



نشریه علمی - پژوهشی پژوهشهای زراعی ایران

جلد ۱۵ شماره ۳

سال ۱۳۹۶

(شماره پیاپی: ۴۷)

شاپا: ۱۴۷۳-۲۰۰۸

عنوان مقالات

- اثر تاریخ، آرایش کاشت و سطوح نیتروژن بر ماده مؤثره برک و کل: عملکرد و اجزای عملکرد دانه
راش گندم (*Fagopyrum esculentum* Moench) ۴۷۷
محمدرضا سجادی - امین قرنیا - اریوشی مقناهری - محمد مجیدیان
- بررسی وضعیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم دیم با استفاده از نیتروژن ۱۵ ۴۹۴
ولی فیضی اصل - امیر قنوت - علیرضا آستارایی - میر لکریان - میراحمد موسوی سلمانی
- بررسی اثر مخلوط‌بازی متانول بر ویژگی‌های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) تحت تنش
خشکی ۵۱۱
جابر عیسی زاده پنجعلی خرابیسی - محمد گلری - محمود رمروزی
- اثر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه میکوریزای داخلی بر عملکرد و جذب عناصر ماکرو و میکرو در ژنوتیپ‌های
نخود (*Cicer arietinum* L.) ۵۳۲
محمد جواد ارشدی - مهدی یارما - امیر لکریان - محمد کفای
- ارزیابی کارایی فعالیت *Sinorhizobium meliloti* و خصوصیات کیفی پودر تحت تأثیر کاربرد مولیبدن ۵۳۶
فاطمه احمدی دانا - محمدنبی عیسی - محمدرضا اوردکائی - مرزاد پاکتاد
- تأثیر تراکم بوته بر روابط آلوستریک بین سطح برگ و صفات رویشی در گندم ۵۴۶
بهزاد ظفری فیهه رودخانی - افشین سبطانی - ابراهیم ربیعی - بهنام کامکار - محمد فیرورفر
- بررسی عملکرد و کارایی نیتروژن و فسفر در کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزای پاییزه ۵۵۹
علیرضا کرچکی - قرآنک نوربخش - مصطفی چشمی
- بررسی تأثیر کودهای آلی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلرنک (*Carthamus tinctorius* L.) ۵۷۵
سید مرتضی عظیم زده
- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط درهم و ردیفی بر عملکرد و اجزای عملکرد کتجد و لوبیا ۵۸۸
شیوا فلهه نویی - علیرضا کرچکی - محمدنقی تاضری یوریزدی - محسن جهان
- تأثیر کود دامی بر عملکرد علوفه، جذب و مصرف برخی عناصر غذایی در یک سیستم کشت مخلوط جو و شبلیله ۶۰۳
سارا فتیری - محمدرضا مرادی ناکوت - سید عطاءالله سیادت
- فلورسانس کلروفیل به عنوان شاخصی از خسارت تنش یخ‌زدگی در چغندر قند (*Beta vulgaris*) ۶۱۵
احمد نظامی حمید رفخزاعی - مجید دشتی - احسان عیسی رضایی - امیر حسن سعیدزاد
- ارزیابی تأثیر پیش‌تیمار بذریه با پراکسید هیدروژن بر خصوصیات آنالوژیکی و فیزیولوژیکی گندم در شرایط دیم ۶۲۷
علیه جعفریان - محمد جواد زارع
- بررسی تأثیر جهت خطوط کشت، کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپرچاداب بر عملکرد و اجزای عملکرد ماشک
برگه پهن ۶۳۹
الهام لطفی نیا - ناصر اکبری - قهرمان نظردین قزوین‌آبادی - سعید حیدری
- تأثیر کاربرد کود نیتروژن بر توان رقابت بولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) با گندم پاییزه ۶۴۹
اشکان جیلیدان - فرزاد مندنی - علیرضا باقری - محمود حرمی و ه

ادامه فهرست داخل جلد

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

«نشریه علمی - پژوهشی قطب علمی گیاهان زراعی ویژه»

با شماره ثبت ۱۲۴/۷۸۵۷ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و

۸۲/۵/۲۷

درجه علمی - پژوهشی شماره ۳/۱۱/۷۴۵۰۹ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

۸۹/۱۰/۲۱

سال ۱۳۹۶

شماره ۳

جلد ۱۵

صاحب امتیاز:

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

پرویز رضوانی مقدم

سر دبیر:

حمیدرضا خزاعی

استاد-اگرواکولوژی (دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیات تحریریه:

یحیی امام

استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)

عبدالرضا باقری

استاد- ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمدعلی بهدانی

دانشیار- اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

محمد بنایان اول

استاد- مدلسازی سیستمهای کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مجید جامی الاحمدی

دانشیار- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

حمیدرضا خزاعی

استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

حمید رحیمیان مشهدی

استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)

غلامرضا زمانی

دانشیار- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

احمد زارع فیض آبادی

استاد- اکولوژی گیاهان زراعی (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی)

فرج اله شهریاری احمدی

استاد- ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمد کافی

استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

احمد نظامی

استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

داریوش مظاهری

استاد- اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۲۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، نشریه پژوهشهای زراعی ایران صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمبر: ۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیک: cesc@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <https://jcesc.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه می شود:

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۴۷۷ اثر تاریخ، آرایش کاشت و سطوح نیتروژن بر ماده مؤثره برگ و گل، عملکرد و اجزای عملکرد دانه راش گندم (*Fagopyrum esculentum* Moench) محمد رضا سبحانی - امین فرنی - داریوش مظاهری - مجید مجیدیان
- ۴۹۴ بررسی وضعیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم دیم با استفاده از نیتروژن-۱۵ ولی فیضی اصل - امیر فتوت - علیرضا آستارایی - امیر لکزیان - میراحمد موسوی شلمانی
- ۵۱۱ بررسی تأثیر محلول پاشی متانول بر ویژگی‌های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) تحت تنش خشکی جابر عیسی زاده پنجعلی خرابسی - محمد گلوی - محمود رمودی
- ۵۲۲ اثر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه میکوریزای داخلی بر عملکرد و جذب عناصر ماکرو و میکرو در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) محمد جواد ارشدی - مهدی پارسا - امیر لکزیان - محمد کافی
- ۵۳۶ ارزیابی کارایی فعالیت *Sinorhizobium meliloti* و خصوصیات کیفی یونجه تحت تأثیر کاربرد مولیبدن فاطمه احمدی دانا - محمدنبی غیبی - محمد رضا اردکانی - فرزاد پاک‌نژاد
- ۵۴۶ تأثیر تراکم بوته بر روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در گندم بهزاد ظفری قلعه رودخانی - افشین سلطانی - ابراهیم زینلی - بهنام کامکار - محمد فیروزفرد
- ۵۵۹ بررسی عملکرد و کارایی نیتروژن و فسفر در کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزای پاییزه علیرضا کوچکی - فرانک نوربخش - مصطفی چشمی
- ۵۷۵ بررسی تأثیر کودهای آلی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) سید مرتضی عظیم زاده
- ۵۸۸ اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط درهم و ردیفی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و لوبیا شیوا قلعه نویی - علیرضا کوچکی - محمدتقی ناصری پوریزدی - محسن جهان
- ۶۰۳ تأثیر کود دامی بر عملکرد علوفه، جذب و مصرف برخی عناصر غذایی در یک سیستم کشت مخلوط جو و شبلیله سارا قنبری - محمد رضا مرادی تلاوت - سید عطاء الله سیادت
- ۶۱۵ فلورسانس کلروفیل به عنوان شاخصی از خسارت تنش یخ‌زدگی در چغندر قند (*Beta vulgaris*) احمد نظامی - حمید رضا خزاعی - مجید دشتی - احسان عیسی رضایی - امیر حسین سعید نژاد
- ۶۲۷ ارزیابی تأثیر پیش تیمار بدر با پراکسید هیدروژن بر خصوصیات آناتومیکی و فیزیولوژیکی گندم در شرایط دیم طیبه جعفریان - محمد جواد زارع
- ۶۳۹ بررسی تأثیر جهت خطوط کشت، کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ماشک برگ پهن الهام لطیفی نیا - ناصر اکبری - فرهاد نظریان فیروزآبادی - سعید حیدری
- ۶۴۹ تأثیر کاربرد کود نیتروژن بر توان رقابت یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) با گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه اشکان جلیلیان - فرزاد مندنی - علیرضا باقری - محمود خرمی وفا

تأثیر انواع روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی چغندر قند (*Beta vulgaris*) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم ۶۶۳
(*Triticum aestivum*)

محمد رضا سلامی - پرویز رضوانی مقدم - حمید رضا شریفی - علیرضا قائمی - مهدی نصیری محلاتی

بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه، تجمع اسمولیت‌ها و رنگ دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های ۶۷۶
سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)

علی آذری نصرآباد - سید محسن موسوی نیک - محمد گلوی - سید علیرضا بهشتی - علیرضا سیروس مهر

اثر ترکیب‌های مختلف کاشت و کود زیستی بر کارآیی مصرف آب و نیتروژن در کشت مخلوط ارزن معمولی (*Panicum* ۶۹۱
miliaceum L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

اسداله خاکی نجف آبادی - محسن جهان - علیرضا کوچکی - مهدی نصیری محلاتی

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، کودهای زیستی و نانونیترژن بر عملکرد و کارآیی مصرف نیتروژن سویا در منطقه داراب (استان فارس) ۷۰۹
سمیه شعبانی - محسن موحدی دهنوی



اثر تاریخ، آرایش کاشت و سطوح نیتروژن بر ماده مؤثره برگ و گل، عملکرد و اجزای عملکرد دانه راش گندم (*Fagopyrum esculentum* Moench)

محمدرضا سبحانی^{۱*} - امین فرنی^۲ - داریوش مظاهری^۳ - مجید مجیدیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت، آرایش کاشت و نیتروژن بر ماده مؤثره (روتین) برگ و گل، عملکرد و اجزای عملکرد دانه راش گندم، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی اراک انجام شد. تیمار آرایش کاشت به عنوان عامل اصلی در دو سطح ۵۰ سانتی متر عرض پشته با دو ردیف کاشت به فاصله ۲۰ سانتی متر (P_1) و ۶۰ سانتی متر عرض پشته با سه ردیف کاشت به فاصله ۱۵ سانتی متر (P_2)، تیمار تاریخ کاشت در چهار سطح شامل: ۳۰ خرداد (D_1)، ۱۴ تیر (D_2)، ۲۹ تیر (D_3) و ۱۳ مرداد (D_4) و نیتروژن در چهار سطح صفر (N_1)، ۵۰ کیلوگرم (N_2)، ۱۰۰ کیلوگرم (N_3) و ۱۵۰ کیلوگرم (N_4) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثرات متقابل آرایش کاشت×تاریخ کاشت×نیتروژن بر صفات عملکرد دانه و وزن هزاردانه در سطح احتمال پنج درصد و بر صفات تعداد کل دانه در گیاه، درصد روتین برگ و گل در سطح احتمال یک درصد معنی دار و بر صفت تعداد خوشه در گیاه معنی دار نبودند. به طوری که بیشترین عملکرد دانه با ۲۸۵۷ کیلوگرم در هکتار، تعداد خوشه در گیاه با ۳۳/۲۰ عدد، تعداد کل دانه در گیاه با ۴۳۴/۱ عدد مربوط به تیمار ($P_2D_3N_3$) بود. بیشترین وزن هزاردانه با ۲۹/۲۸ گرم مربوط به تیمار ($P_2D_3N_4$) بود و بیشترین درصد روتین برگ با ۱/۰۱ درصد، مربوط به تیمار ($P_2D_4N_4$) بود. همچنین بیشترین درصد روتین گل با ۱/۳۶ درصد، مربوط به تیمار ($P_1D_3N_3$) بود.

واژه‌های کلیدی: درصد روتین برگ، درصد روتین گل، دو ردیف کاشت، وزن هزار دانه

مقدمه

خاصیت با محتوای روتین^۷ آن در ارتباط است. این گیاه بومی کشور چین است، اما اغلب این گیاه را فاگوپیروم ژاپنی می‌نامند و در آسیا در کشورهای چین، ژاپن، روسیه و چند کشور دیگر کشت می‌شود (Bluett, 2001). آرد حاصل از دانه این گیاه اثر شفاف‌بخش مشخص در کنترل و بهبود دیابت داشته و نیز سبب مداوای تصلب بافت‌های رگ‌های مغز، بیماری‌های مربوط به رگ‌های قلب و بیماری فشار خون می‌شود (Quettier et al., 2000; Bluett, 2001; Tuo et al., 2002). ارزش تغذیه‌ای دانه این گیاه نسبت به دانه غلات حقیقی بیش‌تر بوده و به عنوان یک منبع عالی از پروتئین با کیفیت و یک منبع غنی از اسیدآمینه ضروری لیزین (میزان این اسیدآمینه در غلات بسیار پایین است) محسوب می‌شود (Ikeda et al., 1999; Brunori

راش گندم^۵، گیاهی یک‌ساله پهن‌برگ متعلق به خانواده علف هفت‌بند^۶ می‌باشد که به غله کاذب معروف است. از دانه‌های آن به عنوان یک محصول غذایی و دارویی استفاده می‌شود که این

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد و مربی دانشگاه آزاد اسلامی اراک

۲- استادیار، گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

۴- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی گیلان

(*)- نویسنده مسئول: (Email: sobhani.mohammadreza47@yahoo.com)

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.25177

5- Buckwheat

6- Polygonaceae

(*et al.*, 2005). هم‌چنین با دارا بودن درصد نشاسته بالا، مواد معدنی و ویتامین‌ها به جهت مصارف مختلف از جمله آرد کیک، بلغور، سوپ و غیره استفاده می‌شود (*Schneider et al.*, 1996). سطح زیر کشت راش‌گندم بالغ بر سه میلیون هکتار ذکر گردیده که بیش‌تر بوده و به‌عنوان یک منبع عالی از پروتئین با کیفیت و یک منبع غنی از اسیدآمینه ضروری لیزین (میزان این اسیدآمینه در غلات بسیار پایین است) محسوب می‌شود (*Ikedo et al.*, 1999; *Brunori et al.*, 2005). هم‌چنین با دارا بودن درصد نشاسته بالا، مواد معدنی و ویتامین‌ها به جهت مصارف مختلف از جمله آرد کیک، بلغور، سوپ و غیره استفاده می‌شود (*Schneider et al.*, 1996).

سطح زیر کشت راش‌گندم بالغ بر سه میلیون هکتار ذکر گردیده که بیش‌ترین سطح زیر کشت آن به اتحاد جماهیر شوروی (۵۴ درصد) و بعد از آن به چین (۳۸ درصد) نسبت داده شده است (*Bjorkman*, 2002). با توجه به افزایش جمعیت جهان و شرایط زندگی جوامع بشری، نیاز به مواد غذایی بیش‌تر و کیفیت بهتر ضروری است و از طرفی با شرایط اقلیمی کشور و از آنجاکه این گیاه توقعات تغذیه‌ای پایینی دارد و در خاک‌های غیر حاصلخیز نیز رشد نسبی مناسبی دارد، (و عدم کشت آن در کشور) توسعه کشت آن با داشتن خصوصیات مطلوب غذایی دارویی گزینه مناسبی برای استفاده می‌باشد (*Joshi and Rana*, 1995; *Bjorkman*, 2002; *Aufhammer*, 1999). عملکرد گیاهان، حاصل رقابت‌های درون و برون‌گونه‌ای برای کسب امکانات بالقوه محیطی بوده و حداکثر عملکرد در واحد سطح هنگامی حاصل می‌گردد که این رقابت‌ها به حداقل برسد. یکی از راه‌های به حداقل رساندن این رقابت‌ها تنظیم توزیع گیاهان در واحد سطح است، چرا که فاصله بین ردیف‌های کاشت و هم‌چنین فاصله گیاهان در روی ردیف‌های کاشت تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته می‌باشد (*Hu*, 2003). (*Inoue*, 2004) در بررسی تراکم‌های ۱۲۵، ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ بوته در واحد سطح (مترمربع) و فاصله ردیف کاشت (۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ سانتی‌متر) راش‌گندم، بهترین عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط ۱۲۵ بوته در ردیف‌های ۳۶ سانتی‌متر گزارش شد (*Lee et al.*, 2001b).

هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن زمان مناسب کاشت رقم یا گروهی از ارقام مشابه یک گیاه است. به نحوی که مجموعه عوامل محیطی موجود در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاه مناسب باشد (*Hore et al.*, 2002). تاریخ کاشت مناسب از عوامل مهم و مؤثر در به‌دست آوردن عملکرد مطلوب گیاهان زراعی می‌باشد. طی گزارشی بهترین تاریخ کاشت راش‌گندم در بین تاریخ‌های مختلف کاشت (اواخر آوریل، اوایل و اواخر می، اوایل و اواخر ژوئن)، اواخر می با عملکرد ۲۰۵۹ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (*Lee et al.*, 2002).

بهترین تاریخ کاشت راش‌گندم در اروپای غربی از اواسط ماه می تا جولای ذکر شده است (*Bernath*, 2000). هم‌چنین در آزمایشی در تاریخ کاشت اواسط ماه می در ردیف‌های ۱۲/۵ سانتی‌متری با تراکم ۲۰۰ بوته در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه در راش‌گندم گزارش شد (*Kalinova and Nadezda*, 2009). یکی از این عناصر غذایی که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است نیتروژن می‌باشد (*Feng*, 2003). در آزمایشی که بر روی راش‌گندم در دو تاریخ کاشت (۲۰ و ۲۵ ژوئن) و سطوح مختلف نیتروژن (صفر-۲۰-۴۰-۶۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد، بیش‌ترین تعداد شاخه در گیاه، وزن هزاردانه و عملکرد در تاریخ کاشت ۲۵ ژوئن و استفاده از ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن گزارش شد (*Wagenbreth et al.*, 1996). طی آزمایشی به‌منظور تأثیر تاریخ‌های کاشت بر درصد روتین راش‌گندم درصد روتین در تاریخ‌های کاشت بعد از تابستان نصف تاریخ‌های کشت تابستان گزارش شده است (*Mao et al.*, 2003). طبق آزمایشات انجام شده در کشور آلمان بیش‌ترین میزان روتین در راش‌گندم ۴۵ روز پس از کشت به‌دست آمد. هم‌چنین کود نیتروژن زیاد باعث کاهش روتین و افزایش زیست‌توده گردید (*Hagels et al.*, 1995). بررسی خصوصیات راش‌گندم در هفت تاریخ کاشت در شهرستان کرج، بهترین تاریخ کاشت برای بیش‌ترین تعداد شاخه در گیاه، ماده خشک و درصد روتین پنج تیر ماه گزارش شده است (*Omidbaigi and Mastro*, 2004).

هدف از اجرای این آزمایش مطالعه اثر تاریخ کاشت، آرایش کاشت و نیتروژن بر عملکرد دانه و روتین گیاه راش‌گندم برای اولین بار در شرایط آب‌وهوایی اراک بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی استان مرکزی واقع در ۲ کیلومتری شمال شهر اراک با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و پنج دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه طول جغرافیایی و ارتفاع ۱۷۵۷ متر از سطح دریا در قطعه زمینی با بافت خاک لومی‌رسی، اسیدیته ۷/۶، میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع آب خاک ۱/۲۸ دسی‌زیمنس بر متر و درصد نیتروژن خاک ۰/۰۶ اجرا شد. میزان بارندگی در طول دوره آزمایش مذکور بر مبنای آمار هواشناسی صفر و میانگین دمای سالیانه بر اساس آمار این ایستگاه برابر با ۲۴/۶ درجه سلسیوس بود.

این آزمایش به‌صورت طرح اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌اجرا درآمد، تیمارها شامل آرایش کاشت (P) به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح ۵۰ سانتی‌متر عرض پشته با دو ردیف کاشت روی آن به فاصله ۲۰ سانتی‌متر (P₁) و ۶۰ سانتی‌متر عرض پشته با سه ردیف کاشت روی آن به فاصله

سال با آرایش کاشت، سال با تاریخ کاشت، سال با کود نیتروژن و سال با تکرار معنی دار نبودند. در بین اثرات ساده، تیمارهای تاریخ کاشت و آرایش کاشت معنی دار بودند و سطوح کود نیتروژن معنی دار نبود. در بین اثرات متقابل، تیمارهای تاریخ کاشت با کود نیتروژن، آرایش کاشت با کود نیتروژن و تاریخ کاشت با آرایش کاشت معنی دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تاریخ کاشت سوم با میانگین عملکرد ۲۳۸۱ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد را به‌همراه داشت و بیش‌ترین عملکرد در استفاده از ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به‌میزان ۲۲۵۹ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین عملکرد در تیمار برهم‌کنش آرایش کاشت × تاریخ کاشت مربوط به تیمار P_1D_3 به‌میزان ۲۶۴۹ کیلوگرم در هکتار، در برهم‌کنش آرایش کاشت × نیتروژن با ۲۴۲۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار P_2N_3 در برهم‌کنش تاریخ کاشت × نیتروژن مربوط به تیمار D_3N_3 با ۲۴۲۶/۶۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). برهم‌کنش سه‌گانه تیمارها نیز اختلافی در سطح پنج‌درصد را نشان داد، به‌طوری‌که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بیش‌ترین عملکرد دانه با ۲۸۵۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار $P_2D_3N_3$ بود. مهمترین صفت مورد بررسی در هر آزمایش که تقریباً تمام نتیجه‌گیری‌ها را به‌خود اختصاص خواهد داد، عملکرد دانه می‌باشد. زیرا اجزای عملکرد در نهایت منتهی به این فاکتور خواهد شد. عملکرد نهایی راش گندم مانند سایر گیاهان تابع عوامل متعدد محیطی و ژنتیکی گیاه است (Hore et al., 2002).

عملکرد گیاهان در شرایط دمای بالا (تابستان) بستگی به همه عوامل به‌خصوص تعیین تاریخ کاشت مناسب به جهت تعیین منبع مواد آسمیلاتی دانه و تأثیر آن بر کاهش دوره پُرسدن دانه، نه سرعت پُرسدن آن و بسیار با اهمیت است (Srinivasan et al., 2005). عملکرد دانه بیش‌تر در تاریخ کاشت سوم را می‌توان به رشد رویشی بهتر، توسعه تاج پوشش و در نتیجه استفاده مناسب‌تر از تشعشع خورشیدی و فتوسنتز بالا در مراحل رویشی و تبع آن ذخیره بیش‌تر برای انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در دوره پُرسدن دانه نسبت داد. در تاریخ‌های کاشت اول و دوم احتمالاً ایجاد تنش دمایی به‌دلیل افزایش درجه حرارت و تبخیر از سطح خاک، برخورد زمان گل‌دهی با درجه حرارت‌های بالا، ریزش گل‌ها و سقط جنین (شرایط نامساعد محیطی در مرحله زایشی) دلایل اصلی کاهش عملکرد بوده است. در تاریخ کاشت چهارم شاهد کاهش شدیدی در تمامی صفات (به‌جز وزن هزاردانه و درصد روتین برگ) نسبت به تاریخ کاشت سوم بودیم. این روند نزولی به‌حدی بود که افزایش وزن هزاردانه نتوانست آن را جبران کند که نتیجه آن کاهش عملکرد دانه بود. نتایج از این لحاظ با یافته‌های Egli and Bruening (2000) مطابقت داشت.

Hore et al., (2002) بهترین تاریخ کاشت را در هند در ماه August اعلام نمودند. طی گزارشی بهترین تاریخ کاشت را آخر ماه می با عملکرد ۲۰۵۹ کیلوگرم در هکتار اعلام کرده‌اند (Lazányi

۱۵ سانتی‌متر (P_2) و تیمارهای تاریخ کاشت (D) در چهار سطح شامل ۳۰ خرداد (D_1) ، ۱۴ تیر (D_2) ، ۲۹ تیر (D_3) و ۱۳ مرداد (D_4) و نیتروژن (N) در چهار سطح شامل صفر (N_1) ، ۵۰ کیلوگرم (N_2) ، ۱۰۰ کیلوگرم (N_3) و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_4) به‌عنوان عوامل فرعی بودند. فاصله روی خطوط کاشت با توجه به تراکم ثابت (۱۰۰ بوته در مترمربع) برای تیمار P_1 چهار سانتی‌متر و P_2 پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت آزمایشی در آرایش کاشت (P_1) $۱/۶ \times ۲$ متر و برای آرایش کاشت (P_2) $۱/۶ \times ۲/۴$ متر و متشکل از چهار ردیف کاشت تعیین شد. رقم مورد استفاده، راش گندم معمولی (common) تهیه شده از کشور روسیه بود. عملیات کشت در تاریخ‌های ذکر شده به‌صورت دستی انجام گرفت. توزیع کود نیتروژن (از منبع اوره) در دو مرحله، مرحله اول چهاربرگی گیاه و مرحله دوم هشت‌برگی گیاه در مزرعه انجام شد (Zepp et al., 1996). برای محاسبه میزان عملکرد نهایی دانه مجموع دانه‌های موجود در سطح یک مترمربع (بر مبنای ۱۲ درصد رطوبت) در زمان رسیدن ۷۵ درصد دانه‌ها در هر کرت به‌عنوان معیار عملکرد دانه در هکتار محاسبه گردید. به‌منظور تعیین (تعداد خوشه در کل گیاه و تعداد کل دانه در گیاه) تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد خوشه‌ها و دانه‌های موجود شمارش و میانگین آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت و برای تعیین وزن هزاردانه ۱۰ نمونه صدتایی از توده دانه مربوط به هر تیمار توزین و میانگین آن‌ها در عدد ۱۰ ضرب شد، استخراج و اندازه‌گیری روتین با دستگاه اچ‌پی‌ال‌سی انجام گرفت (Kreft et al., 1999; Kreft et al., 2002). پس از اتمام کار تزریق و گرفتن نمودارها و اعداد به‌دست آمده از دستگاه، درصد دقیق روتین در نمونه‌های گیاهی توسط معادله زیر محاسبه شد (Omidbaigi and Mastro, 2004):

$$r_1 = \frac{a \times V}{v \times m} \times 100 \quad (1)$$

که در این معادله، a: مقدار روتین گزارش شده توسط دستگاه برحسب میلی‌گرم، V: حجم نهایی حاصل از عصاره‌گیری برحسب میلی‌لیتر، v: حجم تزریق از نمونه‌ی مورد نظر برحسب میلی‌لیتر، m: وزن خشک معرفی جهت عصاره‌گیری به میلی‌گرم می‌باشد. کلیه محاسبات آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و برای ترسیم منحنی از نرم‌افزار Excel استفاده گردید و میانگین‌های حاصل در آزمایش با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد مقایسه صورت پذیرفت.

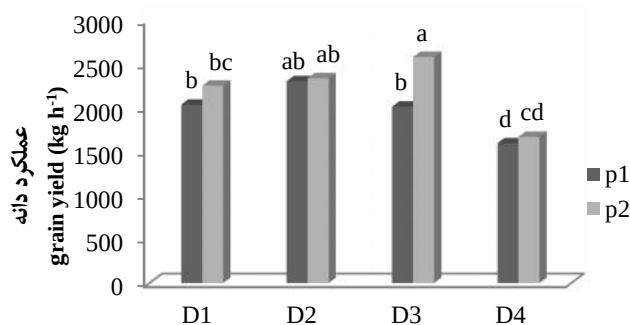
نتایج و بحث

عملکرد دانه

بررسی و تحلیل مرکب داده‌ها نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثر سال قرار نگرفت و در اثر متقابل سال با تیمارها، اثر متقابل

باورند که حداکثر عملکرد دانه زمانی به دست می آید که فاصله ردیف‌های کاشت نزدیک‌تر باشند. همچنین به نظر می‌رسد، خنک‌تر بودن شرایط خرداقلیمی داخل سایه‌انداز در آرایش کشت P_2 سبب حفظ بیش‌تر محتوای رطوبتی خاک شده و توانسته تأثیر خود را در عملکرد نمایان سازد. در آزمایشی با اعمال تیمار تراکم (فاصله ردیف‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر)، عملکرد دانه حاصل به‌ترتیب ۳/۲۱، ۲/۸۵، ۲/۴۸ تن در هکتار را نشان داد (Hagels *et al.*, 1995). با توجه به این‌که افزایش کود نیتروژن باعث می‌شود رشد رویشی تحریک شود و طول دوره زایشی کاهش یابد و از طرف دیگر در شرایط کاشت تابستانه اثر دما که خود عاملی در جهت سرعت بخشیدن به فعالیت‌های گیاهی (کاهش دوره رویشی و زایشی) بسیار مؤثر است و از آنجایی‌که راش‌گندم گیاهی رشد نامحدود است، لذا برهم‌کنش کود نیتروژن و تاریخ‌های کاشت باعث شده که در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن گیاه بتواند به شاخص سطح برگ مناسب خود نزدیک‌تر شود و سهم بیش‌تری از مواد فتوسنتزی به دانه‌ها تعلق گیرد.

(2009, and László). محققین چینی در آزمایشی میزان عملکرد راش‌گندم را ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند (Mao *et al.*, 2003; Lazányi and László, 2009). در بررسی عملکرد پنج رقم راش‌گندم در ایتالیا بیش‌ترین عملکرد را مربوط به رقم La Harpe به‌میزان ۲۳۷۹ کیلوگرم گزارش شد (Brunori *et al.*, 2005). برخی از محققین کم‌ترین میزان عملکرد به‌میزان ۸۲۱ کیلوگرم و بیش‌ترین میزان عملکرد راش‌گندم را ۱۸۹۰ کیلوگرم گزارش کردند (Chang *et al.*, 2003). همچنین بیش‌ترین عملکرد دانه راش‌گندم را در منطقه مورد مطالعه ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند (Marquard and Kroth, 2001). در تیمار آرایش کاشت با توجه به این‌که تراکم ثابت بود، توزیع بوته‌ها در تیمار P_2 نسبت به P_1 توانسته رقابت درون‌گونه‌ای (رقابت روی و بین ردیف) را کمتر نماید و امکان این‌که سهم هر گیاه به جهت کسب نور و جذب آب و مواد غذایی از ریشه‌ها را بیش‌تر کند محتمل می‌باشد. وقتی گیاهان به‌صورت ردیفی کشت می‌شوند، رقابت درون‌گونه‌ای آن‌ها به‌علت تغییر در مورفولوژی گیاه و افزایش تعداد منبع و مخزن افزایش می‌یابد و بیش‌تر محققان بر این

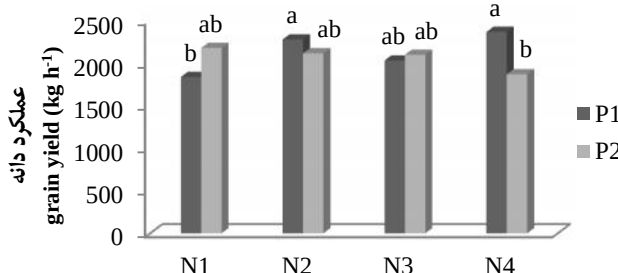


شکل ۱- برهم‌کنش آرایش کاشت و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد با آزمون دانکن ندارند.

Figure 1- Interaction of planting pattern and sowing date on grain yield

The columns having at least one common letter are not significant differences on the level of five percent by Duncan test.



شکل ۲- برهم‌کنش آرایش کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد دانه

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد با آزمون دانکن ندارند.

Figure 2- Interaction of planting pattern and nitrogen fertilizer on grain yield

The columns having at least one common letter are not significant differences on the level of five percent by Duncan test.

در تیمارهای استفاده از صفر و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن گیاه نتوانسته به شاخص سطح برگ مطلوب برسد و فرصت فتوسنتز بیش‌تر و در نتیجه تولید زیست‌توده بیش‌تر قبل از دوره پُرشدن دانه به گیاه داده نشده است. لذا سهم انتقال مجدد در گیاه با اتکا به بنیه ضعیف ذخیره مواد در این شرایط بسیار محدود خواهد بود و ریسک کاهش عملکرد افزایش می‌یابد (شکل‌های ۱ و ۲).

طی گزارشی از هند میزان استفاده ۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۲۰ کیلوگرم فسفر و ۴۰ کیلوگرم پتاسیم را باعث افزایش عملکرد راش‌گندم اعلام نمودند (Quettier et al., 2000). در آزمایشی در تراکم‌های مختلف کاشت و نیتروژن گزارش شد که تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع با میزان ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بالاترین عملکرد را به‌همراه داشت (Omidbaigi and Zakizadeh, 2002).

وزن هزاردانه

بررسی و تحلیل مرکب داده‌ها نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثر سال قرار گرفت و در اثر متقابل سال با تیمارها، اثر متقابل سال با آرایش کاشت، سال با تاریخ کاشت، سال با کود نیتروژن و سال با تکرار معنی‌دار نبودند. در بین اثر ساده، تیمارهای تاریخ کاشت و کود نیتروژن معنی‌دار بودند و آرایش کاشت معنی‌دار نبود و بین اثر متقابل، تیمارهای آرایش کاشت با کود نیتروژن و تاریخ کاشت با آرایش کاشت و تاریخ کاشت با کود نیتروژن معنی‌دار بودند (جدول ۱). وزن هزاردانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیش‌ترین وزن هزاردانه در تاریخ کاشت ۲۹ تیر (D₃) به‌میزان ۲۸/۹۳ گرم به‌دست آمد. هم‌چنین بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار کود نیتروژن مربوط به استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N₄) به‌میزان ۲۸/۰۵ گرم بود. در برهم‌کنش دوگانه تاریخ کاشت × نیتروژن بیش‌ترین میزان وزن هزاردانه مربوط به تیمار D₃N₄ به‌میزان ۲۹/۸۶ گرم بود (جدول ۲). در برهم‌کنش سه‌گانه تاریخ کاشت × آرایش کاشت × نیتروژن بیش‌ترین میزان وزن هزاردانه مربوط به تیمار P₂D₃N₄ به‌میزان ۲۹/۲۸ گرم بود (جدول ۳). وزن هزاردانه از جمله مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد است. وجود دانه‌های بزرگ که به‌خوبی پُر شده‌اند، باعث بالابردن عملکرد نیز خواهد شد. اندازه نهایی دانه تا حد زیادی بین ژنوتیپ‌ها و نیز تحت شرایط محیطی مختلف متغیر است. وزن هزاردانه به سرعت و دوام رشد دانه از مرحله گرده‌افشانی، تا رسیدگی فیزیولوژیکی بستگی دارد و می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله گرما قرار گیرد (Saeger and Dyck, 2000).

می‌توان چنین بیان کرد در تاریخ کاشت سوم به‌علت شرایط رویشی بهتر از نظر دمایی و مصادف شدن گل‌دهی و تلقیح گل‌ها با

فعالیت بیش‌تر حشرات و هوای مطلوب محیط انتقال بیش‌تر مواد غذایی و فتوسنتزی به دانه‌ها صورت پذیرفته است. چون بین منبع فتوسنتز و ظرفیت تولید دانه (مقصد)، توازن ایجاد می‌گردد، در نتیجه در شرایط گرما تعداد دانه کاهش می‌یابد و لذا سهم هر دانه از مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد. اگرچه وزن هزاردانه به‌طور عمده متأثر از میزان مواد فتوسنتزی، تعداد دانه و ظرفیت هر دانه می‌باشد، اما ژنوتیپ و شرایط آب‌وهوایی طی دوره رشد و نمو گیاه نیز بر آن مؤثرند. از این‌رو به‌نظر می‌رسد که کاهش وزن هزاردانه در تاریخ‌های کاشت دیگر نسبت به تاریخ کاشت سوم می‌تواند به‌علت کم‌بودن ماده فتوسنتزی که به‌صورت عملکرد بیولوژیکی کمتر (حاصل دوره رشد کوتاه‌تر) و انطباق مراحل زایشی و دوره پُرشدن با شرایط آب‌وهوایی نامساعدتر نسبت به تاریخ کاشت سوم باشد. با افزایش فواصل کاشت به‌همراه کاشت یکنواخت، رقابت بوته‌ای کاهش یافته و در نتیجه استفاده هر خوشه از مواد غذایی بیش‌تر می‌شود، چون تعداد دانه در هر خوشه تغییر نمی‌کند؛ اثر خود را با افزایش وزن هزاردانه نشان می‌دهد. در آرایش کاشت ۵۰ سانتی‌متر عرض پشته با دو ردیف کاشت امکان تبخیر از سطح زمین به‌دلیل کم‌بودن حجم خاک پشته و سایه‌اندازی کمتر گیاه بر روی پشته و جویچه‌ها علی‌رغم آبیاری یکسان در تمامی تیمارها به‌نظر می‌رسد گیاه دچار کمبود آب شده و نتوانسته در حد پتانسیل خود تولید دانه (از نظر وزن و تعداد) داشته باشد.

استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن راش‌گندم را به بیشینه پتانسیل تولید مواد ذخیره‌ای در دانه رسانده و با توجه به پویابودن مواد اندوخته‌ای توانسته باعث موفقیت در افزایش وزن هزاردانه نسبت به سایر تیمارهای کود نیتروژن شود. افزایش وزن هزاردانه با افزایش درجه حرارت به‌همراه استفاده از کود نیتروژن توسط محققان دیگر گزارش شده است (Kalinova and Nadezda, 2009; Vinodkumar, 2005). تأثیر درجه‌حرارت (کشت تابستان) بر اندازه بذر گزارش شده است (Hagels et al., 1995).

تعداد خوشه در گیاه

بررسی و تحلیل مرکب داده‌ها نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثر سال قرار نگرفت و در اثر متقابل سال با تیمارها، اثر متقابل سال با آرایش کاشت و سال با تکرار معنی‌دار بود و سال با تاریخ کاشت و سال با کود نیتروژن معنی‌دار نبود. در بین اثر ساده، تیمارهای تاریخ کاشت، آرایش کاشت و کود نیتروژن معنی‌دار بودند و در اثر متقابل تیمارها تاریخ کاشت با آرایش کاشت، تاریخ کاشت با کود نیتروژن و آرایش کاشت با کود نیتروژن معنی‌دار نبود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد، روتین برگ و گل

Table 1- Mean squares from analysis of variance yield and component yield, leaf and flower rutin

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 grain weight	تعداد کل دانه در گیاه Total number of seed per plant	تعداد خوشه در گیاه Number of ear per plant	درصد روتین برگ Leave rutin	درصد روتین گل Flower rutin
سال (Y)	1	726.192 ^{ns}	20.28**	22194.45**	55.15 ^{ns}	0.065*	0.001 ^{ns}
سال × تکرار (Y × R)	4	192396.09 ^{ns}	0.422 ^{ns}	292.86 ^{ns}	12.65*	0.005 ^{ns}	0.019*
آرایش کاشت (P)	1	192482.67**	4.02 ^{ns}	36591.5**	113.75*	0.001 ^{ns}	2.79**
سال × آرایش کاشت (Y × P)	1	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	351.86 ^{ns}	76.01*	0.005 ^{ns}	0.001 ^{ns}
سال × آرایش کاشت × تکرار (Y × P × R)	4	65111.72 ^{ns}	0.832 ^{ns}	419.48 ^{ns}	8.38 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.010 ^{ns}
تاریخ کاشت (D)	3	496822.61**	57.05**	334853.95**	119.67*	1.34**	1.903**
کود نیتروژن (N)	3	310005.01 ^{ns}	6.81**	6245.74**	58.85**	0.100**	0.171**
تاریخ کاشت × آرایش کاشت (D × P)	3	1476401.61**	10.25**	2440.67**	210.33 ^{ns}	0.151*	1.38**
آرایش کاشت × کود نیتروژن (P × N)	3	1513156.67**	2.73**	7303.24*	275.71 ^{ns}	0.058*	0.495**
تاریخ کاشت × کود نیتروژن (P × N)	9	1036153.74**	2.96**	19885.03**	78.85 ^{ns}	0.493**	0.089**
سال × تاریخ کاشت (P × Y)	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	95.71 ^{ns}	122.59 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.003 ^{ns}
کود نیتروژن × سال (N × Y)	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	641.75*	38.02 ^{ns}	0.040**	0.001 ^{ns}
کود نیتروژن × سال × تاریخ کاشت (N × Y × D)	9	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	1607.30**	60.33 ^{ns}	0.016*	0.003 ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × آرایش کاشت (Y × D × P)	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	81.78*	69.99 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.004 ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × کود نیتروژن (Y × P × N)	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	722.01*	45.70 ^{ns}	0.017*	0.0005 ^{ns}
تاریخ کاشت × کود نیتروژن × آرایش کاشت (Y × P × N × R)	9	11077511.76*	12.65*	12426.89**	148.89 ^{ns}	0.095**	0.261**
سال × تاریخ کاشت × کود نیتروژن (Y × P × N × R)	9	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	198.71**	37.05 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.004 ^{ns}
خطای آزمایش Test error	91	183728.35	1.63	232.70	8.35	0.006	0.005
ضریب تغییرات %CV		19.84	4.61	10.28	13.37	16.58	10.48

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

Ns, *, **. Non significant, significant at level of p<0.05, 0.01, respectively

خوشه در گیاه را به خود اختصاص دادند. در برهم کنش دوگانه، آرایش کاشت در تاریخ کاشت تیمار D_2P_2 با تعداد $24/70$ خوشه در گیاه و در تاریخ کاشت × نیتروژن تیمار D_3N_4 با تعداد $27/04$ خوشه در گیاه و در آرایش کاشت × نیتروژن تیمار P_2N_4 با تعداد $23/27$ خوشه در گیاه بیشترین بودند (جدول ۲). با مشاهده نتایج اثر متقابل سه گانه، تیمار

نتایج بررسی تعداد خوشه در گیاه تحت تأثیر تاریخ کاشت، آرایش کاشت و نیتروژن نشان می‌دهد که تاریخ کاشت سوم (D_3) با تعداد $24/87$ خوشه در گیاه و آرایش کاشت (P_2) 60 سانتی متر عرض پشته سه ردیف کاشت با تعداد $21/33$ خوشه در گیاه و در تیمار نیتروژن سطح چهارم نیتروژن 150 کیلوگرم با $22/90$ خوشه بیشترین میزان

مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن با افزایش رشد رویشی و زایشی، احتمالاً تشکیل گل‌های ناقص و بیش‌تر از ظرفیت نگه‌داری گیاه فزونی یافته بود. (Hu, 2003) در بررسی اثر تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد راش گندم میزان ۱/۰۵ میلیون بوته در هکتار را بهترین تراکم اعلام نموده و همبستگی تراکم را با تعداد گل و غنچه مثبت گزارش کرده است. طی گزارشی تعداد خوشه در ساقه اصلی گیاه راش گندم را شش عدد عنوان نموده است (Cawoy, 2007). طی گزارشی روی ۴۰ رقم از (*F. Esculentum*) و ۳۰ رقم از (*F. tatarica*) در دو منطقه نپال، همبستگی مثبت بین روزهای رسیدگی دانه با تعداد گل گزارش شده است (Bal, 2005). در تحقیقی بیش‌ترین تعداد خوشه در گیاه راش گندم ۱۸۰ عدد گزارش شده است (Bavec, 2006).

تعداد دانه در گیاه

بررسی و تحلیل مرکب داده‌ها نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثر سال قرار گرفت و در اثر متقابل سال با تیمارها، تیمار سال با کود نیتروژن معنی‌دار بود و اثر متقابل سال با تکرار، سال با آرایش کاشت و سال با تاریخ کاشت معنی‌دار نبود. در بین اثر متقابل سایر تیمارها کلیه تیمارها معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که بیش‌ترین تعداد دانه در گیاه در تیمار آرایش کاشت (P_2) با ۱۷۱/۴۶ عدد، در تیمار تاریخ کاشت مربوط به تاریخ کاشت سوم با ۲۷۷/۲ عدد و در تیمار کود نیتروژن مربوط به استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار با ۱۷۶/۳۵ عدد بود. بیش‌ترین تعداد دانه در گیاه در برهم‌کنش دوگانه تیمارها برای آرایش کشت × تاریخ کاشت مربوط به تیمار ($P_2 D_3$) با تعداد ۲۸۳/۶۰ عدد برای آرایش کشت × نیتروژن مربوط به تیمار ($P_2 N_2$) با تعداد ۱۹۹/۸۵ عدد و برای تاریخ کاشت × نیتروژن مربوط به تیمار ($D_3 N_3$) با تعداد ۳۴۹/۹۷ عدد بود (جدول ۲). در برهم‌کنش سه‌گانه، تیمار ($P_2 D_3 N_3$) با تعداد ۴۳۴/۱ عدد بیش‌ترین تعداد دانه در گیاه را دارا بود (جدول ۳).

پتانسیل تعداد دانه در گیاه مربوط به تعداد گل در بوته و دوام گل‌ها در شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (Seong, 1998). با توجه به این‌که تعداد دانه در گیاه به عواملی از قبیل تطابق زمان گل‌دهی با شرایط نامناسب محیطی و تعداد گل‌ها و خوشه‌های تشکیل شده در گیاه مرتبط می‌باشد. لذا تاریخ کاشت سوم توانسته چنین شرایطی برای ایجاد گل‌انگیزی بیش‌تر و در نتیجه تعداد دانه در گیاه را قبل از شرایط گرده‌افشانی فراهم سازد و هم‌چنین شرایط مناسب در زمان گرده‌افشانی توسط حشرات (زنبر) نیز عامل مهم تعیین‌کننده تعداد دانه در گیاه بوده است. در تاریخ‌های کاشت اول و دوم، دمای بالا ضمن تأثیر بر دوره زایشی باعث کاهش ایجاد اندام‌های زایشی گیاه شده و از طرفی در زمان گل‌دهی و گرده‌افشانی باعث عدم لقاح و

$D_3 N_3 P_2$ با تعداد ۳۳/۲۰ عدد خوشه در گیاه بیش‌ترین خوشه را به‌خود اختصاص داد (جدول ۳). تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه که در مرحله گلدهی تعیین می‌شوند و از اجزای اساسی عملکرد دانه هستند و پتانسیل عملکرد را معین می‌کنند، تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله شرایط نامساعد محیطی (گرما در این آزمایش) و کمبود مواد فتوسنتزی (کوتاه‌شدن دوره زندگی) قرار می‌گیرند. مرحله تولیدمثل جنسی در گیاهان در مقایسه با مراحل رشد رویشی، به دمای بالا بسیار حساس می‌باشد، علاوه بر آن از ویژگی‌های با ارزش گیاهان رشد نامحدود سرعت در ورود به مرحله گل‌دهی و استفاده بهتر از زمان در جهت تولید بیشینه می‌باشد. بنابراین می‌توان عنوان کرد که در تاریخ‌های کاشت اول و دوم دمای بالا باعث کاهش دوره رویشی و تأثیر آن در تعداد گل‌ها در گیاه گردیده و در اثر گلدهی زودتر از موقع، گیاه با حذف فیزیولوژیکی اندام‌های خود (ریزش گل‌ها) تعداد خوشه‌های را که می‌تواند داشته باشد، حفظ نموده و در تاریخ کاشت چهارم به دلیل کاهش دما دوره رویشی افزایش یافته در نتیجه دوره زایشی کوتاه و تعداد گل‌ها کاهش یافته بود. در تاریخ کاشت سوم شرایط مناسب زمانی از لحاظ آب‌وهوا باعث تولید زیست‌توده مناسب و رسیدن به سطح پوشش مطلوب برای کسب بیشینه نور و تولید ماده خشک بیش‌تر فراهم شد. هم‌چنین تشکیل پریموردیای اولیه گل و زمان گلدهی، که پتانسیل تعداد گل و خوشه‌ها در گیاه را پایه‌ریزی می‌نماید نسبت به تاریخ‌های کاشت دیگر مناسب‌تر بوده است. عملکرد بیش‌تر در کشت با ردیف‌های باریک‌تر نسبت به ردیف‌های عریض‌تر، به دلیل توزیع یکنواخت بوته‌ها است که باعث توزیع مناسب تابش خورشیدی در پوشش گیاهی شده و در نتیجه باعث کاهش رقابت درون‌گونه‌ای می‌شود و این موضوع باعث افزایش تعداد خوشه در هر بوته می‌شود (Johnson and Hanson, 2003) و در همین ارتباط در آزمایشی همبستگی تراکم و آرایش کاشت با تعداد گل و غنچه مثبت گزارش شد (Hu, 2003).

از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود در آرایش کاشت (P_2) فضای مناسب جهت ایجاد خوشه‌های بیش‌تر فراهم شده است. در نتیجه امکان ایجاد گل‌های بیش‌تری در هر خوشه و گیاه فراهم می‌گردد. از آنجایی‌که راش گندم گیاهی رشد نامحدود است و در این گیاه گل‌آذین به‌غیر از ساقه اصلی در شاخه‌های جانبی (فرعی و فرعی‌فرعی) نیز ظاهر می‌شود. بنابراین بالاتر بودن تعداد شاخه‌های جانبی در آرایش کاشت (P_2) نسبت به آرایش کاشت (P_1) می‌تواند دلیل اصلی افزایش تعداد گل‌آذین‌های تشکیل شده بوده است. کاربرد کود نیتروژن با توسعه رشد رویشی، گسترش و دوام بیش‌تر سطح برگ، ساقه و نیز تولید شاخه‌های بیش‌تر سبب افزایش تولید گل‌ها و خوشه‌ها گردید. بدین ترتیب مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن توانسته شرایطی را برای ایجاد فعالیت جوانه‌های جانبی گل‌دهنده در روی ساقه‌ها نسبت به مصرف صفر و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن ایجاد نماید. در

فعالیت حشرات (زنبور) گردیده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد، روتین برگ و گل

Table 2- Mean comparison of yield and component yield, leaf and flower rutin

تیما Treatment	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	وزن هزاردانه 1000 grain weight (g)	تعداد خوشه در گیاه Number of ear per plant	تعداد کل دانه در گیاه Total number of seed per plant	روتین برگ Leave rutin percent	روتین گل Flower rutin percent
آرایش کشت (P)						
P ₁	2021.91a	27.50a	20.94a	146.56b	0.47a	0.85a
P ₂	2127.88a	27.79a	21.33a	171.46a	0.47a	0.61b
تاریخ کشت (D)						
D ₁	1692d	26.69d	19.96d	120.84c	0.48b	0.47d
D ₂	2205 c	21.83c	23.27a	151.52b	0.32c	0.99a
D ₃	2381 a	28.93a	24.87a	277.20a	0.42d	0.77b
D ₄	2363 b	28.18b	16.24c	86.47d	0.65a	0.68c
کود نیتروژن (N)						
N ₁	2070 d	27.15d	21.65ab	141.19c	0.42c	0.75ab
N ₂	2259 a	27.74b	19.71b	170.34a	0.45bc	0.70cb
N ₃	2128 c	27.68c	22.09ab	176.35a	0.54a	0.79a
N ₄	2181 b	28.05a	22.90a	158.15c	0.48b	0.68c
آرایش کشت × تاریخ کشت (P×D)						
P ₁ D ₁	2097 e	25.95b	19.84b	270.80b	0.50c	0.46de
P ₁ D ₂	2363 c	26.12b	21.84b	107.34e	0.32d	0.108e
P ₁ D ₃	2649 a	27.02a	25.13a	127.77b	0.47c	1.13a
P ₁ D ₄	1655 h	25.70b	16.98c	80.30g	0.60b	0.69c
P ₂ D ₁	2073 f	26.26b	20.09b	175.26d	0.46c	0.49d
P ₂ D ₂	2398 b	27.86a	24.70a	134.34d	0.33d	0.91b
P ₂ D ₃	2313 d	28.19a	24.61a	238.60a	0.36d	0.41e
P ₂ D ₄	1728 g	25.99b	15.50c	96.63f	0.73a	0.66 c
آرایش کشت × کود نیتروژن (P×N)						
P ₁ N ₁	1900 h	26.86a	22.46a	140.45f	0.46bc	0.93a
P ₁ N ₂	2314 b	26.29a	20.62ab	140.82f	0.44c	0.89a
P ₁ N ₃	2094 f	26.89a	22.17a	150.57de	0.52ab	0.90a
P ₁ N ₄	2162 e	26.78a	18.52b	154.38cd	0.47bc	0.64b
P ₂ N ₁	2440 c	26.67a	21.71a	141.94ef	0.38d	0.57c
P ₂ N ₂	2178 d	26.63a	18.80b	199.85a	0.45bc	0.52c
P ₂ N ₃	2429 a	26.72a	21.12ab	182.14b	0.56a	0.68b
P ₂ N ₄	1932 g	26.21a	23.27a	161.92c	0.50abc	0.71b
تاریخ کشت × کود نیتروژن (D×N)						
D ₁ N ₁	20.24ac	24.31g	22.17eb	201.47d	0.52ef	0.54 gih
D ₁ N ₂	1993ac	21.33gf	18.36ef	161.54e	0.56de	0.45jh
D ₁ N ₃	1663.70cd	26.11bf	19.77cf	264.89c	0.60d	0.50ijh
D ₁ N ₄	2221.07ab	25.05dg	19.56df	115.13hi	0.025ij	0.51jh
D ₂ N ₁	2178.2ab	28.08ae	23.14ab	107.76i	0.32h	0.92bc
D ₂ N ₂	2229.4ab	27.99af	22.87bd	136.29fg	0.34h	0.94bc
D ₂ N ₃	2180.99ab	28.03ad	22.67ac	124.19gf	0.47ef	1.11a
D ₂ N ₄	2320.08ab	28.10ac	23.39bd	161.76e	0.33ih	1.02ab
D ₃ N ₁	2240.6ac	28.00ad	25.09ab	138.74f	0.17kj	0.84cb
D ₃ N ₂	2232 ab	28.98ab	23.15ab	134.30f	0.044gf	0.79ed
D ₃ N ₃	2426.68a	28.78ac	17.96fg	349.97a	0.71c	0.86dc
D ₃ N ₄	2390 ab	29.86a	27.04a	86.39j	0.036gh	0.59ef
D ₄ N ₁	1794.9cd	26.79eg	14.46g	85.14j	0.86b	0.70ef
D ₄ N ₂	1998.45bc	26.21bf	14.46g	92.35j	0.45gh	0.63gf
D ₄ N ₃	1848cd	26.35gf	16.09fg	82.00j	0.37gh	0.68f
D ₄ N ₄	1449cd	27.13bf	16.45gf	201.47d	0.99a	0.69ef

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means followed by the same letter in each column are not significantly different (p=0.05)

(Feng, 2003; Omidbaigi and Mastro, 2004). اندازه دانه در

مقایسه با سایر اجزای عملکرد، کمتر تغییر می‌کند و شرایط محیطی نامساعد در زمان گرده‌افشانی را یکی از مهم‌ترین عوامل عدم لقاح

Halbrecq *et al*, (2005) طی گزارشی تأثیر تاریخ کاشت بر

تعداد دانه در گیاه را اعلام نمودند. حساس‌ترین مرحله زندگی گیاه راش‌گندم به درجه‌حرارت مرحله گرده‌افشانی گزارش شده است

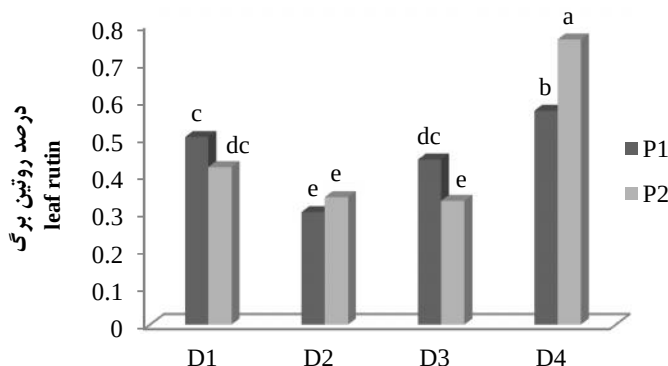
سال با کود نیتروژن معنی دار بود. در بین اثرات ساده، تیمارهای کود نیتروژن و تاریخ کاشت معنی دار و تیمار آرایش کاشت معنی دار نبودند و بین اثرات متقابل تیمارها تاریخ کاشت با آرایش کاشت و تاریخ کاشت با کود نیتروژن و آرایش کاشت با کود نیتروژن معنی دار بودند (جدول ۱). بیشترین درصد روتین برگ مربوط به تاریخ کاشت سوم (D_4) به میزان 0.65 گرم در صد گرم ماده خشک بود و در تیمار کود نیتروژن بیشترین درصد روتین برگ مربوط به تیمار N_3 به میزان 0.54 گرم در صد گرم ماده خشک می باشد (جدول ۲). در برهم کنش آرایش کاشت $\times$ تاریخ کاشت بیشترین درصد روتین برگ مربوط به تیمار P_2D_4 به میزان 0.73 گرم در صد گرم ماده خشک و در تیمار تاریخ کاشت $\times$ نیتروژن بیشترین درصد مربوط به تیمار D_4N_4 به میزان 0.99 گرم در صد گرم ماده خشک مشاهده شد.

در برهم کنش سه گانه تیمارها بیشترین درصد روتین برگ مربوط به تیمار $P_2D_4N_4$ به میزان 1.01 گرم در صد گرم ماده خشک بود (جدول ۳). این نتیجه بیان گر آن است که در تاریخ کاشت چهارم دمای مناسب به همراه اثر طول روز سبب افزایش طول دوره رشد گیاه گردیده و باعث زیاد شدن شاخص سطح برگ از طریق افزایش در تعداد و سطح آن می گردد. بنابراین درصد ماده مؤثره (روتین) برگ نسبت به سایر تاریخهای کاشت که بیش تر دوره زندگی خود را در دمای بالا سپری نمودند برتری داشت (شکل های ۳ و ۴). استخراج روتین و اندازه گیری مقادیر آن در راش گندم حاصل از کشت های مختلف نشان داد که با گرم شدن هوا و افزایش طول روز، محتوای روتین موجود در برگ ها کاهش می یابد به طوری که در کشت فروردین ماه بیشترین میزان روتین و در کشت مردادماه کمترین مقدار آن حاصل خواهد شد (Omidbaigi and Zakizadeh, 2002).

کامل گزارش نمودند (Phogat and Sharma, 2000; Inoue and Hagiwara, 2002). آرایش کاشت 60 سانتی متر عرض پشته با سه ردیف کاشت نیز با مهیا کردن فضای مناسب جهت رشد رویشی و تشکیل برگ های جدید بالای زیست توده این گیاه کارآمدترین برگ ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار داده، در نتیجه گیاه با آمادگی بیش تری وارد مرحله زایشی (رویشی و زایشی در این گیاه) شد و پیامد آن تعداد گل های بیش تر در ساقه اصلی و فرعی و در نتیجه بیشترین دانه را ایجاد نمود. Ikeda and Yamashita (1994) در گزارشی بیان کردند که تعداد دانه در گیاه در تیمار کاشت مربع بیش تر از دیگر تیمارها بود. در بررسی خصوصیات کمی گیاه راش گندم، بیشترین تعداد را 302 عدد گزارش نمودند (Kwang et al., 2004). نظر به این که کاربرد نیتروژن ارتباط تنگاتنگی با تجمع ماده خشک دارد، لذا میزان 100 کیلوگرم نیتروژن با توجه به شرایط محیطی (دمای مناسب) در تاریخ کاشت سوم و رشد نامحدود بودن گیاه توانسته بیشینه تاج پوشش را جهت دریافت مقدار انرژی نورانی به دام افتاده، طی چرخه زندگی (فرآیند فتوسنتز) در گیاه ایجاد نماید و توانسته بر تعداد دانه در گیاه، بیش تر از سایر سطوح کودی تأثیرگذار باشد. در مطالعه ای بر روی دو رقم راش گندم در چهار آرایش و پنج سطوح کودی شامل ($NPK, PK, NP, NK, 0$) بر پایه $N-P-K=8$ (12-4 در کشور کره گزارش شد که در تراکم های مختلف بیشترین تعداد دانه در گیاه مربوط به تراکم 30×60 با $409/9$ عدد دانه و در سطوح کودی بیشترین تعداد دانه در گیاه با 967 عدد مربوط به تیمار $(N-P-K)$ بود.

درصد روتین برگ

بررسی و تحلیل مرکب داده ها نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثر سال قرار گرفت و در اثر متقابل سال با تیمارها، اثر متقابل سال با آرایش کاشت، سال با تاریخ کاشت و سال با تکرار معنی دار نبود و

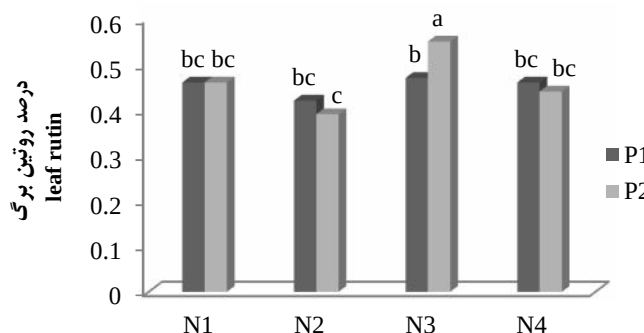


شکل ۳- برهم کنش آرایش کاشت و تاریخ کاشت بر روتین برگ

ستون های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Figure 3- Interaction of planting pattern and sowing date on leaf rutin

The columns having at least one common letter are not significant differences on the level of five percent by Duncan test.



شکل ۴- برهم کنش آرایش کاشت و نیتروژن بر روتین برگ

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Figure 4- Interaction of planting pattern and nitrogen fertilizer on leaf rutin

The columns having at least one common letter are not significant differences on the level of five percent by Duncan test.

که احتمالاً مصرف نیتروژن زیاد با دمای بالا در کشت تابستانه و تیپ رشدی گیاه برهم کنش ایجاد نموده است، تأثیر تغذیه را در درصد روتین راش گندم اعلام داشته‌اند (Kim *et al.*, 2001; Zhu *et al.*, 2002; Honermeier and Wagenbreth, 2000) افزایش ۲۹ تا ۱۸ درصدی روتین را در راش گندم با استفاده از سطوح نیتروژن از صفر تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار اعلام نموده‌اند. در مطالعه‌ای بر روی دو رقم راش گندم در چهار تراکم و پنج سطوح کودی در کره گزارش نموده‌اند که بیش‌ترین درصد روتین مربوط به تراکم ۳۰×۶۰ به‌میزان ۱۸۸۷ میلی‌گرم در صدگرم ماده خشک و در سطوح کودی بیش‌ترین درصد روتین در دو رقم در تیمار بدون استفاده از کود به‌میزان ۱۹۳۴ و ۱۸۳۹ میلی‌گرم در صدگرم ماده خشک به‌دست آمد (Lazányi and László, 2009).

درصد روتین گل

بررسی و تحلیل مرکب داده نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثر سال قرار نگرفت و در اثر متقابل سال با تیمارها، اثر متقابل سال با آرایش کاشت، سال با تاریخ کاشت و سال با کود نیتروژن معنی‌دار نبود و سال با تکرار معنی‌دار بود. در بین اثرات ساده، تیمارهای کود نیتروژن، تاریخ کاشت و تیمار آرایش کاشت معنی‌دار بودند و بین اثرات متقابل تیمارها تاریخ کاشت با آرایش کاشت و تاریخ کاشت با کود نیتروژن و آرایش کاشت با کود نیتروژن معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج نشان داد در برهم کنش سه‌گانه تیمارها بیش‌ترین درصد روتین گل مربوط به تیمار $P_1D_3N_3$ به‌میزان ۱/۳۶ گرم در صد گرم ماده خشک بود (جدول ۳). در رابطه با نحوه تجمع متابولیت‌های ثانویه می‌توان نتیجه گرفت که وقتی متابولیسم اولیه با حداکثر فعالیت، رشد رویشی گیاه را به پایان می‌رساند و مقدار زیادی مواد و انرژی حاصل از آن برای فعال شدن مرحله زایشی و تجلی موسم گل‌آوری به‌کار

تحقیقات نشان داد که تولید روتین در دمای بالا افزایش می‌یابد، اما دمای خیلی بالا روتین آن را کاهش می‌دهد (Zepp *et al.*, 1996; Handa and Kaul, 1996).

گزارش شده است که از میان فاکتورهای محیطی، دما و نور مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار بر تجمع فلاونوئیدها و روتین می‌باشد (Omidbaigi, 2005; Li-Hong *et al.*, 2008).

Seong *et al.* (1998) در گزارشی بیش‌ترین میزان روتین برگ و گل راش گندم را در شرایط روز بلند و گرم اعلام نموده‌اند. برقراری یک ارتباط کلی بین تولید خالص و ناخالص در این گیاه با مدنظر قراردادن شاخص سطح برگ به‌عنوان ملاک سنجش فتوسنتز و تولید بیوماس (از جمله بیوماس متابولیتی، یعنی تولید بهینه روتین) می‌تواند ما را در دستیابی به بهترین تراکم و آرایش کاشت رهنمون سازد که در این رابطه آرایش کاشت P_2 توانسته باعث افزایش ارتباط اکوفیزیولوژیکی بین نهاده‌ها شده و متعاقب آن به نتایج متناهی از جنبه تولید زیست‌توده متابولیکی (روتین) دست پیدا نماییم. میانگین میزان روتین ۴۷ تا ۷۷ میلی‌گرم در صدگرم ماده خشک گزارش شده است (Ota *et al.*, 1999). در آزمایشی اثر تراکم‌های مختلف کشت بر روی عملکرد رویشی، زایشی و تولید روتین در گیاه راش گندم مورد بررسی قرار گرفت که طبق نتایج حاصله، تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع دارای بیش‌ترین مقدار ماده خشک در پیکر رویشی و کم‌ترین مقدار روتین بوده است (Omidbaigi and Zakizadeh, 2002). از نتایج سطوح کود نیتروژن بر درصد روتین برگ در می‌یابیم که ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن باعث افزایش تشکیل جوانه‌های رویشی در روی ساقه‌های اصلی و فرعی گردیده و تولید برگ در گیاه را افزایش داده و با توجه به درصد وزنی روتین برگ باعث افزایش روتین نسبت به تیمارهای صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن شده است. این نتیجه با گزارش پژوهشگران مبنی بر اثر کم نیتروژن بر درصد روتین مطابقت ندارد.

می‌افتد، اگر در این حال گیاه با تنش‌های محیطی (در این آزمایش گرم) روبه‌رو شود به ناچار عمده ذخایر فیزیولوژیک را در یک مرحله سرنوشت‌ساز به کمک می‌گیرد و مصرف می‌کند، در عوض مقدار زیادی بازمانده حاصل از متابولیسم اولیه را به‌صورت متابولیت‌های ثانویه به‌جا می‌گذارد که این متابولیت‌ها در صورت انبوهی زیاد، در نقاط خاصی از پیکر رویشی گیاه بیش‌تر متمرکز و انباشته می‌شوند.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد، روتین برگ و گل

Table 3- Mean comparison among all treatments interaction for yield and component yield, leaf and flower rutin

تیمار Treatment	عملکرددانه Seed yield	وزن هزاردانه 1000 grain weight	تعداد خوشه در گیاه Number of ear per plant	تعداد کل دانه در گیاه Total number of seed per plant	روتین برگ Leave rutin	روتین گل Flower rutin
P ₁ D ₁ N ₁	2197 bh	25.25gh	22.77bd	235.34e	0.58ef	0.49ml
P ₁ D ₁ N ₂	2150.3bh	25.58gh	21.36cg	265.58d	0.57ef	0.51ml
P ₁ D ₁ N ₃	2160.3ch	26.75ah	20.98dh	282.68cd	0.61d	0.42ml
P ₁ D ₁ N ₄	2793ab	26.68bh	14.24jk	299.35cb	0.25nk	0.43ml
P ₁ D ₂ N ₁	1657fj	26.98ah	21.56cf	102.51mo	0.15mn	1.00df
P ₁ D ₂ N ₂	1613.6fj	26.80ah	22.88bf	106.1mn	0.35jk	1.00df
P ₁ D ₂ N ₃	2273.7bf	26.81ah	19.49dj	108.98lm	0.42hi	1.20bc
P ₁ D ₂ N ₄	2463.7af	27.55ah	23.42be	118.78kl	0.34jk	1.11dc
P ₁ D ₃ N ₁	1793.7ej	28.81ad	25.16bd	128.6ij	0.17mn	1.27ab
P ₁ D ₃ N ₂	2443.6af	28.17df	21.05dh	131.18ij	0.44hf	1.26ab
P ₁ D ₃ N ₃	1074j	28.75ad	20.89di	128.68il	0.84bc	1.36a
P ₁ D ₃ N ₄	2799a	29.17ab	21.09di	122.65km	0.44hi	0.50ml
P ₁ D ₄ N ₁	1710ej	26.31ch	20.37dh	95.35op	0.96b	0.88gf
P ₁ D ₄ N ₂	1710.3ej	27.45ah	17.19fj	60.18q	0.40ji	0.74gi
P ₁ D ₄ N ₃	1600.3hj	25.65gh	15.01ik	81.93p	0.41ji	0.62ji
P ₁ D ₄ N ₄	1357hj	27.38ah	15.35hk	83.76op	0.84bc	0.53ml
P ₂ D ₁ N ₁	2112bi	25.82h	21.56cf	167.6g	0.46hf	0.60ji
P ₂ D ₁ N ₂	1315.7hj	26.21eh	15.27hk	13.93gh	0.54ef	0.40mo
P ₂ D ₁ N ₃	2067bi	27.85af	18.56ej	302.26b	0.60d	0.58jl
P ₂ D ₁ N ₄	2033.7bi	25.43ah	24.88bd	230.43e	0.26nk	0.37mo
P ₂ D ₂ N ₁	2067bi	28.18af	24.73bd	109.43ln	0.14n	0.84gf
P ₂ D ₂ N ₂	1833.7fj	28.45af	22.85bf	127.76ij	0.34jik	0.87gf
P ₂ D ₂ N ₃	2493.7ae	28.85ab	26.86b	163.6gh	0.52hf	1.02de
P ₂ D ₂ N ₄	2390ae	29.18ab	23.36be	136.6ij	0.33ji	0.93ef
P ₂ D ₃ N ₁	2487ae	27.48ah	25.02bd	194.93f	0.17mn	0.31o
P ₂ D ₃ N ₂	2400ah	25.75gh	25.24bd	154.76hi	0.43hf	0.30o
P ₂ D ₃ N ₃	2857a	28.03af	33.20a	434.1a	0.57df	0.36no
P ₂ D ₃ N ₄	1957di	29.28a	27.29bc	200.43pq	0.28jk	0.69ji
P ₂ D ₄ N ₁	1622fj	24.78gh	15.55gj	77.43pq	0.76c	0.53ml
P ₂ D ₄ N ₂	2057bi	23.96gh	11.72k	110.1lm	0.50hf	0.52ml
P ₂ D ₄ N ₃	1678fj	26.05fh	17.18fk	102.26mo	0.58ef	0.49ml
P ₂ D ₄ N ₄	2057bi	24.23eh	22.24d-f	145.4gh	1.01a	0.88gf

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند
Means followed by the same letter in each column are not significantly different (p=0.05)

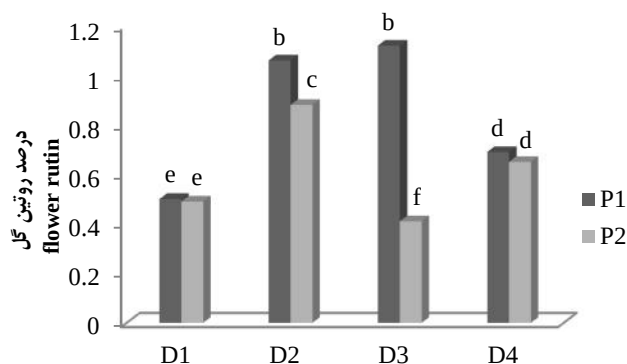
حداکثر ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب و درجه‌حرارت حداقل ۱۸ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۲ درجه سانتی‌گراد در شب را گزارش نموده‌اند (Seong *et al.*, 1998). در آرایش کاشت P₁ به دلیل رقابت بیش‌تر تک‌بوته گیاهان مرحله زایشی را زودتر آغاز کرده و در زمان برداشت گل‌ها برای استحصال روتین، تعداد گل‌های بیش‌تری موجود بود. در بررسی اثر هفت تاریخ کاشت راش گندم در ایران بهترین تاریخ کاشت برای میزان درصد روتین را تاریخ پنج تیر ماه گزارش نموده‌اند (Omidbaigi and Mastro, 2004). (Marquard and Kroth, 2001) بیش‌ترین درصد روتین را ۱/۲۱ درصد گزارش نموده‌اند. در آزمایشی بر روی ارقام مختلف

این پدیده چنانچه گفته شد در رابطه با گیاه راش گندم تبعات اقتصادی در پی خواهد داشت (Morishiat, 2002; Motoyuki and Akio, 2004).

این نتیجه در تاریخ کاشت سوم، آرایش کاشت P₁ (عرض پشته ۵۰ سانتی‌متر با دو ردیف کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر) و استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن محقق شد (شکل‌های ۵ و ۶). در تاریخ‌های کاشت اول و دوم گیاه به دلیل دمای بالا در دوره رویشی و زایشی و عدم تراز تنفسی تولید مصرف با کاهش تعداد واحدهای زایشی روبه‌رو شد و در نتیجه منجر به کاهش درصد روتین گل گردید. در بررسی تأثیر درجه‌حرارت بر درصد روتین، بیش‌ترین ساخت روتین در دمای

بین ۳۰۰-۴۶۰۰۰ پی پی ام گزارش نموده‌اند (Kreft *et al.*, 2002). در بررسی هفت رقم راش گندم و دو سطح کود نیتروژن سطح ۵۰ کیلوگرم جهت اندازه‌گیری درصد روتین در ساقه، دانه، برگ و گل (بر حسب گرم در صدگرم ماده خشک) عنوان نموده‌اند که بیش‌ترین درصد روتین در گل مربوط به رقم kora با ۰/۶۵ درصد بوده است. همچنین گزارش نموده‌اند که در استفاده از کود نیتروژن درصد روتین برگ، ساقه و گل معنی‌دار نبودند (Kalinova *et al.*, 2006). Michalova (1997) در آزمایشی ارتباط نیتروژن و درصد روتین در راش گندم را غیر معنی‌دار گزارش نموده‌اند.

راش گندم بیش‌ترین درصد روتین گل را به میزان ۱۲ میلی گرم در ماده خشک گزارش شده است (Williamson *et al.*, 2000). در رابطه با اثر نیتروژن بر میزان درصد روتین گل راش گندم طبق نتایج محققین زیر درمی‌یابیم نیتروژن در سطوح خیلی زیاد باعث کاهش درصد روتین گل خواهد شد و تغییرات درصد روتین گل به‌ازای افزایش مصرف نیتروژن تا یک حد معین از قانون بازده نزولی می‌چرخد پیروی می‌نماید. به همین ترتیب گیاه در استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن توانسته نسبت به سایر تیمارهای کودی بیش‌ترین درصد روتین گل را به‌همراه داشته باشد. تأثیر عناصر غذایی بر میزان روتین دانه، برگ، گل و ساقه در راش گندم را گزارش نموده‌اند و میزان روتین در گل را

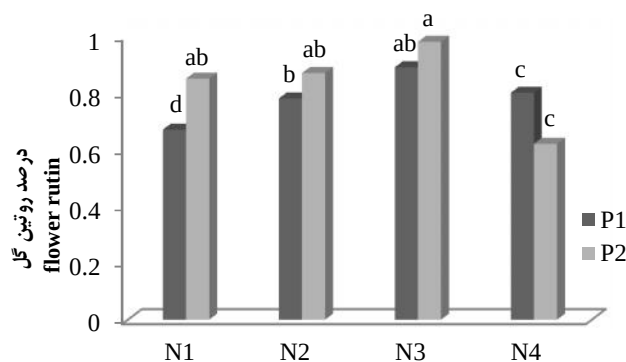


شکل ۵- برهم‌کنش آرایش کاشت و تاریخ کاشت بر درصد روتین گل

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Figure 5- Interaction of planting pattern and sowing date on flower rutin

The columns having at least one common letter are not significant differences on the level of five percent by Duncan test.



شکل ۶- برهم‌کنش آرایش کاشت و کود نیتروژن بر درصد روتین گل

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Figure 6- Interaction of planting pattern and nitrogen fertilizer on flower rutin

The columns having at least one common letter are not significant differences on the level of five percent by Duncan test.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش چنانچه استفاده از این گیاه فقط به جهت مصرف دانه باشد، تاریخ کاشت سوم با آرایش کاشت (P₂) ۶۰ سانتی متر عرض پشته با سه ردیف کاشت روی آن به همراه استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن پیشنهاد می شود. چنانچه استفاده از این گیاه فقط به جهت تولید ماده مؤثره به عنوان گیاه دارویی

مدنظر باشد، برای استخراج روتین برگ تاریخ کاشت چهارم با آرایش کاشت (P₂) ۶۰ سانتی متر عرض پشته با سه ردیف کاشت روی آن به همراه استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و برای استخراج روتین گل تاریخ کاشت سوم با آرایش کاشت (P₁) ۵۰ سانتی متر عرض پشته با دو ردیف کاشت روی آن به همراه استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن پیشنهاد می شود.

References

1. Andrade, F., and Calvino, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal* 4: 975-980.
2. Aufhammer, W., Kubler, E., and Lee, Jh. 1999. Grain quality of the pseudocereals buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) and amaranth (*Amaranthus hybridus* L.) in relation to growing conditions. *Bodenkultur* 50: 11-24.
3. BAL, KJ. 2005. Correlation, regression and path coefficient analyses for some yield components in common and Tartary buckwheat in Nepal Biotechnology Unit, NARC Khumaltar, PO Box 1135 Kathmandu, Nepal Received January 14, 2005; accepted in revised form August 28, 2005, *Fagopyrum* 22: 77-82.
4. Bavec, M., Bavec, F., Plazovnik, C., and Grobelnim Mlakar, S. 2006b. Buckwheat leaf area index and yield performance depending on plant population under fullseason and stubble-crop growing periods. *Bodenkultur*. 56: 3-10.
5. Bernath, J. 2000. Medicinal and Aromatic Plants, Mezo. Publ. Budapest, 667pp.
6. Bjorkman, T. 2002. Production Guide to buckwheat production in the Northeast available Online: <http://www.nysaes.cornell.edu/hort/faculty/bjorkman/buck/Buck.Html>.
7. Bluett, C. 2001. Managing buckwheat production in Australia. Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra 1-19.
8. Brunori, A., Brunon, A., Baviello, G., Marconi, E., Colonna, M., and Ricci, M. 2005. The yield of five buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) varieties grown in Central and Southern Italy. *Fagopyrum* 22: 98-102.
9. Cawoy, V. 2007. Etude du controle de la floraison et de la fructification chez le sarrasin commun, *Fagopyrum esculentum* Moench (cv. La Harpe). PhD Thesis, Faculty of Sciences, University Catholique de Louvain, pp 252.
10. Chang, D. K., Won-Kyung, L., and Kyong-Ok, N. O. 2003. Anti-allergic action of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain extract. *Int Immunopharmacol* 3 (1): 129-36.
11. Egli, D. B., and Bruening, W. P. 2000. Potential of early-maturing soybean cultivars in late planting. *Agronomy Journal* 92: 532-537.
12. Feng, B. L., Zhang, B., Zhou, J. M., and GAO, X. L. 2003. Progress in fertilization on the performance of the pseudocereals common and Flavonoid compounds as possible regulators of reproductive processes in buckwheat. *Biologiya Journal* 23: 154-159.
13. Hagels, H., Wagenbreth, D., and Schilcher, H. 1995. Phenolic compounds of buckwheat herb and influence of plant and agricultural factors (*fagopyrum esculentum* moench and *fagopyrum tataricum* gartner). The 6th international symposium on buckwheat. 801-809.
14. Halbrecht, B., Romedenne, P., and Ledent, J. F. 2005. Evolution of flowering, ripening and seed set in buckwheat (*fagopyrum esculentum* moench): quantitative analysis. *European Journal of Agronomy* 23 (3): 209-224.
15. Handa, S. S., and Kaul, M. K. 1996. Supplement to Cultivation and Utilization of Medicinal Plants. Regional Research Laboratory, Council of Scientific and Industrial Research, Jammu-Tawi.
16. Honermeier, B., and Wagenbreth, D. 2000. Production studies on the suitability of buckwheat (*fagopyrum esculentum* Moench) for dietetic and pharmaceutical use. *Journal of Medicinal & Aromatic Plants* 5: 154-159.
17. Hore, D., and Rath, R. S. 2002. Collection, cultivation and characterization of buckwheat in North-eastern region of India. *Fagopyrum* 19: 11-15.
18. Hu, J. Y., and Feng, Y. J. 2003. Binary Relative Evaluation of Construction Enterprise Performance. *Journal Harbin Institute of Technology* 35 (7): 799-801.
19. Ikeda, S., and Yamashita, Y. 1994. Buckwheat as a dietary source of zinc, copper and manganese. *Fagopyrum* (Slovenia). Buckwheat newsletter 14: 329-342.
20. Ikeda, S., Yamashita, Y., and Kreft, I. 1999. Mineral composition of buckwheat by-products and its processing characteristics to konjak preparation. *Fagopyrum* 16: 89-94.

21. Inoue, N., and Hagiwara, M. 2002. Relationship between the harvest index and duration of each developmental stage of shoot apex in common buckwheat. *Fagopyrum* 19: 49-53.
22. Inoue, N. 2004. Food plant resources in the forest of Yunnan province Use of Tartary buckwheat. *Food Science Journal* 31: 94-97.
23. Johnson, B. L., and Hanson, B. K. 2003. Row-spacing interactions on spring canola performance in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 95: 703-708.
24. Joshi, B. D., and Rana, J. C. 1995. Stability analysis in buckwheat. *Indian Journal. Agric. Sci.* 65: 32-34.
25. Kalinova, J., Triska, J., and Vrchotova, N. 2006. Distribution of vitamin E, squalene, epicatechin, and rutin in common buckwheat. *Plants (Fagopyrum esculentum moench)*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 5330-5335.
26. Kalinova, J., and Nadezda, J. 2009. Vrchotova level of catechin, myricetin, quercetin and isoquercitrin in buckwheat (*Fagopyrum esculentum moench*), changes of their levels during vegetation and their effect on the growth of selected weeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 2719-2725.
27. Kim, S. L., Son, Y. K., Hwang, J. J., Kim, S. K., and Hur, H. S. 2001. Development of buckwheat sprouts as a functional vegetable. *Journal Crop Science* 40 (2): 191-199.
28. Kreft, S., Knapp, M., and Kreft, I. 1999. Extraction of rutin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum moench*) seed and determination by capillary electrophoresis. *Journal Agriculture Food Chemistry* 47: 4649-4652.
29. Kreft, S., Strukelj, B., Gaberscik, A., and Kreft, I. 2002. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometer and an HPLC method. *Journal of Experimental Botany* 53: 1801-1804.
30. Kwang, J. C., Jong, I. P., and Byoung, J. P. 2004. Effects of planting density and fertilization on yield and rutin content in tartary buckwheat. 445-800. College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea. Proceedings of the 10th international symposium on buckwheat.
31. Kwiatkowski, J., Ukowski, M., and Tworowski, N. 2004. Production of buckwheat seeds on soil of good wheat soil suitability complex proc. 9th International Symposium Buckwheat at Prague: 475-480.
32. Lazányi, J., and László, G. 2009. Second crop buckwheat in nyírség regions. University of Debrecen centre for Agricultural Sciences, 4032 Debrecen, and böszörményi út 138. Hungary, correspondence analele universităţii din Oradea, fascicula: Protecţia Mediului Vol. XIV.
33. Lee, H. B., Kim, S. L., and Park, C. H. 2001 b. Productivity of whole plant and rutin content under the different quality of light in buckwheat. In: Ham, S.S., Y.S. Choi, N.S. Kim and e.H. Park, (eds.) *Advances in Buckwheat Research (Proc. 8th Intl. Symp)*. Buckwheat at Chunchon: 84-89.
34. Li-Hong, C., Bozhang, J., and Zi-qinxu, I. 2008. Inter varietal variations of rutin content in common buckwheat flour (*Fagopyrum esculentum monch*). *Transgenic Research* 17 (1): 121-132.
35. Mao, C., Cheng, G. X., and Chen, L. Z. 2003. Breeding a new tartary variety. *Fagopyrum* 6: 1214-1216.
36. Marquard, R., and Kroth, E. 2001. Anbau und qualitäts-nforderun genauesge wahlter arzneipflanzen. *Agriculture Media, Bergen/Dumme*, pp. 64-71.
37. Michalova, C. L. 1997. Variabilita agronomických a nutričních znaku v genofondech pohanky pro sa a laskavce - možnosti jejího využití. Alternativní a maloobjemove plodiny ' pro lidskou vyzivu. VURV, Praha: 37-50.
38. Morishiat, O. 2002. Differences of rutin, protein and oil content of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) grain in Kyushu area. *Journal of Experimental Botany* 50: 1629-1634.
39. Motoyuki, H., and Akio, U. 2004. Effects of environmental factors on the chemical characteristics of common buckwheat in relation to flour texture variation in amylose and crude protein content of seeds collected at various sites in Japan. *Fagopyrum* 21: 65-69.
40. Omidbaigi, R., and Zakizadeh, H. 2002. Influence of nitrogen fertilization and plant density on grain yield of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Indian Journal Agriculture Science* 72: 484-485.
41. Omidbaigi, R., and De Mastro, G. 2004. Influence of sowing time on the biological behaviour, biomass production, and rutin content on buckwheat. *Italian Journal Agronomy* 8 (1): 47-50.
42. Omidbaigi, R. 2005. *Production and Processing of Medicinal Plants*. Vol. 2 (5th Ed). Behnashr Publication. Tehran, Iran. 424 p.
43. Ota, A., Hagiwara, M., and Inoue, N. 1999. Effect of desiccation on the fertilization of common buckwheat. 68 (Suppl. 2): 150-151
44. Ozer, H. 2003. The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. *Plant Soil Environ* 49 (9): 422-426.
45. Phogat, B. S., and Sharma, G. D. 2000. Under Utilized Food Crops: their Uses, Adaptation and Production Technology. Tech. Bulletin pp. 10-15. NBPGR (ICAR). New Delhi.
46. Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J. C., Bailleul, F., and Trotin, F. 2000. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology* 72: 35-42

47. Saeger, E., and Dyck, E. 2000. Buckwheat Minnesota grown crops rtunities. Available online: <http://www.mdo.state.mn.us/mog/publication/buckwheat.pdf>.
48. Schneider, M., Kuhlmann, H., and Marquard, R. 1996. Investigation on rutin content in *fagopyrum esculentum* under specific climatic condition in the phytotrone. Proc. Intl. Symp. Breeding Research on Medicinal and Aromatic Plants Quedlimburg: 351-354.
49. Seong, J. D., Park, Y. J., Kim, H. T., Kim, G. S., Park, C. K., and Kwack, Y. H. 1998. Effect of seeding date and row with on the grain yield and rutin content of *fagopyrum esculentum* in yeongnam areas of Korea. Journal of Industrial Crops Science 40 (1): 19-22.
50. Srinivasan, K., Kaul, C. L., and Ramarao, P. 2005. Partial protective effect of rutin on multiple low dose streptozotocin-induced diabetes in mice. Indian Journal Pharmacology 37: 327-328.
51. Tuo, D. B., Duan, Y., and Yao, Z. Q. 2002. Balance of N.P.K application. Fagopyrum1: 23-25.
52. Vinodkumar, S. 2005. Preliminary study of fertilizer management in buckwheat. Department of Agronomy, CSK Himachal Pradesh Agricultural University, Himachal Pradesh, India. Fagopyrum 22: 95-97.
53. Wagenbreth, D., Hagels, H., Schilcher, H., and Pank, F. 1996. Characterization of buckwheat cultivars and gene bank material for rutin content and growth parameters. Proceedings. International Symposium. Breeding Research on Medicinal and Aromatic Plants, Quedlinburg. Germany, Beitrage- Zur-Zuchtungsforchung- Bundesanstalt-Fur- Zuchtungsforchung- a KulTurpflanzen 2 (1): 95-98.
54. Williamson, G., Day, A. J., Plumb, J. W. and Couteau, D. 2000. Human metabolic pathways of dietary flavonoids and cinnamates. Biochemistry Society Transactions 28:16-22. 5
55. Zepp, G., Harwood, J., Hammand, Ch., and Somwaru A. 1996. Buckwheat: An Economic Assessment of the Feasibility of Providing Multiple-Peril Crop Insurance. U. S. Department of Agriculture.
56. Zhu, Y. G., He, Y. Q. Smith, S. E. and Smith, F. A. 2002. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) has high capacity to take up phosphorus (P) from calcium (Ca)-bound source. Plant Soil 39: 1-8.



Effects of Sowing Date, Planting Pattern and Nitrogen Levels on Leaf and Flower Essential Oil, Yield and Component Yield Grain of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench)

M. R. Sobhani^{1*} - A. Farnia² - D. Mazaheri³ - M. Majidian⁴

Received: 28-06-2013

Accepted: 13-08-2015

Introduction

Buckwheat which has been scientifically named *Fagopyrum esculentum* can be considered as a yearling broad-leaved plant belonging to the family of *Polygonaceae* which is known as false Cereal. Its seeds are in use as a nutritional and medicinal product that is due to the rutin content of them. As the population is rapidly increasing worldwide, a solution must be found to supply necessary food. What agriculture science is responsible for is to produce more products with better quality in order to meet this increasing population's needs so that food poverty and starvation are more likely to be removed and keep food safety. Considering the fact that buckwheat is of a variety of medical, industrial and food applications and in our country and some other ones, it has not been seriously cultivated, this plant must be used as a new plant and it should be extensively applied in multiple planting systems (summer planting) for commercial goals through producing seeds while its nutritional value is more than grain and it can be regarded as a rich source of high quality protein, amino acid necessary for lysine, high starch percent, minerals and vitamins for different applications involving cake flour, frumenty and soup and improving the optimal rate of rutin as a secondary metabolite having effective medical features concerning our country's climatic conditions.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of sowing date, planting patterns and nitrogen on leaf and flower rutin, yield and yield component of Buckwheat plant, a field study was conducted during 2010 and 2011 in Agricultural Research Institute of Arak, Iran. The experimental design was regarded as the randomized complete block design in the form of split plot factorial with three replications. Planting treatments as the fundamental elements may be implemented at two levels including the mounds with the width of 50 cm associated with two planting rows regarding the distance intervals of 20 cm (P_1) and those with the width of 60 cm along with three planting rows which are of the distance intervals of 15 cm (P_2). Sowing date and nitrogen treatments were considered as the minor elements are likely to be studied at four levels of dates and weights involving 20th June (D_1), 5th July (D_2), 20th July (D_3) and 5th August (D_4) and 0 (N_1), 50 (N_2), 100 (N_3) and 150 kg ha⁻¹ (N_4), respectively. With respect to the fixed density of 100 plants per square meter, the distances between the planting lines were specified as four and five cm for treatments of P_1 and P_2 , respectively. Dimensions of each plot for the planting patterns of P_1 and P_2 have been determined as 1.6×2 and 1.6×2.4 m consisting of four planting rows.

Results and Discussion

Results showed that the interaction effects of sowing date×planting pattern × nitrogen were significant on grain yield and 1000- grain weight ($p \leq 0.05$). the number of seeds in plant, leaf and flower rutin percent also were

1- PhD student in Islamic Azad University of Borujerd and College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Arak Branch

2- Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Islamic Azad University of Borujerd, Iran

3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(*- Corresponding Author Email: sobhani.mohammadreza47@yahoo.com)

significant ($p \leq 0.01$). But, number of bunch in the plant were non significantly. Maximum grain yield with 2857 kg ha^{-1} , 1000- grain weight (29.28 g), and number of the seeds in the plant 434.1 was observed $P_2D_3N_3$. The highest of number of bunch in the plant with 33.20 was produced $P_2D_2N_3$. Maximum leaf rutin percent with 1.01 was observed to $P_2D_2N_4$ treatment also highest flower rutin percent (1.36%) observed to $P_1D_3N_3$ treatment. The lowest rates of grain yield as 1074 kg ha^{-1} , 1000- grain weight as (23.96 g), number of bunch in the plant (11.72), number of seeds (60.18), leaf rutin (0.14%) and flower rutin (0.30%) have been found for the treatments of $P_1D_3N_1$, $P_2D_4N_2$, $P_2D_4N_2$, $P_1D_4N_2$, $P_2D_2N_1$, $P_2D_3N_2$.

Conclusions

If application of this plant is just for grain consumption, the treatment $P_2D_3N_3$ to produce active substances as a medicinal plant should be considered. For the extraction rutin leaves $P_2D_4N_4$ treatment and flower $P_1D_3N_3$ treatment is suitable for extraction rutin.

Keywords: Flower rutin percent, 1000- grain weight, Leaf rutin percent, Planting row



بررسی وضعیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از نیتروژن-15

ولی فیضی اصل^{*1} - امیر فتوت² - علیرضا آستارایی³ - امیر لکزیان⁴ - میراحمد موسوی شلمانی⁵

تاریخ دریافت: 1393/05/25

تاریخ پذیرش: 1395/07/06

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد زمان و میزان مصرف نیتروژن بر وضعیت تنش نیتروژنی و تولید ژنوتیپ‌های گندم دیم، پژوهشی در قالب کرت‌های دو بار خرد شده با استفاده از نیتروژن-15 در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم به اجرا درآمد. زمان مصرف نیتروژن در کرت اصلی (کل در پاییز و $\frac{2}{3}$ در بهار) و مقادیر نیتروژن در کرت فرعی (0، 30، 60 و 90 کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ‌ها در کرت فرعی (آذر 2، رصد، اوحدی و ژنوتیپ‌های شماره 1 الی 4) در 3 تکرار طی سال زراعی 90-1389 مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد، بین زمان مصرف نیتروژن از لحاظ عملکرد و پارامترهای جذب نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما مصرف نیتروژن توانست به طور متوسط ماده خشک گیاهی (2052 کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه (1053 کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (3403 کیلوگرم در هکتار)، برداشت نیتروژن کل (21/8 درصد)، برداشت نیتروژن کود (10/3 درصد)، اتم درصد اضافی نیتروژن-15 در گیاه (1/75 اتم درصد)، نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (21/9 درصد)، شاخص تنش نیتروژن (0/3) و پروتئین دانه (1/3 واحد) را به طور معنی‌داری افزایش دهد. شاخص تنش نیتروژن (NSI) مناسب‌ترین شاخص برای تعیین وضعیت نیتروژن گیاه شناسایی شد. همچنین نیتروژن برداشت شده از کود نشاندار (%Ndff) نیز از شاخص‌های مطلوب در این خصوص بود. برای رفع تنش نیتروژنی و تولید بهینه ژنوتیپ‌های گندم دیم، کاربرد تیمار N60 مناسب‌ترین میزان نیتروژن و در بین ژنوتیپ‌ها رقم آذر 2 مطلوب‌ترین و Genotype1 و Genotype2 نامناسب‌ترین بود. در مجموع استنباط می‌شود، با استفاده از شاخص NSI و نیتروژن برداشت شده از کود نشاندار می‌توان وضعیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم دیم و زمان و میزان مصرف کودهای نیتروژنی را تعیین نمود.

واژه‌های کلیدی: شاخص تنش نیتروژن (NSI)، عملکرد دانه، نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (%Ndff)

مقدمه

رطوبتی به عنوان مانع اصلی در جذب این عنصر، تنش نیتروژن مهمترین عامل محدودکننده تولید گندم دیم پس از تنش رطوبتی مطرح می‌باشد (Halse et al., 2006; Ryan et al., 2008). مشکل اساسی این عنصر کلیدی در شرایط دیم تنها به دلیل کمی مواد آلی نیست، بلکه جذب و شرکت آن در متابولیسم گیاهی بیشتر به عوامل محیطی و ژنتیکی گیاه بستگی دارد که این موضوع مدیریت مصرف نیتروژن را در شرایط دیم در مقایسه با شرایط آبی دو چندان می‌کند، زیرا 80 درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق جریان توده‌ای و به همراه جذب آب برای گیاه تأمین می‌شود (Johnston and Fowler, 1991). اگر به دلایل مختلفی یکی و یا چند تنش یادشده در محیط رشد گیاه رخ دهد، از طریق اختلال در متابولیسم گیاهی، عملکرد کمی

به دلیل پایین بودن مواد آلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به عنوان منشاء طبیعی نیتروژن مورد نیاز گیاه و همچنین وجود تنش

- 1- استادیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
- 2، 3 و 4- به ترتیب، استاد، دانشیار و استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- 5- عضو هیأت علمی سازمان انرژی اتمی، گروه پژوهشی کشاورزی هسته‌ای، کرج، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: vfeiziasl@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v15i3.38360

و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) دیم به‌طور چشمگیری در مقایسه با پتانسیل واقعی آن کاهش می‌یابد (Barnabas *et al.*, 2009; Acevedo *et al.*, 2008). کنترل این تنش‌ها در اغلب موارد غیرممکن است، اما کشاورز می‌تواند با مصرف بهینه کودهای نیتروژنی و اعمال سیستم‌های تناوبی مناسب، نیاز نیتروژنی گیاه را رفع نماید و از این طریق از اثرات تنش‌های محیطی وارد شده بر گیاه بکاهد (Gauer *et al.*, 1992; Pala *et al.*, 1996; Raun and Johnson, 1999). البته در چنین شرایطی مقدار زیادی از کودهای نیتروژنی مصرف شده برای گندم دیم در خاک باقی مانده و جذب گیاه نمی‌شود، به‌طور مثال وقتی که 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره به مدت دو سال زراعی با بارندگی‌های مختلف مصرف گردید، در سال‌های خشک و مرطوب در زمان برداشت محصول گندم دیم به‌ترتیب 27/4 و 13 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نیتروژن مصرفی در خاک باقی ماند (Abdel Monem *et al.*, 1988). اگرچه کارایی استفاده از نیتروژن در ارقام مختلف غلات به خصوصیات گیاهی مانند وضعیت توسعه ریشه و توزیع آن در خاک، مراحل رشد گیاه، نیاز غذایی گیاه، عواملی مانند رطوبت و دمای خاک، میزان عناصر غذایی خاک و اثرات متقابل عناصر غذایی بستگی دارد، اما تعدادی از این عوامل می‌تواند تحت تأثیر مدیریت کودهای نیتروژنی قرار گیرند (Harmsen, 1984). کودهای نیتروژنی اغلب از طریق افزایش عمق توسعه ریشه گندم علاوه بر افزایش کارایی استفاده از نیتروژن مصرفی باعث افزایش کارایی استفاده از آب و در نهایت کاهش اثر تنش خشکی در شرایط دیم و دستیابی به عملکردهای بهینه می‌گردد. به‌طوری که با مصرف کود نیتروژنی مورد نیاز گندم، راندمان مصرف آب حدود 41 درصد بهبود می‌یابد (Nielsen and Halvorson, 1991). پژوهشگران تلفات گازی (9/5 درصد)، فرسایشی (1 الی 13 درصد)، پخش سطحی کودهای نیتروژنی (40 درصد تلفات) و شستشوی نیترات را از مهمترین عوامل مؤثر در پایین بودن کارایی استفاده از نیتروژن در مصارف بیش از نیاز غذایی این عنصر برای گندم اعلام کرده‌اند (Schepers *et al.*, 1991; Bleivins *et al.*, 1996). در ایران نیز دلایل مختلفی برای پایین بودن میانگین عملکرد گندم دیم و کارایی مصرف نیتروژن مطرح شده است که مصرف نامتعادل و غیر اصولی کودهای نیتروژنی یکی از مهمترین آنهاست. در دیم‌زارهای شمال غرب ایران، کشاورزان کودهای نیتروژنی را برای گندم دیم اغلب در بهار و به‌صورت پخش سطحی در زمانی که رطوبت خاک کاهش می‌یابد، مصرف می‌نمایند که این امر منجر به تلفات بیشتر نیتروژن و کاهش کارایی استفاده از این عنصر می‌شود (Feiziasl and Valizadeh, 2003). امروزه استفاده از نیتروژن-15 به‌عنوان یک ردیاب، در تحقیقات کشاورزی و مطالعات سیستم‌های خاک و گیاه کمک زیادی در شناسایی میزان واقعی جذب عناصر غذایی از کودهای شیمیایی داشته است. با استفاده

از این تکنیک پژوهشگران توانسته‌اند، مناسب‌ترین میزان و زمان مصرف نیتروژن را برای گندم از طریق درصد نیتروژن مشتق شده از کود (%Ndff)، کارایی مصرف نیتروژن-15، بررسی مقدار و سرنوشت نیتروژن باقیمانده در خاک و تجمع و توزیع مجدد نیتروژن در اندام‌های گندم تعیین نمایند (Mariana *et al.*, 2003; Halvorson *et al.*, 2004; Lopez-Bellido *et al.*, 2006). علاوه بر این، امروزه شاخص‌های جدید دیگری با حساسیت بسیار بالا به تغییرات نیتروژن در گیاه شناسایی شده‌اند که از تکنیک‌های سنجش از راه دور نیز برای برآورد و محاسبه آنها می‌توان استفاده نمود. این شاخص‌ها با دقت و سهولت بالاتری قادرند، وضعیت نامطلوب، مطلوب و زیاد بود نیتروژن را در گیاه مشخص نمایند، از جمله مهمترین این شاخص‌ها می‌توان به شاخص تنش نیتروژن (NSI) اشاره نمود (Rodriguez *et al.*, 2006). این شاخص علاوه بر همبستگی بالا با عملکرد و اجزای عملکرد دانه با میزان جذب و وضعیت نیتروژن در گیاه و شاخص کلروفیل در گیاه نیز همبستگی معنی‌داری دارد که این موضوع می‌تواند مراحل حساس گیاه به تنش نیتروژنی را به‌خوبی شناسایی و توصیه منطقی را برای رفع آن انجام دهد (Kruse *et al.*, 2006; Rodriguez *et al.*, 2006; Tilling *et al.*, 2007). با توجه به مطالب یادشده هدف از انجام این پژوهش، تعیین وضعیت نیتروژنی ژنوتیپ‌های گندم دیم و رفع این تنش‌ها با استفاده از تکنیک نیتروژن-15 و شاخص تنش نیتروژن در شناسایی مناسب‌ترین میزان و زمان مصرف کودهای نیتروژنی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات کاربرد زمان و میزان مصرف نیتروژن بر وضعیت تنش نیتروژنی ژنوتیپ‌های گندم دیم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده با دو زمان مصرف (کل در پاییز و $\frac{2}{3}$ در پاییز و $\frac{1}{3}$ در بهار) و چهار سطح نیتروژن (صفر، 30، 60 و 90 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر روی 7 ژنوتیپ گندم دیم (آذر 2، رصد، اوحدی و چهار ژنوتیپ تحت شماره Genotype1، Genotype2، Genotype3 و Genotype4 به‌ترتیب SARA-BW-F6-06-85-86-29-1، جره 1، DH-2049-3، TEVEE'S//CROW/VEE'S و HN7/OROFEN//BGN8/3/SERI/4/.. در سه تکرار طی سال زراعی 90-1389 با مشخصات اقلیمی نزدیک به میانگین بلند مدت (جدول 1) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) اجرا شد. خاک محل اجرای آزمایش (جدول 2) دارای سری راجل‌آباد با مشخصات Fine mixd، Mesic، Vertic Calcixerepts بود که قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا 25 سانتی‌متری به روش مرکب از هر بلوک نمونه‌برداری و بافت، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی،

نقاط پراکنش در نرم افزار Excel ترسیم شد. در این نمودار با استفاده از مناسب ترین روابط رگرسیونی (نرم افزار Datafit9)، داده های فوقانی و تحتانی مربوط به این بانک اطلاعاتی محصور گردید. سپس با استفاده از رابطه زیر برای کل داده های محصور شده بین دو خط مرزی بالایی (N_{max}) و پایینی (N_{min}) در سه مرحله رشد، شاخص تنش نیتروژن (NSI) محاسبه گردید (Rodriguez et al., 2006; Tilling et al., 2007):

$$NSI = \frac{N\% - N_{min}}{N_{max} - N_{min}} \quad (1)$$

در این رابطه:

NSI: شاخص تنش نیتروژن (معمولاً مقدار آن بین صفر تا 1 و گاهی بسیار بیشتر از یک تغییر می کند که با افزایش آن وضعیت تغذیه ای نیتروژن در گیاه بهبود می یابد)

N%: غلظت نیتروژن در بافت گیاهی

N_{min} : محدوده پایین غلظت نیتروژن در بافت گیاهی (درصد)

N_{max} : محدوده بالای غلظت نیتروژن در بافت گیاهی (درصد)

همچنین در سه مرحله ساقه رفتن (ZGS32)، گلدهی (GS64) و رسیدگی فیزیولوژیک (GS87) علاوه بر تعیین شاخص کلروفیل گیاه با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD-Hansatech) مدل CI-01 به تعداد 5 قرائت در هر کرت آزمایشی در فوقانی ترین برگ گسترش یافته، به طور تصادفی 3 بوته از هر کرتچه ایزوتوپی تهیه و پس از مراحل خشک و توزین، درصد نیتروژن کل (دانه و اندام هوایی) و نسبت ایزوتوپی $^{15}N/^{14}N$ اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری نسبت ایزوتوپی $^{15}N/^{14}N$ نمونه های گیاه از روش طیفسنجی جرمی استفاده شد (Mousavi Shalmani, 2008). در زمان برداشت محصول (ZGS91) جهت برآورد عملکرد دانه، 0/5 متر از هر دو انتهای کرت های فرعی در فرعی به عنوان اثرات حاشیه حذف و بقیه کرت برداشت و کوبیده شد. پس از تعیین میزان نیتروژن کل دانه از طریق رابطه $\text{Grain protein}\% = \text{Total Grain N}\% \times 5.7$ غلظت پروتئین دانه محاسبه گردید (Fowler and Brydon, 1989).

داده های به دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار GenStat14 تجزیه واریانس شد و مقایسات میانگین از طریق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام گرفت. به منظور برآزش معادلات رگرسیونی بین صفات مورد مطالعه از نرم افزار CurveExpert2 استفاده شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی در سطوح نیتروژن مصرفی نشان داد (جدول 3)، با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی

pH، هدایت الکتریکی، درصد اشباع، فسفر، پتاسیم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب در آن اندازه گیری شد. فسفر براساس میزان کمبود از حد بحرانی آن برای گندم دیم (10 میلی گرم در کیلوگرم) از منبع سوپرفسفات تریپل به صورت یکنواخت و از طریق جایگذاری با دستگاه جان شیرر همزمان با کاشت تأمین شد (Feiziasl et al., 2004). این در حالی است که میزان پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس قابل استفاده در خاک بیش از حد بحرانی های گزارش شده برای این عناصر (پتاسیم 250، آهن 5، منگنز 11، روی 0/7 و مس 1/4 میلی گرم در کیلوگرم) برای گندم دیم در شمال غرب کشور بود (Feiziasl et al., 2009).

مقادیر نیتروژن کرت ها در مصرف پاییزی به کمک دستگاه بزرگرم همدانی مجهز به سیستم جایگذاری کود، از منبع اوره همزمان با کاشت در عمق 15-20 سانتی متری زیر بستر بذر و در کف جوی (حداکثر ارتفاع پشته ها 5 سانتی متری) جایگذاری شد. بذره های گندم مطابق دستورالعمل ارائه شده برای مناطق سرد و نیمه سردسیر کشور که خطر سرمازدگی وجود دارد، با تراکم 400 دانه در مترمربع (Gaffari et al., 2007) و پس از ضد عفونی با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت 2 در هزار و به کمک بذرکار آزمایشی (وینتر اشتایگر) در عمق 5-7 سانتی متری کشت شد. در وسط کرت های فرعی در فرعی به تعداد 6 ردیف (1/2 متر) و به طول 1/5 متر تحت عنوان کرتچه های ایزوتوپی به مصرف اوره نشاندار با 8 اتم درصد به صورت محلول اختصاص یافت (Mousavi Shalmani, 2008). به منظور جلوگیری از تلفات نیتروژن مصرفی از طریق تصعید و همگن نمودن پراکنش نیتروژن در کرتچه های ایزوتوپی، پس از مصرف کودهای نیتروژنی در پاییز (در کرت های غیر ایزوتوپی یا گارد به روش جایگذاری و با استفاده از دستگاه کشت گستر مجهز به سیستم جایگذاری کود) و تقسیم آن در بهار (به صورت دستپاش) بلافاصله تمامی تیمارها در هر مرحله به میزان 10 میلی متر (10 میلی متر در مصرف پاییزی و 10 میلی متر در مصرف سرک) به روش بارانی آبیاری شد. بارندگی های کمتر از 20 الی 25 میلی متر برای گندم دیم جزء بارندگی های مؤثر محسوب نمی شوند و لذا به منظور همگن نمودن کودهای ایزوتوپی محلول در کرتچه های ایزوتوپی و ایجاد شرایط مشابه آن در بخش غیر ایزوتوپی می توان از مقادیر کمتر از بارندگی های مؤثر استفاده نمود (Austin, 1987).

پس از تعیین میزان ماده خشک گیاهی در 3 مرحله ساقه رفتن (ZGS32)، گلدهی (GS64) و رسیدگی فیزیولوژیک (ZGS87) و میزان نیتروژن موجود در اندام های هوایی گیاه در این 3 مرحله، شاخص تنش نیتروژن (NSI) با استفاده از رابطه (1) برای کل داده های آزمایشی محاسبه شد (شکل 2 الف). ابتدا رابطه بین میزان وزن خشک اندام های هوایی در این مراحل به عنوان متغیر مستقل و درصد نیتروژن کل در این اندام ها به عنوان متغیر وابسته به صورت

میانگین ماده خشک گیاهی (سه مرحله ساقه رفتن، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک) به‌طور معنی‌داری ($p < 0/01$) افزایش یافت. بیشترین مقدار این صفت از تیمار N60 با 5492 کیلوگرم در هکتار (کلاس A) و کمترین آن به میزان 2820 کیلوگرم در هکتار از تیمار N0 (کلاس C) به‌دست آمد. متوسط افزایش ماده خشک گیاهی با مصرف نیتروژن 2057 کیلوگرم در هکتار (73 درصد) بود. میران‌زاده و همکاران (Miranzadeh et al., 2011) نیز با بررسی اثرات کاربرد مقادیر مختلف مصرف نیتروژن بر روی چهار رقم گندم دیم افزایش معنی‌دار ماده خشک گیاهی را با مصرف نیتروژن گزارش کردند. آنها بیشترین مقدار ماده خشک گیاهی را از مصرف 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در منطقه شیراز با بارندگی 390 میلی‌متر به‌دست آوردند که این تفاوت می‌تواند به دلیل اختلاف در شرایط اقلیمی، مشخصات خاک و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه باشد.

