest potassium uptake efficiency. In this study, nutrient resource did not have a significant effect on water and nutrient use efficiency.

The research results have indicated that often nitrogen amount and use efficiency in legume and non legume intercropping were higher than monocultures. This indicates the synergist effect in the intercroppings (Vandermeer, 1989; Szumigalski & Van Acker, 2006). In general, the different benefits of diversity and better use of available inputs are obtained by increasing the diversity of crops and proper selection of plants cultivated in intercropping systems and crop rotations in monoculture systems

Acknowledgments

This research (044 p) was funded by the Vice Chancellor for Research of the Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

1 and 2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Payame Noor University and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

References

- Hulugalle, N.R., and Lal, R. 1986. Soil water balance of intercropped maize and cowpea grown in tropical hydromorphic soil Western Nigeria. *Agronomy Journal* 74: 86-90.
- Lal, R. 2000. Soil management in the developing countries. *Soil Science* 105: 57-72.
- Szumigalski, A.R., and Van Acker, R.C. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. *Agronomy Journal* 98: 1030-1040.
- Tengberg, A., Ellis-Jones, J., Kiome, R., and Stocking, M. 1998. Applying the concept of agrodiversity to indigenous soil and water conservation practices in eastern Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 70: 259-272.
- Vandermeer, J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge 237 pp.
- Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. *Physics and Chemistry of the Earth* 28: 919-926.



Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.)

A.R. Koocheki^{1*}, J. Shabahang², S. Khorramdel³ and F. Nadjafi⁴

Submitted: 14-02-2012

Accepted: 10-08-2012

Keywords: Biofertilizer, Medicinal plant, Symbiosis

Introduction

Fertilizers are the key components which provide plant nutrients' needs in recent years (Omid Jangir & Sing, 1996; Kapoor et al., 2007). In many cases, using chemical fertilizers has different negative environmental effects such as soil, water and air pollution, which increase environmental hazardous and production costs (Jangir & Sing, 1996; Kapoor et al., 2007). Biological activities are markedly enhanced by microbial interactions in the rhizosphere of plants (Kapoor et al., 2007).

Many investigators have successfully used mycorrhiza to increase the availability of immobilized phosphate and thus minimize the use of mineral fertilizers. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) can better enable a plant to withstand environmental stresses such as drought and salinity. AMF interacts with pathogens and other rhizosphere inhabitants which affect plant health and nutrition. More importantly, mycorrhizal fungi are capable of dissolving weakly soluble soil minerals, especially phosphate, by releasing acids or increasing CO₂ partial pressure (Gupta et al., 2002; Gosling et al., 2006; Kapoor et al., 2007). Therefore, they have the ability to enhance host plant uptake of relatively immobile nutrients particularly P, S and Zn.

Limited water supply is also another major environmental constraint in the productivity of crop and medicinal plants. Moisture deficiency induces various physiological and metabolic responses such as stomatal closure, decline in growth rate and photosynthesis (Flexas & Medrano, 2002). The results of Baher et al. (2002) showed that greater soil water stress decreased plant height and total fresh and dry weight of *Satureja hortensis* L.

Materials and methods

In order to study the effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on the growth, quantitative and qualitative yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.), a field experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, the Ferdowsi University of Mashhad, Iran during two growing seasons of 2009-2010 and 2010-2011. Mycorrhiza inoculation (with and without inoculation) and irrigation levels (1000, 2000 and 3000 m³.ha⁻¹) were allocated to the first and the second factors, respectively. Several criteria such as yield components (including branch numbers per plant, umbel number per branch, umbellet number per umbel, seed number per umbellet and 1000- seed weight), biological yield, seed yield, harvest index, essential oil content and essential oil yield of fennel and ajwain were measured.

Results and discussion

Results indicated that the simple effects of mycorrhiza inoculation and irrigation levels on the biological and seed yields, harvest index (HI), yield components, essential oil content and essential oil yield of fennel and ajwain were significant ($p \leq 0.01$). The maximum biological yield of fennel (5.3 g.m⁻²) and ajwain (4.3 g.m⁻²) were observed in mycorrhiza inoculation. Mycorrhiza inoculation enhanced seed yield of fennel and ajwain up to 46% and 97% compared with control, respectively. The highest essential oil content of fennel (4.2%) and ajwain (3.0%) were obtained in mycorrhiza inoculation. The highest and the lowest seed yield of fennel and ajwain were observed in 3000 m³.ha⁻¹ (1.6 and 0.9 g.m⁻²) and 1000 m³.ha⁻¹ (1.4 and 0.7 g.m⁻²) irrigation levels, respectively.

1, 2, 3 and 4- Professor, Assistant Professor and PhD student in Agroecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor, Medicinal Plant and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, Iran, respectively.

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

The maximum essential oil content of fennel and ajwain were obtained in 3000 m³.ha⁻¹ (4.0% and 3.4%) and the minimum were for 1000 m³.ha⁻¹ (3.2% and 2.9%). Interaction effects among mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on the biological yield, HI and some yield components of fennel (such as branch number per plant, umbel number per branch, umbellet number per umbel and seed number per umbellet) and ajwain (such as umbellet number per umbel, seed number per umbellet and 1000- seed weight) scale fern number, seed number and 1000 seed weight of ajwain were significant ($p \leq 0.05$). Inoculation with mycorrhiza, enhanced root development and resulted in the availability of moisture and nutrients, particularly phosphorus. On the other hand, these fertilizers are the cause of production of many growth regulators for the plant. The higher irrigation levels increased photosynthesis and dry matter production due to vegetative growth and photosynthesis area of the plants.

Acknowledgements

This research (044.2) was funded by Vice Chancellor of Research of the Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

References

- Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., and Rezaii, M.B. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavour and Fragrance Journal 17: 275-277.
- Flexas, J., and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C₃ plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. Annals of Botany 89: 183-189.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., and Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhiza fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 113: 17-35.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81(1): 77-79.
- Jangir, R.P., and Sing, R. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum*). Indian Journal of Agronomy 41:140-143.
- Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17: 581-587.