مصرف نیتروژن عملکردهای بیولوژیک و دانه را نیز در مقایسه با تیمار N0 به‌ترتیب 73 (3403 کیلوگرم در هکتار) و 56 (1053 کیلوگرم در هکتار) درصد افزایش داد ($p < 0/01$). بیشترین (9025 کیلوگرم در هکتار) و کمترین (4681) عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب از تیمارهای N90 و N0 به‌دست آمد. این در حالی است که بیشترین عملکرد دانه به میزان 3237 کیلوگرم در هکتار (کلاس A) مربوط به تیمار N60 بود و کمترین آن 1876 کیلوگرم در هکتار به تیمار N0 (کلاس C) اختصاص داشت. این نتیجه مورد انتظار بود، زیرا که اولاً تیمار N60 بسیار نزدیک به حد بهینه نیاز نیتروژنی ارقام مختلف گندم دیم می‌باشد که در این مقدار بیشترین حجم مواد فتوسنتزی به دانه انتقال می‌یابد (Ercoli et al., 2008). ثانیاً در مقادیر پایین‌تر از این مقدار (N30) منابع هیدروکربنی کافی در اندام‌های هوایی جهت

انتقال به سنبله و پر کردن دانه در مواجهه با تنش آبی آخر فصل تولید نمی‌شود و در مقادیر بالاتر از آن (N90) به دلیل افزایش مواد بیولوژیک، تعادلی بین ریشه و اندام‌های هوایی گیاه در جذب آب وجود ندارد و همچنین تلفات آب از طریق تعرق توسط اندام‌های هوایی گیاه منجر به آسیب جدی به بخش اقتصادی گیاه می‌زند (Mariana et al., 2003; Barbottin et al., 2005; Barnabas et al., 2008). به‌طور متوسط با افزایش میزان کاربرد نیتروژن تا سطح 60 کیلوگرم در هکتار عملکردهای بیولوژیک و دانه افزایش یافتند، اما میزان درصد افزایش در سطوح پایین نیتروژن بسیار بیشتر از سطوح بالای آن بود که به استثنای آبیاری تکمیلی عامل دیگری نمی‌تواند چنین افزایش عملکردی را در شرایط دیم در پی داشته باشد. به همین دلیل است که اغلب پژوهشگران عرصه دیم معتقدند، نیتروژن دومین عامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی پس از آب به‌شمار می‌آید (Halse et al., 2006; Svobada and Haberle, 2006). مصرف نیتروژن توانست برداشت نیتروژن کل توسط گیاه را به‌طور معنی‌داری ($p < 0/01$) افزایش دهد، به‌طوری‌که گندم دیم در تیمار شاهد (N0) نزدیک به 23 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (کلاس C) را از خاک جذب کرد که با مصرف نیتروژن و افزایش ماده خشک گیاهی این مقدار در تیمار N60 به حداکثر مقدار خود و به بیش از 49 کیلوگرم در هکتار (کلاس A) رسید. البته دو سطح نهایی مصرف نیتروژن (N60 و N90) از لحاظ صفت یادشده در یک کلاس (A) قرار گرفتند (جدول 3). رایس و همکاران (Rice et al., 1990) نیز گزارش کردند، کاربرد نیتروژن توانست میزان جذب نیتروژن را به‌طور معنی‌داری در چهار منطقه پاکستان افزایش دهد.

جدول 1- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در سال زراعی 90-89 و میانگین بلند مدت (20 ساله)

Table 1- Maragheh dryland agriculture research station climate data in cropping year 2010-2011 and long term (20 years)

سال Year	بارندگی Rainfall (mm)	میانگین دمای حداقل Mean Min Temperature (°C)	میانگین دمای حداکثر Mean Max Temperature (°C)	میانگین دما Mean Temperature (°C)	تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد Days of below zero °C	رطوبت نسبی هوا Relative humidity (%)	تبخیر Evaporation (mm)
2010-2011	353	2.5	16.5	8.7	130	50.3	1485
1992-2012	365	4.2	14.6	9.4	128	53.0	1757

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک قبل از کاشت (عمق 0-25 سانتی‌متری)

Table 2- Soil physical and chemical characteristics before sowing (0-25 cm depth)

شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	کربنات کلسیم معادل CaCO ₃ (%)	کربن آلی OC (%)	درصد اشباع SP (%)	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)
25	40	35	5.1	0.72	47	7.7	0.15
نیتрат NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	آمونیم NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	آهن Fe (mg kg ⁻¹)	منگنز Mn (mg kg ⁻¹)	روی Zn (mg kg ⁻¹)	مس Cu (mg kg ⁻¹)
7.2	4.6	5.8	677	7.6	13.6	1.1	2.3

از سوی دیگر رابطه بین نیتروژن مصرفی با هر دوی ماده خشک گیاهی ($DM = -0.5323N^2 + 73.519N + 2730.5$; $R^2 = 0.96$) و برداشت نیتروژن کل ($N \text{ uptake} = -0.0042N^2 + 0.6717N + 22.158$; $R^2 = 0.98$) در پژوهش حاضر به صورت درجه دوم بود که حداکثر آنها به ترتیب از مصرف 69 و 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. مقایسه میانگین برای اتم درصد اضافی نیتروژن-15 در گیاه نیز نشان داد، با مصرف نیتروژن این صفت به طور معنی داری ($p < 0/01$) در گیاه افزایش یافت و این افزایش تا آخرین سطح مصرف نیتروژن تداوم داشت، به نحوی که هر تیمار کودی از لحاظ آماری در کلاس مستقلى قرار گرفت (جدول 3).

رابطه بین اتم درصد اضافی نیتروژن-15 در گیاه با میزان نیتروژن-15 مصرفی از نوع خطی ($^{15}N\% \text{ Plant} = 0.0308N + 0.0382$; $R^2 = 0.999$) بود که با افزایش هر 10 کیلوگرم نیتروژن-15 در هکتار، اتم درصد اضافی نیتروژن-15 در گیاه حدود 0/31 افزایش یافت. ضریب تبیین این معادله نشان داد، رابطه بین دو عامل یادشده انحرافی از مسیر خطی نداشت و نیتروژن-15 در مقایسه با نیتروژن-14 در گیاه می تواند مبنای مناسبی در توصیه کودهای نیتروژنی بر اساس نیتروژن برداشت شده از کود باشد. دو صفت برداشت نیتروژن کود و نیتروژن جذب شده از کود نشاندار، وضعیت مشابهی را از لحاظ سطح معنی داری ($p < 0/01$)، کلاس تیمارها و ارتباط با میزان نیتروژن مصرفی داشتند. به طوری که نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (%Ndff) از حدود 1 درصد برای تیمار N0 تا حدود 36 درصد برای تیمار N90 تغییر یافت، اما برای تیمار N60 با بیشترین میزان تولید ماده خشک و عملکرد دانه، مقدار آن 23 درصد بود (جدول 3). ران و جانسون (Raun and Johnson, 1999) معتقدند باز یافت نیتروژن از کود برای گندم در سطح جهانی پایین بوده و متوسط آن 33 درصد می باشد. سویر و همکاران (Sowers et al., 1994) و ماهر و همکاران (Mahler et al., 1994) میزان نیتروژن جذب شده از کود نشاندار را 25 الی 33 درصد برای گندم گزارش کرده اند که این محدوده تا حدودی منطبق بر میزان باز یافت نیتروژن از کود در محدوده تیمارهای N60 و N90 پژوهش حاضر می باشد. در حالی که مقایسه نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایرین برای گندم نشان می دهد، میزان جذب نیتروژن از کود نشاندار پایین تر از نتایج سایرین می باشد که این می تواند به دلیل وضعیت زمین، تلفات نیتروژن، فرسایش و مصرف بی رویه نیتروژن باشد (Fiez et al., 1995; Bashir et al., 1997). از سوی دیگر، با توجه به خطی بودن رابطه بین نیتروژن جذب شده از کود نشاندار و نیتروژن مصرفی ($\%Ndff = 0.3849N + 0.4426$; $R^2 = 0.995$) با کاربرد هر 10 کیلوگرم نیتروژن-15 در هکتار، مقدار نیتروژن جذب شده از کود نشاندار حدود 3/9 درصد افزایش داشت. چنین وضعیتی برای برداشت نیتروژن کود

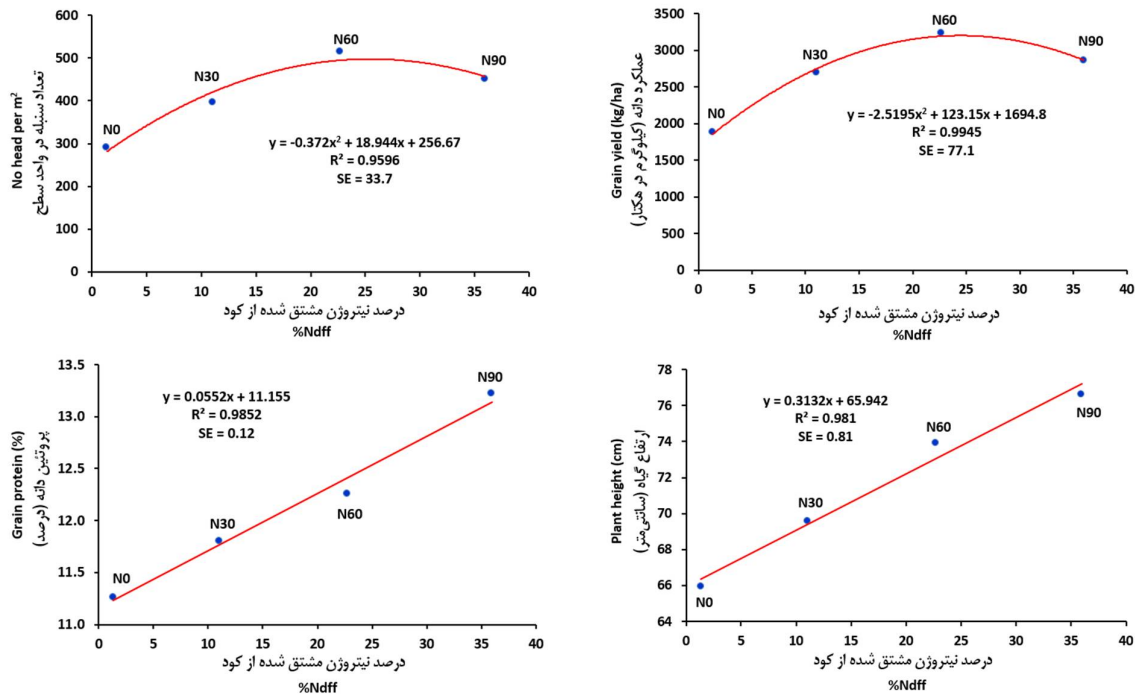
جدول 3- مقایسه میانگین پارامترهای نیتروژن در گیاه برای سطوح نیتروژن مصرفی

نیتروژن Nitrogen	ماده خشک Dry matter	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	برداشت نیتروژن		برداشت نیتروژن کود		نیتروژن جذب شده از کود Nitrogen derived from fertilizer	نیتروژنی Nitrogen use efficiency	شاخص تنش Nitrogen stress index	پروتئین دانه Grain Protein
				کل Total N uptake	کود Fertilizer N yield	کل Total N uptake	کود Fertilizer N yield				
Table 3- Mean comparison of nitrogen parameters in plant for nitrogen rates											
0	2820	1876	4681	22.8	0.4	0.11	1.3	0.62	0.41	11.3	
30	4190	2996	7149	36.5	3.9	0.89	11.1	13.0	0.62	12.3	
60	5492	3237	9025	49.2	11.1	1.82	22.7	18.5	0.75	12.3	
90	4947	2853	8078	47.9	17.1	2.88	35.9	19.0	0.75	13.2	
	844	432	1352	11.2	3.3	0.18	2.2	4.1	0.17	1.3	
SD5%											

نیز مشاهده شد ($F_{NY} = 0.1915N - 0.4841$; $R^2 = 0.98$)، به نحوی که با افزایش هر 10 کیلوگرم نیتروژن -15 در هکتار برداشت نیتروژن کود 1/92 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. به تعبیر دیگر با افزایش هر 310 کیلوگرم در هکتار ماده خشک تا تیمار N60 (رابطه خطی)، یک درصد به نیتروژن جذب شده از کود نشاندار و برای هر 780 کیلوگرم در هکتار ماده خشک تا تیمار یادشده یک کیلوگرم در هکتار برداشت نیتروژن کود اضافه شد. بنابراین با توجه به خطی بودن روابط بین نیتروژن جذب شده از کود نشاندار و نیتروژن مصرفی و برداشت نیتروژن کود با نیتروژن مصرفی، تغییرات میزان آنها با تغییر نیتروژن مصرفی در فواصل تیمارهای کودی روندی ثابت و یکنواختی را دنبال نمود. برزویی و همکاران (2013) (Borzouei *et al.*) نیز گزارش کردند با مصرف نیتروژن میزان نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (%Ndff) در گندم افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. بررسی‌های دقیق‌تر نشان داد، نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (%Ndff) با عملکرد دانه و صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه ارتباط معنی‌داری دارد. در این خصوص ارتباط %Ndff با عملکرد دانه از نوع درجه دوم بود که در مقدار 24/4 درصد حداکثر عملکرد دانه را تولید نمود (شکل 1 الف). وضعیت مشابهی را %Ndff با مهمترین جزء عملکرد دانه گندم دیم یعنی تعداد سنبله در واحد سطح داشت. مطابق این رابطه بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح از 25/4 درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار به‌دست آمد که تنها یک واحد با %Ndff مورد نیاز برای تولید عملکرد دانه در کل دامنه 1 الی 36 واحدی %Ndff تفاوت داشت (شکل 1 ب). علاوه بر موارد یادشده، %Ndff با ارتفاع گیاه و همچنین درصد پروتئین دانه رابطه خطی معنی‌داری ($p < 0/05$) داشت (شکل 1 ج و د). با توجه به اینکه رابطه خطی بین ارتفاع گیاه (تا 120 سانتی‌متر) و عملکرد دانه برای گندم دیم قبل از نیز گزارش شده است (Ehdaie *et al.*, 2006; Khan *et al.*, 2007)، لذا این ارتباط تأیید مجددی بر صحت رابطه بین %Ndff و عملکرد دانه می‌باشد. مطابق این روابط با افزایش 10 واحد به درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (%Ndff) در محدوده 0/6-30 %Ndff، ارتفاع بوته 3/1 سانتی‌متر و میزان پروتئین دانه 0/6 واحد افزایش یافت (شکل 1 ج و د). بنابراین با افزایش نیتروژن جذب شده از کود نشاندار از طریق کل ماده خشک گیاهی، انتقال نیتروژن به دانه به‌صورت خطی افزایش یافته و به دنبال آن میزان پروتئین دانه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول 3). برخی پژوهشگران وجود رابطه خطی بین میزان نیتروژن انباشته شده در اندام‌هایی رویشی و نیتروژن موجود در دانه (درصد پروتئین) را در مرحله پر شدن دانه در گندم گزارش کرده‌اند. آنها معتقدند نیتروژن مازاد بر نیاز گندم در اندام‌های رویشی گیاه انباشته شده و از طریق توزیع مجدد در زمان پر شدن دانه که به دلیل تنش رطوبتی و حرارتی، جذب آن از طریق

ریشه مختل می‌شود، به سمت سنبله انتقال یافته و باعث افزایش پروتئین دانه می‌شود (Tribou and Tribou-Blondel, 2002; Barbottin *et al.*, 2005). بر این اساس عدم مصرف نیتروژن (N0) در پژوهش حاضر باعث کاهش به‌طور متوسط 12 درصدی میزان پروتئین دانه در مقایسه با تیمارهای مصرف نیتروژن شد (جدول 3). تقریباً چنین نتیجه‌ای را ارکولی و همکاران (2008) (Ercoli *et al.*) قبلاً برای گندم با 14 درصد کاهش گزارش کرده‌اند. بنابراین استنباط می‌شود، علاوه بر ویژگی‌های ژنتیکی گیاه، عوامل دیگری از جمله نیتروژن در افزایش پروتئین دانه مؤثر می‌باشد. فیضی اصل و پورمحمد (2014) (Feiziasl and Pourmohammad) گزارش نمودند، یک رابطه خطی مثبت و معنی‌دار (Grain Protein% = $0.025N + 9.3$) بین میزان نیتروژن مصرفی با پروتئین دانه وجود دارد، اما دو سطح مصرف 90 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر میزان پروتئین دانه در کلاس مشابهی قرار گرفتند. نتایج تحقیقات کوئینگ و همکاران (2011) (Koenig *et al.*) نیز در سه نقطه شرق ایالت واشینگتن نشان داد، با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، میزان پروتئین دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم به‌صورت خطی افزایش یافت اما عملکرد دانه آنها در سطوح نهایی مصرف نیتروژن سیر نزولی داشت مشابه نتایج این پژوهشگران، رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با غلظت پروتئین دانه گندم دیم در پژوهش حاضر نیز از نوع خطی افزایشی ($GP(\%) = 0.0211 \times N + 11.184$; $R^2 = 0.97$) و با عملکرد دانه از نوع درجه دوم ($GY = -0.3344N^2 + 41.673N + 1843.7$; $R^2 = 0.98$) و معنی‌دار ($p < 0/05$) بود که با نتایج آنها کاملاً مطابقت دارد.

کاربرد نیتروژن به‌طور معنی‌داری ($p < 0/01$) منجر به افزایش کارایی مصرف نیتروژن شد، اما بین تیمار N60 و N90 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و این دو تیمار در مقایسه با تیمار N30 (کلاس B) در کلاس برتر A قرار گرفتند. بنابراین با در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی و اقتصاد مصرف نیتروژن، مناسب‌ترین تیمار مصرف نیتروژن برای تولید ماده خشک گیاهی و عملکرد دانه بالا و کارایی مصرف نیتروژن (18/5 درصد)، N60 می‌باشد (جدول 3). نتایج تحقیقات تامسون و همکاران (2000) (Thomason *et al.*) نیز نشان داد با افزایش مصرف نیتروژن کارایی مصرف نیتروژن در گندم افزایش یافت، اما نتیجه تحقیق پیشین در خصوص کارایی زراعی مصرف نیتروژن از طریق نیتروژن-14 سیر نزولی آن را با افزایش میزان مصرف کود در منطقه مورد آزمایش به دلیل تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری این دو کارایی نشان داد (Feiziasl and Pourmohammad, 2014).



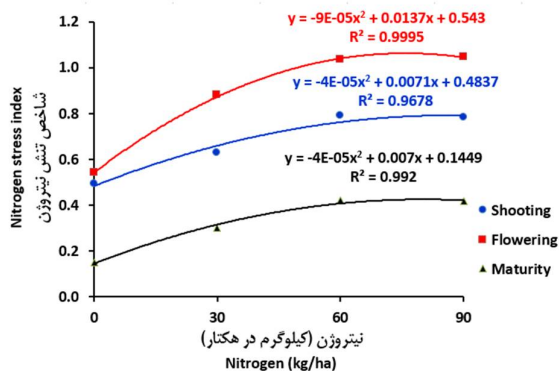
شکل 1- رابطه بین %Ndff با عملکرد دانه (الف)، تعداد سنبله در واحد سطح (ب)، ارتفاع گیاه (ج) و درصد پروتئین دانه (د)
Figure 1- Relationship between %Ndff with grain yield (a), NO. spike m⁻² (b), plant height (c) and grain protein (d)

این نتایج غلظت نیتروژن در گیاه وابسته به مرحله رشد و میزان ماده خشک تولیدی است که با هردوی آنها رابطه منفی داشت (شکل 2 الف). تیلینگ و همکاران (Tilling *et al.*, 2007) چنین رابطه‌ای را برای گندم در شرایط آبی و دیم گزارش کرده‌اند. شاخص NSI در هر سه مرحله رشد، رابطه معنی‌داری از نوع درجه دوم با میزان نیتروژن مصرفی داشت و تغییرات نیتروژن مصرفی توانست به‌طور متوسط حدود 99 درصد از تغییرات این شاخص را توجیه نماید. حداکثر میزان این شاخص (تنش نیتروژن کم) در مراحل ساقه‌رفتن، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب از مصرف 89، 76 و 88 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که بیشترین آن به میزان 1/06 در مرحله گلدهی و کمترین آن به میزان 0/43 در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بود (شکل 2ب). احتمالاً علت افزایش تنش نیتروژن در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، از کارافتادن سیستم جذب ریشه‌ای و فعال شدن سیستم انتقال مجدد در گیاه باشد. به‌منظور گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی با استفاده از انحراف معیار داده‌ها، شاخص NSI به سه گروه کم ($\bar{X} - SD$)، متوسط ($\bar{X} - SD$ to $\bar{X} + SD$) و زیاد ($\bar{X} + SD$) تفکیک شد. مطابق این روش مقادیر 0/47 و 0/65 به‌ترتیب مرز بین کلاس‌های کم-متوسط و متوسط-زیاد برای شاخص NSI بود. حال با این کلاس‌بندی تیمارهای N90، N60 و N30 در مرحله ساقه رفتن و تیمارهای N60، N30 و N90 در مرحله گلدهی

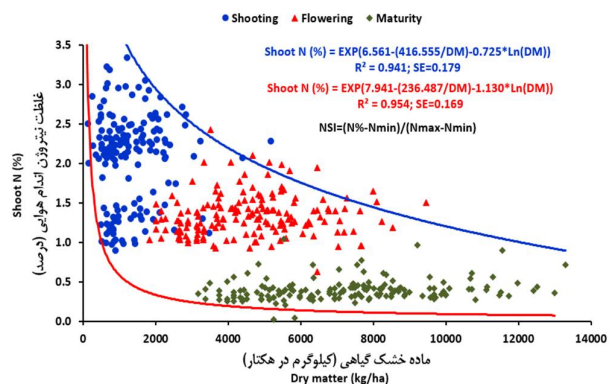
روبرس (Roberts, 2008) این کارایی را برای شرایط دیم 30-20 درصد و برای شرایط آبی 40-30 درصد بیان داشت. اما کاسمن و همکاران (Cassman *et al.*, 2002) آن را برای شرایط مطلوب آب و هوایی 49 درصد و شرایط نامطلوب اقلیمی 18 درصد برای گندم در هندوستان گزارش نمودند. کارایی استفاده از کودهای نیتروژنی متغیر بوده و با نوع محصول، فصل رشد و نوع کود تغییر می‌کند (Asfary and Charanek, 1997). در شرایط دیم کارایی مصرف نیتروژن کمتر از اعداد گزارش شده برزویی و همکاران (Borzouei *et al.*, 2013) برای گندم آبی است، اما این نتایج با نتایج کاسمن و همکاران (Cassman *et al.*, 2002) برای شرایط نامطلوب اقلیمی در هندوستان کاملاً مطابقت دارد.

به‌منظور محاسبه شاخص تنش نیتروژن (NSI) مناسب‌ترین معادلات محصورکننده بالا $\text{Shoot N (\%)} = \text{EXP}(6.561 - (416.555/\text{DM}) - 0.725 \cdot \ln(\text{DM}))$; $R^2 = 0.94$) و پایین $\text{Shoot N (\%)} = \text{EXP}(7.941 - (236.487/\text{DM}) - 1.130 \cdot \ln(\text{DM}))$; $R^2 = 0.95$) که هر دو از نوع نمایی بودند، برازش شد. داده‌ها نشان دادند، اولاً با افزایش ماده خشک گیاهی غلظت نیتروژن در آنها در هر سه مرحله رشد به‌ویژه در مرحله گلدهی کاهش یافت. ثانیاً با سپری شدن زمان رشد گندم دیم از مرحله ساقه‌دهی به سمت رسیدگی فیزیولوژیک نیز غلظت نیتروژن در گیاه شدیداً کاهش یافت. مطابق

نیتروژن داشت به بهترین وجه جبران نماید و گیاه را از تنش نیتروژنی نجات دهد. بنابراین مقایسه رابطه بین میزان ماده خشک گیاهی با غلظت نیتروژن در گیاه با رابطه نیتروژن مصرفی با شاخص NSI نشان داد، اگرچه با افزایش سن گیاه غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی سیر نزولی داشت (شکل 2 الف)، اما درخصوص شاخص NSI این مورد صادق نبود، زیرا که بیشترین این شاخص (کمترین تنش نیتروژنی) مربوط به مرحله گلدهی و تیمارهای N60 و N90 بود و مصرف 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پاییز کمتر از دو درصد، تنش نیتروژن را در مراحل مختلف رشد گندم دیم در مقایسه با ایده‌آل‌ترین شرایط آزمایش حاضر خواهد داشت (شکل 2 ب).



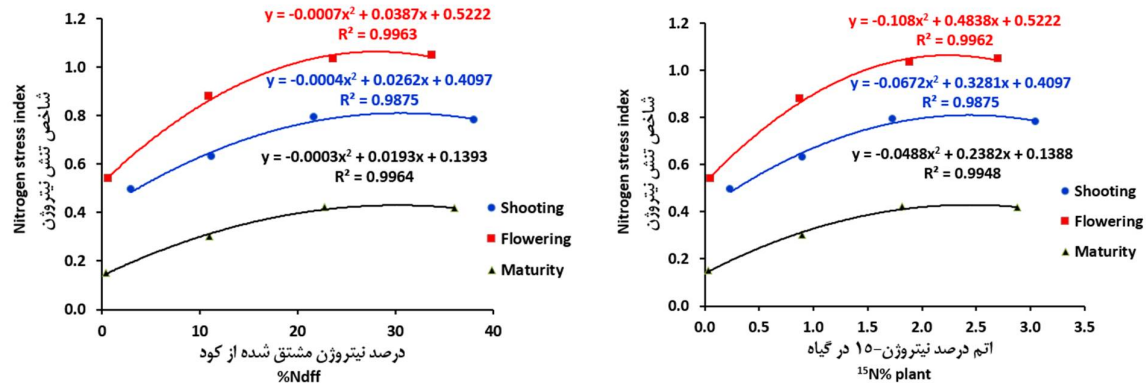
در گروه زیاد، تیمارهای N0 و N30 در مرحله ساقه رفتن و تیمار N0 در مرحله گلدهی در کلاس متوسط و تمامی تیمارهای مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (N0، N30، N60، N90) در کلاس کم شاخص NSI قرار گرفتند. این در حالی است که نتایج مقایسه میانگین برای شاخص NSI نشان داد، کاربرد نیتروژن به‌طور معنی‌داری ($p < 0/01$) این شاخص را افزایش داد، اما تیمارهای N30، N60 و N90 از لحاظ آماری در یک کلاس (A) و تیمار N0 در کلاس پایین‌تر (B) قرار گرفت (جدول 3). بنابراین نتایج، اولاً تنش نیتروژن در تیمار N60 (همکلاس با تیمار N90) در تمامی مراحل رشد کمتر از تیمارهای N0 و N30 بود. ثانیاً مصرف نیتروژن توانست کمبود این عنصر را در گیاه در مرحله گلدهی که نیاز بیشتری به



شکل 2- رابطه بین ماده خشک گیاهی با غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی (الف) و نیتروژن مصرفی با شاخص تنش نیتروژن (NSI)
Figure 2- Relationship between dry matter with nitrogen concentration in plant (a) and nitrogen rates with nitrogen stress index (NSI)

N90 بود. کروس و همکاران (Kruse et al., 2006) نیز همبستگی بالا و معنی‌دار بین وضعیت نیتروژن انواع چمن با شاخص NSI را در مراحل مختلف رشد این گیاه گزارش نمودند. تیلینگ و همکاران (Tilling et al., 2007) گزارش کردند، علاوه بر وجود همبستگی بالا و معنی‌دار بین وضعیت نیتروژن در گندم با شاخص NSI در مراحل مختلف رشد، گندم دیم در مرحله گلدهی بیشترین مقدار شاخص NSI (کمترین تنش نیتروژن) را داشت، اما این شاخص برای گندم آبی به دلیل رشد زیاد آن و تقاضای بیشتر نیتروژن توسط گیاه در این مرحله در حداقل (بیشترین تنش نیتروژن) قرار داشت. بنابراین نتایج پژوهش حاضر با نتایج گزارش شده توسط کروس و همکاران (Kruse et al., 2006) و تیلینگ و همکاران (Tilling et al., 2007) کاملاً مطابقت دارد.

شاخص NSI با اتم درصد اضافی نیتروژن-15 در گیاه ($^{15}\text{N}\%$ plant) و درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار ($\text{Ndff}\%$) در مراحل مختلف رشد رابطه معنی‌داری از نوع درجه دوم داشت و تغییرات صفات یادشده توانستند بیش از 99 درصد از تغییرات این شاخص را توجیه نمایند. همانند سطوح مصرف نیتروژن، بیشترین شاخص NSI (تنش نیتروژن کمتر) برای $^{15}\text{N}\%$ plant و $\text{Ndff}\%$ از مرحله گلدهی به میزان 1/06 با 2/23 اتم درصد نیتروژن-15 در گیاه و 28/02 درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار به‌دست آمد و کمترین این شاخص (تنش نیتروژن بیشتر) به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اختصاص یافت (شکل 3 الف و ب). این نتایج نیز نشان داد، بیشترین اتم درصد اضافی نیتروژن-15 در گیاه و درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار مختص به مرحله گلدهی (تنش نیتروژن کم) و برای این منظور مناسب‌ترین تیمار N60 (همکلاس با تیمار

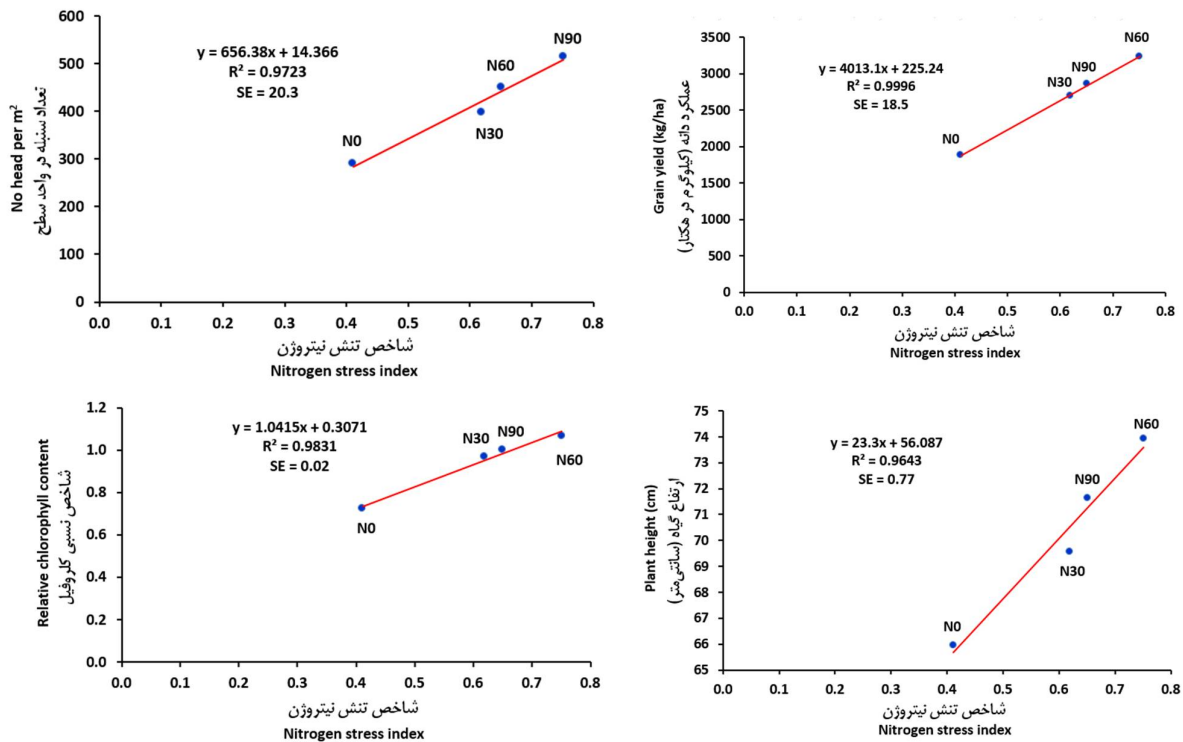


شکل 3- رابطه بین اتم درصد نیتروژن 15- در گیاه (الف) و درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (ب) با شاخص تنش نیتروژن (NSI)
Figure 3- Relationship between $^{15}N\%$ in plant (a) and %Ndff (b) with nitrogen stress index (NSI)

عملکرد و همچنین شاخص کلروفیل در پژوهش حاضر باعث گردید تا بتوان این شاخص را به عنوان یکی از بهترین شاخص های تعیین وضعیت نیتروژن در گیاه معرفی نمود. از مزایای دیگر این شاخص نرمال شدن درصد نیتروژن در اندام های هوایی از طریق داده های ماده خشک می باشد که هر دو صفات عملکرد و پارامترهای نیتروژن در گیاه در آن مستتر می باشند (Rodriguez et al., 2006).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول 4)، از لحاظ ماده خشک گیاهی (میانگین سه دوره رشد) تفاوت معنی داری در سطح احتمال 1 درصد ($p < 0/01$) بین ژنوتیپ ها وجود داشت. بیشترین ماده خشک تولیدی به ژنوتیپ های رصد و Genotype4 با متوسط 4830 کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (کلاس A) که با رقم آذر 2 با 4650 کیلوگرم در هکتار (کلاس AB) تفاوت معنی داری نداشت. حداقل ماده خشک تولیدی به ژنوتیپ های Genotype1 و Genotype2 به ترتیب با 3752 و 3697 کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت که از لحاظ آماری در کلاس مشابهی (D) قرار گرفتند. بنابراین از لحاظ ماده خشک تولیدی می توان ژنوتیپ های رصد و Genotype4 و در مرتبه بعدی رقم آذر 2 را مناسب ترین ژنوتیپ ها به شمار آورد. این نتایج، با نتایج به دست آمده از عملکردهای بیولوژیک و دانه در خصوص این ژنوتیپ ها کاملاً مطابقت دارد، زیرا که بیشترین عملکردهای بیولوژیک به میزان 8140 (کلاس A)، 7996 (کلاس AB) و 7614 (کلاس AB) کیلوگرم در هکتار و دانه 2958 (کلاس A)، 2957 (کلاس A) و 2807 (کلاس ABC) کیلوگرم در هکتار به ترتیب از همان ژنوتیپ های رصد، Genotype4 و آذر 2 به دست آمد (جدول 4).

شاخص NSI علاوه بر ارتباط با پارامترهای نیتروژن 15- در گیاه با عملکرد دانه (شکل 4 الف)، تعداد سنبله در واحد سطح (شکل 4 ب)، ارتفاع گیاه (شکل 4 ج) و شاخص نسبی کلروفیل (RCM) در گیاه به عنوان شاخصی از وضعیت نیتروژن گیاه (شکل 4 د) رابطه خطی معنی داری داشت و توانست به ترتیب بیش از 99، 97، 96 و 98 درصد از تغییرات صفات یادشده را توجیه نماید. با افزایش 0/1 واحد به شاخص NSI در محدوده مورد مطالعه (0/4-0/8) عملکرد دانه به میزان 401 کیلوگرم در هکتار، تعداد سنبله در واحد سطح 66 عدد، ارتفاع گیاه 2/3 سانتی متر و شاخص نسبی کلروفیل در گیاه 0/1 واحد افزایش یافت (شکل 4 الف، ب، ج و د). تیلینگ و همکاران (Tilling et al., 2007) همبستگی بالای بین شاخص NSI و شاخص نسبی کلروفیل را در گندم گزارش کرده اند. آنها معتقدند شاخص نسبی کلروفیل در گندم دیم بیشتر از گندم آبی برای ارقام مشابه بود و این به دلیل رشد زیاد گندم آبی و تقاضای بیشتر آن به نیتروژن بود. در تحقیقات رودریگوز و همکاران (Rodriguez et al., 2006) نیز بین شاخص نسبی کلروفیل در گندم با شاخص NSI همبستگی معنی داری وجود داشت، اما در تحقیقات آنها تغییرات شاخص نسبی کلروفیل توانست 68 درصد از تغییرات شاخص NSI را در گندم توجیه نماید و در تحقیقات تیلینگ و همکاران (Tilling et al., 2007) مقدار توجیه با استفاده از روش تصویربرداری از سطح پوشش سبز به 76 درصد رسید، این در حالی است که در پژوهش حاضر مقدار توجیه بیش از 98 درصد بود. بنابراین روابط بین شاخص NSI با عملکرد دانه و شاخص نسبی کلروفیل در گندم معتبرتر از روابط به دست آمده از پژوهش سایرین بود (Rodriguez et al., 2006; Tilling et al., 2007) و این می تواند به دلیل کاهش رشد گندم دیم و تقاضای کمتر آن به نیتروژن در مقایسه با گندم آبی باشد. ارتباط معنی دار شاخص NSI با پارامترهای نیتروژن در گیاه، عملکرد دانه و اجزای مؤثر



شکل 4- رابطه بین شاخص تنش نیتروژن (NSI) با عملکرد دانه (الف)، تعداد سنبله در واحد سطح (ب)، ارتفاع گیاه (ج) و شاخص نسبی کلروفیل (د)

Figure 4- Relationship between nitrogen stress index (NSI) with grain yield (a), NO. spike m⁻² (b), plant height (c) and relative chlorophyll index (d)

کود را به خود اختصاص دادند. از لحاظ کارایی مصرف کود نیتروژنی همانند صفت برداشت نیتروژن کود، ژنوتیپ‌های آذر 2، Genotype4 و رصدها به ترتیب با 18/4، 18/6 و 18/2 درصد بیشترین (کلاس A) مقدار را به خود اختصاص دادند که با رقم اوحدی با 17/5 درصد تفاوت معنی‌داری (کلاس AB) نداشتند. در این میان کمترین کارایی مصرف کود به میزان 14/3 درصد به ژنوتیپ Genotype2 (کلاس C) اختصاص داشت که با ژنوتیپ‌های Genotype1 و Genotype3 به ترتیب با 15/2 و 16/2 درصد کارایی (کلاس BC) تفاوت معنی‌داری نداشت. کارایی استفاده از نیتروژن در ارقام مختلف غلات به خصوصیات گیاهی مانند وضعیت توسعه ریشه و توزیع آن در خاک، مراحل رشد گیاه، نیاز غذایی گیاه، عواملی مانند رطوبت و دمای خاک، میزان عناصر غذایی خاک و اثرات متقابل عناصر غذایی بستگی دارد، اما تعدادی از این عوامل می‌تواند تحت تأثیر مدیریت کودهای نیتروژنی قرار گیرند (Harmsen, 1984). کودهای نیتروژنی اغلب از طریق افزایش عمق توسعه ریشه گندم علاوه بر افزایش کارایی استفاده از نیتروژن مصرفی باعث افزایش کارایی استفاده از آب و در نهایت کاهش اثر تنش خشکی در شرایط دیم و دستیابی به

از لحاظ میانگین برداشت نیتروژن کل بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری ($p < 0/01$) وجود دارد (جدول 4). رقم آذر 2 با 44/5 کیلوگرم در هکتار بیشترین (کلاس A) و ژنوتیپ‌های Genotype1 و Genotype2 به ترتیب با 33/8 و 33/7 کیلوگرم در هکتار کمترین (کلاس C) برداشت نیتروژن را داشتند. ژنوتیپ‌های Genotype4، اوحدی و رصدها با میانگین 40/9 کیلوگرم در هکتار (کلاس AB) تفاوت معنی‌داری با رقم آذر 2 نداشتند. علت بالا بودن میزان برداشت نیتروژن در رقم آذر 2 بالا بودن غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی و همچنین تولید ماده خشک مناسب در آن بود، اما در ژنوتیپ‌های Genotype1، Genotype2 و به ویژه Genotype3 علی‌رغم داشتن غلظت نیتروژن معادل با سایر ژنوتیپ‌ها، ماده خشک تولیدی آنها پایین‌تر از ژنوتیپ‌های برتر بود. ژنوتیپ‌های آذر 2، Genotype4 و رصدها به ترتیب با 9/3، 8/9 و 8/9 کیلوگرم در هکتار بیشترین (کلاس A) مقدار برداشت نیتروژن کود را داشتند که رقم اوحدی با 8/3 کیلوگرم در هکتار (کلاس AB) تفاوت معنی‌داری با آنها نداشت. سه ژنوتیپ Genotype1، Genotype2 و Genotype3 به ترتیب با 7/2، 7/5 و 7/7 کیلوگرم در هکتار کمترین (کلاس B) برداشت نیتروژن

عملکردهای بهینه می‌گردد. به‌طوری‌که با مصرف کود نیتروژنی مورد نیاز گندم، راندمان مصرف آب حدود 41 درصد بهبود می‌یابد (Nielsen and Halvorson, 1991).

مقایسه میانگین شاخص تنش نیتروژن (NSI) برای سطوح ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد (جدول 4)، بیشترین این شاخص به میزان 0/72 برای رقم آذر 2 (کلاس A) بود که با ژنوتیپ‌های Genotype4، Genotype3، اوحدی و رصد با متوسط 0/65 از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. ژنوتیپ‌های Genotype1 و Genotype2 به‌ترتیب با شاخص تنش نیتروژن 0/56 و 0/60 در پایین‌ترین کلاس (B) قرار گرفتند. مطابق این نتایج رقم آذر 2 مطلوب‌ترین وضعیت را از لحاظ تغذیه نیتروژنی (کلاس زیاد شاخص NSI) داشت و سایر ژنوتیپ‌ها شامل Genotype3، Genotype4، اوحدی، رصد، Genotype1 و Genotype2 در شرایط متوسط تغذیه نیتروژنی (کلاس متوسط NSI) قرار گرفتند.

ماده خشک گیاهی با سپری شدن مراحل رشد گیاه به‌صورت معنی‌داری ($p < 0/01$) افزایش یافت (جدول 5)، به‌طوری‌که هر مرحله رشد از لحاظ آماری در کلاس مجزایی قرار گرفت. بیشترین مقدار ماده خشک به میزان 7233 کیلوگرم در هکتار (کلاس A) از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و کمترین آن با 1286 کیلوگرم در هکتار (کلاس B) از مرحله ساقه رفتن به‌دست آمد. افزایش میزان ماده خشک تولید شده در گندم با افزایش روند مراحل رشد آن مورد تأیید سایرین نیز می‌باشد (Tilling et al., 2007). این در حالی است که درصد نیتروژن کل وضعیت کاملاً عکسی با ماده خشک گیاهی داشت. بدین نحو که با سپری شدن مراحل رشد گیاه از مرحله ساقه رفتن به سمت رسیدگی فیزیولوژیک، درصد نیتروژن کل در گیاه به‌طور معنی‌داری ($p < 0/01$) کاهش یافت و از متوسط 2/1 به 0/4 درصد رسید، به‌طوری‌که هر مرحله رشد در کلاس متفاوت آماری قرار گرفت (جدول 5). چنین نتیجه‌ای را پژوهشگران دیگری نیز برای گندم گزارش کرده‌اند (Rodriguez et al., 2006). برداشت نیتروژن کل که حاصل دو صفت ماده خشک و غلظت نیتروژن در گیاه می‌باشد، در مرحله گلدهی بیشترین مقدار (61/4 کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد، اما دو مرحله ساقه رفتن و رسیدگی فیزیولوژیک در کلاس مشترکی (B) قرار گرفتند و بین مراحل رشد در سطح احتمال 1 درصد ($p < 0/01$) تفاوت وجود داشت (جدول 5). بشیر و همکاران (Bashir et al., 1997) نیز در مطالعه‌ای در خصوص تجمع و توزیع مجدد نیتروژن در گندم پاییزی با استفاده از اوره نشاندار دریافتند که بیشترین جذب نیتروژن در مرحله گلدهی بود و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت.

اتم درصد اضافی نیتروژن -15 در گیاه و درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار مانند غلظت نیتروژن کل در گیاه از مرحله ساقه

رفتن به سمت رسیدگی فیزیولوژیک به‌طور معنی‌داری ($p < 0/05$) کاهش یافت. بنابراین بیشترین این صفات به‌ترتیب با 1/48 اتم درصد و 18/5 درصد (کلاس A) از مرحله ساقه رفتن به‌دست آمد و دو مرحله بعدی در کلاس مشابهی (کلاس B) قرار گرفتند (جدول 5). پژوهشگران دیگری نیز گزارش کرده‌اند که مقدار نیتروژن جذب شده از کود نشاندار در گندم در مراحل نهایی رشد آن کاهش می‌یابد (Mahler et al., 1994; Sowers et al., 1994) که با نتایج پژوهش حاضر کاملاً مطابقت دارد. از سوی دیگر رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی و درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار در مراحل مختلف رشد گیاه نشان داد، اولاً این رابطه برای تمامی مراحل رشد خطی معنی‌دار بود. ثانیاً تفاوتی بین سه مرحله رشد در مقادیر مختلف مصرف نیتروژن برای درصد نیتروژن جذب شده از کود نشاندار وجود نداشت و سه منحنی تا حدودی منطبق بودند (شکل 5 الف). به تعبیر دیگر، نیتروژن جذب شده از کود نشاندار مستقل از مرحله رشد گیاه بوده و تنها به میزان مصرف نیتروژن بستگی دارد. این امر انجام یک مرحله نمونه‌برداری را برای مطالعات نیتروژن -15 از اندام‌های هوایی گیاه اثبات می‌کند و بهترین این مراحل به دلیل تجمع بالای نیتروژن در گندم دیم جزء مرحله گلدهی نمی‌تواند باشد. صفت برداشت نیتروژن کود و همچنین کارایی مصرف کود همانند برداشت نیتروژن کل در مراحل مختلف رشد تفاوت معنی‌داری داشتند و در مرحله گلدهی بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. اگرچه مقدار صفات یادشده در مرحله ساقه رفتن اندکی کمتر از رسیدگی فیزیولوژیک بود، اما این دو مرحله در یک کلاس (B) قرار گرفتند. کارایی استفاده از نیتروژن -15 در مرحله گلدهی در سطوح مختلف مصرف نیتروژن بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و در این مرحله بیشترین مقدار به میزان 29/3 درصد در تیمار N60 بود که با تیمار N90 در یک کلاس قرار گرفتند. در دو مرحله ساقه رفتن و رسیدگی فیزیولوژیک با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، کارایی استفاده از نیتروژن -15 نیز افزایش یافت اما دو سطح نهایی تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل 5 ب).

این در حالی است که شاخص تنش نیتروژن در مرحله گلدهی مانند صفات برداشت نیتروژن کل، برداشت نیتروژن کود و کارایی مصرف کود حداکثر بود، اما برخلاف صفات یادشده حداقل مقدار آن به مرحله رسیدگی اختصاص یافت که تفاوت معنی‌داری با مرحله ساقه رفتن نداشت (جدول 5). پژوهشگران دیگری نیز مشابه نتایج پژوهش حاضر، حداکثر بودن شاخص تنش نیتروژن (NSI) را در مرحله گلدهی و پرشدن دانه در گندم در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و تنش رطوبتی گزارش کرده‌اند (Rodriguez et al., 2006; Tilling et al., 2007).

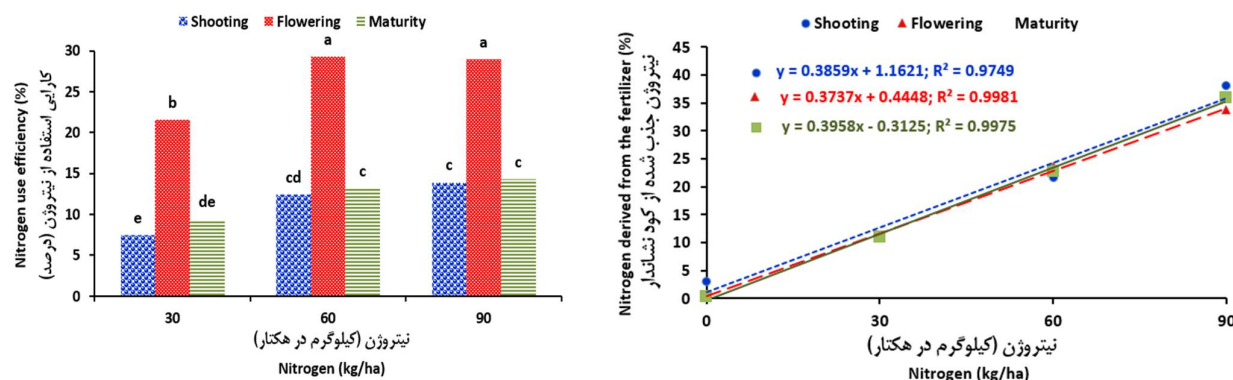
جدول ۴- مقایسه میانگین پارامترهای نیتروژن در گیاه برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Table 4- Mean comparison of nitrogen parameters in plant for genotypes

نیتروژن Nitrogen	ماده خشک Dry matter	عملکرد Grain yield	عملکرد Biological yield	کل Total N uptake	برداشت نیتروژن Fertilizer N yield	۱۵٪ در گیاه 15N% Plant	اتم درصد اضافی نیتروژن - 15N% Plant	نیتروژن جذب شده از کود Nitrogen derived from fertilizer	نشاندار	نیتروژن جذب شده از کود Nitrogen derived from fertilizer	کارایی مصرف کود Nitrogen use efficiency	شاخص تنش Nitrogen stress index	پروتئین دانه Grain Protein
Azar2	4650	2807	7614	44.5	9.3	1.43	1.43	17.6	18.1	17.6	18.4	0.72	11.6
Genotype1	3752	2219	6236	33.8	7.2	1.45	1.45	18.1	18.1	18.1	15.2	0.56	12.3
Genotype2	3697	2449	6097	34.7	7.2	1.44	1.44	18.1	18.1	18.1	14.3	0.60	13.3
Genotype3	4297	2504	7044	38.4	7.5	1.39	1.39	17.3	17.3	17.3	16.2	0.65	12.4
Genotype4	4837	2957	7996	41.3	8.9	1.39	1.39	17.4	17.4	17.4	18.6	0.64	11.8
Ohadi	4472	2763	7504	40.7	8.3	1.44	1.44	18.0	18.0	18.0	17.5	0.65	12.4
Rasad	4830	2958	8140	40.7	8.9	1.47	1.47	18.4	18.4	18.4	18.2	0.64	12.1
LSD5%	286.1	183	503	4.4	1.3	0.19	0.19	2.3	2.3	2.3	2.3	0.08	0.62

جدول ۵- مقایسه میانگین پارامترهای نیتروژن در گیاه در مراحل مختلف رشد گندم دیم

Table 5- Mean comparison of nitrogen parameters in plant on different plant growth stages

مرحله رشد Growth stage	ماده خشک Dry matter	کل Total N uptake	برداشت نیتروژن Fertilizer N yield	کود Fertilizer N yield	برداشت نیتروژن Fertilizer N yield	۱۵٪ در گیاه 15N% Plant	اتم درصد اضافی نیتروژن - 15N% Plant	کل Total nitrogen	نیتروژن کل Total nitrogen	نیتروژن جذب شده از کود نشاندار Nitrogen derived from fertilizer	نیتروژن جذب شده از کود نشاندار Nitrogen derived from fertilizer	کارایی مصرف کود Nitrogen use efficiency	شاخص تنش نیتروژن Nitrogen stress index
Shooting	1286	26.8	5.7	5.7	5.7	1.48	1.48	2.08	2.08	18.5	18.5	11.1	0.67
Flowering	4568	61.4	12.6	12.6	12.6	1.43	1.43	1.34	1.34	17.8	17.8	26.7	0.88
Maturity	7233	28.9	6.1	6.1	6.1	1.38	1.38	0.4	0.4	17.3	17.3	12.7	0.32
LSD5%	167	3.0	0.9	0.9	0.9	0.08	0.08	0.09	0.09	1.0	1.0	1.4	0.05



شکل 5- رابطه بین نیتروژن مصرفی با نیتروژن جذب شده از کود نشاندار (الف) و کارایی استفاده از کود نیتروژنی (ب) در مراحل مختلف رشد گندم در سطح احتمال 5 درصد

Figure 5- Relationship between nitrogen rates with %Ndff (a) and nitrogen use efficiency (b) in plant different growth stages in 5% probability level

بهینه و پروتئین دانه و پارامترهای جذب نیتروژن، 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود.

شاخص تنش نیتروژن (NSI) توانست به خوبی وضعیت تغذیه نیتروژنی ژنوتیپ‌های گندم را آشکار نماید.

ژنوتیپ‌های آذر 2، Genotype4 و رصد از لحاظ تولید عملکرد و پروتئین دانه، کارایی مصرف نیتروژن-15 و شاخص تنش نیتروژن (NSI)، مناسب‌ترین و Genotype1 و Genotype2 نامناسب‌ترین بودند.

نیتروژن جذب شده از کود نشاندار مستقل از مرحله رشد گیاه بود و مقدار آن به میزان نیتروژن مصرفی بستگی داشت، در نتیجه انجام یک مرحله نمونه‌برداری برای مطالعات نیتروژن-15 از اندام هوایی گیاه (مرحله گلدهی) کافی است.

لازم به ذکر است، با توجه به اینکه اثر زمان مصرف پاییزی و تقسیمی نیتروژن بر روی هیچکدام از پارامترهای مورد بررسی در این پژوهش معنی‌دار نبود، لذا از ذکر نتایج آن در این مقاله خودداری و تنها به اثرات میزان نیتروژن، ژنوتیپ‌ها و مراحل نمونه‌برداری اکتفا شد.

نتیجه‌گیری

اثر زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه و پارامترهای جذب نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت، لذا با توجه به اقتصاد مصرف کود و خطرات گیاه‌سوزی در مصرف سرک کودهای نیتروژنی در شرایط بارندگی‌های کمتر از نرمال، مصرف پاییزی نیتروژن به‌صورت جایگزینی (همانند پژوهش حاضر) توصیه می‌شود. مناسب‌ترین میزان مصرف نیتروژن برای دستیابی به عملکرد

References

1. Abdel Monem, M. A. S., Harmsen, K., Lindsay, W. L., and Vlek, P. G. 1988. Fate of nitrogen - tagged urea applied to wheat in the arid Mediterranean region. PP 103-110 in A. Mara, P. N. Soltanpour and Amy Chouiard (eds.). Soil test calibration in West Asia and North Africa. Proc. of the Second Regional Workshop Ankara, Turkey, 1-6 Sept. 1987. ICARDA, Aleppo, Syria.
2. Acevedo, E., Silva, P., and Silva, H. 2009. Wheat growth and physiology. PP 1-31 in B.C. Curtis, S. Rajaram and H. Gómez Macpherson (eds.). Bread Wheat Improvement and Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 603 pp.
3. Asfary, F., and Charanek, A. 1997. Nitrogen fertilizer-use efficiency. Studies by Syrian Atomic Energy Commission using N-labelled fertilizers. PP 64-70 in J. Ryan (ed.). Accomplishments and future challenges in dryland soil fertility research in the Mediterranean area. ICARDA, Aleppo, Syria.
4. Austin, R. B. 1987. The climatic vulnerability of wheat. PP 123-135 in Proceedings of International Symposium on Climatic Variability and Food Security in Developing Countries, New Delhi, India. Pages 602.
5. Barbottin, A., Lecomte, C., Bouchard, C., and Jeuffroy, M. 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in

- wheat: genotypic and environmental effects. *Crop Science* 45: 1141-1150.
6. Barnabas, B., Jager, K., and Feher, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plan, Cell and Environment* 31: 11-38.
7. Bashir, R., Norman, R. J., Bacon, R. K., and Wells, B. R. 1997. Accumulation and redistribution of fertilizer nitrogen-15 in soft red winter wheat. *Soil Science Society of America Journal* 61: 1407-1412.
8. Blevins, D. W., Wilkison, D. H., Kelly, B. P., and Silva, S. R. 1996. Movement of nitrate fertilizer to glacial till and runoff from a claypan soil. *Journal of Environmental Quality* 25: 584-593.
9. Borzouei, A., Kafi, M., Mousavishalmani, A., and Khorasani, A. 2013. The effect of salinity and nitrogen fertilizater on wheat yield and nitrogen use efficiency using stable isotope ^{15}N . *Iranian Journal of Water Research in Agriculture* 26 (4): 501-516. (in Persian with English abstract).
10. Cassman, K. G., Dobermann, A., and Walters, D. T. 2002. Agroecosystems, nitrogen use efficiency, and nitrogen management. *Ambio* 31: 132-140.
11. Ehdaie, B., Alloush, G. A., Madore, M. A., and Waines, J. G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. I. post anthesis changes in internode dry matter. *Crop Science* 46 (2): 735-746.
12. Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Mosani, A., and Arduini, I. 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *European Journal of Agronomy* 28: 138-147.
13. Feiziasl, V., and Pourmohammad, A. 2014. Effects of nitrogen rates and application time on agronomic efficiency of nitrogen and seed yield of drylands wheat genotypes. *Soil and Water Science* 24 (3): 93-104. (in Persian with English abstract).
14. Feiziasl, V., Jafarzadeh, J., Pala, M., and Mosavi, S. B. 2009. Determination of micronutrient critical Levels by plant response column order procedure for dryland wheat (*Triticum aestivum*. L.) in Northwest of Iran. *International Journal of Soil Science* 4 (1): 14-19.
15. Feiziasl, V., Kasraei, R., Moghaddam, M., and Valizadeh, G. 2004. Investigation on uptake limitation and nutrient deficiency diagnosis at applied phosphorus and zinc fertilizers by different methods in Sardari wheat, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 11: 23-33. (in Persian with English abstract).
16. Feiziasl, V., and Valizadeh, G. 2003. The effects of nitrogen rate and application times on wheat yield under dryland farming conditions. *Iran. J. Soil Water Sci.* 17: 29-38. (in Persian with English abstract).
17. Fiez, T. E., Pan, W. L., and Miller, B. C. 1995. Nitrogen efficiency analysis of winter wheat among landscape positions. *Soil Science Society of America Journal* 59: 1666-1671.
18. Fowler, D. B., and Brydon, J. 1989. No-till winter wheat production on the Canadian prairies: Placement of urea and ammonium nitrate fertilizers. *Agronomy Journal* 81: 518-524.
19. Gauer, L. E., Grant, C. A., Gehl, D. T., and Bailey, L. D. 1992. Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in relation to estimated moisture supply. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 235-241.
20. Ghafari, A., Eskandari, I., Hassanpour Hosni, M., Roostaei, M., and Feiziasl, V. 2007. Dry farming wheat: planting, cultivation and harvesting. *Agricultural Education Publishing*. p. 158. (in Persian).
21. Halse, N. J., Greenwood, E. A. N., Lapins, P., and Boundy, C. A. P. 2006. An analysis of the effects of nitrogen deficiency on the growth and yield of a Western Australian wheat crop. *Australian Journal of Agricultural Research* 20 (6): 987-998.
22. Halvorson, A. D., Nielsen, D. C., and Reule, C. A. 2004. Nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production. *Agron. J.* 96: 1196-1201.
23. Harmsen, K. 1984. Nitrogen fertilizer use in rainfed agriculture. *Fertilizer Research* 5: 371-382.
24. Johnston, A. M., and Fowler, D. B. 1991. No-till winter wheat production: response to spring applied nitrogen fertilizer form and placement. *Agronomy Journal* 83: 722-728.
25. Khan, I., Khalil, I. H., and Din, N. 2007. Genetic parameters for yield traits in wheat under irrigated and rainfed environments. *Sarhad Journal of Agriculture* 23 (4): 973-979.
26. Koenig, R. T., Cogger, C. G., and Bary, A. I. 2011. Dryland winter wheat yield, grain protein, and soil nitrogen responses to fertilizer and biosolids applications. *Applied and Environmental Soil Science* 2011: 1-9.
27. Kruse, J. K., Christians, N. E., and Chaplin, M. H. 2006. Remote sensing of nitrogen stress in creeping bentgrass. *Agronomy Journal* 98: 1640-1645.
28. Lopez-Bellido, L., Lopez-bellido, R. J., and Lopez-Bellido, F. J. 2006. Fertilizer nitrogen efficiency in Durum wheat under rainfed Mediterranean conditions: effect of split application. *Agronomy Journal* 98: 55-62.
29. Mahler, R. L., Koehler, F. E., and Lutch, L. K. 1994. Nitrogen source, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. *Agronomy Journal* 86: 637-642.
30. Mariana, A., Melaj, Hernán, E., Echeverría, Silvia C., López, Guillermo S., Fernando, A., and Néstor, O. B. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agronomy Journal* 95: 1525-1531.
31. Miranzadeh, H., Emam, Y., Pilesjö, P., and Seyyedi, H. 2011. Water use efficiency of four dryland wheat cultivars

- under different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13: 843-854.
32. Mousavi Shalmani, M. 2008. Use of ^{15}N isotope in soil fertility and plant nutrition (1 ed.). Iran: Nuclear Science & Technology Research Institute p. 394. (in Persian).
33. Nielsen, D. C., and Halvorson, A. D. 1991. Nitrogen fertility influence on wheat stress and yield of winter wheat. *Agronomy Journal* 83: 1065-1070.
34. Pala, M., Matar, A., and Mazid, A. 1996. Assessment of the effects of environmental factors on the response of wheat to fertilizer in on-farm trials in a Mediterranean type environment. *Experimental Agriculture* 32: 339-349.
35. Raun, W. R., and Johnson, G. V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* 91: 357-363.
36. Rice, W. A., Akhtar, M. E., Rohul Amin, Y., and Campbell, J. A. 1990. Wheat response to nitrogen and phosphorus fertilizers in rainfed areas of Pakistan. PP 66-75 in J. Ryan and A. Matar (eds.). *Soil Test Calibration in West Asia and North Africa. Proc. of the Third Regional Workshop Amman, Jordan, 3-9.Spt.1988. ICARDA, Aleppo, Syria.*
37. Roberts, T. L. 2008. Improving Nutrient Use Efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 32: 177-182.
38. Rodriguez, D., Fitzgerald, G. J., Belford, R., and Christensen, L. 2006. Detection of nitrogen deficiency in wheat from spectral reflectance indices and basic crop eco-physiological concepts. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 781-789.
39. Ryan, J., Pala, M., Masri, S., Singh, M., and Harris, H. 2008. Rainfed wheat-based rotations under Mediterranean conditions: Crop sequences, nitrogen fertilization, and stubble grazing in relation to grain and straw quality. *European Journal of Agronomy* 28: 112-118.
40. Schepers, J. S., Moravek, M. G., Alberts, E. E., and Frank, K. D. 1991. Maize production impacts on groundwater quality. *Journal of Environmental Quality* 20: 12-16.
41. Sowers, K. E., Pan, W. L., Miller, B. C., and Smith, J. L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. *Agronomy Journal* 86: 942-948.
42. Svoboda, P., and Haberle, J. 2006. The effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter wheat. *Plant Soil Environ* 5 (7): 308-313.
43. Thomason, W. E., Raun, W. R., and Johnson, G. V. 2000. Winter wheat fertilizer nitrogen use efficiency in grain and forage production systems. *Journal of Plant Nutrition* 23: 1505-1516.
44. Tilling, K., Leary, G. J. O., Ferwerda, J. G., Jones, S. D., Fitzgerald, G. J., Rodriguez, D., and Belford, R. 2007. Remote sensing of nitrogen and water stress in wheat. *Field Crops Research* 104: 77-85.
45. Triboï, E., and Triboï-Blondel, A. M. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem – invited paper. *European Journal Agronomy* 16: 163-186.



Evaluation of Nitrogen Status in Dryland Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes Using ^{15}N

V. Feiziasl^{1*} - A. Fotovat² - A. Astarai² - A. Lakzian² - M. A. Mousavi Shalmani³

Received: 16-08-2014

Accepted: 27-09-2016

Introduction

Nitrogen (N) is the most important input in many Iranian cropping systems and applying the optimal amount of N in the right place at the right time is a significant challenge for wheat growers. Previous research results indicated that nitrogen fertilization can increase the use of soil moisture, which lead to increase of wheat grain yield in dryland area. Heat and drought stress are the most environmental factors that cause significant yield and quality reduction of dryland wheat by disruption of plant metabolism. Although these stresses, in most cases, are impossible to control, farmers can reduce their unfavorable effects by optimizing nitrogen fertilizer applications. Nitrogen use efficiency in different wheat genotypes depends on plant characteristics such as root system distribution, plant growth stages, plant nutrient requirements, soil moisture and temperature, soil nutrient content and nutrient interactions, some of these factors can be improved by nitrogen fertilizer management. Recently, the use of ^{15}N in soil-plant systems is a great help to identify the actual uptake of nutrients from fertilizers. This technique determine nitrogen rate and application times, ^{15}N derived from fertilizers, ^{15}N use efficiency, fate of N residuals in soil profile and N accumulation and redistribution in plant organs exactly. In addition, many other new indices have been identified with high sensitivity to changes nitrogen status in plant such as remote sensing techniques. These indices are capable of higher accuracy and easy identification of nitrogen status in plant for instance insufficient, sufficient and excessive conditions. The most important of these indicators can be cited nitrogen stress index (NSI). There are high negative correlations between yield and grain components and are also high significant positive correlations among nitrogen uptake, nitrogen status in plant and plant relative chlorophyll meter (RCM). Therefore, nitrogen stress index (NSI) can identify the critical periods of nitrogen stress in dryland wheat that provide reasonable recommendations for the lifting of nitrogen nutrition restrictions.

Materials and Methods

To determine effect of rates and times of nitrogen applications on the production and nitrogen status of dryland wheat, this study was conducted as split-split plot design based on randomized complete block design with three replications as which ^{15}N application times (fall, 2/3 in fall and 1/3 in spring) were assigned to the main plots and N rates were arranged to the sub plot (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹), and 7 wheat genotypes to the sub-sub plots (Azar2, Ohadi, Rasad and 4 other genotypes as genotype1 to genotype4) in three replications in Dryland Agricultural Research Institute (DARI) during 2011-12 cropping seasons. In three elongation (ZGS32), flowering (ZGS64) and maturity (ZGS87) stages, we determined wheat dry matter accumulation and nitrogen concentration. Nitrogen stress index (NSI) was calculated by plant N concentration and dry matter using Data fit 9 software. Plant chlorophyll content also was measured in the three upper developed leaves randomly in each plot by chlorophyll meter (SPAD-Hansatech, Cl-01 model) in three mentioned steps. Total nitrogen and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$

1- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran

2- Professor, Associate Professors and Professor Respectively, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Assistant Professor, Nuclear Science and Technology Research Institute, Atomic Energy Organization, Karaj, Iran

(*- Corresponding Author Email: vfeiziasl@yahoo.com)

isotopic ratio was determined in grain and straw by mass spectrometry method.

Results and Discussion

The results showed that nitrogen application time had no significant effect on yield and nitrogen uptake parameters. But, nitrogen application significantly ($P < 0.01$) increased dry matter (2052 kg ha^{-1}), grain yield (1053 kg ha^{-1}), biological yield (3403 kg ha^{-1}), nitrogen uptake (21.8%), nitrogen uptake from fertilizer (10.3%), $^{15}\text{N}\%$ in plant (1.75 atom percent), N derived from fertilizers (21.9%), nitrogen stress index (0.3) and grain protein content (1.3) on average. Application of N60 was suitable rate to reduce nitrogen stress and optimal production of dryland wheat genotypes. Azar2 was the most desirable genotype while genotype1 and genotype2 were inappropriate genotypes in this respect.

Conclusions

The nitrogen stress index (NSI) and ^{15}N derived from fertilizers (%Ndff) were the best indices to determine nitrogen status and nitrogen application times and rates for dryland wheat genotypes. The nitrogen status in plant was an effective factor for increase of grain protein.

Keywords: Grain yield, Nitrogen stress index (NSI), ^{15}N derived from fertilizer (%Ndff)



بررسی تأثیر محلول پاشی متانول بر ویژگی‌های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) تحت تنش خشکی

جابر عیسی‌زاده پنجعلی خرابسی^۱ - محمد گلوی^۲ - محمود رمرودی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی متانول بر ویژگی‌های کمی، هدایت روزنه‌ای و محتوای پروتئین سویا در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی مغان در سال ۱۳۹۰ اجرا گردید. تنش خشکی در سه سطح شامل: آبیاری پس از ۴۰ (شاهد)، ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به عنوان عامل اصلی و محلول پاشی متانول در چهار سطح شامل: عدم محلول پاشی، محلول پاشی با ۲۱، ۳۵ و ۷۰ درصد حجمی متانول به عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی متانول بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ، تعداد غلاف و دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و دانه، هدایت روزنه‌ای و محتوای پروتئین برگ معنی‌دار شد. افزایش تنش خشکی موجب افزایش محتوای پروتئین برگ و کاهش سایر ویژگی‌ها گردید، به طوری که تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس در مقایسه با تیمار شاهد موجب کاهش ۵۱/۲ درصد عملکرد دانه شد. با محلول پاشی متانول تا ۲۱ درصد حجمی تمام ویژگی‌های مورد بررسی به جز محتوای پروتئین افزایش و افزایش درصد حجمی متانول بیشتر از آن سبب کاهش آنها گردید. محلول پاشی متانول با ۲۱ درصد حجمی بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های کمی و هدایت روزنه‌ای داشت، به طوری که موجب افزایش ۲۵/۶ درصد عملکرد دانه گردید.

واژه‌های کلیدی: تخلیه رطوبت، پروتئین برگ، سطح برگ، عملکرد دانه، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد سویا باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد شاخه، وزن بوته، تعداد دانه، وزن دانه، تعداد غلاف، وزن غلاف و شاخص برداشت سویا می‌شود (Shahmoradi, 2003). نتایج بررسی اثر دو سطح آبیاری روی دو رقم سویا (یکی رشد محدود و دیگری رشد نامحدود) نشان داد که وقوع تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها باعث کاهش وزن دانه آنها می‌شود. دوره مؤثر پر شدن دانه در رقم رشد نامحدود تحت تأثیر تنش واقع نشد، ولی این دوره در رقم رشد محدود کاهش یافت (Ball et al., 2000). کاهش سرعت سوخت و ساز دی‌اکسیدکربن، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و کاهش کارایی مصرف آب از عوامل دخیل در کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌باشند (Gonzalez, 2005). کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در اثر تنش خشکی را می‌توان ناشی از تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم کمبود آب روی وضعیت سلول‌های محافظ روزنه دانست (Syros, 2004). شرایط کمبود رطوبت از توسعه سلول ممانعت و در نهایت سبب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود. بعضی از گیاهان مقاوم به خشکی هستند، اما جهت حصول به عملکرد بالا اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثر تنش خشکی را کاهش دهد بسیار مورد توجه بوده است

دانه‌های روغنی بخش مهمی از گیاهان زراعی را تشکیل می‌دهند. باتوجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی که در حال حاضر قسمت اعظم آنها از طریق واردات تأمین می‌گردد، توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. سویا (*Glycine max* L.) مهم‌ترین گیاه روغنی است و در بین گیاهان روغنی بیشترین سطح زیر کشت را در جهان دارد (Grieshop et al., 2011). حدود یک سوم از زمین‌های قابل کشت دنیا به‌طور قابل توجهی با کمبود آب مواجه هستند و تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی کاهش عملکرد در گیاهان محسوب می‌شود (Clover et al., 1998). تنش خشکی سبب کاهش بیوماس، عملکرد دانه، ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در سویا می‌گردد (Mirakhori et al., 2009).

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(*) - نویسنده مسئول: Email: mramroudi42@uoz.ac.ir

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.43006

افزایش عملکرد غلاف و دانه، افزایش وزن هزاردانه، افزایش تعداد غلاف رسیده و مقدار پروتئین دانه گردید (Safarzade vishgahi et al., 2005). محلول پاشی گیاهان سه کربنه با ۱۰ تا ۵۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش عملکرد می گردد که علت آن را به کاهش تنفس نوری و همچنین افزایش آماس سلولی بافت گیاهی نسبت داده اند. در گیاهان چهار کربنه به علت ساختار درونی برگ و غنی سازی دی اکسید کربن در سلول مزوفیل، محلول پاشی متانول اثر زیادی در عملکرد نخواهد داشت (Nonomura and Benson, 1992). این تحقیق به منظور مطالعه تأثیر محلول پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات کمی، هدایت روزنه ای و میزان پرولین سویا رقم ویلیامز انجام شد.

مواد و روش ها

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان اجرا گردید. این دانشکده در ۲۰ کیلومتری شهرستان پارس آباد در عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی در ارتفاع ۹۰ متر از سطح دریا قرار دارد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی متر)

Table 1- Physico-chemical properties of soil (30-0 cm depth)

Soil texture	pH	Ec (dS m ⁻¹)	N (%)	K (ppm)	P (ppm)	O.C (%)
Silt- clay	7.77	1.24	0.1	392.9	3.86	1.07

TRASE SYSTE رطوبت خاک اندازه گیری و درصد آب قابل دسترس و درصد تخلیه آب قابل دسترس نیز محاسبه و براساس نتیجه محاسبات، آبیاری در کرت های مربوطه انجام شد. طی فصل رشد سه بار (ظهورگره چهارم = V₄، آغاز گلدهی = R₁ و گلدهی کامل = R₂) بوته ها با متانول محلول پاشی شدند، به نحوی که روی تمام قسمت های بوته سویا قطرات محلول جاری گردید و اندام های هوایی خیس شدند. محلول پاشی با سم پاش پستی ۱۰ لیتری انجام شد. فاصله نازل حدود ۳۰ سانتی متر بالای بوته ها و محلول پاشی بین ساعت ۲۰-۱۶ در مراحل مزبور انجام شد. هدایت روزنه ای به وسیله دستگاه پرومتر مدل DELTA-T7 DEVICES-U.K بعد از هر نوبت محلول پاشی و بین ساعت ۸ تا ۱۰ قبل ظهر اندازه گیری شد. در مرحله گرده افشانی، با برداشت دو بوته در هر کرت با دستگاه سطح برگ سنج (Li-3100c Area Meter) مدل Nebraska USA سطح برگ اندازه گیری شد و تعداد برگ در بوته در مرحله گلدهی بعد از محلول پاشی سوم از ۱۰ بوته در هر کرت تعیین گردید. پرولین برگ در مرحله گلدهی به روش بتس و همکاران (Bates et al., 1973) اندازه گیری شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و با حذف اثرات حاشیه ای یک متر مربع از دو ردیف وسط از سطح خاک برداشت شد

(Hsiao, 2000). در چنین شرایطی یافتن راهی جهت کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی اکسید کربن و کاهش تنفس نوری از مهم ترین راهکارها محسوب می شوند. افزایش دی اکسید کربن می تواند اثر ناشی از تنش خشکی را خنثی کند (Zbiec et al., 1999). بنابراین استفاده از موادی که غلظت دی اکسید کربن را در گیاه افزایش دهند، موجب تثبیت عملکرد خواهند شد. از راهکارهای افزایش غلظت دی اکسید کربن در گیاهان استفاده از ترکیباتی نظیر متانول، اتانول، پروپانول و بوتانول را می توان ذکر کرد (Nonomura and Benson, 1992). به علت اینکه متانول ساده ترین فرآورده گیاهی است که طی فرآیندهایی در گیاه تولید می شود، لذا کاملاً برای گیاه شناخته شده است (Fall and Benson, 1996). کاربرد متانول سبب تولید دی اکسید کربن در برگ ها و در نتیجه تسریع فتوسنتز در گیاه می شود، از این رو به عنوان منبع کربن قابل استفاده می باشد (Zbiec et al., 1999). کاربرد محلول پاشی متانول روی قسمت های هوایی گیاهان زراعی باعث افزایش عملکرد دانه، تسریع رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آنها می شود (Nonomura and Benson, 1992). محلول پاشی با ۲۰ درصد حجمی متانول روی بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد غلاف، راندمان مصرف تشعشع،

آزمایش به صورت کرت های خرت شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. سطوح آبیاری شامل: آبیاری پس ۴۰ درصد (شاهد)، آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس خاک به عنوان عامل اصلی و محلول پاشی متانول شامل: عدم محلول پاشی (شاهد) و محلول پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. بذرها را سویا رقم ویلیامز ضد عفونی شده با باکتری ریزوبیوم *جاپونیکوم* (*R. japonicum*) همراه با محلول آب و شکر مخلوط گردید و با دست به صورت ردیفی کشت گردید. آبیاری اول بلافاصله پس از کشت انجام شد. به منظور ایجاد تراکم مطلوب، عملیات تنک در مرحله سه تا چهار برگی انجام گرفت و بعد از مرحله چهار برگی بوته های سویا، تنش اعمال گردید. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت های اصلی دو ردیف به صورت نکاشت منظور و مرزبندی شد. هر کرت آزمایشی دارای چهار ردیف کشت با فاصله ۴۰ سانتی متر و فواصل روی ردیف ۱۰ سانتی متر و طول پنج متر بود. با ظهور اولین علائم تنش در گیاه (تیره شدن برگ ها)، به فواصل زمانی کوتاه با استفاده از دستگاه TDR مدل

را دارا بودند (جدول ۳). افزایش تعداد برگ بر اثر محلول پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول نسبت به شاهد به دلیل افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن درون برگ و افزایش فتوسنتز می‌باشد. احتمالاً کاهش تعداد برگ در محلول پاشی با ۳۵ درصد حجمی متانول نسبت به شاهد بر اثر گیاه سوزی و سمیت آن در غلظت‌های بالا باشد (Mirakhori et al., 2009).

سطح برگ: سطح برگ تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها مبین کاهش سطح برگ با افزایش تنش خشکی می‌باشد، به طوری که در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس کمترین و در تیمار شاهد بیشترین مقدار آن به دست آمد (جدول ۳). توسعه برگ یکی از فرآیندهایی است که شدیداً تحت تأثیر شرایط آبی گیاه واقع می‌شود. کمبود رطوبت باعث کاهش رشد و فعالیت ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب می‌گردد که سبب کاهش تبادلات روزنه‌ای و عوامل غیر روزنه‌ای و در نهایت باعث کاهش رشد گیاه می‌شود. رشد بوته سویا رابطه مستقیم با سطح برگ دارد. بنابراین، کمبود آب در اوایل فصل، به علت جلوگیری از افزایش سطح برگ، رشد سویا را کاهش می‌دهد (Latifi, 1991). تأثیر محلول پاشی متانول بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به طوری که در تیمارهای محلول پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی به ترتیب بیشترین و کمترین سطح برگ به دست آمد (جدول ۳) که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Palmer et al., 1995; Makhdum et al., 2002). افزایش غلظت متانول تا حدی باعث افزایش فشار آماس سلول در برگ‌ها می‌شود که به رشد و توسعه برگ نیز کمک می‌کند (Zbiec et al., 2003).

تعداد غلاف در بوته: نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی بر تعداد غلاف در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) و با افزایش تنش خشکی کاهش یافت، به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته از تیمار شاهد و کمترین آن از تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به دست آمد که حدود ۲۹ درصد از شاهد کمتر بود (جدول ۳) که با نتایج تحقیق دیگری مطابقت دارد (Stewart, 1992). کمبود آب در مرحله گلدهی تشکیل آغازه‌های گل را به تأخیر می‌اندازد. همچنین سبب افزایش درصد گل‌های عقیم، ریزش گل‌ها و نیام‌ها می‌شود از این رو مسایل فوق می‌توانند سبب روند کاهشی تعداد غلاف در شرایط تنش خشکی گردند (Mahlooji et al., 2000). تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر محلول پاشی متانول بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲). در تیمار ۲۱ درصد حجمی بیشترین و در تیمار ۳۵ درصد حجمی متانول کمترین تعداد غلاف در بوته تولید شد. به طوری که تعداد غلاف در ۲۱ درصد حجمی نسبت به شاهد ۱۳ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

و عملکرد بیولوژیک و دانه در هکتار محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری تعداد غلاف و دانه در بوته و ارتفاع بوته، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی برداشت شد. داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: تأثیر تنش خشکی بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش تخلیه رطوبت خاک، ارتفاع بوته کاهش یافت، کاهش ارتفاع بوته در آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۴/۱ و ۲۶/۱ درصد بود (جدول ۳). با کاهش آب مصرفی کاهش ارتفاع بوته سویا گزارش شده است، که علت کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد گره و طول میانگره می‌باشد (Pourmosavi et al., 2008). کاهش سرعت نمو، کاهش رشد طولی ساقه و کاهش رشد برگ‌ها از مهم‌ترین اثرات تنش خشکی می‌باشند (Chabok, 1996). محلول پاشی متانول بر ارتفاع بوته اثر بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۲)، به طوری که با افزایش مصرف متانول تا سطح ۲۱ درصد حجمی ارتفاع بوته افزایش یافت و حداکثر آن در تیمار ۲۱ درصد حجمی متانول مشاهده شد، ولی افزایش مصرف متانول از ۲۱ به ۳۵ درصد حجمی ارتفاع بوته را کاهش داد که مبین اثر منفی آن در غلظت‌های بالا بر رشد رویشی سویا بود (جدول ۳). در بادام‌زمینی نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (Safarzade vishgahi et al., 2005). افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف متانول به دلیل فعالیت باکتری‌های متیلوتروف موجود در برگ‌هاست که با دریافت مقداری متانول آن را مورد استفاده قرار داده و هورمون‌هایی نظیر اکسین و سیتوکینین را تولید و در اختیار گیاه قرار می‌دهند که باعث تقسیم سلولی و افزایش طولی سلول و در نتیجه افزایش طول ساقه می‌شود (Li et al., 1995; Ivanova et al., 2001).

تعداد برگ در بوته: اثر تنش خشکی بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار نشد (جدول ۲)، ولی تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ (شاهد) و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته را تولید کردند و تنش شدید در مقایسه با تیمار شاهد تعداد کمتری برگ تولید کرد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی نیز برگ کوچکتر و تعداد کمتر برگ گزارش شده است. تحت تأثیر تنش خشکی کاهش تعداد برگ نوعی سازگاری برای کاهش تعرق و زودرسی گیاه می‌باشد (Leport et al., 1998). تعداد برگ در بوته تحت تأثیر محلول پاشی متانول در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی، هدایت روزنه‌ای و محتوی پرولین
Table 2- Analysis of variance for quantitative traits, stomatal conductance and proline content
میانگین مربعات

منابع تغییرات s.o.v	درجه آزادی d.f	ارتفاع پوته Plant height	تعداد برگ در پوته No. of leaf per plant	مساحت برگ Leaf area	تعداد غلاف در پوته No. of pod per plant	تعداد دانه در پوته No. of seed per plant	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	محتوی پرولین Proline content
تکرار Rep	2	22.92	5.25	27720.0	131.49	2892.9	18.58	162.34	88032.3	21511.4	0.05
تنش خشکی Drought stress (S)	2	869.78**	108.25 ^{ns}	58192.4**	442.50**	9067.0**	906.33**	1772.79**	1883696.8**	1911715.0**	131.19**
خطای a	4	155.16	33.50	13576.8	104.37	1487.3	8.41	134.95	348022.1	7080.8	3.46
خطای Error (a)	3	266.22**	188.84**	52674.8**	357.51**	6306.5**	141.77*	2766.33**	458890.5**	1741007.5**	6.81*
محلول‌پاشی متانول Methanol Spray (M)	6	10.27 ^{ns}	40.73 ^{ns}	17029.6 ^{ns}	45.83 ^{ns}	593.9 ^{ns}	36.11 ^{ns}	82.38 ^{ns}	23522.8 ^{ns}	250562.0 ^{ns}	1.29 ^{ns}
محلول‌پاشی متانول × تنش خشکی M×S	18	32.34	29.82	9983.3	33.51	627.0	32.47	123.40	91215.3	249500.7	1.96
خطای b	-	10.07	10.25	10.54	12.15	16.72	4.33	5.54	16.23	8.57	6.25
خطای Error (b)	-	10.07	10.25	10.54	12.15	16.72	4.33	5.54	16.23	8.57	6.25
ضریب تغییرات CV (%)	-	10.07	10.25	10.54	12.15	16.72	4.33	5.54	16.23	8.57	6.25

** و * معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ns غیرمعنی‌دار
** , * and ns Significant at 1 and 5 percentage levels of probability and non-significant respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی متانول و تنش خشکی بر ویژگی های کمی و میزان هدایت روزنه ای و محتوی پروتئین سویا
Table 3- Mean comparison effect of methanol spraying and drought stress on quantitative traits, stomatal conductance and porline content of soybean

تیمارها Treatments	ارتفاع Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته No. of leaf per plant	مساحت برگ Leaf area (cm ²)	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	هدایت روزنه ای stomatal conductance (mmolCO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	وزن هزار دانه seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	محتوی پروتئین Prolin contents (μmol g ⁻¹)
تنش خشکی Drought Stress (S)										
درصد ظرفیت زراعی (Field capacity percentage)										
40	65.15a	66.16a	1023.93a	54.02a	178.84a	141.0a	212.63a	2294.5a	6241.5a	19.57b
55	55.95b	53.41a	930.40ab	46.92ab	146.10ab	128.8b	199.90ab	1770.6ab	5793.1b	21.55b
70	48.15b	50.16a	887.79b	41.94b	124.23b	124.1c	188.33b	1517.1b	5445.4c	26.02a
محلول پاشی متانول (درصد حجمی) Methanol foliar (M) (Volumetric percentage)										
0	54.36bc	52.22bc	907.15b	48.00b	148.41b	129.6b	199.31b	1729.7b	5729.7b	23.58a
7	59.23ab	55.11ab	960.28ab	49.47ab	154.04b	131.8ab	201.78b	1875.5ab	5776.3b	22.28ab
21	62.22a	58.22a	1048.79a	54.04a	180.44a	136.5a	221.46a	2172.6a	6428.4a	22.18ab
35	49.86c	47.44c	873.29b	39.00c	115.99c	127.2b	178.60c	1664.9b	5372.4b	21.49b

*میانگین های که در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد می باشند.
*Means in each column having at least a common letter are not significantly different

محققین دیگر نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند (Zbiec *et al.*, 2003; Li *et al.*, 1995).

تعداد دانه در بوته: تحت تأثیر تنش خشکی تعداد دانه در بوته بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که در تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب ۱۷۸/۸۴ و ۱۲۴/۲۳ دانه در بوته بود و آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل درصد در مقایسه با شاهد ۴۳ درصد کاهش در تعداد دانه در بوته را نشان داد، با توجه به نتایج حاصل کاهش تعداد دانه در بوته بر اثر کاهش تعداد غلاف در بوته بود (جدول ۳). محلول‌پاشی متانول تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد دانه در بوته داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که برای تیمارهای عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با ۲۱، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی به‌ترتیب ۱۴۸/۴۱، ۱۵۴/۰۴، ۱۸۰/۴۴، ۱۱۵/۹۹ دانه در بوته بود (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در بوته با محلول‌پاشی متانول به‌دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی و رشد رویشی و افزایش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف می‌باشد و در نتیجه سبب افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود. کاهش تعداد دانه در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی ۳۵ درصد حجمی متانول در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد که این غلظت باعث اختلال در اعمال گیاه می‌گردد.

هدایت روزنه‌ای: هدایت روزنه‌ای برگ تحت تأثیر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای شاهد و آبیاری با ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای بودند (جدول ۳). باز شدن روزنه‌ها نتیجه افزایش پتانسیل فشاری سلول‌های محافظ روزنه نسبت به سلول‌های اطراف آن می‌باشد. این آماس عکس‌العمل گیاه نسبت به محرک محیطی است که بعضی مواقع این محرک، ورود یون‌های پتاسیم می‌باشد که بر تنظیم فشار اسمزی اثر می‌گذارد (Humble and Hsiao, 1970). نور و آب کافی، کمی غلظت دی‌اکسیدکربن و اسید آسبیزیک از جمله عواملی هستند که ورود یون پتاسیم را به داخل سلول‌های روزنه تحریک می‌نمایند (Humble and Raschke, 1971). هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی متانول در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲)، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای را داشتند (جدول ۳). افزایش هدایت روزنه‌ای در محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی نسبت به شاهد، احتمالاً به‌دلیل افزایش فشار آماس سلولی و تحت تأثیر قرار دادن سلول‌های محافظ روزنه بر اثر استفاده از متانول می‌باشد که در نتیجه باعث باز شدن روزنه‌ها و افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Nonomura and Benson, 1992).

وزن هزار دانه: تأثیر تنش خشکی بر وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۳). وقوع تنش خشکی در زمان پر شدن غلاف باعث کاهش طول مدت این دوره و در نتیجه کوچک شدن دانه‌ها می‌شود (Pourmosavi *et al.*, 2008). کاهش وزن هزار دانه سویا تحت تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها گزارش کرده است (Sadeghipour, 2009). کاهش سطح برگ و دوام آن توأم با کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش خشکی، طول دوره پر شدن دانه‌ها را کاهش می‌دهد. اثر محلول‌پاشی متانول بر وزن هزار دانه بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که با افزایش محلول‌پاشی متانول تا سطح ۲۱ درصد حجمی وزن هزاردانه افزایش یافت، ولی افزایش مصرف آن به ۳۵ درصد حجمی وزن هزار دانه را کاهش داد (جدول ۳). افزایش وزن هزاردانه با محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول می‌تواند به‌دلیل افزایش فتوسنتز در اثر مصرف متانول و افزایش انتقال هیدرات‌های کربن به دانه باشد (Li *et al.*, 1995).

عملکرد دانه: نتایج حاکی از آن است که اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد. در آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس عملکرد دانه کاهش یافت. شدت تنش در تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی سبب کاهش ۵۱/۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۳). همان‌طور که بررسی اجزای عملکرد نشان داد، کاهش تعداد غلاف در واحد سطح مؤثرترین جزء در کاهش عملکرد می‌باشد. تنش خشکی ضمن کاهش دوره مؤثر پر شدن دانه (Ball *et al.*, 2000)، میزان ریزش غلاف‌ها (Liu *et al.*, 2004) را افزایش می‌دهد، در شرایط آبیاری کامل، میزان فتوسنتز و تولید مواد پرورده افزایش یافته و در نتیجه از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و در نهایت عملکرد آن افزایش می‌یابد (Palmer *et al.*, 1995). نتایج حاصل با نتایج دیگر محققین مطابقت دارد (Pourmosavi *et al.*, 2008; Aminifar *et al.*, 2012) آنها گزارش کردند که کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی متأثر از کاهش اجزای عملکرد می‌باشد. عملکرد دانه به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲) و عملکرد دانه را افزایش داد که بیشترین عملکرد دانه از محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۲۵/۶ درصد افزایش داشت (جدول ۳)، که با نتایج میرآخوری و همکاران (Mirakhori *et al.*, 2009) مطابقت دارد، آنها تحت تأثیر کاربرد متانول، افزایش سرعت رشد غلاف، وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه فرعی در

al., 2009) برخی از بررسی‌ها نشان داده‌اند که محلول پاشی متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند، باعث افزایش بیوماس آنها می‌گردد (Nonomura and Benson, 1992). این موضوع نشان می‌دهد که متانول می‌تواند بر آسمیلاسیون دی‌اکسیدکربن در گیاه اثر گذارد (Ramberget et al., 2002; Downie et al., 2004).

محتوی پرولین برگ: اثر تنش خشکی بر میزان پرولین برگ بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی میزان پرولین برگ افزایش یافت، به طوری که در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس بیشترین مقدار بود (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Wu and Garg, 2003; During, 1992). تنش خشکی در مراحل اولیه اسید آمینه‌های متعددی را در گیاهان افزایش می‌دهد، اما با ادامه تنش فقط اسید آمینه پرولین بیشتر تجمع و ذخیره می‌شود (Rajinder, 1987). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر محلول پاشی متانول بر میزان پرولین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به طوری که عدم محلول پاشی و محلول پاشی با ۳۵ درصد حجمی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان پرولین بودند (جدول ۳). بنابراین با افزایش درصد محلول پاشی متانول با کاهش میزان اثر القاء شده تنش خشکی، میزان پرولین کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

محلول پاشی متانول ویژگی‌های کمی و کیفی سویا را تحت تأثیر قرار داد. محلول پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت، تنش خشکی نیز بر ویژگی‌های مورد بررسی مؤثر بود و سبب کاهش آنها شد و برهمکنش تنش خشکی و محلول پاشی متانول معنی‌دار نشد. از آنجایی که محلول پاشی متانول با ۲۱ درصد حجمی سبب افزایش عملکرد گردید، این غلظت می‌تواند برای محلول پاشی مناسب باشد، ولی غلظت‌های بالاتر به علت اینکه باعث گیاه‌سوزی می‌شوند، قابل توصیه نمی‌باشند.

سویا در نتیجه افزایش عملکرد را گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیقی نیز نشان داد که عملکرد دانه از بوته‌های سویا که با متانول تیمار شده بودند، به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش داشت و محلول پاشی متانول با ۲۵ درصد حجمی بیشترین اثر را بر رشد و افزایش عملکرد سویا داشت (Li et al., 1995). کاربرد متانول با ۳۵ درصد حجمی، عملکرد دانه را کاهش داد، به طوری که از شاهد نیز کمتر بود (جدول ۳).

عملکرد بیولوژیک: تأثیر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). افزایش تنش خشکی بیوماس را کاهش داد، به طوری که بیشترین کاهش آن در آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی به دست آمد، در حالی که در تیمار شاهد کمترین میزان بود (جدول ۳). از آنجایی که تنش خشکی، سبب کاهش توسعه رویشی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ و به ویژه سطح برگ می‌شود، در نتیجه توانایی فتوسنتزی گیاه و سرعت انباشت ماده خشک کاهش می‌یابد. کاهش ماده خشک در گیاه زراعی که به علت کاهش آب خاک ایجاد می‌شود، ناشی از کاهش جذب تشعشع به دلیل وجود سطح برگ کمتر، کاهش کارایی فتوسنتز، مقدار فتوسنتز خالص کمتر، کاهش هدایت روزنه‌ای و همچنین مقدار کلروفیل کمتر یا ترکیبی از آنها می‌باشد (Liu et al., 2004; Daneshiyan, 2000). عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر محلول پاشی متانول در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کاربرد متانول تا ۲۱ درصد حجمی عملکرد بیولوژیک را افزایش داد، به طوری که بیشترین آن به تیمار ۲۱ درصد حجمی تعلق داشت، اما محلول پاشی متانول با ۳۵ درصد حجمی اثر منفی بر عملکرد بیولوژیک داشت، به طوری که حتی از تیمار شاهد نیز کمتر بود (جدول ۳). نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق دیگری که اعلام نمودند محلول پاشی متانول باعث افزایش بیوماس بادام زمینی در تیمارهای ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی می‌شود، مطابقت دارد (Safarzade vishgahi et al., 2005). افزایش عملکرد سویا تحت تأثیر محلول پاشی متانول به علت افزایش سطح برگ و مقدار کلروفیل گزارش شده و اظهار گردیده است کاربرد متانول با ۲۸ تا ۳۸ درصد حجمی عملکرد دانه سویا را کاهش داد، به طوری که حتی از شاهد نیز کمتر بود (Mirakhori et al., 2005).

References

1. Aminifar J., Biglouei, M. H., Mohsenabad, G., and Samiezhadeh, H. 2012. Effect of deficit irrigation on quantitative and qualitative yield of seven soybean cultivars in rashtregion. Electronic Journal of Crop Production 5 (2): 93-109. (in Persian with English abstract).
2. Ball, R. A., Purcell, L. C., and Vories, D. 2000. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. Crop Science 40: 1070-1078.
3. Bates, I. S., Waldren, P. R., and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
4. Chabok, B. 1996. Evaluation of effective physiological indices on drought resistance in chickpea. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj Unit. (in Persian with English abstract).
5. Clover, G., Smith, H., and Jaggard, K. 1998. The crop under stress. British Sugar Beet Review 66 (3): 17-19.

6. Daneshiyan, J. 2000. The study of drought stress ecophysiological effect on soybean. PhD, dissertation, Islamic Azad University, Research Center Tehran Unit. (in Persian with English abstract).
7. Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., and Haslam, R. 2004. Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. *Photochemistry* 65: 2305-2316.
8. During, H., 1992. Evidence for osmotic adjustment to drought in grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Grapevine Research* 23: 1-10.
9. Fall, R., and Benson, A. 1996. Leaf methanol, the simplest natural product from plants. *Trends Plant Science* 1: 296-301.
10. Gonzalez, A. M. 2005. Physiological responses of tagasaste to a progressive drought in its native environment on the Canary Islands. *Environment Experiment Botany* 53: 195-204.
11. Grieshop, C. M., and Fahey, G. C. Jr. 2001. Comparison of quality characteristics of soybeans from Brazil, China, and the United States. *Agriculture Food Chemical* 49: 2669-2673.
12. Hsiao, T. C. 2000. Leaf and root growth in relation to water status. *HortScience* 35: 1051-1058.
13. Humble, G. D., and Hsiao, T. C. 1970. Light- dependent influx and efflux of potassium of guard cell during stomatal opening and closing. *Plant Physiology* 46: 483-487.
14. Humble, G. D., and Raschke, K. 1971. Stomatal opening quantitatively related to potassium transport. *Plant Physiology* 48: 447- 453.
15. Ivanova, E. G., Dornina N. V., and Trotsenko, Y. A. 2001. Arabic methyl bacteria are capable of synthesizing axins. *Microbiology* 70: 392-397.
16. Latifi, N. 1991. The Soybean Crops (cultivation, physiology, cultivation). *Jahade Daneshgahi Mashhad*. 280 p. (in Persian).
17. Leport, L., Turner, N. C., French, R. J., Tennant, D., Thomson, B. D., and Siddique, K. H. M. 1998. Water relation, gas exchange, and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. *European Journal Agronomy* 9: 295-303.
18. Li, Y., Gupta, J., and Siyumbano, A. K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. *Journal Plant Nutrients* 18: 1875-1880.
19. Liu, F., Andersen, M. N., and Jensen, C. R. 2004. Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical abortion-sensitive phase of pod development. *Field Crop Research* 85: 159-166.
20. Mahlooji, M., Mousavi, S. F., and Karimi, M. 2000. The effects of water stress and planting date on yield and yield components of pinto bean (*phaseolus vulgaris*), *Journal of Water and Soil Science* 4 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
21. Makhdum, M. I., Malik, M. N. A., Din, S. U., Ahmad, F., and Chaudhry, F. I. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. *Journal Research* 13: 37-43.
22. Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M., Zahedi, H., and Nazeri, P. 2009. Effect of drought stress and methanol on yield and yield components of soybean max (L 17). *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 5 (4): 162-169.
23. Nadali, A., Paknejad, F., Moradi, F., and Vazan, S. 2009. Effects of methanol on yield and some quality characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Raoul in drought and non-drought stress conditions. *Seed and Plant Production Journal* 26 (1): 95-108.
24. Nonomura, A. M., and Benson, A. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 89: 9794-9798.
25. Palmer, J. E., Dunphy, J., and Reese, P. 1995. Managing drought- stressed soybeans in the southeast. North Carolina cooperative extension service as publication number AG-519-12. <http://www.ces.ncsu.edu/drought/dro-24.html>.
26. Pourmosavi, S. M., Galavi, M., Daneshiyan, J., Ganbari, A., Basirani, N., and Jonobi, P. 2008. Effect of animal manure application on quantitative and qualitative yield of soybean in drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 40 (1): 133-145. (in Persian with English abstract).
27. Rajinder, S. D. 1987. Glutathione status and protein synthesis during drought and subsequent dehydration in *Torularulis*. *Plant Physiology* 83: 816-819.
28. Ramberget, H. A., Bradley, J. S. C., Olsen, J. S. C., Nishio, J. N., Markwell, J., and Osterman, J. C. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: an update. *Review Plant Biochemistry and Biotechnology* 1: 113-126.
29. Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., and Pen Cortes, A. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco and tomato plants. *Journal Plant Growth Regulation* 25: 30-44.
30. Sadeghipour, O. 2009. The Influence of water stress on biomass and harvest index in three mungbean (*Vigna radiata* L., Wilczek) varieties. *Asian Journal Science* 8 (3): 245-249.
31. Safarzade vishgahi, M. N., Noormohamadi, G., and Hagidi Haravan, A. 2005. Effect of methanol on peanut function and yield components. *Journal of Agricultural Sciences* 87-104. (in Persian with English abstract).
32. Shahmoradi, Sh. 2003. Effects of drought stress on qualitative and quantitative traits in soybean cultivars and

- advanced lines. MSc dissertation, Faculty of Agriculture Tehran University. (in Persian with English abstract).
33. Stewart, G. R. 1992. Physiology and biochemistry of drought resistance in plant. Aspinnal New York.
34. Syros, T. 2004. Photosynthetic response and peroxides in relation to water and nutrient deficiency in gerbera. Environment Experiment Botany 52: 23-31.
35. Wu, R., and Garg, A. 2003. Engineering rice plants with trehalose producing genes improves tolerance to drought, salt and low temperature. ISB News, February.
36. Zbiec, I. I., Karczmarczyk, S., and Koszanski, Z. 1999. Influence of methanol on some cultivated plants. Department of Plant Production and Irrigation, Agriculture University of Szczecin Poland 73: 217-220.
37. Zbiec, I., Karczmarczyk, S., and Podsiado, C. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 6 (1): 1-7.



Effects of Methanol Spraying on Qualitative traits, Yield and Yield Components of Soybean (*Glycine max* L.) under Drought Stress Conditions

J. Esazadeh Panjali Kharabasi¹- M. Galavi²- M. Ramroudi^{3*}

Received: 04-01-2015

Accepted: 08-08-2016

Introduction

Soybean (*Glycin max* L.) is one of the most important oilseed crops in the world. It can provide oil and vegetable protein suitable for feeding humans as well as animals. The productivity Increasing of this crop in Iran has been the subject of continuous investigation over the past few years. It is well known that adequate water supply is considered as a very important factor to affect the accumulation of dry matter in the plant as well as vegetative growth of most crops. Irrigation is an important factor affecting soybean growth and yield and its related components. Exposing soybean plants to soil moisture stress at any phase of its life cycle may lead to a detrimental effect on growth, yield and its components. The methanol spraying can lead to increase in yield, expediting in maturity and reduction in drought stress impacts and water requirement of crops.

Material and Methods

The experiment was conducted as split plots based on randomized complete block design with three replications at the Research Farm, Faculty of Agriculture of Moghan, Iran, in 2011. Treatments included three levels of drought stress as follows irrigation after, 40 (control), 55 and 70 percentage of available soil moisture depletion as main plots, and four levels of methanol spraying including 0 (control), 7, 21 and 35 volumetric percentage as sub plots. The studied traits were included plant height, leaf area, number of pod and seed per plant, 1000 seed weight, biological and seed yield, stomatal conductance and proline contents. Statistical analysis was carried out using SAS version 9.1 software. Significant difference was set at $p \leq 0.05$ by using Duncan's multiple range test.

Results and Discussion

The results showed that the plant height, leaf area, number of pod and seed per plant, 1000 seed weight, biological and seed yield, stomatal conductance and proline contents as well as number of leaf per plant significantly affected by drought stress and methanol spraying. By increasing drought stress, proline content increased, while other traits were decreased and 70 percentage of available soil moisture depletion decreased the seed yield by 51.2% over than the control. With increasing of methanol spraying to 21 of volumetric percentage, all the investigate traits, except the proline content increased and increasing the volumetric percentage methanol more than it, was reduces them. The maximum amounts of quantity traits and stomatal conductance of soybean obtained at 21 volumetric percentage of methanol spraying, and the seed yield of this treatment was 25.6% higher than the control. These results are in agreement with those obtained by Purmousavi *et al.*, (2009), Ruhul Amin *et al.*, (2009), Shahmoradi *et al.*, (2009) and Ibrahim and Kandil, (2007), who found that deficit irrigation, caused a significant decrease in yield and yield components of soybean. In general, irrigation decreasing may be lead to reducing photosynthesis activity and induce imbalanced relations between plant hormones and biological processes in the plant organs as a whole. These conditions in the treated soil are undoubtedly of great importance

1- Graduated M.Sc. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

3- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

(* - Corresponding Author Email: mramroudi42@uoz.ac.ir)

throughout the vegetative growth and dry matter accumulation in soybean plants. Drought stress reduces leaf size, stem extension and root proliferation; it disturbs plant water relations as well as dry matter production (Farooq *et al.*, 2009).

Conclusions

In general, the results of experiment showed that the maximum amounts of quantitative traits, stomatal conductance and proline content of soybean, obtained by 21 volumetric percentage of methanol spraying and by this treatment, the seed yield was 25.6 % higher than control.

Keywords: Leaf area, Leaf proline, Moisture depletion, Seed yield, Stomatal conductance



اثر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه میکوریزای داخلی بر عملکرد و جذب عناصر ماکرو و میکرو در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

محمد جواد ارشدی^۱ - مهدی پارسا^{۲*} - امیر لکزیان^۳ - محمد کافی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۲

چکیده

بهبود جذب عناصر غذایی با راهکارهای بیولوژیک، ضمن کمک به تحقق کشاورزی پایدار سبب افزایش و یا ثبات عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد. این مطالعه با هدف بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های تیپ کابلی نخود با میکوریزای آرباسکولار و شبه میکوریزای داخلی بر عملکرد گیاه به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل سه سطح میکوریزایی (میکوریزای آرباسکولار *Glomus mosseae*، شبه میکوریزای داخلی *Piriformosporaindica* و عدم مصرف قارچ) و فاکتور فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نخود (MCC80، MCC358، MCC361، MCC392، MCC427، MCC537، MCC693، MCC696 و MCC950) بود. در این مطالعه صفات عملکرد دانه و میزان عناصر ماکرو و میکرو و پروتئین بافت‌های گیاهی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میکوریزای آرباسکولار به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه (به میزان ۱۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) گردید. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ MCC537 اختصاص داشت. میکوریزای آرباسکولار به طور معنی‌داری سبب بهبود جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز گردید. در حالی که سطوح میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر روی جذب عناصر مس و روی نداشت. ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC80 و MCC392 به طور معنی‌داری در جذب عناصر ماکرو موفق‌تر بودند. اما از نظر جذب عناصر میکرو اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های نخود وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: حیوانات، عناصر غذایی، کود زیستی

مقدمه

پایداری نظام تولید از جمله مهمترین این اهداف می‌باشند (Dobermann and Cassman, 2004; Singh, 2005). در راستای تحقق اهداف فوق، ارزیابی واکنش گیاهان زراعی به کودهای زیستی مسئله‌ای است که متخصصین این امر را به خود وا داشته و تحقیقات انجام شده در طی چند دهه‌ی گذشته منجر به ارائه رهیافت‌هایی کاربردی با تأکید بر اکوفیزیولوژی جذب و توزیع عناصر غذایی در گیاهان زراعی شده است (Lemaire and Gastal, 1997 and 2009). استفاده از کودهای زیستی از جمله راهکارهای بهبود تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار می‌باشد. در بین ریزجانداران مختلف خاکری، باکتری‌های ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزای داخلی (VAM^۵) بیش از سایر جانداران نظر محققین را به خود جلب کرده‌اند. باکتری‌های ریزوبیوم، نیتروژن هوا را به فرم قابل استفاده

کشاورزی که در قرن گذشته صرفاً بر تولید بیشتر محصول متمرکز بود، امروزه علاوه بر عملکرد، اهداف زیست محیطی و اکولوژیکی دیگری را نیز دنبال می‌کند. مواردی همچون پی‌آمدهای روش مدیریت سیستم زراعی، عواقب زیست محیطی مصرف نهاده‌ها، کیفیت محصول تولید شده، کارایی استفاده از نهاده‌ها و به‌طور کلی

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) نویسنده مسئول:
(Email: parga@um.ac.ir)

برای گیاه در آورده و قارچ‌های میکوریزا در تأمین زیستی عناصر غذایی خصوصاً فسفر برای گیاه نقش به‌سزایی دارند. بر این اساس، به نظر می‌رسد که در صورت برقراری یک رابطه‌ی موفق همزیستی سه‌گانه بین باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و گیاه می‌توان گام مثبتی را در راستای ارتقای تولید محصولات زراعی، با رویکرد حفظ محیط زیست برداشت. چرا که ایجاد کلونی در ریشه‌ها توسط قارچ میکوریزا شرایط را برای گره‌زایی ریزوبیوم مساعد کرده و میکوریزاها هم در ایجاد شرایط مساعد برای تولید گره‌های ریزوبیومی بر روی ریشه و در فراهمی بیشتر فسفر برای آنزیم نیتروژناز موجود در باکتری‌های ریزوبیوم نقش دارند. همچنین، ریزوبیوم‌ها در جذب بهتر نیتروژن و به دنبال آن سنتز بیشتر اسیدهای آمینه و فراهمی اسیدهای آمینه مورد نیاز میکوریزاها تأثیر گذارند (Diouf et al., 2003; Koochaki et al., 2005). البته در برخی از آزمایشات، کاربرد تنه‌های قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار تأثیر چندانی در بهبود رشد و عملکرد نخود نداشته است (Solaiman et al., 2005)، اما در برخی تحقیقات دیگر، به‌کارگیری میکوریزا به‌واسطه‌ی بهبود گره‌زایی ریزوبیوم سبب ارتقای جذب عناصر غذایی و عملکرد نخود شده است (El-Ghandour and Galal, 2002). مطالعات نشان داده‌اند VAM‌ها (که جدیداً به AMF‌ها نامگذاری شده‌اند) عموماً از گروه زیگوماست‌ها بوده و قارچ‌های اکتومیکوریزا عمدتاً جزء گروه بازیدیوماست‌ها هستند (AsadiRahmani et al., 2007; Singh et al., 2000). اما اخیراً (۱۹۹۸) یک گونه‌ی جدید از بازیدیوماست‌ها با نام *Piriformosporaindica* شناسایی شده که همانند AMF‌ها عمل کرده و اندوفیت می‌باشد و برخلاف سایر هم‌گروه‌های خود، به داخل ریشه گیاه میزبان نفوذ پیدا می‌کند (Verma, 1998)؛ مزیت اصلی سویه‌ی *P. indica* آن است که برخلاف AMF‌ها، یک همزیست اختیاری بوده و به‌راحتی در محیط آزمایشگاه تکثیر می‌شود و قابلیت کشت در محیط‌های مصنوعی را دارد (Kari Dolatabadi and Mohamadi Goltapeh, 2010; Verma, 1998). لذا این مطالعه با هدف بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.) با باکتری ریزوبیوم، قارچ‌های AMF و شبه میکوریزای داخلی بر روی عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو در ۹ ژنوتیپ گیاه نخود انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپیل پلات (کرت‌های خرد شده) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل سه سطح میکوریزایی (میکوریزای

محیط کشت قارچ *Piriformosporaindica* شامل ۱۲/۵ میلی‌لیتر عناصر ماکرو (NaNO₃ 120 g/l; KCl 10.4 g/l; KH₂PO₄ 30.4 g/l; MgSO₄.7H₂O 10.4 g/l; ۰/۶۲۵ میلی‌لیتر عناصر میکرو (ZnSO₄.7H₂O 22.0 g/l; H₃BO₃ 11.0 g/l; ۵ g/l FeSO₄.7H₂O; ۵ g/l MnCl₂.4H₂O; ۰/۲۵ گرم پپتون، ۰/۲۵ گرم عصاره مخمر، ۰/۲۵ میلی‌لیتر CaCl₂ دو

آزمایشی صورت پذیرفت. برای کلیه تیمارها آبیاری در سه مرحله پس از کاشت، شروع گلدهی و غلافدهی انجام گردید (هنگامی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت به گل رفته بودند، شروع گلدهی و زمانی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت دارای غلاف شده بودند، شروع غلافدهی تلقی گردید (IBPGR, 1993)).

جهت تعیین عناصر جذب شده توسط گیاه، در زمان ۵۰ درصد گلدهی (Talebi et al., 2013)، اندامهای هوایی سه بوته از نزدیک سطح خاک قطع شده و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در داخل آون قرار گرفتند. سپس اندامهای خشک شده، توسط آسیاب خرد گردیده و به قطعات کوچکتر از یک میلی متر تبدیل شدند. برای تعیین میزان نیتروژن از دستگاه کج‌دال (Bremner and Mulvaney, 1982)، میزان فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر (Olsen and Sommers, 1982)، میزان پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر و مقدار عناصر کم مصرف آهن، روی، مس و منگنز از دستگاه جذب اتمی استفاده شد. در اواسط گلدهی میزان کلروفیل برگ‌ها به وسیله دستگاه SPAD مورد ارزیابی قرار گرفت.

مولار و ۱/۷۵ گرم آگار بود که این مواد، با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شدند. محیط کشت جهت استریل شدن به مدت یک ساعت اتوکلاو و pH آن با استفاده از KOH در عدد ۶/۵ تنظیم گردید. در ادامه، محیط کشت، درون حمام آب گرم قرار داده شد و پس از کم شدن دما، با استفاده از میکروفلتر، ۰/۲۵ میلی لیتر ویتامین (g/10.05 بیوتین، g/10.25 ربیوفلاوین و g/10.01 پیروکسین) به آن اضافه گردید. در انتها در زیر هود، داخل هر پتری دیش، ۲۰ میلی لیتر از محیط کشت تهیه شده، ریخته شد و پتری دیش‌ها به مدت یک شبانه روز بدون حرکت کنار گذاشته شدند. پس از آماده شدن محیط کشت جامد، قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا بر روی پلیت‌ها تلقیح گردید و پتری‌ها جهت رشد و تکثیر قارچ به گرم‌خانه منتقل شدند (Namvar, 2014; Kumar et al., 2011).

در طول فصل رشد، سه مرتبه عملیات وجین در تاریخ‌های ۱۷ و ۲۳ اردیبهشت ماه و ۴ خردادماه و دو مرتبه عملیات سمپاشی با سم دیازینون جهت مبارزه با کرم هلیوتیس با غلظت یک در هزار در تاریخ‌های ۲۴ و ۳۰ اردیبهشت ماه به‌طور یکسان برای کرت‌های

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Traits of used chickpea genotypes in experiment

منشأ و نام ژنوتیپ Origin and name of genotype	منبع مورد استفاده Used sources	کد شناسه در بانک بذر پژوهشکده گیاهی Identifying code in seed bank of plant Institute
ایران، ۵۳۱۱-5311 Iran,	Ganjeali et al., 2011(a)	MCC ¹ 80
ایران، رقم کرج - Iran, Karaj cultivar	Ganjeali and Bagheri, 2010	MCC 358
ایران، رقم جم - Iran, Jam cultivar	Ganjeali and Bagheri, 2010	MCC 361
ایران، توده بومی کرمانشاه - Iran, native lot of Kermanshah	Ganjeali et al., 2011(a)	MCC 392
ایران، توده بومی بجنورد - Iran, native lot of Bojnurd	Ganjeali et al., 2011(b)	MCC 427
ایران، توده بومی گناباد - Iran, native lot of Gonabad	Ganjeali et al., 2011(a)	MCC 537
ایران - Iran	مذاکرات شخصی (پرسا، ج. ۱۳۹۳؛ مسئول بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد)	MCC 693
ایران - Iran	Abrishamchi et al., 2012	MCC 696
ایران، رقم هاشم - Iran, Hashem cultivar	Mansoorifar et al., 2012	MCC 950

جدول ۲- مشخصات خاک محل آزمایش
Table 2- Traits of soil of experiment location

رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	ماده آلی OC (%)	منگنز Mn (ppm)	روی Zn (ppm)	مس Cu (ppm)	آهن Fe (ppm)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (ppm)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH
5.53	65.34	29.13	0.87	17.152	1.410	1.516	7.620	413	38	861	4.26	7.29

MCC358, MCC361, MCC696 و MCC950 نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، به ترتیب با تولید ۱۰۴۵، ۱۰۵۲، ۱۱۳۵ و ۱۰۸۷ کیلوگرم دانه در هکتار پایین‌ترین عملکردها را از خود نشان دادند (شکل ۲). تفاوت‌های موجود بین عملکرد دانه‌ی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، به قابلیت‌های مختلف پتانسیل تولید این ژنوتیپ‌ها نسبت داده شد. (Nezami et al., 2012) نیز در مطالعات خود بر روی ارزیابی بخشی از مجموعه ژرمپلاسما نخود بانک بذر دانشگاه فردوسی مشهد، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای را از نظر خصوصیات زراعی، مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی گزارش کردند؛ به طوری که در تحقیقات آنها عملکرد دانه‌ی ۶۷ درصد ژنوتیپ‌ها (۴۹ ژنوتیپ) بیش از ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در ۲۴ ژنوتیپ، بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. این محققین استفاده از منابع ژنتیکی نخود در کارهای اصلاحی به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های برتر را توصیه نمودند.

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه‌ی آن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که عملکرد دانه در تیمار ژنوتیپ MCC537- مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا به طور معنی‌داری (۲۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴). به طور کلی تقریباً عملکرد کلیه‌ی ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکرد آنها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه میکوریزای داخلی بود. این نتایج، بازگوکننده‌ی موفقیت همزیستی سه گانه‌ی گیاه نخود، ریزوبیوم و میکوریزا و نیز نقش بهتر میکوریزا در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توزیع مناسب‌تر آنها بین اندام‌های فتوسنتزی و مخازن نخود در مقایسه با دو تیمار دیگر می‌باشند. در همین راستا، (Zaidi et al., 2003) گزارش نمودند که استفاده از ریزوبیوم به همراه میکروارگانیسم‌های حل‌کننده‌ی فسفات و قارچ میکوریزای آرباسکولار، باعث افزایش وزن خشک گره ریزوبیوم می‌شود که خود می‌تواند افزایش عملکرد دانه‌ی نخود را به همراه داشته باشد.

مقدار عناصر میکرو در بافت‌های گیاهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ژنوتیپ بر مقدار هیچ‌یک از عناصر ریزمغذی در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار نشد (جدول ۳ و شکل‌های ۴-الف، ۴-ب، ۴-پ و ۴-ت). همچنین، اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر مس و روی در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار نشد (جدول ۳ و شکل‌های ۳-الف و ۳-ب). اما اثر سطوح کود زیستی بر روی مقدار عناصر منگنز و آهن در بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳).

بدین ترتیب که قرائت‌گیری از سه بوته در هر کرت انجام گردیده و برای قرائت‌گیری با دستگاه کلروفیل‌متر، از برگ‌چه‌ی نوک در اولین برگ کاملاً توسعه‌یافته از قسمت بالای ساقه استفاده شده و به‌ازای هر گیاه فقط یک قرائت‌گیری انجام گردید. اندازه‌گیری‌ها در یک نقطه مرکزی روی برگ‌چه بین رگبرگ اصلی و حاشیه برگ انجام شدند. در نیمه پایینی هر کرت که به ارزیابی عملکرد اختصاص یافته بود، بوته‌ها پس از حذف حاشیه برداشت شده و پس از کوبیدن و جداسازی دانه‌ها، عملکرد دانه آنها محاسبه گردید. شایان ذکر است که ژنوتیپ MCC80 در تاریخ ۳۱ خردادماه ۱۳۹۳، ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC392، MCC693، MCC696، MCC427 و MCC950 در تاریخ ششم تیرماه ۱۳۹۳ و ژنوتیپ MCC537 در تاریخ هشتم تیرماه ۱۳۹۳ آماده برداشت شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL 2007 و MSTAT-C صورت پذیرفت. مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر سطوح کود زیستی بر عملکرد دانه‌ی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا عملکرد دانه (به میزان ۱۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) به طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه میکوریزای داخلی عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۱۷/۲۴ و ۱۲/۴۸ درصد افزایش داد (شکل ۱). لکن، دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه میکوریزای داخلی، از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱). به نظر می‌رسد که تیمار ریزوبیوم و میکوریزا در مقایسه با دو تیمار دیگر در جذب آب و مواد غذایی برای گیاه نخود موفق‌تر عمل کرده است که این موضوع، خود افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تخصیص بهتر فراورده‌های فتوسنتزی به سمت دانه‌های نخود را به همراه دارد. (Solaiman et al., 2005) نیز نتیجه گرفتند که استفاده از ریزوبیوم همراه با میکوریزای آرباسکولار برای گیاه نخود، به واسطه‌ی افزایش وزن خشک گره در مقایسه با کاربرد تنه‌های ریزوبیوم می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گردد.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه‌ی آن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). به طوری که ژنوتیپ MCC537 با تولید ۲۳۴۰ کیلوگرم دانه در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد و پس از آن ژنوتیپ MCC427 با ۲۰۹۴ کیلوگرم دانه در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌های

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مورعات) صفات مورد مطالعه
Table 3- Analysis of variance for studied traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	نیترژن جذب شده uptake N	فسفر جذب شده uptake P	پتاسیم جذب شده uptake K	آهن جذب شده uptake Fe	منگنز جذب شده Uptake Mn	روی جذب شده uptake Zn	مس جذب شده uptake Cu	پروتئین بافت‌های گیاهی Pr. of plant tissues
تکرار Replication	2	9236.764	0.001	30055.553	23574.676	530.400	331.086	8.278	3.848	0.707
کود زیستی Bio-fertilizer (A)	2	602275.90 **	1.253 **	342932.25 **	818469.222 **	75868.331 **	75939.896 **	165.063 ns	3.153 ns	36.549 *
خطای الف E (a)	4	11537.389	0.029	16738.934	25068.948	181.812	277.268	8.667	9.096	3.477
ژنوتیپ Genotype (B)	8	2313273.1 **	1.052 **	863612.024 **	1645286.084 **	674.765 ns	600.908 ns	6.035 ns	3.006 ns	40.932 **
ژنوتیپ × کود زیستی A × B	16	72262.674 **	0.102 **	24159.524 ns	30559.695 ns	979.971 ns	953.999 ns	4.430 ns	2.049 ns	4.974 **
خطای ب E (b)	48	15762.227	0.018	15125.075	58221.362	928.899	887.541	20.349	16.976	1.840
C.V. (%)	-	8.29	9.89	7.93	8.16	9.22	12.96	15.79	21.88	16.02

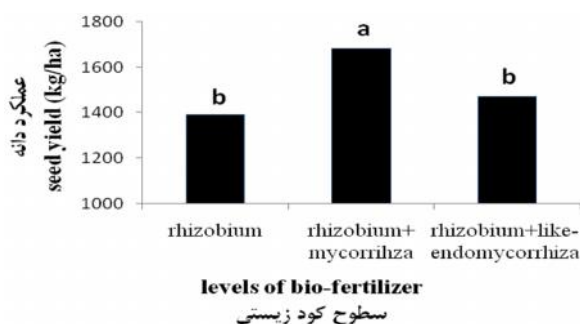
ns: non-significant
*: significant in 5% level
**: significant in 1% level

(Khosrojerdi *et al.*, 2013). همچنین در این پژوهش، مشخص گردید که سویه‌ی میکوریزای گلوموس موسه نسبت به سویه‌ی گلوموس اینترادیسه در جذب عناصر برای گیاه موفق‌تر عمل می‌کند.

مقدار عناصر ماکرو و پروتئین در بافت‌های گیاهی

اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار این عناصر به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود. لکن، دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه میکوریزای داخلی، از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل‌های ۵-الف، ۵-ب و ۵-پ). چنین استنباط می‌شود که همزیستی سه‌گانه‌ی میکوریزا، ریزوبیوم و نخود می‌تواند جذب عناصر ماکرو را برای گیاه نخود ارتقاء بخشد. گزارشات علمی سایر محققین، این ادعا را تأیید می‌کنند.

بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار این عناصر به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود. لکن، دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه میکوریزای داخلی، در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل‌های ۴-پ و ۴-ت). با توجه به نتایج مقایسات میانگین به نظر می‌رسد که حضور میکوریزا در کنار باکتری ریزوبیوم اختصاصی نخود می‌تواند در بهبود جذب عناصر ریزمغذی برای این گیاه مؤثر باشد. به عبارت دیگر، قارچ‌های میکوریزا به واسطه‌ی گسترش شبکه ریشه‌ای خود، احتمالاً سطح تماس ریشه با خاک و محیط ریزوسفر را برای گیاه افزایش داده‌اند که به تبع آن میزان دسترسی گیاه به عناصر نیز افزایش یافته است (AsadiRahmani *et al.*, 2007; Khosrojerdi *et al.*, 2013). تحقیقی که به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا بر جذب برخی عناصر معدنی توسط نخود انجام گردید، موفقیت مصرف تلفیقی و توأم ریزوبیوم و میکوریزا در افزایش جذب عناصر آهن و روی در مقایسه با مصرف جداگانه‌ی آنها به اثبات رسید

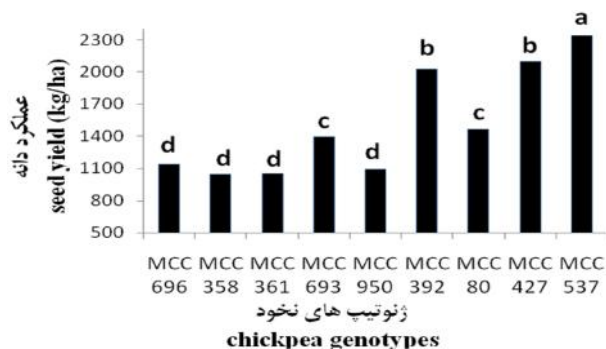


شکل ۱- اثر سطوح کود زیستی بر عملکرد دانه‌ی نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 1- Effects of Bio fertilizer on seed yield of chickpea

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.



شکل ۲- اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانه‌ی نخود

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 2- Effects of chickpea genotypes on seed yield of chickpea

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

جدول ۴- اثرات متقابل کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی برخی از صفات مورد مطالعه

Table 4- Intraactions of Biological fertilizer and chickpea genotypes on some studied traits

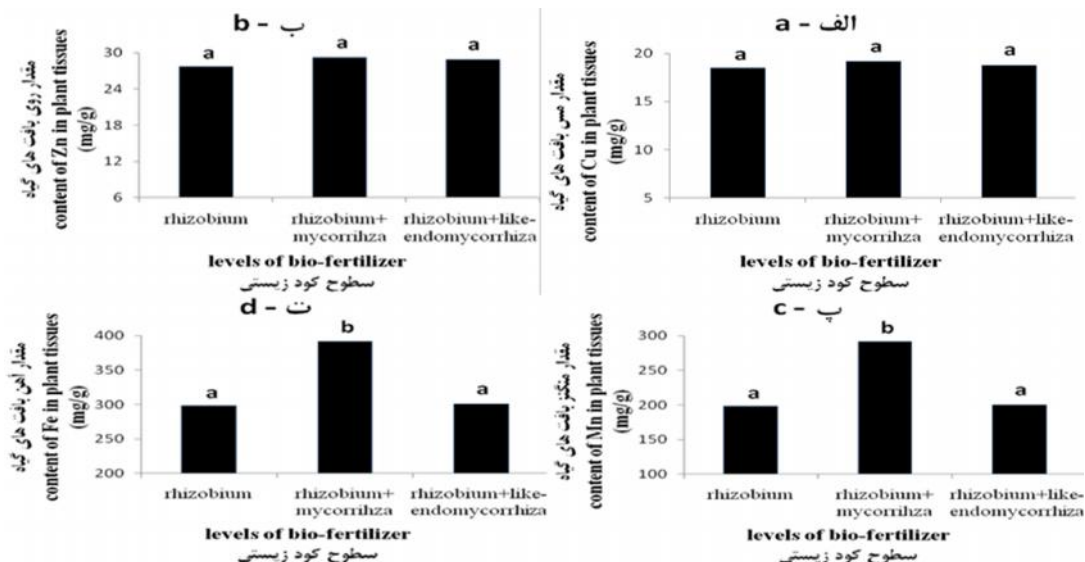
کود زیستی bio-fertilizer	ژنوتیپ (MCC)	نیترژن جذب شده uptaken N (mg g ⁻¹)	پروتئین بافت‌های گیاه Pr. of plant tissues (mg g ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
ریزوبیوم Rhizobium	696	1.257 efghi	7.856 cdef	1134 ijk
	358	1.006 hij	6.285 ef	925 kl
	361	1.080 ghij	6.747 def	876 kl
	693	1.432 cdef	8.950 bcdef	1370 ghij
	950	1.124 fghij	7.022 cdef	790 l
	392	1.414 cdefg	8.835 bcdef	1907 de
	80	1.079 ghij	6.743 def	1488 gh
	427	1.632 bcd	10.200 bcd	1957 cde
ریزوبیوم + میکوریزا Rhizobium + Mycorrhiza	537	1.841 b	11.510 b	2085 bcde
	696	1.436 cdef	8.975 bcdef	1187 hijk
	358	1.201 efghij	7.506 cdef	1285 hij
	361	1.213 efghij	7.581 cdef	1185 hijk
	693	1.666 bcd	10.410 bc	1431 ghi
	950	1.222 efghij	7.635 cdef	1124 ijk
	392	1.696 bc	7.856 cdef	2352 b
	80	1.090 ghij	6.814 def	1615 fg
ریزوبیوم + شبه میکوریزای داخلی Rhizobium + like-endo Mycorrhiza	427	2.390 a	14.940 a	2226 bc
	537	2.579 a	16.120 a	2730 a
	696	1.147 fghij	7.169 cdef	1085 jkl
	358	0.892 j	5.579 f	924 kl
	361	0.993 ij	6.208 ef	1094 jkl
	693	1.349 defgh	8.431 bcdef	1375 ghij
	950	1.033 hij	6.454 ef	1347 ghij
	392	1.256 efghi	7.850 cdef	1817 ef
Rhizobium + like-endo Mycorrhiza	80	1.077 ghij	6.733 def	1302 hij
	427	1.440 cdef	9.002 bcdef	2099 bcde
	537	1.521 bcde	9.506 bcde	2203 bcd

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Means have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%

قارچ میکوریزای آرباسکولار در هیدرولیز کردن فسفر آلی و انتقال آن به ریشه، در شرایط درون شیشه‌ای به اثبات رسیده است (Joner and Johansen, 2000). از تأثیرات مؤثر میکوریزا در افزایش جذب عناصر ماکرو توسط گیاه، علاوه بر گسترش شبکه‌ی ریشه‌ای، افزایش حلالیت این عناصر می‌باشد، چراکه جذب این عناصر به حضور فعال آنها در اطراف ریشه بستگی داشته و این امر نیز به میزان حلالیت عناصر وابسته است که این میزان حلالیت در مورد نیترژن زیاد و در مورد فسفر کم می‌باشد و قارچ‌های میکوریزا حضور فعال فسفر در ناحیه ریشه را افزایش می‌دهند (Ahmadi et al., 2004). از عوامل مؤثر دیگر در جذب عناصر غذایی، pH خاک می‌باشد. بیشتر عناصر در محدوده‌ی خاصی از pH برای گیاه قابل جذب هستند (خصوصاً فسفر) و میکوریزاها قادر به متعادل کردن pH خاک و متناسب کردن آن برای جذب عناصر می‌باشند (Koochaki et al., 2005; Khosrojerdi et al., 2013).

(Mozafar et al., 2001) بیان نمودند که حضور قارچ میکوریزای آرباسکولار در اطراف ریشه گیاه، همانند یک سیستم ریشه‌ای اضافی برای جذب عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم تحرک در محلول خاک (مانند فسفر، روی و مس) عمل می‌کند. آنها اظهار داشتند که ناحیه جذب فسفر از خاک، برای ریشه گیاهان غیرمیکوریزی محدود به ناحیه‌ای به طول یک تا سه سانتی‌متر است که در بسیاری موارد حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر می‌باشد. لکن، هیف‌های قارچ میکوریزای آرباسکولار می‌توانند تا بیش از ۱۴ سانتی‌متر از ریشه فراتر روند و بدین ترتیب به نحو مؤثری حجم بیشتری از خاک را برای جذب عناصر (خصوصاً فسفر) در اختیار گیاه قرار دهند. علاوه بر این، قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار این قابلیت را به گیاه می‌دهند که بتواند به نحو مؤثرتری از منابع فسفر آلی موجود در خاک استفاده نماید (Joner and Johansen, 2000)، زیرا که دیواره‌ی سلولی هیف‌های این قارچ‌ها دارای آنزیم فسفاتاز می‌باشند. توانایی هیف‌های

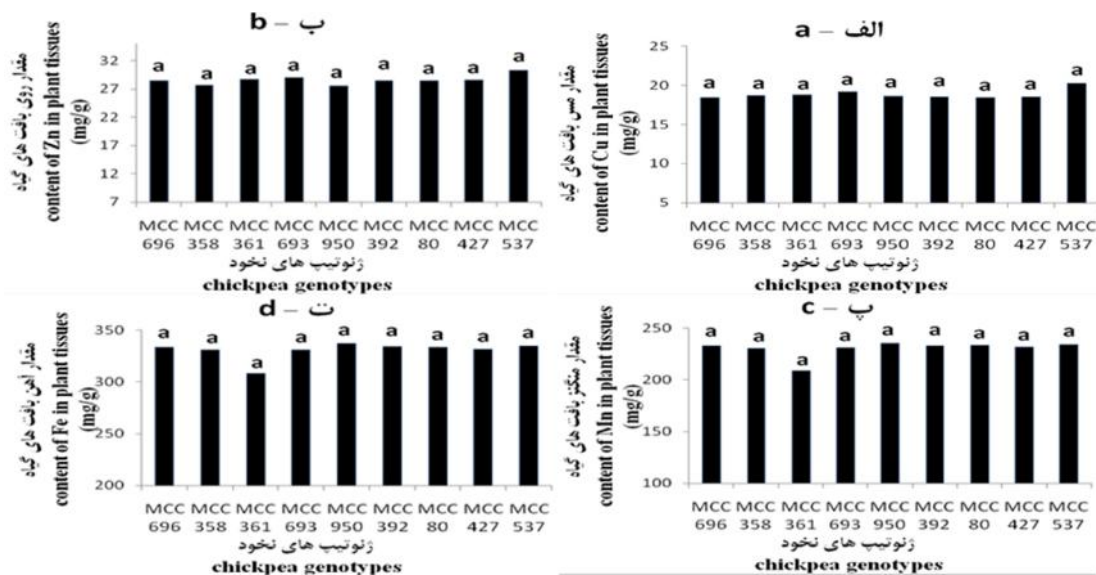


شکل ۳- اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر ریزمغذی در بافت‌های نخود، الف، ب، پ و ت- به ترتیب اثر کود زیستی بر مقدار مس، روی، منگنز و آهن

میانگین‌های دارای حرف مشترک، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر ندارند.

Figure 3- Effects of bio-fertilizer on micro elements of chickpea tissues, a, b, c and d are effects of bio-fertilizer on Cu, Zn, Mn and Fe, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

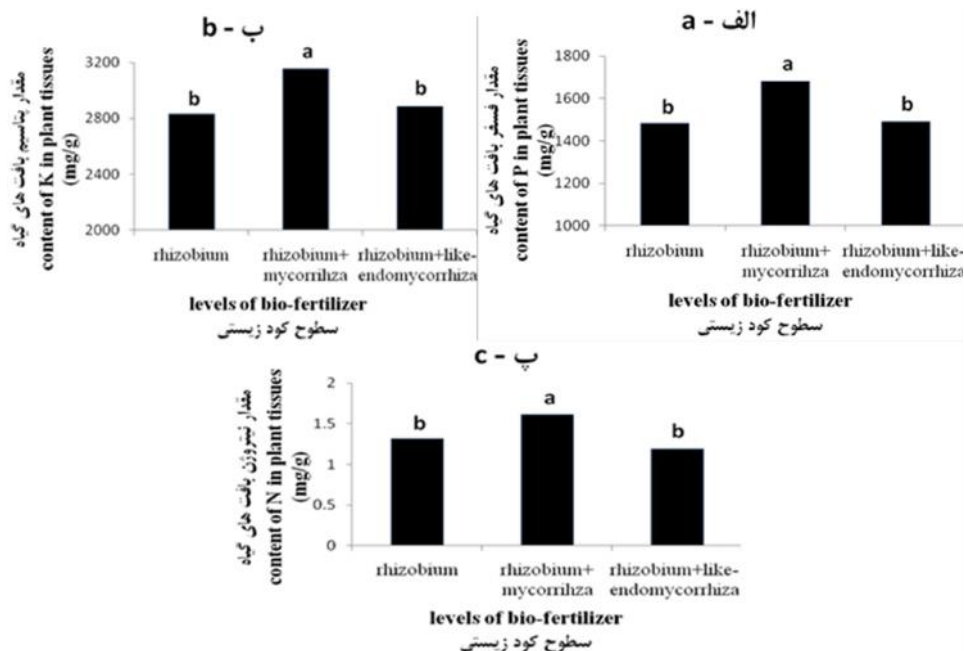


شکل ۴- اثر ژنوتیپ بر مقدار عناصر ریزمغذی در بافت‌های نخود، الف، ب، پ و ت- به ترتیب اثر ژنوتیپ بر مقدار مس، روی، منگنز و آهن

میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند.

Figure 4- Effects of chickpea genotypes on micro elements of chickpea tissues, a, b, c and d are effects of chickpea genotypes on Cu, Zn, Mn and Fe, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 5%.



شکل ۵- اثر سطوح کود زیستی بر مقدار عناصر ماکرو در بافت‌های نخود، الف، ب و پ- به ترتیب اثر کود زیستی بر مقدار فسفر، پتاسیم و نیتروژن میانگین‌های دارای حرف مشترک، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر ندارند.

Figure 5- Effects of bio-fertilizer on macro elements of chickpea tissues, a, b and c are effects of bio-fertilizer on P, K and N, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

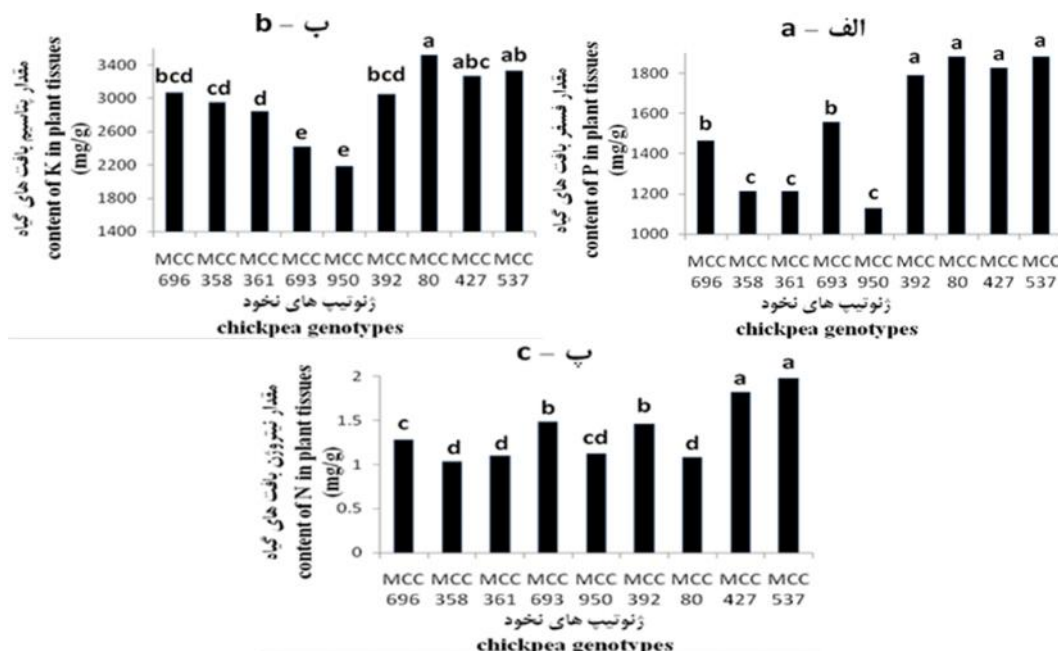
کردند. هرچند که برتری ژنوتیپ MCC80 در دو عنصر فسفر و پتاسیم تا حدی این ادعا را نقض می‌کند. علاوه بر این، این نتایج نشان می‌دهند که ژنوتیپ‌های مختلف نخود قابلیت‌های متفاوتی از نظر جذب عناصر غذایی، خصوصاً عناصر ماکرو دارند. (JaliliHonarmand *et al.*, 2014) نیز در آزمایشی شش ژنوتیپ نخود را تحت غلظت‌های مختلف تنش شوری قرار دادند و میزان جذب عناصر ماکرو و ریزمغذی را در آنها بررسی کردند. این محققین قابلیت‌های مختلفی را از نظر جذب عناصر غذایی بین ژنوتیپ‌های نخود مشاهده نمودند.

اثر سطوح کود زیستی بر پروتئین بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار پروتئین بافت‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود (۹/۷۲۹ میلی گرم بر گرم) و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی پروتئین بافت‌های گیاهی را به‌ترتیب به میزان ۱۵/۳۲ و ۲۳/۵۶ درصد افزایش داد. اما، بین دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به‌تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۷). با توجه به برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا در صفت نیتروژن بافت‌های گیاهی، برتری این تیمار در صفت پروتئین بافت‌های گیاهی منطقی به نظر می‌رسد. چرا که عنصر

اثر ژنوتیپ بر مقدار عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که بیشترین مقدار فسفر در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC80، MCC427 و MCC392 و کمترین آن در ژنوتیپ‌های MCC950، MCC361 و MCC358 ملاحظه گردید (شکل ۶- الف)؛ همچنین بیشترین مقدار پتاسیم در ژنوتیپ‌های MCC80، MCC427 و MCC537 (به‌ترتیب به میزان ۳۵۱۵، ۳۲۶۴ و ۳۳۲۶ میلی گرم بر گرم) و کمترین آن در ژنوتیپ‌های MCC950 و MCC693 مشاهده شد (شکل ۶- ب)؛ علاوه بر این، بیشترین مقدار نیتروژن در ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC537 (به‌ترتیب به میزان ۱/۹۸ و ۱/۸۲۱ میلی گرم بر گرم) و کمترین آن در ژنوتیپ‌های MCC80، MCC358، MCC361 و MCC950 ملاحظه شد (شکل ۶- پ). همچنین اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ بر مقدار نیتروژن در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار شد (جدول ۴)، به‌طوری که بیشترین مقدار نیتروژن در تیمارهای ژنوتیپ MCC537- مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا و ژنوتیپ MCC427- مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا (به‌ترتیب به میزان ۲/۵۷۹ و ۲/۳۹ میلی گرم بر گرم) مشاهده گردید. به‌طور کلی ژنوتیپ‌هایی که در طول فصل رشد بیشترین تولید ماده خشک را از خود نشان دادند (MCC427 و MCC537) در جذب عناصر ماکرو نیز موفق‌تر عمل

دادند (شکل ۸). علاوه بر این، اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ بر غلظت پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار شد (جدول ۴)، به‌طوری‌که بیشترین غلظت پروتئین در تیمارهای ژنوتیپ MCC537- مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا و ژنوتیپ MCC427- مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا (به‌ترتیب به میزان ۱۴/۹۴ و ۱۶/۱۲ میلی گرم بر گرم) مشاهده گردید.

نیتروژن، مهمترین نقش را در ساختمان پروتئین‌های بافت‌های گیاهی بازی می‌کند. همچنین اثر ژنوتیپ بر پروتئین بافت‌های گیاهی نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC537 بیشترین و ژنوتیپ‌های MCC80، MCC358، MCC361، MCC696، MCC392 و MCC950 کمترین مقدار پروتئین بافت‌های گیاهی را از خود نشان

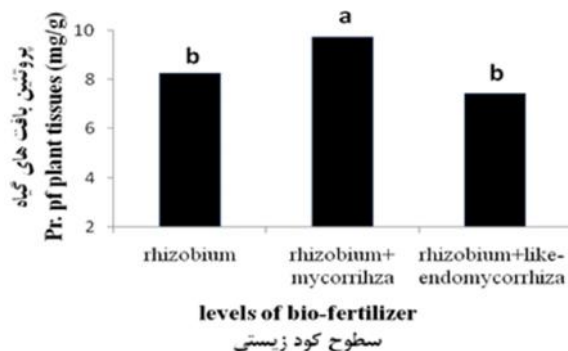


شکل ۶- اثر ژنوتیپ بر مقدار عناصر ماکرو در بافت‌های نخود، الف، ب و پ- به ترتیب اثر کود زیستی بر مقدار فسفر، پتاسیم و نیتروژن

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 6- Effects of chickpea genotypes on macro elements of chickpea tissues, a, b and c are effects of bio-fertilizer on P, K and N, respectively

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

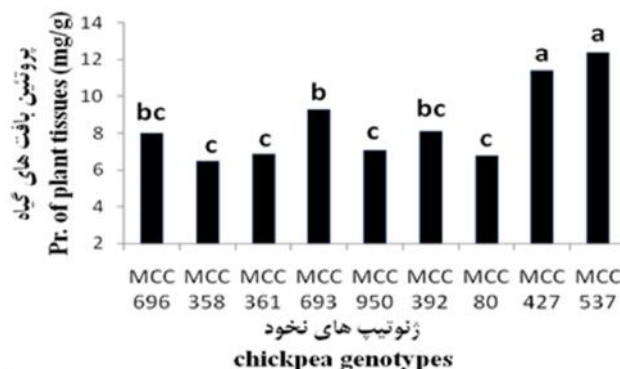


شکل ۷- اثر سطوح کود زیستی بر میزان پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 7- Effects of Biological fertilizer on protein of chickpea tissues

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.



شکل ۸- اثر ژنوتیپ بر میزان پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ با یکدیگر ندارند.

Figure 8- Effects of chickpea genotypes on protein of chickpea tissues

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan's test at 1%.

References

1. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3 (2): 17-30. (in Persian with English abstract).
2. Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P., and Jabari, F. 2004. Introduction to Plant Physiology. Vol. 1. Publications of Tehran University. (in Persian).
3. AsadiRahmani, H., Asgharzadeh, A., Khavazi, K., Rejali, F., and Savaghebi, G. R. 2007. Soil Biological Fertility. Publication of Jahad Daneshgahi. 311 pp. (in Persian).
4. Bremner, J. M., and Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen-Total, PP: 591-622, In: A.L. Page ed, Methods of soil analysis, part 2, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
5. Diouf, D., Diop, T. A., and Ndoye, I. 2003. Actinorhizal, mycorrhizal and rhizobial symbioses: how much do we know? African Journal of Biotechnology 2 (1): 1-7.
6. Dobermann, D. I., and Cassman, K. G. 2004. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production of United States and Asia. Plant and Soil 247: 153-175.
7. El-Ghandour, I. A., and Galal, Y. G. 2002. Nitrogen fixation and seed yield of chickpea cultivars as affected by microbial inoculation, crop residue and inorganic N fertilizer. Egyptian Journal of Microbiology 37: 233-246.
8. Ganjeali, A., and Bagheri, A. R. 2010. Evaluation of root morphological characteristics of chickpea (*cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 1 (2): 101-110. (in Persian with English abstract).
9. Ganjeali, A., Joveynipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A. R. 2011b. Selection for drought tolerance in kabuli chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) in Neyshabour region. Iranian Journal of Pulses Research 2 (1): 27-38. (in Persian with English abstract).
10. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. R. 2011a. Response of yield and morpho physiological characteristics of earliness chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2 (1): 65-80. (in Persian with English abstract).
11. Harrach, B. D. 2009. Abiotic and biotic stress effects on barley and tobacco plants. Plant Protection Institute of the Hungarian Academy of Sciences in Budapest.
12. IBPGR, ICRISAT and ICARDA. 1993. Description for chickpea (*Cicer arietinum* L.). Printed by ICRISAT.
13. Izadi Darbandi, A., and Akram, L. 2012. Investigate the effect of Pyridate, bentazon and Imazethapyr herbicide on growth, nodulation and biological nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3 (1): 94-105. (in Persian with English abstract).
14. JaliliHonarmand, S., Azari, N., Cheghamirza, K., and Mansoorifar, S. 2014. Changes of Seedling Growth and Ion Uptake of Chickpea Genotypes under Salt Stress Condition. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences 4 (3): 266-272.
15. Joner, E. J., and Johansen, A. 2000. Phosphatase activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. Mycological Research 104: 81-86.
16. Kamaei, R. 2014. Effects of plant species and biological, chemical fertilizers and manure on mycorrhiza infectiveness under greenhouse conditions. M.Sc. thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).

17. Kari Dolatabadi, H., and MohamadiGoltapeh, E. 2010. In vivo biological activity of *Piriformosporaindica*, *Sebacinaverimifera* and *Trichoderma* spp. against *Fusarium* wilt of lentil. Plant Protection Journal 2 (2): 127-143. (in Persian with English abstract).
18. Khosrojerdi, M., Shahsavani, Sh., Gholipor, M., and Asghari, H. R. 2013. Effect of rhizobium and mycorrhizal fungi inoculation on some nutrient uptake by chickpea at different levels of iron sulfate fertilizer. Iranian Journal of Crop Production 6 (2): 71-87. (in Persian with English abstract).
19. Koocheki, A., Zand, E., Banayan, M., RezvaniMoghadam, P., MahdaviDamghani, A., Jami Alahmadi, M., and Vesal, S. 2005. Plant Eco-physiology. Vol. 2. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
20. Kumar, V., Sahai, V., and Bisaria, V. S. 2011. High-density spore production of *Piriformosporaindica*, a plant growth-promoting endophyte, by optimization of nutritional and cultural parameters. Bio resource Technology 102: 3169-3175.
21. Lemaire, G., and Gastal, F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: Lemaire G, ed. Diagnosis on the nitrogen status in crops. Heidelberg: Springer-Verlag, 3-43.
22. Lemaire, G., and Gastal, F. 2009. Quantifying crop response to nitrogen deficiency and avenues to improve nitrogen use efficiency. In: Sadras, V., Calderini, D. (Eds.), Crop Physiology. Elsevier Inc. pp: 171-211.
23. Mansoorifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpour, S. H. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iranian Journal of Pulses Research 3 (1): 101-110. (in Persian with English abstract).
24. Mozafar, A., Jansa, J., Ruh, R., Anken, T., Sanders, I., and Frossard, E. 2001. Functional diversity of AMF co-existing in agricultural soil subjected to different tillage. Proceeding of the Third International Conference of mycorrhizas. July 8-13, Adelaide, South Australia.
25. Namvar, P. 2014. Evaluation of effects of *Piriformosporaindica* on nitrogen and phosphorus uptake in corn. M.Sc. thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
26. Nazami, A., Pouramir, F., Momeni, S., Porsa, H., Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2012. Evaluation of a subset of chickpea germplasm collection of the Ferdowsi University of Mashhad Seed Bank. Kabuli type chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 3 (1): 17-30. (in Persian with English abstract).
27. Olsen, S. R., and Sommers, L. E. 1982. Phosphorus, PP: 403-430, In: Page A.L. ed. Methods of soil analysis, part 2, Chemical and Microbiological properties, Soil Science Society of American Journal, Madison.
28. Singh, D. N., Massod Ali, R. I., and Basu, P. S. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influences of chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress 2000. Hamburg Germany.
29. Singh, U. 2005. Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. Journal of Crop Improvement 15: 259-287.
30. Solaiman, A. R. M., Rabbani, M. G., and Moll, M. N. 2005. Effects of inoculation of Rhizobium and arbuscular mycorrhiza, poultry litter, nitrogen, and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean Journal of Crop Science 50: 256-261.
31. Talebi, R., Ensafi, M. H., Baghebani, N., and Karami, E. 2013. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes to drought stress. Environmental and Experimental Biology 11: 9-15.
32. Verma, S., Varma, A., Rexer, K., Kost, G., Sarbhoy, A., Bisen, P., Butehorn, B., and Franken, P. 1998. *Piriformosporaindica*, gen: A new root-colonizing fungus. Mycologia 95: 896-903.
33. Zaidi, A., Khan, M. S., and Amil, M. 2003. Interactive effects of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 19: 15-21.



Effect of Symbiosis of Arbuscular Mycorrhiza and Like-endo Mycorrhiza on Yield and Uptake of MacroandMicro Elements in Chickpea Genotypes (*Cicer arietinum* L.)

M. J. Arshadi¹ - M. Parsa^{2*} - A. Lakzian³ - M. Kafi⁴

Received: 11-03-2015

Accepted: 23-07-2016

Introduction

Improving of nutrients absorption by biological approaches, in addition to emphasis on sustainable agriculture, will increase or stabilize crop yield. It seems that microorganisms such as mycorrhiza and rhizobium can improve the nutrients absorption in crops such as chickpea. Rhizobiums are effective to provide biological nitrogen for crops and mycorrhizal fungi are involved to supply biological phosphorus to the plants. Among them, the endo mycorrhiza (or Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) that is abbreviated VAM, in creation of symbiosis with the roots of crops such as legumes have been more successful. Of course, the mycorrhizal fungi and rhizobium bacteria before creating symbiosis with host plant, directly affect in the overlay in rhizosphere environment of host plant. Creating colonies in the roots by mycorrhizal fungi leads to conducive for forming nodulation of rhizobium. In other words, mycorrhiza fungi creates favorable conditions for the production of rhizobium nodules on the roots and also they affect on greater availability of phosphorus for nitrogenase enzymes involved in rhizobium bacteria. In contrast, rhizobiums affect in better absorption of nitrogen and followed by the synthesis of amino acids and amino acid availability for required mycorrhiza. It seems that this symbiotic relationship between plants, mycorrhizal and rhizobium can be either normal or adverse environmental conditions, which is effective in promoting the product of crop. However, the Triplet symbiosis of chickpea, mycorrhiza and rhizobium and also chickpea genotypes response to this symbiosis should be examined.

Materials and Methods

This study was conducted to investigate the inoculation of kabuli seeds of chickpea genotypes with arbuscular mycorrhiza and like - endomycorrhiza, in 2014, in split plot by arrangement of two factors with a randomized complete block design and three replications in Research Field, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Main plots were consisted of three levels of mycorrhiza (arbuscular mycorrhiza of *Glomus mosseae*, like - endo mycorrhiza of *Piriformospora indica* and non - used mycorrhiza) and sub plots were consisted of nine genotypes of chickpea: MCC 80, MCC 358, MCC 361, MCC 392, MCC 427, MCC 537, MCC 693, MCC 696 and MCC 950. (These genotypes had good yield potentials and selection and presented in the studies on germplasm from the Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad seed bank). All seeds of genotypes were infected to the symbiotic rhizobium bacteria of chickpea. In the mid - flowering the content elements of nitrogen, phosphorus, potassium and micro elements of iron, zinc, copper and manganese were determined by kjeldahl, spectrophotometer, flame photometer and the atomic absorption, respectively.

Results and Discussion

The results indicated that mycorrhiza significantly increased seed yield. But using of like - endomycorrhiza was not effective to increase seed yield. In other words, superiority of like - endomycorrhiza was not significant. Among the genotypes in this study, the highest seed yield was dedicated to genotype of MCC 537. Arbuscular

1- PhD student of Crop Physiology, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

4- Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(*- Corresponding Author Email: parsa@um.ac.ir)

mycorrhiza significantly improved the uptake of N, P, K, Fe and Mn, but it did not imposed any significant effect on uptake of Cu and Zn. Genotypes of MCC 537, MCC 427, MCC 80 and MCC 392 significantly were excelled in uptake of macro elements, but there is not significant difference to uptake of micro elements. In the study was observed the interactions effects between mycorrhizal and chickpea genotypes that the highest seed yield belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 537 genotype. Also the most uptaked nitrogen and protein of plant tissues belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 537 genotype. But other interactions effects were not significant. In addition, in traits of uptaked nitrogen and protein of plant tissues in factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 427 genotype was in a same statistical class with factor of arbuscular mycorrhiza – MCC 537 genotype.

Conclusions

Application of mycorrhiza along with rhizobium could improve the uptake of macro and micro elements in chickpea genotypes. But, application of like - endomycorrhiza had not significant effect on the absorption of nutrients in chickpea. In a general conclusion, among the studied genotypes, MCC 537 and MCC 427 were better than the others.

Keywords: Biological fertilizer, Nutrition elements and Pulses



ارزیابی کارایی فعالیت *Sinorhizobium meliloti* و خصوصیات کیفی یونجه تحت تأثیر کاربرد مولیبدن

فاطمه احمدی دانا^۱ - محمدنبی غیبی^{۲*} - محمدرضا اردکانی^۳ - فرزاد پاکنژاد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

چکیده

کشاورزی به مقدار زیادی وابسته به نیتروژنی است که طی همزیستی بین ریزوبیومها و گیاه لگوم میزبان آنها و در گره‌های ریشه‌ای این گیاهان تثبیت می‌شود. فرآیند تثبیت نیتروژن با کمک آنزیمی به نام نیتروژناز انجام می‌گیرد و عنصر مولیبدن از عناصر مهم در تشکیل ترکیب نیتروژناز است. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر مقادیر مختلف مولیبدن و باکتری سینوریزوبیوم بر عملکرد یونجه، انجام شد. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، شامل کاربرد باکتری سینوریزوبیوم در دو سطح (تلقیح با باکتری سینوریزوبیوم و بدون تلقیح) در کرت‌های اصلی و مقادیر مختلف مولیبدن در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در مزرعه موسسه تحقیقات خاک و آب واقع در کرج انجام گرفت. نیتروژن تنها در یک مرحله و در هنگام آبیاری دوم و به میزان ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به خاک اضافه شد. نتایج نشان دادند که تأثیر سطوح مختلف مولیبدن و باکتری ریزوبیوم بر عملکرد ماده خشک، غلظت مولیبدن در اندام هوایی و ریشه و تعداد گره‌های ریشه معنی‌دار گردید. همچنین بالاترین عملکرد ماده خشک مربوط به تیمار کاربرد توام باکتری ریزوبیوم و مولیبدن به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار با عملکرد ۲۰/۲۱ تن در هکتار بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد با عملکرد ۱۴/۲۷ تن در هکتار داشت. کاربرد مولیبدن، سبب افزایش تعداد گره در ریشه شد که نسبت به عدم تلقیح تفاوت معنی‌دار نشان داد. غلظت مولیبدن در اندام هوایی و ریشه با افزایش سطوح مولیبدن بیشتر شد، این افزایش در تیمارهای تلقیح شده با باکتری سینوریزوبیوم نسبت به تیمارهای تلقیح نشده بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: تثبیت نیتروژن، عملکرد، لگوم‌ها، نیتروژناز

مقدمه

یونجه (*Medicago Sativa*) در مقیاس جهانی قدیمی‌ترین و رایج‌ترین گیاه علوفه‌ای مورد کشت بشر می‌باشد و قادر است با همزیستی باکتری ریزوبیوم تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را انجام دهد. تثبیت بیولوژیکی نیتروژن یک فرآیند ضروری است و همزیستی‌های

ریزوبیوم - لگوم بی‌شک با اهمیت‌ترین سیستم همزیستی تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی در جهان به‌شمار می‌روند. عنصر مولیبدن از جمله عناصر تأثیرگذار در فرآیند تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های ریزوبیومی می‌باشد. این عنصر به واسطه نقشی که در آنزیم نیتروژناز دارد می‌تواند در تثبیت نیتروژن در گیاهان خانواده لگومینوز حائز اهمیت باشد. از طرف دیگر داشتن اطلاعات لازم در مورد میزان تجمع این عنصر در گیاهان علوفه ضروری است زیرا وجود بیش از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مولیبدن در یونجه برای تغذیه دام خطرناک است و پیامد آن ظهور عارضه مولیبدنوسیس می‌باشد (Marschner, 1995). مولیبدنوسیس یک بیماری گاوی است که در نتیجه عدم تعادل مولیبدن و مس در جیره غذایی نشخوارکنندگان ایجاد می‌شود. در این بیماری مسمومیت ناشی مولیبدن باعث توقف رشد و تغییر شکل استخوان‌های دام می‌شود.

نقش بیوشیمیایی مولیبدن اولین بار در سال ۱۹۳۰ مشخص شد و

- ۱- کارشناسی ارشد رشته اکرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
- ۲- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۳- استادیار، اکولوژی کشاورزی (با تخصص کشاورزی ارگانیک)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
- ۴- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.45990

(Email: mngheibi@yahoo.com)

(*)-نویسنده مسئول:

کامل تصادفی، شامل کاربرد باکتری سینوریزیوبیوم در دو سطح (تلقیح با باکتری سینوریزیوبیوم و بدون تلقیح) در کرت‌های اصلی و مقادیر مختلف مولیدن در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در مزرعه موسسه تحقیقات خاک و آب واقع در کرج انجام گرفت. ابتدا به‌منظور تعیین میزان عناصر، خاک مورد استفاده در این آزمون تجزیه شیمیایی گردید (جدول ۱). بر اساس آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن به خاک مزرعه افزوده شد.

به‌منظور آماده‌سازی کشت خالص باکتری، از غده‌های ریشه‌ای یونجه، نمونه‌برداری انجام گرفته و باکتری سینوریزیوبیوم میلیوتی موجود در داخل غده‌های فعال، بعد از کشت روی محیط YMA (Yeast Mannitol Agar) به‌صورت کلتی‌های شیری رنگ متمایل به صورتی بر روی محیط کشت ظاهر گردیدند، سپس به میزان ۵ گرم به‌ازای یک کیلوگرم بذر روی بذرهای ریخته شد (با در نظر گرفتن تعداد باکتری در واحد حجم، تعداد باکتری در واحد وزن محاسبه گردید). نیمی از بذرهای توسط مایه تلقیح حاوی باکتری *S. meliloti* که باکتری همزیست با یونجه می‌باشد، تلقیح شدند. ۳ سطح مولیدن از منبع مولیدات آمونیوم (ماده شیمیایی مرک آلمان، حاوی ۵۴٪ مولیدن) توزین و به خاک اضافه شد. سپس براساس نقشه طرح، بذور تلقیح شده و تلقیح نشده به‌صورت ردیفی با فواصل نیم متری (ابعاد کرت‌ها ۴×۵) در دوم خرداد ماه کاشته شدند. بعد از کاشت سریعاً اقدام به آبیاری (به دلیل زنده نگه داشتن باکتری‌ها) شد. جهت تأمین نیتروژن اولیه به‌منظور استقرار گیاه از کود اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله در آبیاری دوم (یک هفته پس از کاشت) و یک هفته پس از آن استفاده گردید. در طول فصل رشد مراقبت‌های زراعی از قبیل مبارزه با علف‌های هرز و آفات گیاهی انجام شد. آبیاری به‌صورت هفته‌ای یک بار انجام شد. پس از رسیدن ۱۰٪ از گیاهان به مرحله گلدهی در تاریخ ۹۲/۵/۶ اولین چین به‌صورت برداشت ریشه و اندام هوایی انجام شد. جهت بیرون آوردن ریشه گیاهان ابتدا با بیل گیاهان را همراه با خاک اطراف ریشه به‌آرامی بیرون آورده شدند، سپس گیاه به همراه خاک، درون تشت آب قرار داده شد و ریشه‌ها به‌آرامی و سالم از خاک شسته شدند و اقدام به شمارش گره‌های ریشه گردید. بعد از برداشت نمونه‌های ریشه، اقدام به برداشت اندام هوایی هر تیمار به اندازه ۳ متر مربع به‌منظور اندازه‌گیری میزان عملکرد ماده خشک شد. جهت خشک کردن نمونه‌ها ابتدا گیاهان با آب مقطر شسته شدند تا خاک و گرد و غبار روی گیاهان به‌طور کامل خارج گردد. آنگاه نمونه‌های اندام‌هوایی و ریشه به‌طور جداگانه به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شدند و سپس وزن خشک نمونه‌ها

نشان داد که این عنصر در تثبیت نیتروژن توسط ازتوباکتر مؤثر است و آزمایشاتی که روی گیاهان نخود (*Cicer arietinum*)، سویا (*Glycine max*) و شبدر قرمز (*Trifolium Pratenses*) کشت شده در محیط شن انجام شد معلوم کرد که افزودن مولیدن به محلول کشت سبب افزایش تثبیت نیتروژن شد (Bortels, 1930). غلظت مولیدن در اندام‌های مختلف گیاهان به‌طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت است و در دانه و گره‌های تثبیت نیتروژن بالاترین غلظت را دارد (Gupta and Ispet, 1981).

در تحقیق انجام شده توسط ویوریا و همکارانش (Vieira et al., 1998) مشخص گردید که محلول‌پاشی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L. با ۴۰ گرم مولیدن در هر هکتار تا حد زیادی فعالیت آنزیم نیتروژناز در گیاه را افزایش داد. این عنصر نقش به‌سزایی در تثبیت نیتروژن در گیاهان خانواده بقولات دارد و افزودن این عنصر در محیط رشد گیاه باعث افزایش تثبیت نیتروژن از طریق افزایش کارایی آنزیم نیتروژناز در ساختار گره‌ها شده و باعث افزایش عملکرد و بالا رفتن کیفیت یونجه می‌شود (Kaiser et al., 2005).

همچنین با افزایش فعالیت آنزیم نیتروژناز غلظت بالای مولیدن در گیاه آشکار نمی‌گردد که این امر به علت تجمع مولیدن در گره‌های فعال ریشه می‌باشد (Brodrick and Giler, 1991). البته لگوها به دلیل وابسته بودن به N_2 اغلب نیاز به مولیدن بیشتری نسبت به دیگر گیاهان دارند (Marschner, 1995).

در گیاهان دچار کمبود مولیدن، مناطق نکروزه در حاشیه برگ‌ها دیده می‌شود که همراه با کاهش در رشد کلی گیاهان می‌باشد (Chatterjee and Nautiyal, 2001; Chatterjee et al., 1985). مولیدن در افزایش وزن هزار دانه، تعداد شاخه‌های بارور و افزایش تعداد ساقه نقش به‌سزایی دارد (Wen Hua Du et al., 2009).

بنابراین اثرات منفی کمبود مولیدن در فعالیت‌های آنزیمی مربوط به ساخت نیتروژن می‌باشد که در نهایت باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (Hristozkova et al., 2009) و در نهایت در صورت برطرف شدن نیاز گیاهان خانواده بقولات به مولیدن و استفاده از کودهای نیتروژنی به مقدار کم آن هم در مراحل اولیه رشد و جوانه‌زنی، رشد گیاه به بالاترین حد خود می‌رسد و باعث افزایش فعالیت گره‌ها در ریشه، افزایش تعداد گره در ریشه، افزایش وزن و در نهایت افزایش عملکرد خواهد شد (Nadia Gad, 2012). تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر مقادیر مختلف مولیدن و تأثیر کاربرد باکتری سینوریزیوبیوم بر عملکرد گیاه یونجه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های

ICP اندازه‌گیری شد. گیاه یونجه در ۴ چین در ۶ مرداد، ۱۰ شهریور، ۱۰ مهر و ۱۹ آبان ماه برداشت شد. در نهایت تجزیه واریانس کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1.3 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خشک شده توسط آسیاب برقی مخصوص پودر شدند و در نهایت بر روی نمونه‌های پودر شده تجزیه‌های شیمیایی شامل اندازه‌گیری مولیبدن اندام‌هوایی و ریشه انجام گردید. برای تهیه عصاره گیاهی جهت اندازه‌گیری غلظت مولیبدن از هضم به روش سوزاندن خشک و حل در HCl استفاده و توسط دستگاه

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی خاک زمین محل انجام آزمایش در عمق ۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Physical properties of experimental field soil before planting

کربن آلی OC %	نیتروژن کل N. tot %	مولیبدن قابل جذب Mo. ava	فسفر قابل جذب P. ava	پتاسیم قابل جذب K. ava	آهن قابل جذب Fe. ava	منگنز قابل جذب Mn. ava	روی قابل جذب Zn. ava	مس قابل جذب Cu. ava
					(mg kg ⁻¹)			
0.53	0.05	0.1	6.66	204	4.1	13.94	0.54	1.12

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطوح مختلف مولیبدن و باکتری بر عملکرد و غلظت مولیبدن در ریشه و اندام هوایی و تعداد گره‌های ریشه

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of molybdenum and rhizobium on yield, concentration of molybdenum in the root and shoot and root nodules

میانگین مربعات (MS)					
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	مولیبدن اندام هوایی shoot mo	عملکرد خشک Dry Matter Yield	تعداد گره‌های ریشه The number of root nodule	مولیبدن ریشه Root mo
تکرار Rep	2	0.019ns	2.55*	0.32ns	0.056ns
تلقیح باکتری (I) Inoculant (I)	1	3.10*	27.54*	1.89ns	8.17**
خطا (I) Error (I)	2	0.082	0.9	0.14	0.082
سطوح مختلف مولیبدن (Mo)	2	62.91**	21.43**	2.34**	155.37**
Molybdenum (Mo) Mo × I	2	0.43**	1.81*	0.39**	0.87**
خطا Error	8	0.028	0.29	0.24	0.08
ضریب تغییرات CV%	-	3.78	3.25	4.62	4.87

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** nonsignificant, significant at 0.05 and 0.01 level of probability, respectively.

جدول ۳- اثرات اصلی باکتری ریزوبیوم بر عملکرد خشک، غلظت مولیبدن در اندام هوایی و ریشه و تعداد گره‌های ریشه

Table 3- Simple effects of rhizobium bacteria on dry yield, concentration of molybdenum in root and shoot and root nodules

صفت Treat	تعداد گره‌های ریشه The number of root nodule	مولیبدن ریشه root mo (ppm)	مولیبدن اندام هوایی shoot mo (ppm)	عملکرد خشک Dry Matter Yield (ton ha ⁻¹)
تلقیح با باکتری (I1)	3.7a	6.52a	4.88a	17.99a
عدم تلقیح با باکتری (I0)	3.07a	5.17b	4.05b	15.51b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند

*In each column, means followed similar letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تأثیر باکتری بر وزن خشک اندام هوایی یونجه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. تیمار استفاده از باکتری با عملکرد ۱۸ تن در هکتار با تیمار عدم استفاده از باکتری، با عملکرد ۱۵/۵ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). جدول ۱ نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد بین سطوح مختلف استفاده از مولیبدن بر میزان عملکرد خشک است به این صورت که تیمار استفاده از ۵ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن با ایجاد عملکرد ۱۸/۶۵ تن در هکتار بیشترین تأثیر را بر عملکرد خشک یونجه داشت. همچنین اثرات متقابل باکتری ریزوبیوم و مولیبدن بر مقدار عملکرد خشک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد به نحوی که در تیمار بدون کاربرد مولیبدن، کاربرد و عدم کاربرد باکتری تأثیری نداشته است ولی در سطح مولیبدن ۵ کیلوگرم بر هکتار، باکتری تأثیرگذار بوده است که نسبت به سطح مولیبدن ۱۰، ۱۰ kg/ha، ۱۰ درصد افزایش داشت (شکل ۱). تیمار استفاده توأم از باکتری ریزوبیوم و ۵ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن ۲۰/۲۱ تن در هکتار بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد. با کاربرد بیشتر مولیبدن در استفاده از ۱۰ کیلوگرم بر هکتار در تیمار تلقیح شده با ریزوبیوم، عملکرد خشک نسبت به استفاده از مولیبدن ۵ کیلوگرم بر هکتار کاهش عملکرد نشان داد ولی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار داشت (شکل ۱). افزایش در عملکرد تیمارهای با کاربرد مولیبدن، حاصل تثبیت زیستی نیتروژن که منجر به تبدیل نیتروژن مولکولی (N_2) موجود در اتمسفر به آمونیم (NH_3) درگره‌های موجود در ریشه گیاهان می‌شود می‌باشد. این فرآیند، فرآیندی انرژی‌خواه بوده که حاصل ایجاد همزیستی بین باکتری‌های تثبیت‌کننده و ریشه گیاهان و ایجاد گره‌هاست. آنزیم مسئول این واکنش که موسوم به نیتروژناز می‌باشد دارای دو بخش است: بخش اول که موسوم به پروتئین آهن (Fe) است دارای دو زیرواحد مشابه بوده، هر واحد شامل یک خوشه Fe-S (آهن-گوگرد) بوده و از طریق تبدیل احیاء فردوکسین به فردوکسین اکسید شده و همچنین تبدیل ATP به ADP در واکنش‌های اکسایش-کاهش دخالت می‌کند.

بخش دوم که موسوم به پروتئین مولیبدن-آهن است دارای چهار زیرواحد بوده و هر زیرواحد شامل ۲ خوشه Mo-Fe-S (مولیبدن-آهن-گوگرد) است و با انجام یک سری واکنش‌های اکسایش-کاهش منجر به تبدیل نیتروژن به آمونیم می‌شود. پس عنصر مولیبدن در ساختار آنزیم نیتروژناز شرکت دارد. گاز نیتروژن به مولیبدن می‌چسبد و الکترون، مرحله به مرحله به آن داده می‌شود و به تدریج با افزودن شدن پروتون، پیوند میان دو نیتروژن ضعیف شده تا اینکه دو مولکول

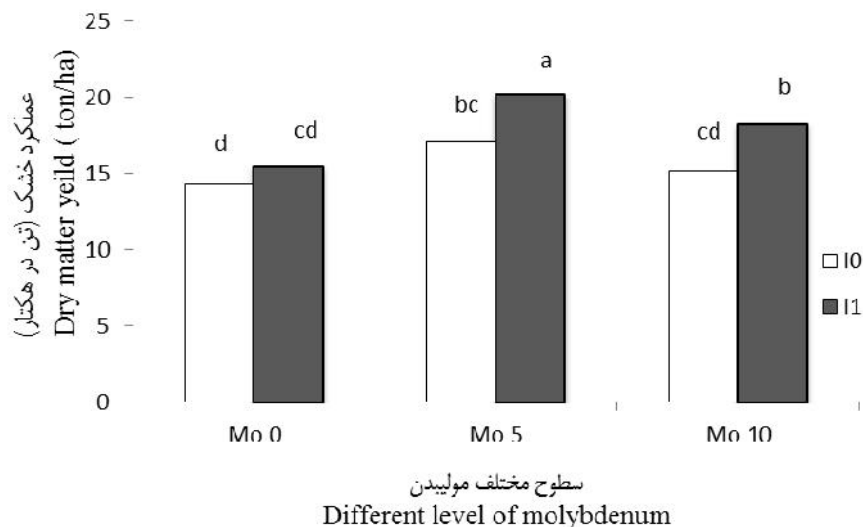
آمونیم آزاد می‌شود. در نتیجه وجود مولیبدن برای سوخت و ساز نیتروژن و فعال کردن ریزوبیوم‌های همزیست با بقولات الزامی است. نکته مهم در این فرآیند این است که، آنزیم نیتروژناز نسبت به اکسیژن حساس بوده و به طور برگشتناپذیری غیرفعال می‌گردد. از این رو باکتری‌های تثبیت‌کننده غیرهوازی بوده و یا از مکانیسم‌هایی جهت غیرهوازی کردن بخش‌های مسئول در این فرآیند استفاده می‌نمایند (مثل ایجاد پروتئین لگ‌هموگلوبین که تمایل بالایی نسبت به جذب اکسیژن و در نتیجه غیرهوازی کردن محیط (Taiz and Zeiger, 2002) دارد. وقتی نیاز نیتروژناز به مولیبدن برطرف و توسط ریزوبیوم از سطح اکسیژن موجود در محیط اطراف آنزیم نیتروژناز کاسته شد این آنزیم فعال و باعث تبدیل نیتروژن اتمسفری به آمونیم می‌شود سپس ساخت RNA، DNA و پروتئین بیشتر شده که در نهایت می‌تواند باعث عملکرد بیشتر در این تیمارها شده باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که مولیبدن نقش به‌سزایی در تثبیت نیتروژن در گیاهان خانواده بقولات دارد و افزودن این عنصر در محیط رشد گیاه باعث افزایش تثبیت نیتروژن از طریق افزایش کارایی آنزیم نیتروژناز در ساختار گرہ‌ها می‌شود که در نهایت باعث افزایش عملکرد و بالا رفتن کیفیت یونجه می‌شود (Kaiser et al., 2005). بدین ترتیب، مولیبدن در افزایش تعداد شاخه‌های بارور و افزایش تعداد ساقه و برگ نقش به‌سزایی دارد (WenHua Du et al., 2009).

غلظت مولیبدن در اندام هوایی

غلظت مولیبدن در اندام هوایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چراکه غلظت بیشتر ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک در علوفه مورد استفاده نشخوارکنندگان باعث بروز بیماری مولیبدنوسیس در دام می‌شود (Marschner, 1995). غلظت مولیبدن در اندام‌هوائی در تیمارهای استفاده و عدم استفاده از باکتری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین غلظت مولیبدن در اندام‌هوائی، در تیمار استفاده از باکتری ریزوبیوم با غلظت ۴/۸۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بود (جدول ۳) و در بین سطوح مختلف مولیبدن، غلظت مولیبدن در کاربرد ۱۰ کیلوگرم بر هکتار به میزان ۸/۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بیشترین غلظت را نشان داد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل بر تجمع مولیبدن در اندام‌هوائی، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد را نشان داد به‌طوری‌که در سطح بدون کاربرد مولیبدن، کاربرد و عدم کاربرد باکتری تأثیری نداشته است ولی در سطح مولیبدن ۵ کیلوگرم بر هکتار، باکتری تأثیرگذار بوده است و در سطح مولیبدن ۱۰ کیلوگرم بر هکتار، کاربرد و عدم کاربرد باکتری تأثیری بر تجمع مولیبدن در اندام هوایی نداشته است (شکل ۲). بیشترین جذب و انتقال مولیبدن در کاربرد توأم باکتری ریزوبیوم و ۱۰ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن غلظت

تیمار تلقیح شده بیشتر بوده ولی تفاوت معنی داری نسبت به عدم تلقیح نشان نداد، این افزایش کم به دلیل استفاده باکتری از مولیبدن ذاتی خاک می باشد (شکل ۲).

۸/۶۹ میلی گرم در کیلوگرم اتفاق افتاده است و در مقابل کمترین غلظت مربوط به تیمار شاهد با ۱/۷۹ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. در صورت عدم استفاده از مولیبدن، تجمع مولیبدن در

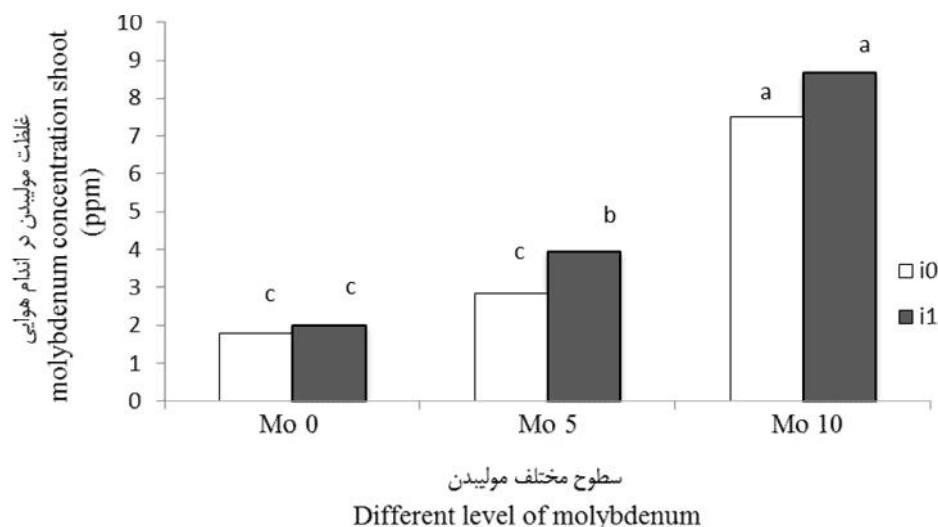


شکل ۱- اثرات متقابل مولیبدن و باکتری ریزوبیوم بر عملکرد خشک گیاه یونجه

Figure 1- Effects of molybdenum concentration and seeds inoculation on dry matter yield on alfalfa

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

*In each column, means followed similar letters according to Duncan test at 5% difference are not significant.

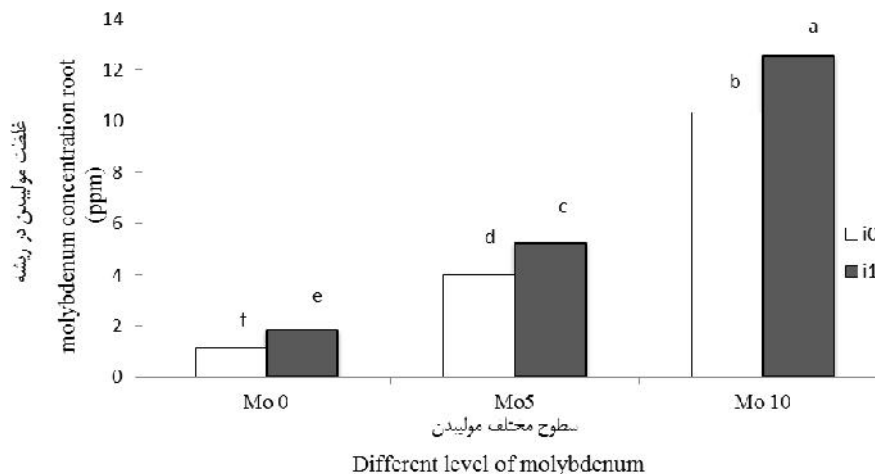


شکل ۲- اثرات متقابل مولیبدن و باکتری ریزوبیوم بر غلظت مولیبدن در اندام هوایی گیاه یونجه

Figure 2- Effects of molybdenum in concentration and seeds inoculation on concentration of molybdenum in shoot on alfalfa

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

*In each column, means followed similar letters according to Duncan test at 5% difference are not significant.

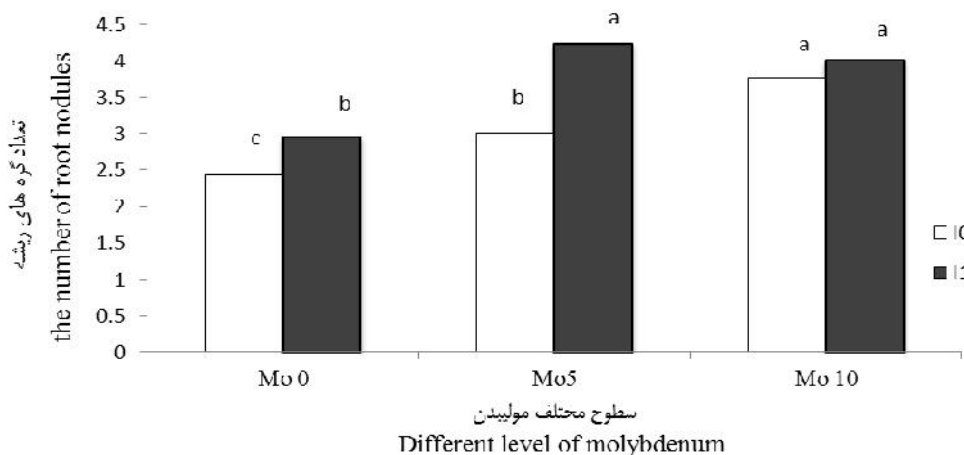


شکل ۳- اثرات متقابل مولیبدن و باکتری ریزوبیوم بر غلظت مولیبدن در ریشه گیاه یونجه

Figure 3- Effects of molybdenum in concentration and seeds inoculation on concentration of molybdenum in alfalfa root

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن ندارند

*In each column, means followed similar letters according to Duncan test at 5% difference are not significant.



شکل ۴- اثرات متقابل مولیبدن و باکتری ریزوبیوم بر تعداد گره‌های ریشه در گیاه یونجه

Figure 4- Effects of molybdenum in concentration and seeds inoculation on concentration of the number of root nodule in alfalfa

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن ندارند

*In each column, means followed similar letters according to Duncan test at 5% difference are not significant.

افزایش در کلیه تیمارها پایین‌تر از حدی است که باعث بیماری مولیبدنوسیس در دام شود.

غلظت مولیبدن در ریشه

تجزیه واریانس غلظت مولیبدن در ریشه در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲، اثر استفاده یا عدم استفاده از باکتری

از نتایج حاصل می‌توان دریافت که کاشت بذور تلقیح شده با باکتری ریزوبیوم، منجر به تجمع مولیبدن در ساقه و برگ‌های یونجه شده است. این موضوع حاکی از آن است که در تیمارهای تلقیح شده با ریزوبیوم انتقال مولیبدن از ریشه به اندام‌هوایی بیشتر اتفاق افتاده است. در تمامی تیمارها میزان افزایش مولیبدن در تیمارهای تلقیح شده نسبت به تلقیح نشده حدوداً به میزان ۱ ppm بوده است ولی این

مولیبدن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد به‌طوری‌که بیشترین تعداد گره به‌ترتیب مربوط به استفاده از ۱۰ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن و ۵ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن بود (جدول ۴). همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود (جدول ۲) اثرات متقابل باکتری ریزوبیوم و مولیبدن بر تعداد گره‌های ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود به نحوی که در سطح ۵ کیلوگرم بر هکتار و بدون کاربرد مولیبدن، باکتری باعث افزایش در تعداد گره‌های ریشه شده ولی در سطح ۱۰ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن، کاربرد و عدم کاربرد باکتری تأثیری بر تعداد گره‌های ریشه نداشت (شکل ۴). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد گره در ریشه در ترکیب تیمار باکتری ریزوبیوم و ۵ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن به‌دست آمد و تیمار استفاده از ۱۰ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن در تعداد گره‌های ریشه بعد از این تیمار قرار گرفت. کمترین تعداد در تیمار شاهد (عدم کاربرد باکتری و مولیبدن) به‌دست آمد. لگوم‌ها به دلیل وابسته بودن به N_2 اغلب نیاز به مولیبدن بیشتری نسبت به دیگر گیاهان دارند (Marschner, 1995) و معمولاً در کمبود مولیبدن دچار کم شدن وزن و مقدار گره در ریشه و توقف در رشد می‌شوند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد ماده خشک، غلظت مولیبدن در اندام‌هوایی و ریشه و تعداد گره‌های به‌وجود آمده در ریشه تحت تأثیر تیمارهای مولیبدن و باکتری ریزوبیوم قرار گرفتند. استفاده از مولیبدن و باکتری ریزوبیوم باعث افزایش ۱۴ درصدی در میزان عملکرد ماده خشک تولید شده در هکتار و همچنین تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن گردید (Kaiser et al., 2005).

ریزوبیوم بر غلظت مولیبدن در ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و در این میان، استفاده از باکتری ریزوبیوم با غلظت ۶/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک، بیشترین غلظت مولیبدن را به خود اختصاص داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که با کاسته شدن از سطح اکسیژن در محیط اطراف ریشه توسط ریزوبیوم و برطرف شدن نیاز آنزیم نیتروژناز به مولیبدن و در نتیجه فعال شدن آنزیم نیتروژناز، و از طرفی افزایش نیاز نیتروژناز به مولیبدن در جهت تثبیت نیتروژن، غلظت مولیبدن در ریشه و گره‌های تثبیت نیتروژن بالا رفته است، لذا افزایش غلظت مولیبدن در ریشه تیمارهای تلقیح شده قابل توجیه می‌باشد (Allen, 1999). در مقادیر مختلف مولیبدن جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۲). در بین سطوح مختلف مولیبدن، استفاده از ۱۰ مولیبدن غلظت ۱۱/۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم را در ریشه ایجاد کرد که بالاترین غلظت مربوط به همین تیمار است (جدول ۴). همچنین اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و مولیبدن در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد که نشان‌دهنده روند متفاوت تأثیر باکتری ریزوبیوم در سطوح مختلف مولیبدن می‌باشد به نحوی که با افزایش کاربرد مولیبدن، تجمع مولیبدن در ریشه تحت تأثیر باکتری بیشتر شده است. بیشترین غلظت مربوط به تیمار استفاده از باکتری ریزوبیوم و ۱۰ کیلوگرم بر هکتار مولیبدن با غلظت ۱۲/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (شکل ۳). از نتایج می‌توان دریافت تیمارهای تلقیح شده با باکتری باعث تجمع بیشتر مولیبدن در ریشه یونجه شده است. این موضوع حاکی از آن است که تیمارهای تلقیح شده با ریزوبیوم، استفاده از مولیبدن بیشتر اتفاق افتاده است.

تعداد گره در ریشه

تعداد گره‌ها در ریشه در تیمارهای استفاده و عدم استفاده از باکتری ریزوبیوم تفاوت معنی‌دار نشان نداد. مصرف مقادیر مختلف

جدول ۴- اثرات اصلی مقادیر مختلف مولیبدن بر عملکرد خشک، غلظت مولیبدن در اندام‌هوایی و ریشه و تعداد گره‌های ریشه

Table 4- Simple effects of molybdenum in on dry yield, concentration of molybdenum in root and shoot and root nodules

عملکرد خشک Dry Matter Yield (ton ha ⁻¹)	مولیبدن اندام‌هوایی shoot mo (ppm)	مولیبدن ریشه root mo (ppm)	تعداد گره‌های ریشه The number of root nodule	صفت Treat
14.87c	1.89c	1.49c	2.69c	شاهد (Mo0)
18.65a	3.39b	4.61b	3.61b	استفاده ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (Mo5)
16.73b	8.10a	11.44a	3.88a	استفاده ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (Mo10)

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن ندارند
*In each column, means followed similar letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

نیتروژن مورد نیاز گیاه برای شروع رشد، کود نیتروژن از منبع اوره و به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شود، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژن باعث اختلال در فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در گرهم‌ها شده و باعث وابستگی گیاه به نیترات شیمیایی می‌شود در نتیجه افزایش در عملکرد (Nadia Gad, 2012) رخ نخواهد داد.

افزایش در عملکرد تیمارهای با کاربرد مولیبدن بیشتر، حاصل تثبیت زیستی نیتروژن که منجر به تبدیل نیتروژن مولکولی (N_2) موجود در اتمسفر به آمونیوم (NH_3) در گرهم‌های موجود در ریشه گیاهان می‌شود می‌باشد، بنابراین با توجه به جذب کمتر مولیبدن در اندام‌هوایی و بیشترین عملکرد به‌دست آمده از تیمار با بذور تلقیح شده در سطح اول مولیبدن، مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار مولیبدن برای رشد یونجه مناسب است.

نکته حائز اهمیت این است که برای به‌دست آوردن بیشترین عملکرد، فقط در یک مرحله (قبل از دو هفته اول رشد) برای تأمین

References

1. Agarwala, S. C., Sharma, C. P., Farooq, S., and Chatterjee, C. 1978. Effect of molybdenum deficiency on the growth and metabolism of cornplants raised in sand culture. Canadian Journal of Botany 56: 1905-1909.
2. Allen, R. M., Roll, J. T., Rangaraj, P., Shah, V. K., Roberts, G. P., and Ludden, P. W. 1999. Incorporation of molybdenum into the iron-molybdenum cofactor of nitrogenase. The Journal of Biological Chemistry 274: 15869-15874.
3. Bortels, H. 1930. Molybdänals Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. Archives of Microbiology 1: 333-342.
4. Brodrick, S. J., and Giller, K. E. 1991. Root nodules of Phaseolus: efficient scavengers of molybdenum for N_2 -fixation. Journal of Experimental Botany 42: 679-686.
5. Chatterjee, C., Nautiyal, N., and Agarwala, S. C. 1985. Metabolic changes in mustard plants associated with molybdenum deficiency. New Phytologist Journal 100: 511-518.
6. Chatterjee, C., and Nautiyal, N. 2001. Molybdenum stress affects viability and vigour of wheat seeds. Journal of Plant Nutrition 24: 1377-1386.
7. Emami, A. 1996. Methods of plant analysis, Volume I, Technical Publication No. 982, Soil and Water Research Institute, Tehran.
8. Gupta, U. C., and Lipsett, J. 1981. Molybdenum in soils, plants, and animals. Advances in Agronomy 34: 73-115.
9. Hagstrom, G. R., and Berger, K. C. 1965. Molybdenum status of three Wisconsin soils and its effect on four legume crops. Agronomy Journal 55: 399-401.
10. Kaiser, B. N., Gridley, K., Brady, J. N., Philips, T., and Tyerman, S. D. 2005. The role of molybdenum in agricultural plant production. Annals of Botany 96: 745-754.
11. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. New York: Academic Press, pp. 369-379.
12. Marieta, H., Maria, G., and Ira, S. 2009. Effect of foliar feeding on nitrogen assimilation in alfalfa plants at insufficient molybdenum supply. Journal of Acta Biologica Hungarica 2: 211-219.
13. Pasricha, N. S., Nayyar, V. K., Randhawa, N. S., and Sinha, M. K. 1977. Influence of sulphur fertilization on suppression of molybdenum uptake by berseem (*Trifolium alexandrinum*) and oats (*Avena sativa*) grown on a molybdenum-toxic soil. Plant Soil 46: 245-250.
14. Nadia, G. 2012. Influence of Molybdenum on Groundnut Production under Different Nitrogen Levels. World Journal of Chemistry 7 (2): 64-70.
15. Taiz, L., and Zeiger, E. 2002. Plant Physiology. 3 edition. p 270-273.
16. Vieira, R. F., Vieira, C., Cardoso, E. J. B. N., and Mosquim, P. R. 1998. Foliar application of molybdenum in common bean. II. Nitrogenase and nitrate reductase activities in a soil of low fertility. Journal of Plant Nutrition 21: 2141-2151.
17. Wen, H. D., Xin, H. T., Zhi, Z. C., and Alan, H. 2009. Effects of Micronutrients on Seed Yield and Yield Components of Alfalfa. Journal of Plant Nutrition 5: 809-820.



Evaluation of *SinoRhizobium meliloti* Efficiency and Qualitative Traits of Alfalfa under Application of Molybdenum

F. Ahmadi Dana¹ - M. N. Gheibi^{2*} - M. R. Ardakani³ - F. Paknejad⁴

Received: 19-04-2015

Accepted: 08-08-2016

Introduction

Agriculture depends heavily on nitrogen which is biologically fixed through the symbiotic association between rhizobia and legume plants in nodules located on plant roots. Alfalfa is a legume that should fix most of its own N requirement if it is sufficiently nodulated by viable *Rhizobium meliloti* inoculums. The process of nitrogen fixation is done by the help of an enzyme called nitrogenase and molybdenum which is an important element in the formation of this compound. Molybdenum is required by plants for protein synthesis and is especially important for legumes as it is needed for nitrogen fixation by rhizobia. Therefore the following research was done aimed on studying the effect of different amount of molybdenum and *S. rhizobium* bacteria on alfalfa's yield.

Material and Methods

Alfalfa (*Medicago sativa*) were grown in a field. The experiment was conducted at Karaj in 2013 in split plot arrangement based on completely randomized block design (RCBD), including 2 caring *S. rhizobium* inoculated seed and non-inoculated (as the main plot factor) and 3 levels of Molybdenum (0, 5, 10 kg ha⁻¹) from ammonium molybdate (as the sub plot factor) in three replications. *Sinorhizobium meliloti* bacteria were cultured on plates. Then half of the seeds were inoculated by *Sinorhizobium meliloti*. Nitrogen fertilizer was added only in one stage before planting up to 50 kg per hectare. Plants were grown until flowering. The data were analyzed by the SAS (9.1) software and mean comparisons were done by Duncan's MRT at the 1% and 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed the effect of different levels of molybdenum and *S. Rhizobium* bacteria on dry matter yield, molybdenum concentrations in shoots and roots and the number of root nodules was significant. This treatment was significant in comparison to the control treatment with the 14.27 ton per hectare.

Increasing of molybdenum application, led to increasing of root nodules and showed a meaningful difference from non-inoculated. Concentration of molybdenum in shoot and root increased, this increase in *S. Rhizobium* inoculated case was more than non-inoculated cases.

1- MSc student in Agroecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran

2- Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

3- Professor of Ecological Agriculture (organic farming expertise), Islamic Azad University, Karaj

4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran

(*- Corresponding Author Email: mngheibi@yahoo.com)

Conclusions

The use of molybdenum and *Rhizobium* bacteria increase the production yield and also nitrogen-fixing nodules. The increase in the use of treatments with molybdenum, resulting biological nitrogen fixation leading to conversion of molecular nitrogen (N_2) in the atmosphere into ammonium (NH_3) in nodules on the roots of plants. Studies have showed that molybdenum important role in nitrogen fixation in legume family of plants, and adding this element increased growth by increasing the efficiency of nitrogen fixation and nitrogenase enzyme in the node structure, which ultimately will lead to increased yield and higher quality in alfalfa. Thus, molybdenum increased the number of branches of the fertile and increase the number of stem and leaf.

Molybdenum is essential to plant growth as a component of the enzymes nitrogenase. Legumes need more molybdenum than other crops, such as grass or corn, because the symbiotic bacteria living in the root nodules of legumes require molybdenum for the fixation of atmospheric nitrogen. If sufficient molybdenum is not available, nodulation will be retarded and the amount of nitrogen fixed by the plant will be limited. If other factors are not limiting, the amount of molybdenum will determine the amount of nitrogen fixed by the plant. Increasingly vigorous plant growth, higher protein contents and greater buildup of nitrogen in the plant and soil accompany nodulation and symbiotic microbial activity. Therefore, due to less absorption of molybdenum in the shoot and the highest yield obtained from treated seeds inoculated with the first level of molybdenum, the amount $kg\ ha^{-1}$. Molybdenum is suitable for growing of alfalfa. It is important to obtain maximum yield in just one stage (before the first two weeks of growth) for the supply of nitrogen for growth, nitrogen from urea at the rate of $50\ kg\ ha^{-1}$ added to soil, excessive consumption of nitrogen fertilizers can impair the activity of the nitrogen-fixing bacteria in nodules, and plant dependence to nitrate chemical, then the yield will not increase.

Keywords: Legume, Nitrogenase, Nitrogen fixation, Yield



تأثیر تراکم بوته بر روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در گندم

بهزاد ظفری قلعه رودخانی^{۱*} - افشین سلطانی^۲ - ابراهیم زینلی^۳ - بهنام کامکار^۴ - محمد فیروزفرد^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۱

چکیده

تراکم بوته از عوامل مدیریتی مهم بر روی عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. به منظور کمی‌سازی سطح برگ و صفات رویشی در گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲ با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تراکم بوته (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰، ۶۵۰، ۸۰۰ بذر در مترمربع) و دو رقم (کوهدشت و مروارید) بودند. فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بین سطح برگ با سایر صفات رویشی روابط آلومتریک مناسبی تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم وجود داشت به طوری که ضرایب تبیین بین سطح برگ بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز و ارتفاع بوته به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۷۸ و ۰/۸۵ بود. همچنین در بررسی اثر تراکم بر روی روابط آلومتریک بین صفات نتایج نشان دادند که برای صفات سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی و ارتفاع بوته تراکم تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت و برای صفت سطح برگ بوته در مقابل وزن خشک برگ سبز اثر تراکم غیرمعنی‌دار بود. از روابط به دست آمده در این آزمایش می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گندم استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اندام رویشی، رقم، فاصله کاشت بوته، قرینگی، وزن برگ

مقدمه

Donatelli, 2003). روابط آلومتریک در گیاهان تغییرات رشد و نمو و مشخصات نسبی یک بخش از گیاه را در مقایسه با کل یا بخش‌های دیگر گیاه آشکار می‌سازد (Niklas, 1994). تعیین تراکم بوته مناسب برای کشت، در گیاهان زراعی خصوصاً گندم از اهمیت بالایی برخوردار است که بر روی صفاتی از قبیل عملکرد و اجزای عملکرد بسیار تأثیرگذار می‌باشد. این تأثیرگذاری در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه متفاوت است. برگ‌ها اندام‌های اصلی دریافت تشعشع و فتوسنتز در گیاهان زراعی هستند. شاخص سطح برگ به صورت نسبت مساحت برگ‌ها در یک مترمربع زمین اشغال شده توسط بوته‌ها محاسبه می‌شود (Labafihosienabadi et al., 2012). نمو سطح برگ شامل ظهور برگ‌های جدید، گسترش برگ‌هایی که به تازگی ظهور کرده‌اند و پیری برگ‌های مسن می‌باشد. دما از طریق تأثیر بر سرعت ظهور برگ، سرعت و دوام گسترش برگ می‌تواند بر سطح برگ بوته تأثیر بگذارد (Soltani, 2009).

در گیاه چغندرقد (*Beta vulgaris*) رابطه بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ ($R^2=0/23$) و همچنین درصد جوانه‌زنی بذر با شاخص سطح برگ ($R^2=0/35$) می‌باشد به عبارتی دیگر ضریب تبیین

گندم (*Triticum*)، یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین گیاهان غذایی و اقتصادی در جهان محسوب می‌شود. مدل‌های گیاهان زراعی از بخش‌های مهم مدل‌های اکولوژیک می‌باشند (Jorgensen et al., 1988). این مدل‌ها امکان پیش‌بینی سیستم‌های گیاهی و افزایش درک درباره چگونگی عملکرد آنها را فراهم می‌آورند (Van Ittersum

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*)- نویسنده مسئول: (Email: behzadzafari@yahoo.com)

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.46036

(1997).

در پژوهشی به منظور پیدا کردن رابطه آلومتریک بین سطح برگ در ساقه اصلی و تعداد پنجه در ۹ رقم برنج (*Oryza sativa*) در شرایطی با اثرات آب و خاک نتایج مشاهده شد که برای سطح برگ در ۹ رقم، شیب آلومتری در شرایط هوازی نسبت به غرقابی تغییرات بیشتری دارد. در نتیجه ارقام با برگ‌های بزرگتر در قیاس با برگ‌های کوچکتر که با محدودیت رطوبت مواجه بودند، شیب آلومتری بالاتری خواهند داشت. همچنین برای ۹ رقم در شرایط هوازی بین اندازه برگ و قدرت اولیه ارتباط معنی‌داری مشاهده شده است:

$$\ln S = a \ln N \quad (۳)$$

در این معادله S تغییرات آلومتریک در اندازه سطح برگ، N تعداد و a ضریب می‌باشند (Niklas, 1994). همچنین در پژوهشی به منظور تعیین سطح برگ هشت رقم بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) با تیپ‌های رشدی متفاوت از وزن خشک کل اجزای رویشی و وزن خشک برگ سبز استفاده شد. در نهایت نتایج نشان داد که مدل غیرخطی می‌تواند با دقت بیشتر و در محدوده گسترده‌تری ارقام و وضعیت‌های رشد، سطح برگ کانوبی بادام‌زمینی را برآورد کند.

$$LA = 0.234 LDW^{0.97} \quad (۴)$$

$$LA = 0.205 LDW^{0.85} \quad (۵)$$

در این روابط LA سطح برگ و LDW وزن خشک برگ سبز می‌باشد (Niklas, 1994).

پس از ۵ سال بررسی بر روی گیاه چغندر قند (رقم رایزو) در شرایط مزرعه‌ای محققان گزارش کردند که یک تابع درجه دوم به صورت زیر با ضریب تبیین $R^2 = 0.63$ می‌تواند رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز را توصیف کند:

$$LA = 43/44 LDW^2 - 10/69 LDW + 118/34 \quad (۶)$$

که در این روابط LA سطح برگ و LDW وزن خشک برگ سبز می‌باشد (Tsialtas and Maslaris, 2008). در بررسی ۳ ساله بر روی گیاه جو (*Hordeum vulgare*) که بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز و وزن خشک کل اجزای رویشی به ترتیب با مقادیر ضریب تبیین $R^2 = 0.96$ و $R^2 = 0.96$ ، نشان داده شد که رابطه آلومتریک بالایی وجود دارد. نتایج نشان داده است که این روابط تحت تأثیر شرایط محیطی قرار نمی‌گیرند. بنابراین نتایج می‌تواند سطح برگ را با معادلات زیر به دست آورد:

$$LA = 6/85 + 244/86 LDW \quad (۷)$$

$$LA = 4/39 + 138/82 TBM \quad (۸)$$

در این روابط LA سطح برگ و LDW وزن خشک برگ سبز و TBM وزن خشک کل اجزای رویشی می‌باشد (Sharrett and Baker, 1985).

در مطالعه‌ای رابطه‌ی سطح برگ با وزن خشک برگ سبز و وزن خشک کل اجزای رویشی در طول سه فصل رشد، تحت شرایط

برای این روابط پایین است (Rahemikarizaki et al., 2006). در بررسی که بر روی روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در گیاه نخود (*Cicer arietinum*) (۳ تاریخ کاشت و ۴ سطح تراکم) انجام شد، برای توصیف رابطه سطح برگ با صفات ذکر شده از معادله $Y = ax^b$ و تبدیل شده خطی $\ln(y) = a + b \ln(x)$ توسط راحمی کاریزکی و همکاران استفاده شد و به این نتیجه رسیدند که بین سطح برگ با وزن خشک برگ $R^2 = 0.94$ ، وزن خشک کل اجزای رویشی $R^2 = 0.93$ ، ارتفاع بوته $R^2 = 0.84$ رابطه معنی‌داری وجود دارد همچنین توصیف سطح برگ از وزن خشک برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی نسبت به ارتفاع از دقت بالایی برخوردار است (Rahemikarizaki et al., 2006). در بررسی رابطه سطح برگ با تعداد گره در ساقه اصلی نخود نتایج نشان داده است که بین این دو صفت با ضریب تبیین $R^2 = 0.94$ رابطه معنی‌داری وجود دارد (Rahemikarizaki et al., 2006). سطح برگ با استفاده از روابط آلومتریک در گیاه گندم نان و دوروم قابل پیش‌بینی بوده و بین سطح برگ در بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی $R^2 = 0.92$ ، وزن خشک برگ سبز $R^2 = 0.96$ ، وزن خشک اجزای رویشی $R^2 = 0.95$ ، ارتفاع بوته $R^2 = 0.91$ روابط معنی‌داری وجود دارد (Bakhshandeh et al., 2011). نتیجه اینکه این روابط در ارقام گندم ثابت و پایدار بوده و تحت تأثیر رقم و شرایط کشت قرار نگرفت یعنی استفاده از یک معادله برای کلیه ارقام در هر دو شرایط کشت برای هر یک از صفات کافی بود. ضمناً از روابط زیر برای توصیف استفاده شد:

$$y = b_1 x \quad (۱)$$

$$y = b_1 x_0 + b_2 (x_2 + x_1) \quad (۲)$$

که در این معادلات y سطح برگ در بوته، x تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، اجزای رویشی و یا ارتفاع بوته، x_0 نقطه عطف بین دو مرحله و b_1 و b_2 شیب‌های خط (یعنی میزان افزایش در y به ازای هر واحد افزایش در x) هستند.

برای بررسی و برآورد سطح برگ در ارقام پنبه با استفاده از ویژگی‌های رویشی گیاه (سه رقم و چهار سطح تاریخ کاشت) تحت شرایط آبی معادله توانی به صورت تبدیل شده خطی $\ln(y) = a + b \ln(x)$ می‌توان استفاده کرد، به طوری که بین سطح برگ با وزن خشک برگ $R^2 = 0.98$ ، وزن خشک کل اجزای رویشی $R^2 = 0.84$ و ارتفاع بوته $R^2 = 0.76$ رابطه معنی‌داری وجود داشت (Akramghaderi et al., 2005). در مطالعه‌ای جهت پیش‌بینی شاخص سطح برگ کدوی پوست کاغذی با روابط آلومتریک (سه تاریخ کاشت با چهار تکرار) از معادله خطی $\ln(y) = a + b \ln(x)$ استفاده شد، نتیجه اینکه بین شاخص سطح برگ و تعداد برگ در بوته $R^2 = 0.90$ ، تعداد گره در ساقه اصلی $R^2 = 0.90$ ، طول بوته $R^2 = 0.90$ ، وزن تر برگ $R^2 = 0.98$ و وزن خشک برگ $R^2 = 0.98$ رابطه قوی و معنی‌داری وجود داشت (Kanemasu et al., 2006).

کرت ۱۰ ردیف به طول ۵ متر و عرض ۲ متر و با فاصله ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌ها از یکدیگر در یک بلوک ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد.

بذرها در تاریخ ۱۹ آذرماه ۱۳۹۱ پس از ضدعفونی کردن، به صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شدند. زمینی که طرح موردنظر در آن انجام شد در سال قبل زیر کشت گندم و در فصل تابستان آیش بود. پس از انجام عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار در اوایل آذرماه ۱۳۹۱، زمین در دو نوبت به صورت عمود بر هم دیسک زده شد.

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

مشخصات	مقدار
Specifications	Amount
درصد اشباع	51.5
Saturation	
هدایت الکتریکی	0.6
Electrically conductive (dS m ⁻¹)	
اسیدیته گل اشباع	7.9
Mud acidity saturation	
درصد مواد خنثی شونده	25
The percentage of neutralizing	
کربن آلی	1.30
Organic carbon (%)	
نیترژن کل	0.1
Total Nitrogen (%)	
فسفر قابل جذب	9.5
Available phosphorous (ppm)	
پتاسیم قابل جذب	200
Available potassium (ppm)	
رس	36
Clay (%)	
سیلت	54
Silt (%)	
شن	10
Sand (%)	

براساس داده‌های حاصل از آزمایش خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح، قبل از کاشت، کوددهی زمین کشت انجام شد که برای کود اوره مرحله اول ۲۰ روز بعد از کاشت (اوایل پنجه‌زنی) در تاریخ ۱۱ دی ماه و مرحله دوم در تاریخ ۲۰ اسفند ماه (اوایل ساقه رفتن) بود. کود دی‌آمونیم فسفات، کوددهی در یک مرحله در تاریخ ۱۱ دی ماه انجام شد. میزان مصرفی کودها براساس سنجش و ارزیابی مقادیر آزمایش خاک صورت گرفت. چون آزمایش در شرایط عدم محدودیت عناصر غذایی، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام می‌شد، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز در مواقع

مطلوب آبیاری در گیاه یونجه مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که این روابط تحت تأثیر فصل رشد قرار نگرفته است همچنین از معادله‌های زیر برای برآورد سطح برگ یونجه استفاده می‌شود:

$$LA = 28/7 LDW^{0.993} \quad (11)$$

$$LA = 10/7 TBM^{0.992} \quad (12)$$

در این روابط LDW وزن خشک برگ سبز، TBM وزن خشک کل اجزای رویشی، LA سطح برگ می‌باشد. برای توصیف رابطه بین سطح برگ با وزن خشک کل اجزای رویشی در گیاه سویا (*Glycine max*) از رابطه توانی ۱۳ می‌توان استفاده کرد (Lieth et al., 1986):

$$LA = 328/8 TBM^{0.73} \quad (13)$$

در این روابط TBM وزن خشک کل اجزای رویشی، LA سطح برگ می‌باشد. در بررسی بر روی گیاه یونجه (*Medicago sativa*) و ارزن (*Panicum miliaceum*) مدل غیرخطی روابط بین سطح برگ و وزن خشک برگ را بهتر توصیف می‌کند (Niklas, 1994; Rahemi-karizaki, 2005).

تراکم در هر سه مرحله ساقه‌رفتن، تورم غلاف برگ پرچم و گلدهی سبب افزایش شاخص سطح برگ در واحد سطح می‌شود (Ghorbani et al., 2011). تراکم زیاد در کاشت گندم، سطح برگ بیشتری در هر نمونه به دست می‌آید. به طور کلی در تراکم‌های کمتر بوته، سطح برگ کمتری در مقایسه با تراکم‌های زیادتر به دست می‌آید و در تراکم‌های بیشتر، گیاهان زودتر به حداکثر شاخص سطح برگ می‌رسند.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۲۰ متر انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۶۰۷ میلی‌متر و میانگین دمای حداکثر ۲۲/۷ و دمای حداقل ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد با دامنه نوسان ۱۰ درجه سانتی‌گراد (Akram-Ghaderi et al., 2005) بود. منطقه مورد نظر از نظر آب و هوایی جزء معتدل نیمه مرطوب می‌باشد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ نشان داده شده است و بافت خاک لومی رسی سیلتی^۱ می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو رقم گندم (کوه‌دشت و مروارید) و هفت تراکم (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰، ۶۵۰ و ۸۰۰ بذر در مترمربع) بودند. فاصله بین ردیف‌های کشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر تکرار شامل ۱۴ کرت بود و در هر

لازم صورت گرفت.

NLIN صورت گرفت.

برای محاسبه واحد دمایی تجمعی از برنامه GDD_Calc استفاده شد. در این برنامه واحد دمایی تجمعی (زمان حرارتی) با لحاظ منحنی واکنش سرعت نمو به دما و دماهای کاردینال نمو محاسبه شد. دماهای کاردینال به ترتیب صفر درجه سانتی گراد برای دمای پایه، ۲۵ درجه سانتی گراد برای دمای مطلوب تحتانی، ۲۸ درجه سانتی گراد برای دمای مطلوب فوقانی و ۴۰ درجه سانتی گراد برای دمای سقف در نظر گرفته شد (Soltani, 2009).

برای توصیف روابط آلومتریک معمولاً به صورت گسترده از معادله توانی (۱۴) استفاده می شود که در آن a عبارت از مقدار y وقتی $x=1$ و b ضریب آلومتریک می باشد (Rahemikarizaki, 2006). همچنین اگر در معادله (۱۴) مقدار a برابر یک فرض شود، به صورت معادله (۱۵) ساده خواهد شد.

$$y = ax^b \quad (14)$$

$$y = x^b \quad (15)$$

در این مطالعه برای توصیف روابط آلومتریک بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با تعداد برگ در ساقه اصلی، سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) با ارتفاع بوته (سانتی متر) از معادله (۱۵) و برای توصیف شاخص سطح برگ با وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته) از معادله (۱۴) استفاده گردید.

به منظور مقایسه چگونگی تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد از معادله لجستیک (۱۶) (Arabamer, 2008; Pengelly, 1999) به صورت زیر استفاده گردید:

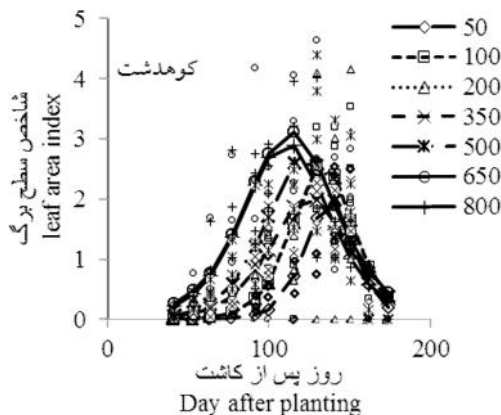
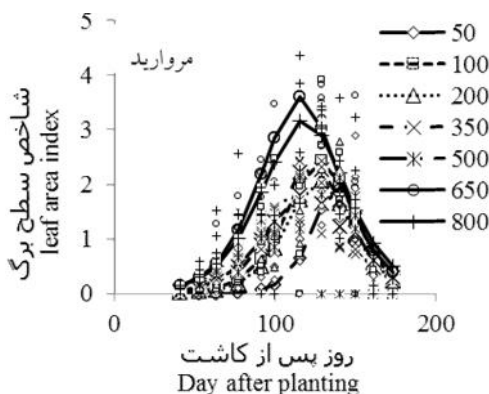
$$y = (ae^{-a(x-b)^c}) / (1 + e^{-a(x-b)^c})^2 \quad (16)$$

که در آن a یک ضریب ثابت می باشد و نقطه عطف منحنی را نشان می دهد. b زمان پس از کاشت که در آن حداکثر شاخص سطح برگ حادث می شود و c نیز یک ضریب ثابت می باشد.

برای جلوگیری از بیماری زنگ زرد گندم، سفیدک پودری غلات و سپتوریوز از سم قارچ کش پروپیکونازول (تیلت، ۸۰ گرم بر لیتر) در ۲ مرحله، نوبت اول در ۸ فروردین ۱۳۹۲ و نوبت دوم در ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۲ به مقدار ۱/۲ لیتر در هکتار و همچنین به منظور مبارزه با ملخ، سن گندم و سوسک برگ خوار گندم (لما) از سم حشره کش دیازینون به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در تاریخ ۸ فروردین ماه ۱۳۹۲ استفاده شد. درخصوص مبارزه با علف های هرز نیز از علف کش تری بنورون متیل (گرانستار، ۷۵۰ گرم بر لیتر) به مقدار ۲۰ گرم در هکتار و کلودینانوپ برودیازیل (تاپیک، ۲۵۰ گرم بر لیتر) به مقدار یک لیتر در هکتار در تاریخ ۵ اسفند ماه ۱۳۹۱ استفاده شد.

اندازه گیری ها در تمام کرت ها از مرحله پنجه زنی تا پایان مرحله رشد در فاصله زمانی هر ۷ تا ۱۰ روز (بستگی به شرایط آب و هوایی) انجام شد. اندازه گیری در تراکم های بالا روی نمونه گیاهی شامل ۵ تا ۱۰ بوته که از یک نمونه بزرگ تر ۱۵ تا ۳۰ تایی و در تراکم های پایین تر چون تعداد بوته ها کمتر بود اندازه گیری روی ۵ بوته که از یک نمونه بزرگ تر ۱۰ تا ۱۵ تایی انتخاب شده بودند، صورت گرفت. تنها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کلیه اندازه گیری ها بر روی ۱۵ بوته انتخابی از ۲۵ تا ۳۰ بوته نمونه بزرگ تر انجام شد. جهت سنجش سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج دلتا تی و برای شمارش تعداد برگ در ساقه اصلی از روش هان (Han, 1973) استفاده شد.

برازش معادلات آلومتریک مرتبط با شاخص سطح برگ تا مرحله پایان تورم غلاف برگ پرچم، در چهار حالت یعنی (۱) هر تراکم برای هر یک از دو رقم (۲) هر تراکم برای هر دو رقم یعنی ترکیب ارقام (۳) هر رقم شامل همه تراکم ها (۴) یک معادله کلی برای همه تراکم ها و هر دو رقم، انجام و با استفاده از نرم افزار SAS و تخمین ضرایب هر مدل با روش مطلوب سازی تکراری با کمک رویه PROC



شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ در ارتباط با زمان (روز پس از کاشت) دو رقم گندم مروارید و کوهدشت در تراکم های مختلف
Figure 1- LAI change with time (days after planting), two wheat cultivars in different density Morvarid and Kouhdasht

نتایج و بحث

برازش معادلات مرتبط با شاخص سطح برگ

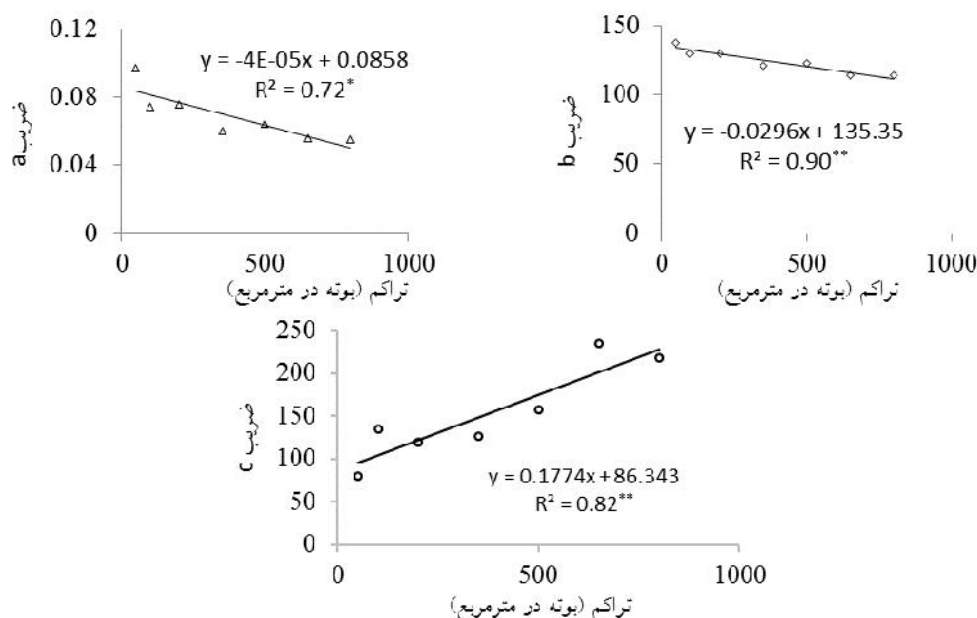
ضریب تبیین بالاتر از 0.73 و محدوده جذر میانگین مربعات خطا بین 0.37 تا 0.77 برای سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت نشان داد که معادله لجستیک (16) توانست افزایش سطح برگ در طول زمان را به خوبی توصیف کند بنابراین از این معادله می توان برای پیش بینی سطح برگ در زمان های مختلف پس از کاشت استفاده کرد. مقادیر مربوط به ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و ضریب تغییرات در جدول ۲ ارائه شده است. چگونگی روند افزایش شاخص سطح برگ در طول فصل رشد در شکل ۱ نشان داده شده است.

بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم های گندم از نظر مقدار ضریب a در سطح پنج درصد و ضریب b و c در سطح احتمال یک درصد اثر معنی داری وجود دارد (شکل ۲) و با افزایش تراکم ضریب c افزایش و ضرایب a و b کاهش یافتند. به طوری که برای سطح برگ، مقدار ضریب c ، 0.1774 واحد به ازای هر بوته افزایش یافت و مقدار ضریب a ، 0.0004 واحد و ضریب b ، 0.0296 واحد به ازای هر بوته کاهش یافت. به عبارت دیگر برای b که نشان دهنده روز یا زمانی است که حداکثر شاخص سطح برگ اتفاق می افتد، در تراکم پایین

به علت وجود پنجه و عدم رقابت برای نور و فضا، ظاهر شدن گره و میانگره ها و سپس طول شدن برگ ها دیرتر اتفاق می افتد، پس مدت زمان بیشتر و واحد دمایی بالاتری جهت رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ نیاز خواهد بود. بنابراین با افزایش تراکم، چون تعداد پنجه ها کمتر و رقابت برای نور بیشتر می شود، نقطه عطف منحنی زودتر اتفاق خواهد افتاد. ضرایب مربوط به معادلات در شکل ۲ ارائه شده است. در تغییرات بین شاخص سطح برگ با تعداد روز پس از کاشت در تمامی صفات بین ارقام اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (Bakhshandeh, 2011).