Evaluation of competition, yield quantity and quality of soybean (*Glycine max* L.) (Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) in intercropping systems

M. Allahdadi^{1*}, A. Dabbagh Mohammadi Nasab², M.R. Shakiba² and R. Amini³

Submitted: 25-12-2012

Accepted: 14-02-2014

Keywords: Aggressivity, Competitive ratio, Planting pattern, Relative crowding coefficient

Introduction

With the continuous growth of world population, degradation and ecological imbalance throughout the world, there is a need to increase agricultural production and environmental protection measures. In this respect, efforts to supply nutrients to the environment are at the head of the programs. One of the ways to approach this goal is the use of intercropping systems (Najafi & Mohammadi, 2005). Suitable performance in intercropping systems may be achieved by selecting genotypes possessing traits consistent with and appropriate for establishing minimum and maximum synergy and competition employing proper agronomic practices such as density and planting pattern (Mutungamiri et al., 2001). In this context, selected plants should be less competitive in terms of environmental impact. The purpose of this study was to investigate the effect of different planting patterns on the competition between the two species of Calendula and soybean and to evaluate the yield and quality of an intercropping system compared with a mono-cropping system.

Materials and methods

In order to evaluate the competition between soybean and calendula, a field experiment was conducted based on randomized complete block design with 7 treatments and 3 replications in the research farm of the Faculty of Agriculture, the University of Tabriz in 2009. The treatments included pure stands for both species, 1:1, 2:2, 4:2, 4:4 and 6:4 for soybean and calendula number of rows per strip, respectively. Before planting, soybean seeds were inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. Before harvesting, the number of pods per plant, seeds per plant, 1000- seed weight, seed yield, percentage of oil and protein of soybean seed were measured in 10 randomly selected plants. The number of flowers per plant, dry inflorescence weight and dry petal weight of Calendula were recorded. The harvest of flowers of calendula began on July 30 and harvesting was done every 15 days in six steps. It was continued to mid-October. Total dry petals and sepals of 6 withdrawals flower per plot were considered as inflorescence dry weight. The land equivalent ratio (LER), actual yield loss (AYL), relative crowding coefficient (RCC), aggressivity (A) and competitive ratio (CR) were determined at the end of the growing season. For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using Mstat-C.

Results and discussion

The results showed that the effect of planting pattern on the number of pods per plant, seeds per plant, 1000-grain weight, seed yield of soybean, percentage of oil and protein contents of soybean was not significant. The effect of planting pattern on inflorescence dry weight and dry petal weight of calendula was significant. Row and strip intercropping 6:4 produced greater dry inflorescence weight and dry petal weight than calendula monoculture. The highest petal and inflorescence yield was achieved by 1:1 (87.63, 30.75) and 6:4 (41.75, 22.68) intercrops, respectively. The effect of planting pattern on the number of flowers per plant was significant at 1% level. The number of flowers per plant for row intercropping and strip intercropping of 1:1 and 6:4 were greater than calendula monoculture. The highest flowers per plant was achieved by 1:1 and 6:4 intercrops, respectively. The land equivalent ratio was greatest for 6:4 and 1:1 intercrops equal 1.34 and 1.13, respectively and the lowest land equivalent ratio was achieved by 2:2 intercrops. The actual yield loss value of all treatments were positive that indicated increased yield. In row intercropping and strip intercropping 4:4 and 2:2 competitive

1, 2 and 3- MSc Student, Professor and Associate Professor, Department of Eco-physiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran, respectively.

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

ratio of calendula (1.13, 1.25, 2.06) was >0 and the competitive ratio of soybean (1.07, 1.2) was >1 that show that yield advantage was greater than mono-cropping system. The relative crowding coefficient (RCC) of calendula (0.46, 0.46, 0.76) was greater than that of soybean that proves the competitive advantage of calendula against soybean. In strip intercropping, 6:4 and 4:2 aggressivity of soybean (0.98, 1.43) was >0 , that indicates the relative yield of soybean is greater than calendula. The negative aggressivity of calendula (0.93, 1.19) in this treatment shows that the relative yield of calendula is less than soybean. In row intercropping and strip intercropping 4:4 and 2:2 competitive ratio of calendula (1.13, 1.25, 2.06) was >0 and competitive ratio of soybean (1.07, 1.2) was >1 that shows that yield advantage was greater than mono-cropping system.

References

- Mutungamiri, A., Margia, I.K., and Chivinge, O.A. 2001. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) cultivars and density for dryland maize-bean intercropping. *Tropical Agriculture* 78(1): 8-12.
- Najafi, A., and Mohammadi, J. 2005. Study of yield components in intercropping of sweet corn and green beans. First National Conference on Pulses Articles 29 and 30 October, Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)



Evaluation of seed yield and competition indices of corn (*Zea mays* L.) intercropped with different bean (*Phaseolus* spp.) cultivars

H. Ziaei¹, H. Pirdashti^{2*}, S. Zare³ and A. Mottaghian⁴

Submitted: 19-05-2013

Accepted: 30-01-2015

Keywords: Aggressivity, seed yield, Land equivalent ratio, Relative crowding coefficient

Introduction

Intercropping of legumes with cereals is one of the old practical multi-cropping techniques to increase crop yields and to improve land use efficiency (Thobatsi, 2009; Poggio, 2005). Hence, competition among mixtures is thought to be the major aspect affecting yield as compared with solitary cropping. Species selection, seeding ratios and competition capability within mixtures can affect the growth and yield of the species used in intercropping systems (Agegnehu et al., 2006; Banik et al., 2006). Some competition indices such as land equivalent ratio, aggressivity, relative crowding coefficient and competitive ratio have been proposed to describe competition and economic advantages of intercropping systems (Dhima et al., 2007). Therefore, the objective of this study was to compare the productivity of corn intercropped with different bean cultivars compared with sole cultures and to examine the competitive relationships of corn and bean cultivars in intercrops.

Materials and methods

A field experiment was carried out in randomized complete block design with three replicates at the Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (latitude 36°N, longitude 53°E and altitude of 25m below sea level, GARMIN, GPSmap) during 2010. The experimental treatments were mono-cropping of corn, white bean, bush bean, red bean, pinto bean, and intercropping of corn with bean types in 50:50 planting ratio. The plot size was 3.0m × 6.0m (providing 5.3 plants.m⁻² for solitary treatment). Experimental plots of pure corn and mixed crops received the 300 kg.ha⁻¹ of urea, 100 kg.ha⁻¹ of potassium sulfate and triple super phosphate and the pure bean cultivars plots received 100 kg.ha⁻¹ of urea, potassium sulfate and triple super phosphate all applied at planting. The experiment was planted on May 1 in 2010 and was harvested on September 20 in 2010. seed yield was determined by harvesting each crop separately from the mixtures in the two middle rows. The land equivalent ratio (LER), aggressivity (A), relative crowding coefficient (K) and competitive ratio (CR) were calculated by using the following formula:

$$LER = Y_c/Y_{cc} + Y_b/Y_{bb}$$

where Y_{cc} and Y_{bb} are the yields of corn and bean cultivars as sole crops, respectively and Y_c and Y_b are the yields of corn and bean cultivars as intercrops, respectively;

$$K_{corn} = (Y_c \times Z_b) / (Y_{cc} - Y_c) \times Z_c \text{ and } K_{bean} = (Y_b \times Z_c) / (Y_{bb} - Y_b) \times Z_b$$

where Z_c and Z_b are the proportions of corn and bean cultivars in the mixture, respectively;

$$A_{corn} = (Y_c/Y_{cc} \times Z_c) - (Y_b/Y_{bb} \times Z_b) \text{ and } A_{bean} = (Y_b/Y_{bb} \times Z_b) - (Y_c/Y_{cc} \times Z_c);$$

$$CR_{corn} = (LER_c/LER_b) \times (Z_b/Z_c) \text{ and } CR_{bean} = (LER_b/LER_c) \times (Z_c/Z_b)$$