رابطه بین شاخص سطح برگ و تعداد برگ در ساقه اصلی

برای تعیین رابطه بین سطح برگ و تعداد برگ در ساقه اصلی از معادله $Y = x^b$ استفاده شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از 0.87 و جذر میانگین مربعات خطا بین $9/65$ تا $24/39$ به ترتیب متعلق به تراکم های 800 و 500 بودند که نشان دهنده رابطه مناسبی بین سطح برگ در بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی می باشد (جدول ۳). نمودار مربوط به چگونگی برازش این معادله و افزایش سطح برگ بوته در ارتباط با تعداد برگ در ساقه اصلی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- برازش رگرسیونی خطی تأثیر تراکم بر ضرایب a و b برای سطح برگ در ارتباط با واحد دمایی

Figure 2- The effect of density on the regression coefficients a and b of leaf surface with thermal unit

جدول ۲- تخمین ضرایب معادله (۱۶) توصیف کننده تغییرات شاخص سطح برگ در ارتباط با روز پس از کاشت

Table 2- The estimated coefficients of the equation describing the change in LAI with 16 days after planting

تیمار	n	a±SE	b ±SE	C±SE	RMSE	CV (%)	R ²
کوهدشت							
50	48	0.099 ± 0.011	136.8 ± 1.65	79.21 ± 7.63	0.41	65.21	0.83
100	47	0.080 ± 0.008	132.6 ± 1.91	130.3 ± 11.29	0.55	55.30	0.84
200	45	0.079 ± 0.011	132.8 ± 2.51	128.3 ± 14.49	0.71	70.93	0.73
350	48	0.061 ± 0.005	124.2 ± 1.94	132.1 ± 9.13	0.41	39.55	0.80
500	48	0.062 ± 0.007	121.5 ± 2.42	173.9 ± 15.20	0.70	48.04	0.81
650	46	0.053 ± 0.005	112.5 ± 2.58	234.5 ± 18.67	0.77	38.81	0.84
800	48	0.056 ± 0.004	110.0 ± 1.93	209.2 ± 13.25	0.57	34.81	0.89
مروارید							
50	46	0.096 ± 0.010	138.6 ± 1.51	81.59 ± 7.07	0.37	57.26	0.86
100	47	0.070 ± 0.006	127.5 ± 1.97	138.5 ± 10.78	0.51	48.36	0.85
200	46	0.074 ± 0.006	126.8 ± 1.65	112.3 ± 4.74	0.37	46.81	0.88
350	48	0.060 ± 0.005	118.3 ± 2.11	121.6 ± 8.99	0.41	41.02	0.85
500	45	0.067 ± 0.005	122.7 ± 1.79	141.1 ± 9.64	0.44	44.43	0.87
650	45	0.060 ± 0.005	115.1 ± 1.80	236.9 ± 15.03	0.66	37.80	0.89
800	46	0.057 ± 0.005	118.0 ± 2.32	223.6 ± 17.09	0.72	41.21	0.86
کوهدشت	329	0.059 ± 0.003	122.4 ± 1.15	158.3 ± 6.29	0.73	51.59	0.74
مروارید	323	0.062 ± 0.002	122.5 ± 1.01	151.8 ± 5.54	0.66	51.82	0.77
50	93	0.097 ± 0.007	137.6 ± 1.11	80.55 ± 5.16	0.38	60.77	0.84
100	94	0.074 ± 0.005	130.0 ± 1.40	135.1 ± 7.86	0.53	51.65	0.84
200	91	0.076 ± 0.006	130.0 ± 1.63	120.1 ± 8.37	0.57	62.37	0.78
350	96	0.060 ± 0.004	121.3 ± 1.46	127.0 ± 6.51	0.41	40.57	0.86
500	93	0.064 ± 0.004	122.2 ± 1.55	158.1 ± 9.09	0.59	47.93	0.83
650	91	0.056 ± 0.003	113.9 ± 1.54	235.2 ± 11.89	0.71	38.44	0.86
800	94	0.055 ± 0.003	113.9 ± 1.57	218.4 ± 11.11	0.67	38.15	0.86
کل	652	0.061 ± 0.002	122.4 ± 0.76	155.1 ± 4.18	0.70	51.73	0.76

جدول ۳- تخمین ضرایب معادله $Y = x^b$ توصیف کننده تغییرات شاخص سطح برگ در ارتباط با تعداد برگ در ساقه اصلیTable 3- The estimated coefficients of the equation $Y = x^b$ describing the changes in relation to the number of leaves, leaf area index

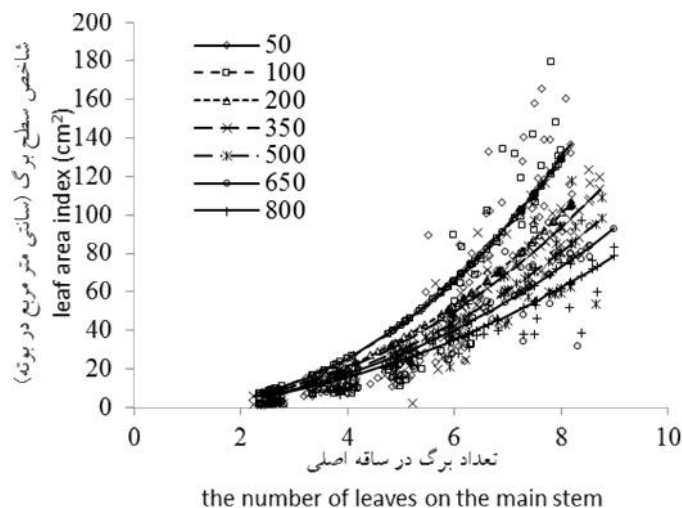
تراکم	n	b±se	RMSE	CV (%)	R ²
50	53	2.33 ± 0.02	24.39	26.87	0.87
100	54	2.33 ± 0.02	22.08	23.27	0.91
200	56	2.21 ± 0.01	16.41	22.42	0.93
350	56	2.18 ± 0.01	16.32	24.24	0.93
500	56	2.11 ± 0.01	14.36	25.23	0.93
650	52	2.06 ± 0.01	12.94	26.24	0.92
800	54	1.98 ± 0.01	9.65	22.42	0.94
کل	381	2.17 ± 0.00	21.57	32.74	0.87

برگ در کل بوته کمتر خواهد بود، بنابراین با افزایش تراکم، مقدار شاخص سطح برگ بوته افزایش یافته، به ازای افزایش هر برگ در ساقه اصلی، کاهش می یابد. ضریب مربوط به معادله در شکل ۴ ارائه شده است. سلطانی و همکاران در نخود نشان دادند که ضریب b به تراکم وابسته بوده و با افزایش تراکم این ضریب کاهش می یابد

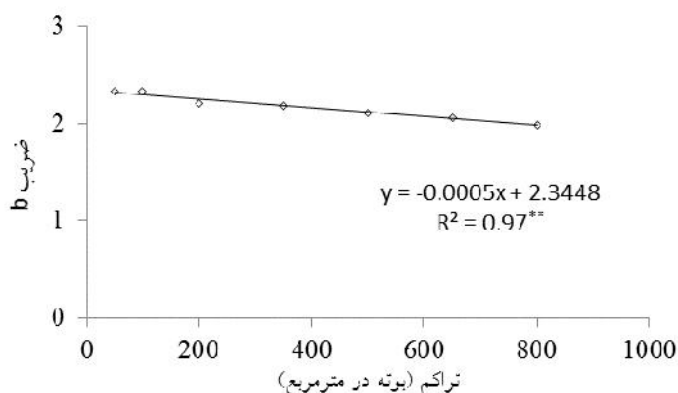
بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم های گندم از نظر مقدار ضریب b تفاوت معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد (شکل ۴). به عبارت دیگر با افزایش تراکم ضریب b کاهش پیدا کرد به طوری که به ازای افزایش یک بوته، مقدار این ضریب ۰/۰۰۰۵ واحد کاهش یافت (شکل ۴). در تراکم بالا به علت کمتر بودن تعداد پنجه، تعداد

bicolor) و سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2006) در نخود نیز از معادله مشابهی برای توصیف سطح برگ از تعداد گره در ساقه اصلی استفاده کردند. پنگلی و همکاران (Pengelly *et al.*, 1999) از این تابع برای پیش‌بینی سطح برگ به‌عنوان تابعی از شاخص پلاستوکرون (فاصله زمانی بین ظهور آغازی‌های برگ) استفاده کردند.

(Soltani *et al.*, 2006). بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2011) علاوه بر استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه‌ای، از معادله $y=x^b$ برای توصیف سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی استفاده کردند و نشان دادند این معادله به خوبی می‌تواند این توصیف را با ضریب تبیین بالاتر از ۰/۸۸ توجیه نماید. هم‌و همکاران (Hammer *et al.*, 1993) در سورگوم دانه‌ای (*Sorghum*)



شکل ۳- برازش مدل $y=x^b$ شاخص سطح برگ در ارتباط با تعداد برگ در ارتباط با ساقه اصلی در تراکم‌های مختلف
Figure 3- Model $y = x^b$ leaf area in relation to the number of leaves on the main stem of different density



شکل ۴ - برازش رگرسیونی خطی تأثیر تراکم بر ضریب b برای سطح برگ در ارتباط با تعداد برگ در ساقه اصلی
Figure 4- Regression coefficient b for the density effect in relation to the number of leaves, leaf area

متعلق به تراکم‌های ۳۵۰ و ۱۰۰ بودند که نشان‌دهنده وجود رابطه نسبتاً خوبی بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز می‌باشد (جدول ۴). چگونگی برازش معادله $Y = ax^b$ و افزایش سطح برگ در ارتباط با وزن خشک برگ سبز در شکل ۵ نشان داده شده است.

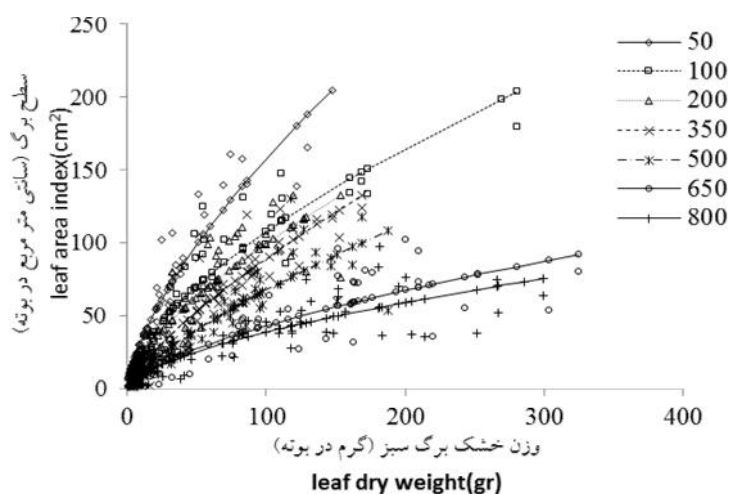
رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز
برای توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز، برازش معادله $Y = ax^b$ انجام شد. مقدار ضریب تبیین بالاتر از ۰/۷۸ و مقدار جذر میانگین مربعات خطا بین ۱۳/۴۴ تا ۱۷/۶۸ به ترتیب

جدول ۴- تخمین ضرایب معادله $Y = ax^b$ توصیف کننده تغییرات سطح برگ در ارتباط با وزن خشک برگ سبز برای تراکم‌های مختلف
Table 4- The estimated coefficients of the equation $Y = ax^b$ describing the changes in leaf area and leaf green dry weight in relation to the density

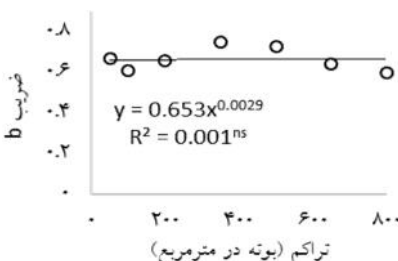
تراکم	n	a±se	b±se	RMSE	CV	R ²
50	53	7.09 ± 1.11	0.67 ± 0.03	14.72	26.18	0.95
100	54	6.31 ± 1.21	0.61 ± 0.04	17.68	27.50	0.94
200	56	4.64 ± 1.21	0.66 ± 0.05	16.81	28.24	0.93
350	56	2.79 ± 0.70	0.75 ± 0.05	13.44	24.65	0.95
500	56	2.28 ± 0.79	0.73 ± 0.07	15.32	29.77	0.92
650	52	2.27 ± 0.90	0.64 ± 0.07	15.48	31.32	0.90
800	54	2.41 ± 0.98	0.60 ± 0.08	14.25	30.87	0.89
کل	381	8.08 ± 1.18	0.46 ± 0.03	27.90	38.99	0.78

باشد. لایت و همکاران (Lieth *et al.*, 1986) از رابطه غیر خطی برای توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز در سویا استفاده کردند. نه‌بندانی و همکاران (Nehbandani *et al.*, 2013) مطالعه‌ای گزارش کردند که رابطه شاخص سطح برگ در مقابل وزن خشک برگ در گیاه سویا تحت تأثیر رقم و تراکم قرار ندارند.

بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم‌های گندم از نظر مقدار ضریب b تفاوت معنی‌داری وجود (شکل ۶). ضرایب مربوط به معادلات در شکل ۶ ارائه شده است. بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2011) در مطالعه‌ای بر روی گندم از مدل رگرسیون غیرخطی برای توصیف سطح برگ به وزن خشک برگ سبز استفاده کردند که به‌خوبی توانست توصیف‌کننده نسبت ذکر شده



شکل ۵- برازش مدل $y=ax^b$ بین سطح برگ در ارتباط با وزن خشک برگ سبز در تراکم‌های مختلف
Figure 5- Model $y=ax^b$ the green leaf area and leaf dry weight in relation to the different density



شکل ۶- برازش رگرسیونی تأثیر تراکم بر ضریب b ، برای سطح برگ در ارتباط با وزن خشک برگ سبز
Figure 6- The effect of density on the regression coefficient b , a leaf with green leaf dry weight

رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته

برای تعیین رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته برآزش معادله $Y = x^b$ انجام شد. مقادیر ضریب تبیین بالاتر از ۰/۸۵ و دامنه جذر میانگین مربعات خطا بین ۹/۹۲ تا ۲۱/۱۳ سانتی متر مربع در بوته،

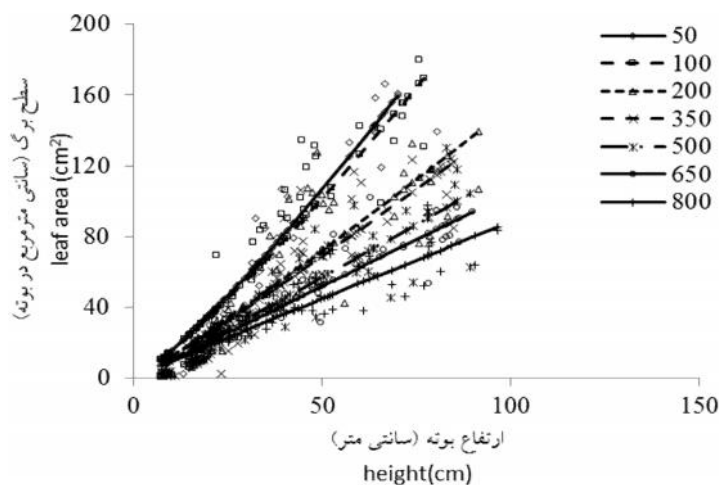
به ترتیب برای تراکم‌های ۸۰۰ و ۲۰۰ نشان‌دهنده رابطه مناسبی بین سطح برگ و ارتفاع بوته می‌باشد (جدول ۵). نمودار مربوط به چگونگی برآزش معادله $Y = x^b$ و افزایش سطح برگ در ارتباط با ارتفاع در شکل ۷ نشان داده شده است.

جدول ۵- تخمین ضرایب معادله $Y = x^b$ توصیف‌کننده تغییرات شاخص سطح برگ در ارتباط با ارتفاع برای تراکم‌های مختلف
Table 5- The estimated coefficients of the equation $Y = x^b$ describing the changes associated with high LAI for different density

تراکم	n	b±se	RMSE	CV	R ²
50	52	1.19 ± 0.00	11.07	20.55	0.94
100	53	1.18 ± 0.00	18.57	26.39	0.93
200	54	1.09 ± 0.01	21.13	36.16	0.89
350	55	1.08 ± 0.00	16.52	26.99	0.93
500	55	1.03 ± 0.00	14.53	26.50	0.93
650	51	1.00 ± 0.00	10.56	22.20	0.95
800	53	0.97 ± 0.00	9.92	24.04	0.94
کل	373	1.06 ± 0.00	23.13	39.45	0.85

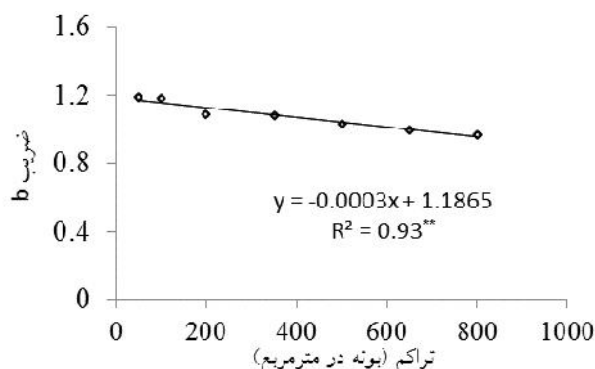
بررسی ضرایب نشان داد که بین تراکم‌های مختلف گندم از نظر مقدار ضریب b تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (شکل ۸) و با افزایش تراکم ضریب b کاهش یافت به‌طوری‌که به‌ازای هر بوته افزایش تراکم، مقدار این ضریب ۰/۰۰۰۳ واحد کاهش یافت (جدول ۵). در تراکم بالا به علت کمتر بودن تعداد پنجه، سطح برگ در کل بوته کمتر خواهد بود بنابراین با افزایش تراکم، مقدار سطح برگ بوته افزایش یافته به‌ازای افزایش ارتفاع بوته، کاهش می‌یابد. ضریب مربوط به معادله در شکل ۸ نشان داده شده است.

بخشنده و همکاران (Bakhshandeh et al., 2011) از مدل رگرسیون غیرخطی دوتکه‌ای برای توصیف رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته استفاده کردند. راحمی و همکاران (Rahemikarizaki et al., 2006) در نخود، اکرم قادری و همکاران (Akram-Ghaderi et al., 2005) در پنبه (*Gossypium*)، لایت و همکاران (Lieth et al., 1986) در سویا از معادلات غیرخطی برای توصیف این رابطه استفاده کردند.



شکل ۷- برآزش مدل $y=x^b$ بین سطح برگ در ارتباط با ارتفاع بوته در تراکم‌های مختلف

Figure 7- Model $y=x^b$ relationship between leaf area and plant height at different densities



شکل ۸- برازش رگرسیونی خطی تأثیر تراکم بر ضریب b برای شاخص سطح برگ در ارتباط با ارتفاع بوته
Figure 8- Regression coefficient b for the density effect in relation to plant height, leaf area index

نتیجه گیری

درصد داشت و برای صفت سطح برگ بوته در مقابل وزن خشک برگ سبز اثر معنی داری از تراکم مشاهده نشد. به طور کلی از این روابط می توان در مدل های شبیه سازی گندم و همچنین برآورد سریع و آسان سطح برگ در مواقعی که دستگاه های اندازه گیری سطح برگ وجود ندارد، استفاده کرد.

نتایج مطالعه بین سطح برگ بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز و ارتفاع بوته روابط آلومتریک خوبی تا مرحله تورم غلاف برگ پرچم نشان داد (به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۷۸ و ۰/۸۵). همچنین در این مطالعه، برای صفات سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی و ارتفاع بوته تراکم تأثیر معنی داری در سطح یک

References

1. Akram-Ghaderi, F., Soltani, A., and Rezaie, J. 2005. Estimation of leaf area using cotton varieties vegetative features. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11 (1): 15-23.
2. Arabamer, R. 2008. Predicting kernel number and biomass retracts location in wheat (*Triticum aestivum* L.). Thesis of MS.c, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources. 89p. (in Persian).
3. Bakhshandeh, A. 2011. Assessment of allometric relations in wheat. MS.c Thesis Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources. 104 p.
4. Bakhshandeh, A., Soltani, A., Zeynali, E., Kalatearabi, M., and Ghadiriyan, R. 2011. Assessment of allometric relations of leaf and vegetative traits in bread wheat and durum. Iranian Journal of Crop Sciences 13 (4): 642-657.
5. Ghorbani, M. H., and Hartoniyani, V. H. 2011. Density and row spacing on the growth and yield of wheat in dryland. Electronic Journal of Crop Production 4 (2): 139-154 P.
6. Hammer, G. L., Carberry, P. S. and Muchow, R. C. 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. Field Crops Research 33: 293-310.
7. Han, J. R. 1973. Visual qualification of wheat development. Agron. J. 65: 116-119.
8. Jorgensen, P. D., Brooking, I. R., Semenov, M. A., and Porter, J. P. 1988. Making sense of wheat development: a critique of methodology. Field Crops Research 55: 117-127.
9. Kanemasu, E., Hellman, J., Bagley, J., and Powers, W. 1977. Using Landsat data to estimate evapotranspiration of winter wheat. Environmental Management 1: 515-520.
10. Labafihosienabadi, M. R., Elahdadi, A., Najafi, F., Akbari, G. A., Khalaj, H. V., and Ghavami, N. 2012. Predict leaf paper skin pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) with allometric relationships. National conference on natural products and herbs. Bojnourd University of Medical Sciences. P 373.
11. Lieth, J. H., Reynolds, J. F., and Rogers, H. H. 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. Field Crops Research 13: 193-203.
12. Midori, O., Yoichiro, K., and Junko, Y. 2012. Allometric relationship between the size and number of shoots as a determinant of adaptations in rice to water-saving aerobic culture. Field Crops Research 131: 17-25.
13. Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., Raeisi, S., Najafi, R. 2013. Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in soybean. International journal of agriculture and crop sciences 6 (16): 1127-1136.
14. Niklas, K. J. 1994. Plant allometry, the scaling of form and process. Chicago: University of Chicago press. 81: 339-344.

15. Payne, W. A., Went, C. W., Hossner, L. R., and Gates, C. E. 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. *Agronomy Journal* 83: 937-941.
16. Pengelly, B. C., Blamey, F. P. C., and Nuchow, R. C. 1999. Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. *Field Crops Research* 63: 99-112.
17. Rahemikarizaki, A., Soltani, A., Porreza, J., Zeynali, A., and Sarparast, R. 2006. Allometric relationship between leaf and vegetative parts of the plant. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 13: 49-59.
18. Rahemi-karizaki, A. 2005. Predicting interception and use of solar radiation in chickpea. Thesis of MS.c. Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources. 89 p. (in Persian).
19. Sharrett, B. S., and Baker, D. G. 1985. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. *Crop Science* 26: 1040-1042.
20. Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in crop plants. Press SID Mashhad. P 175.
21. Soltani, A., Robertson, M. J., Mohammad Nejad, Y., and Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development Leaf production and senescence. *Field Crops Research* 138: 14-23.
22. Tsialtas, J. T., and Maslari, N. 2008. Leaf allometry and prediction of specific leaf area (SLA) in a sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *J. Photosynthetica*. 46: 351-355.
23. Van Ittersum, M. K., and Donatelli, M. 2003. Modeling cropping systems highlights of the symposium and preface to the special issues. *European Journal of Agronomy* 18: 187-197.



Effect of Plant Density on Allometric Relationships between Leaf Area and Vegetative Traits of Wheat

B. Zafari ghalehrodkhani^{1*} - A. Soltani² - E. Zeinali³ - B. Kamkar⁴ - M. Firozfar⁵

Received: 20-04-2015

Accepted: 20-04-2016

Introduction

Crop models are the most important components of ecological models. These models could provide the possibility of crop systems prediction in addition to increase the understanding of their performance. Allometric relationships of plants show changes of growth of one part in comparison to other parts of the plant. Determine the appropriate plant density in crops, especially wheat has the high importance which affects some characteristics such as yield and yield component. This affects varies in different stages of plant growth.

Materials and Methods

This research has been done in research station of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (37°45'N, 54°30'E and 120m above sea level) in the growing season of 2012-13. The experiment was conducted in a factorial experiment with randomized complete block design with four replications as base. Treatments consisted of two wheat cultivars (Koohdasht and Morvarid) and 7 plant densities (50, 100, 200, 350, 500, 650, 800 seed.m²). Each replication consisted of 14 plots and each plot had 10 rows with length of 5 m, width of 2 m and a row spacing of 20 cm. Plot distances from each other was 40 cm and block distances was 1 m to each other. Measurements were done from tillering to the end of the growing every 7 to 10 days (depending on weather conditions). Cumulative thermal units were calculated using GDD_Calc program. Power model and non-linear segmented regression model were used to describe allometric relationships.

Results and Discussion

For fitting equations related to leaf area versus days after planting, coefficient of determination was 0.73 and root mean square error ranged between 0.37 and 0.77 which revealed that the logistic model could well describe increasing leaf area during the time. There is a significant effect for a, b and c coefficients in different plant density of wheat and increasing density could lead to -the increasing coefficient and decreasing the a and b coefficients. In addition, regarding the relationship between leaf area and number of leaves in different plant density, coefficient of determination values greater than 0.87 and ranges of root mean square error between 9.65 and 24.39, belong to the plant densities of 800 and 50, respectively, which showed a good correlation between leaf area per plant and the numbers of leaves. In this regard, b coefficient has a significant difference in various wheat density.

The relationship between leaf area and green leaf dry weight coefficient of determination greater than 0.78 and the root mean square error between 31.44 and 17.68, respectively belong to plant density of 350 and 100 with no significant difference in b coefficient. In connection with the relationship between leaf area and plant height, coefficient of determination greater than 0.85 and the root mean square error between 9.29 and 21.13 cm.m².plant⁻¹ respectively belong to plant density of 800 and 200. We found a significant difference in b

1- MSc, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2- Professor of Crop Physiology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

3- Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

4- Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

5- MSc Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

(*- Corresponding Author Email: behzadzafari@yahoo.com)

coefficient and decrease about 0.0003 unit with increasing plant density.

Conclusions

The results of relation between leaf area of each plant with the number of leaves in main stem, dry weight of green leaf and plant height showed good allometric correlation until booting stage (0.87, 0.78 and 0.85, respectively). In addition, significant effects were investigated for correlation between leaf area of each plant and the number of leaves and plant height, however, correlation between leaf area of each plant and dry weight of green leaf area of plant was not significant.

Keywords: Allometric, Cultivar, Leaf area, Plant density, Vegetative traits



بررسی عملکرد و کارایی نیتروژن و فسفر در کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزای پاییزه

علیرضا کوچکی^{۱*} - فرانک نوربخش^۲ - مصطفی چشمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و کارایی نیتروژن و فسفر در کشت مخلوط گندم-کلزا، آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: کشت خالص گندم (ارقام الوند و فلات)، کشت خالص کلزا (ارقام اکاپی و زرفام) و کشت مخلوط کلزا و گندم به صورت ردیفی با نسبت‌های ۱:۱، ۲:۲ و ۳:۳ بودند. نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد اقتصادی و بیولوژیک گندم و کلزا پس از کشت خالص، در تیمار کشت سه ردیفی مشاهده شد. همچنین بالاترین نسبت برابری زمین از تیمار الوند-اکاپی (۳:۳) به دست آمد. بالاترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر گندم مربوط به کشت خالص رقم فلات بود و در مورد کلزا در تیمار فلات-زرفام ۲:۲ مشاهده شد. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن و فسفر گندم بعد از کشت خالص الوند، در تیمار الوند-اکاپی ۳:۳ مشاهده شد. تیمارهای الوند-اکاپی ۳:۳ برای گندم و کشت خالص رقم اکاپی برای کلزا بیشترین کارایی جذب نیتروژن و فسفر را داشت. در مجموع با توجه به مشاهدات این آزمایش و از آنجایی که بیشترین میزان کارایی جذب و مصرف عناصر در تیمارهای کشت سه ردیفی مشاهده شد، به نظر می‌رسد الگوی کشت مخلوط سه ردیفی گندم و کلزا شرایط مناسب‌تری برای استفاده بهتر از عناصری همچون نیتروژن و فسفر دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، کارایی جذب، کارایی فیزیولوژیک، کارایی مصرف، کشت مخلوط

مقدمه

افزایش تولیدات کشاورزی در طی قرن بیستم حاصل فشرده‌سازی با نهاده‌های خارجی است، ولی این فشرده‌سازی موجب ایجاد برخی اثرات جانبی نظیر فرسایش خاک، آلودگی محیطی توسط مواد شیمیایی کشاورزی، مسمومیت ناشی از مصرف بی‌رویه کودها، ظهور جمعیت علف‌های هرز و آفات مقاوم به مواد شیمیایی شده است. بر این اساس تنوع سیستم‌های زراعی به عنوان راه‌حلی مناسب جهت رفع برخی از مشکلات کشاورزی مدرن پیشنهاد شده است (Poggio, 2005).

استفاده از کشت مخلوط به عنوان یکی از روش‌های مؤثر در کشاورزی پایدار، ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، سبب

افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کمیت و کیفیت محصول، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی و ثبات در اکوسیستم‌های زراعی خواهد شد (Jahan, 2005; Pindo-vasques et al., 2000). با این حال سیستم کشت مخلوط زمانی سودمند است که منابع محیطی مورد نیاز دو گونه به طور مناسبی از یکدیگر جدا باشند. غالباً در کشت مخلوط عملکرد یک یا هر دو گونه زراعی در مقایسه با کشت خالص آن‌ها کمتر است ولی ترکیب عملکرد آن‌ها بیشتر خواهد بود (Koocheki et al., 2005). نتایج آزمایشی که کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2005) به منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum*) و کلزا (*Brassica napus*) بر عملکرد انجام دادند، نشان داد که اثر کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد دانه گندم و کلزا در تیمار ردیفی ۳:۳ و کمترین میزان آن در کشت خالص گندم و کلزا مشاهده شد. همچنین آزمایش مشابه دیگری با هدف ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و تنوع و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا انجام شد (Koocheki et al., 2014) که نتایج آن نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر وزن خشک و شاخص

۱- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دکتری اکرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی دکتری اکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: akooch@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.47741

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی، به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: کشت خالص گندم، کشت خالص کلزا و کشت مخلوط کلزا و گندم به صورت ردیفی با نسبت‌های ۱:۱، ۲:۲ و ۳:۳ بودند، به این ترتیب که در نسبت ۱:۱، یک ردیف کلزا و یک ردیف گندم، در نسبت ۲:۲، دو ردیف گندم و دو ردیف کلزا و در نسبت ۳:۳ سه ردیف کلزا و سه ردیف گندم کشت شد. ابعاد هر کرت 3×2 و فاصله بین کرت‌ها ۵/۰ متر و فاصله بین تکرارها نیز ۱ متر در نظر گرفته شد. کشت دو گیاه در اوایل مهرماه به صورت هم‌زمان صورت گرفت و برای این منظور، ارقام اکاپی و زرفام برای کلزا و ارقام الوند و فلات برای گندم در نظر گرفته شد. تراکم مورد نظر برای کشت گندم و کلزا به ترتیب ۳۲۰ و ۸۰ بوته در متر مربع بود. در هنگام آماده‌سازی زمین در شهریورماه، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و در مراحل بعدی رشد دو نوبت کود اوره به صورت سرک هر بار به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار داده شد. نمونه‌برداری جهت تعیین وزن خشک به صورت تصادفی و از مساحتی معادل ۰/۲۵ متر مربع (0.5×0.5) و با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک، پس از ثابت شدن وزن نمونه‌ها (قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد) از ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد و اندازه‌گیری میزان نیتروژن بافت‌های گیاهی، با دستگاه میکروکجلال و روش هضم تر انجام شد (Ashraf et al., 2006). میزان فسفر بافت‌های گیاهی نیز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و روش اولسن اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه نیز پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در هر کرت تعیین شده و بر اساس آن شاخص‌های کارایی نیتروژن با استفاده از معادلات (۱) تا (۳) تعیین شد (Salvagiotti, 2009):

معادله (۱)

$100 \times (\text{مقدار نیتروژن قابل جذب خاک در متر مربع} / \text{مقدار}$

نیتروژن زیست توده در متر مربع) = کارایی جذب نیتروژن (درصد)

معادله (۲)

(مقدار نیتروژن زیست توده در متر مربع / وزن دانه در متر مربع)

= کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بذر بر کیلوگرم نیتروژن بوته)

معادله (۳)

(مقدار نیتروژن قابل جذب خاک در متر مربع / عملکرد دانه در

متر مربع) = کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بذر بر کیلوگرم نیتروژن

قابل جذب در خاک)

محاسبه شاخص‌های کارایی فسفر نیز مشابه نیتروژن انجام شد.

تنوع شانون علف‌های هرز معنی‌دار بود، بیشترین و کمترین میزان وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب در تیمار کشت خالص گندم و کشت مخلوط سه ردیفی مشاهده شد. بیشترین مقادیر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نیز در کشت خالص به دست آمد و در الگوهای مخلوط بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمار سه ردیفی مشاهده شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) چنین جمع‌بندی نمودند که کشت مخلوط با افزایش تنوع، باعث کاهش تعداد و وزن خشک علف‌های هرز گردید و به طور کلی، بهترین نتایج در الگوی سه ردیف گندم + سه ردیف کلزا مشاهده شد. محال و همکاران (Mahale et al., 2008) طی بررسی عملکرد کنجد (*Sesamum indicum*) در کشت مخلوط با بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) در نسبت‌های مختلف کاشت بیان داشتند که عملکرد هر دو گونه زمانی که به نسبت ۳:۱ (کنجد+بادام زمینی) کشت شدند، نسبت به زمانی که به نسبت ۱:۳ و ۱:۲ کشت شدند، بیشتر بود ولی در کل در کشت مخلوط، عملکرد دو گونه بالاتر از تک کشتی بود.

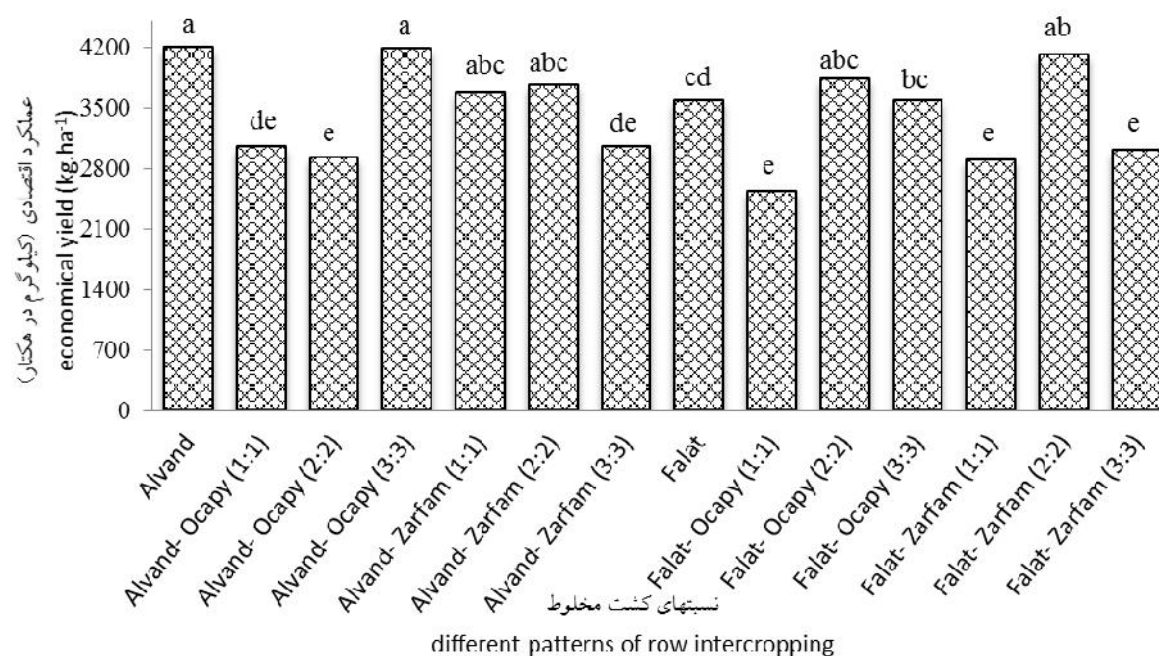
مطالعات زیادی بر این موضوع تأکید می‌کنند که با افزایش میزان کود نیتروژن در خاک، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد (Salvagiotti et al., 2009). به گزارش هارپر و همکاران (Harper et al., 1987) از مجموع کود نیتروژنه مصرفی در زراعت ذرت در حدود ۵۲-۷۳ درصد جذب نشده و تلف می‌گردد و این مقدار در زراعت گندم زمستانه ۴۱-۲۱ درصد (Mazaheri, 1993) برآورد گردیده است. هاگینز و همکاران (Huggins and Pan, 1993) اظهار داشتند اگر خاک به لحاظ نیتروژن آلی و بیوماس میکروبی غنی باشد، بدون کاربرد کود نیتروژن، عملکرد بالایی به دست می‌آید. بی‌شک تحقیقات در زمینه نظام‌های زراعی که قادر به استفاده بهتر از نیتروژن مصرفی بوده و از کارایی مصرف نیتروژن بالاتری برخوردار باشند امری ضروری است (Mahler et al., 1994).

تأمین فسفر نیز یکی از مهم‌ترین عوامل تولید محصول با کیفیت و کمیت بالا می‌باشد. مصرف فسفر غیر از تأثیر در مراحل توسعه ریشه و شاخه‌زایی، در مراحل زایشی و پر شدن دانه نیز بسیار مؤثر است. با این حال مصرف بیش از حد فسفر نه تنها باعث افزایش محصول نمی‌گردد، بلکه به تدریج در خاک نیز تثبیت می‌شود. علاوه بر آن مصرف بیش از حد این عنصر در شرایط کمبود آب و خشکسالی موجب تشدید تنش خشکی و اسمری و کاهش محصول می‌گردد (Malakouti and Sepehr, 2003).

از آنجایی که کشت مخلوط در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران می‌تواند به عنوان یک راهکار به منظور حداکثر استفاده از تشعشع خورشیدی و منابع غذایی و آبی به کار رود (Koocheki et al., 2009) و همچنین گندم و کلزا به عنوان دو محصول مهم و استراتژیک محسوب می‌شوند، این آزمایش با هدف تعیین بهترین مدل کشت مخلوط گندم و کلزا و اندازه‌گیری کارایی استفاده از عناصر انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه
Table 1- Physicochemical characters of soil sample

بافت Soil Texture	وزن مخصوص ظاهری Bulk Density (gr.cm ⁻³)	کربن آلی (%) Organic carbon	پتاسیم (%) Potassium	فسفر (%) Phosphorus	نیتروژن کل (%) Total Nitrogen	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)
لومی-سیلتی Silty- loam	1.4	0.195	0.02	0.002	0.09	8.12	2.67



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی گندم در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

Figure 1- Mean comparison of economical yield of wheat in different patterns of row intercropping based on Duncan's multiple range test at level 5%

سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج و بحث

عملکرد اقتصادی و بیولوژیک گندم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد اقتصادی گندم معنی‌دار ($p < 0.01$) بود. بیشترین عملکرد دانه در گندم، در کشت خالص رقم ولوند با

عملکرد دانه و بیولوژیک پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در انتهای فصل رشد تعیین شد و ارزیابی کشت مخلوط نیز با استفاده از شاخص نسبت برابری زمین^۱ (معادله ۴) انجام شد (Vandermeer, 1992).

$$LER = \sum_c^n \frac{Y_{ci}}{Y_{cm}} \quad \text{(معادله ۴)}$$

که در این معادله، Y_{ci} : عملکرد هر جزء در مخلوط و Y_{cm} : حداکثر عملکرد تک کشتی آن جزء می‌باشد.

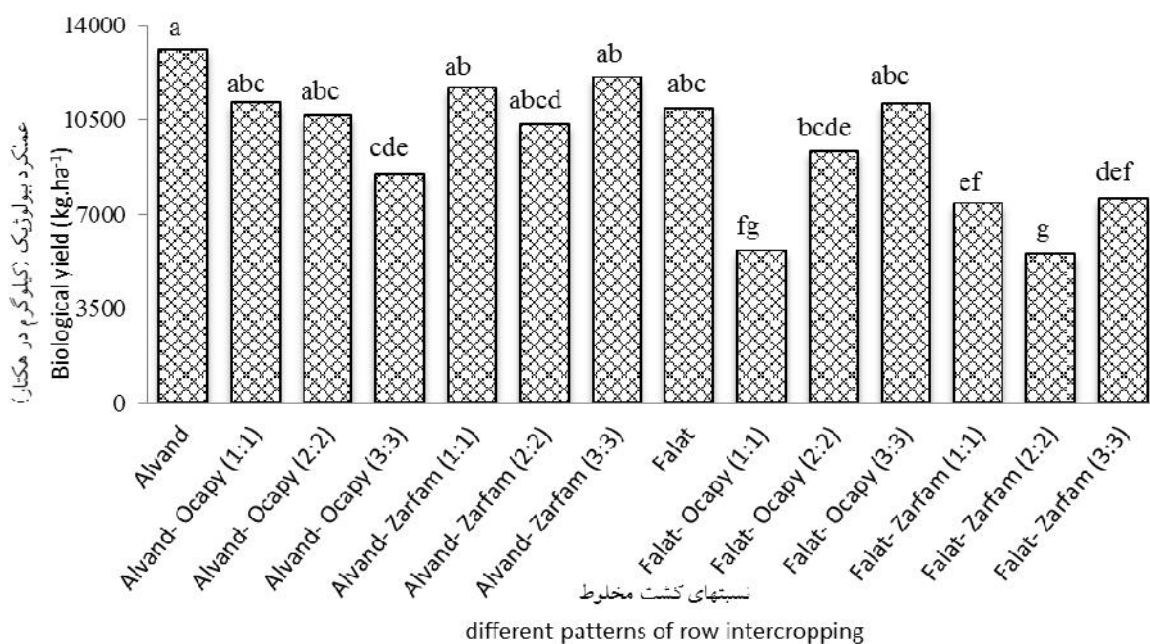
برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS ver.9.1 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در

1- Land Equivalent Ratio (LER)

عملکرد دانه در کشت خالص به دست آمد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) در بررسی کشت مخلوط گندم و کلزا گزارش نمودند که بیشترین مقادیر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در کشت خالص به دست آمد و در الگوهای مخلوط بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمار سه ردیفی مشاهده شد. نتایج آزمایش دیگری که کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) به منظور بررسی عملکرد در کشت مخلوط گندم و کلزا انجام دادند نیز مؤید نتایج آزمایش حاضر می باشد. آن ها گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه گندم و کلزا در کشت مخلوط از تیمار ردیفی ۳:۳ مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که از بین نسبت های مورد بررسی در این آزمایش بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک برای گندم به ترتیب در کشت خالص رقم الوند و کشت مخلوط فلات- زرفام (۲:۲) مشاهده شد (شکل ۲).

۴۱۹۹/۷۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و نسبت فلات - اکاپی (۱:۱) با ۲۵۳۶/۴۴ کیلوگرم در هکتار، کمترین میزان را به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نیز نشان داد که اگرچه تیمار کشت خالص گندم بیشترین میزان عملکرد دانه را داشت، با این حال از بین الگوهای کشت مخلوط، بیشترین عملکرد دانه مربوط به الگوی کاشت ۳ ردیفی (نسبت ۳:۳) الوند- اکاپی) بود (شکل ۱). به طور کلی، علت افزایش محصول در زراعت مخلوط را می توان به استفاده بهتر و کاراتر گیاهان از عوامل محیطی مانند آب، مواد غذایی و نور نسبت داد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) در بررسی کشت مخلوط گندم و کلزا و جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2011) در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays*) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) بیان کردند که بیشترین



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک گندم در نسبت های مختلف کشت مخلوط بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

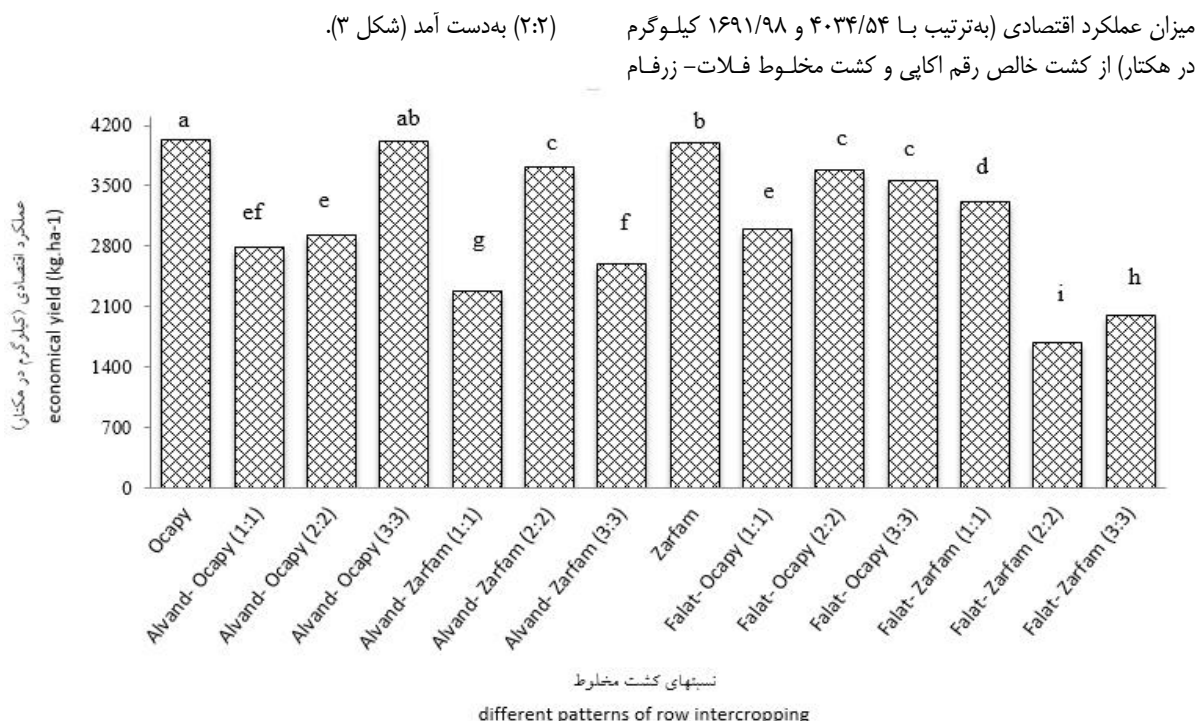
Figure 2- Mean comparison of biological yield of wheat in different patterns of row intercropping based on Duncan's multiple range test at level 5%

رقابت در تیمارهای کشت مخلوط و کاهش دسترسی به منابع مورد نیاز سبب کاهش عملکرد نسبت به تک کشتی می شود.

عملکرد اقتصادی و بیولوژیک کلزا

از بین تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش بیشترین و کمترین

بعضی از پژوهشگران اعتقاد دارند که عملکرد بیولوژیک و همچنین عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی کاهش می یابد (Jamshidi et al., 2011). در مطالعه قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) روی کشت مخلوط ذرت و کدو (*Cucurbita pepo*) اعلام شد که عملکرد بیولوژیک ذرت در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی کاهش یافت. به نظر می رسد افزایش



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی کلزا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

Figure 3- Mean comparison of economical yield of canola in different patterns of row intercropping based on Duncan's multiple range test at level 5%

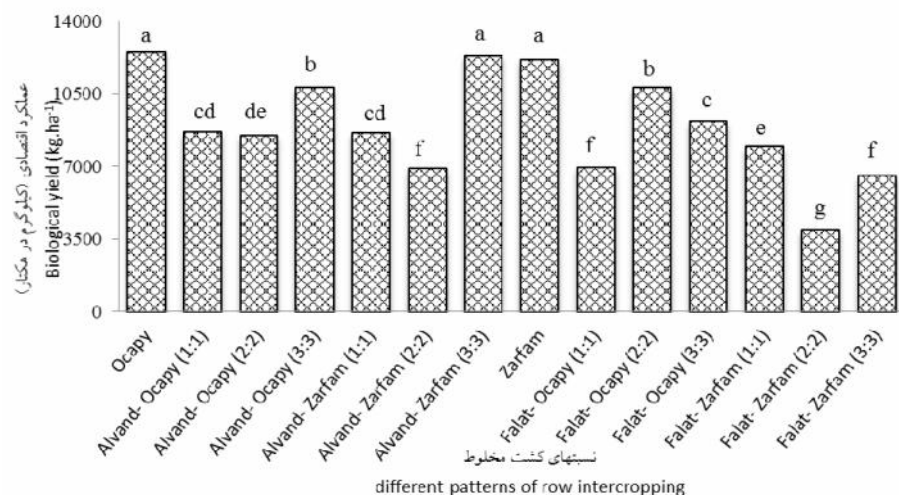
روی کشت مخلوط گندم و کلزا نیز بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در کلزا بعد از کشت خالص در تیمار سه ردیفی گندم- کلزا مشاهده شد.

نسبت برابری زمین

در تمامی تیمارهای مورد آزمایش نسبت برابری زمین بالاتر از ۱ بود (جدول ۲). نسبت برابری زمین بیشتر از یک می‌تواند ناشی از کارایی مصرف نور بالاتر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد (Javanshir *et al.*, 2000). همچنین هنگامی که نسبت برابری زمین بیش از یک باشد نشان‌دهنده وجود روابط متقابل مثبت بین اجزای گیاهی مخلوط، نسبت به کشت خالص بوده و بیان‌کننده برتری کشت مخلوط نسبت به خالص است. در تحقیق حمزه‌ای و سیدی (Hamzeyi and Seyedi, 2012) نیز به منظور تعیین مناسب‌ترین ترکیب کشت مخلوط گندم و کلزا، در کلیه تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بالاتر از یک بود.

در بررسی حمزه ای و سیدی (Hamzeyi and Seyedi, 2012) بر روی کشت مخلوط گندم و کلزا، بیشترین میزان عملکرد کلزا در تیمار کشت خالص این گیاه مشاهده شد. ذوالفقار علی و همکاران (Zulfiqar *et al.*, 2000) هم کاهش عملکرد کلزا را در کشت مخلوط با گندم نسبت به تک کشتی این گیاه گزارش کردند. نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک کلزا نشان داد که کشت خالص رقم اکاپی و کشت مخلوط فلات - زرفام (۲:۲) به ترتیب، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک کلزا را به خود اختصاص دادند (شکل ۴).

به نظر می‌رسد در این مورد نیز به علت رقابت بین گونه‌ای میان گندم و کلزا در کشت مخلوط، عملکرد بیولوژیک کاهش یافته است. موی نیهان و سیمونز (Moynihan and Simmons, 1996) نشان دادند که کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare*) - یونجه (*Medicago sativa*) سبب کاهش عملکرد بیولوژیک جو بین ۱۶ تا ۷۶ درصد در مقایسه با کشت خالص آن می‌شود. در بین الگوهای مختلف مخلوط نیز بالاترین عملکرد بیولوژیک در الگوی کشت سه ردیفی الوند- زرفام (۳:۳) با ۱۲۹۶۱/۳۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2014) بر



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک کلزا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد

Figure 4- Mean comparison of biological yield of canola in different patterns of row intercropping based on Duncan's multiple range test at level 5%

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین نسبت برابری زمین کشت مخلوط گندم و کلزا

Table 2- Results of mean comparison of land equivalent ratio in row intercropping of wheat and canola

تیمارها Treatments	نسبت برابری زمین Land Equivalent Ratio
الوند- اکایی (۱:۱) Alvand- Ocapy (1:1)	1.02 fg
الوند- زرفام (۱:۱) Alvand- Zarfam (1:1)	1.18 ef
فلات- اکایی (۱:۱) Falat- Ocapy (1:1)	1.01 g
فلات- زرفام (۱:۱) Falat- Zarfam (1:1)	1.35 de
الوند- اکایی (۲:۲) Alvand- Ocapy (2:2)	1.01 fg
الوند- زرفام (۲:۲) Alvand- Zarfam (2:2)	1.64 bc
فلات- اکایی (۲:۲) Falat- Ocapy (2:2)	1.79 ab
فلات- زرفام (۲:۲) Falat- Zarfam (2:2)	1.46 cd
الوند- اکایی (۳:۳) Alvand- Ocapy (3:3)	1.89 a
الوند- زرفام (۳:۳) Alvand- Zarfam (3:3)	1.04 fg
فلات- اکایی (۳:۳) Falat- Ocapy (3:3)	1.89 bc
فلات- زرفام (۳:۳) Falat- Zarfam (3:3)	1.02 fg

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

بیشترین میزان نسبت برابری زمین در کشت مخلوط الوند-اکاپی (۳:۳) مشاهده شد و کمترین آن مربوط به کشت مخلوط فلات-اکاپی (۱:۱) بود (جدول ۲). کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2014) در کشت مخلوط گندم و کلزا به نتیجه مشابهی دست یافتند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد. ذوالفقار علی و همکاران (Zulficar *et al.*, 2000) نیز در کشت مخلوط گندم و کلزا اعلام کردند که نسبت برابری زمین در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود.

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر گندم
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p < 0.01$) بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر وجود داشت. بیشترین و کمترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در کشت خالص رقم فلات و کشت مخلوط الوند-اکاپی ۲:۲ به ترتیب با ۶۲/۲۵ و ۱۳/۳۴ کیلوگرم بذر بر کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین کارایی فیزیولوژیک، کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن گندم در کشت مخلوط
Table 3- Mean comparison of Physiological efficiency, absorption efficiency and nitrogen use efficiency of wheat in the intercropping

تیمارها Treatments	نیتروژن Nitrogen		
	کارایی فیزیولوژیک Nitrogen physiological efficiency (kg.kg ⁻¹)	کارایی جذب Nitrogen absorption efficiency (%)	کارایی مصرف Nitrogen use efficiency (kg.kg ⁻¹)
خالص الوند Alvand	20.33 i	41.32 d	30.33 a
الوند-اکاپی (۱:۱) Alvand- Ocapy (1:1)	20.26 i	43.90 c	22.59 i
الوند-اکاپی (۲:۲) Alvand- Ocapy (2:2)	13.34 l	45.33 b	23.64 h
الوند-اکاپی (۳:۳) Alvand- Ocapy (3:3)	38.34 d	50.67 a	29.20 b
الوند- زرفام (۱:۱) Alvand- Zarfam (1:1)	29.55 g	43.51 cd	20.42 k
الوند-زرفام (۲:۲) Alvand- Zarfam (2:2)	30.74 f	43.65 cd	27.91 d
الوند- زرفام (۳:۳) Alvand- Zarfam (3:3)	18.09 j	44.76 bc	21.53 j
خالص فلات Falat	62.25 a	39.31 ef	24.67 g
فلات-اکاپی (۱:۱) Falat- Ocapy (1:1)	24.79 h	35.98 f	28.89 d
فلات-اکاپی (۲:۲) Falat- Ocapy (2:2)	17.54 j	40.75 e	26.85 e
فلات-اکاپی (۳:۳) Falat- Ocapy (3:3)	14.71 k	34.61 fg	25.77 f
فلات-زرفام (۱:۱) Falat- Zarfam (1:1)	45.81 c	29.65 i	18.23 m
فلات-زرفام (۲:۲) Falat- Zarfam (2:2)	33.80 e	30.66 h	19.33 l
فلات-زرفام (۳:۳) Falat- Zarfam (3:3)	52.88 b	32.76 g	28.14 b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

نیترژن جذب شده نشان می‌دهد و به عبارت دیگر حاکی از پتانسیل گیاه یا سیستم در استفاده از نیترژن جذب شده در جهت تولید می‌باشد (Lopez- Bellido and Lopez-Bellido, 2001). در مورد فسفر نیز بیشترین و کمترین کارایی فیزیولوژیک مربوط به تیمارهای کشت خالص رقم فلات و کشت مخلوط الوند-اکایی (۱:۱) مشاهده شد (جدول ۴).

بر اساس نظر مول و همکاران (Moll *et al.*, 1982) عواملی چون: پتانسیل جذب و انتقال نیترات در گیاه، پتانسیل انتقال مجدد عناصر، مورفولوژی ریشه، مکانیسم‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوت در اسیملاسیون نیترات گیاهان موجب اختلاف در کارایی زراعی و فیزیولوژیکی نیترژن در آن‌ها می‌شود. کارایی فیزیولوژیک نیترژن توانایی گیاه یا سیستم را در افزایش عملکرد در پاسخ به

جدول ۴- مقایسه میانگین کارایی فیزیولوژیک، کارایی جذب و کارایی مصرف فسفر گندم در کشت مخلوط گندم- کلزا

Table 4- Mean comparison of Physiological efficiency, absorption efficiency and phosphorus use efficiency of wheat in the intercropping

تیمارها Treatments	فسفر Phosphorus		
	کارایی فیزیولوژیک Phosphorus physiological efficiency (kg.kg ⁻¹)	کارایی جذب Phosphorus absorption efficiency (%)	کارایی مصرف Phosphorus use efficiency (kg.kg ⁻¹)
خالص الوند Alvand	23.98 bc	26.28 d	23.82 a
الوند- اکایی (۱:۱) Alvand- Ocapy (1:1)	9.61 e	24.59 f	21.33 cd
الوند- اکایی (۲:۲) Alvand- Ocapy (2:2)	11.54 de	22.29 h	21.85 bc
الوند- اکایی (۳:۳) Alvand- Ocapy (3:3)	20.50 cd	29.44 a	22.37 b
الوند- زرفام (۱:۱) Alvand- Zarfam (1:1)	19.76 cd	23.79 g	16.71 g
الوند- زرفام (۲:۲) Alvand- Zarfam (2:2)	17.04 d	28.65 b	19.68 e
الوند- زرفام (۳:۳) Alvand- Zarfam (3:3)	11.67 de	25.83 e	20.12 e
خالص فلات Falat	31.69 a	16.51 k	21.15 d
فلات-اکایی (۱:۱) Falat- Ocapy (1:1)	24.15 bc	12.60 m	11.66 i
فلات-اکایی (۲:۲) Falat- Ocapy (2:2)	28.65 ab	21.57 i	18.54 f
فلات-اکایی (۳:۳) Falat- Ocapy (3:3)	11.45 de	27.22 c	18.12 f
فلات-زرفام (۱:۱) Falat- Zarfam (1:1)	30.08 ab	14.36 l	13.11 h
فلات-زرفام (۲:۲) Falat- Zarfam (2:2)	26.35 bc	24.59 f	12.46 h
فلات-زرفام (۳:۳) Falat- Zarfam (3:3)	14.67 d	20.04 j	17.18 g

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

مهم‌ترین عامل محدودکننده در استفاده از عناصر، کارایی پایین جذب عناصر است. کشت مخلوط با اشغال فضاها به صورت مطلوب و استفاده مناسب از عناصر و کاهش میزان تلفات تا حدی موجب بهبود استفاده از عناصر غذایی می‌گردد. با توجه به نتایج آزمایش، انتخاب تراکم و الگوی کشت مناسب در افزایش توان گیاه در جذب عناصر غذایی مؤثر به نظر می‌رسد.

کارایی مصرف نیتروژن و فسفر گندم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در مورد کارایی مصرف نیتروژن و فسفر نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p < 0.01$) بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر کارایی مصرف نیتروژن و فسفر وجود داشت. بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب در کشت خالص رقم الوند و تیمار فلات- زرفام (۱:۱) مشاهده شد. از بین تیمارهای کشت مخلوط نیز بالاترین کارایی مصرف نیتروژن مربوط به تیمار الوند- اکاپی (۳:۳) بود (جدول ۳). کارایی مصرف نیتروژن دارای رابطه نزدیکی با عملکرد دانه می‌باشد و مقادیر بالاتر کارایی مصرف نیتروژن در عملکرد بالاتر به دست می‌آید (Svecnjack and Rangel, 2006). در آزمایش حاضر نیز بیشترین میزان عملکرد در کشت خالص الوند و تیمار الوند- اکاپی (۳:۳) مشاهده شد (شکل ۱) و از این طریق می‌توان بالا بودن کارایی مصرف نیتروژن در این تیمارها را توجیه کرد. در مورد کارایی مصرف فسفر نیز نتایج مشابهی به دست آمد به این صورت که کشت خالص رقم الوند بیشترین کارایی مصرف فسفر را داشت و بعد از آن تیمار الوند- اکاپی (۳:۳) قرار گرفت (جدول ۴). افزایش کارایی مصرف فسفر در گیاهان زراعی نشان‌دهنده این موضوع است که چگونه این گیاهان به شکلی مؤثر این عنصر دسترس را به عملکرد اقتصادی تبدیل می‌کند (Salvagiotti et al., 2009). بالا بودن کارایی مصرف فسفر در این تیمارها افزایش میزان عملکرد را توجیه می‌کند. نتایج به دست آمده با آزمایشات علیزاده و همکاران (Alizade et al., 2009) مطابقت می‌کند. کارایی مصرف عناصر در واقع حاصل ضرب کارایی فیزیولوژیک و کارایی جذب عناصر است و بنابراین کاهش و یا افزایش هر کدام از این‌ها می‌تواند بر میزان کارایی مصرف نیز مؤثر باشد. نتایج آزمایش نشان می‌دهد تیماری که بیشترین میزان کارایی جذب عناصر را به همراه داشت، دارای بیشترین میزان کارایی مصرف نیز بود. در واقع به نظر می‌رسد تیمار مذکور ضمن داشتن توانایی بهتر در جذب عناصر غذایی، در استفاده از عناصر جذب شده برای تولید عملکرد نیز موفق عمل نموده. به نظر می‌رسد انتخاب مناسب گونه‌ها در کشت مخلوط و به کارگیری نسبت مناسب اختلاط برای آن‌ها، ضمن فراهم آوردن شرایط برای رشد بهتر گونه‌ها، توان جذب گیاهان برای عناصر غذایی را بالا می‌برد و بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی را به همراه خواهد داشت.

علت پایین بودن کارایی فیزیولوژیک فسفر در تیمار الوند- اکاپی (۱:۱) را می‌توان به دلیل پایین بودن میزان فسفر در این تیمار دانست (Rezvani Moghadam and Seyedi, 2014). به نظر می‌رسد به کارگیری تراکم‌های مطلوب دو گونه در کشت مخلوط موجب اشغال مناسب نیچ‌های خالی و افزایش جذب عناصر غذایی در واحد سطح و کاهش میزان تلفات می‌گردد که این امر می‌تواند در بهبود میزان کارایی استفاده از عناصر مؤثر باشد. از سوی دیگر، آزمایش خاک مورد مطالعه، حاکی از حضور اندک موادآلی در خاک است، کمبود موادآلی موجب کاهش رشد ریشه و همچنین رشد اندام هوایی می‌گردد، که متعاقب آن میزان عملکرد نیز کاهش می‌یابد و این موضوع، کاهش کارایی استفاده از عناصر را به دنبال خواهد داشت (Rezvani Moghadam and Seyedi, 2014). از آنجایی که کارایی فیزیولوژیک به ژنتیک گیاه و توان گیاه در استفاده از عناصر غذایی بستگی دارد، تفاوت معنی‌دار بین کارایی فیزیولوژیک ارقام مختلف توجیه‌پذیر است و نتایج آزمایش نشان‌دهنده توانایی بهتر رقم فلات در مقایسه با رقم الوند در استفاده از عناصر جذب شده برای تولید عملکرد می‌باشد.

کارایی جذب نیتروژن و فسفر گندم

تیمارهای مختلف کشت مخلوط گندم و کلزا از نظر کارایی جذب نیتروژن و فسفر با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ($p < 0.01$) داشتند، به طوری که بیشترین درصد کارایی جذب نیتروژن در تیمار الوند- اکاپی (۳:۳) و کمترین آن در تیمار فلات - زرفام (۱:۱) به ترتیب با ۵۰/۶۷ و ۲۹/۶۵ درصد مشاهده شد (جدول ۳). بالا بودن کارایی جذب نیتروژن گندم در تیمار فلات- اکاپی (۳:۳) گویای آن است که در این تیمار تلفات نیتروژن در خاک کمتر از تیمارهای دیگر بود و علت آن را می‌توان به عملکرد نسبتاً بالا در این تیمار نسبت داد. این نتایج با مشاهدات به دست آمده از آزمایشات رحیمی زاده و همکاران (Rahimizadeh et al., 2011) مطابقت دارد. در مورد کارایی جذب فسفر بیشترین میزان این کارایی از تیمار الوند- اکاپی (۳:۳) و کمترین آن از تیمار فلات- اکاپی (۱:۱) به دست آمد (جدول ۴). همانند کارایی جذب نیتروژن در فسفر نیز رابطه مستقیم بین کارایی جذب و عملکرد وجود دارد (Alizade et al., 2009). تیمار الوند- اکاپی (۳:۳) از بیشترین و تیمار فلات- اکاپی (۱:۱) از کمترین میزان عملکرد برخوردار است بنابراین بالا بودن و کم بودن کارایی جذب در این تیمارها را می‌توان به میزان عملکرد آن‌ها و توانایی بالاتر این تیمارها در جذب فسفر نسبت داد. از آنجایی که میزان کارایی جذب عناصر به خصوصیات ریشه و توان گیاه در جذب عناصر بستگی دارد، کمبود موادآلی در خاک به دلیل اثر منفی بر رشد ریشه، توانایی گیاه در جذب عناصر را کاهش می‌دهد که متعاقب آن میزان کارایی جذب عناصر کاهش پیدا می‌کند. در خاک‌های ایران به دلیل کمبود موادآلی،

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر کلزا
مخلوط فلات- زرفام (۲:۲) به ترتیب با ۳۳/۲۹ و ۱۱/۰۸ کیلوگرم بر
کیلوگرم مشاهده شده (جدول ۵ و ۶).
بالاترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر کلزا در کشت

جدول ۵- مقایسه میانگین کارایی فیزیولوژیک، کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن کلزا در کشت مخلوط گندم- کلزا
Table 5- Mean comparison of Physiological efficiency, absorption efficiency and nitrogen use efficiency of canola in the intercropping

تیمارها Treatments	نیتروژن Nitrogen		
	کارایی فیزیولوژیک Nitrogen physiological efficiency (kg.kg ⁻¹)	کارایی جذب Nitrogen absorption efficiency (%)	کارایی مصرف Nitrogen use efficiency (kg.kg ⁻¹)
خالص اکاپی Ocapy	26.12 i	69.71 a	23.45 a
الوند- اکاپی (۱:۱) Alvand- Ocapy (1:1)	27.65 efgh	58.17 abc	16.49 cd
الوند- اکاپی (۲:۲) Alvand- Ocapy (2:2)	27.21 fgh	55.28 cd	17.48 cd
الوند- اکاپی (۳:۳) Alvand- Ocapy (3:3)	27.83 defg	68.88 ab	21.04 abc
الوند- زرفام (۱:۱) Alvand- Zarfam (1:1)	29.51 cd	82.55 cde	18.12 cd
الوند- زرفام (۲:۲) Alvand- Zarfam (2:2)	29.86 bc	48.87 cdef	18.58 bcd
الوند- زرفام (۳:۳) Alvand- Zarfam (3:3)	28.19 cdefg	40.71 defg	20.91 abc
خالص زرفام Zarfam	26.72 fghi	58.78 abc	18.92 abcd
فلات- اکاپی (۱:۱) Falat- Ocapy (1:1)	26.59 ghi	50.98 cd	19.45 abcd
فلات- اکاپی (۲:۲) Falat- Ocapy (2:2)	31.45 ab	48.45 cde	17.58 cd
فلات- اکاپی (۳:۳) Falat- Ocapy (3:3)	29.54 c	46.74 cdef	19.27 abcd
فلات- زرفام (۱:۱) Falat- Zarfam (1:1)	28.41 cdef	64.81 cdef	20.33 abcd
فلات- زرفام (۲:۲) Falat- Zarfam (2:2)	32.29 a	31.82 g	15.69 d
فلات- زرفام (۳:۳) Falat- Zarfam (3:3)	29.09 cde	39.34 efg	23.25 ab

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار (P<0.05) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند
Numbers followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test (P<0.05)

جدول ۶- مقایسه میانگین کارایی فیزیولوژیک، کارایی جذب و کارایی مصرف فسفر کلزا در کشت مخلوط گندم- کلزا
Table 6- Mean comparison of Physiological efficiency, absorption efficiency and Phosphorus use efficiency of canola in the intercropping

تیمارها Treatments	فسفر Phosphorus		
	کارایی فیزیولوژیک Phosphorus physiological efficiency (kg.kg ⁻¹)	کارایی جذب Phosphorus absorption efficiency (%)	کارایی مصرف Phosphorus use efficiency (kg.kg ⁻¹)
خالص اکایی Ocapy	2.43 d	19.85 a	13.45 a
الوند- اکایی (۱:۱) Alvand- Ocapy (1:1)	3.31 bcd	17.63 bcd	12.52 h
الوند- اکایی (۲:۲) Alvand- Ocapy (2:2)	3.94 bcd	17.83 bcd	12.78 f
الوند- اکایی (۳:۳) Alvand- Ocapy (3:3)	4.19 bcd	18.30 bcd	12.94 de
الوند- زرفام (۱:۱) Alvand- Zarfam (1:1)	3.11 cd	17.85 bcd	12.60 g
الوند- زرفام (۲:۲) Alvand- Zarfam (2:2)	3.54 bcd	15.93 ef	12.97 d
الوند- زرفام (۳:۳) Alvand- Zarfam (3:3)	4.58 bcd	18.25 bcd	13.31 b
خالص زرفام Zarfam	9.56 a	17.00 de	12.76 f
فلات- اکایی (۱:۱) Falat- Ocapy (1:1)	6.28 b	16.97 def	12.77 f
فلات- اکایی (۲:۲) Falat- Ocapy (2:2)	4.65 bcd	18.46 abc	13.19 c
فلات- اکایی (۳:۳) Falat- Ocapy (3:3)	4.18 bcd	18.65 ab	12.87 e
فلات- زرفام (۱:۱) Falat- Zarfam (1:1)	5.95 bc	17.81 bcd	13.01 d
فلات- زرفام (۲:۲) Falat- Zarfam (2:2)	11.08 a	15.55 f	12.39 i
فلات- زرفام (۳:۳) Falat- Zarfam (3:3)	4.53 bcd	17.07 cde	12.89 f

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند
Numbers followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

افزایش میزان عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Delogu *et al.*, 1998; Mahler *et al.*, 1994). البته این موضوع در ارقام مختلف متفاوت است. در آزمایش حاضر نیز با افزایش میزان عملکرد کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر کاهش یافته که با نتایج این مطالعات هم‌هنگ است.

کمترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن نیز در کشت خالص رقم اکایی مشاهده شد (جدول ۵). در مورد فسفر نیز تیمار فلات- زرفام (۲:۲) از بیشترین کارایی فیزیولوژیک و کشت خالص رقم اکایی از کمترین میزان کارایی فیزیولوژیک برخوردار بودند (جدول ۶). در بعضی از مطالعات گزارش شده است که کارایی فیزیولوژیک با

فلات -زرغام (۲:۲) مشاهده شد (جدول ۵). در پژوهش‌های مختلف اشاره شده است که کارایی مصرف نیتروژن دارای رابطه نزدیکی با عملکرد دانه می‌باشد و مقادیر بالاتر کارایی مصرف در عملکردهای بالا به‌دست می‌آید (Huggins and Pan, 1993). در مورد فسفر نیز همانند نیتروژن بالاترین و پایین‌ترین کارایی مصرف به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص رقم اکاپی و فلات- زرغام (۲:۲) مشاهده شد (جدول ۶). کارایی پایین مصرف فسفر در تیمار ذکر شده را می‌توان در ارتباط با pH نسبتاً بالای خاک آزمایش (۸/۱۲) دانست. در گزارشات مختلف بیان شده است که در pH قلیایی ممکن است فسفر با عناصری مانند کلسیم واکنش داده و ترکیبات نامحلولی را در خاک تولید کند. به‌طوری‌که در بسیاری از خاک‌های آهکی با pH قلیایی به‌ویژه در نواحی نیمه خشک، به دلیل وفور کربنات‌های معدنی مانند کربنات کلسیم کمبود فسفر مشاهده می‌شود (Seyedi et al., 2013).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه پس از کشت خالص در تیمار کشت سه ردیفی مشاهده شد. این موضوع هم در مورد گندم و هم در مورد کلزا قابل مشاهده شد. بالاترین میزان LER نیز از تیمار کشت سه ردیفی به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده با نتایج بسیاری از آزمایشات دیگر مطابقت دارد (Hamzei and Seyedi, 2012; Koocheki et al., 2009 and) (2014). در بین دو رقم گندم، رقم الوند و در بین دو رقم کلزا، رقم اکاپی از بالاترین میزان عملکرد برخوردار بودند. این مسئله برتری این دو رقم را نسبت به دو رقم مقابل نشان می‌دهد. همچنین بالاترین کارایی‌های مصرف نیتروژن و فسفر بعد از کشت خالص مربوط به تیمارهای کشت سه ردیفی بود. تیمارهای الوند- اکاپی ۳:۳ برای گندم و کشت خالص رقم اکاپی برای کلزا بیشترین کارایی جذب نیتروژن و فسفر را داشت. در مجموع با توجه به مشاهدات این آزمایش می‌توان الگوی کشت سه ردیفی را الگوی مناسبی به منظور دستیابی به عملکرد مناسب و استفاده بهتر از عناصری همچون نیتروژن و فسفر در مورد گندم و کلزا پیشنهاد داد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل پژوهش طرح ۴/۲۸۱۱۷ معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

کارایی بیولوژیک توانایی گیاه را در استفاده از عناصر جذب شده و تولید عملکرد نشان می‌دهد و تا حد زیادی به ژنتیک گیاه بستگی دارد. از این رو تفاوت کارایی بیولوژیک بین ارقام مختلف توجیه‌پذیر است. اعمال هرگونه تیماری که شرایط را برای رشد مطلوب گیاه و افزایش عملکرد گیاه فراهم سازد، موجب افزایش صورت کسر (وزن دانه) و متعاقب آن افزایش کارایی بیولوژیک عناصر می‌گردد. از میان نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، تیمارهایی که شرایط بهتری برای رشد و تولید عملکرد فراهم می‌سازند، با کارایی بیولوژیک بهتری نیز همراه بودند.

به نظر می‌رسد انتخاب مناسب گونه‌ها و نسبت‌های کشت مخلوط، موجب بهبود استفاده از نور، عناصر غذایی، فتوسنتز و نهایتاً تولید عملکرد بهتر می‌شود که از این طریق می‌توان افزایش کارایی بیولوژیک عناصر را انتظار داشت. به‌طور کلی به‌کارگیری تراکم‌های مطلوب دو گونه در کشت مخلوط موجب اشغال مناسب نیچ‌های خالی و افزایش جذب عناصر غذایی در واحد سطح و کاهش میزان تلفات می‌گردد که این امر می‌تواند در بهبود میزان کارایی استفاده از عناصر مؤثر باشد.

کارایی جذب نیتروژن و فسفر کلزا

کشت خالص رقم اکاپی و مخلوط فلات- زرغام (۲:۲) به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد کارایی جذب هم برای نیتروژن و هم برای فسفر را دارا بودند (جدول ۵ و ۶). کارایی جذب نیتروژن، میزان توانایی گیاه برای جذب نیتروژن خاک را بیان می‌کند و همبستگی بالایی با ماده خشک، سطح فتوسنتزکننده و در نهایت عملکرد دانه دارد (Toosi et al., 2011). از آنجایی که کشت خالص رقم اکاپی از بالاترین میزان عملکرد برخوردار بوده است بنابراین بالاترین میزان کارایی جذب را نیز به خود اختصاص داده است. پایین بودن کارایی جذب نیتروژن و فسفر در مخلوط فلات- زرغام (۲:۲) را می‌توان به دلیل پایین بودن عملکرد دانه و تلفات بالای نیتروژن (Rahimizadeh et al., 2011) در این تیمار دانست. اشغال نیچ‌های موجود به‌صورت مطلوب، توزیع بهتر ریشه گیاهان در پروفیل خاک، افزایش توان جذب عناصر غذایی توسط گیاه، افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و کاهش میزان تلفات عناصر غذایی موجب بهبود کارایی جذب عناصر غذایی می‌گردد. کشت مخلوط با ایجاد شرایط مذکور می‌تواند تا حدی در افزایش کارایی جذب عناصر مؤثر باشد.

کارایی مصرف نیتروژن و فسفر کلزا

میزان کارایی مصرف نیتروژن و فسفر در بین تمامی تیمارها متفاوت بود. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن با ۲۳/۴۵ کیلوگرم بذر بر کیلوگرم نیتروژن خاک مربوط به کشت خالص رقم اکاپی بود و کمترین آن با ۱۵/۶۹ کیلوگرم بذر بر کیلوگرم نیتروژن خاک در تیمار

References

1. Alizade, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation of radiation use efficiency of intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and herb sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2 (1): 605-705. (in Persian).
2. Ashraf, M., Qasim, A., and Zafar, I. 2006. Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) Seeds. Science of Food and Agriculture 86: 871-876. (in Persian).
3. Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Flacis, D., Maggiore, T., and Stanca, A. M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9: 11-20.
4. Dobermann, A. 2006. Nitrogen use efficiency in cereal systems. Available at: <http://www.Regional.org.au/asa/2006/plenary/soil/dobermann>. Accessed 12 June 2011.
5. Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghaffari Moghadam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of Corn (*Zea mays*) Squash (*Cucurbita* sp.) Intercropping System and Their Effects on Weed Control. Iranian Journal of Field Crop Science 41 (1): 43-55. (in Persian).
6. Hamzei, J., and Seyedi, M. 2012. Determine the most appropriate combination of Intercropping wheat and canola based on agronomy index, total yield and land equivalent ratio. Journal of Crop Production and Processing 2 (5): 109-119. (in Persian).
7. Harper, L. A., Sharpe, R. R., Langdale, G. W., and Giddens, J. E. 1987. Nitrogen cycling in a wheat crop: Soil, plant and aerial nitrogen transport. Agronomy Journal 79: 965-973.
8. Huggins, D. R., and Pan, W. L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Agronomy Journal 85: 898-905.
9. Jahan, M. 2005. Ecological aspects of intercropping of chamomile (*Chamomilla Marticaria* L.) and Marigold (*Calendula officinalis* L.) along with manure. Master degree thesis in agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
10. Jamshidi, Kh., Mazaheri, D., Majnoon Hosseini, N., Rahimiyan Mashhadi, H., and Peyghambari, A. 2011. Investigation of Corn/Cowpea Intercropping Effect on Suppressing the Weeds. Iranian Journal of Field Crop Sciences 42 (2): 233-241. (in Persian).
11. Javanshir, A., Dabagh Mohamadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. Intercropping ecology. Jihad Daneshgahi, Mashhad. (in Persian).
12. Koochaki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., and Jafari, L. 2014. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. Journal of Agroecology 6 (1): 11-20. (in Persian).
13. Koochaki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., and Rostami, L. 2009. Effect of row intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) on the yield. First National Conference on Oilseeds. (in Persian).
14. Koocheki, A., Gholami, A., Mahdavi Damghani, A., and Tabrizi, L. 2005. Principles of organic agriculture. Ferdowsi University of Mashhad Press. (in Persian).
15. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., and Redondo, R. 2005. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. Field Crops Research 94: 86-97.
16. Lopez-Bellido, R. J., and Lopez-Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research 71: 31-64.
17. Mahale, M. M., Nevase, V. B., and Chavan, P. G. 2008. Yield of sesame (*Sesamum indicum*) and groundnut (*Arachis hypogaea*) as influenced by different. Intercropping ratios and sulphur levels. Legume Research 31: 268-271.
18. Mahler, R. L., Koehler, F. E., and Lutch, L. K. 1994. Nitrogen source, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. Agronomy Journal 86: 637-642.
19. Malakouti, M. J., and Sepehr, A. 2003. Optimum nutrition in oilseeds: an effective step in achieving self-sufficiency in oil. Khaniran, Tehran. (in Persian).
20. Mazaheri, D. 1993. Intercropping. Tehran University Press. (in Persian).
21. Moll, R. H., Kamprath, E. J., and Jackson, W. A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562-564.
22. Moynihan, M., and Simmons, S. R. 1996. Intercropping annual medic with conventional height and semi dwarf barley grown for grain. Agronomy Journal 88: 823-828.
23. Pinedo-Vasquez, M., Padoch, C., McGrath, D., and Ximenes, T. 2000. Biodiversity as a product of smallholders' strategies for Overcoming changes in their natural and social landscapes: A report prepared by the unu/plec Amazonia cluster. PLEC News and Views.
24. Poggio, S. L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems & Environment 109: 48-58.

25. Rahimizadeh, M., Zare Feizabadi, A., and Kashani, V. 2011. Investigation of nitrogen use efficiency in wheat-based double cropping systems under different rate of nitrogen and return of crop residue. *Iran Agricultural Research* 9 (2): 211-221. (in Persian with English abstract).
26. Rezvani Moghadam, P., and Seyedi, M. 2014. The role of organic and biological fertilizers in phosphorus and potassium uptake by *Nigella sativa*. *Horticultural Sciences* 28 (1): 43-53. (in Persian).
27. Salvagiotti, F., Castellarin, 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.
28. Seyedi, M., Rezvani Moghadam, P., and Nasiri Mahalati, M. 2013. Use efficiency and nitrogen harvest index in *Nigella Sativa* in different periods of weed competition. *Plant Production Research* 20 (1): 141-156. (in Persian).
29. Svecnjak, Z., and Rengel, Z. 2006. Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest. *Plant and Soil* 283: 229-307.
30. Toosi, P., Esfahani, M., Rabiei, M., and Rabiei, B. 2011. Effect of Concentration and Time of Supplementary Nitrogen Fertilizer Application on Yield and NUE of Rapeseed (*Brassica napus* L.) as a Second Crop in Paddy Field. *Iranian Journal of Field Crop Science* 42 (2): 387-396. (in Persian with English abstract).
31. Vandermeer, J. H. 1992. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press.
32. Zulfiqar, A. M., Malik, A., and Akhtar Cheema, M. 2000. Studies on determining a suitable canola-wheat intercropping pattern. *International Journal of Agriculture and Biology* 2: 42-44.



Assessment of Yield and Use Efficiency of Nitrogen and Phosphorus in Row Intercropping of Wheat and Canola

A. Koocheki^{1*} - F. Nourbakhsh² - M. Cheshmi³

Received: 21-06-2015

Accepted: 09-01-2016

Introduction

Intercropping is one of the most effective approaches for developing sustainable agriculture which causes control of soil erosion, decreasing usage of agrochemicals, increasing biodiversity, yield in area unit, quantity and quality of the product and it finally makes stability in agronomical ecosystems. Many researchers consider the multiple cropping as the most important factor for increasing the diversity of cultures in agricultural ecosystems. Increasing crop diversity through intercropping can be effective to improve the ecological functions and ecosystem services.

The aim of this study was to determine the best pattern of wheat and canola intercropping based on yield and nutrition use efficiency.

Materials and Methods

In order to study the effects of intercropping on yield and nitrogen and phosphorus use efficiency, a field experiment was conducted as randomized complete block design (RCBD) at Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2012-2013 growing season. Experimental treatments were included planting patterns of wheat (Alvand and Falat cultivars) and canola (Ocapy and Zarfam cultivars) intercropping with ratios of 1:1, 2:2, 3:3 and sole cropping of them with three replications. The size of each plot was 6 m² and distance between plots and blocks were 0.5 and 1 m, respectively. Planting of wheat and canola cultivars were done with densities of 320 and 80 plant per m², respectively, at the same time.

Nitrogen content of plant was determined by microkjeldal machine and wet digestion method. Phosphorus content was measured by spectrophotometer machine and Olsen method. Land equivalent ratio (LER) was used to evaluate the advantage of the intercropping. Analysis of variance was done with SAS ver 9.1 software and means were compared with Duncan's test at the 5% level of probability.

Results and Discussion

The results showed that the highest economical yield was obtained from sole cropping of Alvand (4199.77 kg ha⁻¹). Treatment of Alvand-Ocapy intercropping (3:3) had the highest economical yield within different patterns of intercropping. The highest and lowest biological yield of wheat were revealed from sole cropping of Alvand and Falat-Zarfam intercropping (2:2), respectively. The sole cropping of Ocapy and Falat-Zarfam intercropping (2:2) had the highest (4034.54 kg ha⁻¹) and lowest (1691.98 kg ha⁻¹) economical yield of canola. The highest and lowest amounts of canola biological yield were obtained from sole cropping of Ocapy and Falat-Zarfam intercropping (2:2), respectively. Land equivalent ratio (LER) in all different patterns of intercropping was more than one which shows advantage of the intercropping. The highest LER was obtained from Alvand-Ocapy intercropping (3:3). The highest nitrogen and phosphorus physiological efficiency were observed in sole cropping of Falat cultivar (wheat) and in the case of canola was obtained from Falat-Zarfam intercropping (2:2). The sole cropping of Alvand and Alvand-Ocapy intercropping (3:3) had the highest use efficiency of nitrogen and phosphorus, respectively. The highest amount of nitrogen and phosphorus uptake was obtained from Alvand- Ocapy intercropping (3:3) and sole cropping of Ocapy (respectively, for wheat and canole).

1- Professors of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- PhD in Agro-ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- PhD Student of Ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

Conclusions

The results of this study indicated that treatment of Alvand- Ocapy intercropping (3:3) had the highest economical yield, land equivalent ratio and also the highest amount of nitrogen and phosphorus uptake. This planting pattern can be suggested to obtain proper yield of wheat and canola as well as appropriate amount of nitrogen and phosphorus uptake.

Keywords: Harvest index, Intercropping, Physiological efficiency, Uptake efficiency, Use efficiency



بررسی تأثیر کودهای آلی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

سید مرتضی عظیم زاده^{*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر انواع کودهای آلی و زمان‌های مختلف استفاده از کودهای آلی بر عملکرد گلرنگ آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبروان در دو سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲ و ۱۳۹۲-۹۳ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل کودهای آلی و تاریخ استفاده از آنها بود. تیمارهای کودی شامل کود ورمی کمپوست در سه سطح چهار، هفت و ۱۰ تن در هکتار، کود کمپوست زباله شهری در سه سطح پنج، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود گاوی در سه سطح ۲۰، ۳۳ و ۵۰ تن در هکتار، کود شیمیایی نیتروژن به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و شاهد بود که به‌طور هم‌زمان و در دو سال اعمال شدند. تاریخ استفاده از کودها اول اسفند و اول اردیبهشت هر سال بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج آزمایش نشان داد که در سال اول آزمایش، کوددهی قبل از کشت (اول اسفند) باعث ۱۲ درصد افزایش در عملکرد دانه شد ولی در سال دوم، کوددهی هم‌زمان با کشت (اول اردیبهشت) باعث ۱۲/۸ درصد افزایش در عملکرد دانه گردید. در سال اول آزمایش در کوددهی قبل از کشت، به‌جز تیمار ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری بقیه تیمارها عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با تیمار کود نیتروژن و شاهد تولید کردند. در سال اول در تیمار کوددهی هم‌زمان با کشت تیمار کود نیتروژن بیشترین عملکرد دانه را در مقایسه با بقیه تیمارها تولید نمود. در سال دوم در کوددهی قبل از کشت به‌جز تیمارهای چهار تن در هکتار ورمی کمپوست و ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری، بقیه تیمارها در مقایسه با شاهد و کود نیتروژن عملکرد دانه بیشتری تولید نمودند اما در کوددهی هم‌زمان با کشت، تیمارهای کود نیتروژن، چهار و هفت تن در هکتار ورمی کمپوست بیشترین عملکرد دانه را تولید نمودند. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد کاربرد پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری حدود دو ماه قبل از کشت بهترین تیمار برای تولید گلرنگ در شمال خراسان باشد.

واژه‌های کلیدی: کود گاوی، کمپوست زباله شهری، نیتروژن، ورمی کمپوست

مقدمه

ویژگی‌های زیستی و فیزیکی خاک می‌گردد. با این حال تعادل مواد غذایی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد نیز از اهمیت زیادی برخوردار است که باعث نیاز کمتر به کودهای شیمیایی می‌شود. عدم تعادل مواد غذایی را می‌توان با افزودن مواد آلی و عناصر کم مصرف به خاک برطرف کرد. در واقع تعادل مواد غذایی در کودهای آلی اهمیت بسیار زیادی در مقایسه با افزودن کودهای شیمیایی دارد و در نتیجه می‌تواند باعث افزایش کمیت و کیفیت محصولات غذایی شود (Mallakooti and Tehrani, 1999).

استفاده از کودهای شیمیایی تأثیرات زیادی بر تولیدات کشاورزی داشته و در دهه‌های اخیر باعث افزایش چشمگیر درآمد کشاورزان شده است. البته کودهای شیمیایی مشکلات اکولوژیکی و زیست محیطی زیادی نیز به دنبال داشته است (Kaviani et al., 2008). در ایران همانند اکثر کشورهای دنیا مصرف افراطی نهاده‌های شیمیایی از جمله کودها به‌منظور حصول عملکرد بالا و جبران کمبود مواد

ماده‌ی آلی خاک رشد و عملکرد گیاه را به‌طور مستقیم از طریق فراهم نمودن مواد غذایی و غیر مستقیم از راه تعدیل خصوصیات فیزیکی خاک تحت تأثیر قرار می‌دهد. مواد آلی موجب بهبود محیط ریشه و تحریک رشد گیاه می‌گردد. تولید محصول زراعی با استفاده از کودهای آلی گامی در جهت پایداری کشت بوم‌های زراعی می‌باشد. به همین دلیل در سال‌های اخیر کودهای آلی مورد توجه پژوهشگران و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی قرار گرفته است (Siadat and Moradi telavat, 2011). بازگشت دوره‌ای مواد آلی به خاک و تناوب زراعی موجب بهبود

۱- دانشجویار، گروه زراعت، واحد شبروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شبروان، ایران
(*) نویسنده مسئول: Email: mortezaazimzadeh@gmail.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i3.49077

نموده و اظهار داشتند که بین تیمارهای کودهای شیمیایی و کمپوست اختلاف معنی داری از نظر ارتفاع بوته وجود نداشت. در تحقیق دیگری رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2009) گزارش نمودند که اثر کود ورمی کمپوست بر ارتفاع بوته، درصد برگ و گل آذین و تعداد شاخه‌ی جانبی در گیاه دارویی مرزه معنی دار بود و منجر به افزایش معنی دار ارتفاع گیاه، درصد برگ و گل آذین و تعداد شاخه‌ی جانبی در مقایسه با شاهد شد. امین غفوری و همکاران (Amin Gafouri et al., 2010) مشاهده کردند که در میان تیمارهای کود آلی، ورمی کمپوست بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه کرچک (*Ricinus communis* L.) داشت. در گزارش دیگری مصرف سه تن ورمی کمپوست در هکتار باعث افزایش مقدار غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در نخود (*Cicer L.* arietinum) شده است (Jat and Ahlawat, 2004). نتایج آزمایش دیگر بیانگر این است که ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) نیز شده است (Cavender et al., 2003).

با وجود اینکه نوسانات شدید درجه حرارت و بارندگی بارزترین ویژگی مناطق خشک محسوب می شود ولی از نقطه نظر پایداری اکوسیستم های زراعی در این مناطق، حفظ منابع خاک و بالا بودن ظرفیت نگهداری آب خاک، عناصر کلیدی محسوب می شوند (Stewart and Barnett, 1987). مهمترین فرآیندهای تخریب خاک در مناطق خشک، فرسایش خاک و اتلاف مواد آلی بوده (Pieri, 1995) و استفاده از مواد آلی، رایج ترین روش مدیریت در این ارتباط می باشد (Robinson et al., 1994). وجود مواد آلی به میزان کافی نیز به نوبه خود تحت تأثیر میزان آب قابل استفاده قرار دارد. بنابراین پایداری اکوسیستم های زراعی و ثبات تولید در مناطق خشک تحت تأثیر مجموعه ای از اثرات متقابل قرار داشته و انتخاب روش مدیریت باید با در نظر گرفتن کلیه موارد فوق انجام گیرد (Pieri, 1995; Robinson et al., 1994) هدف از اجرای این آزمایش نیز بررسی تأثیر انواع کودهای آلی و تاریخ استفاده از آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ در راستای نیل به کشاورزی پایدار بود.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر انواع کودهای آلی و زمان های مختلف استفاده از آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ رقم پدیده، آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان در سال های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای کودی شامل کود ورمی کمپوست در سه سطح چهار، هفت و ۱۰ تن در هکتار، کود کمپوست زباله شهری در سه سطح پنج، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، کود گاوی در سه سطح ۲۰، ۳۳ و ۵۰ تن در هکتار، کود

غذایی باعث تخریب منابع آب و خاک شده است. علاوه بر آن آبشویی کودهای شیمیایی محلول در آب مخصوصاً کودهای ازته در بعضی مناطق باعث آلودگی آب های شرب و همچنین باعث سرشارسازی آب دریاچه ها و تالاب ها شده است (Ardakani, 2005). به همین دلیل محققین در سال های گذشته تلاش های زیادی به منظور جایگزین نمودن کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی نموده اند. در همین رابطه سعید نژاد و رضوانی مقدم (Saeed Nejad and Rezvani Moghaddam, 2010) تأثیر کودهای دامی، کمپوست و ورمی کمپوست را بر گیاه زیره (*Cuminum cyminum* L.) بررسی و گزارش نموده اند تیمار ورمی کمپوست دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک و بیشترین عملکرد دانه بود. کود ورمی کمپوست نوعی کود آلی بوده که عاری از بذر علف های هرز بوده و سبک و فاقد بو و دارای عناصر غذای میکرو می باشد (Atiyeh et al., 2000; Barker and Bryson, 2006). نتایج بررسی تأثیر کودهای آلی در یک آزمایش بر روی گلرنگ در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری نشان داد که در شرایط آبیاری کامل مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، عملکرد دانه بیشتری تولید نمود و در مقایسه با کود شیمیایی ۱۲/۵ درصد عملکرد کمتری داشت ولی در شرایط کم آبیاری مصرف ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با کود شیمیایی ۲۵ درصد محصول بیشتری تولید نمود. در شرایط کم آبیاری مصرف ۵۰ تن در هکتار کود گاوی نیز معادل کود شیمیایی عملکرد دانه تولید نمود (Azimzadeh, 2013). صالح آبادی و همکاران (Salehabadi et al., 2015)، گزارش نمودند که مصرف ۱۴ تن در هکتار ورمی کمپوست و ۵۰ تن در هکتار کود گاوی در مقایسه با کود شیمیایی عملکرد خیار را افزایش داد. در آزمایش دیگری تأثیر کودهای آلی بر عملکرد کلزا مطالعه و گزارش شده است که تیمار استفاده از ۵۰ تن در هکتار کود گاوی در مقایسه با بقیه تیمارها در شرایط کم آبیاری بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود (Azimzadeh, 2015). مهرآفرید و همکاران (Mehrafarid et al., 2014) تأثیر کود گاوی، کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست را بر عملکرد گلرنگ بررسی و گزارش نمودند که مصرف پنج تن کمپوست زباله شهری بهترین نتیجه را در مقایسه با بقیه کودها داشته است.

فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2008) اثر کودهای آلی را روی اسانس و کامازولین در گیاه دارویی بابونه ای آلمانی (*Matricaria Chamomilla*) مطالعه کرده و گزارش نمودند که بیشترین اثر بر عملکرد بذر مربوط به تیمار کود گاوی بوده و پس از آن تیمارهای کمپوست، ورمی کمپوست و شاهد قرار داشتند. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010)، تأثیر کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) در تراکم های مختلف کاشت را بررسی

نیترژن در کودهای کمپوست زباله شهری، ورمی کمپوست و کود گاوی به ترتیب ۱ درصد، ۱/۴ درصد و ۰/۳ درصد بود (جدول ۱) که با توجه به این مقادیر تیمارهای ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری، هفت تن در هکتار ورمی کمپوست و ۳۵ تن در هکتار کود گاوی حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیترژن آزاد خواهند کرد. مقادیر مختلف هریک از کودها به صورت مستقل و به صورت تصادفی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی کودهای آلی

Table 1- Results of chemical analysis of organic fertilizers

نوع کود Kind of fertilizer	سدیم Sodium %	فسفر Phosphorus %	پتاسیم Potassium %	نیترژن Nitrogen %	کربن Carbon %	رطوبت Moisture %	هدایت الکتریکی EC-ds m ⁻¹	اسیدیته PH
کمپوست زباله شهری Solid waste compost	0.72	0.12	1.34	1	32	22.6	3.8	8.3
ورمی کمپوست Vermicompost	0.7	1.5	1.1	1.4	20	10	2.3	7.5
کود گاوی Cow manure	-	-	-	0.3	20	-	7	8

MSTAT-C مورد تجزیه مرکب قرار گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل تاریخ استفاده از کود در نوع کودها در سال بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق، فقط این اثرات متقابل در دو سال ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ بر صفات مذکور مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲).

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تاریخ استفاده

از کود و نوع کودها در سال ۹۲-۱۳۹۱ (سال اول)

همان‌گونه که در جدول شماره ۲ ملاحظه می‌شود متوسط عملکرد دانه گلرنگ در تیمار کوددهی قبل از کشت و کوددهی همزمان با کشت به ترتیب ۱۵۱۸ و ۱۳۳۸ کیلوگرم در هکتار بود. استفاده کودهای آلی دو ماه قبل از کشت، افزایش عملکردی معادل ۱۲ درصد را باعث شد. دلیل این موضوع می‌تواند زمان کافی برای تجزیه کودهای آلی در خاک باشد که در این زمان عملیات معدنی شدن تحت تأثیر موجودات تجزیه‌کننده خاک انجام شده و قابلیت استفاده آنها را برای گیاه فراهم نموده است (Azimzadeh, 2015). دابنی و همکاران (Dabney et al., 2001) گزارش نموده‌اند فاصله زمانی مصرف کودهای آلی نباید با کشت گیاهان زراعی زیاد باشد

شیمیایی نیترژن به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و شاهد بود که به‌طور هم‌زمان و در دو سال اعمال شدند. تاریخ استفاده از کودها اول اسفند و اول اردیبهشت هر سال بود. تاریخ اول، دو ماه قبل از کشت (اول اسفند) و تاریخ دوم، هم‌زمان با کشت (اول اردیبهشت) بود. تیمار دوم هریک از کودهای آلی با توجه به مقدار نیترژن آنها معادل تیمار کود شیمیایی نیترژنه در نظر گرفته شد چون هدف اصلی جایگزینی کودهای آلی به جای نیترژن بود. مقدار

۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل به صورت یکنواخت در همه تیمارها استفاده شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. تاریخ استفاده از کودها در کرت‌های اصلی و کودهای مصرفی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طول کرت‌های فرعی سه و عرض آنها دو متر بود. به منظور آماده‌سازی زمین ابتدا از شخم برگردان‌دار استفاده شد و سپس زمین به تعداد لازم دیسک زده شده و نهایتاً تسطیح و بذر گلرنگ روی ردیف‌هایی به فاصله ۴۵ سانتی‌متر و با عمق تقریبی پنج سانتی‌متر کشت شد. مقادیر مورد نیاز کودهای مختلف در اول اسفند در داخل کرت‌ها با دست پخش شده و با بیل با خاک کاملاً مخلوط شده و به همین حال تا اول اردیبهشت رها شدند. در اول اردیبهشت ماه کرت‌هایی که باید هم‌زمان با کشت کود دریافت می‌کردند به مقدار لازم از هریک از کودها در سطح کرت‌ها پخش شده و با بیل با خاک کاملاً مخلوط شد. کرت‌هایی که که قبلاً کود داده شده بودند و کرت‌هایی که جدیداً کود دریافت نموده بودند به‌طور هم‌زمان کشت شدند. بلافاصله بعد از کشت در تاریخ سوم اردیبهشت آبیاری انجام شد و بعد از آن نیز در مراحل تولید ساقه گل‌دهنده (بیستم خرداد) و گلدهی (بیستم تیر) آبیاری انجام شد. کلیه عملیات مذکور در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به‌طور یکنواخت اجرا شد.

در طول فصل زراعی و بعد از جمع‌آوری محصول از صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک یادداشت‌برداری به عمل آمد. داده‌ها با نرم‌افزار

را در مقایسه با مصرف پاییزه آن در کدوی پوست کاغذی توصیه نموده‌اند.

چون ممکن است باعث هدرروی عناصر غذایی شود و به همین دلیل جهان و همکاران (Jahan et al., 2013) مصرف بهاره کودهای آلی

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در گلرنگ تحت تأثیر تیمارهای کود آلی و تاریخ استفاده کود در سال‌های ۱۳۹۱-۹۲ و ۱۳۹۲-۹۳
Table 2- The results of combined analysis of variance of recorded traits of Safflower under the effect of organic fertilizer treatments and dates of application in 2013 and 2014 years

treatments and dates of application in 2012 and 2014 years									
منابع تغییرات		درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد طبق	تعداد دانه	وزن هزار دانه	ارتفاع	شاخص برداشت
S. O. V	d. f	Seed yield	Biological yield	Capitol /plant	Seed /capitol	Thousands kernel weight	Height	Harvest index	
سال (Year)	1	17633182**	625626260.4**	1134.6**	2617.49**	427.320**	2333.2**	2034.32**	
تکرار در سال (Rep* Year)	4	57461.25**	499471.12**	5.877**	21.645ns	12.138ns	161.082**	81226ns	
تاریخ استفاده از کود (Date of fertilizing)	1	57333.34*	248386.9ns	13.878*	7.469ns	4.184ns	0.134ns	1.571ns	
تاریخ استفاده از کود در سال (Date of fertilizing* Year)	1	627486.3**	505178.4*	1.019ns	15397ns	1.820ns	183.891ns	220.488ns	
خطا (Error)	4	6357.06	64498.06	1.559	30.858	27.388	135.810	111.520	
کود (Fertilizer)	10	174876.9**	2259405.31**	5.568**	50.537**	6.656ns	55.133ns	45.192ns	
کود در سال (Fertilizer* Year)	10	40012.9**	867018.7**	4.695**	27864*	8.387ns	39.173ns	37.847ns	
کود در تاریخ استفاده از کود (Fertilizer* Date of fertilizing)	10	197762.4**	2568023.7**	13.578**	41.584**	6.30ns	37ns	38.197ns	
کود در تاریخ استفاده از کود در سال (Fertilizer* Date of fertilizing* Year)	10	89566.12**	1099985.9**	12.619**	25.026*	2.970ns	28ns	38.199ns	
خطا (Error)	80	14608.8	152323.92	1.496	13.158	6.888	23.61	45.871	
ضریب تغییرات (CV%)		11.37	8.5	16.5	16.5	8	7.4	26.7	

ns و *، **، ns، significant at 1% and 5% levels of probability and no significant difference respectively

شهری باشد چون کودهای آلی می‌توانند آب زیادی جذب کرده و به دلیل حساسیت گلرنگ به رطوبت زیاد باعث محدودیت رشد و کاهش عملکرد آن شده باشد. گزارشات دیگری نیز حاکی از این است که با افزایش مصرف کودهای آلی هدایت الکتریکی خاک افزایش یافته است (Azimzadeh et al., 2014; Singer et al., 2004). علاوه بر آن مقدار زیاد کودهای آلی می‌تواند باعث رقابت بین ریزموجودات تجزیه‌کننده مواد آلی و گیاه برای مصرف نیتروژن باشد که باعث محدودیت رشد گیاه می‌شود (Lal, 1995). آزمایش دیگری (Azimzadeh, 2013) نیز مبین کاهش عملکرد گلرنگ با افزایش مصرف کمپوست زباله شهری می‌باشد. افزایش عملکرد دانه در تیمار استفاده از پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با تیمار کود شیمیایی ۲۱ درصد بود.

زمانی که کودها هم‌زمان با کشت استفاده شدند تیمار کود شیمیایی در مقایسه با تمامی تیمارها عملکرد بیشتری تولید نمود (جدول ۲). دلیل این موضوع می‌تواند قابلیت دسترسی بهتر گیاه به نیترات باشد که از کود اوره آزاد می‌شود. آزاد شدن مواد غذایی گیاه از کودهای آلی مدت زمان بیشتری نیاز دارد که در طول این مدت گیاه با محدودیت جذب مواد غذایی روبه‌رو خواهد بود که باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (Siadat and Moradi telavat, 2011). علی‌رغم عدم وجود تفاوت معنی‌دار تأثیر تیمارهای مختلف کود ورمی کمپوست در کوددهی هم‌زمان با کشت بر عملکرد دانه از همان روندی تبعیت نمود که کوددهی قبل از کشت نشان داده بود ولی اختلاف بین تیمارها کمتر بود. یعنی علی‌رغم عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین مقدار چهار، هفت و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، مصرف هفت تن در هکتار در مقایسه با دو سطح دیگر عملکرد دانه بیشتری تولید نمود (۱۵۰۳ کیلوگرم در هکتار). در کوددهی هم‌زمان با کشت، مصرف ۳۳ تن در هکتار کود گاوی در مقایسه با ۲۰ و ۵۰ تن در هکتار عملکرد دانه بیشتری تولید نمود (۱۵۰۸ کیلوگرم در هکتار). عملکرد دانه در کوددهی هم‌زمان با کشت در تیمار ۲۰ تن در هکتار کود گاوی ۸۸۱ کیلوگرم در هکتار بود که با افزایش کود به ۳۳ تن در هکتار به ۱۵۰۸ کیلوگرم در هکتار رسید. دلیل افزایش عملکرد دانه در تیمار ۳۳ تن کود گاوی در هکتار در مقایسه با ۲۰ تن کود گاوی در هکتار می‌تواند به دلیل حجم بیشتر کود در این تیمار بوده که توانسته است کاهش زمان لازم برای تجزیه کود را جبران کند. افزایش مصرف کود گاوی به ۵۰ تن در هکتار عملکرد دانه را به ۱۲۷۳ کیلوگرم در هکتار کاهش داد. البته همان‌گونه که ذکر شد کاهش عملکرد دانه با مصرف بیشتر کود می‌تواند به دلیل افزایش هدایت الکتریکی خاک باشد که برای گیاه ایجاد محدودیت می‌نماید (Marcote et al., 2001). مصرف پنج، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری هم‌زمان با کشت نیز همان روند استفاده از این نوع کود قبل از کشت را نشان داد. یعنی

در سال اول وقتی که کوددهی قبل از کشت انجام شد عملکرد دانه در شرایط شاهد و تیمار استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن به‌ترتیب با تولید ۱۳۴۷ و ۱۳۴۸ کیلوگرم در هکتار تفاوتی نشان ندادند. سه تیمار چهار، هفت و ۱۰ تن در هکتار کود ورمی کمپوست به‌ترتیب ۱۵۰۱، ۱۷۹۱ و ۱۴۰۰ کیلوگرم در هکتار دانه تولید نمودند که بیشترین مقدار متعلق به تیمار استفاده از ۷ تن در هکتار کود ورمی کمپوست بود. تیمار هفت تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با تیمار کود شیمیایی از نظر عملکرد دانه افزایش معنی‌داری نشان داد که این افزایش معادل ۲۴/۷ درصد بود. آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2005) اظهار داشتند که در ورمی کمپوست، مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی نظیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلین وجود دارد این مواد به‌تدریج آزاد شده و سبب رشد و نمو گیاه می‌گردد. همچنین آن‌ها دریافتند تأثیری که ورمی کمپوست از این طریق روی رشد گیاه اعمال می‌کند، می‌تواند به‌مراتب بیشتر از تأثیر عرضه عناصر غذایی برای گیاه باشد.

مصرف ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار عملکرد دانه را در مقایسه با پنج تن در هکتار ۲۱/۸ درصد کاهش داد. این کاهش عملکرد می‌تواند به وجود عناصر سنگین در اثر مصرف زیاد کود نسبت داده شود. مامو و همکاران (Mamo et al., 1998) نیز گزارش نمودند که کمپوست‌ها ممکن است به دلیل وجود مواد سمی باعث محدودیت رشد گیاه شوند. در آزمایش دیگری نیز در گلرنگ مصرف هفت تن ورمی کمپوست در مقایسه با چهار و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار عملکرد دانه بیشتری تولید نمود (Azimzadeh, 2013).

در کوددهی قبل از کشت در بین تیمارهای کود گاوی نیز مصرف ۲۰ تن در هکتار در مقایسه با ۳۳ و ۵۰ تن در هکتار عملکرد بیشتری تولید نمود. البته با افزایش مقدار کود گاوی از ۲۰ به ۳۳ و ۵۰ تن در هکتار عملکرد دانه از ۱۷۲۳ به ۱۵۴۱ و ۱۴۶۱ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. هر سه تیمار کود گاوی در مقایسه با تیمار کود شیمیایی عملکرد بیشتری تولید نمودند. اختلاف عملکرد تیمار ۲۰ تن در هکتار کود گاوی و تیمار کود شیمیایی معادل ۲۱/۷ درصد بود. مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری عملکردی معادل ۱۷۰۹ کیلوگرم در هکتار تولید نمود. با افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از پنج به ۱۵ تن در هکتار عملکرد دانه از ۱۷۰۹ به ۱۵۴۱ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. دلیل این موضوع می‌تواند افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر مصرف زیاد کود باشد (Marcote et al., 2001). ریشه‌های عمیق گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) می‌توانند رطوبت را از اعماق پایین‌تر خاک جذب نمایند (Naraki, 2001). علاوه بر آن گلرنگ از آب زیاد آسیب می‌بیند (Khajehpoor, 2004). این موضوع می‌تواند یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش عملکرد گیاه در تیمارهای ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله

بیشترین عملکرد دانه با مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری تولید شد (۱۳۷۹ کیلو گرم در هکتار). مهرآفرید و همکاران (Mehrafarid et al., 2014) نیز تأکید بر مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله‌ی شهری برای تولید گلرنگ داشتند.

متوسط عملکرد بیولوژیک در تیمار کوددهی قبل از کشت (۶۷۵۳ کیلوگرم در هکتار) و کوددهی هم‌زمان با کشت (۶۷۱۶ کیلوگرم در هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود در کوددهی قبل از کشت عملکرد بیولوژیک در تمامی تیمارهای کود آلی بیشتر از شاهد و تیمار کود شیمیایی بود. بین سه سطح مصرف کود ورمی کمپوست زمانی که کوددهی قبل از کشت انجام شد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج نشان داد که تفاوت بین سه سطح کود گاوی نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود ولی افزایش مصرف کود از ۲۰ به ۳۳ و ۵۰ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک را از ۷۴۷۶ به ۷۴۱۳ و ۶۵۵۳ کیلوگرم در هکتار کاهش داد. در زمانی که کوددهی قبل از کشت بود مصرف ۵ تن در هکتار کود کمپوست زباله شهری در مقایسه با ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۹۸۰ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود.

در زمانی که کوددهی هم‌زمان با کشت انجام شد بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار استفاده از کود شیمیایی با ۸۵۲۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که شاید یکی از دلایل آن دسترسی به‌موقع به نیترات بود. عملکرد بیولوژیک در سه تیمار ورمی کمپوست در کوددهی هم‌زمان با کشت، اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در کوددهی هم‌زمان با کشت در بین سه سطح کود گاوی بیشترین عملکرد بیولوژیک متعلق مصرف ۳۳ تن در هکتار کود گاوی بود (۸۰۳۳ کیلو گرم در هکتار). مصرف ۳۳ تن در هکتار کود گاوی هم‌زمان با کشت در مقایسه با ۲۰ تن در هکتار ۳۱/۶ درصد افزایش عملکرد بیولوژیک نشان داد. کاهش عملکرد بیولوژیک در تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کود گاوی نیز ممکن است به دلیل زمان بر بودن تجزیه کودی باشد که افزایش مقدار آن به ۳۳ تن در هکتار توانسته است این تأخیر زمانی را جبران کند. علی‌رغم عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین سه سطح کمپوست زباله شهری زمانی که هم‌زمان با کشت استفاده شدند مصرف ۵ تن در هکتار، بیشترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمود.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تاریخ

استفاده از کود و نوع کودها در سال ۹۳-۱۳۹۲ (سال دوم)

در سال زراعی دوم متوسط عملکرد دانه زمانی که کوددهی قبل از کشت انجام شد ۶۴۹ و زمانی که کوددهی هم‌زمان با کشت انجام شد ۷۴۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲) در حالی که در سال ۹۲-۱۳۹۱ یعنی اولین سال استفاده از کود آلی روند دقیقاً برعکس بود. به‌نظر می‌رسد دلیل این که در سال ۹۳-۱۳۹۲ کوددهی هم‌زمان با

کشت عملکرد بیشتری تولید نموده است به ذخیره کود در خاک مربوط می‌شود. کودهای آلی به مرور زمان در خاک تجزیه می‌شوند و در طول دوره رویش می‌توانند مورد استفاده گیاه قرار گیرند و حتی برای سال بعد نیز می‌توانند در خاک ذخیره شده و مورد استفاده واقع شوند. در سال ۹۳-۱۳۹۲ گیاه علاوه بر عناصر غذایی که از کود مورد استفاده در آن سال استفاده نموده است از ذخیره کودی سال قبل نیز بهره‌مند شده و باعث افزایش عملکرد شده است.

با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌شود عملکرد دانه در کوددهی قبل از کشت در تیمار مصرف هفت تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با تیمار چهار و ۱۰ تن در هکتار بیشتر بود. افزایش عملکرد دانه در تیمار هفت تن در هکتار در مقایسه مصرف چهار تن در هکتار ۵۲/۵ درصد و در مقایسه با تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار ۱۰ درصد بیشتر بود. در بین سه سطح مصرف کود گاوی نیز سطح دوم کود گاوی یعنی مصرف ۳۳ تن در هکتار کود گاوی در مقایسه با ۲۰ و ۵۰ تن در هکتار عملکرد بیشتری تولید نمود. مصرف ۳۳ تن در هکتار کود گاوی در مقایسه با ۲۰ تن در هکتار ۱۵/۸ درصد و در مقایسه با ۵۰ تن در هکتار ۳۰ درصد افزایش یافت. در بین سه سطح کمپوست زباله شهری مصرف پنج تن در هکتار در مقایسه با ۱۰ تن و ۱۵ تن در هکتار به‌ترتیب ۳۶ درصد و ۶۴ درصد افزایش عملکرد دانه داشت. کلیه تیمارهای مورد بررسی به‌جز تیمار چهار تن در هکتار ورمی کمپوست و ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با شاهد و تیمار کود شیمیایی، عملکرد دانه بیشتری تولید نمودند. به نظر می‌رسد همانند سال اول مقادیر بالای کودهای آلی باعث محدودیت رشد گیاه شده که کاهش محصول را به‌دنبال داشت.

در کوددهی هم‌زمان با کشت مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با چهار و هفت تن در هکتار، کمترین عملکرد دانه را دارا بود. در بین تیمارهای کود گاوی تیمار ۵۰ تن در هکتار در مقایسه با ۲۰ و ۳۳ تن در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود. در بین سه تیمار کمپوست زباله شهری نیز بیشترین عملکرد دانه در مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری تولید شد (جدول ۲). تولید بیشتر دانه‌ی گلرنگ با مصرف ۵۰ تن کود گاوی در هکتار در مقایسه با مقادیر کمتر آن توسط عظیم زاده (Azimzadeh, 2013) نیز گزارش شده است.

متوسط عملکرد بیولوژیک در کوددهی قبل از کشت ۲۲۷۵ کیلوگرم در هکتار و در کوددهی هم‌زمان با کشت ۲۴۸۵ کیلوگرم در هکتار بود که در کوددهی هم‌زمان با کشت ۸/۵ درصد افزایش عملکرد نشان داد (جدول ۲). عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف کوددهی قبل از کشت از روند مشابه با عملکرد دانه تبعیت نمود (جدول ۲).

در کوددهی قبل از کشت در بین تیمارهای ورمی کمپوست، مصرف هفت تن در هکتار، بین تیمارهای کود گاوی مصرف ۳۳ تن

در هکتار و بین تیمارهای کمپوست زباله شهری تیمار پنج تن در هکتار در مقایسه با بقیه تیمارها عملکرد بیولوژیک بیشتری تولید نمود.

جدول ۲- اثرات متقابل تاریخ استفاده از کودهای آلی و کودهای آلی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گلرنگ دو فصل رشد ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲

Table 2- Interaction effect of organic fertilizers and dates of application on seed and biological yield of safflower in 2013 and 2014 growing season

تیمارهای آزمایش – Treatments	عملکرد دانه – کیلوگرم در هکتار Seed yield kg ha ⁻¹		عملکرد بیولوژیک – کیلوگرم در هکتار Biological yield kg ha ⁻¹	
	کوددهی قبل از کشت Fertilizing before planting	کوددهی هم‌زمان با کشت Fertilizing at planting time	کوددهی قبل از کشت Fertilizing before planting	کوددهی هم‌زمان با کشت Fertilizing at planting time
	۱۳۹۱-۹۲ (2013)			
Control شاهد	1347c-f*	1098fg	5540e-g	5286g
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن 100 kg.h ⁻¹ nitrogen	1348c-f	1825a	6166c-g	8526a
۴ تن در هکتار ورمی کمپوست 4 ton.ha ⁻¹ vermicompost	1501a-d	1457a-f	6746b-f	6873b-e
۷ تن در هکتار ورمی کمپوست 7 ton.ha ⁻¹ vermicompost	1791ab	1503a-e	6800b-f	6653c-f
۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست 10 ton.ha ⁻¹ vermicompost	1400b-f	1403b-f	6266c-g	6840b-e
۲۰ تن در هکتار کود گاوی 20 ton.ha ⁻¹ cow manure	1723a-c	881g	7476a-c	5496fg
۳۳ تن در هکتار کود گاوی 33 ton.ha ⁻¹ cow manure	1541a-d	1508a-e	7413a-c	8033ab
۵۰ تن در هکتار کود گاوی 50 ton.ha ⁻¹ cow manure	1461a-f	1273d-f	6553c-g	7413a-c
۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری 5 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	1709a-c	1379c-f	7980ab	6513c-g
۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری 10 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	1338c-f	1133e-g	6260fc-g	5766d-g
۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری 15 ton.ha ⁻¹ solid waste compos	1541a-d	1266e-g	7080b-d	6473c-g
Average متوسط	1518	1338	6753	6716
۱۳۹۲-۹۳ (2014)				
Control شاهد	404j-l	590g-i	1751h-j	1913hi
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن 100 kg.h ⁻¹ nitrogen	576l-i	885bc	1984gh	276cl
۴ تن در هکتار ورمی کمپوست 4 ton.ha ⁻¹ vermicompost	355l	906b	1196k	3082b
۷ تن در هکتار ورمی کمپوست 7 ton.ha ⁻¹ vermicompost	746c-f	896b	2538c-e	2645cd
۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست 10ton.ha ⁻¹ vermicompost	672e-i	714ef-h	2442d-f	2570c-e
۲۰ تن در هکتار کود گاوی 20 ton.ha ⁻¹ cow manure	736d-g	525i-k	2784c	1685ij
۳۳ تن در هکتار کود گاوی 33 ton.ha ⁻¹ cow manure	874b-d	538ij	3157b	1600j
۵۰ تن در هکتار کود گاوی 50 ton.ha ⁻¹ cow manure	608f-i	1045a	2240fg	3733a
۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری 5 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	1088a	778b-e	3103b	2592c-e
۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری 10 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	693e-h	597f-i	2240fg	2314ef
۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری 15 ton.ha ⁻¹ solid waste compos	394kl	725e-h	1622j	2442d-f
Average متوسط	649	745	2275	2485

* در هر سال زراعی میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each growing season means with the similar letters are not significantly different at P≤0.05

مشاهده نشد. تعداد دانه در طبق در تیمارهای ۳۳ و ۵۰ تن کود گاوی بیشتر از تیمار ۲۰ تن کود گاوی بود که عملکرد دانه بیشتر در این دو تیمار می‌تواند به همین موضوع نسبت داده شود. بین سه سطح کمپوست زباله شهری هم در کوددهی هم‌زمان با کشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی در عین حال تعداد دانه در طبق در تیمار پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری بیشتر بود (جدول ۳).

تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق تحت تأثیر تاریخ

استفاده از کود و نوع کودها در سال ۹۳-۱۳۹۲

تعداد طبق در بوته در کوددهی قبل از کشت در تیمار مصرف چهار تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با هفت و ۱۰ تن در هکتار به‌صورت معنی‌داری کمتر بود. این صفت تیمار مصرف هفت تن در هکتار ورمی کمپوست در هکتار در مقایسه با مصرف چهار و ۱۱ تن در هکتار به‌ترتیب ۵۰ و ۶ درصد بیشتر بود (جدول ۳). در کوددهی قبل از کشت با افزایش مصرف کود گاوی از ۲۰ به ۳۳ تن در هکتار تعداد طبق در بوته از ۱۲/۵ به ۱۴ طبق در بوته افزایش و با افزایش کود گاوی به ۵۰ تن در هکتار به ۱۰/۵ عدد کاهش یافت که بیانگر اثر منفی مصرف زیاد کود گاوی بر تعداد طبق در بوته می‌باشد. مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری در کوددهی قبل از کشت ۱۱/۶ طبق در بوته تولید نمود که با افزایش مصرف کود به ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، تعداد طبق در بوته به‌ترتیب ۱۹/۸ درصد و ۳۱/۸ درصد کاهش یافت. تعداد طبق در بوته در شاهد در کوددهی قبل از کشت و کوددهی هم‌زمان با کشت به‌ترتیب ۸/۸ و ۸/۲ عدد بود. تعداد طبق در بوته در تیمار کود شیمیایی در کوددهی هم‌زمان با کشت در مقایسه با کوددهی قبل از کشت ۲۰/۷ درصد بیشتر بود که دلیل آن قابلیت دسترسی بهتر گیاه به کود در تیمار کوددهی هم‌زمان با کشت بوده است. تعداد طبق در بوته در تیمار مصرف چهار تن در هکتار ورمی کمپوست در کوددهی هم‌زمان با کشت ۱۲/۹ عدد بود که با افزایش کود تا هفت و ۱۱ تن در هکتار به‌ترتیب به ۱۰/۹ و ۱۰/۱ عدد کاهش یافت. تعداد طبق در بوته در تیمار مصرف ۴ تن در هکتار ورمی کمپوست در کوددهی هم‌زمان با کشت در مقایسه با همین تیمار در کوددهی قبل از کشت ۵۶/۵ درصد بیشتر بود که دلیل آن قابلیت دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی در تیمار کوددهی هم‌زمان با کشت بوده است. کودهای مورد استفاده در سال ۹۳-۱۳۹۱ باعث افزایش ذخیره مواد آلی خاک و قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده است و مصرف مجدد کودهای آلی در سال ۹۳-۱۳۹۲ نیز باعث تشدید عناصر غذایی در خاک شده است. مصرف بیشتر ورمی کمپوست به دلیل ایجاد محدودیت در محیط رشد تعداد طبق در گیاه را کاهش داده است.

در کوددهی هم‌زمان با کشت عملکرد بیولوژیک از همان روندی تبعیت نمود که عملکرد دانه نشان داده بود. مصرف چهار تن ورمی کمپوست در هکتار از بقیه تیمارهای ورمی کمپوست محصول بیشتری تولید نمود. عملکرد بیولوژیک در ۳ تیمار ۲۰ و ۳۳ و ۵۰ تن در هکتار کود گاوی به‌ترتیب ۱۶۸۵، ۱۶۰۰ و ۳۷۳۳ کیلوگرم در هکتار بود. پنج تن کمپوست زباله شهری در هکتار نیز در مقایسه با ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ۱۱ درصد و شش درصد محصول بیشتری تولید نمود.

به‌طور کلی با توجه به جدول ۲ ملاحظه می‌شود که به‌جز یک مورد (مصرف ۵۰ تن در هکتار کود گاوی در کوددهی هم‌زمان با کشت در سال دوم) سطح سوم هریک از کودها در هر دو تاریخ کشت و در هر دو سال باعث کاهش عملکرد دانه شده است. گرچه در بعضی موارد این اختلاف‌ها معنی‌دار نیست ولی تأثیر بازدارندگی کودهای آلی را با افزایش مصرف این کودها نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار در هر دو سال و هر دو تاریخ مصرف کود بیشترین عملکرد دانه را تولید نموده است. دلیل این موضوع می‌تواند تغییر خصوصیات شیمیایی خاک باشد. مامو و همکاران (Mamo et al., 1998) گزارش نمودند که کمپوست‌ها ممکن است به‌دلیل وجود مواد سمی باعث محدودیت رشد گیاه شوند. سومنر (Sumner, 2000) نیز وجود برخی عناصر سنگین در کمپوست‌ها را یک محدودیت برای استفاده از آن‌ها می‌داند. نتایج مشابهی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Azimzadeh, 2013; Merafarid et al., 2014).

تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق تحت تأثیر تاریخ

استفاده از کود و نوع کودها در سال ۹۲-۱۳۹۱

همان‌گونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود زمانی که کوددهی قبل از کشت انجام شد بین تیمارهای کودی و شاهد در رابطه با تعداد طبق در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در کوددهی هم‌زمان با کشت بیشترین تعداد طبق در بوته در تیمار چهار تن در هکتار ورمی کمپوست و ۳۳ تن در هکتار کود گاوی مشاهده شد.

در بین سه سطح ورمی کمپوست بیشترین تعداد دانه در طبق در کوددهی قبل از کشت در تیمار مصرف هفت تن در هکتار مشاهده شد (۲۳/۶) که افزایش عملکرد دانه در تیمار مصرف هفت تن در هکتار ورمی کمپوست می‌تواند به همین موضوع نسبت داده شود. بین تعداد دانه در طبق در سه سطح کود گاوی و سه سطح کمپوست زباله شهری در کوددهی قبل از کشت اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳).

زمانی که کوددهی هم‌زمان با کشت انجام شد تفاوت معنی‌داری بین سه سطح کود ورمی کمپوست در رابطه با تعداد دانه در طبق

جدول ۳- اثرات متقابل تاریخ استفاده از کودهای آلی و کودهای آلی بر تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲

Table 3- Interaction effect of organic fertilizers and dates of application on number of head per plant and number of seed per plant and biological yield of safflower in 2013 and 2014 growing season

تیمارهای آزمایش Treatments	تعداد طبق در بوته Head per plant		تعداد دانه در طبق Seeds per head	
	کوددهی قبل از کشت Fertilizing before planting	کوددهی همزمان با کشت Fertilizing at planting time	کوددهی قبل از کشت Fertilizing before planting	کوددهی همزمان با کشت Fertilizing at planting time
	۱۳۹۱-۹۲ (2013)			
Control شاهد	3.7kl*	3.5l	18.6d-h	15.7h-k
100 kg.h ⁻¹ nitrogen	4.3kl	4.7kl	16.9d-g	17.4d-i
4 ton.ha ⁻¹ vermicompost	4kl	6h-l	17.7d-h	18.9d-i
7 ton.ha ⁻¹ vermicompost	4.3kl	4.3kl	23.6b-f	18.7d-i
10ton.ha ⁻¹ vermicompost	4.8kl	4.9kl	18.3d-i	18.4d-i
20 ton.ha ⁻¹ cow manure	3.6l	4.5kl	18.7d-i	11.3k
33 ton.ha ⁻¹ cow manure	3.9kl	6.1-l	16.8d-i	14.6ik
50 ton.ha ⁻¹ cow manure	3.7kl	5kl	19.7c-h	16g-k
5 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	4.3kl	4.5kl	17.9d-i	17.3d-i
10 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	4kl	5.1j-l	18de-i	16.5f-j
15 ton.ha ⁻¹ solid waste compos	3.7kl	4.6kl	16.7e-h	16.6fg-k
Average متوسط	4	4.8	18.4	16.5
۱۳۹۲-۹۳ سال (2014)				
Control شاهد	8.8d-h*	8.2e-i	13.2jk	25a-f
100 kg.h ⁻¹ nitrogen	8.8d-h	11.1b-e	25.5a-e	32.7a
4 ton.ha ⁻¹ vermicompost	5.6i-l	12.9bc	26.3a-e	32.4a
7 ton.ha ⁻¹ vermicompost	11.2b-e	10.9c-f	30ab	30.5ab
10ton.ha ⁻¹ vermicompost	10.5c-f	10.1c-f	25.8a-f	29a-c
20 ton.ha ⁻¹ cow manure	12.5bc	8.2e-i	26.4a-d	25.7a-f
33 ton.ha ⁻¹ cow manure	14ab	6.7g-k	31.2ab	22.4b-g
50 ton.ha ⁻¹ cow manure	10.5c-f	15.9a	25.6a-f	24.5a-f
5 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	11.6b-d	10.5c-f	28.8a-c	25.9a-f
10 ton.ha ⁻¹ solid waste compost	9.3d-g	11b-e	18.9d-i	25.7a-f
15 ton.ha ⁻¹ solid waste compos	7.9f-j	10.2c-f	22.3b-g	32.3a
Average متوسط	10	10.5	25	27.8

* در هر سال زراعی میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک باشند در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each growing season means with the similar letters are not significantly different at P≤0.05

مقایسه با مصرف پنج و ۱۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری حدود ۲۰ درصد بیشتر بود.

نتیجه گیری

به طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش بهتر است اگر کودهای آلی همانند کود گاوی، کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست برای اولین بار در زمین استفاده می شوند دو یا سه ماه زودتر از زمان کشت استفاده شوند ولی اگر برای سال دوم استفاده می شود استفاده همزمان با کشت مناسب تر است. نتایج این آزمایش بیانگر این است که مصرف زیاد کودهای آلی تأثیر منفی بر عملکرد محصول دارند بنابراین برای هر محصول زراعی، حد مطلوبی از هریک از کودها وجود دارد که باید مشخص شود. علی رغم تأثیر مثبت کودهای گاوی و ورمی کمپوست بر عملکرد گلرنگ به نظر می رسد مصرف پنج تن در هکتار کمپوست زباله شهری دو ماه قبل از کشت بهترین تیمار برای تولید گلرنگ در شرایط آب و هوایی شمال خراسان باشد.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این آزمایش توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان تأمین شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می شود.

مصرف ۵۰ تن در هکتار کود گاوی در کوددهی همزمان با کشت با تولید ۱۵/۹ عدد طبق در بوته بیشترین تعداد طبق در بوته را تولید نمود. افزایش عملکرد دانه گلرنگ در تیمار مصرف ۵۰ تن در هکتار کود گاوی در کوددهی همزمان با کشت می تواند به همین دلیل باشد. تعداد طبق در بوته در سه سطح کود کمپوست زباله شهری در کوددهی همزمان با کشت اختلاف زیادی نشان ندادند. تعداد دانه در طبق در کوددهی قبل از کشت در تیمار هفت تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با مصرف چهار و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به ترتیب ۱۲/۳ درصد و ۱۴ درصد بیشتر بود. مصرف ۳۳ تن در هکتار کود گاوی در کوددهی قبل از کشت نیز در مقایسه با تیمار ۲۰ و ۵۰ تن در هکتار به ترتیب ۱۵/۴ درصد و ۱۷/۹ درصد طبق در بوته بیشتری تولید نمود. در سه سطح مصرف کمپوست زباله شهری مصرف پنج تن در هکتار در مقایسه با ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار ۳۴ درصد و ۲۲/۵ درصد طبق در بوته بیشتری داشت. تعداد دانه در طبق در کوددهی همزمان با کشت در تیمار چهار تن ورمی کمپوست در مقایسه با هفت و ۱۰ تن بیشتر بود. در سه مقدار کود گاوی نیز علی رغم عدم وجود تفاوت معنی دار بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار ۲۰ تن در هکتار کود گاوی مشاهده شد. در بین مقادیر مختلف کود کمپوست زباله شهری بیشترین تعداد دانه در طبق در کوددهی همزمان با کشت در تیمار مصرف ۱۵ تن در هکتار مشاهده شد که در

References

1. Amin Gafouri, A., Rezvani Moghddam, P., and Nasiri Mehallati, M. 2010. Effect of organic manure on yield and yield components of *Ricinus sativus*. First national congress of sustainable agriculture and development and safe crop production. Isfahan. https://www.civilica.com/Paper-SACP01-SACP01_244.html. (in Persian).
2. Ardakani, M. R. 2005. Ecology. Tehran University. 340 pp (in Persian).
3. Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., and Lucht, C. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49 (4): 297-306.
1. Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., and Shuster, W. 2000. Effects of vermicompost and compost on plant growth horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
2. Azimzadeh, S. M. 2013. Study on replacement probability of composted organic manure with chemical fertilizer in Safflower organic farming. *International Journal of Agricultural Research and Crop Science* 6 (18): 1304-1311.
3. Azimzadeh, S. M. 2015. Soil physical properties after two years application of organic fertilizers in Safflower (*Carthamus tinctorius* L) planting. *International Journal of Farming and Allied Sciences* 4 (4): 341-351.
4. Azimzadeh, S. J., Koocheki, A. R., and Nasiri Mehallati, M. 2014. Study on replacement probability of organic with chemical fertilizers in Canola (*Brassica napus*) under two deficit and full irrigation conditions. *International Journal of Agricultural Research and Crop Science* 7 (3): 115-122.
5. Barker, A. V., and Bryson, G. M. 2006. Comparisons of compost with low or high nutrient status for growth of plants in containers communication. *Soil Science and plant Analyses* 37 (9): 1303-1319.
6. Cavender, N. D., Atiye, R. M., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* at the expense of plant growth. *Pedobiologia* 47: 85-89.
7. Dabney, S. M., Delgado, J. A., and Eeves, D. W. 2001. Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32 (7): 1221-1250.
8. Fallahi, F., Koucheki, A. R., and Rezvani Moghadam, P. 2008. Evaluation of the effect of organic manure on quantitative indices, essence and Kamazoline in medicinal plant of German matricaria. *Agricultural researches: water, soil and plant in agriculture* 8 (1): 157-168. (in Persian).

9. Jahan, M., Behzad Amiri, M., Aghavani Shajari, M., and Tahami, M. K. 2013. Study on quantitative and qualitative production of Pumpkin paper skin (*Cucurbita pepo* L.) under the effect of winter cover crop of lathyrus (*Lathyrus sativus*) and Iranian trifilium (*Trifolium resopinatum*) inoculation with rhizobacter and a application of organic fertilizer. Iranian Journal of Field Crop Research 11 (2): 337-356. (in Persian).
10. Jat, R. S., and Ahlawat, I. P. S. 2004. Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). Indian Journal of Agricultural sciences 74 (7): 359-361.
11. Kaviani, A., Liaghat, A., Sohrabi, T., and Afshar Asl, M. 2008. Evaluation of Nitrate leaching trend to the under rhizosphere region in Karaj fields with application of geographical information system. Agriculture journal, course 10 (7): 150-113. (in Persian).
12. Khajehpoor, L. V. 2004. Industrial plants (Second edition). Jihad of Mashhad University Press. Iran. (in Persian).
13. Lal, R. 1995. The role of residues management in sustainable agricultural systems. Journal of Sustainable Agricultural 5 (4): 51-76.
14. Mamo, M., Rosen, C. J., Halbach, T. R., and Moncrief, J. F. 1998. Corn yield and nitrogen uptake in sandy soils amended with municipal solid waste compost. Journal of production Agriculture 11 (4): 469-475.
15. Mallakooti, M. J., and Tehrani, M. 1999. Micronutrient effect on increasing of Yield and quality of agricultural production. Tarbiat Moddarras University Publication. Tehran. 292PP. (in Persian).
16. Marcote, L., Hernandez, T., Garcia, C., and Polo, A. 2001. Influence one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. Bioresource Technology 79 (2): 147-154.
17. Mehrafrid, S., Azimzadeh, S. M., and Kourosh, E. 2014. Effects of municipal waste compost and irrigation regimes on yield and yield components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 8 (3): 373-379.
18. Naraki, F. 2001. Safflower. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Extension department. (in Persian).
19. Pieri, C. 1995. Long term soil management experiments in semiarid Francophone Africa. In: Lal, R. and Stewart, B.A. (eds). Soil Management: experimental basis for sustainability and environmental quality 225-266.
20. Rezvani Moghadam, P., Bakhshayi, S., Ghafouri, A., and Khorramdel, S. 2009. Effect of Biological and vermicompost fertilizers on quantitative features of medicinal plant of sweet fennel. Scientific congress of development of Industry of Iran medicinal plant. Tehran. (in Persian).
21. Rezvani Moghadam, P., Mohamad Abadi, A. A., and Moradi, R. A. 2010. Evaluation of the effect of manure and chemical fertilizers on yield and yield components of Sesame plant in different plant densities. Agricultural ecology journal 2 (2): 256-265. (in Persian).
22. Robinson, C. A., Cruse, R. M., and Kohler, K. A. 1994. Soil management. In: Hatfield. J.L. and Karlen, D.L. (eds). Sustainable agriculture systems 109-134.
23. Salehabadi, G., Azimzadeh, S. M., and Tatari, M. 2015. Effect of organic fertilizers on cucumber yield. International Journal of Agricultural Research and Crop Science 7 (11) 808-814.
24. Saeed Nejad, A. H., and Rezvani Moghadam, P. 2010. Evaluation of consumption of compost, vermicompost and manure fertilizers on yield, yield components of Cumin and essence percentage. Horticulture sciences journal. 24 (2): 142-148. (in Persian).
25. Siadat, S. A., and Moradi telavat, M. R. 2011. Practical aspects of organic farming. Agricultural Extension and Education publication. Tehran. (in Persian).
26. Singer, J. W., Kohler, K. A., Liebman, M., Richard, T. L., Cambardella, C. A., and Buhler, D. D. 2004. Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. Agronomy Journal 96 (2): 531-537.
27. Stewart, B. A., and Burnett, E. 1987. Water conservation technology in rain fed and dry land agriculture. In: Jordan, W.R. (Ed.). Water and Water policy in World food supplies. Texas. AQM Univ., College Station. Pp: 355-359.
28. Sumner, M. E. 2000. Beneficial use of effluents, wastes, and biosolids. Communication in Soil and Plant Analyses 31: 1701-1715.



Effect of Organic Fertilizers on Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorious* L.)

S. M. Azimzadeh^{1*}

Received: 12-08-2015

Accepted: 23-07-2016

Introduction

Soil organic matters impose direct and indirect effect on crop production through providing of nutrients and also improvement of soil physical condition and stimulation of plant growth. It also seems that plant production based on application of organic fertilizers is more stable than application of chemical fertilizers. So, there has been lots of attention from agronomists, ecologists and consumers toward organic fertilizers. In organic farming, agricultural ecosystem is considered as a living thing and integrated totality, so in this system, soil, crop, microorganisms and micro-climate affect on each other and also are under the effect of each other. For better performance of this system, each component should be in its appropriate condition. Periodical reverse of organic matter to soil and crop rotation will improve biological and physical characteristics of soil. However, balance of nutrients in organic matter which is available for plant is important because causes less dependence to chemical fertilizers. Indeed, nutrients balance is more important than application of chemical fertilizers that can lead to water pollution and decreasing quality of food products. Application of chemical fertilizers caused considerable increasing of farmer's income in last decade. These fertilizers also imposed ecological and environmental problems. In Iran like most of the countries, overusing of chemical inputs like fertilizers has caused destruction of water and soil resources. In addition, leaching of soluble chemical fertilizers specially nitrogen fertilizers has caused pollution of drinking water and overfilling of the water of lakes and ponds in some regions. So researchers have done a lot of effort to replace organic and biological fertilizers with chemical one. The aim of this experiment was to study the effect of organic fertilizers on safflower production.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of organic fertilizers and two different application dates of them on safflower an experiment was conducted at Islamic Azad University of Shirvan, Iran, in growing season of 2012-2013 and 2013-2014. Date of first application was two month prior of planting and date of second application was simultaneous with planting. Amounts of vermicompost included 4, 7 and 10 ton ha⁻¹, municipal solid waste compost included 5, 10 and 15 ton ha⁻¹, cow manure included 20, 33 and 50 ton ha⁻¹, nitrogen chemical fertilizer included 100 kg ha⁻¹ and control. Experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications. Application time of organic fertilizers located in main plots and each one of organic fertilizers levels with nitrogen fertilizer and control as a independent treatment located in subplots. Required rates of different fertilizers were scattered by hand into the plots on 20th Feb then no operation was done until April 21th. On April 21th, main plots which should have been applied fertilization simultaneous with planting were received fertilizers. At this time, all of the plot which have been received fertilizers on Feb 20th plus plots which received fertilizers recently were planted simultaneously. Data were combined analyzed by MSTAT-C software and means were compared with Duncan's test at the 5% level of probability.

Results and Discussion

The results showed that in first growing season, fertilizer application before planting caused 12% yield increment of safflower compared with fertilizer application at planting time but in second growing season,

1- Associated Professor, Department of Agronomy, Shirvan Branch, Islamic Azad University, Shirvan, Iran
(*- Corresponding Author Email: mortezaazimzadeh@gmail.com)

fertilizer application at the time of planting caused 12.8% yield increment of safflower compared with fertilizer application before planting. Enough time for manure decomposition can be the reason for this difference. In first year in fertilizer application before planting, all treatments except 10 ton h⁻¹ municipal solid waste compost produced more seed yield than control and chemical fertilizer treatments. In fertilizer application at planting time, chemical fertilizer treatment produced the highest seed yield compared with other treatments. The faster availability of nitrogen chemical fertilizer is the reason for more seed yield in this treatment compared with organic fertilizers. In second year in fertilizer application before planting all treatments except 4 ton h⁻¹ vermicompost and 15 ton h⁻¹ municipal solid waste compost produced more seed yield compared with control and chemical fertilizer treatments but in fertilizer application at planting time chemical fertilizer, 4 and 7 ton h⁻¹ vermicompost showed higher seed yield.

Conclusions

According to the results of this experiment, using 5 ton h⁻¹ municipal solid waste compost before planting is the best treatment to use in safflower production in northern Khorasan.

Keywords: Cow manure, Municipal solid waste compost, Nitrogen, Vermicompost



اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط درهم و ردیفی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و لوبیا

شیوا قلعه نویی^۱ - علیرضا کوچکی^{۲*} - محمدتقی ناصری پوریزدی^۳ - محسن جهان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۱۷

چکیده

به منظور ارزیابی نسبت‌های مختلف دو گیاه کنجد و لوبیا در کشت‌های مخلوط جایگزینی و افزایشی در دو سیستم کشت درهم و ردیفی، آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۱-۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، انجام شد. این آزمایش با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. روش کاشت شامل: کشت به صورت ردیفی و کشت درهم به عنوان عامل اصلی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، کشت خالص کنجد (100s)، ۷۵-کنجد-۲۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰-کنجد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵-کنجد-۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰-کنجد-۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰-کنجد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰-کنجد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰-کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰-کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰-کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (30s100b) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد صفات وزن هزار دانه، تعداد کپسول یا غلاف در بوته، تعداد بذر در کپسول یا غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت ثبت شدند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که در هر دو گیاه کنجد و لوبیا، ترکیب کشت مخلوط دارای تأثیر معنی‌داری روی تمامی صفات مورد مطالعه داشت. به طوری که در تیمارهای 25s50b، 50s50b و 75s25b وزن هزار دانه، تعداد کپسول یا غلاف در بوته، تعداد بذر در کپسول یا غلاف در بوته، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت و در لوبیا، صفات وزن هزار دانه، عملکرد ماده خشک و عملکرد اقتصادی، علاوه بر ترکیب کشت مخلوط، تحت تأثیر نوع کشت نیز قرار گرفتند که کشت ردیفی مقادیر بالاتری را نسبت به کشت درهم نشان داد. نتایج مربوط به نسبت برابری زمین نشان داد که نسبت جزئی برابری زمین کنجد و لوبیا در کشت ردیفی بیشتر از کشت درهم بود. علاوه بر این نسبت جزئی برابری زمین کشت مخلوط‌های جایگزینی بیشتر از کشت‌های مخلوط افزایشی بود. همچنین در تمامی تیمارهای آزمایش، نسبت برابری زمین کل، بیشتر از یک بود و بیشترین مقادیر در تیمارهای 10s100b و 100s30b، 75s25b، 30s100b، 50s50b، 25s75b (به ترتیب ۱/۲۲، ۱/۱۵، ۱/۱۵، ۱/۱۴ و ۱/۱۴) مشاهده شد. استفاده بهتر از منابع در نتیجه کشت مخلوط را می‌توان از دلایل این امر دانست. نتایج نشان داد که حضور لوبیا تأثیرات مثبتی را بر کنجد داشت که احتمالاً خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن توسط ریشه‌های لوبیا می‌تواند یکی از دلایل اصلی این امر باشد.

واژه‌های کلیدی: چند کشتی، شاخص برداشت، عملکرد اقتصادی، نسبت برابری زمین

مقدمه

حداقل رساندن ارتباطات منفی در بین اجزا می‌باشد. از اینرو تسوبو و واکر (Tsuboi and Walker, 2002) بیان کردند که در کشت‌های مخلوط با افزایش جذب نور، طول دوره جذب و در نتیجه پوشش بیشتر سطح خاک، بهره‌وری سیستم‌های زراعی افزایش می‌یابد. به طور کلی از دلایل استفاده از کشت‌های مخلوط می‌توان به افزایش تولید در واحد سطح، استفاده بهتر از منابع موجود از قبیل زمین، کار، زمان، نور، آب و عناصر غذایی، کاهش خسارات ناشی از آفات و بیماری‌ها و برتری‌های اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد (Koocheki et al., 2001; Walker and Ogindo, 2003; First et al., 2006).

در کشت مخلوط، افزایش جذب تشعشع خورشیدی از طریق

کشت مخلوط نوعی سیستم چند کشتی است که در آن دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین به طور همزمان، رشد می‌یابند (Thakur et al., 2000). نداکیدمی (Ndakydmy, 2006) بیان کرد که هدف از کشت مخلوط در سیستم‌های زراعی، بهینه‌سازی استفاده از فضا، زمان و منابع فیزیکی، از طریق به حداکثر رساندن ارتباطات مثبت و به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، استاد، استادیار و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.49345

که گیاهان موجود در مخلوط با دقت انتخاب شوند، عملکرد نسبت به تک‌کشتی افزایش می‌یابد (Shivarama and Shivashankar, 1994) که لازمه آن شناخت کامل گونه‌ها، نیازهای اکولوژیکی آن و نحوه واکنش آنها به محیط پیرامونی است (Mvshagalvza et al., 2008). گیاهان انتخاب شده باید از نظر طول دوره رویشی، ارتفاع، سیستم ریشه‌ای و همچنین خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی با یکدیگر اختلاف داشته باشند تا در نتیجه از عوامل محیطی مانند تشعشع خورشیدی، رطوبت و مواد غذایی بهتر استفاده کنند (Wiley, 1990). درواقع زمانی که منابع مورد نیاز دو گیاه زراعی به قدر کافی از هم جدا باشند، کشت مخلوط می‌تواند سودمند باشد. به عبارت دیگر، در کشت مخلوط زمانی افزایش عملکرد حاصل می‌شود که مجموع رقابت درون و بین گونه‌ای در کشت مخلوط از رقابت درون گونه‌ای در کشت خالص کمتر باشد، این امر با عنوان اصل رقابتی تولید شناخته می‌شود (Javanshir et al., 1979).

لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) با نام انگلیسی Common bean گیاهی از خانواده حبوبات (Fabaceae) بومی قاره آمریکا و دنیای جدید می‌باشد. حبوبات به دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند و به همین دلیل در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت شده و یا به عنوان کود سبز مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این، کاه و کلش و بقیای این گیاهان نیز به دلیل کیفیت مناسب، کاربرد وسیعی در تغذیه دام دارد (Saxena, 1990; Goldani and Rezvani Moghaddam, 2004; Nezami and Bagheri, 2004). این گیاهان از جمله مهم‌ترین منابع پروتئینی هستند. لوبیای سبز حاوی ۶/۲ درصد پروتئین، ۰/۲ درصد چربی و ۶۳ درصد کربوهیدرات می‌باشد. کنگد (*Sesamum indicum*) با نام انگلیسی Sesame، از خانواده Pedaliaceae، قدیمی‌ترین دانه روغنی در جهان، یکی از دانه‌های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی سنتی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است (Khaje poor, 2004). ایران از جمله کشورهای است که کاشت برخی از دانه‌های روغنی مانند کنگد در آن قدمتی طولانی دارد، اما به رغم این سابقه دیرینه و وجود پتانسیل‌های فراوان در زمینه تولید دانه‌های روغنی، پیشرفت چندانی در این زمینه حاصل نشده است. با توجه به نیاز روزافزون ایران به روغن، کنگد می‌تواند به عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2005).

هدف از این تحقیق، ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنگد و لوبیا در کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی در هم و ردیفی طی دو سال آزمایش و بررسی برتری احتمالی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کنگد و لوبیا و همچنین مقایسه انواع کشت مخلوط بود.

افزایش طول دوره جذب، پوشش بیشتر سطح خاک و یا کارایی بالاتر مصرف نور، می‌تواند بهره‌وری بیشتری را به همراه داشته باشد (Akmal and Johnson, 2004). آوال و همکاران (Awal et al., 2006) در آزمایشی روی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays*) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogea*) به این نتیجه رسیدند که کارایی مصرف نور ذرت در مخلوط، مشابه با تک‌کشتی بود، اما کارایی مصرف نور بادام‌زمینی در مخلوط، ۷۵٪ بیشتر از تک‌کشتی بود. واکر و اوگیندو (Walker and Ogindo, 2003) گزارش کردند که تبخیر از سطح خاک، به دلیل متراکم‌تر بودن و سایه‌اندازی بیشتر پوشش گیاهی در کشت مخلوط ذرت با لوبیا در مقایسه با تک‌کشتی، کمتر از کشت خالص می‌باشد. رانگاسامی و همکاران (Rangasamy et al., 1988) گزارش نمودند که مصرف آب در کشت مخلوط ماش و پنبه، کاهش و راندمان مصرف آب افزایش داشت. زوگمور و همکاران (Zug Moore et al., 2000) در طی تحقیقات خود نشان دادند که کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی هرز، آب را به میزان ۳۰-۲۰ درصد در مقایسه با کشت خالص سورگوم و ۵۵-۴۵ درصد در مقایسه با کشت خالص لوبیا چشم بلبلی کاهش داد. در کشت مخلوط جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد (Koocheki and Zand, 1996). در کشت مخلوط لگوم با غیر لگوم می‌تواند از طریق همزیستی لگوم‌های با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و تثبیت بیولوژیکی ازت، به عنوان جایگزین کود شیمیایی برای تأمین ازت مورد نیاز گیاه غیر لگوم مورد استفاده قرار گیرد (Pandyta et al., 2000). نجفی و غفاری (Najafi and Ghaffari, 2005) در آزمایشی که بر روی ذرت شیرین و لوبیا سبز انجام دادند مشاهده کردند که لوبیا سبز نیتروژن هوا را تثبیت کرده و مقداری از آن را در همان فصل رشد در دسترس گیاه مجاور قرار داده و مقداری نیز در کشت بعدی در دسترس گیاه بعدی قرار داد. نیلسن و همکاران (Nielsen et al., 2001) نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط نخود و جو، نخود ۹۰ تا ۹۵ درصد نیتروژن را تثبیت کرد و در خاک آزاد نمود. علاوه بر مطالب ذکر شده، کشت مخلوط از طریق ایجاد تنوع گیاهی در اکرواوسیستم سبب کاهش میزان شیوع آفات و بیماری‌ها و در نتیجه خسارت ناشی از آنها می‌شود (Pendleton et al., 1963). کشت مخلوط از طریق ایجاد مشکل برای آفت در یافتن گیاه میزبان و همچنین تأمین زیستگاه مناسب برای موجودات سودمند می‌تواند خسارت آفات را کاهش دهد (Koocheki et al., 2005). پیتان و دبی‌بی (Pitan and Debiyi, 2001) در آزمایشی روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی، مشاهده کردند که کمترین جمعیت کک در کشت مخلوط وجود داشت. انتخاب گیاه زراعی در کشت مخلوط دارای اهمیت زیادی است و این انتخاب باید در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح و برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی صورت گیرد (Mvshagalvza et al., 2008). به همین دلیل، زمانی

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۱-۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد طول و عرض جغرافیایی آن نیز به ترتیب $36^{\circ}15'56.28''$ (ارتفاع از سطح دریا، ۹۸۵ متر) انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و $27/8^{\circ}$ - درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب‌وهوای منطقه براساس روش آمبرژه سرد و خشک است.

مراحل آماده‌سازی زمین از اواسط خردادماه آغاز گردید. برای این منظور زمینی به مساحت حدود ۱۳۰۰ مترمربع انتخاب و پس از اجرای دیسک، تسطیح و جو و پشته برای اعمال تیمارهای آزمایش آماده شد. به این منظور در اواخر خردادماه عملیات کرت‌بندی، طناب‌کشی، نشانه‌گذاری تیمارها و نصب سیستم آبیاری انجام شد. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و با یک فاکتور اصلی شامل فاکتور A (روش کاشت) در دو سطح a_1 (کشت به صورت ردیفی) و a_2 (کشت درهم) و فاکتور فرعی B (ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط) شامل تیمارهای کشت مخلوط به روش جایگزینی: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنجد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد-۲۵٪ لوبیا (75s25b) کشت خالص کنجد (s ۱۰۰) و تیمارهای کشت مخلوط به روش افزایشی: ۱۰۰٪ کنجد-۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (30s100b) بود.

عملیات کاشت هر دو گونه با استفاده از ارقام رایج در منطقه (ارقام اسفراین و درخشان به ترتیب برای کنجد و لوبیا) در اوایل تیرماه انجام شد. تراکم موردنظر برای کنجد ۴۰ و برای لوبیا ۲۰ بوته در مترمربع بود که در مرحله ۴-۶ برگی بوته‌ها برای دستیابی به تراکم موردنظر تنک شدند. اولین آبیاری به منظور تسهیل در سبز شدن بلافاصله پس از کشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هشت روز یک‌بار به صورت نشتی انجام شد. در کل دوره رشد گیاهان بارندگی رخ نداد. جهت کنترل علف‌های هرز مزرعه، در مرحله ۶ برگی و رسیدن گیاهان به ارتفاع حدود ۱۵ سانتی‌متر از روش وجین دستی (هر ۱۳ روز یک‌بار تا زمانی که سایه‌اندازی گیاهان به حدی رسید که رشد علف‌های هرز را محدود کرد) استفاده شد. علف‌های هرز عمده در زمین آزمایش شامل پیچک (*Convolvulus arvensis*)، مرغ (*Cynodon dactylon*)، اویار سلام (*Cyprus rotundus*)، سلمه (*Chenopodium album*) و خرفه (*Portulaca oleracea*) بودند. عملیات تنک نیز در دو مرحله با فواصل زمانی ۲۰ روز بعد از استقرار گیاهان انجام گرفت. در طول فصل رشد از هیچ‌گونه کود شیمیایی

استفاده نشد. در پایان فصل رشد جهت محاسبه عملکرد و اجزای آن با حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌های باقی‌مانده از هر دو گیاه در هر کرت برداشت و صفاتی مانند وزن هزار دانه، تعداد کپسول یا غلاف در بوته، تعداد بذر در کپسول یا غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت ثبت شد.

به منظور تعیین مزیت کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین استفاده شد. نسبت برابری زمین، میزان زمین لازم برای تک‌کشتی‌ها را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند و به بیان ساده‌تر این معیار تعیین می‌کند که در حالت تک‌کشتی چه میزان زمین لازم است تا محصولی معادل محصول تولیدشده از یک هکتار کشت مخلوط تولید شود (Javanshir et al., 2000). این شاخص مجموع عملکردهای نسبی گونه‌های مخلوط است که با استفاده از معادله‌های (۱) و (۲) محاسبه شد.

$$LER = RY1 + RY2 \quad (1)$$

$$RY = \frac{Y_i}{Y_m} \quad (2)$$

که در آن، Y_i = عملکرد گونه i در مخلوط و Y_m = عملکرد همان گونه در تک‌کشتی می‌باشد.

جهت انجام تجزیه‌های آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SAS v 9.0 استفاده شد. جهت مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد (Soltani, 2006).

نتایج و بحث

کنجد

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه کنجد به طور معنی‌داری تحت تأثیر ترکیب کشت مخلوط قرار گرفت ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). ارزیابی میانگین اثرات ترکیب کشت مخلوط نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای 100s10b، 75s25b، 50s50b، 100s، 25s75b و 100s30b با ۳/۶۹، ۳/۵۶، ۳/۵۰، ۳/۴۹ و ۳/۴۱ گرم حاصل شد. کمترین میزان وزن هزار دانه کنجد نیز در تیمارهای 10s100b، 20s100b، 30s100b مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهند که کشت مخلوط جایگزینی وزن هزار دانه بیشتری را به همراه داشته است. آبراهام و سینگ (Abraham and Singh, 1984) دریافتند که کشت ردیفی هریک از چهار گونه بقولات یکساله (لوبیا چشم بلبلی، علفه‌ای، لوبیا چشم بلبلی دانه‌ای، ماش سبز و سویا) با سورگوم باعث افزایش عملکرد نسبت به کشت خالص سورگوم شدند. قرارگیری صحیح هر بوته در کشت مخلوط جایگزینی بر اساس استفاده بهینه از منابع، منجر به استفاده بهتر از منابع و جلوگیری از رقابت درون و

بین گونه‌ای می‌شود، این در حالی است که در کشت مخلوط افزایشی، با افزایش حضور گونه‌ها، محدودیت منابع ایجاد شده و به همین دلیل رقابت برای جذب منابع بین بوته‌های موجود در کشت مخلوط بیشتر می‌شود که این امر می‌تواند منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of sesame

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد ماده خشک DM yield	عملکرد اقتصادی دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.18 ^{ns}	21.06 ^{ns}	22.51 ^{ns}	70702.91 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.02 ^{ns}	9.46 ^{ns}
فاکتور A Factor A	1	0.27 ^{ns}	41.66 ^{ns}	77.06 ^{ns}	255714.81*	0.03 ^{ns}	0.08**	69.87**
خطای A Error A	2	0.01	2.46	53.81	33953.61	0.14	0.02	3.58
فاکتور B Factor B	9	2.30**	129.93**	139.69*	403794.81**	6.58**	1.05**	239.26**
A*B خطا Error	9 36	0.10 ^{ns} 0.11	11.18 ^{ns} 17.52	52.10 ^{ns} 53.72	44514.37 ^{ns} 48841.10	0.07 ^{ns} 0.10	0.006 ^{ns} 0.007	11.82 ^{ns} 8.97

***، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

فاکتور اصلی A: روش‌های کاشت و فاکتور فرعی B: ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط

*** and ns, significant risk of 0.01, 0.05 and ns are not significant, respectively.

A factor: cropping system and B factor: intercropping proportions.

ارتباطات منفی در بین اجزا می‌باشد؛ بنابراین برای رسیدن به این هدف آرایش صحیح گیاهان موجود در کشت مخلوط می‌تواند بسیار مفید باشد. به‌طور کلی، بیشترین پتانسیل یک سیستم مخلوط هنگامی نمایان می‌شود که رقابت درون و بین گونه‌ای برای منابع موجود در کمترین مقدار ممکن باشد و یا مجموع رقابت بین گونه‌ای برای کسب منابع از مجموع رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (Putnam et al., 1992).

تعداد کپسول در بوته

تعداد کپسول در هر بوته در کشت‌های ردیفی و درهم تفاوتی معنی‌داری را از خود نشان ندادند، این در حالی است که نوع کشت مخلوط اثر معنی‌داری را بر این صفت داشت ($p \leq 0.01$) (جدول ۱).

بررسی بین اثر متقابل کشت خالص کنجد و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی نشان داد که وزن هزار دانه در کشت مخلوط جایگزینی تفاوت معنی‌داری با کشت خالص کنجد نداشت، این در حالی بود که این مقدار در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی، به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص در هر دو روش کاشت درهم و ردیفی کاهش پیدا کرد (جدول ۳). با توجه به ارتفاع بلندتر کنجد نسبت به لوبیا و جذب بهتر نور به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط جایگزینی آرایش منظم گیاهان منجر به ایجاد شرایط بهتر برای جذب نور و در نتیجه فتوسنتز بیشتر در کنجد شده باشد، در حالی که در کشت درهم ممکن است به دلیل عدم وجود آرایش منظم و افزایش رقابت درون گونه‌ای از میزان تولید گیاه کاسته شود (جدول ۲). نداکیدی (Ndakydmy, 2006) بیان کرد که هدف از کشت مخلوط در سیستم‌های زراعی، بهینه‌سازی استفاده از فضا، زمان و منابع فیزیکی در هر دو قسمت بالا و پایین سطح خاک، از طریق به حداکثر رساندن ارتباطات مثبت و به حداقل رساندن

جدول ۲- اثر نوع کشت مخلوط بر تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت کنجد

Table 2- Effect of cropping system on the number of seeds per plant, seed yield and harvest index of sesame

نوع کشت Cropping system	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد اقتصادی Seed yield (t.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
کشت ردیفی Row planting	972.90a	0.93a	28.05a
کشت درهم Mixed planting	842.33b	0.85b	25.89b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test ($\alpha=0.05$).

جدول ۳- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

Table 3- The effect of different intercropping treatments on yield and yield components of sesame

تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد ماده خشک DM yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
100s	3.56ab	29.66a	42.50ab	1254.7a	4.32a	1.37a	31.83ab
25s75b	3.69a	29.66a	43.5a	1280.2a	2.15d	0.62e	29.51b
50s50b	3.50abc	30.83a	40.00abc	1232.8a	2.76c	0.84d	30.95ab
75s25b	3.49abc	30.00a	33.00bc	971.5b	3.51b	1.18c	33.62a
100s10b	3.41abc	20.50b	41.00ab	845.2bc	4.22a	1.31ab	31.12ab
100s20b	2.99c	23.16b	33.00bc	770bc	4.29a	1.26bc	29.57b
100s30b	3.13bc	20.16b	30.33c	609.3c	4.10a	1.18c	29.04b
10s100b	2.16d	21.66b	33.00bc	719.7bc	1.43e	0.25g	17.64c
20s100b	2.16d	21.16b	32.83bc	685bc	2.22d	0.41f	18.69c
30s100b	2.23d	20.50b	34.50abc	707.8bc	2.87c	0.50f	17.75c

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص کنجد (100s)، ۲۵٪ کنجد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد-۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنجد-۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰۰٪ کنجد-۱۰٪ لوبیا (10s100b)، ۱۰۰٪ کنجد-۲۰٪ لوبیا (20s100b)، ۱۰۰٪ کنجد-۳۰٪ لوبیا (30s100b).

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test ($\alpha=0.05$).

Intercropping treatments include pure sesame (100s), 25% -75% sesame bean (25s75b), 50% -50% sesame bean (50s50b), 75% -25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame -10% bean (100s10b), 100% -20% sesame bean (100s20b), 100% -30% sesame bean (100s30b), 10% -100% sesame bean (10s100b), 20% -100% sesame bean (20s100b), 30% -100% sesame bean (30s100b).

داد مشاهده کرد که با افزایش تراکم از تعداد شاخه و تعداد کپسول در هر گیاه کاسته می‌شود.

تعداد دانه در کپسول

تعداد دانه در کپسول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ترکیب کشت مخلوط قرار گرفت ($p \leq 0.05$)، اما روش کشت و اثر متقابل آن با کشت مخلوط، تأثیر معنی‌داری را به همراه نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین تعداد دانه در کپسول به تیمارهای 100s، 25s75b و 100s10b تعلق داشت (جدول ۳). در مطالعه‌ای که پورامیر و همکاران (Pooramir et

بیشترین تعداد کپسول در بوته به‌ترتیب در تیمارهای 50s50b، 100s، 75s25b و 25s75b به‌ترتیب با میانگین ۳۰/۸۳، ۳۰/۰۰، ۲۹/۶۶ و ۲۹/۶۶ عدد به‌دست آمد (جدول ۳). در آزمایشی که اسدی (Asadi, 2006) بر روی کشت مخلوط کنجد و لوبیا انجام داد بیشترین تعداد کپسول در گیاه از نسبت ۱:۱ و کمترین آن از نسبت ۳:۳ به‌دست آمد. درواقع بیشترین تعداد کپسول در بوته در تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط جایگزینی به‌دست آمد و تیمارهای مربوط به کشت مخلوط افزایش مقادیر کمتری را نشان دادند. افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط افزایشی و محدودیت منابع در نتیجه افزایش تراکم، می‌تواند از دلایل این امر باشند. غفلاتی (Gheflati, 1994) نیز در آزمایشی که بر روی چهار رقم کنجد انجام

(جدول ۱). بررسی اثر روش کاشت نشان داد که روش کشت ردیفی با مقدار ۰/۹۳ تن در هکتار، عملکرد اقتصادی بیشتری را در مقایسه با کشت مخلوط درهم با مقدار ۰/۸۵ تن در هکتار دارا بود (جدول ۲). مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در کشت خالص کنجد و پس از آن در تیمار 100s10b، 100s20b، 100s30b مشاهده شد. کمترین میزان عملکرد دانه نیز در تیمار 10s100b مشاهده شد (جدول ۳). مقایسه نتایج به‌دست‌آمده در مورد عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه کنجد نشان می‌دهد که با وجود عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای 100s، 100s10b، 100s20b و 100s30b در صفت عملکرد ماده خشک، در مورد صفت عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ذکر شده مشاهده شد و با افزایش حضور لوبیا در کنار کنجد، از میزان عملکرد دانه آن کاسته شد. این عدم تقارن تولید نشان‌دهنده تغییر تخصیص مواد بین قسمت‌های زایشی و رویشی گیاه در شرایط رقابت با لوبیا بود. مطالعات کار و همکاران (Carr et al., 2004) نشان داد که کاهش رقابت برای منابع در کشت مخلوط بادام‌زمینی^۱ و لوبیا چشم‌بلبلی، باعث افزایش محصول بادام‌زمینی شد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر روش کشت و ترکیب کشت و مخلوط قرار گرفت ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). شاخص برداشت روش کشت ردیفی بیشتر از روش درهم بود (جدول ۲). بررسی مقدار شاخص برداشت در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین مقدار شاخص برداشت در کشت مخلوط جایگزینی s25b۷۵ به‌دست آمد. هرچند تیمارهای s1۰۰، 100s10b و 50s50b نیز با این تیمار اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما حضور تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی در این میان نشان از رشد و نمو متناسب گیاه در طول فصل رشد و اختصاص متناسب مواد در راستای تولید دانه در شرایط تراکم و ترکیب متناسب بود (جدول ۳).

لوبیا

وزن هزار دانه

نوع کشت تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه لوبیا داشت ($p \leq 0.01$). به‌طوری‌که وزن هزار دانه لوبیا در کشت ردیفی و درهم معادل ۱۶۲/۷۶ و ۱۵۰/۴۸ گرم بود (جدول‌های ۴ و ۵). نوع ترکیب در کشت مخلوط نیز اثری معنی‌دار بر وزن هزار دانه لوبیا داشت ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). مقایسه میانگین وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در

(al., 2009) انجام دادند، در بین نسبت‌های کاشت، تیمار ۷۵٪ نخود + ۲۵٪ کنجد با ۶۰/۳ بیشترین دانه در هر کیسول را دارا بود؛ اما بین تیمارهای ۵۰٪ نخود + ۵۰٪ کنجد و ۲۵٪ نخود + ۷۵٪ کنجد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع کشت قرار گرفت ($p \leq 0.05$) (جدول ۱). به‌طوری‌که کشت ردیفی با تعداد ۹۷۲/۹۰ عدد دانه در هر بوته تفاوت معنی‌داری با کشت درهم با تعداد ۸۴۲/۳۳ عدد دانه در بوته نشان داد (جدول ۲). علت این امر را می‌توان بهره‌برداری بهتر از منابع در نتیجه آرایش فضایی بهتر دانست. ماندال و همکاران (Mandela et al., 2000) گزارش کردند که گونه‌هایی که در کشت مخلوط در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند برای منابع محدود باهم رقابت می‌نمایند و برای به حداقل رساندن این رقابت باید به عواملی از قبیل تراکم، نسبت اجزاء در مخلوط و آرایش فضایی توجه کرد. علاوه بر این کشت مخلوط نیز تفاوت معنی‌داری را در تعداد دانه هر گیاه ایجاد کرد ($p \leq 0.01$). به‌این‌ترتیب که بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمارهای 25s75b، 100s30b و 50s50b مشاهده شد (جدول ۳).

عملکرد ماده خشک

روش کشت تأثیر معنی‌داری را روی عملکرد ماده خشک کنجد نداشت، اما ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری را از این نظر ایجاد کرد ($p \leq 0.01$). علاوه بر این، اثر متقابل روش کشت و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری را روی عملکرد ماده خشک نداشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که روند تغییرات عملکرد ماده خشک در تیمارهای مختلف از روند یکسانی پیروی کرد به‌این‌ترتیب که کشت خالص کنجد و تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که در آنها کنجد به‌عنوان کشت اصلی در نظر گرفته‌شده بود، عملکرد ماده خشک در بالاترین مقدار و در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که در آن لوبیا به‌عنوان کشت اصلی در نظر گرفته‌شده بود عملکرد ماده خشک کنجد متناسب با میزان سهم آن در کمترین مقدار خود بود (جدول ۳). این امر دور از ذهن نبود، البته این احتمال هم وجود داشت که در شرایط کشت‌افزایشی به دلیل افزایش رقابت، بر میزان عملکرد ماده خشک گیاه افزوده شود که این امر محقق نشد.

عملکرد اقتصادی دانه

ترکیب کشت مخلوط دارای تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اقتصادی بود ($p \leq 0.01$). علاوه بر این، اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نیز اثر معنی‌داری را بر عملکرد اقتصادی به همراه داشت ($p \leq 0.05$)

از گیاهان در کشت خالص آنها به دست آمد. علاوه بر این، در کشت مخلوط جایگزینی با افزایش سهم کنگد از میزان وزن هزار دانه لوبیا کاسته شد. با توجه به ارتفاع بیشتر و همچنین توان رقابتی بیشتر کنگد نسبت به لوبیا، افزایش سهم کنگد احتمالاً به خاطر استفاده بهتر این گیاه از منابع باشد که تأثیر منفی در پر شدن دانه لوبیا داشته باشد. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نیز با افزایش مقدار گیاهان در واحد سطح و به خصوص افزایش سهم کنگد، از میزان وزن هزار دانه لوبیا کاسته شد (جدول ۴).

تیمارهای 100b و 25s75b و 10s100b، به ترتیب با مقادیر ۲۰۹/۷۹، ۲۰۲/۰۵ و ۱۹۸/۱۰ گرم مشاهده شد (جدول ۴).

توجه به مقدار میانگین وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان می‌دهد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط جایگزینی مشاهده شد (جدول ۴). چیتچی و اولکر (۲۰۰۵) در آزمایشی کشت‌های مخلوط عدس، جو و گندم (۹۰٪ عدس + ۱۰٪ گندم یا جو، ۸۰٪ عدس + ۲۰٪ گندم یا جو و ۷۰٪ عدس + ۳۰٪ گندم یا جو) را در دو منطقه (ون، ارسیس) واقع در ترکیه بررسی کردند و گزارش کردند که بالاترین عملکرد دانه برای هر کدام

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا
Table 4- Analysis of variance (mean of square) for yield and yield components of bean

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Degrees of freedom	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	عملکرد ماده خشک DM Yield	عملکرد اقتصادی دانه Economic seeds yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	88.65 ^{ns}	4.61 ^{ns}	0.81 ^{ns}	443.61 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.04 ^{ns}	29.29 ^{ns}
فاکتور A خطای Error A	1 2	2263.10* 288.05 ^{ns}	9.60 ^{ns} 3.05 ^{ns}	0.60 ^{ns} 1.05 ^{ns}	0.26 ^{ns} 362.71 ^{ns}	0.96** 0.03 ^{ns}	0.14** 0.01 ^{ns}	6.78 ^{ns} 48.26 ^{ns}
فاکتور B خطای Error	9 36	15590.87** 222.79	77.51** 2.53	4.60** 0.72	3653.37** 195.77	8.97** 0.10	1.19** 0.005	187.15** 18.65

ns و ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ و عدم معنی‌داری می‌باشند.
فاکتور اصلی A: روش‌های کاشت و فاکتور فرعی B: ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط
ns, significant risk of 0.01, 0.05 and ns are not significant, respectively.
A factor: cropping system and B factor: intercropping proportions.

جدول ۵- اثر نوع کشت مخلوط بر وزن هزار دانه و عملکرد ماده خشک لوبیا
Table 5- Effect of cropping system on the weight of 1000- seed and dry matter yield of bean

نوع کشت Planting system	عملکرد ماده خشک DM yield (t.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
کشت ردیفی Row planting	2.43a	162.76a
کشت درهم Mixed planting	2.18b	150.48b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن یا یکدیگر ندارند.
In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test ($\alpha=0.05$).

جدول ۶- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا

Table 6- The effect of different intercropping treatments on yield and yield components of bean

تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد اقتصادی دانه Seed yield	عملکرد ماده خشک DM yield	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلaf Number of seeds per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
100 b	33.97a	4.25a	92.66a	4.83a	19.33a	223.13a	100s
25s75b	35.84a	2.75c	76.5ab	4.16a	18.16a	205.39a	25s75b
50s50b	36.48a	1.99d	61.83b	3.83abc	16.16b	180.53b	50s50b
75s25b	36.04a	1.03e	61.5b	4.00ab	15.5b	176.23b	75s25b
100s10b	24.45b	3.58b	34.66c	3.00bcd	11.66cd	104.32c	10s100b
100s20b	23.51b	3.10c	28.16c	2.5d	11.33cd	94.52c	20s100b
100s30b	21.99b	3.04c	18.83c	2.16d	8.66e	68.81d	30s100b
10s100b	33.88a	0.59f	36.00c	2.83cd	12.5c	116.44c	100s10b
20s100b	31.58a	1.00e	30.66c	2.66d	11.33cd	106.43c	100s20b
30s100b	33.09a	1.70d	26.83c	2.66d	10.00de	62.14d	100s30b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنگد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنگد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنگد-۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنگد-۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنگد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنگد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنگد-۹۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنگد-۸۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنگد-۷۰٪ لوبیا (30s100b).

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test ($\alpha=0.05$). Intercropping treatments include bean monoculture (100b), 25% -75% sesame bean (25s75b), 50% -50% sesame bean (50s50b), 75% -25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame -10% bean (100s10b), 100% -20% sesame bean (100s20b), 100% -30% sesame bean (100s30b), 10% -100% sesame bean (10s100b), 20% -100% sesame bean (20s100b), 30% -100% sesame bean (30s100b).

تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته تنها تحت تأثیر روش کشت مخلوط قرار گرفت ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). بیشترین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تیمارهای 100b و 25s75b به ترتیب با مقادیر ۱۹/۳۳ و ۱۸/۱۶ عدد در هر بوته مشاهده شد. پس از این تیمارها نیز بیشترین غلاف در بوته در تیمارهای 50s50b و 75s50b بدون وجود اختلاف معنی‌دار، مشاهده شد. همانند وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته نیز در تیمارهای کشت خالص لوبیا و کشت مخلوط جایگزینی بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند و در کشت مخلوط افزایشی با افزایش حضور کنگد در ترکیب کشت مخلوط با روند معنی‌دار از تعداد غلاف در هر بوته لوبیا کاسته شد (جدول ۶). افزایش رقابت در تیمارهای مربوط به کشت مخلوط جایگزینی را می‌توان از دلایل این امر دانست. مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 2002) بیان نمودند که با افزایش تراکم در سویا، تعداد غلاف در بوته به دلیل رقابت درون‌گونه‌ای به شدت کاهش یافت. در کشت مخلوط زیره و عدس نیز، عدس بیشترین تعداد غلاف را در کشت مخلوط دارا بود که دلیل آن کاهش رقابت درون‌گونه‌ای ذکر شده است (Jahani et al., 1999).

تعداد دانه در غلاف

اثر تیمارهای مختلف مربوط به کشت مخلوط بر تعداد دانه در

تعداد دانه در بوته

همانند سایر خصوصیات مرتبط با تعداد دانه لوبیا، تعداد دانه در بوته نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفتند ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در بوته به تیمارهای 100b و 25s75b به ترتیب با مقادیر ۹۲/۶۶ و ۷۶/۵۰ عدد دانه در بوته و پس از آن به تیمارهای 50s50b و 75s50b به ترتیب با مقادیر ۶۱/۸۳ و ۶۱/۵۰ عدد دانه در بوته تعلق داشت. در تمامی صفات مرتبط با تعداد دانه و از جمله تعداد دانه در بوته، بیشترین تعداد دانه در تیمارهای کشت خالص و پس از آن کشت مخلوط جایگزینی مشاهده شد. کمترین تعداد دانه نیز در تیمارهای مربوط به کشت مخلوط افزایشی و با افزایش حضور کنگد مشاهده شد. بیشتر بودن توان رقابتی کنگد نسبت به لوبیا و در نتیجه کاهش نمود لوبیا در نتیجه رقابت حاصل از حضور کنگد را می‌توان از دلایل این امر دانست (جدول ۶).

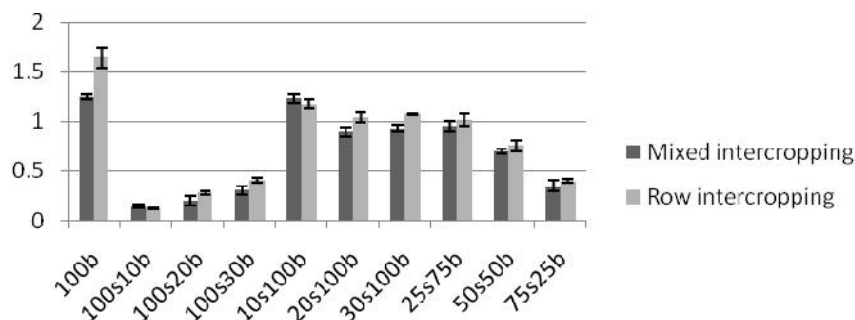
عملکرد ماده خشک

مقدار عملکرد ماده خشک لوبیا در کشت ردیفی (با میانگین ۲/۴۳ تن در هکتار) بیشتر از کشت در هم (با میانگین ۲/۱۸ تن در هکتار) بود که این تفاوت معنی دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۴ و ۵). علاوه بر این ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نیز دارای تأثیر معنی داری بر عملکرد ماده خشک لوبیا بودند ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). بیشترین مقدار عملکرد ماده خشک لوبیا در تیمار 100b مشاهده شد و پس از آن تیمار 100b10s در رتبه‌های بعدی قرار داشت. کمترین میزان عملکرد ماده خشک نیز در تیمار 100s10b مشاهده شد. به‌طور کلی بررسی روند تغییرات ماده خشک لوبیا نشان داد که با کاهش سهم لوبیا در کشت مخلوط از میزان ماده خشک آن نیز کاسته شد (جدول ۶).

عملکرد اقتصادی دانه

روش کشت، ترکیب کشت مخلوط و اثر متقابل آنها تأثیر معنی داری بر عملکرد اقتصادی لوبیا داشتند ($p \leq 0.01$). علاوه بر این، اثر متقابل روش کشت و ترکیب کشت مخلوط نیز با سطح احتمال

$p \leq 0.01$ بر عملکرد اقتصادی لوبیا معنی دار بود (جدول ۴). به‌طور کلی، عملکرد لوبیا در کشت خالص (چه به‌صورت ردیفی و چه به‌صورت درهم) بیشتر از کشت مخلوط بود. در مطالعه علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2009)، اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد اقتصادی لوبیا معنی دار بود و بالاترین عملکرد دانه را کشت خالص لوبیا دارا بود. علاوه بر این، بررسی تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان داد که هم در کشت جایگزینی و هم در کشت افزایشی با افزایش سهم کنگد از میزان عملکرد لوبیا کاسته شد که این امر نشان‌دهنده تأثیر رقابت حاصل از حضور کنگد در کنار کاهش سطح زیر کشت لوبیا است (شکل ۱). در آزمایش که حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) بر روی کشت مخلوط ارزن علوفه‌ای و لوبیا چشم بلبلی انجام دادند، مشاهده شد که با کاهش درصد لوبیا چشم بلبلی در مخلوط، عملکرد آن کاهش یافت. آنها دلیل این کاهش را علاوه بر کاهش سطح زیر کشت لوبیا چشم بلبلی در مخلوط متضرر شدن لوبیا چشم بلبلی در مقابل ارزن علوفه نیز عنوان کردند.



شکل ۱- اثر متقابل روش کشت و ترکیب کشت مخلوط بر عملکرد دانه لوبیا

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنگد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنگد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنگد-۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنگد-۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنگد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنگد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰۰٪ کنگد-۱۰۰٪ لوبیا (100s100b)، ۲۰٪ کنگد-۸۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنگد-۷۰٪ لوبیا (30s100b). خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای معیار (Standard Error= SE) می‌باشد.

Figure 1- Interaction between cropping system and intercropping treatments on seed yield of bean

Intercropping treatments include: bean monoculture (100b), 25% -75% sesame bean (25s75b), 50% -50% sesame bean (50s50b), 75% -25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame -10% bean (100s10b), 100% -20% sesame bean (100s20b), 100% -30% sesame bean (100s30b), 10% -100% sesame bean (10s100b), 20% -100% sesame bean (20s100b), 30% -100% sesame bean (30s100b). Vertical bars represent Standard Error (SE).

شاخص برداشت

شاخص برداشت لوبیا به‌طور معنی داری تحت تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفت، به‌طوری که تیمارهای افزایشی که در آن کنگد به‌عنوان کشت اصلی بود و لوبیا با درصدهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به آن اضافه می‌شد کمترین شاخص برداشت و سایر تیمارها در گروه بیشترین شاخص برداشت بودند (جدول‌های ۴ و ۶).

نسبت برابری زمین

نسبت جزئی برابری زمین کنگد و لوبیا و همچنین نسبت کل برابری زمین در کشت مخلوط به‌طور معنی داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر نوع کشت و ترکیب‌های مختلف در کشت مخلوط قرار گرفت، این در حالی بود که اثر متقابل روش کشت و ترکیب کشت مخلوط،

می‌تواند به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان باشد. نکته قابل توجه در مورد نسبت جزئی برابری زمین در کشت‌های مخلوط جایگزینی و افزایشی که در آنها لوبیا کشت اصلی بود و نسبت‌هایی از کنجد به آن اضافه می‌شد این بود که نسبت برابری زمین در تمامی این ترکیب‌ها از درصد حضور کنجد در کشت مخلوط بیشتر بود. به نظر می‌رسد در این ترکیب‌ها حضور لوبیا توانسته تأثیرات مثبتی را بر کنجد داشته باشد که احتمالاً خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن توسط ریشه‌های لوبیا می‌تواند یکی از دلایل اصلی این امر باشد. عباسی علی کمر (Abbasi Ali Kamar, 2004) در مطالعه‌ای که بر روی کشت مخلوط زیره سبز و نخود انجام داد، اظهار داشت که کشت مخلوط تأثیر مثبتی بر روی زیره داشت، زیرا باوجود کاهش نسبت حضور آن در کشت مخلوط، افزایش عملکرد آن ملموس بود؛ اما گیاه زیره اثر مثبت یا منفی بر روی گیاه نخود در کشت مخلوط نداشت و با کاهش نسبت تراکمی نخود در کشت مخلوط، عملکرد آن تقریباً به‌صورت خطی کاهش یافت.

تفاوت معنی‌داری را روی نسبت برابری زمین در لوبیا، کنجد و کشت مخلوط نشان ندادند (جدول ۷). به‌طور کلی، نسبت جزئی برابری زمین کنجد و لوبیا و همچنین نسبت برابری زمین کل، در کشت ردیفی بیشتر از کشت درهم بود (جدول ۸). این امر کارایی بیشتر کشت مخلوط ردیفی در نتیجه آرایش صحیح و استفاده بهتر از منابع را نشان می‌دهد. علاوه بر این مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نشان داده در مورد کنجد و لوبیا، تیمارهایی که این گیاهان به‌عنوان کشت اصلی بوده و همچنین تیمارهای حاوی کشت مخلوط جایگزینی دارای بیشترین مقادیر بودند. به‌طور کلی در کشت مخلوط جایگزینی و همچنین کشت مخلوط افزایشی که در آن لوبیا به‌عنوان گیاه اصلی و درصد حضور کنجد ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد افزایش می‌یافت، با افزایش سهم کنجد، بر نسبت جزئی برابری زمین آن نیز افزوده شد. در کشت مخلوط افزایشی که کنجد با تراکم معمول کشت می‌شد و نسبت‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد لوبیا به آن افزوده شد، با افزایش درصد حضور لوبیا از نسبت جزئی برابری زمین کنجد کاسته شد که این امر

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین (LER) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط کنجد و لوبیا

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for land equivalent ratio (LER) in different treatments of sesame and bean

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Degrees of freedom	LER جزئی کنجد Slight Sesame LER	LER جزئی لوبیا Slight Bean LER	LER کشت مخلوط Intercropping LER
بلوک Block	2	0.06**	0.001 ^{ns}	0.07**
فاکتور A Factor A	1	0.05**	0.03**	0.17**
خطای A Error A	2	0.01*	0.005 ^{ns}	0.007 ^{ns}
فاکتور B Factor B	8	0.53**	0.57**	0.013**
A*B خطا Error	8 32	0.002 ^{ns} 0.003	0.003 ^{ns} 0.002	0.007 ^{ns} 0.005

***، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

فاکتور اصلی A: روش‌های کاشت و فاکتور فرعی B: ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط

***, * and ns, significant risk of 0.01, 0.05 and ns are not significant, respectively.

A factor: cropping system and B factor: intercropping proportions.

یک بودند (Cercarr and Kondo, 2001). جهان (Jahan *et al.*, 2008) نیز در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط بابونه و همیشه‌بهار انجام داد بیان داشت که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. علاوه بر این، چن و همکاران (Chen *et al.*, 2004) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط جو و نخود انجام دادند مشاهده کردند که کشت مخلوط نیاز کودی به نیتروژن را کاهش داده و عملکرد ماده خشک بالاتر و نسبت برابری زمین بیشتری در مقایسه با تک‌کشتی ایجاد کرد. لی و همکاران (Li *et al.*, 2001) با مقایسه

در مورد نسبت برابری زمین کل تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند، علاوه بر این، در تمامی تیمارهای آزمایش نسبت برابری زمین کل، بیشتر از عدد یک بود (جدول ۹). چیتچی و اولکر (۲۰۰۵) در آزمایش خود روی تیمارهای مختلف کشت مخلوط عدس، جو و گندم نشان دادند که بیشترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط به‌دست آمد. در آزمایشی بر روی کشت مخلوط کنجد و بادام‌زمینی گزارش شده که تمامی تیمارهای کشت مخلوط دارای نسبت برابری زمین بالاتر از

کشت مخلوط گندم و ذرت با کشت خالص هر دو گیاه مشاهده کردند که عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود. آنها این افزایش عملکرد را ناشی از بهبود جذب مواد غذایی در مخلوط دانستند. استفاده بهتر از منابع در نتیجه کشت مخلوط را می‌توان از دلایل این امر دانست.

جدول ۸- اثر نوع کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین جزئی و کل کنجد و لوبیا

Table 8- Effect of intercropping system on partial and total land equivalent ratio of sesame and bean

نوع کشت Planting system	LER جزئی لوبیا Partial LER of bean	LER جزئی کنجد Partial LER of sesame	LER کل Total LER
کشت ردیفی Row planting	0.54a	0.64a	1.19a
	0.49b	0.58b	1.08b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test ($\alpha=0.05$).

جدول ۹- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین جزئی و کل کنجد و لوبیا

Table 9- Effect of intercropping treatments on partial and total land equivalent ratio of sesame and bean

تیمار کشت مخلوط Intercropping treatments	LER جزئی لوبیا Partial LER of bean	LER جزئی کنجد Partial LER of sesame	LER کل Total LER
25s75b	0.77b	0.45d	1.22a
50s50b	0.57c	0.62c	1.19ab
75s25b	0.29d	0.86b	1.15abc
100s10b	0.10f	0.96a	1.06c
100s20b	0.18e	0.92ab	1.11bc
100s30b	0.28d	0.86b	1.14abc
10s100b	0.94a	0.18f	1.13abc
20s100b	0.76b	0.30e	1.06c
30s100b	0.78b	0.37e	1.15abc

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

تیمارهای کشت مخلوط شامل: کشت خالص لوبیا (100b)، ۲۵٪ کنجد-۷۵٪ لوبیا (25s75b)، ۵۰٪ کنجد-۵۰٪ لوبیا (50s50b)، ۷۵٪ کنجد-۲۵٪ لوبیا (75s25b)، ۱۰۰٪ کنجد-۱۰٪ لوبیا (100s10b)، ۱۰۰٪ کنجد-۲۰٪ لوبیا (100s20b)، ۱۰۰٪ کنجد-۳۰٪ لوبیا (100s30b)، ۱۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (10s100b)، ۲۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (20s100b)، ۳۰٪ کنجد-۱۰۰٪ لوبیا (30s100b).

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly different by Duncan test ($\alpha=0.05$).

Intercropping treatments include: bean monoculture (100b), 25% - 75% sesame bean (25s75b), 50% - 50% sesame bean (50s50b), 75% - 25% sesame bean (75s25b), 100% Sesame - 10% bean (100s10b), 100% - 20% sesame bean (100s20b), 100% - 30% sesame bean (100s30b), 10% - 100% sesame bean (10s100b), 20% - 100% sesame bean (20s100b), 30% - 100% sesame bean (30s100b).

نتیجه‌گیری

کشت مخلوط نشان می‌دهد. مقایسه بین روش کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی نیز نشان می‌دهد که در کشت مخلوط جایگزینی نسبت برابری زمین بیشتری به‌دست آمد و در نتیجه بهره‌وری بیشتر از زمین حاصل آمد. همچنین، کشت ردیفی کارایی بیشتری را در مقایسه با کشت درهم از خود نشان داد.

جمع‌بندی نتایج نشان داد که عملکرد کنجد و لوبیا در کشت خالص نسبت سایر ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر بود، با این‌وجود بیشترین نسبت برابری زمین در تیمارهای مربوط به کشت مخلوط مشاهده شد. این امر امکان بهره‌برداری بیشتر از واحد سطح را در

References

- Abbasi Ali Kamar, R. 2004. Evaluation of different culture cumin and chickpea mixture with emphasis on weed control in Mashhad, Thesis, Department of Agronomy. Tehran University. (in Persian with English abstract).
- Abraham, C. T., and Singh, S. P. 1984. Weed management in sorghum-legume intercropping systems. Journal of Agricultural Science 103: 103-115.
- Akmal, M., and Janssens, M. J. J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research 88: 143-155.
- Alizadeh, Y., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of intercropping

- beans and basil on yield and weed control. Master Thesis. College of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
5. Awal, M., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 139: 74-83.
6. Carr, P. M., Schatz, B. G., Gardner, J. C., and Zwinger, S. F. 1992. Intercropping sorghum and pinto bean in cool semi-arid region. *Agronomy Journal* 84: 810-812.
7. Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wichman, D., and Knox, M. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. *Agronomy Journal* 96: 1730-1738.
8. Çiftçi, V., and Ulker, M. 2005. Effect of mixed cropping lentil with wheat and barley at different seeding ratios. *Journal of Agronomy* 4: 1-4.
9. Ebwongu, M., Adipala, E., Ssekabembe, C., Kyamanywa, S., and Bhagsari, A. 2001. Effect of intercropping maize and solanum potato on yield of the component crops in central Uganda. *African Crop Science Journal* 9: 83-96.
10. Gholdani, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2004. Effect of drought and sowing date on yield and yield components of rainfed and irrigated beans in Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 2 (2): 229 to 239. (in Persian with English abstract).
11. Jahan, M. 2004. Ecological aspects of intercropping chamomile and calendula *Chamomilla matricaria* L. *Chalendula officinalis* L. with manure. Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
12. Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. Ecology of Intercropping (Translation). Publication of Jihad-e Daneshgahi of Mashhad. (in Persian with English abstract).
13. Khajehpour, M. 2004. Industrial plants. Publication of Jihad-e Daneshgahi of Isfahan 0.580 Center's publications. (in Persian with English abstract).
14. Koocheki, A., and Zand, E. 1996. From the Viewpoint of Ecological Agriculture. Publication of Jihad-e Daneshgahi of Mashhad. (in Persian with English abstract).
15. Koocheki, A., Zarif Ketabi, H., and Nakh Foroosh, A. 2001. Ecological Approaches to Weed Management. University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
16. Koocheki, A., Gholami, A., Tabrizi, L., and Mahdavi Damghani, A. 2005. Principles of biological agriculture (organic). University of Mashhad. (in Persian).
17. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. *Field Crops Research* 71: 123-137.
18. 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.
19. Najafi, A., and Ghafari, K. H. 2005. Evaluation of intercropping of maize and beans 704 single digits School of Business. Articles First National Conference beans. Research Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. November 29-30. S144-146. (in Persian with English abstract).
20. Ndakidemi, P. A. 2006. Manipulating legume/cereal mixtures to optimize the above and below ground interactions in the traditional African cropping systems. *African Journal of Biotechnology* 5: 2526-2533.
21. Nezami, A., and Bagheri, A. 2005. The effect of cold tolerant chickpea genotypes characteristics of autumn and spring: phenological and morphological characteristics. *Iranian Journal of Field Crop Research* 3 (1): 143-155. (in Persian with English abstract).
22. Nielsen, H. H., Ambus, P., and Jensen, E. S. 2001. Interspecific competition N use and interference with weeds in pea- barley intercropping. *Field Crop Research* 70 (2): 101-109.
23. Pandita, A. K., Saha, M. H., and Bali, A. S. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. *Indian Journal of Agronomy* 45: 48-53.
24. Pendleton, J. W., Bolen, C. D., and Seif, R. D. 1963. Alternating strips of corn and soybeans vs. sole planting. *Agronomy Journal* 55: 293-295.
25. Pitan, O. O. R., and Debiyi, G. A. O. 2001. The effect of intercropping with maize on the level of infestation and damaged by pod – sucking bugs in cowpea. *Crop Protection* 20: 367-372.
26. Pooramir, F., Koocheki, A., Nasiri Mahalatti, M., and Gorbani, R. 2010. Evaluation of yield and yield components in sesame and pea intercropping replacement series. *Iranian Journal of Agricultural Research* 8 (5): 757-747. (in Persian with English abstract).
27. Putnam, D. H., and Allen, D. L. 1992. Mechanism for over yielding in sunflower-mustard intercrop. *Agronomy Journal* 84: 188-195.
28. Rangasamy, A., Krishnamurti, V. V., Rajkannan, B., Iruthagaraj, M. R., and Ajyaswamy, M. 1988. Intercropping of rows of green gram in cotton. *Seed and Farms* 14 (4): 20-23.
29. Rezvani Moghaddam, P., Norooz pour, G., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A. 2005. Morphological characteristics, grain yield and sesame oil in plant density and irrigation intervals. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
30. Saxena, M. 1990. Problems and potential of chickpea production in the nineties. *Chickpea in the Nineties*,

- Patancheru: ICRISAT. 13-25 p.
31. Shivaramu, H., and Shivashankar, K. 1994. A new approach of canopy architecture in assessing complementarity of intercrops. *Indian Journal of Agronomy* 39: 179-187.
 32. Soltani, A. 2004. Revision of the application of statistical techniques in agricultural research. Press Mashhad SID. 55 p.
 33. Thakur, N. S., Pannase, S. K., and Sharma, R. S. 2000. Production potential of gram (*Cicer arietinum*)-based intercropping systems under rainfed condition. *Indian Journal of Agronomy* 45: 534-539.
 34. 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.
 35. Willey, R. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agricultural Water Management* 17: 215-231.
 36. Zougmor, R., Kambou, F. N., Ouattara, K., and Guillobez, S. 2000. Sorghum– cowpea intercropping; an effective technique againstrun off and soil erosion in the Sahel (Saria, Burkina Faso). *Arid Soil Research and Rehabili* 14: 329-342.



Effect of Different Treatments of Mixed and Row Intercropping on Yield and Yield Components of Sesame and Bean

Sh. Ghale Noyee¹- A. Koocheki^{2*}- M. T. Naseri Poor Yazdi³- M. Jahan⁴

Received: 25-08-2015

Accepted: 07-09-2016

Introduction

Intercropping is a kind of multi-culture system where two or more plants are cultivated in a piece of land simultaneously. The aim of intercropping is optimizing the use of space, time and physical resources in both the top and under of the soil surface through maximizing positive relationship and minimizing negative relationship between the components of agricultural ecosystems. In intercropping due to better use of available resources such as land, labor, time, light, water and nutrients, as well as reducing damages caused by pests and diseases and socio-economic advantages, increase in production per unit area can be expected. In this study, yield and yield components of sesame and bean in additive and replacement intercropping with mixed and row planting type was evaluated and the possible advantages of intercropping to monoculture as well as the types of intercropping were compared.

Materials and Methods

This experiment was conducted in Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, located in 10 kilometers south-east of the city of Mashhad, Iran (latitude 36° 17' N, longitude 59° 35' E and 985 m elevation) in 2013 and 2014. Climate of the area is cold and dry. A Split-Plot experiment based on randomized complete block design with three replications was used with the factor of cropping system (as main plot) and intercropping proportions (as sub plot). The cropping system was included; mixed and row cropping and intercropping proportions were included; monoculture of bean (100b), 25% sesame- 75% bean (25s75b), 50% sesame- 50% bean (50s50b), 75% sesame- 25% bean (75s25b), monoculture of sesame (100s), 10% bean- 100% sesame (10b100s), 20% bean- 100% sesame (20b100s), 30% bean- 100% sesame (30b100s), 100% bean- 10% sesame (100b10s), 100% bean- 20% sesame (100b20s), and 100% bean- 30% sesame (100b30s). Planting was done using common varieties of the region (Esfarayen and Derakhshan varieties for sesame and bean, respectively). Hand-weeding method was used for controlling weeds. The first was done when most plants were, in the 6 leaf stage and in the height about 15cm, continued every 13 days until the growth of the canopy limited the growth of weeds. There was not used any fertilizer during the growing season. At the end of the growing season traits such as 1000 seed weight, number of capsules or pods per plant, number of seeds per capsule or pod, biological yield, seed yield and harvest index were recorded. In addition, the land equivalent ratio (LER) was calculated to determine the advantages of intercropping. Analysis of variance and Duncan's mean comparison were used for statistical analysis.

Results and Discussion

The results showed that intercropping had a significant effect on all traits, in sesame and bean. 1000 seed weight, number of capsules or pods per plant, number of seeds per capsule or pod and harvest index in the treatments of 25s75b, 50s50b and 75s25b, were the highest amounts. Number of seed per plant, seed yield and

1- PhD student in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

4- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

harvest index in sesame and 1000 seed weight, biological yield and seed yield in bean were affected by planting type which row planting had higher value than mixed planting. This can be due to better use of resources and avoid inter and intra species competition, in the circumstances stated above. The results showed that the total LER, LER of sesame, and LER of bean were higher in replacement intercropping planting than mixed planting. In addition, replacement intercropping had better performance in total LER, LER of sesame, and LER of bean, to additive intercropping. Also, total LER was more than 1 which highest values were observed in the treatments of 25s75b, 50s50b, 30s100b, 75s25b, 100s 30b and 10s100b (1.22, 1.19, 1.15, 1.15 and 1.14, respectively). It seems that better utilize of the growth resource in the inter cropping led to reach this result. The results showed that presence of bean in intercropping had positive effects on sesame, so that the symbiosis of bean roots with nitrogen-fixing bacteria could be the main reason.

Conclusions

In general, the results showed that seed yield of sesame and bean in monoculture were higher than other combinations of intercropping; However higher LER was observed in the treatments of intercropping. This shows more exploitation of unit area in intercropping. In addition, greater amount of LER in replacement intercropping than additive intercropping highlights the necessity of appropriate density of plants per unit area in the intercropping. Also row planting showed better performance compared with mixed planting that suggests the effect of planting correct arrangement for further exploitation of resources in the intercropping.

Keywords: Economical yield, Harvest index, Land equivalent ratio (LER), Multi-culture



تأثیر کود دامی بر عملکرد علوفه، جذب و مصرف برخی عناصر غذایی در یک سیستم کشت مخلوط جو و شنبلیله

سارا قنبری^۱ - محمدرضا مرادی تلاوت^{۲*} - سید عطاءالله سیادت^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۱۹

چکیده

به منظور تعیین مناسب‌ترین ترکیب کشت مخلوط گیاهان جو (*Hordeum vulgare* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در سطوح کود دامی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ انجام شد. سطوح کود دامی در چهار سطح (صفر، ۱۲، ۲۴ و ۳۶ تن در هکتار از منبع کود گاوی پوسیده شده) در کرت‌های اصلی و هشت نسبت کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی شامل ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد شنبلیله، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد شنبلیله، ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد شنبلیله، ۱۰۰ درصد جو + ۰ درصد شنبلیله، ۳۳/۳ درصد جو + ۶۶/۷ درصد شنبلیله، ۱۰۰ درصد جو + ۰ درصد شنبلیله و کشت خالص هر دو گیاه در کرت‌های فرعی جای گرفتند نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد خشک برابر ۳۱۶۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۱۰۰ درصد جو + ۵۰ درصد شنبلیله با سطح کودی ۳۶ تن در هکتار به دست آمد. بالاترین درصد نیتروژن کل علوفه نیز از سطح ۳۶ تن کود دامی در هکتار و در نسبت کشت ۱۰۰ درصد شنبلیله حاصل شد. بیشترین محتوای فسفر علوفه از تیمار جو خالص با سطح کودی ۳۶ تن در هکتار کود دامی، بالاترین محتوای آهن علوفه از تیمار جو خالص با سطح کودی ۳۶ تن در هکتار و بالاترین محتوای روی علوفه در سطح ۳۶ تن در هکتار کود دامی به دست آمد. شنبلیله به دلیل تثبیت نیتروژن ریشه درصد نیتروژن بیشتری داشت، در حالی که جو برای جذب آهن و فسفر قدرت رقابت بیشتری داشت که با سیستم ریشه‌ای آن مرتبط است. این موضوع، مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گونه در استفاده از کود دامی بر افزایش محصول را در آزمایش حاضر نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تثبیت نیتروژن، روی، فسفر، کشاورزی ارگانیک، ماده خشک

مقدمه

رهایی از مشکلات و مدیریت حاصل‌خیزی خاک پیشرفت به سمت کشاورزی ارگانیک توصیه می‌شود و بدین ترتیب نیاز به مصرف کود-های دامی برای تغذیه گیاه افزایش می‌یابد (Anwar et al., 2005). افزایش تولیدات کشاورزی در طی قرن بیستم حاصل مصرف زیاد نهاده‌ها است، ولی کشاورزی فشرده موجب برخی اثرات جانبی نظیر فرسایش خاک، آلودگی محیط توسط مواد شیمیایی کشاورزی، مصرف بی‌رویه کودها، ظهور جمعیت‌های علف هرز و آفات مقاوم به سموم شیمیایی گردیده است (Poggio, 2005). از جمله راهکارهای مورد نظر این نگرش می‌توان به سیستم کشت مخلوط اشاره نمود (Sullivan, 2003).

طی تحقیقات انجام شده لی و همکاران (Li et al., 2005) کشت مخلوط را به عنوان یک روش مؤثر برای حل مشکل افزایش

امروزه کاربرد سموم و کودهای شیمیایی در زمین‌های زراعی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. این مواد علاوه بر هزینه‌های اضافی، اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و سلامتی انسان دارند. استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک بدون جایگزینی مناسب موجب کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است (Jeybal and Kupposwamy, 2001). در نتیجه برای

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و استاد دانشگاه

کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(*)- نویسنده مسئول: (Email: moraditelavat@ramin.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.50422

کوشش شده است میزان مصرف عناصر غذایی در سیستم‌های کشت خالص و مخلوط مورد بررسی قرار گیرد. این موضوع در مشخص شدن سودمندی تولید در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص حائز اهمیت است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی کشت مخلوط جو و سنبله، از نوع سری‌های جایگزینی و افزایشی در سطوح مختلف کود دامی، آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ در ملائانی واقع در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و ۲۲ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. نتایج خصوصیات حاصل از تجزیه خاک نمونه‌ها در (جدول ۱) و نمونه کود دامی در (جدول ۲) آمده است.

آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن کود دامی به عنوان عامل اصلی در چهار سطح: صفر، ۱۲، ۲۴ و ۳۶ تن در هکتار از منبع کود گاوی پوسیده شده (MirHashemi et al., 2009) و ترکیب‌های کشت به عنوان عامل فرعی در پنج سطح (Asgharipour and Khatami pour, 2013) شامل: کشت خالص جو (۱۲ ردیف کشت جو) و کشت خالص سنبله (۱۲ ردیف کشت سنبله) و نسبت‌های جایگزینی مخلوط شامل: ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد سنبله (۱۰ ردیف کشت جو و دو ردیف کشت سنبله)، ۵۰ درصد جو + ۵۰ درصد سنبله (هشت ردیف کشت جو و چهار ردیف کشت سنبله) و ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد سنبله (شش ردیف کشت جو و شش ردیف کشت سنبله) و در سه سطح کشت با نسبت‌های افزایشی مخلوط (Tavasoli et al., 2010) شامل: ۱۰۰ درصد جو + ۱۶/۶ درصد سنبله (۱۲ ردیف کشت جو و دو ردیف سنبله در میان ردیف‌های جو)، ۱۰۰ درصد جو + ۳۳/۳ درصد سنبله (۱۲ ردیف کشت جو و چهار ردیف کشت سنبله در میان ردیف‌های جو) و ۱۰۰ درصد جو + ۵۰ درصد سنبله (۱۲ ردیف کشت جو و شش ردیف کشت سنبله در میان ردیف‌های جو) در نظر گرفته شد.

هر کرت فرعی شامل ۱۲ ردیف کاشت بود، که به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم در نظر گرفته شد. کرت‌های فرعی به طول چهار متر و عرض دو و نیم متر در نظر گرفته شد. تراکم جو ۲۰۰ بوته در متر مربع (Soleimani Abiat et al., 2015) و برای سنبله ۴۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد (Mohammad Abadi et al., 2011). با توجه به تراکم گفته شده، برای هر ردیف کشت جو ۱۶۰ بوته با توجه به رابطه‌های (۱ و ۲) و برای هر ردیف کشت سنبله ۳۲ بوته با توجه به رابطه (۳) در نظر گرفته شد (HallajNia et al., 2006). محاسبه تراکم برای هر یک از دو گیاه در کشت خالص آنها (برای ترکیب‌های

تنوع گیاهی و کاهش تدریجی سطح تولید گیاهان زراعی می‌دانند. یک روش مناسب به جهت افزایش کیفیت علوفه از نظر محتوای پروتئینی استفاده از گیاهان خانواده بقولات است که از نظر محتوای پروتئینی غنی هستند (Ross et al., 2005). از جمله این گیاهان سنبله است که می‌تواند با جو به صورت مخلوط کشت شود تا ضمن افزایش محتوای پروتئینی رژیم غذایی دام‌ها، هزینه‌های مربوط به افزایش کیفیت علوفه از طریق افزودن مکمل‌های پروتئینی را کاهش دهد.

سنبله با نام علمی (*Trigonella foenum-graecum* L.) گیاهی یکساله و متعلق به خانواده بقولات است. بذرهای این گیاه دارای خصوصیات تغذیه‌ای بوده و فرآیند هضم را تحریک می‌کند (Mohammad Abadi et al., 2011). جو (*Hordeum vulgare*) نیز گیاهی از خانواده گندمیان است که بیشتر به صورت علوفه‌ای مصرف می‌شود. کیانی (Kiani, 2013) گزارش کرد که استفاده مستقیم از یونجه و شبدر در چراگاه موجب نفخ دام می‌شود، اما کشت مخلوط آن‌ها با گندمیان این خطر را از بین می‌برد. این نوع کشت امکان استفاده هرچه بیشتر از این علوفه سرشار از پروتئین را فراهم کرده و یک جیره متعادل و کامل را تأمین می‌کند.

فراهم نمودن مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه عناصر ریز مغذی یکی از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی بوده و می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولید و عملکرد بالا ایفا نماید. به‌طور کلی مصرف کودهای حاوی عناصر ریز مغذی موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود، همچنین افزایش غلظت این عناصر در محصولات کشاورزی نقش مهمی در افزایش کیفیت غذایی و بهبود سلامتی جامعه دارد (Ronaghi et al., 2002). در سیستم تغذیه شیمیایی تمام فسفر مورد نیاز در مرحله کاشت مصرف می‌گردد و ممکن است در اثر رشد گیاه و همچنین آبشویی، از غلظت نیتروژن در محیط کاسته شده و در نتیجه نیاز گیاه به‌طور کامل تأمین نمی‌گردد. ولی در سیستم تغذیه ارگانیک در طی دوره رشد، عناصر غذایی در اثر معدنی شدن کود دامی به تدریج آزاد شده و در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. عناصر غذایی آزاد شده از کود دامی موجب تقویت رشد زایشی گیاه گردیده و در نتیجه در تیماری که عناصر غذایی مورد نیاز در تمام دوره رشد به نحوی مطلوب تأمین شود، میزان عملکرد بیولوژیک آن بالاتر می‌رود (Shirani et al., 2002).

حلاج نیا و همکاران (HallajNia et al., 2006) تأثیر مواد آلی بر فراهمی فسفر و اجزای آن را در طی زمان بررسی نمودند. نتایج آنها در زمان‌های مختلف تا ۱۵۰ روز نشان داد که در پایان دوره آزمایش تنها ۱۷ درصد فسفر افزوده شده قابل دسترس بوده، در حالی که در این مدت زمان در تیمار کود دامی این مقدار ۳۴ درصد بوده است. نظر به اینکه عملکرد محصولات زراعی تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله جذب عناصر غذایی قرار می‌گیرد، در این تحقیق

ماله انجام گرفت. عمق کشت جو سه تا چهار سانتی متر (Kiani, 2013) و برای شنبليله یک تا دو سانتی متر در نظر گرفته شد (Mohammad Abadi et al., 2011). کشت در نیمه دوم آبان ماه و به صورت ردیفی انجام گرفت، همچنین کشت دو گیاه به صورت همزمان انجام شد. بذرهاى شنبليله از توده بومی خوزستان انتخاب گردید. کشت بذرهاى شنبليله با در نظر گرفتن تراکم مورد نظر به صورت کپه‌ای انجام شد و در هر کپه چهار عدد بذر قرار داده شد، فاصله کپه‌ها از هم ۱۲/۵ سانتی متر بود و در هر کپه چهار بذر قرار شد و پس از آن شنبليله در مرحله چهار برگى حقیقی به تراکم مورد نظر رسید (Mohammad Abadi et al., 2011). کشت جو رقم زهک نیز به صورت همزمان با شنبليله انجام شد.

۱۰۰ درصد جو: ۲۰۰ بوته در متر مربع و ۱۰۰ درصد شنبليله: ۴۰ بوته در متر مربع) در نظر گرفته شد، در ترکیب‌های کشت مخلوط نیز براساس نسبت هر گیاه در آن ترکیب محاسبه شد.

$$(۱) \quad 1 \text{ m}^2 \text{ طولی زمین} = 4 \text{ m} \longrightarrow 1 \text{ m}^2 = 5 \text{ m} \text{ طولی زمین}$$

$$(۲) \quad 1 \text{ m}^2 = 200 \text{ بوته جو} \longrightarrow 1 \text{ m}^2 = 160 \text{ بوته جو}$$

$$(۳) \quad 1 \text{ m}^2 = 40 \text{ بوته شنبليله} \longrightarrow 1 \text{ m}^2 = 32 \text{ بوته شنبليله}$$

ابتدا به منظور تحریک جوانه‌زنی علف‌های هرز و کنترل آنها و تأمین رطوبت مناسب جهت عملیات شخم، قبل از تهیه زمین آبیاری انجام گرفت پس از رسیدن میزان رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی، عملیات شخم انجام شد و سپس به منظور خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح اولیه، دو نوبت دیسک عمود بر هم زده شد و تسطیح نهایی با

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil in experiment site

عمق depth (cm)	بافت (Texture)	مواد آلی OM (%)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن N (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)
0-30	Clay	0.76	214	7.2	0.05	7.4	3.6

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود گاوی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- chemical properties of manure for use in experiment site

نمونه برداری Sampling	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن Nitrogen (%)	اسیدیته ته (pH)	هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹)
Manure	3462	812	0.43	7.1	3.2

شد.

صفات کیفی شامل اندازه‌گیری نیتروژن به وسیله دستگاه کج‌لدال و به روش برنر (Bremner, 1996)، اندازه‌گیری فسفر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر و به روش اولسن و سامرز (Olsen and Sommers, 1982) و اندازه‌گیری روی و آهن به وسیله دستگاه جذب اتمی و به روش اولسن و سامرز (Olsen and Sommers, 1982) انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها، شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، با استفاده از سیستم آنالیز آماری SAS (Ver 9.2) و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام و جهت تجزیه رگرسیون و رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

کود دامی از منبع کود گاوی پوسیده شده چهار ماه قبل از عملیات کاشت به منظور اینکه از حذف بذر علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها اطمینان حاصل شود در دمای مناسب حدود ۶۰-۵۵ درجه سانتی‌گراد (GhalehSefidi, 2011) کمپوست گردید. سپس در تیمارهای مختلف، به میزان ۱۲، ۲۴ و ۳۶ تن در هکتار برای هر کرت محاسبه شد و قبل از کاشت و بعد از عملیات آماده‌سازی به زمین داده شد و سپس با کولتیواتور دستی با خاک مخلوط شد.

معیار برداشت ما گیاه جو بود، با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و با رسیدن رویش گیاه جو به مرحله شیری-خمیری برداشت در ۲۴ اسفند ماه به صورت توأم صورت پذیرفت، همچنین شنبليله در زمان برداشت در مرحله گلدهی بود. مساحت برداشت برای هر گیاه معادل یک متر مربع، با تعیین حاشیه‌ها در نظر گرفته شد. سپس برای محاسبه تمامی صفات کیفی که شامل عناصر اندازه‌گیری شده بود، برای هر گیاه با توجه به نسبت آنها در مخلوط با رابطه‌های (۴)، (۵)، (۶)، (۷)، (۸)، (۹) و (۱۰) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری صفات کیفی از مخلوط هر دو گیاه با هم در یک نمونه گیاهی در آزمایشات استفاده

$$\begin{aligned} A, E &= [\text{جو خالص و شنبليله خالص}] \longrightarrow Y_{10}, Y_{14} \text{ و } Y_{16} \quad (۴) \\ B &= [75\% \text{ جو} + 25\% \text{ شنبليله}] \longrightarrow 0.75aY_{10} + 0.25Y_{14} \quad (۵) \\ C &= [50\% \text{ جو} + 50\% \text{ شنبليله}] \longrightarrow 0.5Y_{10} + 0.5Y_{14} \quad (۶) \\ D &= [25\% \text{ جو} + 75\% \text{ شنبليله}] \longrightarrow 0.25Y_{10} + 0.75Y_{14} \quad (۷) \\ F &= [100\% \text{ جو} + 16\% \text{ شنبليله}] \longrightarrow 1.0Y_{10} + 0.16Y_{14} \quad (۸) \\ G &= [100\% \text{ جو} + 33\% \text{ شنبليله}] \longrightarrow 1.0Y_{10} + 0.33Y_{14} \quad (۹) \\ H &= [100\% \text{ جو} + 50\% \text{ شنبليله}] \longrightarrow 1.0Y_{10} + 0.5Y_{14} \quad (۱۰) \end{aligned}$$

نتایج و بحث

نتایج آزمایش در ارزیابی عملکرد علوفه خشک نشان داد، که سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط بر این صفت اثر معنی‌داری داشتند. نتایج حاکی از آن است که بیشترین عملکرد علوفه خشک در سطح ۳۶ تن در هکتار کود دامی و در ترکیب ۱۰۰ درصد جو + ۵۰ درصد شنبلیل با عملکردی برابر ۳۱۶۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد علوفه خشک نیز در سطح شاهد (صفر) و در نسبت ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد شنبلیل با عملکردی برابر ۹۰۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین میان بیشترین و کمترین میانگین عملکرد علوفه خشک ۷۱ درصد افزایش عملکرد حاصل شد که این افزایش عملکرد نشان می‌دهد با افزایش نسبت شنبلیل در کشت مخلوط عملکرد علوفه خشک کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی با افزایش سطوح کود دامی عملکرد علوفه خشک افزایش یافت. در بین سطوح جایگزینی مخلوط بیشترین عملکرد علوفه خشک در ترکیب ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد شنبلیل و همچنین در بین سطوح افزایشی بیشترین عملکرد علوفه خشک در ترکیب کشت ۱۰۰ درصد جو + ۵۰ درصد شنبلیل مشاهده شد، همچنین با افزایش درصد جو در تیمارهای هر سطح کود دامی، موجب غالبیت جو بر شنبلیل شده و موجب کاهش عملکرد علوفه گردید. گروهی از محققین مشاهده کردند که در کشت مخلوط ذرت با تاج خروس، مصرف کود دامی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک گیاه ذرت شد (Kiani, 2013). یولکو و همکاران (Yolcu et al., 2010) نیز در بررسی تأثیر کود گاوی بر کشت مخلوط جو و ماشک به این نتیجه رسیدند، که کود گاوی باعث افزایش عملکرد علوفه گردید. در طی مطالعه‌ای در کشت مخلوط ارزن و لوبیا مشاهده کردند، بالاترین عملکرد علوفه خشک لوبیا، از تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. همچنین گروهی از محققین در کشت مخلوط ارزن و لوبیا مشاهده کردند، با افزایش مقادیر کود دامی عملکرد علوفه لوبیا افزوده شده است. کودهای دامی به دلیل اثرات مثبت بر ساختمان خاک، از طریق گسترش و رشد بیشتر ریشه‌های لوبیا، آن را به یک رقابت‌کننده قوی در کشت مخلوط با ارزن در جذب منابع از خاک تبدیل کرده است (Anwar et al., 2005).

نتایج آزمایش در ارزیابی درصد نیتروژن کل علوفه نشان داد، که سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط بر این صفت اثر معنی‌داری داشتند. نتایج حاکی از آن است که بیشترین درصد نیتروژن علوفه در تیمار شنبلیل خالص برابر ۳/۲ درصد و در سطح ۳۶ تن در هکتار کود دامی و کمترین به سطح شاهد (صفر) در تیمار جو خالص برابر ۱/۳ درصد تعلق داشت (جدول ۳). روند افزایشی درصد نیتروژن کل علوفه از ترکیب جو خالص به شنبلیل خالص به اثر ترکیب‌های جایگزینی شنبلیل به جای جو برمی‌گردد و بیانگر این موضوع است که درصد نیتروژن کل علوفه شنبلیل در مقایسه با جو از درصد

بیشتری برخوردار است. نتیجه‌ای که در این قسمت می‌توان گرفت این است که درصد نیتروژن شنبلیل بالاتر از جو بود و این مورد نیز به قدرت تثبیت نیتروژن در خانواده بقولات مربوط می‌شود. در بررسی که بر کشت مخلوط جو و رازیانه انجام شد، مشاهده گردید که بالاترین درصد نیتروژن کل در نسبت ۱۰۰ درصد رازیانه حاصل شد و با کاهش سهم رازیانه در نسبت ترکیب از درصد نیتروژن کل علوفه کاسته شد (Kiani, 2013).

گروهی از محققین در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط جو و ماشک بیان داشتند که بیشترین مقدار نیتروژن تجمع‌یافته از کشت خالص ماشک به‌دست آمد. با افزایش سطوح کود دامی درصد نیتروژن علوفه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین درصد نیتروژن کل علوفه در بالاترین سطح مصرف کود دامی حاصل شد (Lithourgidis et al., 2011). ایدر سابور و ابوسوود (Abder-sabour and abo-seoud, 1996) بیان کردند که استفاده از کودهای آلی موجب اثرگذاری بر مقدار نیتروژن و تجمع ماده خشک در گیاه کنگد می‌شود. در مطالعه دیگری بر روی کشت مخلوط ارزن و لوبیای قرمز مشاهده کردند کود دامی سبب افزایش درصد نیتروژن در علوفه گردید (Tavassoli et al., 2010).

همچنین نتایج آزمایش در ارزیابی برداشت نیتروژن از خاک نشان داد، که سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط بر این صفت اثر معنی‌داری داشتند. نتایج حاکی از آن است که بیشترین برداشت نیتروژن از خاک در سطح ۳۶ تن در هکتار کود دامی با عملکردی برابر ۶۱/۷۴ کیلوگرم در هکتار و در نسبت ۱۰۰ درصد جو + ۵۰ درصد شنبلیل به‌دست آمد. کمترین میزان برداشت نیتروژن از خاک نیز در سطح شاهد (صفر) و در نسبت ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد شنبلیل با عملکردی برابر ۱۶/۹۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴)، که این نتیجه بیانگر این است با افزایش میزان عملکرد علوفه خشک برداشت نیتروژن از خاک افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که در سطوح بالای کود دامی که بیشترین عملکرد حاصل شده است، بیشترین برداشت نیتروژن از خاک مشاهده شد. در هر سطح کود دامی با افزایش نسبت شنبلیل در ترکیب کشت، درصد نیتروژن آن ترکیب مخلوط افزایش می‌یابد، اما با توجه به اینکه روند افزایشی تولید ماده خشک با روند افزایشی درصد نیتروژن علوفه رابطه عکس دارد، کمترین برداشت نیتروژن از خاک در ترکیب مخلوط ۲۵ درصد جو + ۷۵ درصد شنبلیل حاصل گردید. در تحقیقی که بر روی کشت مخلوط جو و رازیانه انجام شد، مشاهده گردید با افزایش سطوح کود نیتروژن، برداشت نیتروژن از خاک توسط علوفه افزایش یافت به گونه‌ای که حداکثر برداشت نیتروژن از خاک از بالاترین سطح کودی حاصل شد (Kiani, 2013).