For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and least significant difference (LSD) were performed using SAS version 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and discussion

In the present experiment, intercropping the corn-bush bean and corn-pinto bean had the highest economical yields (5718.4 and 5687.1 kg.ha⁻¹, respectively) and land equivalent ratios (LER=1.13 and 1.21, respectively). Among different crops, the highest relative crowding coefficients were related to red bean (K= 1.85), pinto bean (K= 2.41) and sword bean (K= 2.80). The most aggressivity value, however, belonged to pinto bean intercropped with corn (A= -0.02). Also, both the red bean and pinto bean (CR=0.75 and CR=0.98, respectively) had the

1, 2, 3 and 4- Graduated of Plant Pathology, Tabriz University, Associate Professor, Department of Agronomy, Genetic and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Graduated of Horticulture Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University and PhD Student of Plant Physiology, Agricultural Faculty, Ilam University, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

maximum competitive ratios. Furthermore, the most corn relative crowding coefficient ($K=1.15$) belonged to corn and sword bean intercropping. The maximum corn aggressivity value was observed in corn intercropped with white bean ($A=+0.60$) and bush bean ($A=+0.69$). In conclusion, according to competition indices, intercropping of 50% corn +50 % red bean and pinto bean plants were superior as compared with other combinations.

Acknowledgments

The authors wish to thank the Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University for supporting this study.

References

- Agegnehu, G., Ghizam, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture Ecosystems Environment* 109: 48-58.
- Thobatsi, T. 2009. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in an intercropping system. MSc Thesis. University of Pretoria. 149 pp.



Effect of application of bio-fertilizers and organic manure on yield and morphological index of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

M. Nemati^{1*} and M. Dahmardeh²

Submitted: 04-11-2013

Accepted: 13-05-2014

Keywords: Economical yield, Nitroxin, Biological phosphorus, Biological yield, Biosulfur

Introduction

Since excessive use of fertilizers causes changes in soil pH and salt augmentation, it reduces soil fertility and bacterial activity (Pokorna, 1984), while use of manure increases soil microorganisms activity and results in the production of carbon dioxide, ammonium nitrate and simple acids in the soil (Patel & Patel, 1988). Bio-fertilizers that are beneficial microorganisms cause nitrogen fixation, release of phosphate ions, potassium, iron, etc., and will help the plants in the absorption of elements (Wu et al., 2005). Since the production process of medicinal plants is going to improve the quality, quantity and safety of their active substances, healthy nutrition plants by using biofertilizer and organic manure, are more compatible with this process. In this study, the effects of the application of organic fertilizers on yield and morphological index of roselle was studied.

Materials and methods

The experiment was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Center of Zabol University, Iran during the growing season of 2011-2012. The treatments included three manure levels; 0, 10 and 20 t.h⁻¹ and eight levels of biofertilizer such as control, nitroxin, biosulfur, biological phosphorus, nitroxin+ biosulfur, nitroxin+ biological phosphorus, biosulfur+ biological phosphorus, nitroxin+ biosulfur+ biological phosphorus. Different levels of manure and bio-fertilizer inoculations were considered as main plots and subplots, respectively. Adding manure to the soil and seeds of roselle inoculation treatment was performed with biofertilizers before planting. Traits including plant height, stem diameter, number of lateral branches, number of fruits, economical yield, biological yield, harvest index and morphological index of roselle were measured at the end of the growing season (November) when the fruits were at physiological maturity. The former measurements were statistically analyzed using SAS program version 1.1. Means were compared by using Duncan multiple range test at 0.05 level.

Results and discussion

Based on the results, levels of manure and biofertilizers and their interactions on biological traits were significant. The results showed that 10 t.h⁻¹ manure+ nitroxin consumption increased plant height and stem diameter by 24 percent compared with control (168.5 vs. 135.4 cm and 13.3 vs. 10.7 mm, respectively). The same results have been reported for fennel by Azzaz et al. (2009). 10 t.h⁻¹ manure+ nitroxin treatment increased the number of fruits by 111 percent compared with the control treatment (36 vs. 17 fruits per square meter). The highest number of lateral branches (8.3) was obtained in 10 t.h⁻¹ manure+ nitroxin treatment that shows an increase of 66 percent when compared with the control treatment (5.1). The highest economical yield (1.29 t.ha⁻¹) was shown in 10 t.h⁻¹ manure+ nitroxin treatment that indicates more than 300 percent increase in economical yield compared with the control treatment (0.3 t.ha⁻¹). The highest Biological yield (17.4 t.ha⁻¹) and harvest index (7.6 %) were obtained in 10 t.h⁻¹ manure+ nitroxin treatment. Farm yard manure is the most important source of energy and nutrients through improved physical, chemical and biological soil properties to increase the yield (Fallahi et al., 2009). Also use of biofertilizer includes nitroxin that can produce vitamins, drivers of growth and root growth can accelerate the absorption of water and nutrients, and improve the number of branches of flowers, fruit and their biological yield. These features increase the economical yield which is positively related to growth. These results are in agreement with the results of researchers (Sanchez Govin et al., 2005). The results showed that the combined use of manure and bio-fertilizer, rather than taking them individually plays an effective role in increasing economic performance and growth characteristics of roselle.

1 and 2- MSc student of Medicinal Plant and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: nemati9531@gmail.com)

Acknowledgements

The authors are deeply grateful to the staff of the Zabol University and the Agricultural Research Center of Zabol University for their generous cooperation.

References

Azzaz, N.A., Hassan, E.A., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of Fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(2): 579-587.