همچنین نتایج آزمایش در ارزیابی بهره‌وری نیتروژن نشان داد، که سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط بر این صفت اثر معنی‌داری داشتند.

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط بر عملکرد ماده خشک و درصد نیتروژن علوفه در ترکیب‌های مختلف جو و شنبلیله
Table 3- Mean comparison of levels manure treatments and proportion intercropping on dry forage yield and forage nitrogen in different combinations of barley and fenugreek

نسبت‌های کشت Proportion intercropping (P)	عملکرد ماده خشک Dry matter yield (kg.ha ⁻¹)				درصد نیتروژن Nitrogen (%)			
	کود دامی Manure				کود دامی Manure			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
C1	2183.33 b	2433.33 ab	2366.66 ab	2833.33 ab	1.3 c	1.5 c	1.65c	1.7c
C2	1462.5 cd	1600 c	1683.33 bc	1875 bc	1.7bc	1.74bc	1.78bc	1.78bc
C3	1183.33 de	1100 e	1216.66 d	1508.33 c	1.8 b	1.81 b	1.9 b	1.95 b
C4	908.33 e	1125 d	1300 cd	1266.66 d	1.87ab	1.91ab	2.1ab	2.15ab
C5	1200 f	1400 cd	1633.33 c	1283.33 cd	3 a	3.1 a	3.17 a	3.2 a
C6	2174.63 bc	1894 bc	2160.6 b	2349.6 b	1.7a	1.73b	1.76 b	1.79 b
C7	2460.91 ab	2488.66 a	2847.49 a	3055.33 a	1.75 b	1.77 b	1.78 b	1.8 b
C8	2775 a	2950 a	2983.33 a	3166.66 a	1.8 b	1.85 b	1.9 b	1.95 b

میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ هستند
F: ۰.۱, 2, 3 and 4 are in order 0, 12, 24 and 36 ton.ha⁻¹ of manure
C: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 are in order proportion 100%barley, 75%barley + 25% fenugreek, 50%barley + 50% fenugreek, 25%barley + 75% fenugreek, 100% fenugreek, 100%barley + 16.6% fenugreek, 100%barley + 33.3% fenugreek and 100%barley + 50% fenugreek.

Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to LSD (P<0.05)
F: 0.1, 2, 3 and 4 are in order 0, 12, 24 and 36 ton.ha⁻¹ of manure
C: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 are in order proportion 100%barley, 75%barley + 25% fenugreek, 50%barley + 50% fenugreek, 25%barley + 75% fenugreek, 100% fenugreek, 100%barley + 16.6% fenugreek, 100%barley + 33.3% fenugreek and 100%barley + 50% fenugreek.

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارهای سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط بر برداشت نیتروژن و بهره‌وری نیتروژن علوفه در ترکیب‌های مختلف جو و شبلیله
Table 4- Mean comparison of levels manure treatments and proportion intercropping on Nitrogen harvesting and Nitrogen efficiency in different combinations of barley and fenugreek

نسبت‌های کشت Proportion intercropping (P)	برداشت نیتروژن Nitrogen harvesting (kg.ha ⁻¹)				بهره‌وری نیتروژن Nitrogen efficiency (kg.kg ⁻¹)			
	کود دامی Manure				کود دامی Manure			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
C1	28.38 b	36.49ab	39.04ab	48.16ab	76.92a	66.66a	60.6a	58.82 c
C2	24.86b	27.84bc	29.96bc	33.37bc	58.82ab	57.47b	54.17b	56.17a
C3	21.29bc	19.91c	23.11c	29.41 c	55.55b	55.24 b	52.63 b	51.28ab
C4	16.98c	21.48c	27.3c	27.23c	53.47bc	52.35bc	47.61bc	46.51bc
C5	36ab	43.4a	51.77a	41.06b	33.33c	32.25c	31.54c	31.25c
C6	36.96a	32.76b	38.02b	42.05 b	58.82ab	57.8ab	56.81ab	55.86a
C7	43.06a	44.04 a	50.68 a	54.99 a	57.14 b	56.49 b	56.17 b	55.55a
C8	49.95 a	54.57 a	56.68 a	61.74 a	55.55 b	54.05 b	52.63 b	51.28a

میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ هستند.

F1، F2، F3 و F4: به ترتیب ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد کود دامی در هکتار است

C: ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۸: به ترتیب نسبت‌های ۱۰۰٪ جو، ۷۵٪ جو + ۲۵٪ شبلیله، ۵۰٪ جو + ۵۰٪ شبلیله، ۲۵٪ جو + ۷۵٪ شبلیله، ۱۰۰٪ شبلیله هستند

Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to LSD (P<0.05)

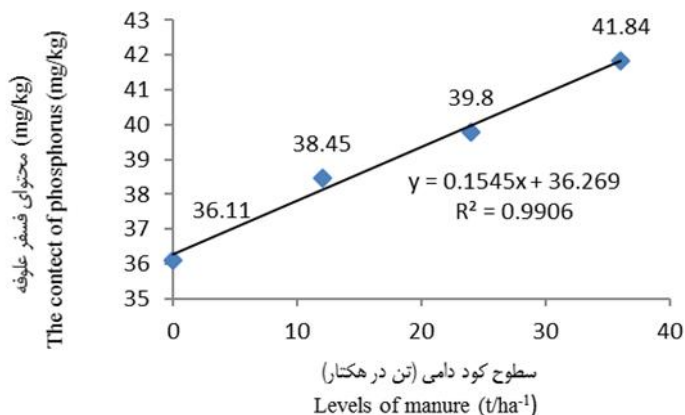
F: 0.1, 2, 3 and 4 are in order 0.12, 24 and 36 ton.ha⁻¹ of manure

C: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 are in order proportion 100%barley, 75%barley + 25% fenugreek, 50%barley + 50% fenugreek, 25%barley + 75% fenugreek, 100%barley + 16.6% fenugreek, 100%barley + 33.3% fenugreek and 100%barley + 50% fenugreek.

حاوی شکل قابل جذب این عنصر هستند، تماس برقرار کنند (Willey, 1990). نتایج آزمایش در ارزیابی محتوای فسفر علوفه نشان داد، که سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری را بر این صفت داشتند و اثر متقابل فاکتورها بر این صفت معنی‌دار نبود. واکنش محتوای فسفر علوفه به سطوح کود دامی با یک معادله خطی برازش داده شد. بر این اساس هنگامی که کود دامی مصرف شد محتوای فسفر علوفه حدود ۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد و از آن پس با افزایش هر تن کود دامی مصرفی حدود ۰/۱۵ واحد افزایش در محتوای فسفر علوفه مشاهده گردید (شکل ۱). طی مطالعه‌ای بر روی تأثیر کودهای آلی بر کیفیت شنبليله بررسی شد، گزارش کردند که مصرف کودهای دامی باعث کاهش اثرات شوری، افزایش جذب فسفر و نیتروژن، و در نهایت موجب بهبود عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Hallajnia et al., 2006).

نتایج حاکی از آن است که بیشترین بهره‌وری در استفاده از نیتروژن برداشت شده از خاک در سطح شاهد (صفر) در تیمار جو خالص برابر ۷۶/۹۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، همچنین کمترین میزان میزان بهره‌وری نیتروژن در سطح کودی ۳۶ تن کود دامی در هکتار و در ترکیب کشتی شنبليله خالص برابر ۳۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴)، که این نتیجه بیانگر آن است که، با توجه به فعالیت تثبیت زیستی نیتروژن توسط ریشه شنبليله، این گیاه میزان نیتروژن کمتری از خاک جذب می‌کند. در هر سطح کود دامی با افزایش نسبت شنبليله میزان بهره‌وری نیتروژن از خاک کاهش یافت، که این روند کاهشی در سطح ترکیب‌های مخلوط افزایشی با توجه به اینکه در این ترکیب‌ها جو به‌عنوان گیاه غالب بود، روند کندتری را داشت.

فسفر یک عنصر غذایی غیر متحرک در خاک است و تنها زمانی جذب می‌شود که ریشه‌های در حال رشد با مواد آلی و یا غیر آلی که



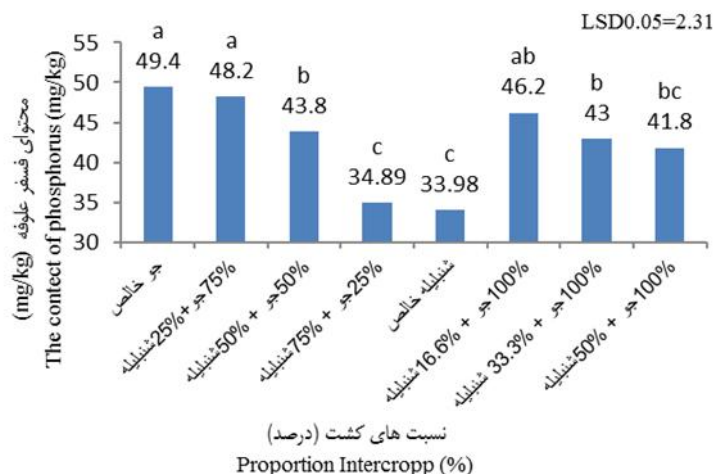
شکل ۱- روند تغییرات محتوای فسفر در علوفه در نتیجه کاربرد سطوح مختلف کود دامی
Figure 1- The trend of content of phosphorus as a result of different levels of manure

۱۶/۶ درصد شنبليله حاصل شد. قنبری (Ghanbari, 2003) نیز گزارش داد که به‌طور کلی بقولات در جذب فسفر در کشت مخلوط با گندمیان ضعیف‌تر هستند و این امر به دلیل تفاوت در مورفولوژی ریشه آنهاست.

نتایج آزمایش در ارزیابی محتوای آهن علوفه نشان داد، که سطوح کود دامی و نسبت‌های کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری را بر این صفت داشتند و اثر متقابل فاکتورها بر این صفت معنی‌دار نبود. واکنش محتوای آهن علوفه به سطوح کود دامی با یک معادله خطی برازش داده شد. بر این اساس هنگامی که کود دامی مصرف شد محتوای آهن علوفه حدود ۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد و از آن پس با افزایش هر تن کود دامی مصرفی حدود ۰/۱۵ واحد

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ترکیب‌های کشت مخلوط از نظر تأثیر بر میزان محتوای فسفر علوفه وجود داشت. بیشترین میانگین محتوای فسفر علوفه در ترکیب کشت جو خالص برابر ۴۹/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین میانگین محتوای فسفر علوفه در سطح شاهد (صفر) و در تیمار شنبليله خالص برابر ۳۳/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم علوفه مشاهده شد (شکل ۲). با افزایش نسبت شنبليله در ترکیب‌های مخلوط محتوای فسفر علوفه کاهش یافت، که این روند کاهشی محتوای فسفر در ترکیب‌های مخلوط افزایشی به میزان بیشتری بوده است. به طوری که بیشترین محتوای فسفر علوفه در ترکیب‌های مخلوط جایگزینی، در ترکیب ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد شنبليله و در ترکیب‌های مخلوط افزایشی، در ترکیب ۱۰۰ درصد جو +

افزایش در محتوای آهن علوفه مشاهده گردید (شکل ۳).

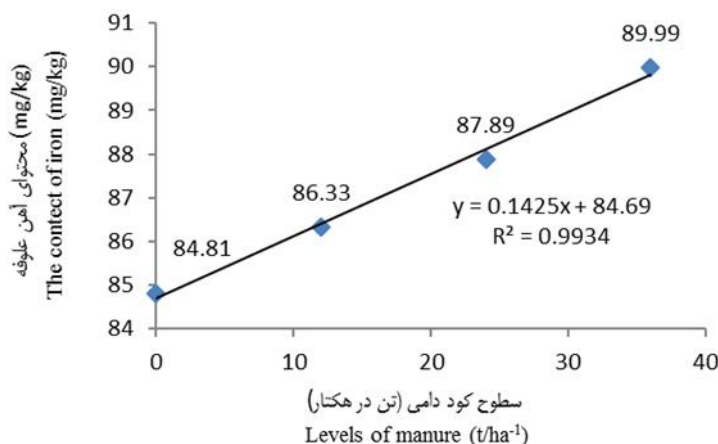


شکل ۲- اثر نسبت‌های کشت مخلوط بر محتوای فسفر در کشت مخلوط علوفه‌ای جو و شبلیله

Figure 2- Effect of Proportion intercropping on the content of phosphorus in forage in forage intercropping of barley and fenugreek

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند ($P < 0.05$)

Means with at least one letter, are not significantly different together statistically

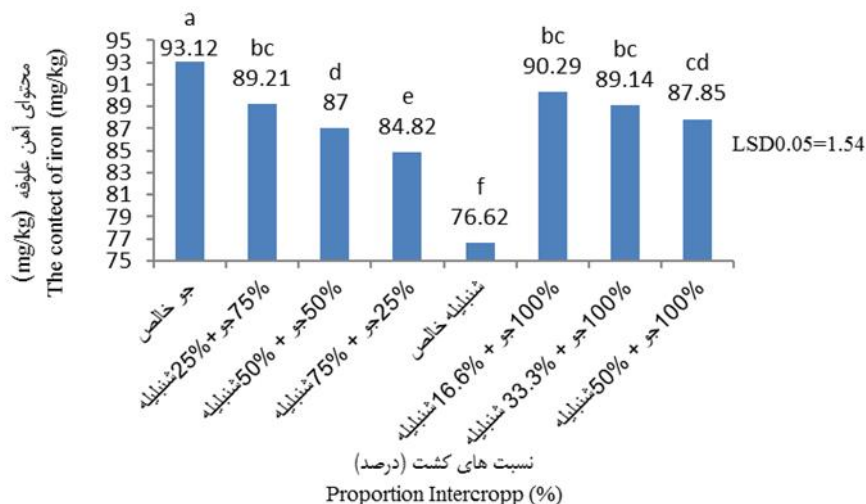


شکل ۳- روند تغییرات محتوای آهن در علوفه در نتیجه کاربرد سطوح مختلف کود دامی

Figure 3- The trend of content of iron as a result of different levels of manure

بیشترین میانگین محتوای آهن علوفه در نسبت کشت خالص جو برابر ۹۳/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین میانگین محتوای آهن علوفه در سطح شاهد (صفر) و در تیمار شبلیله خالص برابر ۷۶/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۴).

گروهی از محققین اظهار داشتند که کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک گردید و قابلیت جذب روی، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن خاک را افزایش دادند (Raeisi et al., 2015). نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نسبت‌های کشت مخلوط از نظر تأثیر بر میزان محتوای آهن علوفه وجود داشت.



شکل ۴- اثر نسبت‌های کشت مخلوط بر محتوای فسفر در کشت مخلوط علوفه‌ای جو و شنبلیله

Figure 4- Effect of Proportion intercropping on the content of phosphorus in forage in forage intercropping of barley and fenugreek

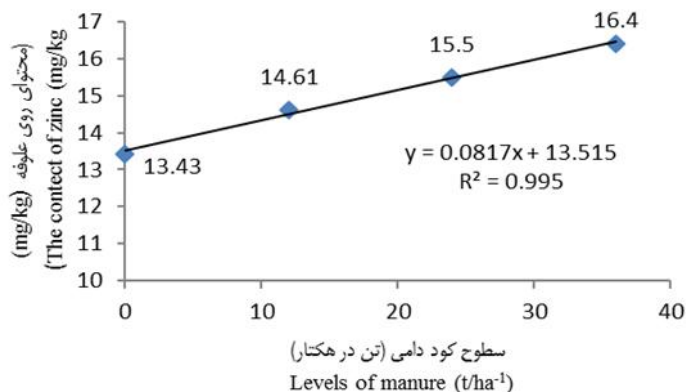
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند ($P < 0.05$)

Means with at least one letter, are not significantly different together statistically ($P < 0.05$)

علوفه به سطوح کود دامی با یک معادله خطی برازش داده شد. بر این اساس هنگامی که کود دامی مصرف شد محتوای روی علوفه حدود ۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم علوفه به‌دست آمد و از آن پس با افزایش هر تن کود دامی مصرفی حدود ۰/۰۸ واحد افزایش در محتوای روی علوفه مشاهده گردید (شکل ۵). به‌طور کلی بالاتر بودن محتوای روی علوفه در سطح کودی ۳۶ تن در هکتار کود دامی را می‌توان به اثر مثبت عناصر ماکرو و میکرو موجود در کود دامی و قابلیت جذب بالای این گیاهان برای این عناصر نسبت داد.

طی تحقیقی گزارش کردند که به دلیل تفاوت در حجم ریشه گندم و عدس، برای جذب عناصر غذایی به‌صورت مکمل عمل می‌کنند و در نتیجه امکان جذب بیشتر عناصر غذایی را فراهم می‌آورند (Ahlawt et al., 1985). اسکندری و قنبری (Eskandari and Ghanbari, 2011) وجود حداقل ۲۵ درصد تفاوت در طول دوره رشد در بین گیاهان زراعی را برای سودمندی کشت مخلوط از نظر جذب عناصر غذایی لازم می‌دانند.

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین سطوح کود دامی از نظر تأثیر بر محتوای روی علوفه وجود داشت. واکنش محتوای روی



شکل ۵- روند تغییرات محتوای آهن در علوفه در نتیجه کاربرد سطوح مختلف کود دامی

Figure 5- The trend of content of zinc as a result of different levels of manure

نتیجه گیری

شنبليله به دليل تثبيت نيتروژن در ريشه درصد نيتروژن بالاتري داشت، در حالي كه جو براي جذب آهن و فسفر قدرت رقابت بيشترى داشت كه با سيستم ريشه‌اي آن مرتبط است. در همه تيمارهاي كشت مخلوط، جو و شنبليله در مصرف عناصر غذايي از يك حالت مكملی نسبت به هم برخوردار بودند. اين امر، مزيت كشت مخلوط نسبت به كشت خالص دو گونه در استفاده از كود دامی بر افزايش توليد محصول را نشان می‌دهد.

همچنين گروهی از محققين گزارش دادند كه مصرف چهار تن كود گاوی در هكتار موجب افزايش ارتفاع ذرت شد. افزايش ارتفاع بوته ذرت را می‌توان به بهبود تغذيه گياه از جمله افزايش غلظت نيتروژن، فسفر و روى نسبت داد (Zamani Bab Gohari *et al.*, 2010).

References

1. Abder- sabour, M. F., and Abo-seoud, M. A. 1996. Effected of organic waste compost addition on sesam growth yield and chemical composition. Agriculture Ecosystems Environment 6: 157-164.
2. Ahlawt, I. R., Singh, A., and Sharma, R. P. 1985. Water and nitrogen management in wheat-lentil intercropping system under late-season condition. Agricultural Science 105: 697-701.
3. Anwar, M. D., Patra, D., Chand, S., Alpesh, K., Naqri, A., and Khahuja, S. 2005. Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, herb, oil yield, nutrient Accumulation and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and plant Analysis 36: 1737-1746.
4. Asgharipor, M. R., and Khatami pour, M. 2013. Evaluation the impact of manure on yield and weed control in intercropping millet and mung bean. Agricultural Crop Management Journal 15 (1): 175-190. (in Persian with English abstract).
5. Bremner, J. M. 1996. Total nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods; Spad, D. L and et al; Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin. 1085-1121.
6. Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2011. The evaluation of competing and complementary components of mixed cropping of maize and cowpea. Journal of Sustainable Agricultural production 21 (2): 68-75. (in Persian with English abstract).
7. GhalehSefidi, M. 2011. Evaluation of drought stress and different levels of composting manure end of the period on some organic characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Khuzestan. Master Thesis Agriculture. University of Khozestan. (in Persian with English abstract).
8. Ghanbari, A. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. Ph. D. thesis. Wye College, University of London. London.
9. HallajNia, A., HaghNia, G. H., and Khorasani, R. 2006. The effect of organic matter on soil phosphorus in calcareous. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 10 (4): 121-132. (in Persian with English abstract).
10. Jeybal, H., and Kupposwany, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermi compost in rice-legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy 15: 153-170.
11. Kiani, S. 2013. Evaluation the Forage intercropping barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) in different levels of nitrogen. Master Thesis Agriculture. University of Khozestan. (in Persian with English abstract).
12. Li, W., Li, L., Sun, J., Guo, T., Zhang, F., Bao, X., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an orthicanthrosol in northwest china. Agricultural Ecosystem and Environment 105: 483-491.
13. Lithourgidis, A. S., Vasikoglou, I. B., Dhima, K. V., Dordas, C. A., and Yiakoulaki, M. D. 2011. Forage yield and quality of common Vetch mixtures with Oat and Triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99: 106-113.
14. MirHashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa, M., and NassiriMahallati, M. 2009. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (2): 685-694. (in Persian with English abstract).
15. Mohammad Abadi, A., Rezvani-Moghaddam, P., Fallahi, J., and Boromand Rezazadeh, Z. 2011. Evaluation organic and chemical fertilizer on quality and quantity fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Forage. Journal of Agronomy 3 (1): 94-105. (in Persian with English abstract).
16. Olsen, S. R., and Sommers, L. E. 1982. Phosphorus. Pp. 403-431. In: Page, A. L. (ED), Methods of soil analysis, Part 2, American Society of Agronomy, Madison, Wis.

17. Poggio, S. L. 2005. Structure of weed communities occurring in mono culture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 45-58.
18. Raeisi, N., Vakili, M. A., Sarhadi, J., TorkiNejad, F. 2015. The effect of manure, iron and zinc on yield and cumin (*Cuminumcyminum* L.). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research Iran* 31 (1): 138-139. (in Persian with English abstract).
19. Ronaghi, A., Chakrol-hosseini, M., and Karimian, N. 2002. Growth and chemical composition of corn as affected by phosphorus and iron. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 6: 91-102.
20. Ross, S. M., King, J. R., O Donovan, J. T., and Spaner, D. 2005. The productivity of oats and berseem clover intercrops. I. Primary growth characteristics and forage quality at four densities of oat. *Grass and Forage Science* 60: 74-86.
21. Shirani, H., Hajabasi, M. A., Afyuni, M., and Hemmat, A. 2002. Effect of farmyard manure and tillage system on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil and Tillage Research* 68: 101-108.
22. SoleimaniAbiat, M., MoradiTelavat, M. R., Siadat, S. A., Kouchekezadeh, A., and Ashraghinejad, M. 2015. Evaluation of grain yield and dry matter remobilization of barley (*Hordeumvulgare* L.) in planting pattern and seeding rate treatments. *Cereal Research* 5 (1): 95-106. (in Persian with English abstract).
23. Sullivan, P. 2003. Applying the principle of sustainable farming. ATTRA national sustainable agriculture information service. Tehran Jihad Daneshgahi Press. 45 pp.
24. Tavasoli, A., Ganbari, A., Ahmadi, M. M., and Heydari M. 2010. Effect of fertilizer and manure on yield and grain millet and beans in intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8 (2): 203-212. (in Persian with English abstract).
25. Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ramazan, D., and MosaviNik, S. M. 2010. Effect of organic and chemical fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of pearl millet (*Panicummiliaceum* L.) and red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in mixed Cultures. *Ecophysiology of Crops and Weeds. (Agricultural Sciences)*. 4 (15): 1-15.
26. Willey, R. W. 1990. Resources use in intercropping systems. *Journal of Agriculture Water Management* 17: 215-231.
27. Yolcu, H., Gunes, A., Dasci, M., Turan, M., and Serin, Y. 2010. The effects of solid, liquid and combined cattle manure applications on the yield, quality and mineral contents of common vetch and barley intercropping mixture. *Ecology* 19: 71-81.
28. Zamani Bab Gohari, J., Afioni, M., KhoshGofarManesh, A., and EshghiZadeh, H. 2010. The impact of factory wastewater, municipal soild waste compost and cow manure on soil properties and yield of corn. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences* 14 (54):153-165. (in Persian with English abstract).



Effect of Manure Application on Forage Yield and Some Nutrients Consumption in Barley and Fenugreek Intercropped System

S. Ghanbari¹ - M. R. Moradi Telavat^{2*} - S. A. Siadat³

Received: 07-10-2015

Accepted: 09-07-2016

Introduction

Nitrogen availability is an important limiting factor in low input farming systems which reduces the system productivity. Therefore, in organic farming systems, use of legume plants and composted fertilizers is crucial for balancing crop growth and nutrient demands. Biological N fixing by legume plants depends on plant morphology, density and competitive ability. In mixed intercropping, especially in arid region, crop mixed with legume plants is important in terms of crop quality and soil fertility.

Materials and Methods

To determine the best combination of mixed intercropping of barley and fenugreek, an experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design in Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, at 2014-15 growing seasons. In this study, composted manure levels (zero, 12, 24 and 36 ton ha⁻¹) were investigated in main plots, and mixed intercropping proportions (100% barley, 75% barley+ 25% fenugreek, 50 % barley+ 50% fenugreek, 25% barley+75% fenugreek, 100 fenugreek, 100 % barley+16.6 % fenugreek, 100 % barley+33.3 % fenugreek and 100% barley+50 % fenugreek) in sub plots. Mixed intercropped plants were harvested at the physiological maturity stage of barley grains.

Results and Discussion

Highest forage dry matter was obtained from application of 36 ton manure/ha in proportion of 100% barley + 50% fenugreek. Highest N content of mixed forage was observed from the rate of 36 ton manure/ha and 100% fenugreek. However, highest N yield of mixed forage was observed from 100% barley+ 50% fenugreek with application of 36 ton manure/ha. Highest forage P content was observed in 100 % barley and lowest P content in 100 % fenugreek. Effect of manure application on Zn content of mixed forage was fitted by a linear application. Therefore, by increasing the application of one kg of compost manure per hectare, an increase of 0.8 mg Zn content was observed.

Generally, fenugreek as a legume plant with N fixation ability had a higher content of N than barley. However, barley plants had higher levels of P and Fe content due to their stronger root system to absorb these nutrients from the soil. In all treatments, mixed forage of barley and fenugreek were supplement together in terms of nutrient value. But, highest quality and forage yield were obtained by application of 36 ton composted manure/ha and mixed intercropping of 100 % barley+50 % fenugreek.

Keywords: Dry matter, Nitrogen fixation, Organic agriculture, Phosphorous, Zinc

1- Former MSc Student, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

2- Assistant Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

3- Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

(*- Corresponding Author Email: moraditelavat@ramin.ac.ir)



فلورسانس کلروفیل به عنوان شاخصی از خسارت تنش یخ زدگی در

چغندر قند (*Beta vulgaris*)

احمد نظامی^۱ - حمید رضا خزاعی^۱ - مجید دشتی^{۲*} - احسان عیشی رضایی^۳ - امیر حسین سعید نژاد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۹

به منظور بررسی امکان استفاده از شاخص های فلورسانس کلروفیل در ارزیابی تحمل ارقام چغندر قند به تنش یخ زدگی آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل ارقام چغندر قند در هفت سطح (جلگه، PP8 و SBSI1، Giada، Monatunno، Suprema، Palma و Suprema)، دماهای یخ زدگی در ۱۰ سطح (۰، -۲، -۴، -۶، -۸، -۱۰، -۱۲، -۱۴، -۱۶ و -۱۸- درجه سانتی گراد) و دوره های مختلف باز یابی در چهار سطح (۲، ۱۲، ۲۴ و ۷۲ ساعت) بودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد، رابطه مناسبی بین درصد بقاء بوته و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II ارقام چغندر قند وجود داشت. در بین ارقام مورد بررسی رقم Monatunno دارای بیشترین و رقم SBSI1 دارای کمترین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II بودند. کاهش دما به کمتر از -۱۴- درجه سانتی گراد باعث کاهش شدید این پارامتر شد. کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در ۲۴ ساعت اول پس از تنش رو به کاهش گذاشت، ولی با شروع باز یابی گیاه پس از ۷۲ ساعت، مقادیر این پارامتر به سطح قبل از تنش نزدیک شد. این باز یافت بسته به رقم متفاوت بود و رقم Monatunno باز یافت مناسبی را در دمای -۱۶- درجه سانتی گراد داشت. اما این باز یافت در رقم SBSI1 مشاهده نشد و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II مربوط به رقم اخیر در دماهای کمتر از -۱۴- درجه سانتی گراد به صفر رسید.

واژه های کلیدی: بقاء، چغندر قند، دوره باز یافت، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II

مقدمه

چغندر قند در برخی مناطق استان خراسان مورد توجه قرار گرفته است. کشت پاییزه چغندر قند در نواحی جنوب اسپانیا، ایتالیا و یونان (Rinaldi and Vonella, 2006) به دلیل استفاده مناسب گیاه از نزولات جوی زمستانه و اجتناب از خشکی های تابستان رایج می باشد. این نواحی دارای آب و هوای مدیترانه ای و زمستان های نسبتاً ملایم می باشند (Scott et al., 1973)، در صورتی که در استان خراسان زمستان ها غالباً سرد است و لذا ممکن است گیاه با تنش سرما مواجه گردد.

دمای پایین در مناطق معتدله یکی از تنش های مهم غیر زیستی و محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی در کشت پاییزه می باشد (Gray et al., 1997) و بنابراین تحمل گیاهان به تنش سرما یکی از عوامل ضروری جهت بقاء زمستانه و رشد و تولید مناسب آنها ذکر شده است (Nezami et al., 2007). بروز خسارت و یا مرگ گیاه در دماهای پایین به دلیل رسوب پروتئین ها، یخ زدن آب بین سلولی و حرکت آب از پروتوپلاسم به فضای بین سلولی و یا تشکیل کریستال های یخ در داخل پروتوپلاسم صورت می گیرد (Nasiri Mahallati et al.,

پایداری نظام های زراعی از طریق کشت محصولات خاصی که قادر به استفاده بهتر از نهاده های طبیعی مانند تشعشع خورشید (یک نهاده بدون هزینه) و آب (که هزینه آن در حال افزایش است) هستند، حاصل می شود (Rinaldi and Vonella, 2006). با وجود اینکه به نظر می رسد کشت چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در ایران کمتر با محدودیت تشعشع خورشیدی مواجه باشد، ولی در مناطق خشک و نیمه خشک، کشت آن متکی به آبیاری بوده و به دلیل مصرف زیاد آب کشت بهاره این گیاه مخاطره آمیز است. به همین دلیل کشت پاییزه

۱- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۲- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۳- محقق ارشد، مرکز تحقیقات توسعه ای، دانشگاه بن، آلمان
۴- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور تهران، ایران
(*) نویسنده مسئول: Email: Majiddashti46@gmail.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i3.51305

(2007).

اندازه‌گیری شاخص‌های فلورسانس کلروفیل که یک روش مناسب و غیرتخریبی است، جهت تعیین تفاوت‌های موجود بین گونه‌های گیاهی (Neuner and Larcher, 1990) از نظر تحمل به تنش‌های محیطی و به‌عنوان شاخصی مهم برای کمی کردن واکنش ارقام و لاین‌های متحمل به سرمای ذرت (*Zea mays*) و برنج (*Oryza sativa*) و متحمل به گرمای آفتابگردان (*Helianthus annuus*) استفاده شده است (Dobrowski et al., 2005). شاخص کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II به‌عنوان اصلی‌ترین عامل بین شاخص‌های مورد بررسی کاربرد دارد و مقادیر این فاکتور برای یک گیاه سالم بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ می‌باشد، در حالی که در اثر تنش مقدار آن کاهش می‌یابد (Petite et al., 2005). قرار گرفتن گیاه در معرض تنش یخ‌زدگی همچنین باعث بروز خسارات ناشی از تشدید اثر نور بر روی فتوسیستم II و کاهش سرعت انتقال الکترون در سیستم فتوستزی می‌شود (Baker and Rosenquist, 2004).

در تحقیقی کاهش دمای محیط باعث کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (F_v/F_m) در ارقام حساس و متحمل به سرمای گندم شد، ولی میزان این کاهش در ارقام متحمل به‌صورت معنی‌داری کمتر از ارقام حساس بود (Majdi et al., 2007). نتایج تحقیقات در گیاهان جو (Dai et al., 2007) و قهوه (Oliveira et al., 2009) همچنین نشان دادند که اعمال تیمار خوسرمایی باعث افزایش تحمل به تنش یخ‌زدگی و بهبود کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (F_v/F_m) نسبت به گیاهچه‌های بدون خوسرمایی شدند. بررسی Jalilian et al., (2002) نیز نشان داد که افزایش شدت تنش یخ‌زدگی باعث کاهش شاخص‌های حداکثر فلورسانس کلروفیل و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در هفت رقم تجاری چغندر بهاره شد. کاهش دما باعث کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در ژنوتیپ‌های مختلف سویا شد، ولی این کاهش در ژنوتیپ‌های مقاوم بسیار کمتر بود (Strauss et al., 2006). بررسی فلورسانس کلروفیل در گندم پاییزه قرارگرفته تحت دوره‌های مختلف خوسرمایی نشان داد که اختلاف بین دوره‌های مختلف خوسرمایی در دماهای کمتر از ۸- درجه سانتی‌گراد پدیدار می‌شود (Clement and Hasselt, 1996). بررسی تغییرات فلورسانس کلروفیل در دوره بازیافت گیاه جو نشان داد که، مقادیر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II پس از ۷۲ ساعت از اعمال تنش یخ‌زدگی شروع به بازگشت به حالت قبل از تنش می‌کند ولی کاملاً به مقادیر زمان قبل از تنش نمی‌رسد (Dai et al., 2007).

این مطالعه، با هدف بررسی امکان استفاده از شاخص فلورسانس کلروفیل در ارزیابی تحمل به تنش یخ‌زدگی ارقام چغندر قند اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی

پاییز و زمستان در قالب آزمایش فاکتوریل ($4 \times 1 \times 7$) بر مبنای طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه شامل ارقام چغندر قند در هفت سطح (جلگه، PP8 و SBSI1 (ارقام داخلی)، Giada، Monatunno (تولید کشور سوئد) و Palma، Suprema (تولید کشور دانمارک))، دماهای یخ‌زدگی در ۱۰ سطح (۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰-، ۱۲-، ۱۴-، ۱۶- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد) و دوره‌های مختلف بازیابی در چهار سطح (۲، ۱۲، ۲۴ و ۷۲ ساعت) بودند. بذور چغندر قند در اواخر آبان ماه در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۲ سانتی‌متر در عمق ۲-۳ سانتی‌متری کشت شدند. خاک گلدان‌ها از نسبت‌های یکسان خاکبرگ، ماسه و خاک تشکیل شده بود. پس از سبز شدن و استقرار مناسب گیاهچه‌ها، تعداد بوته‌ها به پنج عدد کاهش یافت. جهت اعمال خوسرمایی بوته‌ها تا مرحله ۴-۵ برگ در محیط طبیعی نگه‌داری شدند. گلدان‌ها ۲۴ ساعت قبل از تیمار سرما آبیاری شدند و سپس جهت اعمال تیمارهای دمایی به فریزر ترموگرادیان انتقال یافتند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۵ درجه سانتی‌گراد بود و پس از قرار دادن بوته‌ها با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت. به‌منظور ایجاد هستک یخ در گیاهچه‌ها، در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد محلول حاوی باکتری‌های القاء‌کننده هستک یخ ($INAB^1$) به‌صورت یک قشر نازک روی برگ‌ها پاشیده شد. جهت ایجاد تعادل در دمای محیط گیاهان در هر تیمار دمایی به مدت یک ساعت باقی‌مانده و پس از آن جهت کاهش سرعت ذوب به مدت ۲۴ ساعت در داخل اتاقک‌های رشد با دمای 4 ± 2 درجه سانتی‌گراد انتقال یافته و پس از طی این مدت، بوته‌ها به شرایط شاسی سرد منتقل و پس از گذشت ۲۱ روز درصد بقا گیاهان اندازه‌گیری شد. فلورسانس کلروفیل به‌وسیله دستگاه فلورومتر ($OS1-FL$ Chlorophyll Fluorometer) و از بخش کناری جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته (با فاصله از رگبرگ میانی) اندازه‌گیری شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل: فلورسانس اولیه برگ خو گرفته به روشنایی (F_s)، بیشینه فلورسانس برگ خو گرفته به نور (F_{ms})، فلورسانس متغیر (ΔF) و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II ($\Delta F/F_{ms}$) بودند که در دوره‌های مختلف بازیابی اندازه‌گیری شدند. جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای اعمال شده و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر فاکتورهای مربوط به

زیرا رقم Monatunno که یک رقم با منشاء اقلیم سرد (سوئد) است، تحمل به سرمای بیشتری نسبت به سایر ارقام داشته است، در حالی که رقم SBSI1 با منشاء ایران از یک منطقه نسبتاً گرم‌تر نسبت به سوئد معرفی شده است.

فلورسانس کلروفیل داشتند (جدول ۱). در بین ارقام چغندر قند مورد مطالعه دو رقم Monatunno (با میانگین ۰/۷) و SBSI1 (با میانگین ۰/۵۹) به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II را دارا بودند (شکل ۱). به نظر می‌رسد پتانسیل مقاومت ژنتیکی متفاوت ارقام در تحمل تنش یخ‌زدگی دلیل این وضعیت باشد،

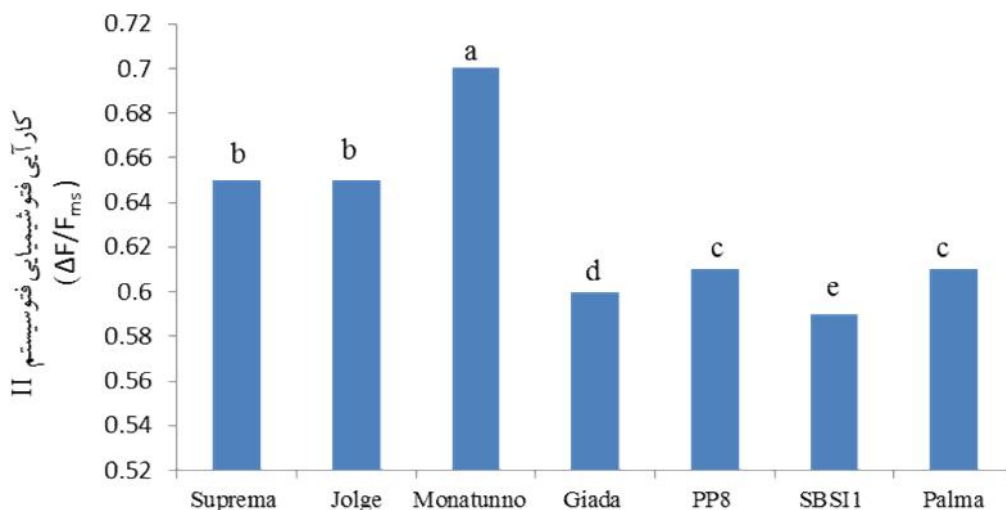
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های فلورسانس کلروفیل ارقام چغندر قند تحت تأثیر تنش یخ‌زدگی در شرایط کنترل شده
Table 1- Analysis of variance (Mean square) of Chlorophyll fluorescence parameters in sugar beet cultivars under freezing stress in controlled conditions

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II $\Delta F/F_{ms}$	فلورسانس متغیر F_v	فلورسانس بیشینه F_{ms}	فلورسانس اولیه F_s
تکرار Rep	2	0.001 ^{ns}	547 ^{ns}	2807 ^{ns}	875 ^{ns}
رقم (A) Cultivar	6	0.158 ^{***}	737123 ^{***}	702864 ^{***}	11761 ^{***}
دما (B) Temperature	9	2.759 ^{***}	6531180 ^{***}	830836 ^{***}	81760 ^{***}
دوره بازیابی (C) Recovery period	3	0.253 ^{***}	3745561 ^{***}	7596582 ^{***}	716759 ^{***}
A×B	54	0.035 ^{***}	70924 ^{***}	87596 ^{***}	4536 ^{***}
A×C	18	0.009 ^{***}	44350 ^{***}	49313 ^{***}	2125 ^{***}
B×C	27	0.163 ^{***}	876721 ^{***}	1426457 ^{***}	87975 ^{***}
A×B×C	162	0.009 ^{***}	23311 ^{***}	28729 ^{***}	2672 ^{***}
اشتباه آزمایشی Error	558	0.0006	1817	1762	199

ظرفیت فتوستتزی فتوسیستم II در گیاهان می‌باشد (Dai et al., 2007)، لذا به نظر می‌رسد که کارایی فتوستتزی ارقام چغندر قند مورد استفاده در این مطالعه تا دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد چندان تحت تأثیر قرار نگرفته و پس از آن به دلیل بروز خسارت ناشی از تنش یخ‌زدگی این شاخص کاهش یافته است.

بررسی میانگین داده‌های کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در دوره‌های بازیابی نشان داد که اعمال تیمارهای یخ‌زدگی اثر متفاوتی بر این صفت داشت. روند این پارامتر در طی ۲۴ ساعت اول پس از اعمال تیمارهای دمایی به صورت کاهشی بود، ولی پس از آن و با شروع به بازیابی گیاه طی ۷۲ ساعت پس از تنش یخ‌زدگی، مقادیر این پارامتر افزایش یافته و تقریباً به سطح قبل از اعمال تنش نزدیک شد (شکل ۳). مطالعه تنش یخ‌زدگی بر گیاه جو (Hordeum vulgare) نیز نشان داد، این گیاه توان بازیابی کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در طی ۷۲ ساعت پس از اعمال تیمار یخ‌زدگی را دارد، ولی مقادیر این پارامتر کاملاً به مقادیر قبل از تنش نمی‌رسد، که دلیل این امر توانایی برگشت‌پذیری ظرفیت کاهش یافته الکترون و خسارت وارده به مراکز واکنش فتوستتزی ذکر شده است (Dai et al., 2007).

نتایج بررسی تحمل ارقام گندم پاییزه به سرما نشان داد که کاهش دمای محیط باعث کاهش کارایی فتوسیستم II (F_v/F_m) در ارقام حساس و متحمل شد، ولی میزان این کاهش در ارقام متحمل به صورت معنی‌داری کمتر از ارقام حساس بوده است (Majdi et al., 2007). در بررسی روند کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II تحت تأثیر دماهای زیر صفر مشاهده شد که کاهش مقادیر این کارایی دو ساعت پس از اعمال تنش چندان محسوس نبود (شکل ۲ الف)، ولی با گذشت زمان و طی دوره‌های ۱۲، ۲۴ و ۷۲ ساعت پس از تنش یخ‌زدگی این کاهش شدیدتر شد (شکل ۲ ب، پ و ت) به طوری که در ۷۲ ساعت بعد از تنش یخ‌زدگی مقادیر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تقریباً به صفر رسید. به نظر می‌رسد دلیل عدم تأثیر شدید دماهای پایین در زمان دو ساعت پس از اعمال تنش یخ‌زدگی عدم ذوب شدن یخ تشکیل شده در گیاه تا این زمان بود. ولی پس از گذشت ۱۲ ساعت از اعمال تنش و با ذوب شدن تدریجی یخ‌های تشکیل شده در گیاه اثرات تخریبی دماهای پایین آشکار شد. با توجه به این که کاهش در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II تقریباً از دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد آغاز شد (شکل ۴) و از آنجایی که یکی از اولین شاخص‌های متأثر از تنش یخ‌زدگی،



شکل ۱- میانگین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در ارقام چغندر قند بعد از تنش یخ زدگی در شرایط کنترل شده

(میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند)

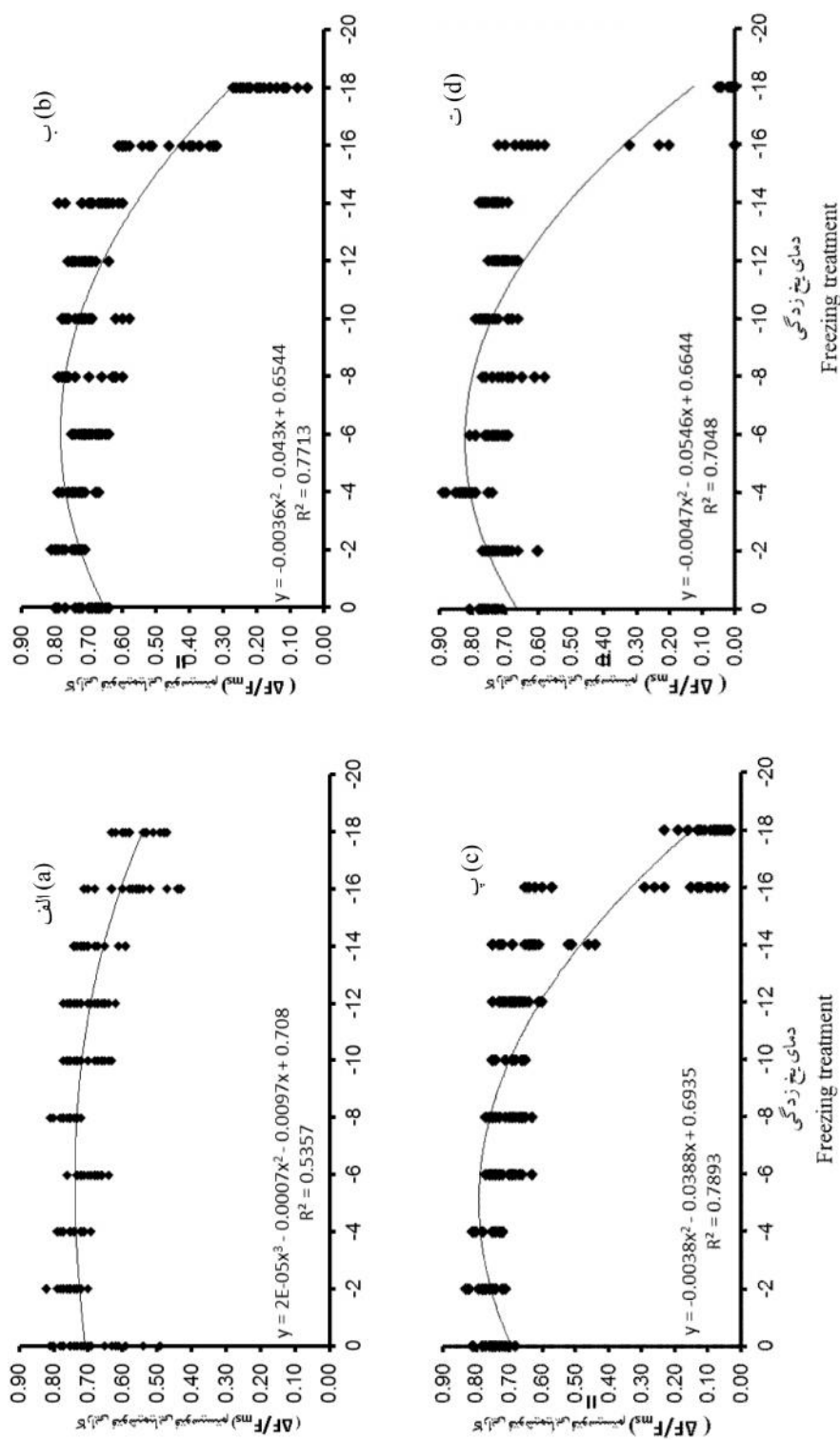
Figure 1- Average of $\Delta F/F_{ms}$ parameter of sugar beet cultivars after freezing stress in controlled conditions
(Common letters are not significant at a 0.05 probability level by Duncan's multiple range test)

و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در هفت رقم تجاری چغندر بهاره ذکر شده است (Jalilian *et al.*, 2002).

بررسی روند تغییرات میانگین داده‌های حاصل از اثر متقابل دما و زمان نشان داد، تیمارهای دمایی اعمال شده تا دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد تغییر محسوس در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II ایجاد نکردند، ولی کاهش محسوس در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II از دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد آغاز شد و این کاهش تا زمان ۲۴ ساعت به صورت خطی بود و پس از آن تقریباً ثابت ماند (شکل ۶). از سوی دیگر اعمال تیمار دمایی ۱۸- درجه سانتی‌گراد نیز باعث به حداقل رسیدن کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در طی دوره بازیافت شد (شکل ۶). به نظر می‌رسد تحمل ارقام چغندر قند مورد مطالعه تا دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد نسبتاً مناسب بوده است، اما کاهش دما از این آستانه باعث کاهش شدید در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II شده است. مطالعه تنش یخ زدگی در گیاه نوزاد نیز نشان داد که کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II تا دمای ۶-°C تحت تأثیر قرار نگرفت، اما با کاهش دما به ۲۲-°C، به میزان ۷۰٪ نسبت به دمای صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یافت (Dashti, 2015). مطالعه صفت کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در دوره‌های مختلف خوسرمایی در گیاه گندم نشان داد که اختلاف بین دوره‌های مختلف خوسرمایی از دماهای زیر ۸- درجه سانتی‌گراد پدیدار شده است (Gray *et al.*, 1997).

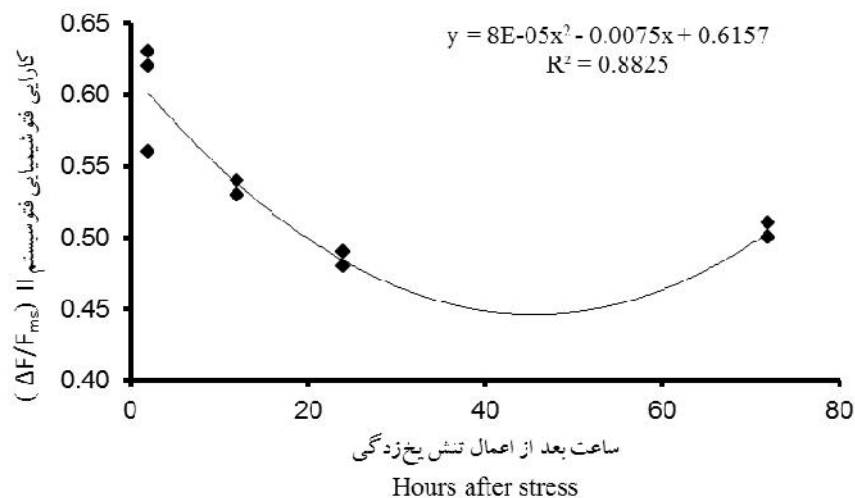
بررسی روند تغییرات میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل بین ارقام چغندر قند و دماهای یخ زدگی نشان داد، ارقام مختلف چغندر قند تا دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد تفاوت چندانی را در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II نشان ندادند اما تفاوت‌های موجود بین ارقام از دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد پدیدار شد (شکل ۴)، به طوری که شیب منحنی کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در سه رقم Suprema، Monatunno و جلگه کمتر از چهار رقم دیگر بود. با توجه به این که روند کلی کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II از دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد کاهش شدیدی داشت، از این رو احتمالاً دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد را می‌توان به عنوان آستانه کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در نظر گرفت. به نظر می‌رسد کاهش کندتر مقادیر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در سه رقم فوق ناشی از تحمل بالاتر ارقام مذکور به تنش یخ زدگی باشد، زیرا درصد بقاء ارقام مختلف چغندر قند پس از تنش یخ زدگی با کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II رابطه مثبت و قوی ($R^2=0.90^{**}$) داشت (شکل ۵).

به عبارت دیگر گیاهانی که بقاء مناسبی داشتند، دارای کارایی فتوشیمیایی بیشتری نسبت به گیاهانی بودند که دچار خسارت شده و سپس در پایان دوره بازیافت (سه هفته پس از تنش یخ زدگی) از بین رفتند. در مطالعه‌ای افزایش شدت تنش یخ زدگی و خسارت ناشی از آن در مرحله دو برگه حقیقی کشت گلدانی و در تیمارهای یخ زدگی صفر و ۲- درجه سانتی‌گراد که خسارت ظاهری ایجاد نشده بود دلیل اصلی کاهش شاخص‌های حداکثر فلورسانس کلروفیل



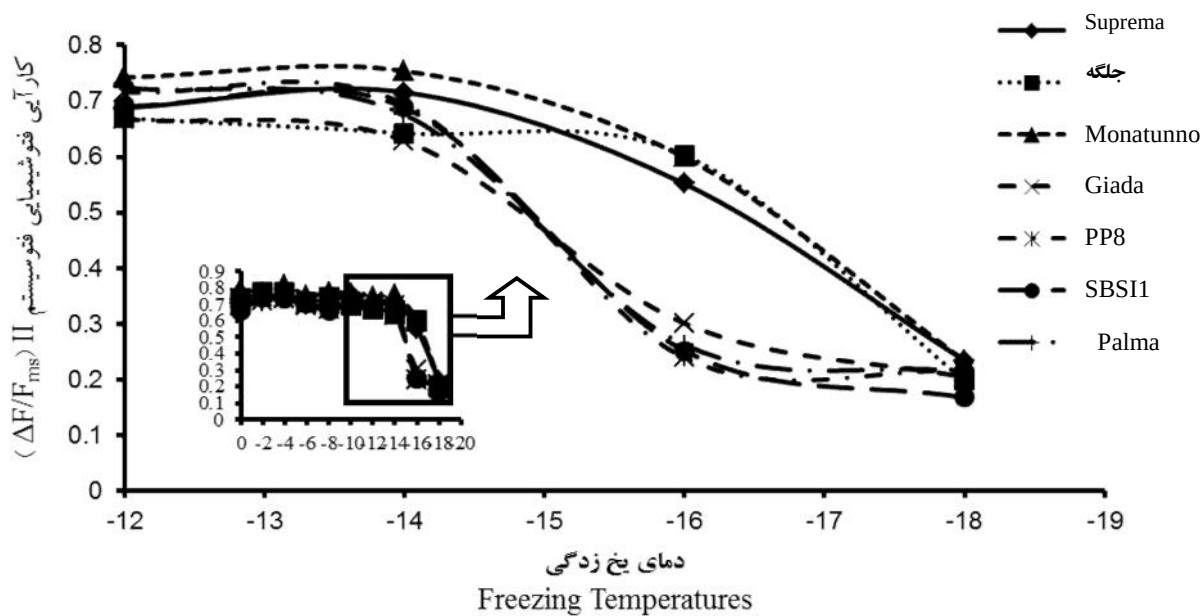
شکل ۲. روند تغییرات کارایی فتوسنتزی فتوسنتز II در ارقام چغندر قند تحت تأثیر دماهای یخ زدگی طی زمان‌های اندازه‌گیری ۲ (الف)، ۱۲ (ب)، ۲۴ (ج) و ۷۲ (د) ساعت پس از اعمال تنش در شرایط کنترل شده

Figure 2- Fluctuation trend of $\Delta F/F_{ms}$ parameter of sugar beet during 2 (a), 12 (b), 24 (c) and 72 (d) hours after freezing stress



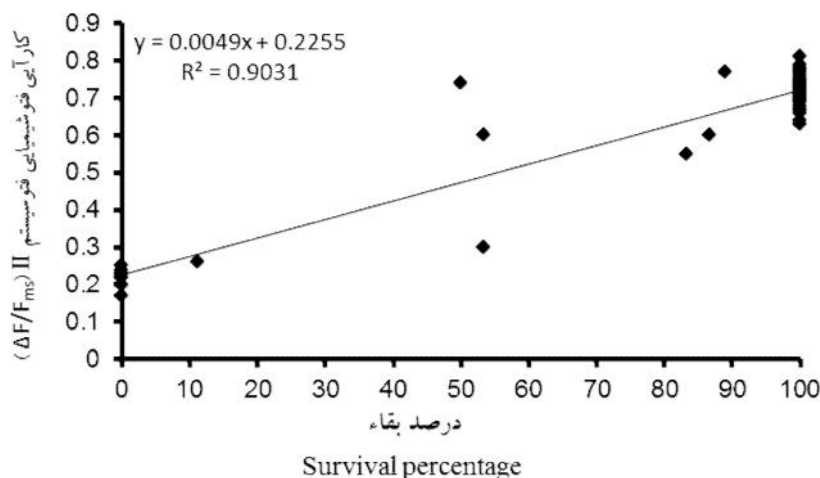
شکل ۳- میانگین کارایی فتوشیمیایی فتوسیسستم II در ارقام چغندر قند طی دوره‌های مختلف زمانی پس از اعمال تنش یخ زدگی در شرایط کنترل شده (هر نقطه میانگین ۷۰ عدد است).

Figure 3- Trend of fluctuations of $\Delta F/F_{ms}$ parameter of sugar beet in various times after freezing stress (each point is average of 70 values).



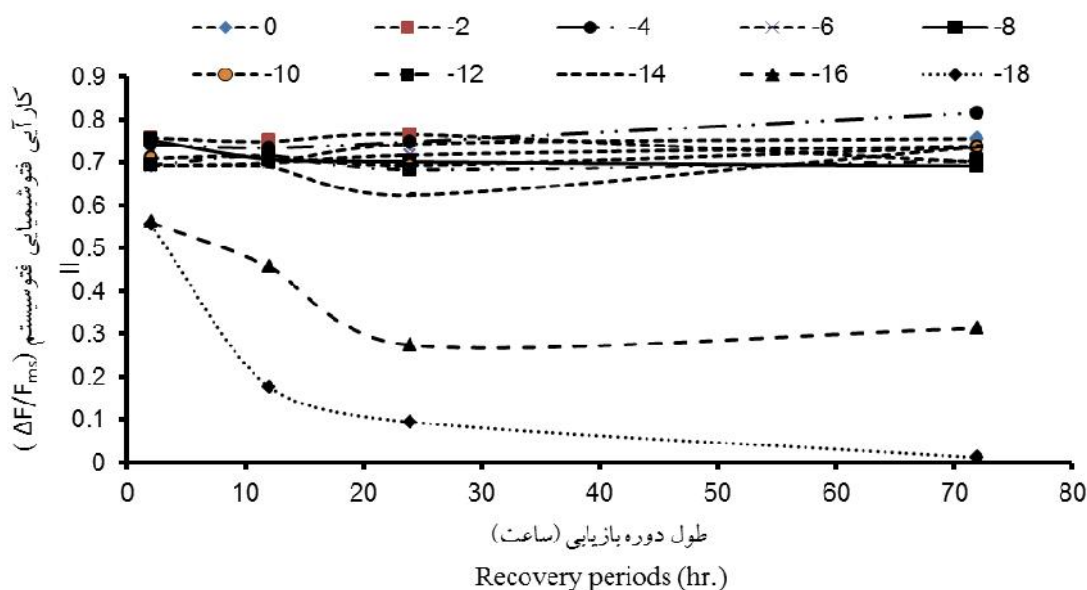
شکل ۴- روند تغییرات کارایی فتوشیمیایی فتوسیسستم II ارقام چغندر قند پس از اعمال تنش یخ در شرایط کنترل شده (هر نقطه میانگین ۱۲ عدد است).

Figure 4- Fluctuation trend of $\Delta F/F_{ms}$ parameter of each sugar beet cultivars after freezing stress in controlled conditions (each point is average of 12 values)



شکل ۵- رابطه بین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و درصد بقاء ارقام چغندر قند تحت تأثیر تنش یخ زدگی در شرایط کنترل شده (هر نقطه میانگین ۱۲ عدد است)

Figure 5- Relationship between $\Delta F/F_{ms}$ parameter and survival percentage of sugar beet in controlled conditions (each point is average of 12 values).



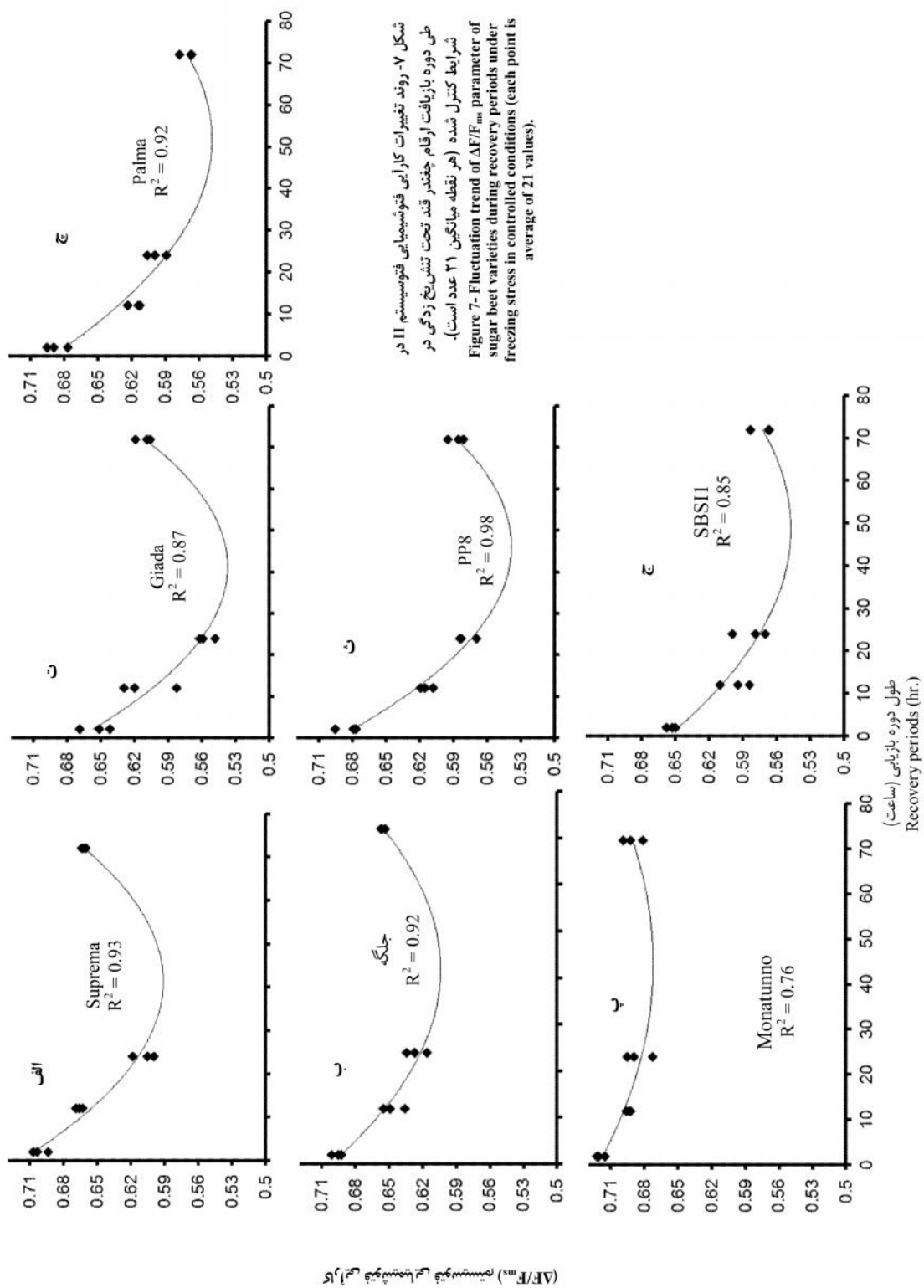
شکل ۶- روند تغییرات کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در چغندر قند طی دوره بازیافت تحت تأثیر تنش یخ زدگی در شرایط کنترل شده

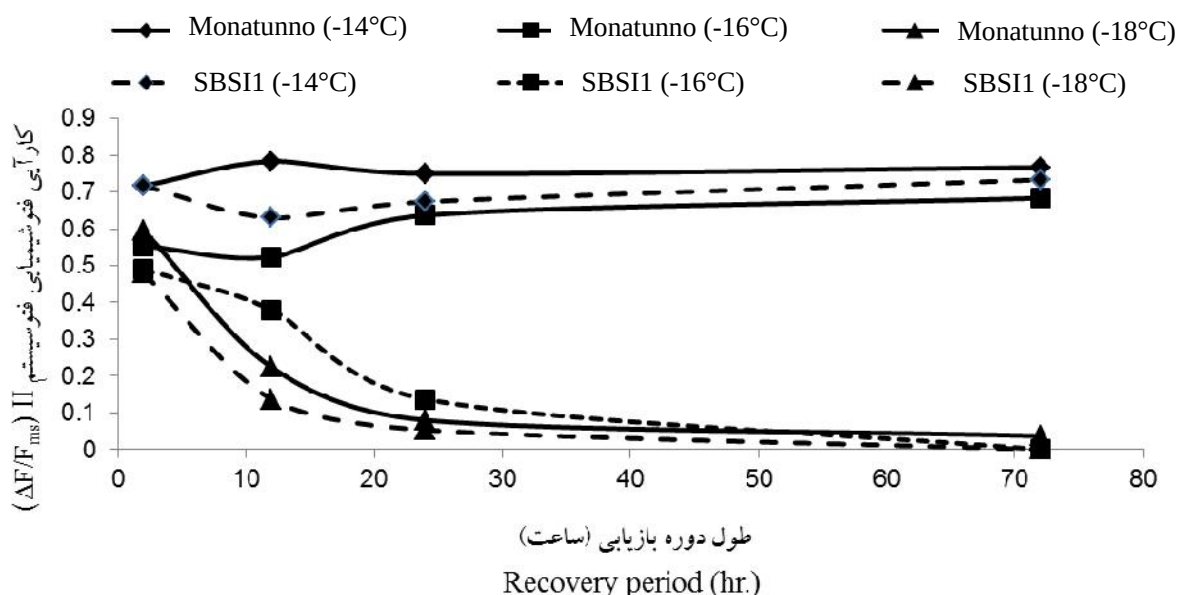
Figure 6- Fluctuation trend of $\Delta F/F_{ms}$ parameter of sugar beet in different recovery periods under freezing treatments in controlled conditions

فتوشیمیایی فتوسیستم II در ۷۲ ساعت بعد از تنش برخوردار بودند (شکل ۷ ج و چ). در چهار رقم دیگر علی‌رغم روند کاهشی در کارایی فتوشیمیایی در ۲۴ ساعت ابتدایی دوره بازیافت، این صفت در ۷۲ ساعت بعد از شروع بازیافت نسبتاً بهبود یافت (شکل ۷ الف، ب، ت، ث). در گیاه نوروژک، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در شرایط تنش یخ زدگی، ۲۴ ساعت پس از بازیابی به میزان ۴۰٪ در مقایسه با

اثر متقابل ارقام چغندر قند و زمان پس از اعمال تنش یخ زدگی بر میانگین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II معنی‌دار ($p \leq 0.001$) بود (جدول ۱). رقم Monatunno با دارا بودن کارایی فتوشیمیایی بالاتر، دارای ثبات نسبی در مورد این صفت در طی دوره بازیابی بود (شکل ۷ پ)، ولی دو رقم SBS11 و Palma ضمن داشتن روند نزولی شدید در کارایی فتوشیمیایی طی دوره بازیافت، از کمترین کارایی

شاهد کاهش یافت، اما با ادامه بازیابی تا ۷۲ ساعت افزایش نشان داد (Dashti, 2015).





شکل ۸- روند تغییرات کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در دو رقم Monatunno (متحمل ترین) و SBSi1 (حساس ترین) طی دوره بازیافت پس از قرار گرفتن در معرض شدیدترین دماهای یخ زدگی (-۱۴، -۱۶ و -۱۸- درجه سانتی گراد) در شرایط کنترل شده

Figure 8- Fluctuation trend of $\Delta F/F_{ms}$ parameter of Monatunna (most tolerant) and Sbsi1 (most sensitive) cultivars during recovery period after severe freezing treatments in controlled conditions

نمودند و لذا پس از ۷۲ ساعت مقدار این صفت در هر دو رقم به حداقل رسید.

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد، بین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II با درصد بقاء بوته پس از اعمال تنش یخ زدگی در شرایط کنترل شده ارتباط بسیار معنی داری وجود دارد لذا به نظر می رسد که این صفت برای بررسی تحمل به تنش یخ زدگی در چغندر قند پاییزه شاخص مناسبی باشد. در بین ارقام چغندر قند مورد مطالعه، رقم Monatunno دارای بیشترین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و رقم SBSi1 دارای کمترین مقدار بود. در بین تیمارهای دمایی مورد مطالعه، تا آستانه دمایی ۱۴- درجه سانتی گراد تفاوت محسوسی در کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II مشاهده نشد و شروع روند کاهشی این صفت از دمای ۱۶- درجه سانتی گراد بود، به طوری که در بیشتر ارقام مورد مطالعه در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد به کمترین میزان (صفر) رسید. بیشترین تفاوت های موجود در بین ارقام در طی دوره بازیابی مشاهده شد، به طوری که کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در رقم Monatunno در طی دوره بازیابی تقریباً به میزان قبل از تنش رسید ولی این بازیابی در مورد رقم SBSi1 مشاهده نشد.

در تحقیقی دیگر نیز کاهش دما باعث کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در ژنوتیپ های مختلف سویا شد، ولی این کاهش در ژنوتیپ های مقاوم بسیار کمتر بود (Strauss et al., 2006). از این رو به نظر می رسد که براساس این شاخص نیز رقم Monatunno نسبت به سایر ارقام تحمل بهتری نسبت به تنش یخ زدگی داشته باشد.

روند تغییرات کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II طی دوره بازیابی در دو رقم Monatunno و رقم SBSi1 پس از اعمال شدیدترین دماهای یخ زدگی بر روی آنها در شکل ۸ نشان داده شده است. بر این اساس بارزترین تفاوت بین این دو رقم در دمای ۱۶- درجه سانتی گراد پدیدار شد، به طوری که بازیابی مناسب رقم Monatunno در دمای ۱۶- درجه سانتی گراد سبب بازگشت نسبی کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II پس از ۲۴ ساعت به شرایط پیش از یخ زدگی شد (شکل ۸). این امر نشان دهنده توانایی بالاتر رقم Monatunno در تحمل به تنش یخ زدگی در شرایط کشت پاییزه نسبت به رقم SBSi1 می باشد. از سوی دیگر در رقم SBSi1 علاوه بر کاهشی بودن روند کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در طول زمان پس از اعمال دمای ۱۶- درجه سانتی گراد، مقدار این صفت در ۷۲ ساعت پس از یخ زدگی به صفر رسید و لذا به نظر می رسد این رقم توانایی اندکی در بازیابی خود پس از بروز چنین تنشی داشته باشد. با وجود این هیچ کدام از ارقام قادر به تحمل دمای ۱۸- درجه سانتی گراد

References

1. Baker, N. R., and Rosenquist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany* 55: 1607-1621.
2. Clement, J. M. A. M., and Van Hasselt, P. R. 1996. Chlorophyll fluorescence as a parameter for frost hardiness in winter wheat: a comparison with other hardiness parameters. *Phyton (Horn, Austria)* 36 (1): 29-56.
3. Dai, F., Zhou, M., and Zhang, G. 2007. The change of chlorophyll fluorescence parameters in winter barley during recovery after freezing shock and as affected by cold acclimation and irradiance. *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 915-921.
4. Dashti, M., Kafi, M., Tavakkoli, H., Mirza, M., and Nezami, A. 2015. Effects of freezing stress on Morpho-physiological indices and chlorophyll fluorescence of *Salvia leriifolia* Benth. Seedlings. *Iranian Journal of Plant Research* 28 (5): 962-973.
5. Dobrowski, S. Z., Pushnik, P. J., Tejada, J. C., and Ustin, S. L. 2005. Simple reflectance indices track heat and water stress-induced changes in steady-state chlorophyll fluorescence at the canopy scale. *Remote Sensing Environment* 97: 403-414.
6. Gray, G. R., Chauvin, L. P., Sarhan, F., and Huner, N. P. A. 1997. Cold acclimation and freezing tolerance: a complex interaction of light and temperature. *Plant Physiology* 114: 467-474.
7. Jalilian, A., Mazaheri, D., Tavakkol Afshari, R., Abdollahian-Noghabi, H., Rahimian, H., and Ahmadi, A. 2002. Effect of freezing damage at seedling stage in different sugar beet cultivars. *Iranian Journal of Crop Science* 10: 400-415. (in Persian with English abstract).
8. Majdi, M., Karimzadeh, G., and Mahfoozi, S. 2007. Effects of low temperature and exogenous calcium on the quantum efficiency of photosystem II (Fv/Fm) and relative content of chlorophyll in cold susceptible and tolerant wheat cultivars. *Pajouhesh Sazandegi* 77: 175-181. (in Persian with English abstract).
9. Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2007. *Agroecology*. Ferdowsi University of Mashhad press. (in Persian with English abstract).
10. Neuner, G., and Larcher, W. 1990. Determination of differences in chilling susceptibility of two soybean varieties by means of in vivo chlorophyll fluorescence measurement. *Crop Science* 167: 73-80.
11. Nezami, A., Borzooei, A., Jahani, M., Azizi, M., and Sharif, A. 2007. Electrolyte leakage as an indicator of freezing injury in colza (*Brassica napus* L.). *Iranian Field Crop Research* 1: 167-175. (in Persian with English abstract).
12. Oliveira, J. G., Alves, P. C. A., and Vitoria, A. P. 2009. Alterations in chlorophyll a fluorescence, pigment concentrations and lipid peroxidation to chilling temperature in coffee seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 67: 71-76.
13. Petite, A. M., Rueda, A. M., and Lacuesta, M. 2005. Effect of cold storage treatments and transplanting stress on gas exchange, chlorophyll fluorescence and survival under water limiting conditions of *Pinus radiata* stock-types. *European Journal of Forest Research* 124: 73-82.
14. Rinaldi, M., and Vonella, A. V. 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris*) to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. *Field Crop Research* 95: 103-114.
15. Scott, R. K., English, S. D., Wood, D. W., and Unsworth, M. H. 1973. The yield of sugar beet in relation to weather and length of growing season. *The Journal of Agricultural Science* 81: 339-347.
16. Strauss, A. J., Kruger, G. H. J., Strasser, R. J., and Heerden, P. D. R. 2006. Ranking of dark chilling tolerance in soybean genotypes probed by the chlorophyll a fluorescence transient O-J-I-P. *Environment and Experimental Botany* 56: 147-157.



Chlorophyll Fluorescence as an Index for Freezing Injury Evaluation in Sugar beet (*Beta vulgaris*)

A. Nezami¹- H. R. Khazaei¹- M. Dashti^{2*}- E. Eyshi Rezaei³- A. H. Saeidnejad⁴

Received: 10-11-2015

Accepted: 30-08-2016

Introduction

A sustainable cropping system can be designed by choosing crops that can use the solar radiation and water more efficiently. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is a highly productive crop which is widely under cultivation in different regions in Iran. Sugar beet production in Iran, scarcely limited by the solar radiation, but heavily relies on limited available water in such arid and semi-arid regions which makes the spring cultivation of it very expensive. Autumn cultivation of sugar beet is considered as an alternative to avoid water stress in Khorasan province, which is the main producing land of this crop in Iran. Variation of chlorophyll fluorescence parameter is an important criterion as well as suitable and nondestructive method which has been employed to determine the differences between plant species on resistance to environmental stresses such as freezing stress, and has been widely used as an important index to quantify the response of cold resistant varieties of corn and rice and heat resistance of sunflower cultivars.

Materials and Methods

In order to study the possibility of using the chlorophyll fluorescence parameters for evaluation freezing tolerance of sugar beet varieties, an experiment was performed by using a factorial based on randomized complete block design with three replications at agricultural faculty of Ferdowsi University of Mashhad. Seven sugar beet varieties (Jolge, Giada, Monatunno, SBSI1, Palma, Suprema, and PP8), exposed to ten freezing temperature levels (Zero, -2, -4, -6, -8, -10, -12, -14, -16 and -18), and their yield of quantum efficiency ($\Delta F/F_{ms}$) were measured in four levels of recovery periods (2, 12, 24 and 72 hours). Chlorophyll fluorescence was measured on control plants along with plants which were under 2, 12, 24, 72 hr. recovery after freezing. Measurements were carried out by using a portable fluorometer in the marginal region of the youngest fully expanded leaves.

Results and Discussion

Photochemical efficiency of photosystem II had strong regression with plant survival percentage ($R^2=0.90^{**}$). Monatunno variety had the highest and SBSI1 had the lowest photochemical efficiency of photosystem II. There were no differences between sugar beet varieties on photochemical efficiency of photosystem II until -14°C , but lower temperatures severely declined that parameter. There was a reduction on efficiency of photosystem II in the first 24 hr. duration of recovery, but after 72 hr. increased up to the before freezing conditions. Monatunno cultivar had the suitable recovery where exposed to the -16°C , but the efficiency of photosystem II on SBSI1 cultivar was decreased dramatically at the same temperature. Fluctuation trends of $\Delta F/F_{ms}$ between freezing treatments and recovery periods showed sensible decrease trend until -14°C , but negative trend started at -16°C and reached to lowest values at -18°C in recovery period. Hasselt (1996) showed significant decrease in ($\Delta F/F_{ms}$) between wheat varieties started at temperatures lower than -8°C . Fluctuation trend of $\Delta F/F_{ms}$ parameter of

1- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran

3- Senior Researcher, Center for Development Research, University of Bonn, Germany

4- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

(*- Corresponding Author Email: Majiddashti46@gmail.com)

Monatunna and Sbsi1 varieties as resistant and sensitive varieties with respectively highest and lowest survival percentage under severe freezing treatments (-14, -16 and -18°C) indicated clear difference between Monatunna and Sbsi1 at -16°C.

Conclusions

Yield of quantum efficiency of sugar beet varieties showed highest differences in recovery period, this parameter quantity in Monatunna as a resistant genotype recovered near to before stress conditions during recovery period (except -18°C freezing treatment) but Sbsi1 as a sensitive variety did not show recovery especially in severe freezing levels. Based on this study, we can determine Monatunna variety as high resistant to freezing stress with quick recovery period compared to other study varieties in early growth period which is almost the most important part of growth cycle of sugar beet varieties.

Keywords: Efficiency of photosystem II, Recovery period, Sugar beet, Survival



ارزیابی تأثیر پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن بر خصوصیات آناتومیکی و فیزیولوژیکی گندم در شرایط دیم

طیبه جعفریان^{۱*} - محمد جواد زارع^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر آماده سازی بذر (پرایمینگ) با غلظت های مختلفی از پراکسید هیدروژن بر دو رقم گندم (کراس سیلان (گندم نان) و ساجی (گندم دوروم))، تحت شرایط دیم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام طی سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و نیز سطوح آنتی اکسیدان ها، رنگیزه ها و نیز ویژگی های آناتومیک مورد مطالعه در این پژوهش تحت تأثیر آماده سازی بذر با پراکسید هیدروژن قرار گرفت. پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن از طریق اثرگذاری مثبت بر خصوصیات فیزیولوژیکی و آناتومیکی موجب افزایش عملکرد دانه در هر دو رقم گندم شد. گیاهان حاصل از بذرهای پیش تیمار شده با پراکسید هیدروژن از محتوای نسبی آب بیشتر، رنگیزه های کلروفیلی و کارتنوئیدی و آنتی اکسیدانی (کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز) بالاتری برخوردار بودند. گیاهانی که بذر آنها با پراکسید هیدروژن پیش تیمار شده بودند از مساحت سطح برگ بیشتر، تعداد روزنه کمتر، طول روزنه بیشتر، وزن تر و خشک بیشتر، نشت یونی و میزان لوله شدن برگ کمتری برخوردار بودند. همچنین خصوصیات آناتومیکی شامل اندازه آوندهای چوبی و آبکش، سلول های مزوفیل، غلاف آوندی، اپیدرم بالا و پایین در اثر تیمار با پراکسید هیدروژن افزایش یافت. این تغییرات ایجاد شده آناتومیکی مثبت موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و در نهایت عملکرد دانه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن غلظت ۸۰ میلی مولار تأثیر افزایش دهنده بر عملکرد دانه به خصوص در رقم کراس سیلان داشت.

واژه های کلیدی: آوند چوبی، آوند آبکش، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، مزوفیل

مقدمه

رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد. برگ به عنوان واحد فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه ای دارد که در زمان وقوع تنش سطح برگ کاهش می یابد (Pettigrew, 2004) همچنین در شرایط تنش با بسته شدن روزنه ها فراهمی دی اکسید کربن برای سیستم فتوسنتزی با مشکل مواجه می شود و از سوی دیگر تنش، باعث تخریب کلروپلاست و افزایش دمای برگ به میزان ۵-۶ درجه و کاهش میزان محتوای آب نسبی برگ می شود. خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست ها و کاهش میزان کلروفیل می گردد و تشکیل پلاستیدهای جدید کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتن کاهش می یابد. بنابراین شناخت انواع سازوکارهای تحمل به تنش خشکی و چگونگی اثرشان در حفظ عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش

ایران یکی از خاستگاه های مهم گیاهان زراعی، به ویژه گندم است. زراعت دیم گندم طی قرون و اعصار در بسیاری از نقاط ایران متداول بوده و در بسیاری از نواحی آن صورت می گیرد. اما در عین حال، کاهش میزان بارندگی و پراکنش نامناسب باران در طول فصل زراعی سبب کاهش محسوسی در عملکرد دانه گندم دیم می شود. مشخص شده است که تنش رطوبتی بسیاری از جنبه های متابولیسم و

۱- دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

(Email: j.taiebeh@yahoo.com) * نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.51537

ایجاد شده توسط پراکسید هیدروژن بر فرایندهای فیزیولوژی و آناتومیک حاصل و ارتباط آن با عملکرد نهایی مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۴ متر در آبان ماه سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام گرفت. نتایج آزمون خاک و میزان بارندگی به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه گردیده است. بذور گندم دوروم رقم ساجی و گندم نان رقم کراس سیلان که قبلاً بذورهای آنها با پراکسید هیدروژن آماده‌سازی شده بودند براساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی خطوطی با فاصله ۰/۲، به طول سه متر و به تعداد شش خط در هر کرت و در عمق ۵ سانتی‌متر خاک و تحت شرایط دیم کشت شدند. نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات آناتومیک در مرحله پنجه‌زنی و برآوردهای صفات فیزیولوژیکی در مرحله ظهور سنبله و از برگ پرچم انجام گرفت. در زمان کاشت با توجه به آزمون خاک اقدام به استفاده از کودهای فسفره و نیتروژنه از منبع کودی سوپر فسفات تریپل و اوره خاک (اوره: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر: ۵۰ کیلوگرم در هکتار) گردید. کود اوره به‌صورت سرک در زمان به ساقه رفتن مصرف شد. وجین دستی جهت مبارزه با علف هرز انجام گرفت. برآورد عملکرد دانه در واحد سطح و پس از حذف ردیف‌های حاشیه (یک متر مربع) در زمان رسیدگی دانه‌ها (برداشت با رطوبت ۱۶ درصد) انجام گرفت.

نحوه پیش‌تیمار بذور با پراکسید هیدروژن (H_2O_2)

بذور هر دو رقم آزمایشی به مدت ۸ ساعت در دمای خنک در ظروف کاملاً پوشانده شده (جهت جلوگیری از نفوذ نور) حاوی پراکسید هیدروژن با چهار غلظت صفر، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی‌مولار به نحوی که بذور کاملاً غوطه‌ور شوند و ضمن هوادهی آماده‌سازی شدند. سپس جهت خشک نمودن و تسهیل در کشت، هوادهی بذور به مدت چند ساعت تحت سایه انجام گرفت.

اندازه‌گیری صفات آناتومیک در مرحله پنجه‌زنی انجام گرفت. پس از آزاد کردن دقیق پهنک برگ از اطراف ساقه، برشی توسط یک تیغ تیز در قاعده آن انجام شد. پس از آن نمونه‌هایی از برگ در فاصله ۶۵-۶۰ میلی‌متر بالاتر از قاعده برگ (Hu et al., 2000) با استفاده از خط‌کش محل برش مشخص و توسط تیغه برش داده شده است. به‌منظور تهیه مقاطع میکروسکوپی نمونه‌ها بلافاصله در فرمالین ۱۰ درصد به مدت دو روز قرار گرفتند. در مرحله بعد از انجام مراحل آگیری از نمونه‌ها توسط میکروتوم برش‌های عرضی به ضخامت پنج میکرومتر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری پارامترهای آناتومیکاز اسلایدها

اهمیت دارد. صفات مورفولوژیکی و آناتومیک که در سازگاری و به حداقل رساندن اثرات کمبود آب در طی دوره زمانی که خشکی بروز یافته است در سازگاری یا مقاومت به گیاه کمک می‌کنند در سطح بافت، اندام و کل گیاه قابل طبقه‌بندی بوده و از لحاظ آناتومی و مورفولوژی برگ عکس‌العمل‌های مختلفی نظیر لوله‌ای شدن برگ (Sarieva et al., 2010)، تغییر اندازه سلول‌های بالیفورم (Blum et al., 1981)، تغییر قطر آوند چوبی و آبکش (Jafarian et al., 2012; Jafarian et al., 2013)، سطح برگ، تعداد سلول‌های اپیدرمی و تغییر مساحت سلول‌های مزوفیل و اپیدرم (Jafarian et al., 2012; Jafarian et al., 2013) را شامل می‌گردند.

یکی از راه‌حل‌های اساسی برای کاهش اثرات سوء تنش پیش‌تیمار کردن بذور قبل از کشت است که روشی آسان، کم هزینه و با ریسک کم می‌باشد که باعث کاهش مشکلات ناشی از تنش‌های محیطی می‌شود (Wahid and Shabbir, 2005). همچنین پیش‌تیمار کردن بذور فرایند از دست‌دهی آب را کنترل کرده و باعث می‌شود فعالیت‌های متابولیکی قبل از به‌وجود آمدن رادیکال‌های آزاد انجام شود (Sivritepe et al., 2005). پراکسید هیدروژن (H_2O_2) یکی از مواد شیمیایی مهم است که به‌وسیله تنش‌های زنده و غیر زنده در گیاهان افزایش می‌یابد. سطوح بالای پراکسید هیدروژن باعث خسارت به غشای سلولی و سلول‌های گیاهی می‌شود (Sairam and Sairam et al., 2002; Kathiresan et al., Tyagi, 2004; 2006). با این وجود شواهد زیادی در ارتباط با نقش بیولوژیکی و سیگنالی ROS به‌خصوص پراکسید هیدروژن (H_2O_2) به‌عنوان یک پیام‌رسان مولکولی در گیاهان وجود دارد (Dat et al., 2000; Hung et al., 2005). در تحقیقات پیشین نشان داده شده است که گیاهچه‌های گندم حاصل از بذور پیش‌تیمار شده با پراکسید هیدروژن در شرایط تنش شوری و خشکی از طریق کاهش اثر سوء تنش بر سطح برگ و بهبود هدایت روزنه‌ای و تبادل گازها از ظرفیت فتوسنتزی بهتری برخوردار بودند همچنین پراکسید هیدروژن باعث بهبود محتوای آب نسبی و افزایش پایداری غشا درجهت کاهش نشت یونی گردیده است (Liheng et al., 2009; Wahid et al., 2007). بنابراین عملکرد سیگنالی پراکسید هیدروژن در رشد، توسعه و دفاع گیاهان در برابر تنش‌های محیطی بسیار مهم است (Liheng et al., 2009).

هدف از انجام پژوهش حاضر، مطالعه تأثیر آماده‌سازی بذور با پراکسید هیدروژن در بهبود عملکرد دو رقم مختلف از گندم (نان و دوروم) تحت شرایط دیم بود. در این بررسی برخی تغییرات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و آناتومیک ایجاد شده ناشی از کاربرد پراکسید هیدروژن مورد مطالعه قرار گرفت تا درک بهتری از اثرهای

اندازه‌گیری صفات آناتومیکی توسط نرم‌افزار دوربین محاسبه گردید.

توسط میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین Dino-eye مدل AM423 با بزرگنمایی ۴۰× شیئی و ۱۰× چشمی تصویر تهیه شد و

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Chemical properties of the soil 2014-2015

جنس خاک Soil texture	عمق خاک Soil depth (cm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Fe (A. P)	K (ppm)	P (ppm)	N%	C%	PH	EC
لومی رسی Loamy clay	0-30	1.08	0.63	7.96	6.16	590	7	0.18	1.83	7	0.3

جدول ۲- میزان بارندگی (mm) ماهانه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

Table 2- Amount of rainfall (mm) monthly rainfall during growing season 2014-2015

مهر September	آبان October	آذر November	دی December	بهمن January	اسفند February	فروردین March	اردیبهشت April	خرداد May
50.2	88.8	38	34.7	23.4	78.5	47.1	19	-

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از محاسبه کاهش جذب پراکسید هیدروژن در ۲۴۰ نانومتر (Velikova et al., 2000) انجام شد. در سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (Nakano and Asada, 1981) از تغییرات جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر و پس از ۲ دقیقه انجام واکنش آنزیمی محاسبه شد. فعالیت آنزیم به‌صورت واحد آنزیمی برحسب طول موج گزارش گردید. تجزیه‌های آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C انجام و روش مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD بود.

نتایج و بحث

بر اساس داده‌های آماری هواشناسی میزان کل بارندگی در فصل زراعی ۹۴-۱۳۹۳، ۳۷۹ میلی‌متر بود. ساقه رفتن در هر دو رقم گندم در اسفند ماه شروع گردید که میزان بارش در این ماه در حدود ۷۸ میلی‌لیتر بود. گلدهی و تشکیل دانه در نهایت دوره پر شدن دانه در هر دو رقم در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد آغاز و ادامه یافت. میزان کل بارندگی در این سه ماه ۶۶ میلی‌متر بود با در نظر داشتن اینکه در دو ماه اردیبهشت و خرداد میزان بارندگی ۱۹ میلی‌لیتر بود. بنابراین مرحله پر شدن دانه مصادف با تنش کمبود آب بود. اثر رقم بر صفات آناتومیکی شامل قطر و مساحت آوند چوبی، مساحت غلاف آوندی و اپیدرم بالا و همچنین بر صفات فیزیولوژیکی شامل مساحت برگ، وزن خشک بوته، کلروفیل b، لوله شدن برگ، طول و تعداد روزنه، میزان آنزیم کاتالاز، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴).

اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل a، b و کارتنوئید به روش (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) و براساس فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

$$\text{Chlorophyll a } (\mu\text{g/ml}) = 12.21(A663) - 2.81(A646) \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b } (\mu\text{g/ml}) = 20.13(A646) - 5.03(A663) \quad (۲)$$

$$\text{Car} = [(1000A470 - 1.8 \text{ Chl.a} - 85.02 \text{ Chl.b}) / 198] \quad (۳)$$

جهت اندازه‌گیری تعداد و طول روزنه‌های برگ پرچم نمونه‌های برگ از محلی یکسان در هر گیاه انتخاب و نمونه‌گیری از روزنه‌ها در نقاط یکسان از سطح رویی برگ پرچم انجام گردید (Tear et al., 1971). جهت اندازه‌گیری طول روزنه‌ها از یک عدسی چشمی مجهز به یک خط‌کش میکرومتر استفاده شد و طول روزنه‌ها در مساحت 0.234 cm^2 میلی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. جهت به‌دست آوردن مساحت برگ (LA) نمونه‌های برگ (برای هر تیمار ۴ عدد برگ در نظر گرفته شد) که بر روی کاغذ A_4 چسبانده شده بودند اسکن شده و پس از آنالیز تصاویر مربوط به برگ‌ها توسط نرم‌افزار Scion Image، مساحت برگ‌ها بر حسب سانتی‌متر مربع محاسبه و ثبت شد. برای تعیین محتوای آب نسبی به روش (Diaz-Perez et al., 2006) از هر تیمار سه برگ پرچم نمونه‌برداری و با استفاده از رابطه زیر محتوای آب نسبی برگ محاسبه گردید:

$$\text{RWC} = (\text{FW} - \text{DW}) / (\text{TW} - \text{DW}) \times 100 \quad (۴)$$

در معادله بالا RWC، محتوای آب نسبی؛ FW، وزن تر؛ DW، وزن خشک؛ TW، وزن اشباع است.

جهت اندازه‌گیری نشت یونی به روش (Flinet et al., 1966) از برگ پرچم نمونه‌برداری انجام گرفت. میزان نشت یونی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\frac{E_1}{E_2} \times 100 \quad (۵)$$

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های مربوط به صفات گندم
Table 4- The mean square variance analysis of data on wheat traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	مساحت Area					
		قطر Diameter	مساحت Area	قطر Diameter	مساحت Area	مسیفیل mesophyll	غلاف آوندی Bundle sheet
تکرار Rep	2	0.1 ^{ns}	2.5 ^{ns}	0.09 ^{ns}	1 ^{ns}	43 ^{ns}	6.1 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	1	9**	5104**	0.1 ^{ns}	4.5 ^{ns}	16 ^{ns}	337**
پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ × Genotype	3	6**	1606**	1.5**	45**	1677**	169**
ژنوتیپ × پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ × Genotype	3	0.8 ^{ns}	146 ^{ns}	0.2**	9.3**	1170 ^{ns}	64 ^{ns}
خطا Error	14	0.6	171	0.04	1.3	455	24
ضرب تغییرات C.V%	-	7	13	5	9	5	7

و * و ** پدتریب نشان دهنده اثر معنی دار تغییر مربوطه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند. ns نشان دهنده معنی دار نبودن اثر منبع تغییر مربوطه است.
*، ** Significant at 5% and 1% probability level, respectively, ns Nonsignificant

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های مربوط به صفات گندم
Table 3- The mean square variance analysis of data on wheat traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	محتوای آب نسبی RWC	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید Carotenoid	پرچم Flag leaf area	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	شکل برگ Leaf rolling	سنبله Number of grains	عملکرد دانه Grain yield	نشت یونی Electrolite leakage	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Ascorbate peroxidase	طول Length	تعداد Number	روزنه Stomata
تکرار Rep	2	1 ^{ns}	2.2 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.04**	0.006*	28 ^{ns}	206 ^{ns}	37 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	0.7 ^{ns}	0.2 ^{ns}	
ژنوتیپ Genotype	1	54*	0.09 ^{ns}	1.2*	0.7 ^{ns}	2.9*	0.6 ^{ns}	0.5**	0.08**	665**	2166*	112 ^{ns}	0.00002*	0.002 ^{ns}	45**	42**	
پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ × Genotype	3	175*	41**	8.6**	1.9**	3.2**	4.2**	0.3**	0.02**	185**	5448**	474**	0.0001**	0.004**	6**	2.5**	
ژنوتیپ × پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ × Genotype	3	111**	0.5 ^{ns}	1.6**	0.2 ^{ns}	1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.005*	28 ^{ns}	3241*	65 ^{ns}	0.00003*	0.005**	5**	2.3**	
خطا Error	14	0.5	1.1	0.2	0.1	0.4	0.1	0.01	0.001	11	236	39	0.000005	0.0007	0.6	0.1	
ضرب تغییرات C.V%	-	4	5	8	6	10	5	3	7	8	8	11	25	24	3	4	

و * و ** پدتریب نشان دهنده اثر معنی دار تغییر مربوطه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند. ns نشان دهنده معنی دار نبودن اثر منبع تغییر مربوطه است.
*، ** Significant at 5% and 1% probability level, respectively, ns Nonsignificant

نتایج این آزمایش نشان داد که رقم ساجی نسبت به کراس سیلان از اندازه قطر و مساحت آوند چوبی، مساحت سلول‌های غلاف آوندی و اپیدرم بالا، مساحت سطح برگ، وزن خشک، تعداد دانه در سنبله بیشتری برخوردار بود (جدول ۵).

کاربرد پراکسید هیدروژن با غلظت ۸۰ میلی مولار موجب افزایش قطر و مساحت آوند چوبی (به ترتیب ۳۳ و ۴۹ درصد)، قطر و مساحت آوند آبکش (به ترتیب ۴۰ و ۷۹ درصد)، مساحت سلول‌های مزوفیل (۳۶ درصد)، مساحت سطح برگ (۳۴ درصد)، وزن تر بوته (۲۹ درصد)، کلروفیل a (۵۰ درصد)، کلروفیل b (۵۶ درصد)، کارتنوئید (۲۲ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۴۰ درصد)، عملکرد دانه (۴۹ درصد) در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۶).

استفاده از غلظت ۵۰ میلی مولار پراکسید هیدروژن باعث افزایش مساحت سلول‌های غلاف آوندی (۱۹ درصد)، مساحت سلول‌های اپیدرم بالا (۲۵ درصد) و پایین (۳۴ درصد)، وزن خشک بوته (۲۵ درصد) و همچنین کاهش میزان نشت یونی (۳۲ درصد) نسبت به شاهد شد. هر سه غلظت پراکسید هیدروژن به طور یکسان باعث افزایش ۱۲ درصدی میزان محتوای آب نسبی نسبت به شاهد شد (جدول ۶).

پراکسید هیدروژن به صورت معنی داری ژنوتیپ‌های گندم را تحت تأثیر قرار داد. پراکسید هیدروژن در هر کدام از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تغییرات مختلفی را بر صفات آناتومیک، فیزیولوژیکی و عملکرد دانه داشت. صفات اندازه‌گیری شده قطر و مساحت آوند آبکش، مساحت اپیدرم پایین، محتوای آب نسبی، کلروفیل b، میزان لوله‌ای شدن برگ، طول و تعداد روزنه، میزان آنزیم کاتالاز و آسکوربات، عملکرد دانه تحت تأثیر معنی دار اثر متقابل ژنوتیپ در غلظت پراکسید هیدروژن قرار گرفت (جدول‌های ۳ و ۴). پیش تیمار بذر با پراکسید هیدروژن با غلظت ۸۰ میلی مولار نسبت به سایر غلظت‌ها بیشترین تأثیر را بر افزایش قطر و مساحت آوند آبکش در هر دو ژنوتیپ کراس سیلان و ساجی داشت (جدول ۷). قطر آوند آبکش در کراس سیلان و ساجی تحت تأثیر غلظت ۸۰ میلی مولار نسبت به شاهد به ترتیب ۶۰ و ۲۱/۲۱ درصد افزایش یافت. کاربرد پراکسید هیدروژن با غلظت ۵۰ میلی مولار مساحت سلول‌های اپیدرم پایین گندم ساجی و گندم کراس سیلان را به ترتیب ۳۶ و ۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین تأثیر افزایش پراکسید هیدروژن با غلظت ۸۰ میلی مولار بر میزان محتوای آب نسبی رقم ساجی بود که باعث افزایش میزان محتوای آب نسبی در حدود ۲۲/۷ درصد نسبت به شاهد شد و در رقم کراس سیلان پراکسید هیدروژن نسبت به شاهد تأثیر معنی داری بر میزان محتوای آب نسبی نداشت. کاربرد غلظت ۸۰ میلی مولار پراکسید هیدروژن باعث افزایش میزان کلروفیل b در کراس سیلان و ساجی به ترتیب در حدود ۱۶/۶ و ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۷). آماده سازی بذر با پراکسید هیدروژن میزان لوله‌ای شدن برگ را کاهش داد. کاربرد پراکسید هیدروژن با غلظت ۵۰ میلی مولار میزان لوله‌ای شدن در رقم ساجی را ۳۲ درصد و در کراس سیلان ۱۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز گندم ساجی تحت تأثیر کاربرد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر صفات آناتومیک برگ

Table 5- Comparisons means of anatomical leaf Genotype

ژنوتیپ Genotype	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	وزن خشک بوته Dry weight (g)	مساحت برگ پرچم Flag leaf area (cm ²)	مساحت اپیدرم بالا Upper epidermis area (μm ²)	مساحت غلاف آوندی Bundle sheet area (μm ²)	مساحت آوند چوبی Xylem Vessel area (μm ²)	قطر آوند چوبی Xylem Vessel diameter (μm)
ساجی Saji	43a	2.9a	6a	352a	67a	113a	11 a
کراس سیلان Cross Sabalan	33b	2.6b	5b	324b	59b	84b	10 b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (LSD=۹/۵۵).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level, using LSD (Least Significant Difference) Range test.

(۰/۹۷)، همبستگی مثبت و معنی‌دار اندازه آوند آبکش رقم ساجی با تعداد دانه در سنبله (۰/۹۹)، وزن تر (۰/۹۹) و خشک (۰/۹۸) بوته، کلروفیل a (۰/۹۷) و کارتنوئید (۰/۹۷)، همبستگی منفی و معنی‌دار آوند آبکش رقم ساجی با تعداد روزنه در واحد سطح (۰/۹۵) و نشت یونی (۰/۹۴)، افزایش در اندازه آوند آبکش توسط پراکسید هیدروژن می‌تواند در افزایش وزن دانه مؤثر باشد.

غلاف آوندی در برگ لایه فشرده اطراف سیستم آوندی و ارتباط‌دهنده بین آوندها و سلول‌های مزوفیل و نقطه کنترل حیاتی برای تأمین آب و املاح سلول‌های برگ است (Fitter and Hay, 1974; Giles et al., 2002). این سلول‌ها به‌عنوان بافر برای کربوهیدرات‌ها و ملات بین مزوفیل و آوند آبکش عمل می‌کند به‌خصوص زمانی که ظرفیت فتوسنتزی منبع بیش از تقاضای مخزن باشد (Koroleva et al., 2000). تحت تأثیر پراکسید هیدروژن اندازه این سلول‌ها افزایش یافت و بین اندازه این سلول‌ها در رقم ساجی با وزن تر (۰/۹۶) و خشک (۰/۹۶) بوته، اندازه سلول‌های اپیدرم بالا (۰/۹۷) و پایین (۰/۹۷)، در رقم کراس سیلان با مساحت برگ (۰/۹۴) همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. سلول‌های مزوفیل در مقایسه با غلاف آوندی بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی آسیب می‌بینند (Hsiao et al., 1984) و در اثر تنش خشکی اندازه این سلول‌ها و فضای بین سلولی آنها کاهش می‌یابد (Mediavilla et al., 2001) که در نهایت موجب کاهش سرعت فتوسنتز می‌گردد (Costock and Sperry, 2000) در حالی‌که کاربرد پراکسید هیدروژن باعث بزرگتر شدن این سلول‌ها گردید و بین اندازه سلول‌های مزوفیلی رقم کراس سیلان با طول روزنه (۰/۹۹) و عملکرد دانه (۰/۹۷)، رقم ساجی با سلول‌های اپیدرم بالا (۰/۹۷) و میزان آسکوربات پراکسیداز (۰/۹۴) همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت.

تغییر در اندازه و شکل سلول‌های اپیدرمی در برگ می‌تواند نفوذ نور را به داخل سلول‌های مزوفیل تسهیل بخشد. در شرایط تنش خشکی اندازه این سلول‌ها کوچکتر می‌شود اما براساس نتایج این پژوهش پراکسید هیدروژن باعث بزرگتر شدن اندازه این سلول‌ها نسبت به شاهد گردید. فتوسنتز نقش مهمی در تعیین تولید محصول در همه گیاهان دارد و به‌طور مستقیم تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. سرعت فتوسنتز برگ‌ها به دلیل کاهش سطح برگ (Pettigrew, 2004) تحت شرایط کمبود آب کاهش می‌یابد (Lawlor and Cornic, 2002). بنابراین می‌توان گفت که احتمالاً سرعت فتوسنتز تحت تأثیر کاربرد پراکسید هیدروژن به دلیل افزایش سطح برگ و میزان وزن خشک بوته (Yuwono et al., 2005) افزایش یافته است و از طرفی در این بررسی بین اندازه مساحت سطح برگ رقم کراس سیلان با سلول‌های وزن خشک بوته (۰/۹۸) و عملکرد دانه (۰/۹۹) همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد.

پراکسید هیدروژن با غلظت ۲۵ میلی‌مولار و در گندم کراس سیلان با غلظت ۸۰ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کاربرد پراکسید هیدروژن با غلظت ۸۰ میلی‌مولار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز را در گندم ساجی و گندم کراس سیلان نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۷). عملکرد دانه در گندم کراس سیلان و ساجی تحت تأثیر پراکسید هیدروژن با غلظت ۸۰ میلی‌مولار افزایش بیشتری داشت. در رقم کراس سیلان عملکرد دانه تحت تأثیر غلظت ۸۰ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن در حدود ۹۹ درصد و در رقم ساجی حدود ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۷).

بررسی‌های انجام شده در این تحقیق نشان داد که پیش‌تیمار بذر با پراکسید هیدروژن از طریق تغییرات مثبت در خصوصیات آناتومیکی و فیزیولوژیکی ارقام باعث افزایش میزان عملکرد دانه در واحد سطح شد. سیستم دستجات آوندی شامل آوند چوبی و آبکش در انتقال مواد مختلف نقش دارند. آوند چوبی مهم‌ترین مسیر انتقال آب، مواد غذایی و سیگنال‌های هورمونی از ریشه به دیگر اندام‌هاست و علاوه بر این تغییرات اندازه آوند چوبی نقش مهمی در سازگاری به شرایط نامطلوب محیطی دارد (Dat et al., 2000). در اثر تنش خشکی قطر آوند چوبی کاهش می‌یابد که ممکن است در سازگاری گیاهان به تنش نقش داشته باشد اما باعث کاهش هدایت هیدرولیکی آوند می‌شود (Martre and Durand, 2001). قطر و مساحت آوند چوبی تحت تأثیر پراکسید هیدروژن افزایش یافت که این تغییر می‌تواند نقش کلیدی در تعیین سرعت جریان مواد داشته باشد (Martre and Durand, 2001). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آوند چوبی رقم ساجی با اندازه سلول‌های مزوفیلی (۰/۹۵)، قطر (۰/۹۵) و مساحت آوند آبکش (۰/۹۹)، وزن خشک بوته (۰/۹۷)، وزن تر بوته (۰/۹۷)، کلروفیل a (۰/۹۸) و کارتنوئید (۰/۹۶) و تعداد دانه در سنبله (۰/۹۵)، همبستگی مثبت و معنی‌دار آوند چوبی رقم کراس سیلان با کلروفیل a (۰/۹۹)، مقدار آنزیم آسکوربات پراکسیداز (۰/۹۷) و کاتالاز (۰/۹۹) در این پژوهش، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که احتمالاً وجود آوندهای چوبی با قطر و مساحت بزرگتر می‌تواند برای برنامه‌های به‌نژادگران به هدف بهبود تحمل تنش خشکی مفید باشد که نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. مقدار مواد فتوسنتزی که در واحد زمان از سطح مقطع عرضی آوند آبکش حرکت می‌کند، تحت تأثیر سطح مقطع یا قطر آوند که ممکن است سرعت انتقال مواد را محدود سازد (Chartzoulakis et al., 2002)، قرار گیرد. قطر آوند آبکش وابسته به sink‌های مرتبط با آنها می‌باشد (Flexas and Medrano, 2002) که می‌تواند به‌عنوان یک فاکتور محدودکننده در اندازه دانه‌های این ارقام مؤثر باشد. بنابراین با توجه به همبستگی مثبت بین اندازه آوند آبکش رقم کراس سیلان با تعداد دانه در سنبله (۰/۹۶)، کارتنوئید (۰/۹۵)، وزن تر بوته (۰/۹۴) و اندازه سلول‌های مزوفیلی

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در غلظت پر اکسید هیدروژن بر صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد دانه

به ترتیب پرایمینگ بذر گندم دوروم رقم ساجی با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی‌مولار پرایکسید هیدروژن، CS0، CS25، CS50 و CS80 به ترتیب پرایمینگ بذر گندم نان رقم کراس سیلان با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی‌مولار پرایکسید

هیدرورژن، حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است ($LSD=5\%$).

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت پراکسید هیدروژن بر صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد دانه

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (LSD=۵٪).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level, using LSD (Least Significant Difference) Range test.

کلروفیل و کارتنوئیدها نقش مهم و مؤثری در پاسخ گیاه به تنش خشکی و نیز افزایش مقاومت آن به تنش دارند (Jaleel et al., 2009) و افزایش میزان کلروفیل می‌تواند به عنوان مکانیسمی جهت مقاومت گیاه در برابر تنش محسوب گردد (Izanloo et al., 2008). در این تحقیق میزان کلروفیل و کارتنوئید در هر دو رقم ساجی و کراس سیلان تحت تأثیر کاربرد پراکسید هیدروژن افزایش یافت. کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز از مهمترین آنزیم‌های از بین‌برنده پراکسید هیدروژن به‌شمار می‌آیند. کاهش فعالیت این آنزیم‌ها در رقم ساجی و کراس سیلان می‌تواند سبب تجمع پراکسید هیدروژن شود که علاوه بر اجرای واکنش هابر-ویز، سبب کاهش فعالیت برخی از آنزیم‌های چرخه کالوین نظیر ریبولوز مونو فسفات کیناز و بی‌فسفاتازها نیز می‌گردد (Asada, 2000). کاهش فعالیت آنزیم‌های مذکور شدت آسیب‌های وارده به بیومولکول‌های حیاتی سلول را افزایش می‌دهد. کاربرد پیش‌تیمار پراکسید هیدروژن باعث افزایش میزان فعالیت این آنزیم‌ها گردید و در نتیجه با جلوگیری از خسارت به غشاءها میزان نشت یونی را کاهش داد.

محتوای نسبی آب برگ اغلب به‌عنوان جایگزینی برای اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه در نظر گرفته می‌شود (Seghatoleslami et al., 2008). پراکسید هیدروژن باعث حفظ محتوی آب نسبی برگ شد و بیشترین تأثیر کاربرد پراکسید هیدروژن بر حفظ محتوی نسبی آب برگ در رقم ساجی نسبت به کراس سیلان بود.

لوله شدن برگ، یک سازگاری مورفوفیزیولوژیک در گیاهان زراعی برای اجتناب از تنش‌های خشکی، گرما، بیماری و کمبود مواد غذایی است (Sarieva et al., 2010) که در طی تنش خشکی باعث کاهش سطح برگ مؤثر و همچنین کاهش ترقق از طریق بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که در نتیجه با کاهش ورود CO_2 به داخل سلول باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Abd Allah, 2009). اعتقاد بر این است که لوله شدن برگ در اثر کاهش میزان تورژسانس و عدم توانایی گیاه در ایجاد تنظیم اسمزی به‌وجود می‌آید و تأخیر در لوله شدن برگ نشانه توانایی گیاه در حفظ تورژسانس برگ و نشانه اجتناب از بروز پسابیدگی در برگ می‌باشد (Hsiao et al., 1984). کاربرد پراکسید هیدروژن میزان لوله شدن برگ را در ساجی و کراس سیلان به دلیل حفظ محتوای آب نسبی بیشتر کاهش داد. همچنین بین میزان لوله شدن برگ رقم کراس سیلان با تعداد روزنه (۰/۹۹) همبستگی مثبت و معنی‌دار و رقم ساجی با اندازه سلول‌های غلاف آوندی (۰/۹۹)، اپیدرم بالا (۰/۹۸) همبستگی منفی و معنی‌دار و با میزان نشت یونی (۰/۹۷) همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت.