Fallahi, J., Koocheki, A.R., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(1): 127- 135. (In Persian with English Summary)

Patel, P.C., and Patel, J.R. 1988. Effect of Zinc nutrition of different genotypes of sorghum. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 36: 820-832.

Pokorna, K. 1984. Effects of long term fertilization on the dynamics of changes of soil organic matter. *Zbl. Microbiology (Zentralblatt Fur Bakteriologie-international Journal of Medical Microbiology Virology Parasitology and Infectious Diseases)* 139: 497-504.

Sanches Govin, E., Rodrigues Gonzales, H., and Carballo Guerra, C. 2005. Influencia de los abonosorganicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinal *Escalendula officinalis* y *Matricaria recutita* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 10(1): 1.

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



Evaluating soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) growth parameters in response to plant growth promoting fungi under Mazandaran's climate conditions

M. Yazdani^{1*}, M. Yarnia², H. Pirdashti³, V. Rashidi² and M.A. Bahmanyar⁴

Submitted: 20-12-2013

Accepted: 08-01-2015

Keywords: Mycorrhiza, Phosphorus, Plant growth-promoting fungi, Soybean, *Trichoderma*

Introduction

In recent years, integrated farming systems have been developed based on reduced inputs of chemical fertilizers. Many researchers believe that using fungal bio-fertilizers is an environmentally-friendly approach, as it can help to enhance the crop growth and promote organic farming production (Bulluck et al., 2002; Chacon et al., 2007; Leck et al., 2008; Martinez-Medina et al., 2011). The network of *arbuscular mycorrhizal* fungi's (AMF) mycelium connects to the roots and increases the soil volume, which can be more efficient in phosphate uptake than a non-mycorrhizal root (Yedidia et al., 2004; Meghvansi et al., 2008; Neumann and George, 2009).

Fungal genus *Trichoderma* (T) is cosmopolitan in soils and the ecological adaptability of *Trichoderma* species is evident by its widespread distribution including under different environmental conditions and on various substrates (Zheng and Shetty., 2000; Harman, 2005; Yadav et al., 2009; Powlson et al., 2011; Medine et al., 2011). In addition, a synergistic effect of some saprophytic fungi on AMF colonization has been confirmed (Gosling et al., 2006; Meghvansi et al., 2008; Ene and Alexandru, 2008; Martinez and Johnson, 2010; Martinez-Medina et al., 2011; Hemashenpagam et al., 2011). Meghvansi et al. (2008) reported that some *Trichoderma* strains may influence AMF spore germination and activity.

In recent years, increase in soybean cultivation in Iran has improved the rural economy and socio-economic status of Iranian farmers. Therefore, this study was designed to evaluate the response of soybean seedling growth to inoculation of AMF (both *G. intraradices* and *G. mosseae*) and the beneficial fungus of *Trichoderma harzianum* under conventional and low input phosphate conditions.

Materials and methods

A field study was conducted at the research farm of the Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, the Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU) during the 2011-2012 growing season. This site is located at latitude 36°N, longitude 53°E and altitude of 25m below sea level (GARMIN, GPSmap). A factorial experiment was used based on a randomized complete block design with three replicates. Treatments were two factors of fungi inoculation with six levels (*T. harzianum* and AMF genus *Glumus*: *G. mosseae*, *G. intraradices*, and co-inoculation of *T. harzianum* + *G. mosseae*, *T. harzianum* + *G. intraradices* and noninoculated control) and phosphorus amounts at three levels (conventional P: 140 kg.ha⁻¹ and reduced levels of P_{0%}: 0 and P_{50%}: 70 kg.ha⁻¹). The data were analyzed by using GLM procedures included in the SAS statistical package version 9.1.

Results and discussion

Results of combined analysis showed that the inoculation of *T. harzianum* and *G. mosseae* increased SPAD value up to 17% and 16% at the reduced (70 kg.ha⁻¹) and the conventional (140 kg.ha⁻¹) phosphorus dosages as compared with the control, respectively. Using these inoculants plus either reduced or conventional phosphorus dosages had a more remarkable effect on chlorophyll *a* than those plots without phosphorus application. Co-inoculation of *Trichoderma* and *mycorrhizae* fungi in the reduced phosphorus dosage did not have a significant effect on the plant dry weight and chlorophyll *a* content than the conventional phosphorus dosage. In the present study, the effectiveness of these fungi on soybean growth was remarkable in the reduced phosphorus dosage (70 kg.ha⁻¹) than the non-application of phosphorus. However, these fungi did not show any efficiency

1, 2, 3 and 4- PhD Student of Agronomy, Associate Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Tabriz, Associate Professor, Department of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari and Associate Professor, Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran, respectively.

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

in the conventional phosphorous dosage.

Acknowledgements

This work was supported partly by the Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT) and the Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

References

- Cavalcante, R.S., Lima, H.L.S., Pinto, G.A.S., Gava, C.A.T., and Rodriguez, S. 2008. Effect of moisture on *Trichoderma* conidia production on corn and wheat bran by solid state fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24: 319-325.
- Djebali, N., Turki, S., Zid, M., and Hajlaoui, M.R. 2010. Growth and development responses of some legume species inoculated with a mycorrhiza-based biofertilizer. *Agriculture and Biology Journal of North America* 5: 748-754.
- Egberongbe, H.O., Akintokun, A.K., Babalola, O.O., and Bankole, M.O. 2010. The effect of *Glomus mosseae* and *Trichoderma harzianum* on proximate analysis of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), seed grown in sterilized and unsterilised soil. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 2(4): 54-58.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., and Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 113: 17-35.
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M., Tuinen, D., Redecker, D., and Wipf, D. 2010. Agroecology, the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20: 519-530.
- Martinez-Medina, A., Antonio, R., Alfonso, A., and Jose, A.P. 2011. The interaction with arbuscular mycorrhizal fungi or *Trichoderma harzianum* alters the shoot hormonal profile in melon plants. *Phytochemistry* 72: 223-229.
- Martinez, T.N., and Johnson, N.C. 2010. Agricultural management influences propagule densities and functioning of arbuscular mycorrhizas in low- and high-input agroecosystems in arid environments. *Applied Soil Ecology* 46: 300-306.
- Meghvansi, M.K., Prasad, K., Harwani, D., and Mahna, S.K. 2008. Response of soybean cultivars toward inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* in the alluvial soil. *European Journal of Soil Biology* 44: 316-323.
- Shoresh, M., Mastouri, F., and Harman, G. 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology* 48: 21-43.
- 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*). *Scientia Horticulture* 117: 9-14.
- Yedidia, I., Srivastva, A.K., Kapulnik, Y., and Chet, I. 2004. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil* 2: 235-242.



Yield gap analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-arid conditions: a simulation study

S.R. Amiri Deh Ahmadi^{1*}, M. Parsa², M. Bannayan² and M. Nassiri Mahallati³

Submitted: 24-05-2014

Accepted: 26-08-2014

Keywords: Actual yield, Benchmarking, Modelling, Potential yield

Introduction

Chickpea is the most important legume in West Asia and North Africa especially under rainfed conditions (Silim et al., 1993). Chickpea yield is at low levels in major producing countries (Millan et al., 2006), indicating a need to increase crop yield via crop genetic improvement and enhanced crop management. Genetic and management constraints can be analyzed by using crop simulation models. Crop models are very useful tools to evaluate the potential yield and environment constraints, genetics and management factors (Lobell et al., 2009). The yield gap (Yg) is the difference between Yp (irrigated crops), or Yw (rainfed crops) and actual yields (Ya). Any improvement of crop management practices requires that the potential yield and its difference with actual yield be determined and ultimately evaluate the determinants of yield gap (Lobell et al., 2009). Assessment of potential yield and yield gaps can help in identifying the yield limiting factors and it helps us develop suitable strategies to improve the productivity of any crop (Naab et al., 2004). In this study, yield potential and yield gap across the major chickpea-growing regions of the Khorasan Razavi province in Iran were quantified by using the SSM-chickpea model and actual yield and its variability within farmers' fields were evaluated. This study tries to determine the potential yield capacity and chickpea yield gap.

Materials and methods

For model parameterization, a field experiment was conducted in a randomized complete design with 4 replications in the research field of the Ferdowsi University of Mashhad. The chickpea cultivar ILC482 was used in this experiment.

The chickpea model of Soltani & Sinclair (2011) was used in this study. The simulations started from the sowing date and ended at maturity. Finally, the simulated results of LAI, aboveground biomass and seed yield were examined by the root mean square error (RMSE). RMSE was calculated (Wallach & Goffinet, 1987):

Where O_i is the observed data, P_i is the simulated data and n is the total number of observations.

The study was performed at nine regions in the Khorasan Razavi province located in the Northeast of Iran, under two water conditions, i.e. potential and water limited. Irrigated and rainfed actual yields were based on statistical data at regional level for the period of 2002–2012, which were collected from the Agricultural Jihad of the Khorasan Razavi province (Anonymous, 2012). These yields were averaged out for calculating the actual yield for each region for which simulations were carried out.

Yield gaps

Yield gaps were defined as:

YGMM= Simulated potential yield - simulated water limited yield

YGMI= Simulated potential yield - irrigated actual yield

YGMR= Simulated water limited yield - rainfed actual yield

Results and discussion

The results suggest that the Khorasan Razavi province with low actual Chickpea yields has a high probability of large yield gaps and large potentials to increase current yields. The model simulations showed that the average

1, 2 and 3- Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher educational complex of Saravan, Associate professors and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

potential yield of Chickpea for the regions was 2251 kg.ha⁻¹, while the water limited yield was 1026 kg.ha⁻¹ indicating a 54% reduction in yield due to adverse soil moisture conditions. The average irrigated and rainfed actual yield were also 64% and 79% less than the simulated potential and water limited yields, respectively. Across all study locations, the potential yields were less variable than water limited and actual yields, and were correlated with solar radiation during the season ($R^2 = 0.63$, $p < 0.05$). Generally, YGMI and YGMM showed an increasing trend from the North (including Neishabur, Mashhad, Quchan and Daregaz regions) to the South of this province (Torbat Jam and Gonabad). In comparison with other yield gaps, the quantity of YGMR was very low because both limited simulated water and average rainfed actual yields were low in these regions. Furthermore, YGMR was more or less unaffected by the amount of rainfall received in these regions.

References

- Anonymous, 2011–2012. Annual report of 2001–2012. Agricultural Research Institute, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B., 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environmental Resources* 34: 179-204.
- Millan, T., Clarke, H.J., Siddique, K.H.M., Buhariwalla, H.K., Gaur, P.M., Kumar, J., Gil, J., Kahl, G., and Winter, P. 2006. Chickpea molecular breeding: new tools and concepts. *Euphytica* 147: 81-103.
- Naab, J.B., Singh, P., Boote, K.J., Jones, J.W., and Marfo, K.O. 2004. Using the CROPGRO peanut model to quantify yield gaps of peanut in the Guinean Savanna Zone of Ghana. *Agronomy Journal* 96: 1231-1242.
- Silim, S.N., Saxana, M.C., and Singh, K.B. 1993. Adaptation of Spring-Sown Chickpea to the Mediterranean basin .II. Factors influencing yield under drought. *Field Crops Research* 34:137-141.
- Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. *Field Crops Research* 124: 252-260.
- Wallach, D., and Goffinet, B. 1987. Mean squared error of prediction in models for studying ecological and agronomic systems. *Biometrics* 43: 561-573.



Effect of different irrigation regimes and nitrogen levels on fruit production, oil quality, water use efficiency and agronomic nitrogen use efficiency of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.)

J. Hamzei^{1*}, M. Babaei² and S. Khorramdel³

Submitted: 20-12-2013

Accepted: 08-09-2014

Keywords: Linoleic acid, Medicinal plants, Oleic acid, Plant nutrition, Water management

Introduction

Oilseed pumpkin is a medicinal plant, and its seeds as well as some other parts of it are being utilized in treating an array of human diseases in Iran. Plant yield and its components are considered in plant production and the effect of water stress depends on plant type, harvested product, irrigation intervals and time of stress (Ali and Shui, 2009). Drought is one of the most common and important environmental stresses that may limit agricultural production worldwide. Despite the negative effects on yield, drought stress can enhance other stresses, to the especially nutrient deficit stress in plant (Kumbhar et al., 2007). Among food elements, nitrogen plays a very crucial role in the production power of crops and its deficit is one of the most important limiting factors to crop yield. Nutrient absorption is reduced under water deficiency conditions which causes proper proportion generation between water supply and fertilizer consumption that can reduce excessive consumption of nitrogen and this does not have any positive effect on seed yield in such conditions. Considering the plant's significance in the health products industry on the one hand, and the countrywide drought stresses and a lack of information on mineral nutrition of the oil seed pumpkin on the other hand, the aim of the present paper was to study the impact of different irrigation regimes and nitrogen levels on percentage of seed fatty acids, yield, water and nitrogen use efficiency of pumpkin.