اثرهای تنش خشکی بر فتوسنتز پیچیده است که شامل بسته شدن روزنه‌ها و ممانعت از فعالیت‌های متابولیکی مانند سنتز ریبولوز بی‌فسفات و سنتز آدنوزین تری‌فسفات می‌گردد. مقدار آب سلول

میزان باز بودن روزنه و هدایت روزنه‌ای را که به‌طور مستقیم انتشار CO_2 و تثبیت کربن فتوسنتزی به عهده دارد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در اثر کمبود آب، میزان فتوسنتز به دلیل بسته شده روزنه‌ها می‌باشد. در اثر کمبود آب، میزان فتوسنتز به دلیل بسته شده روزنه‌ها می‌باشد. روزنه‌ها در جلوگیری از تلفات آب در گیاه، سهم زیادی دارند و کنترل‌کننده اصلی تبادلات گازی بین سلول‌های برگ و هوا می‌باشند. علی‌رغم این که تعداد روزنه در واحد سطح از ویژگی‌های یک گونه گیاهی می‌باشد، اما این صفت تحت تأثیر شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد (Miller, 1983). کاهش تراکم روزنه می‌تواند به افزایش مقاومت به خشکی منجر شود (Miskin et al., 1972). در شرایطی که میزان آب کافی در دسترس گیاه باشد، در مقایسه با شرایطی که گیاه تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد، تراکم روزنه‌ها کمتر است (Van et al., 1935). کاهش سطح برگ دلیل افزایش تعداد روزنه در واحد سطح برگ تحت شرایط خشکی است (Blum et al., 1981). گندم ساجی نسبت به کراس سیلان از مساحت سطح برگ کمتر و در نتیجه تعداد روزنه بیشتری در واحد سطح برگ برخوردار بود. همچنین طول روزنه در رقم ساجی نسبت به کراس سیلان کمتر بود. تعداد روزنه در رقم ساجی با اندازه آوند آبکش (۰/۹۵) و آوند چوبی (۰/۹۴)، کلروفیل a (۰/۹۸)، کلروفیل b (۰/۹۹) و در رقم کراس سیلان با مساحت سلول‌های اپیدرم پایین (۰/۹۹) همبستگی منفی و معنی‌داری در حالی که تعداد روزنه در رقم کراس سیلان با میزان نشت یونی (۰/۹۹) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت.

تعداد دانه در واحد سطح یکی از مهم‌ترین اجزای مؤثر در تغییرات عملکرد دانه گندم و در واکنش به تغییرات شرایط محیطی به‌ویژه بروز تنش خشکی در مرحله قبل از گرده‌افشانی است (Entz and Flower, 1990). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه کاربرد پراکسید هیدروژن باعث افزایش تعداد دانه در سنبله نسبت به شاهد شد (جدول ۶). در رقم کراس سیلان تعداد دانه در سنبله با قطر (۰/۹۶) و مساحت (۰/۹۶) آوند آبکش، وزن تر بوته (۰/۹۹) همبستگی مثبت و معنی‌دار و در رقم ساجی تعداد دانه در سنبله با مساحت آوند چوبی (۰/۹۵)، قطر (۰/۹۹) و مساحت (۰/۹۶) آوند آبکش، وزن تر (۰/۹۶) و خشک (۰/۹۶) بوته، کلروفیل a (۰/۹۷)، کلروفیل b (۰/۹۷)، کارتنوئید (۰/۹۶) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روزنه در واحد سطح (۰/۹۸) همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت.

در شرایط تنش خشکی عملکرد محصول کاهش می‌یابد در حالی که پیش‌تیمار پراکسید هیدروژن باعث کاهش اثرات تنش و در نهایت افزایش عملکرد گردید (جدول ۷). کاربرد پراکسید هیدروژن بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه رقم کراس سیلان نسبت به ساجی داشت. بنابراین با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین اندازه سلول‌های مزوفیل (۰/۹۷)، مساحت برگ پرچم (۰/۹۹) و وزن خشک

آب قابل دسترس گیاه که در نهایت برای حصول عملکرد بالا ضروری است، اهمیت دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت ۸۰ میلی مولار پراکسید هیدروژن به عنوان یک پیش تیمارکننده بذر از طریق اثرات مثبت بر خصوصیات آناتومیکی و فیزیولوژیکی می تواند موجب افزایش عملکرد دانه گندم دوروم ساجی و گندم نان کراس سبلان تحت شرایط دیم گردد.

بوته (۰/۹۶) در رقم کراس سبلان با عملکرد دانه، کاربرد پراکسید هیدروژن در این رقم از طریق کاهش اثرات سوء تنش کم آبی بر سلول های مزوفیل، برگ پرچم و وزن خشک بوته نسبت به سایر صفات مورد مطالعه توانسته بیشترین تأثیر را در افزایش میزان عملکرد دانه داشته باشد.

نتیجه گیری

بهبود صفات آناتومیکی و فیزیولوژیکی در شرایط دیم و کمبود

References

1. Abd Allah, A. A. 2009. Genetic studies on leaf rolling and some root traits under drought conditions in rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Biotechnology 8: 6241-6248.
2. Asada, K. 2000. The water-water cycle as alternative photon and electron sinks. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 355: 1419-1431.
3. Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Goncalves, B. C., Ferreira, H. F., and Correia, C. M. 2006. Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. Plant Science 170: 596-605.
4. Blum, A., Gozlan, G., and Mayer, J. 1981. The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. Crop Science 21: 495-499.
5. Canny, M. J. 1960. The rate of translocation. Biology Review 35: 507.
6. Chartzoulakis, K., Patakas, A., Kofidis, G., Bosabalidis, A., and Nastou, A. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Scientia Horticulture 95: 39-50.
7. Costock, J. P., and Sperry, J. S. 2000. Theoretical consideration of optimal conduit length for water transport in vascular plants. New Phytologist 148: 195-218.
8. Dat, J. F., Vandendede, F., Vranova, E., Montagu, M. V., Inze, D., and Breusegem, F. V. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress response. Cellular and Molecular Life 57: 779-95.
9. Diaz-Perez, J. C., Shackel, K. A., and Sutter, E. G. 2006. Relative water content. Annals of Botany 97 (1): 85-96.
10. Entz, M. H., and Flower, D. B. 1990. Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to post-anthesis environmental stress. Crop Science 30: 1119-1123.
11. Fitter, A., and Hay, R. 2002. Environmental physiology of plants. Academic press. 367p.
12. 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.
13. Flinet, H. I., Boyce, B. R., and Beattie, D. J. 1966. Index of injury drought a useful expression of freezing injury to plant tissues as determined by the electrolytic method. Canadian Journal of Plant Science 47: 229-230.
14. Giles, K. E., Beardsell, M. F., and Cohen, D. 1974. Cellular and ultracellular changes in mesophyll and bundle sheath cell of maize in response to water stress. Plant physiology 54: 208.
15. Hsiao, T. C., O'Toole, J. C., Yambao, E. B., and Turner, N. C. 1984. Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice. Plant Physiology 75: 328.
16. Hu, Y., Schnyder, H., and Schmidhalter, U. 2000. Carbohydrate accumulation and partitioning in elongating leaves of wheat in response to saline soil conditions. Plant Physiology 27: 363-370.
17. Hung, S. H., Yu, C. W., and Lin, C. H. 2005. Hydrogen peroxide functions as a stress signal in plants. Botanical Bulletin of Academia Sinica 46: 1-10.
18. Izanloo, A., Condon, A. G., Langridge, P., Tester, M., and Schnuvbusch, T. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two south Australian bread wheat cultivars. Journal of Experimental Botany 59: 3327-3346.
19. Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of agriculture and biology 11: 100-105.
20. Jafarian, T., MaghsoudiMoud, A., and Saffari, V. 2012. Water stress effects on winter and spring leaves anatomy of different wheat (*Triticumaestivum* L.) Genotypes. Journal of Plant Physiology and Breeding 2 (2): 23-34.
21. Jafarian, T., MaghsoudiMoud, A., and Saffari, V. 2013. Effect of water stress on anatomical and physiological leaf of two wheat. Journal of crop production and processing 4 (13): 75-85. (in Persian with English abstract).

22. Kathiresan, A., Lafitte, H. R., Chen, J., Mansueto, L., Bruskewich, R., and Bennett, J. 2006. Gene expression microarrays and their application in drought stress research. *Field Crops Research* 97: 101-110.
23. Koroleva, O. A., Tomos, A. D., Farrar, J., Roberts, P., and Pollock, C. J. 2000. Tissue distribution of primary metabolism between epidermal, mesophyll and parenchymatous bundle sheath cells in barley leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 27: 747-755.
24. Lawlor, M. M., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environment* 25: 275-294.
25. Liheng, H., Zhiqiang, G., and Runzhi, L. 2009. Pretreatment of seed with H₂O₂ enhances drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology* 8 (22): 6151-6157.
26. Lichtenthaler, H. K., and Wellburn, A. R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extract in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 11: 591-592.
27. Martre, P., and Durand, J. L. 2001. Quantitative analysis of vasculature in the leaves of *Festuca arundinacea* (Poaceae): implications for axial water transport. *International Journal of Plant Sciences* 162: 755-766.
28. Mediavilla, S., Escudero, A., and Heilmeier, H. 2001. Internal leaf anatomy and photosynthetic resource-use efficiency: interspecific and intraspecific comparisons. *Tree Physiology* 21: 251-259.
29. Miller, E. C. 1983. *Plant physiology*. McGraw-Hill Book Company Inc. New York. U. S. A.
30. Miskin, K. E., Rasmusson, D. C., and Moss, D. N. 1972. Inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley. *Crop Science* 12: 780-783.
31. Nakano, Y., and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. *Plant Cell Physiology* 22: 867-880.
32. Pettigrew, W. T. 2004. Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Science* 44: 1265-1272.
33. Sairam, R. K., Rao, K. V., and Srivastava, G. C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science* 163: 1037-1046.
34. Sairam, R. K., and Tyagi, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science* 86: 407-421.
35. Sariyeva, G., Kenzhebaeva, S. S., and Lichtenthaler, H. K. 2010. Adaptation potential of photosynthesis in wheat cultivars with a capability of leaf rolling under high temperature conditions. *Russian Journal of Plant Physiology* 57: 28-36.
36. Seghatoleslami, M. J., Kafi, M., and Majidi, E. 2008. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five proso millet (*Panicum Miliaceum* L.) genotypes. *Pak. Journal Botany* 40 (4): 1427-1432.
37. Sivritepe, H. O., Sivritepe, N., Eris, A., and Turhan, E. 2005. The effects of NaCl pre-treatment on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. *Scientia Horticulture* 106: 568-581.
38. Tear, I. D., Peterson, C. J., and Law, A. G. 1971. Size and frequency of leaf stomata in cultivars of *Triticum aestivum* and other *Triticum* species. *Crop Science* 11: 496-498.
39. Van, D. E., Roovaart, E., and Fuller, G. D. 1935. Stomatal frequency in cereals. *Journal of Ecology* 16: 278-279.
40. Velikova, V., Yordanov, I., and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151: 59-66.
41. Wahid, A., and Shabbir, A. 2005. Induction of heat stress tolerance in barley seedlings by pre-sowing seed treatment with glycine betaine. *Plant Growth Regulation* 46: 133-41.
42. Wahid, A., Mubarak, P., Sadia, G., Shahzad, M., and Basrab, A. 2007. Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology* 164: 283-294.
43. Warren, C. R., Livingston, N. J., and Turpin, D. H. 2004. Water stress decreases the transfer conductance of Douglas-fir (*Pseudotsugamenziesii*). *Tree Physiology* 24: 971-979.
44. Yuwono, T., Handayani, D., and Soedarsono, J. 2005. The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth under different drought conditions. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 715-721.



Evaluating the Effect of Seed Treatment with Hydrogen Peroxide on Anatomical and Physiological Characteristics of Wheat under Dry Condition

T. Jafarian^{1*} - M. J. Zarea²

Received: 17-11-2015

Accepted: 08-08-2016

Introduction

Water deficit is the major abiotic factor limiting plant growth and crop productivity around the world. In all agricultural regions, yields of rain-fed crops are periodically reduced by drought. Among various strategies, pre-sowing treatment and priming of seeds are easy, low cost, low risk and effective approaches to overcome the environmental stress problems. Various priming strategies include osmopriming, halopriming, hormonal priming or hydropriming, etc. Hydrogen peroxide, a stress signal molecule, was evaluated as seed treatment to produce the metabolic changes, which could lead to improved drought tolerance in wheat. The interaction of signals conferring stress tolerance in accomplishing better crop growth and yield is a priority area of research. Here we report some anatomical, physiological and biochemical changes induced by Hydrogen peroxide during seed treatment and their involvement in conferring drought tolerance upon wheat.

Materials and Methods

A field study was conducted out at the research farm of agricultural collage of Ilam university during 2014-2015 cropping season. This study was aimed to investigate the priming seed with hydrogen peroxide on two wheat genotypes (Cross Sabalan (bread wheat) and Saji (durum wheat)), under dryland farming system condition. Experimental design was factorial, arranged in randomized complete block, with three replications. Two main factors were wheat genotypes and four soaking treatments of seeds with different concentration (zero, 25, 50 and 80 Mm) of Hydrogen Peroxide. Seeds of each genotype were sown at 6 rows of 3 m length with lines space of 20 cm in depth 5 cm. At heading stage physiological traits were measured on selected leaves and then samples were taken to determine leaf area, Leaf rolling, number and length of Stomata on the epidermis, RWC, electrolyte leakage, photosynthetic pigments concentrations (Chla, b and carotenoid) and antioxidant enzyme contents (catalase, ascorbate peroxidase) and at tillering stage Anatomical traits (mesophyll area, bundle sheet area, upper and lower epidermis cells layer and both length and area of xylem and phloem vessels) were measured using image analysis technique by Dino-eyeanalysis software. Data were analyzed based on experimental design model. Means comparison was performed based on LSD test ($P \leq 0.05$). All calculations were performed using SAS (version 9.1) software.

Results and Discussion

All studied parameters, anatomical, physiological and grain yield, of genotypes were significantly affected by priming seeds with hydrogen peroxide. Positive changes in anatomical and physiological traits in response to hydrogen peroxide increased grain yield in both experimental genotypes. Priming of seeds with hydrogen peroxide produced plants with higher relative water contents, photosynthetic pigments concentrations (Chla, b and carotenoid) and antioxidant enzyme contents (catalase, ascorbate peroxidase) comparing with non -primed seeds. Plants of hydrogen peroxide primed seeds produced higher leaf area, stomata length, fresh and dry weights, and lower rate of electrolyte leakage and leaf rolling comparing to non-primed seeds. Priming seeds with hydrogen peroxide increased mesophyll area, bundle sheet area, upper and lower epidermis cells layer and both length and area of xylem and phloem vessels. Anatomical changing due to hydrogen peroxide priming in enhanced growth and yield of both genotypes was positive since primed plants with hydrogen peroxide had

1- PhD in Crop Physiology , Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

(*- Corresponding Author Email: j.taiebeh@yahoo.com)

produced higher grain yield compared to non-primed plants. Overall, priming seeds with hydrogen peroxide improved grain yield of both wheat genotypes, especially grain yield of bread wheat Cross Sabalan cultivar.

Conclusions

The anatomical and physiological characteristics improved in dry conditions and lack of available water to the plant is essential for achieving high yield. The results showed that the concentration of 80 Mm hydrogen peroxide as a pre-treatment seed through positive effects on physiological and anatomical features could increase the yield of Saji and cross Sabalan under rain-fed conditions.

Keywords: Grain yield, Mesophyll, Number of grains per spike, Phloemvessel, Xylem vessel



بررسی تأثیر جهت خطوط کشت، کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ماشک برگ پهن

الهام لطیفی نیا^۱ - ناصر اکبری^{۲*} - فرهاد نظریان فیروزآبادی^۳ - سعید حیدری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۲

چکیده

کاربرد کودهای بیولوژیک به ویژه باکتری‌های محرک رشد، مهم‌ترین راهبرد تغذیه گیاه برای مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید آن‌ها در سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد. با توجه به اینکه ایران کشوری کم آب و خشک است، کاربرد سوپر جاذب از راهکارهایی جهت کاهش مصرف آب می‌باشد. در این راستا به منظور بررسی تأثیر جهت خطوط کشت، کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ماشک برگ پهن آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی - دانشگاه لرستان به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این تحقیق جهت خطوط کاشت به عنوان فاکتور اصلی به دو صورت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی در کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد. عامل‌های فرعی در این آزمایش کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب هر یک در دو سطح مصرف و عدم مصرف در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که استفاده از کود زیستی نیتروکسین بر صفات قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بر جای گذاشت. همچنین ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تیمارهای کاربرد سوپر جاذب، نسبت به شاهد افزایش داشت. جهت کشت شمالی - جنوبی اثر مثبتی بر بسیاری از صفات داشت. کمترین وزن هزار دانه ۹۱/۰۰ گرم در تیمار کشت شده بر روی خطوط شرقی - غربی و بیشترین وزن هزار دانه ۱۳۲/۷ گرم در تیمار کشت شده بر روی خطوط شمالی - جنوبی به دست آمد. به طور کلی مصرف کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب برای گیاهان کاشته شده بر روی ردیف‌های شمالی - جنوبی، سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه ماشک شد.

واژه‌های کلیدی: پلیمر استاکوزورب، کشاورزی پایدار، گیاه علوفه‌ای، عملکرد دانه

مقدمه

و پایین آمدن کیفیت آن‌ها و از سوی دیگر فشار بی رویه دام به مراتع، نابودی بخش عظیمی از پوشش گیاهی و فرسایش خاک را سبب شده است. حال لازم است اقدامات اساسی در جهت زراعت گیاهان علوفه‌ای با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و جنبه‌های اقتصادی صورت پذیرد (Rastegar, 2005). ماشک^۵ برگ پهن یک لگوم علوفه‌ای زمستانه با رفتار رشدی سریع است که به تیره نیام داران، زیر تیره بقولات و جنس ماشک تعلق دارد (Enneking and Maxted, 1995).

نور یکی از ضروری‌ترین عوامل مؤثر در فتوسنتز می‌باشد. عموماً گیاه زمانی می‌تواند راندمان فتوسنتزی بالایی داشته باشد که حداکثر

با توجه به نیاز جمعیت در حال افزایش کشور به فرآورده‌های دامی، توجه کمتری به تولید و اهمیت گیاهان علوفه‌ای و نقش آنها در تغذیه دام شده است و این عدم توجه به افزایش کمی و کیفی علوفه از یک سو موجب کمبود گوشت، مواد لبنی و سایر فرآورده‌های دامی

۱- دانشجوی کارشناس ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۳- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۴- مربی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

(*)- نویسنده مسئول: (Email: nr1332@hotmail.com)

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.52235

رطوبت خاک و نیتروکسین برای تثبیت ازت خاک و ایجاد شرایط مناسب تغذیه‌ای مورد استفاده قرار گرفته شد. بدین منظور آزمایشی جهت بررسی تأثیر خطوط کشت، نیتروکسین و مواد سوپر جاذب و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد در ماشک برگ پهن طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر خطوط کشت، نیتروکسین و مواد سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد در ماشک برگ پهن، این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. با توجه به نقش خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک بر رشد و نمو گیاه، از مزرعه محل اجرای آزمایش قبل از کاشت در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌صورت تصادفی ۱۰ تا ۱۵ نمونه به‌وسیله اوگر نمونه‌گیری و بعد از ادغام نمونه‌ها، برای تجزیه به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱). در این آزمایش از رقم ماشک برگ پهن با قوه نامیه ۹۷٪ و وزن هزاردانه‌ی ۱۰۹/۵۶ گرم و با تراکم بوته ۲۰۰ بوته در متر مربع استفاده گردید. بذر از مرکز تحقیقات دیم مراغه و کود زیستی نیتروکسین با تعداد ۱۰^۸ سلول زنده در هر گرم، از شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (مابکو) و مواد سوپر جاذب به‌صورت گرانول‌های پودری سفید رنگ و ظرفیت ۴۰۰ برابر جذب آب از شرکت دیم گستران سبز آتیه تهیه گردید. کود نیتروکسین به‌صورت بذرمال و به میزان ۱ لیتر در هکتار، در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) استفاده شد و پلیمر استاکوزورب به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هنگام کاشت، زیر خطوط کشت در زیر بذر با فاصله ۲ سانتی‌متری در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) قرار گرفت. پس از انتخاب زمین و آماده کردن بستر بذرها در دو جهت شمالی- جنوبی و شرقی- غربی به‌عنوان فاکتور اصلی بذرها در عمق ۵-۷ سانتی‌متری خاک بر روی ۶ خط کشت به فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر کشت گردیدند. لازم به ذکر است که کشت به‌صورت دیم در تاریخ ۹۳/۰۹/۱۴ انجام و برداشت نهایی با قابی در ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر با حذف اثر حاشیه (۲ ردیف از طرفین و حذف چند بوته از ابتدای هر خط کشت) در تاریخ ۹۴/۲/۲۰ صورت گرفت. تعداد ده بوته برای هر اندازه‌گیری صفات انتخاب شد. همچنین جهت مبارزه با علف‌های هرز چندین مرحله وجین دستی انجام شد. داده‌های خام حاصل از اندازه‌گیری هریک از صفات مورد آزمایش پس از بررسی توزیع نرمال با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل شدند. مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال مربوطه (۱ درصد) مقایسه شدند.

نور خورشید را جهت فتوسنتز جذب نماید (Koocheki et al., 2008). فعالیت‌های اولیه در ارتباط با جهت‌های کشت بیابانگر آن است که جهت‌های کشت می‌تواند بر روی میزان محصول از طریق افزایش سطح برگ و جذب نور تأثیر داشته باشد. تفاوت اصلی جذب نور با سایر منابع این است که نور قابل ذخیره کردن نیست. بنابراین سیستمی در جذب نور موفق‌تر است که بتواند از تمامی نور رسیده به سطح برگ استفاده کند (Nasiri et al., 2008). جهت‌گیری مناسب خطوط کشت باعث افزایش بازده فتوسنتزی شده و عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه را بالا می‌برد. تحقیقات نشان می‌دهد که میزان عملکرد در گیاهانی که بر روی خطوط شمالی- جنوبی کاشته می‌شوند در مقایسه با گیاهانی که بر روی خطوط شرقی- غربی کاشته می‌شوند، به مراتب بیشتر است (Bisheshwor et al., 2013).

امروزه کاربرد کودهای شیمیایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است که علاوه بر هزینه‌های اضافی، اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و سلامتی انسان دارند. در نتیجه برای راهی از این مشکلات و مدیریت حاصلخیزی خاک، حرکت به سمت کشاورزی پایدار توصیه می‌شود (Ahmad abadi et al., 2011). یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش باروری خاک می‌باشد (Koocheki et al., 2008). از میان کودهای زیستی می‌توان نیتروکسین را نام برد که حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت از جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپیریوم* و حل‌کننده‌های فسفات از جنس *پسدموناس* می‌باشد که از طریق بهبود مواد آلی و فعالیت بیولوژیک خاک و عرضه عناصر غذایی برای گیاه، موجب افزایش عملکرد محصول می‌گردد (Kocabas et al., 2010). کود بیولوژیکی نیتروکسین سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در گیاه ذرت علوفه‌ای شده است (Mahotchi -Hossin-zade, 2014).

پلیمرهای سوپر جاذب هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقدار زیادی آب را در خود جذب کنند. پس از عمل جذب، در اثر خشک شدن محیط، آب داخل این پلیمرها به‌تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی‌تری و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب باقی می‌ماند. این مواد به‌واسطه جلوگیری از اتلاف آب و مواد مغذی از دست رفته از طریق نشت و رواناب، ظرفیت نگهداری آب قابل مصرف برای گیاه در خاک را افزایش می‌دهند (Yousefi Fard et al., 2011). محققان در بررسی سوپر جاذب نشان دادند که سوپر جاذب تأثیر معنی‌دار و مثبت بر عملکرد گیاهان علوفه‌ای دارد. از جمله مهمترین شرایط برای رشد مناسب نور، رطوبت خاک و شرایط تغذیه‌ای می‌باشد (Fazeli Rostam poor et al., 2011). با قرارگیری گیاه در جهت کشت مناسب، کاربرد سوپر جاذب برای ایجاد

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Results of soil chemical characteristics for farm of research

درصد کربن آلی Organic Carbon Percent	ازت (ppm) N	فسفر (ppm) P	پتاسیم (ppm) K	آهن (ppm) Fe	منگنز (ppm) Mn	روی (ppm) Zn	مس (ppm) Cu
1.2	1.01	7.8	285	4.22	8.56	0.86	1.06

جدول ۲- داده‌های هواشناسی طی دوره آزمایش

Table 2- Meteorology data during the experimental period

ماه Month	بارندگی Rainer (mm)	حداقل دما Temperature min (°C)	حداکثر دما Temperature max (°C)
مهر سال ۱۳۹۳ August (2014)	70.3	10.91	28.86
آبان سال ۱۳۹۳ September (2014)	27.22	4.3	18.7
آذر سال ۱۳۹۳ October (2014)	9.6	2.6	14.4
دی سال ۱۳۹۳ December (2014)	9.6	-0.5	12.2
بهمن سال ۱۳۹۳ January (2014)	33.6	2.7	15.6
اسفند سال ۱۳۹۳ February (2014)	52.9	2.4	16.4
فروردین ۱۳۹۴ March (2015)	51.4	6.1	21.2
اردیبهشت سال ۱۳۹۴ April (2015)	12.6	10.5	29.6
خرداد سال ۱۳۹۴ May (2015)	0.2	15.57	37.26
میانگین در فصل زراعی Mean agriculture season	22.71	5.77	21.58
کل بارندگی در فصل زراعی Total Rainer	204.42		

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تیمارهای مختلف بر ارتفاع بوته نشان داد که عامل اصلی جهت کشت و اثر متقابل نیتروکسین × سوپر جاذب، معنی‌دار ($P < 0.05$) شدند. مواد سوپر جاذب نیز بر روی ارتفاع بوته معنی‌دار ($P < 0.01$) گردید (جدول ۳). براساس مقایسات میانگین کمترین ارتفاع بوته (۴۲/۷۱ سانتی‌متر) و مربوط به تیمار کشت شده بر خطوط شرقی- غربی، عدم مصرف نیتروکسین و عدم مصرف سوپر جاذب بود و بیشترین ارتفاع (۵۱/۲۶ سانتی‌متر) مرتبط با تیمار کشت شده بر روی خطوط شمالی- جنوبی، عدم مصرف نیتروکسین و مصرف سوپر جاذب بود (جدول ۴). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بوته‌هایی که بر روی خطوط شمالی- جنوبی کشت گردیده‌اند، شرایط مطلوب‌تری به لحاظ ارتفاع بوته داشته‌اند (جدول ۳). تفاوت در ارتفاع بوته در جهت‌گیری مختلف کاشت می‌تواند ناشی از بهره‌وری بهتر از آب و یا دریافت بیشتر نور خورشید باشد. جهت شمالی- جنوبی موجب نفوذ بهتر نور به قاعده گیاه و در نتیجه افزایش تمایز سلولی در خلال دوره رشد رویشی شده و موجب کاهش ورس نسبت به ردیف‌های شرقی- غربی می‌گردد (Osvat, 2014). کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و در نتیجه باز

و بسته شدن روزنه‌ها، فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تأثیر قرار داده و از طرف دیگر، با تأثیر بر فرآیندهای آنزیمی که به‌طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد. در حالی که کاربرد سوپر جاذب با ایجاد شرایط رشدی مناسب در ذرت علوفه‌ای موجب افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته گردید (Moazen Ghamsari *et al.*, 2009). نتایج مطالعات بر روی ذرت دانه‌ای^۱ نشان داد که استفاده از سوپر جاذب باعث افزایش ارتفاع بوته گیاه می‌شود، که با نتایج حاصل از این مطالعه هم‌خوانی دارد (Yousefi Fard *et al.*, 2011). تحقیقاتی مشابه در گیاه گلرنگ^۲ نشان داد که کود نیتروکسین باعث افزایش ارتفاع در این گیاه می‌شود (Nadi *et al.*, 2013). با توجه به تحقیقات صورت گرفته، این‌گونه می‌توان استنباط کرد که باکتری‌های موجود در کود زیستی با فراهم کردن شرایط رشد از جمله تثبیت نیتروژن و قرار دادن این عنصر در اختیار سیستم ریشه گیاه، باعث متعادل شدن جذب مواد اساسی مورد نیاز گیاه شده و موجب توسعه اندام‌های هوایی از جمله ارتفاع بوته می‌گردد (Salmani biary *et al.*, 2010). در این تحقیق مشاهده

1- Zea Mayes

2- *Cartamus Tinctoris*

شد که کاربرد سوپر با ایجاد شرایط مناسب سبب فعالیت بهتر باکتری‌های موجود در کود زیستی گردیده است و سبب افزایش ارتفاع بوته شد.

جدول ۳- میانگین مربعات جدول تجزیه واریانس اثر جهت خطوط کشت (A) و نیتروکسین (B) و مواد سوپر جاذب (C) بر برخی صفات ماشک برگ پهن

Table 3- Mean square effect of rows direction on (A) and nitroxin (B) and super absorbent (C) on narbon vetch (*Vicia narbonensis*)

مقایسه میانگین	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	قطر ساقه	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات
	Harvest index	Biologic yield	Grain yield	Thousand seed weight	Number in pod	Number pod of plant	Diameter stem	Plant height	DF	
تکرار (R)	112.64 ^{ns}	272128.16 ^{ns}	5925.16 ^{ns}	24.76 ^{ns}	2.24 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.053 ^{ns}	2.37 ^{ns}	2	
جهت کشت (A)	48.39 ^{ns}	6240.37 ^{ns}	7824.16*	267.33 ^{ns}	0.96 ^{ns}	0.57 ^{ns}	0.38*	8.97*	1	
خطا (a)	114.00	520914.50	3028.16	22.87	0.87	0.05	0.02	0.17	2	
نیتروکسین (B)	212.29*	2474910.37**	777600.00**	2801.52**	81.40**	6.72**	0.19*	0.90 ^{ns}	1	
AB	5.18 ^{ns}	590.04	7993.50 ^{ns}	10.01 ^{ns}	18.72*	0.00 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.18	1	
سوپر جاذب (C)	255.45*	522445.04*	30530.66*	14.26 ^{ns}	0.60 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.73**	56.36**	1	
AC	121.88 ^{ns}	451278.37 ^{ns}	1504.16 ^{ns}	24.20 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.27*	4.77 ^{ns}	1	
BC	177.01 ^{ns}	19323.37 ^{ns}	94752.66**	1433.76**	19.44*	3.15**	1.71**	99.87**	1	
ABC	19.87 ^{ns}	64377.04 ^{ns}	840.16 ^{ns}	1.76 ^{ns}	6.20 ^{ns}	0.70*	0.00 ^{ns}	3.40 ^{ns}	1	
خطا (b)	41.78	107234.66	1959.21	21.99	0.40	0.04	0.22	0.16	12	
کل									23	
CV	18.00	12.89	8.52	6.01	9.04	7.07	5.77	4.71		
ضریب تغییرات (%)										

* معنی‌دار در سطح پنج درصد، ** معنی‌دار در سطح یک درصد، ns عدم تفاوت معنی‌دار

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

آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها مواجه می‌گردد که این فرآیند منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می‌گردد. در حالی که استفاده از سوپر جاذب از ایجاد تنش جلوگیری کرده و سبب افزایش رشد رویشی و نهایتاً قطور شدن ساقه شده است. از آنجا که کود بیولوژیک نیتروکسین شامل دو باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن است. با تلقیح این باکتری‌ها به بذر، توان تثبیت زیستی نیتروژن، سطح ریشه، جذب آب و مواد غذایی و تولید برخی ویتامین‌ها افزایش یافته است که در نتیجه رشد کمی گیاه افزایش می‌یابد (Azimzadeh and Azimzadeh, 2013). محققین نشان دادند که کاربرد کود زیستی نیتروکسین سبب افزایش قطر ساقه می‌گردد. تأثیر مثبت نیتروکسین را می‌توان به نقش آزوسپریلیوم در کمک به ترشح هورمون‌های رشد مانند جیبرلین و سائیتوکینین و بهبود دسترسی به نیتروژن نسبت داد (Salmani biary et al., 2010).

تعداد غلاف در بوته: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها

قطر ساقه: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها روی صفت قطر ساقه نشان داد که این صفت تحت تأثیر تیمارهای جهت کشت، نیتروکسین، سوپر جاذب و نیتروکسین × سوپر جاذب معنی‌دار ($P < 0.01$) گردید. همچنین اثر متقابل جهت کشت × سوپر جاذب معنی‌دار ($P < 0.05$) شد (جدول ۳). طبق مقایسات میانگین (جدول ۴) کمترین قطر ساقه با میانگین (۳/۱۳ میلی‌متر) در تیمار شرقی - غربی، عدم مصرف نیتروکسین، عدم مصرف سوپر جاذب مشاهده شد و بیشترین قطر ساقه (۴/۴۲ میلی‌متر) مربوط به تیمار کشت شده بر روی خطوط شمالی - جنوبی، عدم مصرف نیتروکسین، مصرف سوپر جاذب مشاهده شد. نتایج مطالعات نشان داد که کاربرد پلیمر سوپر جاذب تأثیر معنی‌داری روی صفت قطر ساقه داشت و سبب افزایش قطر ساقه گردید. این محققان علت این امر را بالا بودن کارایی مصرف آب ذکر کردند (Yousefi Fard et al., 2011). چنین می‌توان اظهار داشت که گیاه در شرایط تنش با کاهش شدید

(جدول ۳) نشان داد که عامل اصلی جهت کشت، کاربرد کود زیستی نیتروکسین و همچنین نیتروکسین $\times$ سوپر جاذب بر صفت تعداد غلاف در بوته تأثیر معنی داری ($P < 0.01$) داشتند. اثر متقابل سه گانه جهت کشت $\times$ نیتروکسین $\times$ سوپر جاذب ($P < 0.05$) معنی دار شد. جدول مقایسات میانگین ها (جدول ۴) نشان می دهد کمترین تعداد غلاف در بوته (۲/۹۳) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شرقی - غربی، عدم مصرف نیتروکسین، عدم مصرف سوپر جاذب و بیشترین تعداد غلاف در بوته (۵/۰۳) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شمالی - جنوبی، عدم مصرف نیتروکسین، مصرف سوپر جاذب مشاهده شد. با توجه به پتانسیل بالای بقولات (ماشک ها) در تشکیل جوانه های گل و غلاف، دستیابی به پتانسیل تولید غلاف، علاوه بر شرایط داخلی گیاه به شرایط محیطی از جمله نور بستگی دارد. لذا چنین استنباط می گردد که گیاهانی که بر روی خطوط کشت شمالی - جنوبی قرار گرفته اند از نور موجود بیشتر استفاده نموده و با بالا بردن کارایی فتوسنتز، تعداد غلاف در بوته را افزایش داده اند. تعداد غلاف در بوته یکی از مهمترین اجزای تشکیل دهنده عملکرد محسوب می شود. تعداد غلاف به مقدار زیادی به عواملی که برای رشد سریع گیاه مناسب هستند، به خصوص عناصر غذایی و رطوبت کافی وابسته است. بنابراین افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه به خصوص نیتروژن باعث تحریک رشد گیاه و افزایش رشد سبزینه و تعداد غلاف در بوته می شود. به احتمال زیاد ترشح هورمون های رشد گیاهی به دلیل وجود باکتری های تثبیت کننده موجود در نیتروکسین و آزادسازی تدریجی مواد (Zahir et al., 2004) سبب تحریک رشد و افزایش تعداد غلاف در بوته شده است. در این مطالعه احتمال می رود که با ایجاد شرایط محیطی مناسب از جمله نور (قرارگیری بوته ها بر روی خطوط شمالی - جنوبی)، رطوبت خاک (کاربرد سوپر جاذب) و شرایط تغذیه ای مناسب و در دسترس بودن نیتروژن به سبب تثبیت ازت توسط باکترهای موجود در نیتروکسین، تعداد غلاف در بوته در گیاه افزایش یافت.

تعداد دانه در غلاف: از دیگر اجزای عملکرد در گیاه ماشک

تعداد دانه در غلاف می باشد که در این مطالعه تحت تأثیر کود زیستی نیتروکسین، نیتروکسین $\times$ سوپر جاذب قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مشاهده شده در جدول مقایسات میانگین نشان می دهد (جدول ۴) که کمترین تعداد دانه در غلاف با میانگین (۱۵/۴۷) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شرقی - غربی، عدم مصرف نیتروکسین، عدم مصرف سوپر جاذب و بیشترین تعداد دانه در غلاف با میانگین (۲۳/۷۳) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شمالی - جنوبی، عدم مصرف نیتروکسین، مصرف سوپر جاذب ثبت شد. نتایج تحقیقات نشان می دهد که تعداد دانه در غلاف به وسیله ژنوتیپ تعیین می شود و کمتر

شرایط محیطی بر روی آن تأثیر گذار است. روش های زراعی و شرایط محیطی تفاوت کمی در تعداد دانه در غلاف ایجاد می کنند. می توان چنین اظهار داشت که تفاوت در تعداد دانه در غلاف در بین تیمارها، مربوط به وضعیت متفاوت تغذیه ای و مقادیر متفاوت عناصر قابل دسترس بوته در بین تیمارهای اعمال شده باشد. اگر در طول مراحل رشد و نمو گیاه آب و عناصر غذایی به مقادیر کافی و در زمان مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد، گیاه با جذب آنها و افزایش رشد رویشی خود زمینه را برای رشد زایشی مناسب فراهم خواهد کرد و اجزای عملکرد مطلوبی را به وجود می آورد (Koocheki et al., 2008). احتمالاً استفاده از ازتوباکتر از طریق تغذیه مناسب و افزایش توان فتوسنتزی گیاه موجبات افزایش گلدهی و بهبود تعداد دانه در غلاف را فراهم آورده است. پلیمر سوپر جاذب با تقلیل اثرات منفی ناشی از تنش خشکی باعث افزایش تأثیرات مثبت کود زیستی گردیده است.

وزن هزار دانه: وزن هزار دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد

دانه به شمار می آید. تجزیه واریانس داده ها نشان داد که وزن هزار دانه تحت تأثیر نیتروکسین، سوپر جاذب و نیتروکسین $\times$ سوپر جاذب قرار گرفت (جدول ۳). کمترین وزن هزار دانه (۹۱/۰۰ گرم) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شرقی - غربی، عدم مصرف نیتروکسین، عدم مصرف سوپر جاذب و بیشترین وزن هزار دانه (۱۳۲/۷ گرم) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شمالی - جنوبی، عدم مصرف نیتروکسین، مصرف سوپر جاذب به دست آمد (جدول ۴). نیتروکسین می تواند با تشدید فعالیت فتوسنتزی و افزایش عناصر غذایی درون گیاه، تأثیر مثبتی بر وزن هزار دانه داشته باشد. در ارتباط با افزایش وزن هزار دانه به دنبال کاربرد کودهای زیستی، می توان اظهار داشت که این افزایش می تواند به تأثیر باکتری ها بر تثبیت نیتروژن و توسعه بهتر سیستم ریشه ای و به تبع آن جذب بهتر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن نسبت داده شود (Yousefpoor and Yadavi, 2014). کاربرد سوپر جاذب بر روی ذرت دانه ای باعث افزایش وزن هزار دانه در گیاه شد (Yousefi Fard et al., 2011). چنین استنباط می گردد که تلفیق نیتروکسین به همراه سوپر جاذب سبب ایجاد شرایط رشدی مناسب تری شده است و وزن هزار دانه را نسبت به سایر تیمارها بالاتر برده است. پتانسیل وزن هزار دانه ظاهراً قبل از گرده افشانی تعیین می شود ولی این دانه ها در نهایت به چه میزانی پر می شوند به شرایط حاکم در طی پر شدن دانه بستگی دارد. کمبود آب بعد از گرده افشانی بدان معنی خواهد بود که دانه ها به پتانسیل واقعی خود نمی رسند و وزن هزار دانه کاهش می یابد. با افزایش اندام فتوسنتزی، بیشتر مواد فتوسنتزی تولیدی در جهت افزایش تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته مصرف شده و این مواد نقش چندانی در افزایش عملکرد از طریق وزن هزار دانه ندارد (Salehi et al., 2007).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل جهت کشت (A)، نیتروکسین (B)، سوپر جاذب (C) بر برخی صفات ماشک برگ پهن
Table 4- Comparison mean detachment effects of rows direction on (A) and nitroxin (B) and super absorbent (C) on attributes on narbon vetch (*Vicia narbonensis*)

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	قطر ساقه	ارتفاع بوته	سوپر جاذب (C)	نیتروکسین (B)	جهت کشت (A)
Harvest index (%)	Biologic yield (kg)	Seed yield(kg)	Thousand seed weight (g)	Seed number in pod	Number pod	Diameter stem (mm)	Plant height (cm)			
WE	N ₁	-	47.61 ^a	3.85 ^a	4.80 ^a	22.37 ^a	125.0 ^a	1114.9 ^a	2883 ^a	40.77 ^a
NS	N ₁	-	47.05 ^a	3.53 ^b	4.46 ^a	20.20 ^{ab}	117.0 ^a	998.2 ^b	2841 ^a	37.00 ^{ab}
WE	N ₀	-	46.22 ^a	3.46 ^b	3.71 ^b	18.28 ^{bc}	102.1 ^b	752.5 ^c	2231 ^b	33.89 ^{ab}
NS	N ₀	-	46.00 ^a	3.42 ^a	3.43 ^b	16.92 ^c	96.68 ^b	674.8 ^c	2208 ^b	31.98 ^b
WE	-	C ₀	49.31 ^a	3.97 ^a	4.31 ^a	19.68 ^a	113.8 ^a	978.5 ^a	2809 ^a	40.06 ^a
WE	-	C ₁	47.20 ^{ab}	3.51 ^b	4.20 ^{ab}	19.60 ^a	113.3 ^a	923.0 ^a	2567 ^{ab}	38.28 ^a
NS	-	C ₀	45.35 ^b	3.41 ^b	3.98 ^{ab}	19.30 ^a	108.6 ^a	880.2 ^{ab}	2546 ^{ab}	36.37 ^{ab}
NS	-	C ₁	45.02 ^b	3.37 ^b	3.91 ^b	9.18 ^a	105.1 ^a	793.0 ^b	2240 ^b	28.92 ^b
-	N ₁	C ₀	50.49 ^a	4.10 ^a	4.98 ^a	22.13 ^a	129.5 ^a	1172 ^a	3038 ^a	44.86 ^a
-	N ₁	C ₁	47.03 ^b	3.57 ^b	4.28 ^b	20.43 ^{ab}	112.5 ^b	975.2 ^b	2686 ^{ab}	33.48 ^b
-	N ₀	C ₀	46.02 ^b	3.38 ^{bc}	3.95 ^c	18.55 ^{bc}	106.3 ^b	740.0 ^c	2339 ^{bc}	32.39 ^b
-	N ₀	C ₁	43.34 ^c	3.21 ^c	3.20 ^d	16.65 ^c	92.42 ^c	868.5 ^c	2100 ^c	32.90 ^b
WE	N ₁	C ₀	49.72 ^{ab}	3.78 ^b	4.93 ^a	23.73 ^a	132.7 ^a	1234 ^a	3205 ^a	46.19 ^a
NS	N ₁	C ₀	47.37 ^{abc}	3.61 ^{bc}	4.66 ^a	21.00 ^{ab}	126.2 ^a	1111 ^{ab}	2896 ^a	43.53 ^{ab}
WE	N ₁	C ₁	47.33 ^{abc}	3.53 ^{bc}	3.96 ^b	20.53 ^{ab}	117.2 ^{bc}	1064 ^b	2870 ^{ab}	38.01 ^{abc}
NS	N ₁	C ₁	46.74 ^{bcd}	3.53 ^{bc}	3.93 ^b	19.87 ^b	110.3 ^{cd}	886 ^c	2476 ^{bc}	34.74 ^{abc}
WE	N ₀	C ₁	44.67 ^{cd}	3.29 ^{cd}	3.90 ^b	18.73 ^{bc}	107.8 ^{cd}	781.7 ^{cd}	2413 ^{bc}	33.92 ^{abc}
WE	N ₀	C ₀	43.97 ^{cd}	3.23 ^{cd}	3.46 ^b	18.37 ^{bc}	102.4 ^{de}	723.3 ^d	2264 ^{bc}	33.04 ^{abc}
NS	N ₀	C ₁	42.71 ^d	3.13 ^d	2.93 ^c	17.83 ^{bc}	93.83 ^e	700.0 ^d	2197 ^c	30.03 ^c
NS	N ₀	C ₀				15.47 ^c	91.00 ^e	649.7 ^d	2004 ^c	27.80 ^c

میانگین‌ها در سطح ۱٪ مقایسه گردیدند

*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using Duncan Multiple Rang Test.

و گیاهان کشت شده در جهت شمالی - جنوبی دارای عملکرد بالاتری هستند (Austenson et al., 1969). در تحقیق دیگر این موضوع به اثبات رسید که عملکرد در جهت‌های مختلف کاشت تحت تأثیر راندمان مصرف نور و فعالیت فتوسنتزی قرار می‌گیرد (Somnathjha and Subbarao, 2012). مطالعات نشان می‌دهد که مصرف کود بیولوژیکی نیتروکسین سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در گیاه کلزا شده است و این به دلیل در دسترس بودن مواد غذایی در مراحل حساس رشد گیاه است (Azimzadeh and Azimzadeh, 2013). در واقع این افزایش عملکرد در زمان استفاده از کود بیولوژیک می‌تواند ناشی از وجود جمعیت میکروبی در خاک، در اثر تلقیح بذور با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد باشد که به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های گیاهی ریشه و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد گیاه می‌شوند. در بررسی سوپر جاذب و رابطه آن با عملکرد دانه ذرت نشان داده شد که سوپر جاذب با تأثیر معنی‌دار و مثبت بر شاخص کلروفیل باعث افزایش دوام سطح برگ و در نتیجه عملکرد دانه بالاتر شده است (Fazeli Rostam poor et al., 2011).

عملکرد دانه: عملکرد دانه یکی از مهمترین شاخص‌های اقتصادی تولید در گیاهان به‌شمار می‌آید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که عملکرد دانه در گیاهانی که بر روی خطوط شمالی - جنوبی کشت شده‌اند، با عملکرد گیاهانی که بر روی خطوط شرقی - غربی کشت شده‌اند معنی‌دار ($P < 0.05$) گردیده است. همچنین کود زیستی نیتروکسین، مواد سوپر جاذب، نیتروکسین × سوپر جاذب معنی‌دار ($P < 0.01$) شد (جدول ۳). کمترین عملکرد دانه (۶۴۹۷ کیلوگرم) در خطوط شرقی - غربی در عدم مصرف نیتروکسین، عدم مصرف سوپر جاذب حاصل شد. در حالی که بیشترین عملکرد دانه با میانگین (۱۲۳۴ کیلوگرم) در خطوط شمالی - جنوبی در حضور سوپر جاذب و در عدم حضور نیتروکسین به‌دست آمد (جدول ۴). تحقیقاتی که بر روی گندم صورت گرفت نشان داد که کشت گیاهان بر روی خطوط شمالی - جنوبی در مقایسه با خطوط شرقی - غربی، دارای عملکرد و اجزای عملکرد بالاتری است که این موضوع می‌تواند به‌واسطه فتوسنتز بهتر در مرحله پر شدن دانه‌ها باشد (Bisheshwor et al., 2013). تحقیقات نشان داد که عملکرد گیاهان جو، ذرت، گندم و ارزن مروارید در جهت‌های مختلف کاشت متفاوت بوده است

اختصاص منابع بین ساختارهای رویشی و زایشی، شاخص برداشت بالا صرفاً ملاک نیست. شاخص برداشت بالا زمانی مناسب است که گیاه، چه از لحاظ عملکرد بیولوژیک و چه از لحاظ عملکرد دانه به پتانسیل ژنتیکی خود نزدیک شده باشد (Carruthers *et al.*, 2000). نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب باعث رسیدن شاخص برداشت به حد مطلوب شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان داد که جهت خطوط کشت شمالی- جنوبی نتایج بهتری نسبت به خطوط شرقی- غربی دارد و نتایج حاکی از آن است که تأثیر جهت کشت بیشتر بر شاخص‌های رشدی گیاه از جمله ارتفاع بوته و قطر ساقه بوده است. در حضور کود زیستی نیتروکسین اجزای عملکرد گیاه از جمله تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه افزایش چشمگیری داشت که نهایتاً با افزایش در اجزای عملکرد، عملکرد دانه بالا حاصل شد. تأثیر کاربرد سوپر جاذب در صفات رشدی مثل ارتفاع بوته، قطر ساقه و همچنین در عملکرد بیولوژیک در گیاه بیشتر مشهود بود. همچنین با کاربرد سوپر جاذب می‌توان از ایجاد تنش خشکی در گیاه در زمان عدم بارندگی جلوگیری کرد و اثرات ناشی از تنش را کاهش داد و به دلیل ارزان بودن و ماندگاری حدود ۵ سال این مواد در زمین، استفاده از این مواد مقرون به‌صرفه می‌باشد. نکته قابل توجه در این تحقیق این بود که کاربرد تلفیقی سوپر جاذب و کود زیستی نیتروکسین در تیمارها، تمامی صفات مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش چشمگیری در مقادیر آنها شد. بنابراین به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از کود زیستی نیتروکسین و مواد سوپر جاذب در جهت کشت خطوط شمالی- جنوبی باعث بالا رفتن عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه ماشک برگ پهن می‌گردد.

عملکرد بیولوژیک: همانطور که در جدول ۳ مشاهده گردید، این عملکرد بیولوژیک تنها تحت تأثیر تیمارهای نیتروکسین ($P < 0.01$) و سوپر جاذب ($P < 0.05$) معنی‌دار شد و در سایر تیمارها اثر معنی‌داری مشاهده نگردید. کمترین عملکرد بیولوژیک (2004 کیلوگرم) در خطوط شرقی- غربی در عدم مصرف نیتروکسین، عدم مصرف سوپر جاذب و بیشترین عملکرد بیولوژیک (3205 کیلوگرم) در خطوط شمالی- جنوبی در حضور سوپر جاذب و در عدم حضور نیتروکسین حاصل شد (جدول ۴). افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن با مصرف توأم کود زیستی نیتروکسین از عوامل افزایش عملکرد بیولوژیک می‌باشد. باکتری ازتوباکتر از طریق تولید متابولیت‌های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین و جیبرلین می‌تواند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام‌های هوایی را افزایش دهد. به نظر می‌رسد تولید این قبیل متابولیت‌ها باعث افزایش رشد رویشی و عملکرد ماده خشک در گیاه گردیده است. از طرف دیگر، نیتروژن هم نقش بسیار پر رنگی را در افزایش رشد رویشی گیاه دارد و با افزایش دسترسی به آن، وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد (Yousefpoor and Yadavi, 2014). نتایج تحقیقات نشان از آن دارد که استفاده از سوپر جاذب‌ها باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه ذرت می‌شود، که نتایج به‌دست آمده در این مطالعه با تحقیقات صورت گرفته هم‌خوانی دارد (Kohistani *et al.*, 2009).

شاخص برداشت: نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که شاخص برداشت تنها تحت تیمارهای نیتروکسین و سوپر جاذب معنی‌دار ($P < 0.05$) شد (جدول ۳). کمترین شاخص برداشت ($27/80$) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شرقی- غربی در عدم مصرف نیتروکسین، عدم مصرف سوپر جاذب و بیشترین شاخص برداشت ($46/19$) در تیمار کشت شده بر روی خطوط شمالی- جنوبی در حضور سوپر جاذب و در عدم حضور نیتروکسین حاصل شد (جدول ۴). شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیکی که شاخصی از توانایی گیاه برای

References

- Ahmad abadi, Z., Ghajar sepanlo, M., and Bahmanyar, M. A. 2011. Effect of vermico mpost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of Borage (*Borago officinalis*). Journal of Agriculture 13 (2): 1-12. (in Persian with English abstract).
- Austenson, H. M., and Lenren, E. N. 1969. Effect of direction of seeding on yields of Barley and Oats. Journal of Plant Science 49: 417-420.
- Azimzadeh, S. M., and Azimzadeh, S. J. 2013. Effect of Nitroxin biofertilizer and Nitrogen chemical fertilizer yield and yield components of Rapeseed (*Brassica napus* L.). Intl Journal Agricultural Crop Science 6 (18): 1284-1291. (in Persian with English abstract).
- Bisheshwor, P. P., Komal, B. B., Madan, Raj B., Shrawan Kumar, S., Resham, B. T., and Tanka Prasad, K. 2013. Effect of row spacing and direction of sowing on yield and yield attributing characters of wheat cultivated. Journal Agricultural Science 7: 309-316.
- Carruthers, K., Prithiviraj, B., Cloutier, D., Martin, R. C., and Smith, D. L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages yield component responses. European Journal of Agronomy 12 (2): 103-115.

6. Enneking, D., and Maxted, N. 1995. Narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). Evolution of Crop Plants. Smartt Journal. Simmonds N.W., Longman: London, pp: 316-321.
7. Fazeli -Rostampoor M., Seghatoleslami, M. J., and Mousavi, Gh. R. 2011. Effect of water stress and polymer (superjabez A200) on yield and water use efficiency of corn (*Zea mays* L.) in Birjand region. Journal of Agronomy 2 (1): 11-19. (in Persian with English abstract).
8. Kocabas, I., Kaplan, M., Kurkcuoglu, M., and Baser, K. H. C. 2010. Effects of different organic manure applications on the essential oil components of Turkish sage (*Salvia fruticosa mill*). Asian Journal of chemistry 22 (2): 1599-1605.
9. Koocheki, A., Hoseini, M., and Dezfoli, A. 2008. Constant Agriculture. Mashhad university publications.
10. Kohestani, Sh., Asgari, N., and Maghsori, K. 2009. Assessment effects of super absorbent hydro gels on corn yield (*Zea mays* L.) under drought stress condition. Journal of water science Iran 3 (5): 71-78. (in Persian).
11. Mahotchi -Hossin -zade A. 2014. Effect of Fertilizer Nitrogen and nitroxin bio- fertilizer on some of adjectives (*Zea mays* L.). Journal Science Khoshetallae 46-49. (in Persian).
12. Moazen Ghamsari, B., Akbari, Gh., Zohoran, M., and Nikniaii, A. 2009. Yield and growth index plant (*Zea mays* L.) under effect application on amount of super absorbent under drought stress condition. Iranian Journal Crop Science 40 (3):1-8. (in Persian).
13. Nadi, A., Zamani-Noori, A. R., and Yousefi-Rad, M. 2013. Effects of nitroxine on crop traits under drought stress. 2nd National conference on new concepts in Agriculture. Islamic Azad University, Department of Agronomy. Saveh, Iran. (in Persian with English abstract).
14. Nasiri, M., Alizade, Sh., Barari, D., and Nasiri, S. 2008. Study on the effect of planting directions (North-South and East-West) with transplanter machine on yield and yield components of different rice cultivars. Pajouhesh & Sazandegi, 78 pp: 118-124.
15. Oşvat Marius, A. 2014. Influence of Seed direction on yield and water use efficiency at maize crop in the condition of eroded slope from north western part of romanla. Analele Universităţii din Oradea, Fascicula Protecţia Mediului 4 (2): 109-118.
16. Rastegar, M. A. 2005. Agriculture Forage crops. Noorpardazan publications.
17. Salehi, M., Haghnazari, A., Shekari, F., and Baleseni, H. 2007. Evaluation of Relationship between Different Traits in Lentils (*Lens culinaris* Medik). Journal WSS - Isfahan University of Technology 11 (41): 205-216. (in Persian with English abstract).
18. Salmani biary, E., Taheri, Gh., Ajamnrouzi, H., Safarad, Y., and Rayej, H. 2010. Effect of Different Ratio of Nitroxin Biofertilizer and Urea on Yield and Yield Components in Wheat Cultivars. The fifth Conference of new ideas in the Islamic Azad University, Isfahan, Iran. (in Persian with English abstract).
19. Somnathjha, V. K., Sehgal, and Subbarao, Y. V. 2012. Effect of Direction of Sowing and Crop Phenotype on Radiation Inter ception, Use Efficiency Growth and Productivity of Mustard (*Brassica juncea* L.). Journal of Agricultural Physics 12 (1): 37-43.
20. Yazdi samadi, B., Rezaei, A. M., and Valyzadeh, M. 1997. The statistical designs in agricultural research. Tehran university publications.
21. Yousefi fard, Y., Assareh, A., and Kalhor, M. 2011. The effect of superattractive using on practive and the parts of practice on single cross corn grai 704 at lorestan weather condition. Journal of water science and engineering 1 (3):7-16. (in Persian with English abstract).
22. Yousefpoor, Z., and Yadavi, A. R. 2014. Effect of Biological and Chemical Fertilizers of Nitrogen and Phosphorus on Quantitative and Qualitative Yield of Sunflower. Journal of Agronomy science and abiding Productivity. (in Persian).
23. Zahir, A. Z., Arshad, M., and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.



Investigating the Effect of Cultivate Lines Direction, Bio-Fertilizer Nitroxin and Superabsorbent Materials on Yield and Yield Components of Broad Leaf Vetch (*Vicia narbonensis*)

E. Latifinia¹- N. Akbari^{2*}- F. Nazarian Firozabadi³- S. Heidari⁴

Received: 16-12-2015

Accepted: 23-07-2016

Introduction

The excessive use of fertilizers has caused severe damages to the bio-cycle in the fields and has destroyed the sustainable agricultural machinery. These destructive effects have led to the recommended use of bio-fertilizers. Biodiversity is one of the key sources of supplying nutrients in sustainable agriculture. The use of biological fertilizers in a sustainable agricultural system leads to sustained yield in plant production. Biological fertilizer of nitroxin has increased biological yield and grain yield in fodder corn. Water shortage as a limiting factor has limited vegetation growth and development in these areas. Considering that Iran is a dry country, the use of super adsorbent is one of the ways to reduce water consumption. Investigators in the study of superabsorbent showed that superabsorbent had a significant and positive effect on the yield of forage plants. Crop directions can affect the amount of the product by increasing the leaf area and absorbing light. Proper orientation of crop lines increases the photosynthetic efficiency and increases the yield and yield components of the plant. Research has shown that yields are much higher in plants planted on the north-south lines compared with plants planted on east-west lines.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of nitroxin and superabsorbent fertilizer on yield and yield components of broad leaf vetch in a research field of agricultural faculty, Lorestan University, as a split plot factorial based on a complete block design randomization was performed in three replicates. In this research, for main lines, the main factors were considered in the North-South and East-West directions in the main plots. Sub-factors In this experiment, nitroxin biosynthesis and superabsorbent materials were applied at two levels of consumption and non-consumption in sub plots. Nitroxin fertilizer was used as a seed lot at a rate of 1 liter per hectare and the stockosorb polymer was 100 kg/ha at planting time under cultivating lines under the seed at a distance of 2 cm. In this experiment, the pesticide leaf was grown with 97% volatility and 1000-weight weight of 109.56 grams with plant density of 200 plants per square meter. The raw data obtained from the measurement of each of the traits tested after the normal distribution was analyzed using MSTAT-C software. Comparisons of the meanings were compared using Duncan's multiple range tests at probability levels (1 and 5%).

Results and Discussion

The results showed that using nitroxin fertilizer on stem diameter, number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000 seed weight, grain yield, biological yield and harvest index had significant effect ($P < 0.01$). Probably the secretion of plant growth hormones due to the presence of stabilizing bacteria in nitroxin and the gradual release of substances has been shown to stimulate growth and increase yield. Studies have shown that the use of nitroxin biological fertilizer has increased biological yield and seed yield in rapeseed plants due to the availability of food in the critical stages of plant growth. Therefore, increasing the amount of nutrients available to the plant, especially nitrogen, stimulates plant growth and increases dramatically and increases yield. Also, plant height, stem diameter, grain yield, biological yield and harvest index increased in superabsorbent

1- MSc Student of Agroecology, Agriculture Faculty, Lorestan University

2- Assistant Professor, Agriculture Faculty, Lorestan University

3- Professor, Agriculture Faculty, Lorestan University

4- Lecturer, Agriculture Faculty, Lorestan University

(*- Corresponding Author Email: nr1332@hotmail.com)

application than control. Super absorbent polymer has reduced the negative effects of drought stress and increased yield. Under stress conditions, the plant faces a severe decrease in cellular inflammation, cell growth and division, which leads to a decrease in vegetative growth while the use of superabsorbent prevents stress and increases vegetative growth. The results of reaserch on corn showed that the use of superabsorbent increased plant yield, which was consistent with the results of this study (Yousefifard *et al.*, 2011). North-South cultivation direction had a positive effect on many traits. Performance in different directions of planting is affected by the efficiency of light consumption and photosynthesis activity. The results of this study indicate that the plants cultivated on the north-south lines have been more favorable in terms of plant height. Research showed that the yield of barley, corn, wheat and pearl millet in different directions was different, and cultivated plants in the north-south direction had a higher yield. Differences in plant height in different planting orientations can result from better water productivity or more sunlight.

Conclusions

The results show that the North-South crop line has better results than the East-West lines. The remarkable point in this study was that the combined application of superabsorbent and bio-fertilizer nitroxin in all treatments affected all studied traits and significantly increased their amounts. The use of nitroxin and superabsorbent fertilizers for plants planted on the northern-southern rows increases the yield and yield components of the pesticide plant.

Keywords: Forage production, Grain yield, Stockosorb polymer, Sustainable agriculture



تأثیر کاربرد کود نیتروژن بر توان رقابت یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) با گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه

اشکان جلیلیان^۱ - فرزاد مندنی^{۲*} - علیرضا باقری^۲ - محمود خرمی وفا^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۲

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی رقابت علف هرز یولاف وحشی با گندم پاییزه در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر کاربرد ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به کود نیتروژن به عنوان عامل اصلی و تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۳۰ به ۱۲۰ درصد نیاز گندم، تعداد سنبله در متر مربع (۲۴٪)، تعداد دانه در سنبله (۳۱٪)، وزن هزار دانه (۱۹/۴٪)، عملکرد دانه (۴۹/۸۲٪)، وزن خشک کل گندم (۵۴/۱٪) و وزن خشک کل یولاف وحشی (۵۴/۲٪) افزایش یافت. همچنین با افزایش تراکم یولاف وحشی در تیمار ۱۰۰ بوته در مقایسه با شرایط عاری از علف هرز تعداد سنبله در متر مربع (۱۲/۸٪)، تعداد دانه در سنبله (۲۳/۵٪)، وزن هزار دانه (۲۱/۸٪)، عملکرد دانه (۳۸/۹٪) و وزن خشک کل گندم (۲۷/۷٪) کاهش یافت. نتایج برهمکنش کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی نیز نشان داد با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن بر میزان خسارت یولاف وحشی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم افزوده شد. به نظر می‌رسد سرعت بالاتر جذب منابع و تبدیل آن به ماده خشک توسط یولاف وحشی در مقایسه با گندم منجر به افزایش توان این علف هرز در رقابت برای جذب منابع و تولید بیوماس بالاتر و در نتیجه خسارت سنگین‌تر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم به‌ویژه در شرایط کاربرد بیشتر کود نیتروژن گردید.

واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه، وزن خشک کل گندم، وزن خشک کل یولاف وحشی

مقدمه

(USDA, 2015). علف‌های هرز جزء مهمترین عوامل خسارت‌زا در نظام‌های تولید کشاورزی محسوب شده که به‌طور مستقیم و غیر مستقیم سبب افزایش هزینه‌های تولید و کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شوند. علف‌های هرز به‌طور متوسط سبب افزایش ۳۰ درصد هزینه تولید غلات در سطح جهان می‌گردند (Zarea-Feizabady et al., 2009). در ایران نیز میزان خسارت علف‌های هرز مورد ارزیابی قرار گرفته است، به‌طوری‌که در مزارع گندم کشور مقدار خسارت حدود ۲۳ درصد گزارش شده است (Koocheki and Khajeh-Hosseini, 2008).

یولاف وحشی از مهمترین علف‌های هرز مزارع گندم است که منجر به کاهش عملکرد زیادی در بیشتر نقاط دنیا و ایران می‌شود. همزمانی مراحل رشد، نیاز غذایی مشترک، پتانسیل تولید بذر بالا و بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها از دلایل اصلی خسارت بالای این

غلات در حال حاضر بیش از هفتاد درصد کشت گیاهان زراعی را به خود اختصاص داده و در حدود پنجاه درصد از پروتئین مورد نیاز انسان را نیز تأمین می‌کند. در این بین گندم (*Triticum aestivum* L.) سهم بسیاری مهمی در برنامه غذایی انسان‌ها دارد، به گونه‌ای که سرانه مصرف آن در ایران حدود ۲۳۲ کیلوگرم در سال می‌باشد که این مقدار بیش از دو برابر میانگین مصرف سرانه آن در دنیا می‌باشد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکروکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی، کرمانشاه
(Email: f.mondani@razi.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.52360

متر مربع افزایش خسارت تا ۶۲ درصد گزارش شده است علاوه بر این، با افزایش میزان کاربرد نیتروژن این امر تشدید شد (Qasem, 2007). بر این اساس و با توجه به اهمیت و میزان خسارت علف هرز یولاف وحشی در اکثر مزارع گندم کشور و با توجه به اینکه نتیجه رقابت گیاهان در سطوح مختلف کود نیتروژن در بسیاری از موارد تعیین کننده رقیب برتر است و از طرف دیگر مطالعات ناکافی که در زمینه بررسی رقابت یولاف وحشی و گندم پاییزه در سطوح مختلف کود نیتروژن انجام شده است، مطالعه رقابت این دو گیاه در این سطح از موضوع امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد. در همین راستا این تحقیق با هدف بررسی میزان خسارت علف هرز یولاف وحشی بر عملکرد و اجزای گندم پاییزه، در سطوح مختلف فراهمی کود نیتروژن تحت شرایط آب و هوایی کرمانشاه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر) با متوسط بارندگی سالیانه ۴۵۵ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به ترتیب، ۲۲/۶ و ۵/۹ درجه سانتی‌گراد طی سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز کودی گندم) به عنوان کرت‌های اصلی و تراکم علف هرز یولاف وحشی (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در متر مربع) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. نیاز غذایی گندم پاییزه رقم پیش‌تاز به عناصر غذایی با توجه به نتایج آزمایش خاک صورت گرفته (جدول ۱) در مزرعه تحقیقاتی مذکور و همچنین استفاده از راهنمایی توصیه‌نامه‌ی کشت گندم آبی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (Seed and Plant Improvement Institute, 2012)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره ۴۶ درصد در نظر گرفته شد. این انتخاب با توجه به مقدار کربن آلی خاک و فسفر قابل جذب خاک صورت گرفت.

آماده‌سازی مزرعه شامل شخم نیمه عمیق، سپس دیسک و کودپاشی، قبل از کاشت انجام شد. بذر گندم و علف‌هرز یولاف وحشی در تاریخ ۲۰ آبان کشت شد. تراکم گندم ۴۰۰ بوته در متر مربع بود و در خطوطی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول ۳ متر بود. بذر علف‌هرز یولاف وحشی نیز از مزارع اطراف و شرکت‌های بوجاری بذر جمع‌آوری شد و سپس برای شکستن خواب بذر از پیش تیمار نیترات پتاسیم ۲ درصد و به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد (Dezhkam et al., 2011). در تمامی تیمارهای مورد بررسی بذر علف‌هرز یولاف

علف هرز به محصول گندم است (Kazzazi et al., 2005). کاهش عملکرد گندم در تراکم‌های بالای یولاف وحشی حتی به میزان ۹۰ درصد نیز می‌رسد (Ebrahimipour-Noorabadi et al., 2003). بنابراین، بالا بردن توان رقابتی گیاه زراعی در تداخل با علف‌های هرز نقش بسیار مهمی در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز ایفا می‌کند. در این خصوص شناخت رفتار و عکس‌العمل علف هرز نسبت به سطوح مختلف حاصلخیزی خاک در مدیریت بهتر کوددهی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. مدیریت حاصلخیزی خاک به دلیل نیازمندی یکسان گیاه زراعی و علف هرز و افزایش توان رقابت برای جذب مواد غذایی نقش مهمی در مطالعات دارد (Blackshaw, 2004).

میزان خسارت یولاف وحشی بر عملکرد گندم به عوامل مختلفی از جمله گونه و تراکم بوته علف هرز، رقم گندم، میزان مصرف عناصر غذایی، تاریخ کاشت، فاصله ردیف‌های کاشت و سایر شرایط بوم‌شناختی بستگی دارد (Montazeri, 2007). برای مثال پرچی و بهداروند (Parchami, and Behdarvand, 2009) نشان دادند با افزایش میزان کاربرد نیتروژن خسارت یولاف وحشی در تراکم‌های مختلف بر رشد و عملکرد گندم به شدت افزایش یافت. نامبردگان همچنین اظهار داشتند شدت این خسارت بر عملکرد دانه محسوس‌تر بود. همچنین نتایج دیگر تحقیقات نشان داد افزایش تراکم یولاف وحشی از طریق کاهش تعداد پنجه بارور در بوته و تعداد سنبله در متر مربع موجب کاهش عملکرد گندم شد (Armin and Asgharipour, 2011). تحقیقی دیگر نشان داد که با افزایش تراکم بوته یولاف وحشی عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه گندم کاهش یافت (Mondani et al., 2015). این کاهش عملکرد در تراکم‌های مختلف برای عملکرد کل و عملکرد دانه به ترتیب از ۵/۷ تا ۴۰/۱ درصد و از ۸/۲ تا ۵۹/۳ درصد متغیر بود. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2013) با بررسی شاخص‌های رقابت در گندم و یولاف وحشی، گزارش کردند که بیشترین رقابت در تراکم ۸۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی صورت می‌پذیرد. بوسان و مکسول (Bussan and Maxwell, 2000) دریافتند که تراکم‌های ۶۰ تا ۹۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع منجر به کاهش ۵۵ درصدی عملکرد گندم شد.

ارتفاع بیشتر بوته، تجمع برگ‌ها در بالای کانوپی گندم و دوام سطح برگ بالاتر از مهمترین عوامل برتری رقابت یولاف وحشی با گندم گزارش شده است (Hassanzadeh-Dlouhy et al., 2002). اسدی و همکاران (Asadi et al., 2013) نشان دادند که هر دو تیمار نیتروژن و الگوی رقابت بر عملکرد و اجزای عملکرد کمی و کیفی گندم تأثیرگذار بود. نامبردگان اظهار داشتند بیشترین عملکرد دانه در شرایط عدم رقابت و کاربرد ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد و با افزایش شدت رقابت عملکرد دانه کاهش یافت. کمترین عملکرد دانه نیز در شرایط عدم کاربرد نیتروژن به دست آمد. همچنین با افزایش تراکم یولاف وحشی تا ۱۶۲ بوته در

تنک کردن بوته‌ها گردید.

وحشی با تراکم بالاتر در بین ردیف‌های گندم کشت شد و در مرحله ۴ تا ۵ برگی، برای رسیدن به تراکم‌های مورد نظر، اقدام به عمل

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of experiment location soil

عمق نمونه‌برداری Sampling Depth (cm)	pH	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	املاح محلول Ec×10 ³	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)	ماده آلی Organic matter (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	7.74	0.15	20.6	282	0.50	45.4	10.7	43.9	1.5	سیلتی-رسی Silt clay
30-60	7.76	0.13	4.6	246	0.75	46.6	16.7	36.7	1.3	سیلتی-رسی Silt clay

نشان داد (جدول ۲). صرف‌نظر از افزایش تراکم یولاف وحشی، وزن خشک کل یولاف وحشی با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۳۰ درصد نیاز گیاهی گندم به ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی با ۵۴/۲ درصد افزایش از ۲۰۲۶/۵ به ۴۴۲۹/۳ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۳). به نظر می‌رسد فراهمی بیشتر عناصر غذایی به‌علت کاربرد کود نیتروژن و بهبود جذب آن منجر به افزایش وزن خشک کل یولاف وحشی شد. افزایش ۱۶۶ درصدی وزن خشک کل یولاف وحشی به‌علت کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Moradi-Telavat et al., 2010).

نتایج این بررسی همچنین نشان داد صرف‌نظر از افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن با افزایش تراکم یولاف وحشی، وزن خشک کل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که از ۱۹۳۶/۶ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۲۵ بوته در متر مربع به ۴۳۱۹/۳ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع رسید که افزایش ۵۵/۲ درصدی را نشان داد (جدول ۳). افزایش تراکم بوته در واحد سطح ممکن است از طریق بهبود توان رقابت یولاف وحشی با گندم در جذب نور و مواد غذایی به‌علت افزایش شاخص سطح برگ و تراکم بالاتر ریشه یولاف باشد (Dhima and Eleftherohorinos, 2001). برش‌دهی برهمکنش میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی نیز نشان از تغییرات معنی‌دار وزن خشک کل یولاف وحشی، با افزایش تراکم، در هر یک از سطوح کاربرد کود نیتروژن داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که در سطح کودی ۳۰ درصد نیاز گیاهی گندم، افزایش تراکم از ۲۵ بوته به ۱۰۰ بوته در متر مربع، منجر به افزایش ۶۰ درصدی وزن خشک کل یولاف وحشی شد (شکل ۱).

کود نیتروژن نیز در سه مرحله زمان کاشت، اوایل ساقه رفتن و ابتدای گلدهی به خاک اضافه شد. آبیاری نیز بر حسب نیاز گیاه و به‌صورت ردیفی صورت گرفت. در طول فصل رشد تمام گیاهان ناخواسته در کرت‌ها به‌صورت دستی وجین شد و همچنین در ابتدای ساقه رفتن از علف‌کش توفوردی+ام سی پی آ (۶۷/۵SL) و میزان ۱/۵ لیتر در هکتار) با سمپاش تلمبه‌ای و رعایت دز مصرفی توصیه شده، استفاده گردید. در مرحله رسیدگی برداشت (در تاریخ ۳۱ خرداد) از هر کرت پس از حذف حاشیه از مساحت ۱ متر مربع نمونه‌برداری نهایی صورت گرفت و سپس نمونه‌ها در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد آون به مدت زمان کافی قرار داده شد و سپس عملکرد دانه گندم و عملکرد وزن خشک کل گندم و یولاف به تفکیک تیمارها اندازه‌گیری شد. جهت بررسی اجزای عملکرد نیز ابتدا از نمونه برداشتی ۱۰ سنبله به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شد و تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه گندم شمارش و اندازه‌گیری شد. همچنین تعداد سنبله در متر مربع نیز در نمونه برداشتی شمارش شد. در پایان جهت تجزیه و تحلیل داده‌های مستخرج از آزمایش از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. همچنین جهت تجزیه تکمیلی و درک دقیق‌تر پاسخ فاکتورهای فرعی در هر سطح از فاکتورهای اصلی برش‌دهی اثرات متقابل در محیط نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن و در سطح پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک کل یولاف وحشی

وزن خشک کل یولاف وحشی با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی تغییرات معنی‌داری ($P < 0.0001$) را

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم و وزن خشک کل گندم و یولاف وحشی در تیمارهای کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی

Table 2- Analysis of variance for wheat grain yield and wheat and wild oat total dry weight in nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments

سطوح احتمال (P)						
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه گندم	وزن خشک کل گندم	وزن خشک کل یولاف وحشی	شاخص برداشت
		d.f	Wheat grain yield	Wheat total dry weight	Wild oat total dry weight	Harvest index
Block	بلوک	3	0.0011	0.0004	0.0002	0.0104
Nitrogen (N)	نیتروژن	3	<.0001	<.0001	<.0001	0.0010
Error _a	خطای اصلی	9				
Density(D)	تراکم	4	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
N×D	نیتروژن×تراکم	12	<.0001	<.0001	0.0008	0.9995
Error _b	خطای فرعی	48				
C.V (%)	ضریب تغییرات	-	5.15	3.47	32	7.45

برش دهی برهمکنش تراکم یولاف وحشی در سطوح کاربرد کود نیتروژن برای عملکرد دانه گندم و وزن خشک کل گندم و یولاف وحشی

Slicing interaction of wild oat density in nitrogen fertilizer application levels for wheat grain yield and wheat and wild oat total dry weight

سطوح احتمال (P)						
نیتروژن		درجه آزادی	عملکرد دانه گندم	ماده خشک گندم	ماده خشک یولاف وحشی	
Nitrogen (kg.ha ⁻¹)		df	Wheat grain yield	Wheat total dry weight	Wild oat total dry weight	
N1	35 (30%)	4	<.0001	0.0013	<.0001	
N2	70 (60%)	4	<.0001	<.0001	<.0001	
N3	115 (100%)	4	<.0001	<.0001	<.0001	
N4	140 (120%)	4	<.0001	<.0001	<.0001	

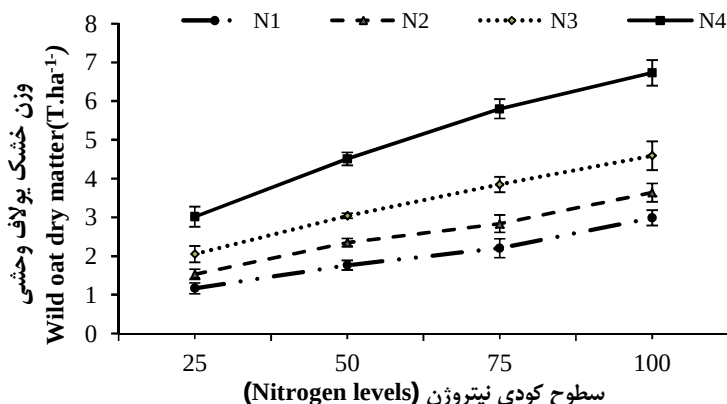
جدول ۳- اثرات نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر ویژگی‌های مورد ارزیابی گندم و یولاف وحشی

Table 3- Effects of nitrogen and wild oat density on evaluated traits in wheat and wild oat

تیمارهای آزمایش	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه گندم	وزن خشک گندم	وزن خشک یولاف
Treatments	No of Spikem ⁻²	No of Grainspike ⁻¹	1000 grain weight	Wheat grain yield (kg ha ⁻¹)	Wheat dry matter (kg ha ⁻¹)	Wild oat dry matter (kg ha ⁻¹)
Nitrogen levels						
N1 (30%)	455.30 c	24.02 d	28.36 c	3326.9 c	7657.5 d	2026.5 c
N2 (60%)	499 b	27.80 c	31.64 b	4552.6 b	10882.3 c	2587.6 c
N3 (100%)	570.50 a	31.05 b	34.40 a	6420.1 a	15375 b	3383.7 b
N4 (120%)	591.95 a	34.82 a	35.20 a	6630.4 a	16705 a	4429.3 a
wild oat Density						
D1 (0)	561.87 a	32.71 a	35.59 a	6262.75 a	14286 a	-
D2 (25)	553.84 a	31.77 a	35.23 a	6104.90 a	14077 a	1936.6 d
D3 (50)	530.56 b	30 b	32.74 b	5466.33 b	13022.5 b	2682.8 c
D4 (75)	510.37 c	27.62 c	30 c	4517.58 c	11561.9 c	3488.1 b
D5(100)	489.87 d	25 d	28 d	3823.40 d	10326.4 d	4319.3 a

در هر ستون و برای هر عامل اعدادی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan test



شکل ۱- اثر تیمارهای میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر وزن خشک کل یولاف وحشی. میله‌های عمودی نشان‌دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل N1, N2, N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و D1, D2, D3, D4 و D5 نشان‌دهنده تراکم‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع است

Figure 1- Effect of nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments on wild oat dry matter. Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and D1, D2, D3, D4 and D5 show wild oat plant density per m^2 , respectively

نیز منجر به کاهش معنی‌دار تعداد سنبله در متر مربع شد، به‌طوری‌که در تراکم ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع در مقایسه با شرایط عاری از علف هرز تعداد سنبله گندم در متر مربع با ۱۲/۸ درصد کاهش از ۵۶۱/۹ به ۴۸۹/۹ سنبله در متر مربع افت کرد (جدول ۳). برش‌دهی برهمکنش افزایش تراکم یولاف وحشی در هر یک از سطوح کاربرد کود نیتروژن نیز نشان از تفاوت آشکار این صفت در سطوح مختلف کود نیتروژن داشت (جدول ۴). در هر یک از سطوح کاربرد کود نیتروژن، افزایش تراکم یولاف وحشی تأثیر متفاوتی بر تعداد سنبله گندم داشت، به‌طوری‌که خسارت تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی در سطح کودی ۳۰ درصد نسبت به شرایط عاری از یولاف وحشی ۱۰/۸ درصد بود، این در حالی بود که کاربرد کود نیتروژن تا ۱۰۰ درصد نیاز گیاهی منجر به ۱۵/۲ درصد خسارت شد (شکل ۲) که می‌تواند به دلیل رشد رویشی یولاف و محدود کردن فضای رشد و پنجه‌زنی باشد (Asadi et al., 2013).

همچنین با افزایش سطح کودی به ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم، از خسارت یولاف وحشی حدود ۱/۱ درصد نسبت به شرایط کودی ۳۰ درصد کاسته شد که می‌تواند به دلیل نقش مثبت کود نیتروژن بر افزایش تعداد سنبله باشد. مرادی تلاوت و همکاران (Moradi-Telavat et al., 2010) نیز نشان دادند با افزایش کاربرد کود نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار تعداد سنبله گندم در متر مربع به شدت افزایش یافت ولی با افزایش بیش از این مقدار روند کاهشی را نشان داد. پژوهش دیگری نیز نشان داد با افزایش سطح کودی خسارت بر تعداد سنبله گندم افزایش یافت (Asadi et al., 2013).

این در حالی بود که در سطح کودی ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی افزایش تراکم از ۲۵ بوته به ۱۰۰ بوته در متر مربع، منجر به افزایش ۵۵/۱ درصدی وزن خشک کل یولاف وحشی شد. نتایج نشان داد که تغییر در تراکم بوته علف هرز یولاف وحشی، در مقادیر پایین‌تر کاربرد کود نیتروژن (۳۰ درصد نیاز گیاهی) نسبت به مقادیر بالاتر (۱۲۰ درصد نیاز گیاهی)، ۴/۹ درصد، وزن خشک بیشتری را به همراه داشت (شکل ۱). به نظر می‌رسد علت این اختلاف واکنش بهتر یولاف وحشی نسبت به گندم در سطح کودی کمتر در رقابت برای جذب مواد غذایی باشد. این نتایج با یافته‌های محققان دیگر که نشان دادند یولاف وحشی در جذب نیتروژن در شرایط رقابت توانایی بالاتری دارد همخوانی داشت (Arminand Asgharipour, 2011; Parchami and Behdarvand, 2009).

اجزای عملکرد گندم

تعداد سنبله در متر مربع

نتایج این بررسی نشان داد که اثر نیتروژن و تراکم یولاف وحشی و همچنین برهمکنش آنها بر تعداد سنبله گندم در متر مربع، معنی‌دار بود ($P<0.0001$) (جدول ۴). صرف‌نظر از افزایش تراکم یولاف وحشی، با افزایش میزان کاربرد نیتروژن تا ۱۰۰ درصد نیاز گیاهی گندم، تعداد سنبله در متر مربع در مقایسه با تیمار ۳۰ درصد نیاز گیاهی ۲۰/۲ درصد افزایش یافت، اما افزایش بیشتر کاربرد نیتروژن تفاوت مشهودی در بهبود این صفت نداشت (جدول ۳). همچنین صرف‌نظر از تأثیر کود نیتروژن افزایش تراکم علف هرز یولاف وحشی

جدول ۴- تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی گندم در تیمارهای کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی

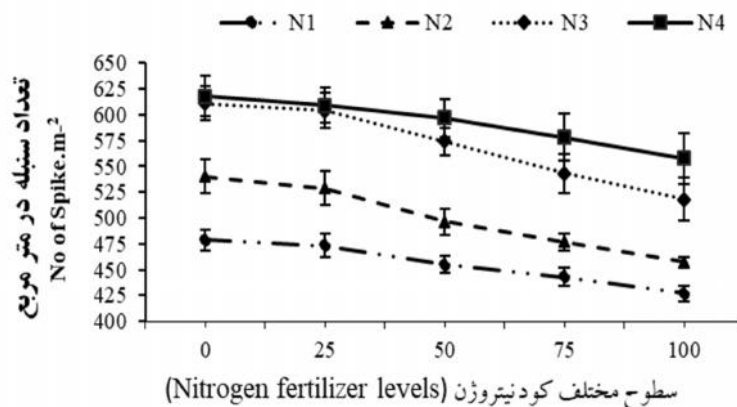
Table 4- Analysis of variance for wheat characteristics evaluated in nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments

سطوح احتمال (P)					
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	تعداد سنبله در متر مربع No of Spikem ⁻²	تعداد دانه در سنبله No of Grainspike ⁻¹	وزن هزار دانه 1000 grain weight
Block	بلوک	3	0.001	0.0004	0.1383
Nitrogen (N)	نیتروژن	3	<.0001	<.0001	<.0001
Error _a	خطای اصلی	9			
Density(D)	تراکم	4	<.0001	<.0001	<.0001
N×D	نیتروژن×تراکم	12	<.0001	<.0001	<.0001
Error _b	خطای فرعی	48			
C.V (%)	ضریب تغییرات	-	4.63	3.66	2.77

برش‌دهی اثر متقابل نیتروژن و تراکم یولاف وحشی در تیمارهای کاربرد کود نیتروژن بر اجزای عملکرد گندم

Slicing interaction of nitrogen fertilizer and wild oat density on yield components in nitrogen fertilizer application treatments

سطوح احتمال (Pr)					
نیتروژن		درجه آزادی d.f	تعداد سنبله در متر مربع No of Spikem ⁻²	تعداد دانه در سنبله No of Grain spike ⁻¹	وزن هزار دانه 1000 grain weight
Nitrogen (kg ha ⁻¹)					
N1	35 (30%)	4	<.0001	<.0001	<.0001
N2	70 (60%)	4	<.0001	<.0001	<.0001
N3	115 (100%)	4	<.0001	<.0001	<.0001
N4	140 (120%)	4	<.0001	<.0001	<.0001



شکل ۲- اثر تیمارهای میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر تعداد سنبله گندم در متر مربع. میله‌های عمودی نشان‌دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز

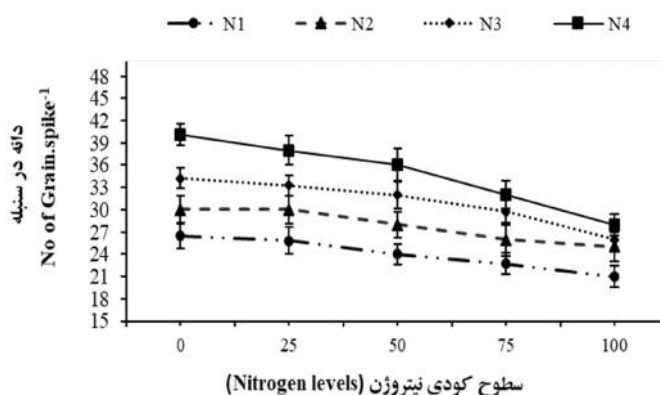
گندم به نیتروژن و D1، D2، D3، D4 و D5 نشان‌دهنده تراکم‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع است

Figure 2- Effect of nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments on wheat spike.m⁻². Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and D1, D2, D3, D4 and D5 show wild oat plant density per m⁻², respectively

تعداد دانه در سنبله

اثر کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی و همچنین برهمکنش آنها بر تعداد دانه در سنبله گندم معنی‌دار ($P < 0.0001$) بود (جدول ۴). صرف‌نظر از تراکم یولاف وحشی با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۳۰ به ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم تعداد دانه در سنبله با حدود ۳۱/۱ درصد افزایش از ۲۴/۱ به ۳۴/۸ دانه بهبود یافت (جدول ۳). محققان دیگر نیز نشان دادند با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن به ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار دانه در سنبله گندم به شدت بهبود

یافت (Mousavi *et al.*, 2013; Asadi *et al.*, 2013). همچنین صرف‌نظر از تیمارهای کود نیتروژن، تعداد دانه در سنبله با افزایش تراکم یولاف وحشی به شدت کاهش یافت، به گونه‌ای که در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع نسبت به شرایط عاری از علف هرز با ۲۳/۶ درصد کاهش از ۳۲/۷ به ۲۵/۱ دانه در سنبله افت کرد (جدول ۳). عنافجه و همکاران (Anafjeh *et al.*, 2008) نیز در تحقیق خود نشان دادند که افزایش در تراکم بوته یولاف وحشی در متر مربع، سبب افزایش خسارت می‌گردد.



شکل ۳- اثر تیمارهای میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر تعداد دانه در سنبله گندم. میله‌های عمودی نشان‌دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و D1، D2، D3، D4 و D5 نشان‌دهنده تراکم‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 3- Effect of nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments on wheat number of grain spike⁻¹. Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and D1, D2, D3, D4 and D5 show wild oat plant density per m², respectively

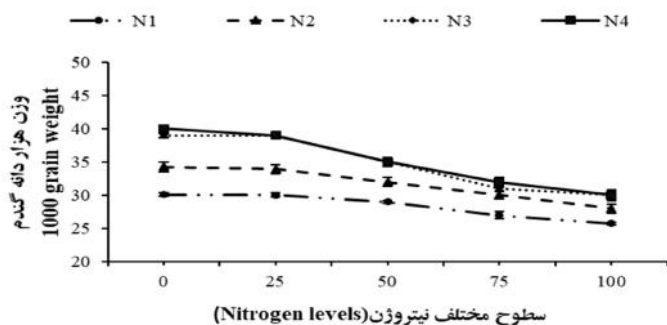
وزن هزار دانه

نتایج این بررسی نشان دادوزن هزار دانه گندم نیز همچون سایر اجزای عملکرد به‌طور معنی‌داری ($P < 0.0001$) نسبت به تغییرات میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم بوته یولاف وحشی و همچنین برهمکنش آنها به شدت واکنش نشان داد (جدول ۴). صرف‌نظر از حضور یولاف وحشی با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۳۰ درصد به ۱۰۰ درصد نیاز گیاهی گندم، وزن هزار دانه با ۱۹/۴ درصد افزایش از ۲۸/۴ به ۳۴/۴ گرم بهبود یافت (جدول ۳). همچنین صرف‌نظر از تیمارهای کاربرد کود نیتروژن در تراکم ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع نسبت به عدم حضور یولاف وحشی، وزن هزار دانه گندم با ۲۱/۳ درصد افت از ۳۵/۶ به ۲۸/۱ گرم کاهش یافت (جدول ۳). همچنین با افزایش سطح کودی به بیش از ۱۰۰ درصد نیاز گیاهی گندم اختلاف قابل ملاحظه‌ای در وزن هزار دانه گندم دیده نشد و تنها باعث افزایش شدت خسارت به وزن هزار دانه گردید،

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که در شرایط کاربرد ۳۰ درصد نیاز گیاهی گندم به کود نیتروژن تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی نسبت به شرایط عاری از علف هرز منجر به کاهش ۲۰/۸ درصدی تعداد دانه در سنبله شد، این در حالی بود که در شرایط کاربرد ۱۲۰ درصد کود نیتروژن با افزایش تراکم، خسارت وارده به حدود ۳۰/۲ درصد افزایش یافت (شکل ۳). به نظر می‌رسد افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن منجر به افزایش توان رقابتی علف هرز یولاف وحشی برای جذب عناصر غذایی و سایر منابع در رقابت با گندم گردید. همچنین در شرایط کاربرد مقادیر بالاتر کود نیتروژن سایه‌اندازی یولاف وحشی بر گندم در مرحله زایشی ممکن است منجر به کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های ذخیره‌ای و در نهایت کاهش تعداد آغازهای دانه در سنبله گندم شود (Asadi *et al.*, 2013; Anafjeh *et al.*, 2008).

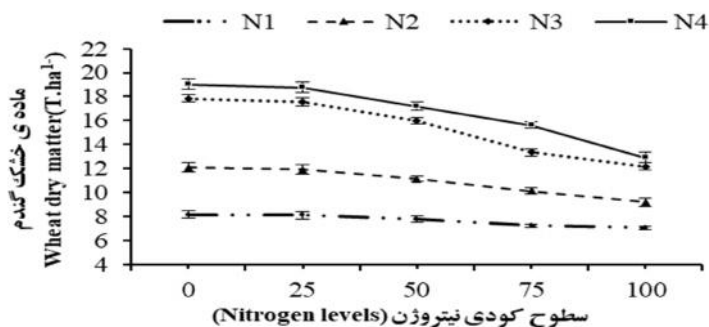
(Asadi *et al.*, 2013). نتایج این بررسی با نتایج حسامی (Hesammi, 2011) مطابقت داشت. نامبرده اظهار داشت با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن وزن هزار دانه گندم به شدت افزایش یافت این در حالی بود که افزایش تداخل علف‌های هرز منجر به خسارت شدید وزن هزار دانه گردید.

به‌طوری‌که خسارت تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی نسبت به شرایط عاری از علف هرز در شرایط کاربرد کود نیتروژن به میزان ۱۰۰ درصد نیاز گیاهی نسبت به ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی ۱۰/۶ درصد افزایش یافت (شکل ۴). اگرچه وزن هزار دانه صفتی با نوسانات اندک است ولی با تشدید شرایط نامطلوب به‌واسطه رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای تحت تأثیر قرار می‌گیرد و به شدت کاهش می‌یابد



شکل ۴- اثر تیمارهای میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر وزن هزار دانه گندم. میله‌های عمودی نشان‌دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و D1، D2، D3 و D4، D5 نشان‌دهنده تراکم‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع است

Figure 4- Effect of nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments on 1000 grain weight. Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and D1, D2, D3, D4 and D5 show wild oat plant density per m^{-2} , respectively



شکل ۵- اثر تیمارهای میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر وزن خشک گندم. میله‌های عمودی نشان‌دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و D1، D2، D3، D4 و D5 نشان‌دهنده تراکم‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع است

Figure 5- Effect of nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments on wheat dry matter. Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and D1, D2, D3, D4 and D5 show wild oat plant density per m^{-2} , respectively

(جدول ۲). میزان افزایش عملکرد وزن خشک کل گندم بدون در نظر گرفتن تراکم یولاف وحشی به‌علت افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۳۰ درصد به ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم، ۵۴/۲ درصد بود. به عبارتی دیگر با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن تا ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی وزن خشک کل از ۷۶۵۷/۵ به ۱۶۷۰۵/۱

عملکرد گندم

وزن خشک کل گندم

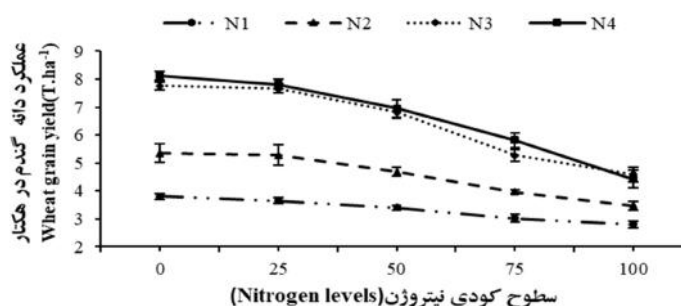
نتایج این تحقیق نشان داد اثر کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی و همچنین برهمکنش آنها بر وزن خشک کل گندم، معنی‌دار

درصدی از ۳۳۲۶/۹ به ۶۶۳۰/۴ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۳). همچنین صرف نظر از کاربرد کود نیتروژن با افزایش تراکم یولاف وحشی عملکرد دانه گندم به شدت کاهش یافت. عملکرد دانه گندم در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نسبت به شرایط عاری از یولاف وحشی به ترتیب، ۲/۵، ۱۲/۷، ۲۷/۹ و ۳۸/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه گندم به علت تداخل یولاف وحشی با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن تشدید گردید، به طوری که در شرایط تأمین ۳۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گندم افزایش تراکم یولاف به ۱۰۰ بوته در متر مربع در مقایسه با شرایط عاری از علف هرز به عملکرد دانه ۲۶/۳ درصد خسارت وارد شد، در حالی که در شرایط تأمین ۱۲۰ درصدی نیتروژن مورد نیاز گیاه افزایش تراکم یولاف تا ۱۰۰ بوته نسبت به شرایط بدون علف هرز ۴۵/۶ درصد به عملکرد دانه خسارت وارد کرد (شکل ۶). به نظر می‌رسد در شرایط کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن به علت توانایی بالای ریشه یولاف وحشی در رقابت برای جذب عناصر غذایی و همچنین کارایی بالاتر تبدیل منابع به ماده خشک توسط علف‌های هرز در مقایسه با گیاهان زراعی، باعث بهبود رشد بخش هوایی شده (شکل ۱) و در نتیجه این موضوع می‌تواند سبب کاهش تعداد سنبله گندم در متر مربع (شکل ۲)، تعداد دانه در سنبله (شکل ۳)، وزن هزار دانه (شکل ۴) و در نهایت عملکرد دانه گندم شود. از طرفی کاهش عملکرد دانه گندم نشان از رقابت یولاف وحشی حتی در مرحله زایشی دارد که با کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ترکیبات فتوسنتزی گندم و نتیجه کاهش دانه در سنبله و وزن هزار دانه همراه است که ممکن است به علت سایه‌اندازی شاخسار یولاف وحشی روی برگ پرچم و سنبله گندم باشد (Anafjeh et al., 2008; Moradi-Telavat et al., 2010; Asadi et al., 2013).

کیلوگرم در هکتار بهبود یافت (جدول ۳). همچنین صرف نظر از تیمارهای کاربرد کود نیتروژن با افزایش در تراکم یولاف وحشی وزن خشک کل به شدت کاهش یافت، به طوری که در تراکم‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در متر مربع نسبت به شرایط عاری از علف هرز به ترتیب ۱/۵، ۸/۸، ۱۹/۱ و ۲۷/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). برهمکنش افزایش کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی نیز نشان داد که در سطوح مختلف کود نیتروژن، افزایش تراکم یولاف وحشی تأثیر متفاوتی بر وزن خشک کل گندم داشت (جدول ۲). در شرایط تأمین ۳۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گندم، وزن خشک کل گندم در تراکم ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع نسبت به عدم حضور این علف هرز ۱۳/۶ درصد کاهش یافت، در صورتی که در تیمار سطح کودی ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی میزان خسارت ۳۲/۲ درصد بود (شکل ۵). کاهش بیشتر وزن خشک کل گندم در شرایط کاربرد بیشتر کود نیتروژن ممکن است به دلیل تأثیر مثبت عناصر غذایی بر افزایش توان رقابتی علف‌های هرز باشد. تحقیقات صورت گرفته نیز نشان از خسارت بیشتر یولاف وحشی به گندم توأم با افزایش کاربرد کود نیتروژن در تراکم‌های بالاتر این علف هرز داشت، به طوری که کاهش عملکرد در تراکم‌های مختلف از ۵/۷ تا ۵۹/۳ درصد متغیر بود که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت (Qasem, 2007; Mondani, 2012; Mousavi et al., 2013).

عملکرد دانه

نتایج این بررسی نمایانگر معنی‌داری ($P < 0.0001$) اثرات ساده و همچنین برهمکنش سطوح نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر عملکرد دانه گندم بود (جدول ۲). صرف نظر از حضور یولاف وحشی با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۳۰ درصد نیاز غذایی گندم به ۱۲۰ درصد، عملکرد دانه به تدریج افزایش یافت و با رشد ۴۹/۸



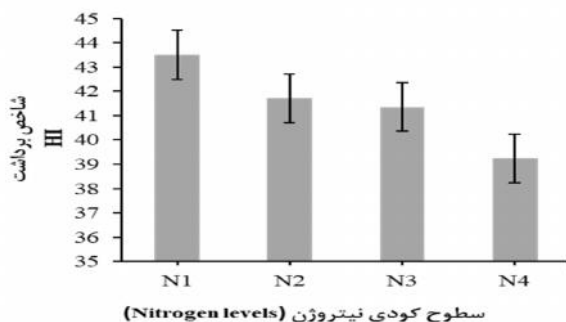
شکل ۶- اثر تیمارهای میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر عملکرد دانه گندم. میله‌های عمودی نشان‌دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل N4، N3، N2، N1 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و D1، D2، D3، D4 و D5 نشان‌دهنده تراکم‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع است

Figure 6- Effect of nitrogen fertilizer application and wild oat density treatments on wheat grain yield. Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and D1, D2, D3, D4 and D5 show wild oat plant density per m^{-2} , respectively

شاخص برداشت

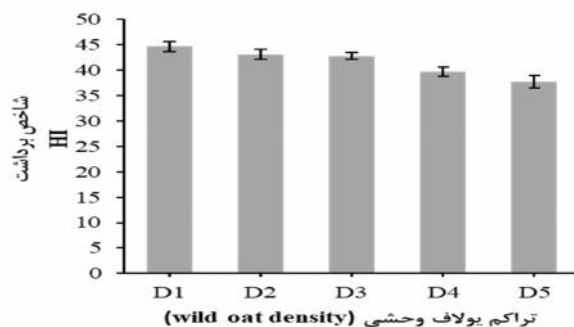
شاخص برداشت گندم با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم بوته یولاف وحشی، به طور معنی داری از خود واکنش نشان داد (جدول ۲). شاخص برداشت گندم با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۴۳/۵ درصد (سطح کودی ۳۰ درصد نیاز گیاهی) به ۳۹/۲ درصد (سطح کودی ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی) رسید که می تواند ناشی از واکنش بهتر بخش رویشی گیاه در مقایسه با عملکرد دانه به افزایش میزان کاربرد نیتروژن باشد (شکل ۷). با افزایش تراکم یولاف وحشی نیز شاخص برداشت گندم کاهش یافت، به طوری که از ۴۴/۷ درصد در

شرایط عدم حضور یولاف وحشی به ۳۷/۷ درصد در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع رسید که این امر می تواند به دلیل کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به وزن خشک گیاه باشد (شکل ۸). زارع فیض آبادی و همکاران (Zarea-Feizabady et al., 2009) نیز در تحقیق خود بیان داشتند که شاخص برداشت با افزایش سطح نیتروژن و تراکم یولاف وحشی روند کاهشی داشت. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که برهمکنش افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن و تراکم بوته یولاف وحشی بر شاخص برداشت گندم غیر معنی دار بود (جدول ۲).



شکل ۷- اثر تیمار میزان کاربرد کود نیتروژن بر شاخص برداشت گندم. میله های عمودی نشان دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن است

Figure 7- Effect of nitrogen fertilizer application treatment on wheat harvest index. Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen, respectively



شکل ۸- اثر تیمار تراکم یولاف وحشی بر شاخص برداشت گندم. میله های عمودی نشان دهنده $\pm$ خطای استاندارد از میانگین ($n=4$) است. در این شکل D1، D2، D3، D4 و D5 نشان دهنده تراکم های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع است

Figure 8- Effect of wild oat density treatment on wheat harvest index. Vertical bars represent $\pm$ standard error of the mean ($n = 4$). D1, D2, D3, D4 and D5 show wild oat plant density per m^2 , respectively

ضرایب همبستگی

نتایج جدول ضرایب همبستگی نشان داد بیشترین میزان همبستگی بین صفت تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه گندم

($r^{**} = 0.88$) و کمترین آن بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم وجود داشت (جدول ۵). با توجه به ضرایب به دست آمده می توان نتیجه گرفت که خسارت یولاف وحشی بر عملکرد دانه گندم به ترتیب از طریق کاهش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد سنبله در

گندم) از طریق بهبود صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه به میزان به ترتیب، ۳۱/۱، ۲۳/۱ و ۱۹/۴ درصد نسبت به شرایط کاربرد رخ می‌دهد.

متر مربع با میزان خسارت به ترتیب، ۲۳/۶، ۲۱/۹ و ۱۲/۸ درصد در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع نسبت به شرایط عاری از علف هرز پیش آمد. همچنین افزایش عملکرد دانه گندم در شرایط تأمین نیاز گیاهی گندم به‌طور کامل (کاربرد ۱۰۰ تا ۱۲۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم

Table 5- Correlation coefficients between grain yield and yield components for wheat

Traits صفات	1	2	3	4
Wheat grain yield عملکرد دانه گندم	1			
No of Spike m ⁻² تعداد سنبله در متر مربع	0.88 **	1		
No of Grain.spike ⁻¹ تعداد دانه در سنبله	0.73 **	0.86 **	1	
1000grain weight وزن هزار دانه	0.75 **	0.76 **	0.79 **	1

***و**: به ترتیب معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد

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

میزان کاربرد کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم در شرایط حضور ۱۰۰ بوته یولاف منجر به افزایش ۳۱/۸ درصدی وزن خشک کل این علف هرز شد که نشان از واکنش بهتر یولاف وحشی نسبت به گندم در پاسخ به افزایش محتوی نیتروژن خاک داشت. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن به بیش از حد نیاز گیاهی گندم، نه تنها باعث افزایش عملکرد گندم نشد بلکه با در اختیار گذاشتن مواد غذایی بیشتر، یولاف وحشی که یک گیاه فرصت طلب است به شدت از بهبود شرایط استفاده کرده و منجر به خسارت شدیدتری بر ویژگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد شد. با شناخت این مسئله می‌توان گفت بهتر است با به‌کار بردن مقدار لازم کود مصرفی و همچنین کنترل تلفیقی این علف هرز از بروز خسارت آن جلوگیری کرد. با تأکید بر نتیجه این تحقیق و دیگر تحقیقات همسو مبنی بر توانایی بالای گندم در رقابت با یولاف در تراکم‌های کم و عدم معنی‌داری در کاهش عملکرد، می‌توان از کاربرد علف‌کش‌های شیمیایی زمانی که تراکم یولاف وحشی کم باشد نیز چشم‌پوشی کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد از آنجا که علف هرز یولاف وحشی به‌علت آشیان اکولوژیکی بسیار نزدیکی که با گندم دارد، با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن توانست به‌خوبی بر توان رقابتی خود بیفزاید و باعث خسارت چشمگیری بر تمام ویژگی‌های مورد بررسی گندم گردد. بیشترین خسارت یولاف وحشی در تراکم‌های ۷۵ و ۱۰۰ بوته در متر مربع مشاهده شد، همچنین گندم در تراکم‌های پایین یولاف وحشی از توان رقابتی بالاتری برخوردار بود. در مقدار کمتر کاربرد کود نیتروژن توان رقابتی گندم بیشتر بود و با افزایش میزان کاربرد کود به بیش از حد نیاز گیاهی گندم توان رقابتی یولاف افزایش یافت. به نظر می‌رسد دلیل این نتایج توانایی بالاتر یولاف وحشی در کارایی جذب منابع و تبدیل آن به بیوماس در مراحل ابتدای رشد و همچنین سایه‌اندازی روی کانوپی گندم به دلیل ارتفاع بیشتر آن در مراحل انتهایی رشد باشد. افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم، در شرایط عاری از علف هرز یولاف وحشی تنها باعث افزایش ۴/۶ درصدی عملکرد دانه شد، در حالی که افزایش

References

1. Ebrahimpour-Noorabadi, F., Ayeneband, A., Nour-mohamadi, Gh., Mossavinia, H., and Mesgarbashi, M. 2003. Study of some wheat ecophysiological indices as influenced by wild oat interaction. Pajouhesh & Sazandegi 73: 117-125. (in Persian with English abstract).
2. Anafjeh, Z., Fathi, G., Ebrahimpour, F., Zand, E., and Chaab, A. 2008. Study on competitiveness of wild oat (*Avena fatua* L.) with wheat (*Triticum aestivum* L.) Chamran cultivar. Iranian Society of Weed Sciences 4: 35-46. (in Persian with English abstract).
3. Armin, M., and Asgharipour, M. R. 2011. Effect of Plant Density on Wild Oat Competition with Competitive and Non-Competitive Wheat Cultivars, Agricultural Sciences in China 10: 1554-1561.
4. Asadi, S., Aynehband, A., and Rahnama, A. 2013. Wheat Yield Response to the Competition Stress and Different Levels of Nitrogen. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 365-376. (in Persian with English abstract).
5. Blackshaw, R. E. 2004. Application method of Nitrogen fertilizer affects weed growth and competition with winter wheat. Weed Biological and Management 4: 103-113.

6. Bussan, A., and Maxwell, B. 2000. Grant submitted to Montana noxious weed trust fund. Montana State University. Ann 4: 28-32.
7. Dezhkam, H., Dejam, M., and Zakerian, A. 2011. Breaking Dormancy and seed germination of (*Avena ludoviciana* L.). National Conference of Agriculture management, 26 May 2011. Jahrom, Islamic Azad University Jahrom. (in Persian with English abstract).
8. Dhima, K. V., and Eleftherohorinos, I. G. 2001. Influence of Nitrogen on Competition between winter cereals and sterile oat. Weed Science 49: 77-82.
9. Hassanzadeh-Dlouhy, M., Rahimian-mashhadi, H., Nasiri-mahalati, M., and Nor-mohammadi, Gh. 2002. The Competitive effects of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) at different densities. Iranian Journal of Crop Sciences 4: 116-127. (In Persian with English abstract).
10. Hesammi, E. 2011. Different densities of weeds and wild oats (*Avena ludoviciana* L.) and canary grass (*Phalaris Minor*) on yield and yield Components of wheat Cultivar Chamran. Advances in Environmental Biology 5: 2497-2500.
11. Kazzazi, M., Bandani, A. R., and Hosseinkhani, S. 2005. Biochemical characterization of α -amylase of the Sunn pest, *Eurgasterintergriceps*. Entomological sciences 8: 371-377
12. USDA, Last update on August 15. 2015.
13. Koocheki, A., and Khajeh-Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press. (In Persian).
14. Mondani, F., Nasiri-Mahallati, M., Koocheki, A., and Hajiyan-Shahri, M. 2015. Simulation of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition on winter wheat (*Triticum astivum* L.) growth and yield. I: Model description and validation. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 218-231. (In Persian with English abstract).
15. Mondani, F. 2012. Simulation effects of climatic change on wild oat and sunn pest damages of winter wheat under Mashhad weather conditions. Ph.D. thesis. Ferdowsi university of Mashhad. (in Persian).
16. Montazeri, M. 2007. Influence of winter wild oat (*Avenaludoviciana* L.) annual canary grass (*Phalaris Minor*) and wild mustard (*Sinapis arvensis at*) different density on yield and yield component of wheat. Pajouhesh & Sazandegi 74: 72-78. (In Persian with English abstract).
17. Moradi-Telavat, M. R., Siadat, S. A., Fathi, Gh., Zand, E., and Alamisaeid, Kh. 2010. Effect of Nitrogen and Herbicide Application on Competition between wheat and wild oat. Iranian Journal of Crop Sciences 12: 364-376. (in Persian with English abstract).
18. Mousavi, S. H., Siadat, S. A., Alami-Saied, Kh., Zand, E., and Bakhshandeh, A. M. 2013. Evaluation of competitive performance of spring bread wheat cultivars with wild oat weed. Iranian Journal of Crop Sciences 14: 358-369. (In Persian with English abstract).
19. Parchami, P., and Behdarvand, P. 2009. Competition of different densities of wild oat whit spring wheat under different Nitrogen levels. Crop physiology 1: 381-88. (In Persian with English abstract).
20. Qasem, J. R. 2007. Chemical control of wild oat (*Avena sterilis* L.) and other weeds in wheat (*Triticum durum Desf.*) in Jordan. Crop Protection 26: 1315-1324.
21. Seed and Plant Improvement Institute. 2012. <http://www.spii.ir/spSPII/default.aspx?page = Document & app = Documents & docId = 11746>. (in Persian).
22. Zarea-Feizabady, A., Sarban, H., Rajabzadeh, M., and Khazaei, H. 2009. Competitive relationship between wheat cultivars at different densities of wild oat. Iranian Journal of Crop Sciences 7: 465-472. (in Persian with English abstract).