Materials and methods

Field experiment was carried out as split plot based on complete randomized block design with three replications at the Bu-Ali Sina University in the growing season of 2013. Irrigation (320, 420, 600 and 900 mm. ha⁻¹) was set as the main plots and nitrogen fertilizer (0, 130, 260, 390 and 520 kg urea.ha⁻¹) was allocated in subplots. A furrow irrigation system was used for crop irrigation and irrigation treatments were applied after full establishment of the plants. Nitrogen fertilizer was applied at three stages of planting, flowering and fruiting. The evaluation traits included oleic acid, linoleic acid, fruit and seed yield, water use efficiency (WUE) and agronomic nitrogen use efficiency (ANUE). After physiological maturity, 1 m² from each experimental unit was harvested to determine fruit and seed yields. Seed yield was calculated with 14% moisture at the harvest time. Seed fatty acids were determined using gas chromatography (GC). The WUE (kg.mm⁻¹ water) was calculated for fruit and seed yield. Agronomic nitrogen efficiency (ANE) was calculated as the ratio of (Grain yield F – seed yield control) to N applied, where F equals fertilizer treatments (El-Gizawy, 2009). SAS procedures and programs were used for analysis of variance (ANOVA) calculations. The significance of the treatment's effect was determined using F-test and to determine the significance of the difference between the means of the two treatments. Least significant differences (LSD) were estimated at the 5% probability level.

Results and discussion

Our findings indicated that the effects of irrigation and nitrogen on all traits were significant ($p \leq 0.01$). Also, interaction of irrigation \times nitrogen had a significant effect on all traits except WUE and ANUE. The highest values of linoleic fatty acid, fruit yield, seed yield and agronomic nitrogen use efficiency were achieved with the consumption of 600 mm water.ha⁻¹ and application of 390 kg urea.ha⁻¹. The lowest fruit and seed yield were obtained with the consumption of 320 mm water.ha⁻¹ and nonapplication of urea. The highest water use efficiency for fruit and seed yield; 56.61 and 1.10 kg.mm⁻¹, were obtained at 600 mm irrigation water ha⁻¹.

1, 2 and 3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, MSc Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: J.hamzei@basu.ac.ir)

Between nitrogen levels, maximum and minimum WUE for fruit and seed yield, were achieved at treatments of 390 and 0 kg urea.ha⁻¹, respectively. Also, maximum agronomic nitrogen efficiency belonged to 390 kg urea. It seems that water and nitrogen limitation during the growth period of the plants caused a decrease in fruit number per plant, seed number in fruit and seed weight through interruption in fertilization and reduction in plant growth period. The WUE was obviously reduced due to an increase in water consumption at irrigation level of 900, and a decrease in yield at irrigation level of 320 mm water.ha⁻¹, respectively. With increasing N rates up to 390 kg urea.ha⁻¹, WUE increased due to an increase in fruit and seed yield. Generally, based on the results of this research and by considering water and nitrogen use efficiency, irrigation of pumpkin plants with 600 mm water.ha⁻¹ and consumption of 390 kg urea ha⁻¹ are identified as suitable treatments.

Acknowledgments

We would like to thank the funding from the Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

References

- Ali, M.D.H., and Shu, L.T. 2009. Potential evapotranspiration model for muda irrigation project, Malaysia. *Water Resources Management* 23: 57-69.
- Kumbhar, A.M., Buriro, U.A., Oad, F.C., and Chachar, Q.I. 2007. Yield parameters and N-uptake of wheat under different fertility levels in legume rotation. *Journal of Agricultural Technology* 3: 323-333.
- Pradhan, S., Chopra, U.K., Bandyopadhyay, K.K., Singh, R., Jain, A.K., and Ishwar, C. 2013. Effect of water and nitrogen management on water productivity and nitrogen use efficiency of wheat in a semi-arid environment. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology* 7: 727-732.



The study of environmental impact quotient (EIQ) of pesticides used in wheat and barley farms in Mashhad

L. Maleki¹, R. Sadrabadi Haghghi^{2*} and A.B. Bazrgar³

Submitted: 05-10-2014

Accepted: 15-04-2015

Keywords: Consumer and leaching component, Ecological component, Farm worker component, Fungicide, Herbicide, Pesticide

Introduction

The environmental impact quotient (EIQ) developed by Kovach et al (1992) is used an effort to fill an important gap; i.e. the need to provide farmers and others with easy-to-use information about the adverse effects of pesticides. It represents a method for calculating the environmental impacts of pesticides, and the values obtained from these calculations can be used to compare different pesticides and pest management programs with each other to ultimately determine which program or pesticide is likely to have the lowest environmental impact.

The EIQ value for a particular active ingredient is calculated according to a formula that includes parameters for toxicity (dermal, chronic, bird, bee, fish, and beneficial arthropod), soil half-life, systemicity, leaching potential, and plant surface half-life. Each of these parameters is given a rating of 1, 3 or 5 to reflect its potential of causing harm. Six of these ratings are based on measured or known properties and the other five are based on judgments according to their potentially low, moderate or severe impact. Since the EIQ value is mainly a hazard indicator, additional calculations are required to obtain an indication of the pesticide risk. To account for exposure, an equation called the Field Use EIQ has been developed. This rating is calculated by multiplying the EIQ value for a specific chemical from the tables by the percent active ingredient in the formulation and its dosage rate used per hectare (usually in liters or kilograms of the formulated product).

EIQ is used in different studies to compare the environmental effects of different pesticides and/or different production systems (Avila et al., 2011; Doris et al., 2011; Gallivan et al., 2001; Macharia et al., 2009). The aim of this study was to evaluate management strategies in using pesticides in wheat and barley farms in the city of Mashhad located in the Khorasan Razavi province in Iran.

Materials and methods

Data related to pesticides (insecticides, herbicides and fungicides) used in wheat and barley in the city of Mashhad located in the Khorasan Razavi province were gathered through face to face filling questionnaires by the users. The indices measured in this study include Environmental Impact Quotient (EIQ) and its components (farm worker, consumer, leaching and ecology) and Field Use Rate - EIQ (FUR-EIQ). EIQ is calculated based on the work of Kovach et al. (1992). The formula is:

$$EIQ = \{C[(DT \times 5) + (DT \times P)] + [(C \times ((S+P)/2) \times SY) + (L)] + [(F \times R) + (D \times ((S+P)/2) \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)]\} / 3$$

In this formula: DT: Dermal Toxicity; C: long term health effects; SY: mode of action; F: fish toxicity; L: leaching potential; R: surface runoff potential; D: bird toxicity; S: soil residue half-life; Z: bee toxicity; B: beneficial arthropod toxicity; P: plant surface half-life.

EIQ field use rating was calculated by multiplying the EIQ value for a specific chemical from the table by the percent active ingredient in the formulation and the rate of its dosage used per hectare:

$$EIQ \text{ Field Use Rating} = EIQ \times \% \text{ active ingredient} \times \text{Rate}$$

1, 2 and 3- MSc Agroecology Student, Associate professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran and Assistant professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir)

Results and discussion

A large degree of variation was observed in the amount of EIQ and its components. The results showed that in wheat cultivation, Carbendazim had the most effect on the farm worker component and Diazinon had the least effect on this component. The most risk of the consumer and leaching component in wheat fields were shown in fungicides. The fungicide Carbendazim had the most effect on the consumer and leaching component. The least effect on consumer and leaching component were obtained in Deltamethrin. Replacement of Carbendazim with Iprodione, Thiram and Carboxin which are used for disinfection of seeds will improve the consumer and leaching component.

In terms of ecology, the Diazinon component had the most dangerous environmental risk in wheat fields. In this section, pesticides were more importance than fungicides. The use of Deltamethrin to control *Eurygaster integriceps* in wheat, is not recommended and it should be replaced by Trichlorfon because of the risk of ecological destruction. Such ecological destruction is not much different among the various fungicides.

The maximum and minimum amount of EIQ among the pesticides used in wheat farms in Mashhad were obtained in Diazinon and Deltamethrin, respectively. 2, 4- D and Fenoxaprop ethyl had the lowest and highest EIQ indices among the herbicides used in wheat farms. The lowest FUR-EIQ index in wheat fields was observed for the application of herbicides. The maximum value of this index was shown in the usage of fungicides. The highest value of the EIQ-FUR related to the Carbendazim fungicide. Due to low consumption of Deltamethrin, it had the small value of this index. Considering EIQ-FUR, the use of Deltamethrin is considered to be more appropriate than Trichlorfon. Use of Ipridion for the disinfection of seeds, and Tribenuron-methyl for the elimination of weeds in wheat fields are the best choices since they had the lowest FUR-EIQ index.

In barley cultivation, Carbendazim and Diazinon had the most and the least effects on farm worker component, respectively. In the consumer and leaching component, the most and the least effects were to the observed in Carbendazim as a fungicide and in the Deltamethrin as an insecticide, respectively. In terms of ecology, the Diazinon and Tribenuron-methyl components had the most and the least effect respectively. In this respect, the fungicides used for seed treatment did not show much difference.

The maximum EIQ among the pesticides used in barley fields in Mashhad was observed in Carbendazim. Ipridion used for the disinfection of seeds had the lowest EIQ. Considering the herbicides 2, 4- D and Fenoxaprop ethyl had the lowest and highest values of EIQ, respectively.

The evaluation of FUR-EIQ in barley fields in Mashhad showed that cyproconazole was the best fungicide used for seed disinfection and it is a good alternative for Carbendazim. Carbendazim was assessed as the most dangerous environmental pesticide. Considering the pesticides dosage and FUR-EIQ, Deltamethrin was found to be a suitable insecticide against *Eurygaster integriceps* and Tribenuron-methyl was found to be a less dangerous herbicide.

The results showed that in wheat and barley farms in Mashhad, the biggest danger in farm worker consumer and leaching components was Carbendazim fungicide. Diazinon pesticide had the lowest risk in the farm laborer component. The lowest risk in consumer and leaching component related to the Deltamethrin pesticide. In terms of the ecology components, the most environmental degradation was created by the Diazinon pesticide. Carbendazim is the most dangerous pesticide. Based on the measurements of FUR-EIQ, the fungicides had the highest risk and the herbicides had the lowest risk.

References

- Avila, K., Chaparro-Giraldo, A., and Reyes, G. 2011. Environmental effect of conventional and GM crops of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and corn (*Zea mays* L.). *Agronomia Colombiana* 29(3): 341-348.
- Doris, S., Mullen, J., Wetzstein, M., and Houston, J. 2011. Environmental impact from pesticide use: A case study of soil fumigation in Florida tomato production, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 4649-4661.
- Gallivan, G.J., Surgeoner, G.A., and Kovach, J. 2001. Pesticide risk reduction on crops in the province of Ontario. *Journal of Environmental Quality* 30: 798-813.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degnl, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Science Bulletin*. 139.
- Macharia, I., Mithöfer, D., and Waibel, H. 2009. Potential environmental impact of pesticides use in the vegetable sub-sector in Kenya. *African Journal of Horticultural Science* (2): 138-151.



Effects of nitrogen, zinc and water salinity levels on yield, quality indices and nutrient uptake in canola (*Brassica napus* L.) Okapi variety

E. Ebrahimian^{1*}, A. Bybordi², S.M. Seyyedi¹ and R. Mohammadi Kia³

Submitted: 27-11-2014

Accepted: 24-02-2015

Keywords: Cl, Glucosinolate, Na, Oil percentage

Introduction

In general, canola is a salt sensitive crop especially at germination and seedling establishment stages. Hence, saline soil or saline water can affect canola yield potential through salt stress induction (Francois 1994; Hashemi et al. 2010). Soil and water salinity are two of the major problems of agriculture in the arid and semi-arid regions of the world, especially in Iran (Ashraf and McNeilly 2004; Rameeh et al. 2004). On the other hand, reasonable canola production depends on nutrient supply and any increase in quantitative and qualitative yields is highly correlated with the availability of nutrients, especially nitrogen and Zinc (Chamorro et al. 2002; Bahmanyar and Kazemi Poshtmasari 2010).

Since Zn deficiency is one of the most widespread micronutrient deficiencies in Iran as a result of calcareous soil, it is important to apply zinc fertilizers to increase crop yield and improve crop quality in such conditions (Hacisalihoglu and Kochian 2003; Khoshgoftar et al. 2006). On the other hand, N and Zn fertilization differ from normal to saline soils. Therefore, the objective of this study was to investigate the effects of different rates of N and Zn on quantitative and qualitative traits of canola irrigated with saline and ultra saline water.

Materials and methods

In order to investigate the effects of nitrogen and zinc levels and water salinity on yield quality characteristics and nutrient uptake in canola (*Brassica napus* L. cv. Okapi), a field experiment was conducted in the Agriculture Research Center of East Azerbaijan, Iran from 2009 to 2010. The experiment was arranged by using a completely randomized block design based on factorial fashion with three replications. The experimental treatments included different nitrogen levels (0, 50 and 100 kg. ha⁻¹), different zinc levels (0, 5 and 10 kg. ha⁻¹) and different irrigation salinity levels (8 and 16 dS.m⁻¹), respectively.

Each plot was 8 m long and consisted of six rows, 0.5 m apart. Between the blocks and the plots, a 1 m wide alley was kept to eliminate all influences of the treatments on each other. Full amounts of potassium and phosphorus fertilizers and one third of the N fertilizer were applied at seed sowing time. The rest of the N fertilizers were used at the rosette and flowering stages.

At the physiological maturity stage, seed yield and yield components in each plot were estimated by harvesting 8 plants at random. The oil percentage and glucosinolate content were measured using succulent and HPLC methods, respectively. In addition, N, phosphorous, potassium, calcium, magnesium, sodium and chlorine were measured in the canola seeds.

The results were subjected to statistical analysis using the SAS software. The analysis of variance (ANOVA) was carried out as a combined analysis. Mean values were compared by using Duncan's multiple range test.

Results and discussion

Based on the results, nitrogen and zinc applications showed a significant influence on increasing plant height, number of pods per plant and seed yield of canola. However, such traits of canola decreased as a result of increasing water salinity levels (from 8 to 16 dS.m⁻¹). Irrigation salinity at rate of 16 dS.m⁻¹ showed a significant effect on increasing glucosinolate percentage in seeds up to 9.5% (from 27.49% to 30.11%).

Glucosinolate which is a toxic organic component is considered as an undesirable qualitative trait in canola seeds (Francois, 1994; Kim et al., 2002; Bybordi & Malakouti, 2003), although the mechanism by which salinity affects glucosinolate content is not clearly known. It seems that water or temperature stresses during crop growth cause glucosinolate accumulation in seeds and consequently affect meal quality. Soil or water salinity is not an

1, 2 and 3- PhD Student, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, East Azerbaijan Research Center for Agriculture and Natural Resources, Tabriz and Soil and Water Research Institute, Tabriz, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: elnaz.ebrahimian@stu-mail.um.ac.ir)

exception and can decrease oil or meal quality during the process.

Increasing salinity levels caused a decrease in N, P, K and Ca uptake and caused a significant enhancement of Na and Cl accumulation in the seeds. Totally, it seems that nutrient supply, especially nitrogen, can be considered as an effective approach to diminish the negative effects of salinity stress.

References

- Ashraf, M., and McNeilly, T. 2004. Salinity tolerance in brassica oilseeds. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23: 157-174.
- Bahmanyar, M.A., and Kazemi Poshtmasari, H. 2010. Influence of nitrogen and sulfur on yield and seed quality of three canola cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 33: 953-965.
- Bybordi, A., and Malakouti, M.J. 2003. The effects of rates of nitrogen and manganese on the yield and quality of two winter canola varieties in Ahar region, East Azarbayjan. *Journal of Water and Soil* 17: 1-8. (In Persian with English Summary)
- Chamorro, A.M., Tamagno, L.N., Bezus, R., and Sarandón, S.J. 2002. Nitrogen accumulation, partition, and nitrogen use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33: 493-504.
- Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline condition. *Agronomy Journal* 86: 233-237.
- Hacisalihoglu, G., and Kochian, L.V. 2003. How do some plants tolerate low levels of soil zinc? Mechanisms of zinc efficiency in crop plants. *New Phytologist* 159: 341-350.
- Hashemi, A., Abdolzadeh, A., and Sadeghipour, H.R. 2010. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. *Soil Science and Plant Nutrition* 56: 244-253.
- Khoshgoftar, A.H., Shariatmadari, H., Karimian, N., and Khajehpour, M.R. 2006. Responses of wheat genotypes to zinc fertilization under saline soil conditions. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1543-1556.
- Kim, S.J., Matsua, T., Watanabe, M., and Watanabe, Y. 2002. Effect of nitrogen and sulphur application on the glucosinolate content in vegetable turnip rape (*Brassica rapa* L.). *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 43-49.
- Rameeh, V., Rezai, A., and Saeidi, G. 2004. Study of salinity tolerance in rapeseed. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35: 2849-2866.

Contents

Interaction of nutrient resource and crop diversity on resource use efficiency in different cropping systems	1
E. Azizi, A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and M. Nassiri Mahallati	
Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.) and ajwain (<i>Trachyspermum ammi</i> L.)	20
A.R. Koocheki, J. Shabahang, S. Khorramdel and F. Nadjafi	
Evaluation of competition, yield quantity and quality of soybean (<i>Glycine max</i> L.) Merrill.) and calendula (<i>Calendula officinalis</i> L.) in intercropping systems	38
M. Allahdadi, A. Dabbagh Mohammadi Nasab, M.R. Shakiba and R. Amini	
Evaluation of seed yield and competition indices of corn (<i>Zea mays</i> L.) intercropped with different bean (<i>Phaseolus</i> spp.) cultivars	52
H. Ziaei, H. Pirdashti, S. Zare and A. Mottaghian	
Effect of application of bio-fertilizers and organic manure on yield and morphological index of roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	62
M. Nemati and M. Dahmardeh	
Evaluating soybean (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill.) growth parameters in response to plant growth promoting fungi under Mazandaran's climate conditions	74
M. Yazdani, M. Yarnia, H. Pirdashti, V. Rashidi and M.A. Bahmanyar	
Yield gap analysis of Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) under semi-arid conditions: a simulation study	84
S.R. Amiri Deh Ahmadi, M. Parsa, M. Bannayan and M. Nassiri Mahallati	
Effect of different irrigation regimes and nitrogen levels on fruit production, oil quality, water use efficiency and agronomic nitrogen use efficiency of pumpkin (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	99
J. Hamzei, M. Babaei and S. Khorramdel	
The study of environmental impact quotient (EIQ) of pesticides used in wheat and barley farms in Mashhad	109
L. Maleki, R. Sadrabadi Haghighi and A.B. Bazrgar	
Effects of nitrogen, zinc and water salinity levels on yield, quality indices and nutrient uptake in canola (<i>Brassica napus</i> L.) Okapi variety	120
E. Ebrahimian, A. Bybordi, S.M. Seyyedi and R. Mohammadi Kia	
Extended abstracts	127-146

Agroecology

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 7 No. 1 Spring 2015

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parvaz Rezvani Moghadam

Editorial board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Dr. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, 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

Prof. Parviz Rezvani Moghadam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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- 38806454

Fax: +98- 51- 38796841

Email: agroecology@um.ac.ir

Web site: <http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology/index>