The Effect of Nitrogen Fertilizer Application on Wild Oat (*Avena ludoviciana* L.) Competition Ability with Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Kermanshah Climate Condition

A. Jalilian¹- F. Mondani^{2*}- A. Bagheri²- M. Khorramivafa²

Received: 21-12-2015

Accepted: 23-07-2016

Introduction

Cereals are the main agricultural production. Wheat is an annual crop, which plays an important role in human's source of food. Wheat grains have various nutrients such as carbohydrates, proteins and various amino acids. The annual per capita consumption of wheat is about 232 in Iran, which is about double time of the world capita consumption. Weed interference decrease the quality and quantity of wheat production. Weed management in wheat farms is one of the main cost and time-consuming practices. Wheat yield decrease significantly by weed competition. Therefore, effective weed management depends on knowledge about the effect of competition on yield and yield components. Response of the yield and yield components to weeds competition is different in crop species during the growth period. Yield components in development stages show the maximum sensitivity to weed competition. Wild Oat is the most important weed in wheat fields. Synchrony in development stages of wild oat with development stages of wheat is much more important reason in reducing of wheat yield and yield component. On the other hand, wild oat damage on wheat yield and yield components depends on several factors including species, plant density, wheat cultivars, nutrients consumption, sowing date, row spacing, and other ecological conditions. Moreover, leaf area index, plant height, leaf area density in canopy determine competitiveness of wild oat among wheat. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the effect of wild oat competition in different plant densities and levels of Nitrogen fertilizer consumption on yield and yield components of wheat under Kermanshah climate.

Materials and Methods

This study was conducted to evaluate the competition of wild oat and winter wheat at the Research Farm of Campus of Agricultural and Natural Resources of Razi University during 2014-2015. The experiment was arranged in a split plots based on randomized complete block design with four replications. Treatments included amounts of 30, 60, 100, and 120 % of wheat demand to nitrogen fertilizer as a main plot and wild oat plant density of 0, 25, 50, 75 and 100 in m⁻² as a subplot. Fertilizer applications were based on soil test recommendations at the rates of 250 kg ha⁻¹ urea and 100 kg ha⁻¹ super phosphate triple. All phosphate and 1/3 of urea fertilizer were applied at planting, and 2/3 of urea was applied later. The experimental farm was ploughed using a mold board plough and then it was disked twice before sowing. Wheat and wild oat seeds were planted on November 20. Wheat plant density was 400 plants m⁻². The experimental plot includes 10 planting row of three meters length with 25 cm row spacing. Wild oat seeds were collected from surrounding farms and pocket companies. In order to breaking wild oat seed dormancy was used KNO₃ 2% about 24 hours. Irrigation was done using a surface method based on plant demand. Analysis of variance was conducted by SAS software (version 9.4). Also, post-anova analysis performed to slicing interaction of nitrogen fertilizer application and wild oat plant density. The comparison of means was done based on LSD at 5% level.

Results and Discussion

The results showed that number of spike per square meter (24%), number of grain in spike (31%), 1000 grains weight (19.4%), grain yield (49.82%), wheat total dry weight (54.1%) and wild oat total dry weight (54.2%) improved by increasing of Nitrogen fertilizer application from 30 to 120 % wheat demand. Also number

1- MS.c Student in Agroecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran

(*- Corresponding Author Email: f.mondani@razi.ac.ir)

of spike per square meter (12.8%), number of grain per spike (23.5%), 1000 grains weight (21.8%), grain yield (38.9%), and wheat total dry weight (27.7%) decreased by increasing of wild oat plant density from zero to 100 plant per square meter. The results of interaction of nitrogen fertilizer application and wild oat plant density showed that the extent of wild oat damage on yield and yield components of wheat were increased with the increasing of nitrogen fertilizer application.

Conclusions

Our results demonstrated that higher resources absorption by wild oat and converting them to biomass compare to wheat increased the ability of wild oat in competition for resources and production of higher biomass and, consequently caused to more damage on yield and yield components of wheat especially with more nitrogen fertilizer application. In addition, it can be concluded that an increase in application of nitrogen fertilizer to higher than wheat demand not only did not improve wheat yield and yield components but also wild oat damage increased.

Keywords: Grain yield, Harvest index, Plant density, Wheat total dry weight, Wild oat total dry weight



تأثیر انواع روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی چغندر قند (*Beta vulgaris*) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum*)

محمدرضا سلامی^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - حمیدرضا شریفی^۳ - علیرضا قائمی^۳ - مهدی نصیری محلاتی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۶

چکیده

استفاده از سیستم‌های شخم حفاظتی و روش‌های مدیریت بقایای گیاهی با تأثیر مستقیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند نقش مؤثری بر پایداری در تولید اکوسیستم‌های زراعی و کاهش مصرف نهاده‌ها داشته باشند. این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ خراسان رضوی در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ در زمینی به مساحت ۱/۵ هکتار که سال قبل به کشت چغندر قند اختصاص داشت، با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، به اجرا درآمد. سه سطح شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی شامل: شیوه متداول خاک‌ورزی، شخم کاهش یافته و بدون شخم به عنوان کرت‌های اصلی و سه تیمار مدیریت بقایای گیاهی شامل بدون بقایا، حفظ ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای چغندر قند به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت معنی‌دار نبود. از طرف دیگر اثر این تیمارها بر عملکرد بیولوژیک، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین عملکرد دانه گندم به ترتیب در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول به ترتیب با ۵/۳۴ و ۳/۵۰ تن در هکتار به دست آمد. مدیریت بقایای گیاهی بر هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری نداشت. به طور کلی، با کاهش میزان عملیات خاک‌ورزی عملکرد بیولوژیک افزایش یافت اما حفظ بقایای گیاهی چغندر قند تأثیری بر عملکرد بیولوژیک گندم نداشت.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم‌های زراعی، بدون شخم، شخم حفاظتی، شخم کاهش یافته

مقدمه

به شمار می‌آید و افزایش عملکرد این محصول استراتژیک مورد توجه متخصصان و تولیدکنندگان قرار دارد (Emam, 2003).

یکی از معضلاتی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشاورزان با آن مواجه هستند مواد آلی بسیار پایین زمین‌های زراعی است که می‌تواند در کاهش عملکرد گندم و افزایش هزینه‌های تولید مؤثر باشد (Chegeni et al., 2014). از دلایل کمبود مواد آلی خاک‌های زراعی، خروج سالیانه مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد غذایی خاک به صورت محصول و مواد آلی از زمین است (Chegeni et al., 2014). خروج این حجم از مواد گیاهی که تأمین‌کننده منابع انرژی و مواد غذایی به‌ویژه مواد آلی در خاک هستند، به تدریج موجب نقصان عملکرد می‌شود (Asadi Khoshkhouei and Hemat, 2002). اکثر کشاورزان کاه و کلش غلات را همراه با دانه برداشت و از زمین خارج می‌کنند و معمولاً کلش باقی‌مانده را به منظور آماده ساختن زمین برای کشت بعدی و یا به بهانه مبارزه با آفات و بیماری‌ها می‌سوزانند

گندم (*Triticum aestivum*) به عنوان مهم‌ترین غله دنیا در مساحت وسیعی از زمین‌های کشاورزی در محدوده عرض جغرافیایی ۶۷ درجه شمالی تا ۴۵ درجه عرض جنوبی کشت می‌گردد. گندم در ایران از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

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

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.52539

همچنین با وجود اقلیم خشک در کشور و محدودیت و کمبود آب و کاهش حاصلخیزی خاک از یک سو و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی از سوی دیگر نیاز به بهره‌گیری از سیستم‌های کشاورزی حفاظتی در جهت حفظ و ثبات عملکرد و نهایتاً پایداری و تعادل عوامل زیست‌محیطی امری لازم به نظر می‌رسد. لذا این تحقیق با هدف مطالعه‌ی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی چغندر قند (*Beta vulgaris*) بر خصوصیات زراعی و مورفولوژیک گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در زمینی به مساحت ۱/۵ هکتار که سال قبل به کشت چغندر قند اختصاص داشت، با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، به اجرا درآمد. سه سطح شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی شامل شیوه متداول خاک‌ورزی (شخم، دیسک، تسطیح، ایجاد فارو و کاشت با بذراکار)، شخم کاهش یافته (چیزل پکر، سیکلو تیلر، کاشت با بذراکار) و بدون شخم (کاشت مستقیم با دستگاه پنوماتیک گاسپاردو) به عنوان کرت‌های اصلی و سه تیمار مدیریت بقایای گیاهی شامل بدون بقایا، حفظ ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. رقم مورد استفاده گندم رقم میهن بود. میزان بذر لازم (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) برای گندم بر اساس وزن هزار دانه (۴۰ گرم) با تراکم مطلوب گندم (۵۵۰ بوته در مترمربع) بود. ابعاد کرت اصلی ۱۴×۱۲۰ متر و کرت فرعی ۱۴×۴۰ متر بود. بذر قبل از کاشت با قارچ کش کاربوکسین-تیرام ضد عفونی شدند. در تیمار مدیریت بقایا، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای چغندر قند کشت شده در فصل قبل، در سطح خاک حفظ و مدیریت شد. برای این منظور از هریک از کرت‌های فرعی مقدار بقایا جمع‌آوری، توزین و سپس برای تیمارهای مورد مطالعه بقایا به خاک کرت‌های دارای خاک‌ورزی در عمق ۱۵ سانتی‌متری مخلوط و در کرت‌های بدون خاک‌ورزی به سطح خاک اضافه شد. قبل از کاشت با نمونه‌برداری از خاک، خصوصیات شیمیایی خاک ثبت شد (جدول ۱). مقدار کوددهی براساس آزمایش خاک انجام شد، به طوری که قبل از کاشت ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تربیل، ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم به خاک اضافه گردید. مقدار مصرف کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که ۱۰۰ کیلوگرم در زمان کاشت و مابقی در دو مرحله (پنجم فروردین و پنجم اردیبهشت) به صورت سرک اضافه گردید. کاشت گندم در دهه‌ی دوم مهرماه انجام شد. جهت کنترل علف‌های هرز از علف کش توفوردی (2,4,D) (۱/۵ لیتر در هکتار) و گرانستار (۲۰ گرم در هکتار)

(Asadi Khoshkhoei and Hemat, 2002). به این ترتیب برگشت مقدار زیادی از مواد آلی به خاک کاهش یافته و متعاقب آن کاهش حاصلخیزی خاک صورت می‌گیرد. از طرف دیگر کمبود مواد غذایی خاک از طریق مصرف کودهای شیمیایی جبران می‌شود. مصرف مداوم کودهای شیمیایی نه تنها به صورت مجزا قادر به برطرف نمودن مشکلات اساسی موجود در خاک‌ها نیست بلکه ممکن است مشکلات زیست‌محیطی را نیز به دنبال داشته باشد و موجب بروز مشکلاتی از قبیل شوری در خاک نیز گردد (Chegeni et al., 2014).

مدیریت بقایای گیاهی در مزارع مناطق خشک که از کمبود مواد آلی رنج می‌برند، امکان حفظ بیشتر رطوبت در خاک را موجب می‌گردد (Hydari and Jaafari, 2002). همچنین اختلاط بقایای خرد شده با خاک در حاصلخیزی، افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک مؤثر خواهد بود (Hydari and Jaafari, 2002). بر اساس گزارش محققان به منظور تولید پایدار، حفظ حدود ۶۰ درصد از بقایای گیاهی در سطح خاک ضروری است (Listrom et al., 2001). در همین راستا جهت حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک باید از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی استفاده نمود تا از بقایای محصول قبلی را در سطح خاک نگه داشته شود. اعمال این مدیریت سبب کاهش فرسایش خاک، افزایش مواد آلی خاک و کاهش نیاز به کارگر و سوخت خواهد شد (Listrom et al., 2001).

عملیات خاک‌ورزی می‌تواند بر بسیاری از خصوصیات خاک مثل: رطوبت، دما (Lampurlanes et al., 2001) و فشردگی خاک (Lapen et al., 2004) مؤثر باشد. ایجاد بستر مناسب رشد گیاهان با انتخاب و اجرای صحیح یک سیستم خاک‌ورزی فراهم می‌شود. در روش رایج خاک‌ورزی بستر رشد گیاهان از طریق مخلوط کردن بقایای احتمالی باقی‌مانده با خاک و حذف آن‌ها از سطح خاک و همچنین شکستن چرخه‌ی زندگی موجودات خاک‌زی انجام می‌گیرد (Katsvairo et al., 2002). این سیستم علاوه بر اینکه به انرژی زیادی نیاز دارد، در مدت زمان طولانی خصوصیات فیزیکی خاک را تخریب و آن را دچار فرسایش می‌کند (Frye et al., 2003; Helm, 2005). در سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی نفوذپذیری آب در خاک به علت افزایش مواد آلی و فعالیت کرم‌های خاکی نسبت به سیستم خاک‌ورزی متداول افزایش می‌یابد (Barzegar et al., 2004). با کاهش مقاومت فیزیکی خاک در اثر استفاده از بقایای گیاهی در سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی، هزینه‌های ناشی از مصرف انرژی فرسایش و تخریب خاک کاهش می‌یابد (Katsvairo et al., 2002).

با توجه به اهمیت حفظ منابع تولید به‌ویژه خاک در طول مراحل تولید محصول و با عنایت به اینکه شخم حداقل، بدون شخم و یا کشت مستقیم، عناصر اصلی کشاورزی حفاظتی به‌شمار می‌آیند.

در دو مرحله (هشتم و نهمین فروردین ماه) استفاده شد.

جدول ۱- مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) محل آزمایش

Table 1- Main chemical properties of the soil (0-30 cm) at the study site

OC ¹	N	P	K	pH	EC	T.N.V ²
%		ppm			dS m ⁻¹	%
0.65	0.069	20.8	275	8.0	1.8	20.3

۱- کل مواد خنثی شونده

۲- درصد کربن آلی

چند دامن‌های دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

مطالعه اثر تیمارهای خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاه چغندر قند و برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر ارتفاع بوته گندم معنی‌دار ($P \geq 0.05$) نبود (جدول ۲). با وجود معنی‌دار نبودن اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، با کاهش عملیات خاک‌ورزی ارتفاع بوته گندم افزایش یافت به نحوی که اختلاف تیمار بی‌خاک‌ورزی با کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول به‌ترتیب ۳ و ۱۰ درصد بود (جدول ۳).

در این آزمایش پس از حذف یک متر حاشیه، برداشت در هر کرت به‌صورت پله‌کانی انجام شد. هر پله به عرض ۶۰ سانتی‌متر و طول پنج متر بود، تعداد پله‌ها در هر کرت پنج عدد در نظر گرفته شد که در مجموع در هر کرت سطح ۱۵ مترمربع برداشت شد. در این سطح ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت که نشان‌دهنده درصد انتقال مواد فتوسنتزی از منابع به مخزن (دانه‌ها) بوده و از تقسیم عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) بر عملکرد بیولوژیک حاصل می‌شود (Krupinsky et al., 2005) اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab 16 انجام شد. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت گندم تحت تأثیر عملیات خاک‌ورزی و بقایای گیاهی چغندر قند

Table 2- Analysis of variance (mean of square) plant height, number of spike m⁻², length of spike, number of seed per spike, grain weight per spike, thousand seed weight, biological yield, economical yield and harvest index of wheat as affected by tillage and sugar beet residue

منابع تغییرات S.O.V							
ضریب تغییرات CV	خطای کل Total error	خاک‌ورزی × بقایا Tillage × Residual	بقایا Residual	خطا Error	خاک‌ورزی Tillage	بلوک Block	Df
	12	4	2	4	2	2	درجه آزادی
8.91	49.1	127 ^{ns}	1.33 ^{ns}	35.9	90.1 ^{ns}	144 ^{ns}	ارتفاع بوته Plant height
26.90	42148	48072 ^{ns}	37391 ^{ns}	16396	9362 ^{ns}	6050 ^{ns}	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m ²
4.96	0.251	0.237 ^{ns}	0.114 ^{ns}	0.044	0.079 ^{ns}	4.42 ^{**}	طول سنبله Spike Length
6.70	47.0	89.5 ^{ns}	23.5 ^{ns}	10.4	59.6 ^{ns}	478 ^{**}	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike
4.59	0.138	0.203 ^{ns}	0.108 ^{ns}	0.130	0.851 ^{**}	1.68 ^{**}	وزن دانه در سنبله Grain weight of spike
7.26	10.3	13.5 ^{ns}	19.2 ^{ns}	29.0	165 ^{**}	76.5 ^{**}	وزن هزار دانه 1000 grain weight
18.74	3933796	6716806 ^{ns}	1574144 ^{ns}	6409911	36449078 ^{**}	18886300 [*]	عملکرد بیولوژیک Biological yield
15.93	906519	2768722 ^{ns}	888844 ^{ns}	1222222	8920178 ^{**}	6592578 ^{**}	عملکرد اقتصادی Economical Yield
15.14	34.3	84.1 ^{ns}	14.0 ^{ns}	21.8	25.9 ^{ns}	70.5 ^{ns}	شاخص برداشت Harvest index

ns و ** و * به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار هستند و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشد

*, ** and ns significant at level of 0.05, 0.01 and not significant at level of 0.05, respectively

این آزمایش با وجود معنی‌دار نبودن تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر ارتفاع بوته گندم عدم استفاده از عملیات خاک‌ورزی موجب شد تا گیاه شرایط مناسب‌تری برای بهبود رشد و افزایش ارتفاع داشته باشد. از طرف دیگر عدم تغییر قابل توجه ارتفاع با افزایش بقایای گیاهی احتمالاً به دلیل تجزیه نشدن کامل بقایای گیاهی و تثبیت عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن باشد (Dala and Mayer, 1986). بررسی تغییرات کربن آلی و برخی عناصر غذایی خاک در تناوب‌های زراعی مبتنی بر گندم در طی پنج سال نشان داد که میزان کربن آلی خاک بعد از دو سال افزایش و در سال‌های بعد به دلیل مصرف کود نیتروژنه و افزایش سرعت تجزیه بقایا کاهش یافت (Zarea Feizabadi and Nourihosseini, 2013).

در مطالعه‌ای در ارتباط با تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم مشاهده شد که کاهش عملیات خاک‌ورزی موجب افزایش ارتفاع بوته گندم شد اما بقایای گیاهی در این مطالعه نیز تأثیری بر ارتفاع بوته گندم نداشت (Amini et al., 2014). در زمین‌های زیر کشت مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل فرسایش، کاهش حاصلخیزی خاک و آبشویی کودها و سموم آلودگی آب‌های زیرزمینی رخ داده است (Lopez et al., 1997). علاوه بر این استفاده دراز مدت از گاوآهن برگردان‌دار سبب تخریب خاک‌های زراعی و افزایش فرسایش و کاهش مواد آلی و دانه‌بندی خاک می‌شود که درنهایت موجب کاهش خصوصیات رشدی گیاهان زراعی خواهد شد (Dala and Mayer, 1986). در

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت در گندم

Table 3- Effect of tillage practice on plant height, number of spike.m⁻², length of spike, number of grains per spike, grain weight per spike, 1000 grain weight, biological yield, economical yield, and harvest index in wheat

	شیوه متداول خاک‌ورزی Conventional Tillage	شخم کاهش یافته Reduced Tillage	بدون شخم No Tillage
ارتفاع بوته (cm) Plant height	63.0 ^a	67.1 ^a	69.2 ^a
تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m ²	442 ^a	518 ^a	643 ^a
طول سنبله (cm) Spike Length	7.28 ^a	7.20 ^a	7.09 ^a
تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	40.8 ^a	45.5 ^a	41.4 ^a
وزن دانه در سنبله Grain weight of spike (g)	1.69 ^b	2.26 ^a	1.78 ^{ab}
وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	41.3 ^b	49.1 ^a	42.2 ^b
عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	9.09 ^b	9.79 ^b	12.87 ^a
عملکرد اقتصادی Economical Yield (kg.ha ⁻¹)	3.50 ^b	3.78 ^b	5.34 ^a
شاخص برداشت Harvest index (%)	38.6 ^a	37.9 ^a	41.1 ^a

حروف مشابه در هر سطر بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشد

The same letters in each row based of Duncan test are not significant at the level of 0.05

تحت تأثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک است. مدیریت خاک بر فعالیت‌های میکروبی خاک مؤثر بوده که این عامل با معدنی کردن مواد آلی موجب قابل‌دسترس شدن عناصر غذایی برای گیاه می‌گردد. از طرف دیگر گزارش شده است که کاربرد بقایای گیاهی زیاد بدون کاربرد نیتروژن کافی باعث کاهش تولید در گندم می‌شود (Singh et al., 2004). مطالعه تناوب‌های مختلف در طول پنج سال در ایستگاه جلگه رخ خراسان رضوی نشان داد که عدم استفاده از مقدار مناسب کود نیتروژنه جهت تجزیه بقایای گیاهی موجب افزایش میزان کربن خاک و کاهش نیتروژن مورد نیاز می‌گردد که درنهایت روی میزان تولید در سال بعد تأثیرگذار است (Zarea Feizabadi and Nourihosseini, 2013). در این مطالعه، کاهش عملیات خاک‌ورزی احتمالاً صدمه کمتری به عوامل زنده خاک رسانده و میزان فعالیت

عملکرد بیولوژیک محصول گندم تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تیمارهای مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت (جدول ۲). با کاهش میزان عملیات خاک‌ورزی عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. میزان افزایش زیست‌توده در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به روش کم خاک‌ورزی و متداول به ترتیب ۲۳/۹ و ۲۹/۴ درصد بود با این وجود بین تیمارهای روش کم خاک‌ورزی و سیستم خاک‌ورزی متداول اختلاف آماری معنی‌داری ($P \geq 0.05$) مشاهده نشد (جدول ۳).
اثر تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی چغندر قند و برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد بیولوژیک محصول گندم معنی‌دار ($P \geq 0.05$) نبود (جدول ۲ و ۴).
از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کشاورزی پایدار، تغذیه‌ی گیاه با استفاده از عناصر غذایی و منابع موجود در خاک می‌باشد که این امر

تأثیر افزایش بقایای گیاهی بر زیست‌توده ممکن است به دلیل کاهش نیتروژن قابل‌دسترس و کاهش فعالیت میکروبی باشد (Balota *et al.*, 2003).

آن‌ها را افزایش داده است. بنابراین افزایش زیست‌توده با کاهش عملیات خاک‌ورزی ممکن است به دلیل افزایش عناصر قابل‌دسترس در نتیجه فعالیت بیشتر عوامل زنده خاک باشد. از طرف دیگر، عدم

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر مدیریت بقایا بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، و شاخص برداشت در گندم

Table 4- Effect of crop residue management on plant height, number of spike.m⁻², length of spike, number of grains per spike, grain weight per spike, 1000 grain weight, biological yield, economical yield, and harvest index in wheat

صفات Traits	مدیریت بقایا Residue management		
	بدون بقایا No residue	حفظ ۳۰ درصد بقایا Remaining 30% of residue	حفظ ۶۰ درصد بقایا Remaining 60% of residue
Plant height (cm) ارتفاع بوته	66.2 ^a	66.9 ^a	66.2 ^a
Number of spike per m ² تعداد سنبله در مترمربع	461 ^a	556 ^a	584 ^a
Spike Length (cm) طول سنبله	7.09 ^a	7.31 ^a	7.16 ^a
Number of grains per spike تعداد دانه در سنبله	43.4 ^a	40.7 ^a	43.6 ^a
Grain weight of spike (g) وزن دانه در سنبله	2.02 ^a	1.80 ^a	1.91 ^a
1000 grain weight وزن هزار دانه	45.8 ^a	43.9 ^a	42.9 ^a
Biological yield (kg.ha ⁻¹) عملکرد بیولوژیک	10.3 ^a	11.1 ^a	10.4 ^a
Economical Yield (kg.ha ⁻¹) عملکرد اقتصادی	4.04 ^a	4.57 ^a	4.01 ^a
Harvest index (%) شاخص برداشت	38.68 ^a	40.63 ^a	38.30 ^a

حروف مشابه در هر سطر بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند

The same letters in each row based of Duncan test are not significant at the level of 0.05

گندم شده که شرایط رطوبتی و دمایی مناسبی برای توسعه پنجه و در نهایت تعداد سنبله بیشتری در واحد سطح شده است (Singh *et al.*, 2004).

تعداد دانه در سنبله محصول گندم تحت تأثیر معنی‌دار ($P \geq 0.05$) تیمارهای خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی چغندر قند و برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی قرار نگرفت (جدول ۲). بررسی میانگین‌های تعداد دانه در سنبله گندم در تیمارهای مختلف روند مشخصی نداشت (جدول ۳ و ۴).

وزن دانه در سنبله تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) عملیات مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن دانه در سنبله به ترتیب مربوط به تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و متداول بود. کاهش وزن دانه در سنبله از تیمارهای کم‌خاک‌ورزی به تیمار خاک‌ورزی متداول ۲۵/۲ درصد بود و بین تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی اختلاف آماری معنی‌داری ($P \geq 0.05$) مشاهده نشد. با این وجود، وزن دانه در سنبله در تیمار کم‌خاک‌ورزی ۲۱/۲ درصد بیشتر از تیمار بدون خاک‌ورزی بود (جدول ۳). در نظام‌های شخم کاهش یافته و بدون خاک‌ورزی به علت وجود بقایا در سطح خاک و افزایش نسبت C/N در خاک، دسترسی گیاه به نیتروژن کاهش می‌یابد که این مقدار کاهش بستگی به درصد بقایای باقی‌مانده در سطح و روش خاک‌ورزی دارد.

تعداد سنبله در مترمربع به عنوان یکی از اجزای عملکرد محصول گندم تحت تأثیر معنی‌دار ($P \geq 0.05$) تیمارهای خاک‌ورزی، مدیریت بقایای گیاهی چغندر قند و برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی قرار نگرفت (جدول ۲). با وجود عدم اختلاف معنی‌دار بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی، با کاهش عملیات خاک‌ورزی تعداد سنبله در مترمربع افزایش قابل‌توجهی داشت به طوری که تعداد سنبله در مترمربع در سیستم خاک‌ورزی متداول نسبت به سیستم کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۷۶ و ۲۱۰ سنبله در مترمربع کمتر داشت و روش کم‌خاک‌ورزی نسبت به روش بدون خاک‌ورزی ۱۲۵ سنبله در مترمربع کمتر تولید کرد (جدول ۳). همچنین با افزایش درصد بقایای چغندر قند در خاک تعداد سنبله در مترمربع افزایش یافت، به نحوی که تیمار بدون بقایای گیاهی نسبت به تیمارهای حفظ ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا به ترتیب ۹۴ و ۱۲۳ سنبله در مترمربع کمتر داشت و تیمار حفظ ۳۰ درصد بقایا نسبت به حفظ ۶۰ درصد بقایا، ۲۹ سنبله در مترمربع کمتر تولید کرد (جدول ۴). تعداد سنبله در واحد سطح در گیاه گندم بستگی به تراکم بوته و همچنین تعداد پنجه در بوته دارد. در این مطالعه افزایش تعداد سنبله در واحد سطح با کاهش عملیات خاک‌ورزی احتمالاً به دلیل بهبود شرایط رشد برای بوته‌های گندم و افزایش تعداد پنجه در بوته باشد. از طرف دیگر حفظ درصد بیشتری از بقایا نیز احتمالاً باعث ایجاد یک ریز اقلیم در اطراف طوقه

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش روش های مختلف خاکورزی و مدیریت بقایا بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، و شاخص برداشت در گندم

Table 5- Effect of tillage practice and crop residue management on plant height, number of spike, length of spike, number of grains per spike, grain weight per spike, 1000 grain weight, biological yield, economical yield, and harvest index in wheat

صفات Traits	شیوه متداول خاکورزی Conventional Tillage			شیخم کاهش یافته Reduced Tillage			بدون شیخم No Tillage		
	بدون بقایا No residue	بقایا ۳۰٪ 30% of residue	بقایا ۶۰٪ 60% of residue	بدون بقایا No residue	بقایا ۳۰٪ 30% of residue	بقایا ۶۰٪ 60% of residue	بدون بقایا No residue	بقایا ۳۰٪ 30% of residue	بقایا ۶۰٪ 60% of residue
ارتفاع بوته Plant height (cm)	64 ^a	59 ^a	66 ^a	62 ^a	76 ^a	63 ^a	73 ^a	66 ^a	69 ^a
تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m ²	454 ^a	385 ^a	487 ^a	488 ^a	611 ^a	453 ^a	443 ^a	673 ^a	813 ^a
طول سنبله Spike Length (cm)	7.17 ^a	7.66 ^a	7.00 ^a	7.00 ^a	7.39 ^a	7.22 ^a	7.11 ^a	6.89 ^a	7.27 ^a
تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	38 ^a	45 ^a	39 ^a	47 ^a	38 ^a	51 ^a	45 ^a	39 ^a	41 ^a
وزن دانه در سنبله Grain weight of spike (g)	1.68 ^a	1.84 ^a	1.54 ^a	2.29 ^a	1.97 ^a	2.52 ^a	2.09 ^a	1.59 ^a	1.66 ^a
وزن هزار دانه 1000 grain weight	43 ^a	41 ^a	40 ^a	48 ^a	50 ^a	49 ^a	46 ^a	40 ^a	40 ^a
عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	8.48 ^a	8.97 ^a	9.82 ^a	8.22 ^a	11.7 ^a	9.24 ^a	14.2 ^a	12.5 ^a	12.0 ^a
عملکرد اقتصادی Economical Yield (kg.ha ⁻¹)	3.60 ^{ab}	3.06 ^{ab}	3.83 ^{ab}	2.63 ^b	5.03 ^{ab}	3.68 ^{ab}	5.90 ^a	5.62 ^{ab}	4.51 ^a
شاخص برداشت Harvest index (%)	42 ^a	34 ^a	39 ^a	32 ^a	43 ^a	38 ^a	42 ^a	45 ^a	37 ^a

The same letters in each row based of Duncan test are not significant at the level of 0.05

حروف مشابه در هر سطر بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نمی باشد.

جدول ۶- مبانی محاسباتی ارزیابی اقتصادی بر اساس قیمت سال ۱۳۹۲ (۱۰ ریال)

Table 6- Computational foundations of economic evaluation based on the price of 2013 (10 Rials)

نهاده Input	هزینه در هکتار Cost per ha	ستاده* Output	قیمت Price
Disk دیسک	26000	Grain دانه	760
Moldboard Plow شخم برگردان‌دار	65000	Straw کاه	210
Leveler تسطیح‌کننده	25000		
Furrower فارو	14000		
Planting seeder بذرکار غلات	40000		
Pneumatic seed drills بذرکار مستقیم	72000		
Collection and transportation of straw (each Kg) جمع‌آوری و حمل کاه (هر کیلو)	30		
Transportation grain (each kg) حمل محصول (هر کیلو)	30		
June 2013 market price		* قیمت تیرماه ۹۲ بازار آزاد	

تفاوت معنی‌دار بین عملکرد گندم در روش خاک‌ورزی کاهش یافته و خاک‌ورزی رایج توسط سایر محققان گزارش شده است (Lopez-Bellide *et al.*, 2005; Marbet, 2000). نتایج مطالعات نشان داده است که انباشته شدن بقایای گیاهی در سطح خاک باعث عدم استقرار مناسب بذر در بستر می‌گردد و امکان کاهش تراکم در واحد سطح به‌وجود می‌آید (Emam *et al.*, 2000). از طرف دیگر کاربرد بقایای گیاهی زیاد بدون استفاده از کود نیتروژن باعث کاهش اجزای عملکرد می‌شود (Singh *et al.*, 2004). در تحقیقات گذشته تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم حاکی از تأثیر مثبت کاهش شدت خاک‌ورزی بر این جزء عملکرد بود (Amini *et al.*, 2014) که با نتایج مطالعه حاضر مشابه می‌باشد. مطالعه اثر نظام‌های تناوب زراعی مختلف بر عملکرد گندم در اقلیم سرد خراسان رضوی در طول پنج سال که در ایستگاه تحقیقاتی جلگه رخ انجام شده نشان داد که تناوب چغندر قند و گندم نسبت به شرایط تک‌کشتی گندم دارای عملکرد بیشتر می‌باشد (Zarea Feizabadi and Azizzi, 2012). این محققان تناوب چغندر قند با گندم را به دلیل نفوذ ریشه در خاک و ایجاد بستر بهتر برای رشد گندم را دلیل برتری این تناوب ذکر کردند (Zarea Feizabadi and Azizzi, 2012).

متوسط شاخص برداشت گندم در مطالعه ۳۹/۲ درصد بود و از نظر آماری تحت تأثیر معنی‌دار ($P \geq 0.05$) هیچ‌یک از تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی قرار نداشت (جدول ۲). علی‌رغم عدم معنی‌داری شاخص برداشت در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، شاخص برداشت در سیستم بدون شخم نسبت به سیستم‌های شخم کاهش یافته و شیوه متداول خاک‌ورزی به‌ترتیب ۳/۲ و ۲/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). با توجه به بالاتر بودن میانگین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در نظام خاک‌ورزی بدون شخم و همچنین افزایش عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیک، نسبت عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) به عملکرد

با توجه به این که تعداد دانه در سنبله گندم تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی قرار نگرفت و همچنین افزایش وزن دانه در سنبله با مقدار نیتروژن موجود در خاک رابطه مستقیمی دارد (Ahmadi and Bahrani, 2009)، احتمالاً تیمار شخم کاهش یافته ضمن بهبود شرایط رشدی مانند حفظ رطوبت خاک و افزایش تخلخل میزان کاهش نیتروژن کمتری داشته که در نهایت موجب افزایش وزن دانه در سنبله شده است.

مدیریت بقایای گیاهی و همچنین برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر وزن دانه در سنبله تأثیر معنی‌داری ($P \geq 0.05$) نداشت (جدول ۴ و ۵).

وزن هزار دانه تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) عملیات مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت (جدول ۲). روش کم خاک‌ورزی موجب افزایش ۱۵/۹ و ۱۴/۱ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار خاک‌ورزی متداول و بی‌خاک‌ورزی گردید (جدول ۳). وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی و برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا قرار نداشت (جدول ۴ و ۵). با این وجود در برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در تیمارهای خاک‌ورزی متداول و بدون خاک‌ورزی با افزایش درصد بقایای چغندر قند، وزن هزار دانه کاهش یافت (جدول ۵).

عملکرد دانه گندم به‌عنوان مهم‌ترین صفت مورد مطالعه تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) روش‌های مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد دانه گندم به‌ترتیب در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول به‌دست آمد. با کاهش عملیات خاک‌ورزی از سیستم متداول به کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی، میزان افزایش عملکرد دانه گندم به‌ترتیب ۸/۰ و ۵۲/۶ درصد بود (جدول ۳). عملکرد دانه گندم در تیمار حفظ ۳۰ درصد بقایای چغندر قند نسبت به تیمارهای بدون بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا به‌ترتیب ۵۶۰ و ۵۳۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود، با این وجود اختلافات از نظر آماری معنی‌دار ($P \geq 0.05$) نبود (جدول ۴).

بیولوژیک یا همان شاخص برداشت در این آزمایش افزایش یافت.

جدول ۷- ویژگی تیمارهای مورد مطالعه و فهرست هزینه و درآمدهای غیر مشترک (۱۰ ریال)
Table 7- Features treatments study and list of costs and revenues of non-subscribers (10 Rials)

صفات	بدون شخم No Tillage			شخم کاهش یافته Reduced Tillage			شیوه متداول خاک‌ورزی Conventional Tillage		
	بدون بقایا 60% of residue	۳۰ % بقایا 30% of residue	بدون بقایا No residue	بدون بقایا 60% of residue	۳۰ % بقایا 30% of residue	بدون بقایا No residue	بدون بقایا 60% of residue	۳۰ % بقایا 30% of residue	بدون بقایا No residue
عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	8477	8973	9817	8223	11743	9417	14177	12477	11967
عملکرد اقتصادی Economical Yield (kg.ha ⁻¹)	3603	3057	3827	2630	5030	3680	5900	5620	4513
کاه برداشت شده Straw	4873	5917	5990	5593	6713	5737	8277	6857	7453
دیسک Disk	0	0	0	1	1	1	1	1	1
شخم Moldboard Plow	0	0	0	0	0	0	1	1	1
تسطیح Leveler	0	0	0	0	0	0	1	1	1
قارو Furrower	0	0	0	1	1	1	1	1	1
بنرکار planting seeder	0	0	0	1	1	1	1	1	1
بنرکار مستقیم Pneumatic seed drills	1	1	1	0	0	0	0	0	0
هزینه کاشت Cost planting	72000	72000	72000	80000	80000	80000	170000	170000	170000
حمل گندم Transportation grain	108100	91700	114800	78900	150900	110400	177000	168600	153400
جمع‌آوری و حمل کاه Collection and transportation of straw	146200	177500	179700	167800	201400	172100	248300	205700	223600
درآمد Income	3761933	356557	4166167	3173400	5232600	4001500	6222100	5711100	4995333
جمع هزینه‌ها در هکتار Total cost .ha ⁻¹	326300	341200	366500	326700	432300	362500	595300	544300	529000

جدول ۸- درآمد نهایی روش خاک‌ورزی و افزودن بقایای گیاهی (۱۰ ریال)
Table 8- The net income of the treatment (10 Rials)

صفات	بدون شخم			شخم کاهش یافته			نسبه متداول خاک‌ورزی		
	بدون بقایا 60% of residue	۳۰% بقایا 30% of residue	بدون بقایا No residue	بدون بقایا 60% of residue	۳۰% بقایا 30% of residue	بدون بقایا No residue	۶۰% بقایا 60% of residue	۳۰% بقایا 30% of residue	بدون بقایا No Residue
عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	8477	8973	9817	8223	11743	9417	14177	12477	11967
عملکرد اقتصادی Economical Yield (kg.ha ⁻¹)	3603	3057	3827	2630	5030	3680	5900	5620	4513
درآمد income	3761933	3565567	4166167	3173400	5232600	4001500	6222100	5711100	4995333
جمع هزینه‌ها Total cost	326300	341200	366500	326700	432300	362500	595300	544300	529000
درآمد خالص Net income	3435633 ^d	3224367 ^{de}	3799667 ^d	2846700 ^e	4800300 ^b	3639000 ^d	5626800 ^a	5166800 ^b	4466333 ^{bc}

حروف مشابه در هر سطر بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند
The same letters in each row based of Duncan test are not significant at the level of 0.05

بیولوژیک بیشتری تولید کرد که ضمن بهبود درصد کربن آلی خاک موجب افزایش فعالیت میکروبی خاک می‌گردد که در نهایت در طولانی مدت به پایداری تولید منجر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتیجه این پژوهش نشان داد که با کاهش میزان عملیات خاک‌ورزی عملکرد بیولوژیک افزایش یافت اما حفظ بقایای گیاهی چغندر قند تأثیری بر عملکرد بیولوژیک گندم نداشت. از طرف دیگر بیشترین و کمترین عملکرد دانه گندم به‌ترتیب در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول به‌دست آمد و عملکرد دانه گندم در تیمار حفظ ۳۰ درصد بقایای چغندر قند نسبت به تیمارهای بدون بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا به‌ترتیب ۵۶۰ و ۵۳۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود با این وجود اختلافات از نظر آماری معنی‌دار نبود. ارزیابی اقتصادی که مهم‌ترین عامل برای تشویق زارعین جهت اجرای سیستم‌های حفاظتی است نشان داد که استفاده از روش‌های شخم حفاظتی از جمله شخم کاهش یافته از نظر درآمد خالص قابل رقابت با روش‌های متداول خاک‌ورزی است که ضمن صدمه کمتر به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باعث بهبود و پایداری تولید نیز خواهد شد. در نهایت این موضوع خود تأییدی بر لزوم نگهداری بقایا در مزرعه جهت استفاده از منافع فراوان آن است با اینکه در کوتاه مدت امکان کاهش عملکرد دانه وجود دارد، ولی به نظر می‌رسد که در بلند مدت پس از به تعادل رسیدن مقدار تجزیه‌ی ماده آلی با مقدار اضافه شدن آن به خاک، عملکرد دانه مطلوبی عاید شود.

ارزیابی اقتصادی اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر اساس قیمت‌های نهاده‌ها و ستاده‌های سال ۱۳۹۲ (جدول ۶) انجام گرفت.

جدول شماره ۷ بیانگر ویژگی تیمارهای مورد مطالعه و فهرست هزینه و درآمدهای غیرمشترک است. نتایج ارزیابی اقتصادی نشان داد که هزینه کاشت در روش‌های بدون خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد (جدول ۷). از طرف دیگر سایر هزینه‌ها مربوط به جمع‌آوری و حمل محصول و بقای آن می‌باشد که این مقدار از هزینه طبیعتاً در تیمارهایی که تولید بیشتر داشته‌اند بالاتر خواهد بود. تیمار شیوه متداول خاک‌ورزی و حفظ ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا با توجه به عملکرد اقتصادی و کاه بیشتر، هزینه بیشتری نیز برای جمع‌آوری و حمل آن‌ها محاسبه گردید. بررسی درآمد خالص که برآیند کل هزینه‌ها و درآمد می‌باشد نشان داد که تیمار شیوه متداول خاک‌ورزی و تیمار شخم کاهش یافته با حفظ ۶۰ درصد بقایا به‌ترتیب بیشترین و کمترین درآمد خالص را دارا بودند. در بین تیمارهای شخم حفاظتی، تیمار شخم کاهش یافته با حفظ ۳۰ درصد بقایا درآمد بالاتری داشت، همچنین این تیمار نسبت به تیمار خاک‌ورزی متداول بدون حفظ بقایا نیز درآمد خالص بیشتری تولید کرد و نسبت به تیمار خاک‌ورزی متداول با حفظ ۳۰ درصد بقایا اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۸). با توجه به اینکه استفاده از روش‌های شخم حفاظتی از جمله شخم کاهش یافته از نظر درآمد خالص قابلیت رقابت با روش‌های متداول خاک‌ورزی را دارد و همچنین این روش صدمه کمتری به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک وارد می‌کند.

از طرف دیگر حفظ ۳۰ درصد از بقایا نسبت به تیمارهای بدون بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایا به‌ترتیب ۷/۲ و ۶/۳ درصد عملکرد

References

- Ahmadi, M., and Bahrani, M. J. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 5: 755-761.
- Amini, A., Rajaie, M., and Farsinezhad, K. 2014. Effects of different plant residue under different tillage practices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Ecophysiology 16: 27-37.
- Asadi Khoshkhomei, A., and Hemat, A. 2002. The effect of tillage on yield management standing remains barley on forage yield corn. Proceedings of the Second National Congress of Agricultural Engineering and Mechanization. Tehran.
- Balota, E. L., Colozzi-Filho, A., Andrade, D. S., and Richard, P. D. 2003. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. Biology and Fertility of Soils 38: 15-20
- Barzegar, A. R., Hashemi, A. M., Herbert, S. J., and Asoodar, M. 2004. Interactive effects of tillage system and soil water content aggregate size distribution for seedbed preparation in Fluvisols southwest Iran. Soil and Tillage Research 78: 45-52.
- Chegeni, M., Ansari-dust, Sh., and Eskandari, H. 2014. Effect of Tillage Methods and Residuals Management on Some Physical Properties of Soil to Achieve Sustainable Agriculture. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 24: 31-40.
- Dala, R. C., and Mayer, R. J. 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. Australian

- Journal of Soil Research 24: 281-292.
8. Emam, Y. 2003. Cereal crops. (1th ed). Shiraz University. pp 190.
9. Emam, Y., Kheradnam, M., Bahrani, M. G., Asad, M. T., and Ghadiri, H. 2000. The effects of residue management on the grain yield and its components of winter wheat in continuous irrigated wheat cropping. Iranian Journal Agriculture Science 31: 839-850
10. Frye, W. W., Blevins, R. L., and Smith, M. A. 2003. Cover crops in conservation tillage: benefits and liabilities. Agronomy Journal 22: 145-171.
11. Helm, V. 2005. Conservation tillage: corn, grain sorghum, and wheat in Dallas County, Texas. Soil and Tillage Research 23: 356-366.
12. Hydari, A., and Jaafari, A. 2002. The effect of corn residue management and tillage depth on wheat yield. Agricultural Machinery Engineering Proceedings of the National Congress of Mechanization. Tehran, Iran.
13. Katsvairo, T., Cox, W. J., and Van, E. H. 2002. Tillage and rotation effects on soil physical characteristics. Agronomy Journal 94: 299-304.
14. Krupinsky, J. M., Tanaka, D. L., Merrill, S. D., and Liebig, M. A. 2005. Crop sequence effects of 10 crops in the northern Great Plains. Journal of Agricultural Systems 88: 227-244.
15. Lampurlanes, J., Angas, P., and Martines, C. 2001. Root growth soil water content and yield of barely under different tillage systems on two soils in semiarid conditions. Field Crops Research 69: 27-40.
16. Lapen, D. R., Topp, G. C., Edwards, M. E., Gregorich, E. G., and Cumin, W. E. 2004. Combination cone penetration resistance/ water content instrumentation to evaluated cone penetration- water content relationships in tillage research. Soil and Tillage Research 79: 51-62.
17. Listrom, G. M., Terman, G. L., Dreier, A. F., and Olson, R. A. 2001. Residual nitrate nitrogen in fertilized deep loess-derived soils. Agronomy Journal 60: 477-482.
18. Lopez, M. V., Arre, J. L., Fuentes, J. A., and Moret, M. 1997. Dynamics of surface barley residues during fallow as affected by tillage and decomposition in semiarid Aragon (NE Spain). European Journal Agronomy 23: 26-36.
19. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., Castillo, J. E., and Lopez- Bellido, F. J. 2005. Effect of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions. Agronomy Journal 92: 1054-1063.
20. Marbet, R. 2000. Differential response of wheat to tillage management systems in a semi-arid area of morocco. Field Crops Research 66: 165-174.
21. Singh, Y., Ladha, J. K., Khind, C. S., and Bueno, C. S. 2004. Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice- wheat rotation. Soil Science Society of America Journal 68: 854-864.
22. Zarea Feizabadi, A., and Azizzi, M. 2012. Effect of Different Crop Rotation Systems on Wheat Productivity in Cold Agro-Climatic Region of Khorasan-e-Razavi in Iran. Seed and Plant Production Journal 2-28 (3) 261-275.
23. Zarea Feizabadi, A., and Nourihosseini, M. 2013. Study on the variations of organic carbon and some nutrients in soil. Iranian Journal of Soil Research 27 (4): 629-643.



The Effect of Different Types of Soil Tillage and Sugar beet (*Beta vulgaris*) Residue Management on Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum aestivum*)

M. R. Salami¹ - P. Rezvani Moghaddam^{2*} - H. R. Sharifi³ - A. R. Ghaemi³ - M. Nassiri Mahallati²

Received: 28-12-2015

Accepted: 27-09-2016

Introduction

Low organic matter in arable land is one of the problems in arid and semi-arid regions that can be effective in reducing yield and increasing production costs. Soil organic matter, however, influences several critical soil functions and is affected by land management practices. Soil organic matter enhances water and nutrient holding capacity and improves soil structure. Appropriate soil carbon management can enhance productivity and environmental quality, and can reduce the severity and costs of natural phenomena, such as droughts. In addition, the practice of increasing soil organic matter levels may help in reducing atmospheric CO₂ levels that contribute to climate change. Decreases in soil organic matter contents, through cultivation or tillage intensification, are often related to the deterioration of soil structure. Effects include the loss of aggregate stability, increased crust formation, increased runoff and soil erosion, increased soil compaction, slower water infiltration and a slower exchange of water and gasses. Organic matter impacts the physical, chemical and biological characteristics of the soil. Soil water holding capacity is controlled primarily by the soil texture, structure and the soil organic matter content. Organic matter can hold up to 20 times its own weight of water as the level of organic matter increases in a soil, the water holding also increases, due to the affinity of organic matter for water. The output of organic matter comprises the organic matter losses or exits, i.e. organic matter that is considered not available for spreading on land or in-situ losses due to soil processes. A certain percentage of organic matter produced will end up in landfills or will be used in bio-energy plants. Conservation tillage approaches and plant residue management could play an effective role on sustainable production of agro ecosystems, environment and lower input application through its direct effect on soil physical and chemical criteria.

Materials and Methods

The field experiment was conducted in the Agricultural Research Station of Jolge Rokh, Khorasan Razavi province, Iran in an area of 1.5 hectares of land which was under sugar beet cultivation in the previous year, during the 2013-2014 growing season. Experimental design was split plot based on Randomized complete block design with three replications. Three soil tillage types comprising conventional tillage (moldboard plow, disk, leveler, furrower and planting with seeder), reduced tillage (packer chisel, cyclo-tiller and planting with seed drills) and no tillage (direct seeding with GASPARDO pneumatic seed drills) and three residue management (no residue remaining of 30 and 60 percentage of residues) were considered as main and sub-plot, respectively. Wheat cultivar was used the Mihan. For residue management treatments, 30 and 60 percent residue of the sugar beets grown in the previous season and was conserved and managed in the soil.

Results and Discussion

No significant effect was observed among tillage types according to plant height, number of spike per square meter, spike height, number of seed per spike and harvest index, while the difference between biological yield,

1- Ph.D. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, International Campus, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor, Center of Agricultural Research and Natural Resources of Khorasan Razavi Province

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

seed weight per spike, 1000-seed weight and seed yield were significant. Result showed that, use of tillage operations led to favorable conditions for plant growth and height. In the other hand no significant change was shown in plant height with increasing residue, possibly due to incomplete decomposition of plant residue and stabilization of nutrients, especially nitrogen. The highest and the lowest wheat seed yield were obtained in these two types of tillage. No significant effect was observed on any of the studies parameters. Different tillage treatments had the significant effect on biological yield. Biological yield increased with reduced tillage. Tillage operations had significant influence on grain weight per spike. The highest and the lowest seed weight per spike were related to reduced tillage and conventional treatments.

Conclusions

Generally, biological yield was increased as tillage intensity was decreased, but remaining sugar beet residues had no effect on this parameter.

Keywords: Agro ecosystems, Conventional tillage, No-till, Reduced tillage



بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه، تجمع اسمولیت ها و رنگ دانه های فتوستیزی در ژنوتیپ های سورگوم دانه ای (*Sorghum bicolor* L.)

علی آذری نصرآباد^{۱*} - سید محسن موسوی نیک^۲ - محمد گلوی^۳ - سید علیرضا بهشتی^۴ - علیرضا سیروس مهر^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۱۰

چکیده

یکی از مهم ترین راهبردهای گیاهان در پاسخ به تنش های غیرزنده از جمله خشکی، تجمع مواد محلول آلی سازگار است. به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و برخی صفات بیوشیمیایی در ژنوتیپ های سورگوم دانه ای، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی اجرا شد. تیمارهای تنش خشکی شامل آبیاری متداول (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (مرحله رویت آخرین برگ به صورت لوله ای) و قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (۵۰ درصد بوته ها در مرحله آغاز گلدهی) به عنوان عامل اصلی و ۱۰ ژنوتیپ سورگوم دانه ای شامل: KGS33، MGS2، KGS29، KGS33، MGS5، KGFS27، KGFS17، KGFS5، KGFS13 و KGFS30 به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیر منفی معنی داری بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در پانیکول داشته است. ژنوتیپ های مورد مطالعه نیز از نظر تمام صفات مورد بررسی تفاوت آماری معنی دار داشتند که حاکی از وجود تنوع بالا در بین ژنوتیپ ها بود. تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها و افزایش محتوای کربوهیدرات های محلول و پرولین آزاد و نیز درصد قند ساقه (Brix) گردید. از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ KGFS13 با میانگین عملکرد ۵۰۶۰ کیلوگرم در هکتار و پس از آن ژنوتیپ KGFS17 قرار گرفت. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای پرولین برگ نشان می دهد که ژنوتیپ KGSF17 در تیمار تنش خشکی متوسط، بالاترین میزان و ژنوتیپ های MGS2 و MGS5 در شرایط آبیاری متداول به طور مشترک کمترین میزان پرولین را دارا بودند. در مجموع نتایج نشان می دهد که تجمع پرولین و کربوهیدرات های محلول و درصد قند ساقه، در اثر تنش خشکی افزایش و رنگ دانه های فتوستیزی کاهش پیدا می کند.

واژه های کلیدی: پرولین آزاد، رشد زایشی، قطع آبیاری، کربوهیدرات های محلول

مقدمه

تنش خشکی از مهم ترین فاکتورهای محدودکننده رشد و تولید

گیاهان محسوب می شود و منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصدی در میانگین تولید اکثر محصولات در سرتاسر جهان می شود (Lata et al., 2011). مقاومت گیاهان به تنش خشکی به علت پیچیده بودن اثرات متقابل بین فاکتورهای تنش و نیز تنوع پدیده های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مؤثر بر رشد و نمو گیاه بسیار پیچیده است و بنابراین شناخت آثار تنش خشکی در گیاهان ضروری به نظر می رسد (Hui-Ping et al., 2012). در حین کمبود آب، حفظ پتانسیل آب گیاه برای ادامه رشد ضروری است و می تواند از طریق مکانیسم های تنظیم اسمزی ناشی از تجمع محلول های سازگار نظیر پرولین و هیدرات های کربن در سیتوپلاسم به دست آید (Ajithkumar and Panneerselvam, 2013).

پاسخ گیاهان زراعی به تنش خشکی از جنبه های بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و زراعی موضوع بحث مقالات زیادی بوده است

- ۱- استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران
- ۲، ۳ و ۵- به ترتیب دانشیار، استاد و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
- ۴- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: Azari_ali2003@yahoo.com)

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.52683

حجم و آماس سلول در برابر پسابیدگی انباشته می‌کنند. تنظیم اسمزی در ساقه‌ها، برگ‌ها و ریشه‌ها و میوه‌ها مشاهده شده است (Nonami, 1998; Patakas *et al.*, 2002).

پرویلین در گیاهان در خلال سازگاری به انواع تنش‌های محیطی نظیر خشکی، شوری، گرما، کمبود عناصر غذایی و تماس با فلزات سنگین و اسیدیته بالا، تجمع می‌یابد (Oncel *et al.*, 2000). نقش اصلی پرویلین احتمالاً کاهش پتانسیل اسمزی نبوده، بلکه محافظت از آنزیم‌ها در برابر پسابیدگی و تجمع نمک است (Thomas, 1990).

محتوای کلروفیل یکی از فاکتورهای مهم و مؤثر بر قابلیت فتوسنتزی است. کاهش یا عدم تغییر در محتوای کلروفیل گیاه تحت شرایط تنش خشکی در گونه‌های مختلف گیاهی مشاهده شده است و شدت این کاهش بستگی به میزان تنش و مدت آن دارد (Jagtap *et al.*, 1998; Rensburg and Kruger, 1994).

محتوای کلروفیل برگ شاخصی از قابلیت فتوسنتزی بافت‌های گیاهی است (Nageswara *et al.*, 2001; Wright *et al.*, 1994). در گزارشی بیان شد که تنش خشکی اثری بر محتوای کلروفیل برگ ذرت نداشته است و نتیجه گرفتند که کاهش در فشار تورگر ناشی از کمبود آب، منجر به تغییر در مقدار تشعشع قرمز دور و تشعشع عبور کرده از برگ شد. به عبارت دیگر انعکاس نور در اثر تنش خشکی افزایش می‌یابد (Schlemmer *et al.*, 2005).

مشخص گردیده که در بین مکانیسم‌های متنوع، تنظیم اسمزی، آبیسیسیک اسید و القای دهیدرین‌ها می‌تواند مقاومت در برابر خسارت‌های خشکی را به وسیله نگهداری پتانسیل بالای آب بافت ایجاد کند (Turner *et al.*, 2001). با تجمع مواد محلول، پتانسیل اسمزی سلول کاهش می‌یابد، که آب را به داخل سلول جذب می‌کند و به حفظ آماس (تورگر) کمک می‌کند. حفظ تورگر، علی‌رغم کاهش حجم آب برگ ثابت است.

تنظیم اسمزی به حفظ تعادل آب سلول با تجمع فعال مواد محلول در سیتوپلاسم کمک می‌کند، بنابراین اثرات مضر خشکی را به حداقل می‌رساند (Morgan, 1990).

تنظیم اسمزی یک صفت مهم در تأخیر خسارت پسابیدگی در محیط‌های با محدودیت آب به وسیله حفظ مداوم آماس سلول و فرآیندهای فیزیولوژیکی به شمار می‌رود (Taiz and Zeiger, 2006). تنظیم اسمزی همچنین جابه‌جایی بهتر کربوهیدرات‌های قبل از گرده‌افشانی را در خلال پر شدن دانه تسهیل می‌نماید (Subbarao *et al.*, 2000). در حالی که حفظ آماس (تورگر) منجر به رشد و فتوسنتز زیاده‌تر می‌شود (Subbarao *et al.*, 2000; Ludlow and Muchow, 1990).

یکی از شایع‌ترین راهبردهای مقاومت به تنش در گیاهان، تولید فراوان انواع متفاوتی از مواد محلول آلی سازگار است (Serraj and Sinclair, 2002). مواد محلول سازگار، مواد با وزن مولکولی پایین

(Subbarao *et al.*, 2000). بخشی از این پژوهش‌ها، رهیافت‌های اصلاح نباتاتی را برای بهبود صفات مقاومت به خشکی دنبال کرده‌اند، همچون تجمع اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب، تنظیم اسمزی، پیچش برگ و ریخت‌شناسی ریشه از جمله این مطالعات می‌باشند. اخیراً نیز به نقش پروتئین‌هایی که در شرایط تنش رطوبتی ساخته می‌شوند توجه خاصی شده است (Subbarao *et al.*, 2000).

تنظیم اسمزی در گیاهان به واسطه تجمع مواد محلول سازگار یا متابولیت‌ها حاصل می‌شود. این ترکیبات به دلیل عدم مداخله در واکنش‌های عادی متابولیکی گیاه به عنوان متابولیت‌های سازگار یا مکمل شناخته می‌شوند که در گیاهان متحمل به تنش به طور طبیعی تجمع می‌یابند. انباشت این متابولیت‌ها از نظر ارزش سازگاری یا غیر سازگاری در برابر تنش مورد بحث است. تجمع پرویلین، قندهای محلول و سایر متابولیت‌ها که در تنظیم اسمزی دخالت می‌کنند از گیاهان مختلفی گزارش شده است (Liu *et al.*, 2004).

نتایج مطالعات در سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) نشان می‌دهد که جذب آب بیشتر در این گیاه در نتیجه تنظیم اسمزی مناسب و سیستم ریشه‌ای نسبتاً گسترده است. در گیاهان متحمل به خشکی از جمله سورگوم، برگ‌های پایینی از بین می‌روند در حالی که برگ‌های جوان در وضعیت آماس کامل و شاداب باقی می‌مانند. این برگ‌ها دارای هدایت روزنه‌ای، نرخ تثبیت کربن و تنظیم اسمزی مناسبی هستند. تنظیم اسمزی به عنوان یک سازوکار مناسب اجتناب از تنش محتوی آب سلولی را حفظ می‌کند و گزارش‌های متعددی در گیاهان زراعی مختلف از جمله سورگوم حاکی از همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقادیر بالای تنظیم اسمزی و تولید عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی است و تنظیم اسمزی موجب حفظ محتوی نسبی آب برگ و نیز پتانسیل آبی پایین برگ می‌شود، به نظر می‌رسد که این سازوکار رشد گیاه را تضمین می‌کند (Schaffert *et al.*, 2011).

محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها که در تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی حائز اهمیت هستند تحت تأثیر خشکی تغییر می‌کند (Jaleel *et al.*, 2009). این تغییرات به نوعی می‌تواند در انجام فتوسنتز محدودیت‌هایی ایجاد کند که اثر مستقیم خشکی بر بسته شدن روزنه‌ها، تبادلات گازی و فتوسنتز را پیچیده‌تر می‌سازد. کاهش غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها در قدم اول همراه با تولید مولکول‌های فعال اکسیژن (ROS) است (Reddy *et al.*, 2004). درواقع تنش خشکی در طول دوره پر شدن دانه با محدودیت روابط آبی و فتوسنتز، تبدیل ذخایر ساقه به قندهای محلول و انتقال مجدد آن‌ها به دانه‌ها را لقاء می‌کند (Blum, 2008).

تحت شرایط تنش خشکی یا شوری شدید، گیاهان به طور کامل رشد را متوقف می‌کنند و ترکیبات محلول را در سلول به منظور حفظ

یک محافظ اسمزی عمل کرده و مقاومت به تنش خشکی را القا می‌کند (Yamada et al., 2005). در تحقیقی، محققین دریافتند که با اعمال تنش خشکی شدید در گندم، محتوای کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (Fotovat et al., 2007). در تحقیقی، محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در ژنوتیپ‌های پنبه با القای تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاهش پیدا کرد و هنگام رفع تنش خشکی محتوای کاروتنوئیدها در ژنوتیپ‌های پنبه افزایش پیدا کرد (Kumar et al., 2007).

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای آن و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی شامل میزان انباشت پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و میزان رنگ‌دانه‌های فتوستتزی در ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌منظور تعیین اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی در ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی (عرض جغرافیایی ۳۲ و ۵۲ و طول جغرافیایی ۵۹ و ۵۸ و ۱۳۸۱ متر ارتفاع از سطح دریا) انجام گردید. اقلیم منطقه معتدل خشک بوده، میانگین بارندگی سالیانه ۱۴۷ میلی‌متر است. خاک محل آزمایش با داشتن ۵۰/۷ درصد شن، ۲۵/۹ درصد سیلت و ۲۳/۴ درصد رس در رده بافت لومی قرار می‌گیرد. درصد کربن آلی خاک ۰/۱۳، فسفر و پتاسیم قابل جذب به‌ترتیب ۵/۳۸ و ۲۱۴/۲ قسمت در میلیون و pH خاک ۸/۱۴، EC خاک ۲/۲۱ (ds m^{-1}) بود. نمونه‌گیری از خاک قبل از کاشت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه و بهاره و دیسک و تسطیح در بهار ۱۳۹۳ انجام و کودهای پایه بر اساس نتایج آزمون خاک مصرف شد (جدول ۱).

می‌باشند و ترکیبات با حلالیت بالا هستند که غالباً حتی در غلظت‌های بالا در سیتوسول، غیر سمی هستند. به‌طور کلی، ترکیبات آلی یادشده گیاهان را از طریق روش‌های مختلف نظیر شرکت در تنظیم اسمزی، غیر سمی کردن گونه‌های اکسیژن فعال، پایداری غشاء و ساختار طبیعی آنزیم‌ها و پروتئین‌ها در برابر تنش خشکی حفظ می‌کنند (Zhu, 2002).

تنظیم اسمزی شامل انباشت (تجمع) تعدادی از مولکول‌ها یا یون‌های فعال اسمزی شامل قندهای محلول، الکل‌های قندی، پرولین، گلیسین بتائین، اسیدهای آلی، کلسیم، پتاسیم و یون‌های کلرید هستند. تحت شرایط تنش خشکی و در نتیجه تجمع املاح، پتانسیل اسمزی سلول کاهش می‌یابد، که آب را به داخل سلول جذب کرده و به حفظ آماس (تورگر) کمک می‌کند. به‌وسیله تنظیم اسمزی، اندام‌ها و فعالیت‌های سیتوپلاسمی در یک حد نرمال اتفاق می‌افتد و به گیاهان در زمینه انجام بهتر رشد، فتوسنتز و تسهیم آسمیلات‌ها به دانه در حال پر شدن کمک می‌کند (Ludlow and Muchow, 1990; Subbarao et al., 2000).

از بین این مواد محلول، پرولین یکی از مهم‌ترین ترکیبات محلول سیتوسول است و تجمع آزاد آن، یک پاسخ شایع در گیاهان عالی، جلبک‌ها و باکتری‌ها به کاهش پتانسیل آب است (Zhu, 2002). سنتز پرولین در برگ‌ها در پتانسیل پایین آب، به‌وسیله ترکیب افزایش بیوسنتز و کاهش اکسیداسیون در میتوکندری انجام می‌گردد. علی‌رغم برخی مخالفت‌ها و تناقض‌ها، نقش‌های فیزیولوژیکی متعددی برای پرولین آزاد در نظر گرفته شده است شامل پایداری ماکرومولکول‌ها، مخزنی برای ردوکنانت‌های اضافی و ذخیره‌ای از کربن و نیتروژن برای استفاده پس از کمبود آب (Zhu, 2002).

محتوای پرولین تحت شرایط تنش خشکی در ارقام نخود افزایش پیدا کرد (Alexieva et al., 2001). در ارقام پتونیا (*Petunia hybrida* cv. Mitchell) مقاوم به خشکی گزارش شده است که پرولین آزاد را در شرایط تنش خشکی انباشت می‌کنند که به‌عنوان

جدول ۱- مشخصات شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Chemical characteristics of the soil

pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ds m^{-1})	نسبت جذب سدیم (SAR)	مجموع کاتیون‌ها Total cations	پتاسیم K^+	سدیم Na^+	منیزیم Mg^{2+}	کلسیم Ca^{2+}	مجموع آنیون‌ها Total anions	سولفات SO_4^{2-}	کلر Cl^-	بیگنات HCO_3^-	کربنات* CO_3^{2-}	عمق خاک (سانتی‌متر) soil depth (cm)
8.14	3.21	6.3	21.9	1.1	16.7	5.2	8.9	31.7	6.1	19.5	5.9	0.2	0-50

* میلی اکی‌والانت در لیتر (meq l^{-1})

کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد، سطوح مختلف تنش خشکی

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در جداول (۲ تا ۴) ارائه شده است. بر اساس جدول تجزیه واریانس ساده اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر وزن هزار دانه و تعداد دانه در پانیکول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در آزمایش از نظر صفات فوق در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان دادند (جدول ۲).

اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ نیز بر وزن هزار دانه غیر معنی‌دار بود و از نظر بقیه صفات مورد اشاره در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌دار نشان داد.

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد دانه کاهش یافته است، به گونه‌ای که درصد کاهش عملکرد نسبت به شاهد در تیمار قطع آبیاری در مرحله رویشی (تنش شدید) و قطع آبیاری در مرحله زایشی (تنش متوسط) به ترتیب ۵۱ و ۲۵ درصد بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ KGFS13 با میانگین عملکرد ۵۰۶۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد دانه و ژنوتیپ KGS33 با میانگین عملکرد ۱۷۴۱ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند.

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر صفات فوق نشان می‌دهد که ژنوتیپ KGFS13 در شرایط تنش خشکی متوسط و آبیاری متداول، به‌طور مشترک بالاترین عملکرد دانه را داشته و ژنوتیپ KGFS5 در شرایط تنش خشکی شدید کمترین میزان را از این نظر به خود اختصاص داد (جدول ۴).

کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی در منابع مختلف گزارش شده است (Ali et al., 2009; Prasad et al., 2008). در واقع کاهش عملکرد ناشی از کاهش تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه به‌عنوان اجزای عملکرد دانه است (Maman et al., 2004). کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی ممکن است بیشتر به علت تأثیر بر تأمین مواد پرورده مورد نیاز برای پر شدن دانه‌ها، کاهش قدرت مخزن برای جذب مواد فتوسنتزی و نیز کاهش دوره رشد دانه باشد و ممکن است وقایع اولیه مربوط به رشد دانه شامل تقسیم سلولی و شکل‌گیری اندازه مخزن کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گیرد (Saeidi et al., 2010). یافته‌های سایر محققین نیز این موضوع را تأیید می‌کند (Yang and Zang, 2006).

اثر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز از نظر محتوای کلروفیل a و کاروتنوئیدها در سطح احتمال یک درصد و از نظر کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌دار نشان می‌دهند (جدول ۲).

به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم دانه‌ای به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت شامل چهار خط به طول شش متر و فاصله بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ضمناً بین هر کرت و کرت مجاور یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. در تمام مدت آزمایش کنترل علف‌های هرز به‌صورت دوره‌ای و به‌صورت وجین دستی انجام گرفت. کاشت در دهه سوم اردیبهشت‌ماه پس از رسیدن دمای خاک به ۱۲ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌های (۱۰ ژنوتیپ) شش‌گانه:

GFS17, KGFS5, MGS5, KGFS27, KGS33, MGS2, KGS29

و KGFS30 که لاین‌های پیشرفته و امیدبخش برای معرفی رقم می‌باشند به همراه رقم سپیده در معرض سطوح مختلف تنش خشکی (آبیاری متداول (بدون تنش)، قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی (مرحله رؤیت آخرین برگ به‌صورت لوله‌ای) و قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (۵۰ درصد بوته‌ها در مرحله آغاز گلدهی) قرار گرفتند.

برای تعیین اجزای عملکرد دانه از هر کرت نیم متر طولی برداشت و تعداد بوته، تعداد پانیکول، تعداد دانه پانیکول، وزن هزار دانه، تعداد دانه در مترمربع تعیین گردیدند. برای تعیین عملکرد دانه پس از حذف دو خط حاشیه و نیم متر ابتدا و انتهای هر کرت از سطح سه مترمربع برداشت انجام شد و پس از خشک شدن کامل، کل نمونه‌ها توزین و سپس نمونه‌ها با دست کوبیده شده و دانه‌ها جدا و توزین گردید و عملکرد دانه محاسبه شد.

صفات بیوشیمیایی شامل محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، پرولین و کربوهیدرات بر روی برگ پرچم از بوته‌های هر کرت که پس از مرحله گلدهی (۴۵ روز پس از اعمال تنش) نمونه‌گیری شده بودند اندازه‌گیری شدند. برگ‌های پرچم بلافاصله پس از جدا شدن از بوته به داخل تانک ازت مایع منتقل گردیدند و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. درصد قند ساقه نیز پس از برش ساقه و قرار دادن شیرخار شده از آن توسط دستگاه رفرکتومتر مدل (PAL-3-Atago) قرائت گردید. اندازه‌گیری محتوای کلروفیل a و b، مجموع کلروفیل a و b و کاروتنوئید طبق روش آرنون با استفاده از حلال استن انجام گردید (Arnon, 1949).

سنجش غلظت کربوهیدرات‌های محلول با استفاده از روش فنل سولفوریک انجام گرفت (Schlegel, 1956). اندازه‌گیری پرولین آزاد نیز با استفاده از روش بیتس انجام گرفت (Bates et al., 1973). پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس ساده و مقایسه میانگین صفات به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) انجام گرفت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای آن و خصوصیات بیوشیمیایی ژنوتیپهای سورگوم داندامی
Table 2- Analysis of variance (Mean square) of water stresses on yield, its components and biochemical traits in grain sorghum genotypes

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a Content	محتوای کلروفیل b Chlorophyll b content	محتوای کاروتنوئیدها Carotenoids content	محتوای کربوهیدرات Carbohydrates content	محتوای پروئین Proline content	درصد قند ساقه (Brix of stem)	مجموع کلروفیل a و b Total of chlorophyll a and b	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 grain weight	تعداد دانه در پانیکول Grains per panicle
Replication (R)	تکرار	2	0.025 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.000092 ^{ns}	33181 ^{ns}	2315**	0.229 ^{ns}	0.304 ^{ns}	3.34 ^{ns}	42 ^{ns}	85266*
Water stress (S)	تنش خشکی	2	24.7*	2.7*	0.0086*	39084*	531*	212.1*	34.1*	21.5*	124*	85564*
Error a (r×a)	خطای (a)	4	5.81	0.42	0.0013	8392	120.3	49.4	4.3	0.7	32	8589.4
Genotype (G)	ژنوتیپ	9	21.4**	1.79*	0.0033**	1508**	399**	32**	27.3**	8.3**	153**	319251**
S×G	تنش خشکی × ژنوتیپ	18	19.8**	3.62**	0.0023**	2774**	315**	21.1**	31.6**	2.4**	14ns	39641*
Error b	خطای (b)	54	2.72	0.99	0.00059	237.2	28.3	7.5	4.47	0.4	9	17760
C.V (%)	ضریب تغییرات (%)		26	67	27.7	16.2	14.9	17.8	27.4	26.4	12.86	35

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and **: Not-significant, significant at 5 and 1% probability level, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای آن و خصوصیات بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های سورگوم دانمادی
Table 3- Mean comparison of the effect of water stress on yield, its components and biochemical traits in grain sorghum genotypes

Treatments	محتوی کلروفیل a Chlorophyll a Content of Fresh Leaf Weight (FLW) (mg g ⁻¹ FLW)	محتوی کلروفیل b Chlorophyll b content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوی کاروتنوئیدها carotenoids content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوی کربوهیدرات Carbohydrate content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوی پرولین Proline content (mg g ⁻¹ FLW)	درصد قند ساقه (Brix of stem) (%)	تعداد دانه در پانیکول Panicle Seed number	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000 grain weight (gr)
Water Stress									
S1	7.19 a	1.82 a	0.0835 ab	77.7 ab	30.76 b	13.25 b	439 a	3335 a	25.4 a
S2	6.37 ab	1.33 b	0.106 a	136.3 a	37.14 ab	18.4 a	338 b	1641 c	21.3 b
S3	5.37 b	1.26 b	0.073 b	70.5 b	38.7 a	14.6 ab	361 b	2488 b	23.2 ab
Genotypes									
KGS29	5.28 cd	1.21 b	0.072 c	82.9 d	35.8 bc	14.6 ab	240 de	2352 bc	24.6 ab
MGS2	9.1 a	1.97 ab	0.112 a	118.7 a	30.3 def	15.1 ab	373 cd	2141 cd	23.4 ab
KGS33	7.01 b	1.48 ab	0.095 ab	79.2 d	35.1 bcd	16.8 ab	253 de	1741 d	23.1 b
Sepideh	4.7 d	1.28 b	0.07 bc	89.9 cd	38.8 b	14.4 b	224 e	1784 cd	23.3 ab
KGFS27	5.43 cd	1.2 b	0.115 a	102.2 bc	26.5 f	16.9 ab	814 a	2055 cd	11.9 c
MGS5	4.9 d	2.41 a	0.024 bc	90.8 cd	27.3 ef	15.6 ab	287 cde	2349 bc	26.0 a
KGFS5	8.64 a	1.81 ab	0.08 bc	78.7 d	44.4 a	16.6 ab	317 cde	2370 bc	25.4 ab
KGFS17	6.5 bc	1.2 b	0.112 a	98.5 bc	45.8 a	16.2 ab	421 c	2880 b	23.9 ab
KGFS13	5.2 cd	1.05 b	0.065 c	101.3 bc	32.1 cde	10.8 c	594 b	5060 a	25.8 ab
KGFS30	6.5 bc	1.11 b	0.078 bc	106.4 ab	39.2 b	17.1 a	274 de	2149 cd	25.4 ab

S2 = مرحله آبیاری در مرحله زایشی، S3 = قطع آبیاری در مرحله آبیاری در سطح 7/5 ندارد قطع آبیاری در سطح 7/5 تفاوت معنی‌دار است بر اساس آزمون LSD
S1 = میانگین‌ها در هر ستون و برای هر عامل که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD

Means in each column and each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability LSD Test. S1=Normal Irrigation S2=Irrigation cut off in vegetative stage S3= Irrigation cut off in generative stage

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح تنش خشکی و ژنوتیپ بر خصوصیات بیوشیمیایی سورگوم دانه‌ای

Table 4- mean comparison of the effect of different level of water stress and genotypes on yield, its components and biochemical traits in grain sorghum genotypes											
تنش خشکی	ژنوتیپ	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a Content of Fresh Leaf Weight (FLW) (mg g ⁻¹ FLW)	محتوای کلروفیل b Chlorophyll b content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوای کاروتنوئیدها carotenoids content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوای کربوهیدرات Carbohydrates content (mg g ⁻¹ FLW)	پروتئین Prolin content (mg g ⁻¹ FLW)	قند ساقه (Brix of stem) (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	تعداد دانه در پانیکول Panicle grain Number	عملکرد به شاهد Yield reduction in comparison with control with control (%)	
Water stress	Genotypes	KS29	8 b-g	1.8 b	0.09 b-g	58.9 g-j	21.7 g-k	9.3 ij	3390 de	274 g-i	-
		MGS2	9.5 b-d	2.1 b	0.08 b-h	66.6 f-i	14.1 lm	1977 f-j	14.8 b-i	445 c-g	-
		KS33	6.2 d-j	1.2 b	0.076 c-i	68.4 fg	20.8 g-k	2234 d-j	14.5 b-i	278 g-i	-
		Sepideh	4.7 f-k	1.1 b	0.075 c-i	60.1 g-h	20.9 g-k	2097 e-j	10.9 g-j	188 i	-
		KGF27	8.1 b-f	1.4 b	0.099 b-d	27.5 m	18.9 j-m	2281 d-j	13.6 c-i	773 b	-
		MGS5	6.1 d-j	3.6 a	0.087 b-g	50.6 h-k	13.7 m	2969 d-g	11.9 d-i	419 d-h	-
		KSFS5	8.4 b-e	1.3 b	0.078 c-h	47.6 j-l	29 b-e	3580 cd	16.2 a-g	336 f-i	-
		KGF517	7.5 c-h	1.4 b	0.091 b-f	36.7 k-m	18.4 j-m	4899 bc	16.1 a-g	663 bc	-
		KGF513	7.1 d-i	1.02 b	0.063 c-i	58.04 g-j	21.2 g-k	6756 a	10 h-j	659 bc	-
		KGF530	6.3 d-h	0.87 b	0.068 c-i	55.9 g-j	20.8 g-k	3171 d-f	15.3 a-h	364 f-i	-
		KS29	5.7 e-k	1.3 b	0.056 hi	86.2 de	25 d-i	1502 h-k	18.2 a-c	186 i	56
		MGS2	11.6 ab	1.8 b	0.135 a	110.4 ab	20.9 g-k	1988 e-j	18.7 a-c	290 g-i	-0.5
		KS33	11 a-c	1.6 b	0.112 ab	87.8 c-e	27.8 c-f	984 jk	19.97 ab	200 i	56
		Sepideh	4.2 h-k	0.8 b	0.065 f-i	100.7 b-e	30.7 b-d	1327 i-k	20.8 a	267 g-i	37
		KGF27	4.4 g-k	1.1 b	0.074 c-i	101.3 b-d	21.7 g-k	2703 d-i	19.5 a-c	1043 a	-19

ادامه جدول ۴
Table 4. Continued

تنش خشکی Water stress	ژنوتیپ Genotypes	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a Content of Fresh Leaf Weight (FLW)	محتوای کلروفیل b Chlorophyll b content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوای کاروتنوئید Carotenoid content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوای کربوهیدرات Carbohydrates content (mg g ⁻¹ FLW)	محتوای پرولین Prolin content (mg g ⁻¹ FLW)	درصد قند ساقه (Brix of stem) (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	تعداد دانه در پانیکول Panicle Seed Number	درصد کاهش عملکرد نسبت به شاهد Yield reduction in comparison with control (%)
S2	MGS5	4.4 h-k	0.8 b	0.076 c-i	105.6 ab	23.9 e-j	19.5 a-c	1684 g-k	179 i	43
S2	KGFS5	4.1 h-k	1 b	0.069 d-i	105.3 a-c	34.4 b	16.1 a-g	452 k	181 i	87
S2	KGFS17	6.8 d-i	1 b	0.103 bc	118.4 ab	26.2 c-g	16 a-g	1889 f-j	240 g-i	61
S2	KGFS13	3.1 jk	1 b	0.06 g-i	106.6 ab	25.1 d-i	17 a-f	2509 d-i	532 c-f	63
S2	KGFS30	8.5 b-e	1.3 b	0.098 b-e	122.7 a	31.1 bc	18 a-c	1411 h-k	265 g-i	56
S3	KGFS29	2.1 k	0.8 b	0.046 i	36.1 k-m	24.7 e-i	16.3 a-g	2163 e-j	262 g-i	36
S3	MGS2	6.1 d-j	1.7 b	0.069 d-i	67.5 f-h	26.1 c-h	11.8 e-i	2459 d-i	385 e-i	24
S3	KGFS33	3.8 i-k	1.1 b	0.073 c-i	29.03 m	20.1 i-k	16 a-g	2041 e-j	281 g-i	9
S3	Sepideh	5.1 e-k	1.4 b	0.075 c-i	38.04 k-m	23.5 e-j	11.5 f-i	1928 f-j	218 hi	8
S3	KGFS27	3.7 i-k	0.9 b	0.083 b-h	83.1 ef	16.3 k-m	17.8 a-d	1181 i-k	625 b-d	48
S3	MGS5	4.1 h-k	1 b	0.062 f-i	45 j-m	20.4 h-k	15.3 a-h	2392 d-i	262 g-i	19
S3	KGFS5	13.4 a	2 b	0.087 b-g	31.3 lm	19.6 i-l	17.5 a-e	3079 cd	436 d-h	14
S3	KGFS17	5.2 e-k	0.9 b	0.079 c-h	57.2 g-j	40.6 a	16.5 a-h	1851 f-j	359 f-i	62
S3	KGFS13	5.4 e-k	1.1 b	0.069 d-i	49.4 i-k	18.3 j-m	5.4 j	5915 ab	590 b-e	12
S3	KGFS30	4.7 f-k	1.3 b	0.068 e-i	48.4 j-l	23.1 f-j	17.9 a-c	1865 f-j	193 i	41

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

۱. قطع آبیاری در مرحله زایشی = تنش خشکی ۲. قطع آبیاری در مرحله رویشی = تنش خشکی ۳. قطع آبیاری در مرحله زایشی = تنش خشکی ۴. قطع آبیاری در مرحله رویشی = تنش خشکی ۵. قطع آبیاری در مرحله زایشی = تنش خشکی

Means in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability LSD Test. S1=Normal Irrigation, S2=Irrigation cut off in vegetative stage S3= Irrigation cut off in generative stage

می‌باید (Hong et al., 2005; Kirnak et al., 2001; Nayyar and Gupta, 2006). برخی دیگر از محققین ضمن اعلام کاهش محتوی کلروفیل در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که ارقام دارای محتوی کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می‌دهند که دلیل آن می‌تواند دوام بیشتر فتوسنتز برگ تحت شرایط تنش در این ژنوتیپ‌ها باشد (Gregersen and Holm, 2007).

اثر تنش خشکی بر محتوای کربوهیدرات (قندهای محلول) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌دار از این نظر نشان دادند. اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ از نظر میزان کربوهیدرات‌های محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD نشان می‌دهد که تیمار تنش خشکی شدید بالاترین میزان کربوهیدرات و تیمار آبیاری متداول و تنش خشکی متوسط در مرتبه بعدی قرار گرفتند.

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های MGS2 و KGS30 به‌طور مشترک بالاترین میزان و ژنوتیپ‌های KGS29، KGS33 و KGS5 به‌طور مشترک کمترین میزان کربوهیدرات را دارا بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای کربوهیدرات (قندهای محلول) برگ نشان می‌دهد که ژنوتیپ KGS30 به همراه ژنوتیپ KGS17 در تیمار تنش خشکی شدید، بالاترین میزان و ژنوتیپ KGS27 در تیمار آبیاری متداول به همراه ژنوتیپ KGS33 در تیمار تنش خشکی متوسط به‌طور مشترک کمترین میزان را از این نظر دارا بود (جدول ۴).

نتایج به‌دست آمده با نتایج ارائه‌شده مبنی بر افزایش پرولین و قندهای محلول در شرایط تنش‌های غیر زیستی مطابقت دارد (Kishor et al., 1995; Li and Li, 2005). کاهش پتانسیل اسمزی در نتیجه تجمع مواد محلول سازگار صورت می‌گیرد. این تجمع مواد درون سلول نه تنها به عنوان اسمولیت در تسهیل نقل و انتقال آب و نگهداری آن در سلول‌ها نقش دارند بلکه در حفاظت و پایدار کردن ماکرو مولکول‌ها، اندامک‌ها، ساختارها نظیر غشاءها، کلروپلاست و غیره در مقابل تنش نقش مهمی دارند.

از سوی دیگر بیوستنز و تولید این مواد محلول می‌تواند با مصرف انرژی موجب کاهش رشد نیز گردد. به‌طور کلی تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی باعث افزایش تجمع کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و اسیدهای آمینه آزاد می‌شود. این محلول‌ها وزن مولکولی کمی داشته و در غلظت‌های بالا نیز سمیت ندارند و اجزای سلول را از صدمات دهیدراسیون محافظت می‌کنند (Reddy et al., 2004; Shao et al., 2005).

اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ نیز از نظر خصوصیات فوق در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان دادند. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD نشان داد که تیمار آبیاری متداول با میانگین ۷/۱۹ میلی گرم کلروفیل a برگ گرم وزن تر برگ بالاترین میزان و تیمار تنش متوسط و شدید به‌طور مشترک در مرتبه بعدی قرار گرفتند. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای کلروفیل a برگ نشان می‌دهد که ژنوتیپ KGFS5 در تیمار تنش خشکی متوسط، بالاترین میزان و ژنوتیپ KGS29 در تیمار تنش خشکی متوسط به همراه ژنوتیپ KGFS13 در تیمار تنش خشکی شدید کمترین میزان را از این نظر دارا بود (جدول ۴).

در خصوص محتوای کلروفیل b نیز تیمار آبیاری متداول بالاتر از تیمار تنش خشکی متوسط و شدید قرار گرفت. در مورد محتوای کاروتنوئیدها تیمار تنش خشکی شدید با میانگین ۰/۱۰۶ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بالاتر از دو تیمار تنش خشکی متوسط و آبیاری متداول قرار گرفت (جدول ۳).

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های MGS2 و KGFS5 بالاترین محتوای کلروفیل a را داشتند و ژنوتیپ MGS5 و سپیده کمترین میزان را دارا بودند. از نظر کلروفیل b ژنوتیپ MGS5، KGFS5 و KGS33 به‌طور مشترک بالاترین میزان و بقیه ژنوتیپ‌ها به‌طور مشترک در مرتبه بعدی قرار گرفتند.

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای کلروفیل b برگ نشان می‌دهد که ژنوتیپ MGS5 در تیمار آبیاری متداول، بالاترین میزان و ژنوتیپ‌های MGS5 در تیمار تنش خشکی شدید به همراه ژنوتیپ KGS29 و KGFS27 در تیمار تنش خشکی متوسط به‌طور مشترک کمترین میزان را از این نظر دارا بود (جدول ۴).

از نظر مجموع کلروفیل a و b اثر تنش خشکی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی نیز از این نظر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲).

از نظر محتوای کاروتنوئیدها، ژنوتیپ‌های KGFS27، MGS2 و KGFS17 بالاترین میزان و ژنوتیپ‌های KGS29 و KGFS13 کمترین میزان را از این نظر به خود اختصاص دادند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای کاروتنوئیدهای برگ نشان می‌دهد که ژنوتیپ MGS2 به همراه ژنوتیپ KGFS17 در تیمار تنش خشکی شدید، بالاترین میزان و ژنوتیپ KGS29 در تیمار تنش خشکی متوسط کمترین میزان را از این نظر دارا بود (جدول ۴).

برخی از محققین گزارش کرده‌اند که محتوای کلروفیل برگ و همچنین نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش خشکی کاهش

مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای پرولین برگ نشان می‌دهد که ژنوتیپ KGFS17 در تیمار تنش خشکی متوسط، بالاترین میزان و ژنوتیپ‌های MGS2 و MGS5 در شرایط آبیاری متداول به‌طور مشترک کمترین میزان پرولین را دارا بودند (جدول ۴).

غلظت پروتئین‌های محلول برگ‌ها در اثر تنش خشکی به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین، کاهش می‌یابد (Bajji *et al.*, 2001).

پرولین نیز مانند کربوهیدرات‌های محلول نقش مهمی در فرآیند تنظیم اسمزی دارند (Sanchez *et al.*, 2003). وقتی تنش خشکی افزایش می‌یابد پتانسیل اسمزی از طریق تجمع محلول‌های سازگار از جمله پرولین در سیتوپلاسم افزایش می‌یابد. اگرچه پرولین به‌عنوان اسمولیت سازگار در نظر گرفته می‌شود، کارکرد چندگانه آن به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و سیگنالینگ در سازگاری به تنش، سودمند است. پرولین در گیاهان، عمدتاً از گلوتامات سنتز می‌شود که از طریق آنزیم پیرولین ۵ کربوکسیلات سنتتاز (P5CS) به گلوتامات سمی آل‌دئید (GSA) احیا می‌شود و فوراً به پیرولین ۵ کربوکسیلات (P5C) تبدیل می‌شود، افزایش میزان پرولین در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌علت افزایش این آنزیم باشد (Kariola *et al.*, 2005).

نتایج تجزیه واریانس ساده نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی بر درصد قند ساقه (بریکس) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از این نظر در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌داری نشان دادند.

اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ از نظر درصد قند ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد که تنش خشکی شدید و متوسط به‌طور مشترک درصد قند ساقه بالاتری را دارا بودند و تیمار آبیاری متداول از این نظر در مرتبه بعدی پس از آن‌ها قرار گرفت یعنی روندی مشابه روند محتوای کربوهیدرات (قندهای محلول) ملاحظه گردید.

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ KGFS30، KGFS27، KGFS33، KGFS17 و MGS2 به‌طور مشترک حاوی بالاترین درصد بریکس و ژنوتیپ KGFS13 از این نظر، کمترین میزان را دارا بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر درصد قند (Brix) ساقه نشان می‌دهد که ژنوتیپ سپیده در تیمار تنش خشکی شدید، بالاترین میزان و ژنوتیپ‌های KGFS13 در تیمار تنش خشکی متوسط به همراه ژنوتیپ KGFS29 در تیمار آبیاری متداول به‌طور مشترک کمترین میزان را از این نظر دارا بودند (جدول ۴).

در مجموع، تنظیم اسمزی به حفظ تورژانس سلول به‌منظور بقاء

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های MGS2 و KGFS30 به‌طور مشترک بالاترین میزان و ژنوتیپ‌های KGFS29، KGFS33 و KGFS5 به‌طور مشترک کمترین میزان کربوهیدرات را دارا بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای کربوهیدرات (قندهای محلول) برگ نشان می‌دهد که ژنوتیپ KGFS30 در تیمار تنش خشکی شدید، بالاترین میزان و ژنوتیپ‌های KGFS27 در تیمار آبیاری متداول به همراه ژنوتیپ KGFS33 در تیمار تنش خشکی متوسط به‌طور مشترک کمترین میزان را از این نظر دارا بود (جدول ۴).

افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول از جمله واکنش‌هایی است که گیاهان در مواجهه با تنش خشکی از خود نشان می‌دهند (Bohnert *et al.*, 1995). تنش خشکی با تجزیه و کاهش نشاسته در اثر افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز باعث افزایش غلظت قندهای محلول می‌شود (Anderson and Kohorn, 2001). گزارش‌های زیادی از تجمع کربوهیدرات‌ها در حین انواع تنش‌های غیرزنده در غلات و گراس‌های معتدل در مرحله نمو زایشی وجود دارد (Mohammadkhani and Heidari, 2008; Ajithkumaran and Panneerselvam, 2013). نتایج به‌دست آمده با نتایج ارائه‌شده مبنی بر افزایش قندهای محلول در شرایط تنش‌های غیر زیستی مطابقت دارد (Kishor *et al.*, 1995; Li and Li, 2005).

تجمع قندهای محلول در سلول در تنظیم اسمزی نقش مهمی دارد و به کاهش پتانسیل آب سلول کمک کرده و در نتیجه آب بیشتری برای حفظ فشار تورژانس در تنش کم‌آبی در داخل سلول باقی می‌ماند (Sato *et al.*, 2004). برخی محققین بین تجمع کربوهیدرات‌های محلول مانند گلوکز، فروکتوز، ساکارز و اسیدهای آمینه و پایداری غشای سلول، پروتئین‌ها و مقاومت به خشکی در گیاهان همبستگی مثبت و معنی‌داری را گزارش کردند (Pessarkli, 1999).

نتایج تجزیه واریانس ساده صفات بیوشیمیایی نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی بر محتوای پرولین آزاد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز از این نظر در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌دار نشان دادند. اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ از این نظر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید.

مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد که تیمار آبیاری متداول حاوی کمترین میزان پرولین آزاد و تیمار تنش خشکی متوسط و شدید به‌طور مشترک حاوی پرولین بیشتری نسبت به تیمار آبیاری متداول (شاهد) بودند. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های KGFS17 و KGFS5 دارای بالاترین مقدار پرولین آزاد بودند و ژنوتیپ KGFS27 از این نظر کمترین میزان را دارا بود (جدول ۳).

نماید و قادر است در غلظت‌های بالا در سیتوپلاسم سلول بدون دخالت در ساختار و متابولیسم سلول تجمع پیدا کند. وقتی تنش آب افزایش می‌یابد پتانسیل اسمزی از طریق تجمع این محلول‌های سازگار در سیتوپلاسم افزایش می‌یابد.

و یا کمک به رشد گیاه تحت شرایط تنش خشکی کمک می‌کند. تجمع پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، پاسخ تعداد زیادی از گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر کاهش پتانسیل آب است و یک نقش کلیدی به عنوان یک اسمولیت دارد. خصوصاً به علت خصوصیات هیدرولیکی بالا می‌تواند به عنوان یک محلول سازگار ایفای نقش

References

1. Ajithkumarand, P., and Panneerselvam, R. 2013. Osmolyte accumulation, photosynthetic pigment and growth of setaria italica under droght stress. Asian Pacific Journal 2: 220-224.
2. Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. and Karanov, E. 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant Cell Environment 24: 1337-1344.
3. Ali, M. A., Abbas, A., Niaz, S., Zulkiffal, M., and Ali, S. 2009. Morpho-physiological criteria for drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor*) at seedling and post-anthesis stages. International Journal of Agricultural Biology 11: 647-680.
4. Anderson, C. M., and Kohorn, B. D. 2001. Inactivation of Arabidopsis SIP1 leads to reduced levels of sugars and drought tolerance. Plant Physiology 158: 1215-1219.
5. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *beta vulgaris*. Plant physiology 24: 1-15.
6. Bajji, M., Lutts, S., and Kinet, J. M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669-681.
7. Bates, L. S., Waldern, R. P., and Teare, E. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-207.
8. Blum, A. 2008. Drought resistance, water use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.
9. Bohnert, H. J., Nelson, D. E., and Jensen, R. G. 1995. Adaptations to environmental stresses. Plant Cell, 1099-1111.
10. Fotovat, R., Valizadeh, M., and Toorehi, M. 2007. Association between water-use-efficiency components and total chlorophyll content (SPAD) in wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and drought stress conditions. Journal of Food and Agricultural Environment 5: 225-227.
11. Gregersen, P. L., and Holm, P. B. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Plant Biotechnology 5: 192-206.
12. Hong Bo, S., Zongsuom, L., and Mingan, S. 2005. Changes of anti-oxidative enzymes and MDA content under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at maturation stage. Colloids. Surf. Bio, 45: 7-13.
13. Hui-Ping, D., Chan-juan, Sh., An-Zhi, W., and Tuxi, Y. 2012. Leaf senescence and photosynthesis in foxtail (*Setaria italica* L) varieties exposed to drought conditions. Australian Journal of Crop Science 6 (2): 232-237.
14. Jagtap, V., Bhargava, S., Sterb, P., and Feierabend, J. 1998. Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Journal of Experimental Botany 49: 1715-1721.
15. Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agricultural Biology 11: 100-105.
16. Kariola, T., Brader, G., Li, J., and Palva, E. T. 2005. A damage control enzyme, effects the balance between defense pathway in plant. The Plant Cell, 17. Pp 282-294.
17. Kirnak, H., Kaya, C., TAS, I., and Higgs, D., 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in egg plants. Plant Physiology 27: 34-46.
18. Kishor P. B. K., Hong, Z., Miao, G., Hu, C. A. A., and Verma, D. P. S. 1995. Overexpression of 1pyrroline-5-

- carboxylate synthetase increases proline overproduction and confers osmotolerance in transgenic plants. *Plant Physiology* 108: 1387-1394.
19. Kumar Parida, A., Dagaonkar, V. S., Phalak, M. S., Umalkar, G. V., Laxman, P., and Aurangabadka. 2007. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. *Plant Biotechnology Report* 1: 37-48.
20. Lata, C., Sarita, J. H., Prasad, M., and Sreenivasulu, N. 2011. Differential antioxidative responses to dehydration-induced oxidative stress in core set of foxtail millet cultivars. *Protoplasma* 248: 817-828.
21. Li, T. H., and Li, S. H. 2005. Leaf responses of micropopagated apple plants to water stress: nonstructural carbohydrate composition and regulatory role of metabolic enzymes. *Tree Physiology*, 25: 495-504
22. Liu, H. P., Dong, B. H., Zhang, Y. Y., Liu, Z. P., and Liu, Y. L. 2004. Relationship between osmotic stress and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings. *Plant Science* 166: 1261-1267.
23. Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Advance Agronomy* 43: 107-153.
24. Maman, N., Mason, S. C., Lyon, D. J., and Dhungana, P. 2004. Yield Components of Pearl millet and Grain Sorghum across Environments in the Central Great Plains. *Crop Science* 44: 2138-2145.
25. Mohammadkhani, N., and Heidari, R. 2008. Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties. *W. Applied Science Journal* 3 (3): 448-453.
26. Morgan, P. W. 1990. Effects of abiotic stresses on plant hormone systems, in: *Stress Responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms*. Wiley-Liss, Inc., pp. 113-146.
27. Nayyar, H., and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environment. Experiment. Botany* 58: 106-113.
28. Nageswara, R. R. C., Talwar, H. S., and Wright, G. C. 2001. Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using chlorophyll meter. *Journal of Agronomy and Crop Science* 189: 175-182.
29. Nonami, H. 1998. Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials. *Journal of Plant Research* 111: 373-382.
30. Oncel, I., Keles, Y., and Ustun, A. S. 2000. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. *Environmental Pollution* 107: 315-320.
31. Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, K., and Noitsakis, B. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grape vines. *Plant Science* 163: 361-367.
32. Pessarkli, M. 1999. *Hand book of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker Inc. 697 pp.
33. Prasad, P. V. V., Pisipati, S. R., Mutava, R. N., and Tuinstra, M. R. 2008. Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development. *Crop Science* 48: 1911-1917.
34. Reddy, A. R., Ramachandra, R. K., Chaitanya, V., and Vivekanandan, M. 2004. Droughtinduced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161: 1189-1202.
35. Rensburg, L. V., and Kruger, G. H. J. 1994. Evaluation of components of oxidative stress metabolism for use in selection of drought tolerant cultivars of *Nicotiana tabacum* L. *J. Plant Physiology* 143: 730-737.
36. Saeidi, M., Moradi, F., Ahmadi, Spheri, R., Najafian, G., and Shabani, A. 2010. The effect of terminal water stress on physiological characteristics and sink-source relations in two bread wheat (*triticum aestivum*) cultivars. *Iranian Journal of Crop Science* 12 (4): 392-408. (in Persian with English abstract).
37. Sanchez, F. J., De Andres, E. F., Tenorio, J. L., and Ayerbe, L., 2003. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Research* 86: 81-90.
38. Sato, F., Yoshioka, H., Fujiwara, T., Higashio, H., Uragami, A., and Tokuda, S. 2004. Physiological responses of cabbages plug seedlings to water stress during low-temperature storage in darkness. *Horticulture Science* 101: 349-357.
39. Schaffert, R. E., Albuquerque, P. E. P., Duarte, J. O., Garcia, J. O., Gomide, R. L., Guimar es, C. T., Magalh es, P. C., Magalh es, J. V., and Queiroz, V. A. V. 2011. Phenotyping sorghum for adaptation to drought, Part II in Monneveux P. and Ribaut JM.(Eds), *Drought phenotyping in crops: from theory to practice*. Generation Challenge

- Programme.
40. Schlegel, H. G. 1956. Die Verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. *Planta* 47: 510-515.
 41. Schlemmer, M. R., Francis, D. D., Shanahan, J. F., and Schepers, J. S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal* 97: 106-112.
 42. Serraj, R., and Sinclair, T. R. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant Cell Environment* 25: 333-341.
 43. Shao, H. B., Liang, Z. S., and Shao, M. A. 2005. Change of antioxidative enzymes and MDA among 10 wheat genotypes at maturation stage under soil water deficits. *Colloid. Surf. B: Biointerf* 45 (2): 7-13.
 44. Subbarao, G. V., Nam, N. H., Chauhan, Y. S., and Johansen, C. 2000. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeon pea under water deficits. *Journal of Plant Physiology* 157: 651-659.
 45. Thomas, H. 1990. Osmotic adjustment in *lolium perenne*: its heritability and the nature of solute accumulation. *Annals of Botany* 66: 521-530.
 46. Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. *Plant Physiology*, 4th Ed., Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.
 47. Turner, N. C., Wright, G. C., and Siddique, K. H. M. 2001. Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments. *Advance Agronomy* 71: 123-231.
 48. Wright, G. C., Nageswara, R. C., and Farquhar, G. D. 1994. Water use efficiency and carbon isotope discrimination in peanut under water deficit conditions. *Crop Science* 34: 92-97.
 49. Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., and Yoshida, Y. 2005. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. *Journal of Experimental Botany* 56: 1975-1981.
 50. Yang, J., and Zang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytology* 169: 223-236.
 51. Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants, *Annual Review of Plant Biology* 53: 247-273.



Drought Stress Effect during Different Growth Stages on Yield, Osmolites and Photosynthetic Pigments Accumulation of Grain Sorghum Genotypes (*Sorghum bicolor* L.)

A. Azari Nasrabad^{1*} - S. M. Mousavinik² - M. Galavi³ - S. A. R. Beheshti⁴ - A. R. Sirusmehr⁵

Received: 02-01-2016

Accepted: 31-08-2016

Introduction

Osmotic adjustment in plants can be achieved by the accumulation of compatible solution or metabolites. These compounds are known as compatible metabolites that accumulate naturally in tolerant plants due to non-interference in the normal metabolic response of plants to adapt or supplement. Proline, soluble sugars and other metabolites accumulation that are involved in osmotic adjustment have been reported for various plants. Different studies show that water absorption in sorghum plant, is due to osmotic adjustment and appropriate and fairly extensive root system. Moreover, there are some differences from genotype to genotype regarding the osmolites accumulation under drought stress conditions. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of drought in the vegetative and reproductive growth stages on yield, its components and biochemical traits in grain sorghum genotypes.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of water stress on grain yield and its components and some biochemical traits in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L.), a field experiment as a split plot design was carried out with 3 replications in 2014 at the research farm of the southern Khorasan Agriculture and natural resources research and education center. Water stress treatments including normal irrigation (control), irrigation cut off in vegetative growth stage (emergence of terminal leaf as rolled) and irrigation cut off in generative growth stage (50% of plants in start of flowering) as the main plot and 10 genotypes of sorghum including KGS29, MGS2, Sepideh, KGFS27, MGS5, KGFS5, KGFS17, KGFS13 and KGFS30 were considered as sub plots. Each plot consists of 4 rows with a length of 6 m and row spacing of 60 cm, between plants on row was 10 cm. In addition, between each plot and the adjacent plot a row was considered to side effect reduction. To determine the yield components of each plot, half a meter in length was harvested and the number of plants, the number of panicles, grain yield, 1000 grains weight and the number of seeds per panicle were determined. To determine the yield, after removal of 2 marginal lines and a half meter of the beginning and the end of each plot, plants were harvested from the surface of 3 m². Biochemical parameters including chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, proline and carbohydrates were measured on the flag leaf after flowering stage in each plot. Flag leaves immediately wrapped in aluminum foil and transferred into liquid nitrogen tanks after separating from the plant. The samples were transferred to a freezer at -20 ° C to be measured traits on them. Measurement of the biochemical characteristics, such as chlorophyll a content, chlorophyll b, total chlorophyll a and b and carotenoid content was done according to Arnon method. Measuring the concentration of soluble carbohydrates was performed using sulfuric acid method. Measurement of free proline was done by Bates method. Sugar percentage of stem (Brix) was read by a refractometer after cutting and placement of juice out of it.

1- Assistant Professor of Horticulture, Crops Research Department, South Khorassan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Birjand, Iran

2, 3 and 5- Associate Professor, Professor and Assistant Professor Respectively, Faculty of Agriculture, Zabol University

4- Associate Professor of Khorassan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Mashad, Iran

(* - Corresponding Author Email: Azari_ali2003@yahoo.com)

Results and Discussion

Results showed that water stress had a significant effect on grain yield, 1000 grain weight, the numbers of seed per panicle and caused to decrement of them. The performances of different genotypes varied significantly for all traits, indicating high variability among them. In case of 1000 seed weight, the interaction between water stress and genotype did not show a significant difference, however, other traits which mentioned above showed a significant difference in this aspect. Regarding the biochemical characteristics, the impact of drought in the vegetative and reproductive growth stages was different, as drought reduced the content of chlorophyll and carotenoid and increased the content of soluble sugar and free proline and stalk sugar content (Brix). In term of grain yield, genotype KGFS13 with the average yield of 5060 Kg per hectare and then genotype KGFS17 had the highest yield. Comparison of interaction between genotype and stress about carbohydrate (sugar solution) concentration of leaves indicated that genotype KGFS30 in severe drought stress, had highest level and genotype KGFS27 in normal irrigation and genotype KGS33 in medium drought stress condition commonly had the lowest carbohydrate content of leaves respectively.

Conclusions

Overall results indicate that proline and soluble carbohydrates and stem sugar content increased under drought stress and photosynthetic pigments are reduced.

Keywords: Free proline, Generative growth, Irrigation cut off, Soluble carbohydrates



اثر ترکیب‌های مختلف کاشت و کود زیستی بر کارایی مصرف آب و نیتروژن در کشت مخلوط (*Panicum miliaceum* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

اسداله خاکی نجف آبادی^۱ - محسن جهان^{۲*} - علیرضا کوچکی^۳ - مهدی نصیری محلاتی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثر کشت مخلوط ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی و استفاده از کود زیستی بر کارایی مصرف آب و نیتروژن، آزمایشی طی سال ۱۳۹۳ در نجف‌آباد اصفهان به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو سطح کود زیستی فسفاتنه بارور ۲ به عنوان عامل کرت اصلی و شش ترکیب کاشت شامل: کشت خالص ارزن معمولی، کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی و نسبت‌های مخلوط سری‌های افزایشی شامل: ۱۰۰٪ ارزن + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰٪ ارزن + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی، ۱۰۰٪ ارزن + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی، به عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر کود زیستی بر کارایی مصرف آب، کارایی‌های نیتروژن شامل: کارایی جذب، کارایی فیزیولوژیک و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود. نسبت‌های کاشت نیز اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب و شاخص‌های کارایی نیتروژن داشتند، به طوری که بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۷۰۴، ۰/۴۷۳ و ۰/۷۸۴ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب) به ترتیب برای ارزن در تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی، برای لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص و برای مجموع دو گونه در تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی حاصل شد. همچنین بیشترین کارایی جذب نیتروژن (۰/۷۷/۷، ۱۰۱/۷ و ۱۲۰/۲ درصد)، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (۵۵/۳، ۳۷ و ۶۶/۸ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن زیست توده) و کارایی مصرف نیتروژن (۴۳/۲، ۳۷/۷ و ۴۸/۱ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن خاک) به ترتیب برای ارزن در تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی، برای لوبیا در کشت خالص آن و برای مجموع دو گونه نیز در تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی به دست آمد. لذا چنین استنباط می‌شود که مدیریت مبتنی بر درک صحیح از اصول و مبانی اکولوژیکی سیستم‌های کشت مخلوط و استفاده از کودهای زیستی می‌تواند رهیافتی جهت بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع (آب و نیتروژن) به منظور تولید مطلوب، کاهش هزینه‌ها و وابستگی به منابع گران قیمت، کاهش آلودگی‌ها و فشارهای زیست محیطی در سامانه‌های کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: سری‌های افزایشی، عملکرد دانه، کارایی مصرف نیتروژن، کود زیستی فسفره

مقدمه

که ویژگی‌های اقلیمی و محیطی، محدودکننده تولیدات کشاورزی هستند، مانند مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت دوچندان پیدا کرده‌است (Mahdavi- Damghani et al., 2007). شیوه‌های کشاورزی رایج، تولید آینده را به قیمت افزایش تولید فعلی به خطر انداخته‌اند، به طوری که علایم زوال و نابودی شرایط موردنیاز برای تولید پایدار در گذر زمان بیش از پیش آشکار شده‌است (Gliessman, 2001; Nasiri- Mahallati et al., 1998). از این‌رو، بازنگری در شیوه‌های متداول کشاورزی و راهکارهای مربوط به استفاده بهینه از زمین و افزایش تولید، اهمیت خود را بیشتر نمایان می‌کند. یکی از

افزایش جمعیت جهان، تخریب منابع طبیعی و به دنبال آن نیاز مبرم به افزایش تولیدات غذایی از چالش‌های اساسی دنیای امروز به شمار می‌رود (Javanshir et al., 2000). این چالش‌ها در مناطقی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، دانشیار و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.52944

شیوه‌های هم‌راستا با اهداف اکولوژیک، کشت مخلوط است که کشت همزمان دو یا چند محصول را در یک مزرعه ممکن می‌سازد. کشت مخلوط در مناطق و اقلیم‌های مختلف توانسته است عملکرد کل را در واحد سطح در مقایسه با کشت خالص افزایش دهد. این سیستم علاوه بر حفظ تعادل اکولوژیک و ثبات سیستم، اهدافی نظیر بهره‌برداری حداکثر از منابع محیطی مثل آب، خاک، مواد غذایی، افزایش کمی و کیفی عملکرد، کاهش خسارات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و بالاخره بهبود شرایط اجتماعی نظیر ثبات بیشتر اقتصادی و تغذیه مناسب انسان را دنبال می‌کند (Javanshir et al., 2000). کشت مخلوط نمودی از یک نظام پایدار کشاورزی است که دارای اهمیت فراوانی از جمله استفاده بهینه از تمامی منابع مانند نور، آب و عناصر غذایی خاک می‌باشد (Koocheki, 2001). به‌طور کلی، بررسی عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر همپاری و به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب می‌باشد (Nachigera et al., 2008; Najafi et al., 2015). کشت مخلوط غلات-حبوبات (غیرلگوم - لگوم) یکی از قدیمی‌ترین و معمول‌ترین انواع زراعت مخلوط است که در بسیاری از نقاط جهان گسترش یافته‌است (Francis, 1986; Francis, 1996; Papendick et al., 1983; Touzi et al., 2010; Wahuma and Miller, 1987). ارز در مناطق گرمسیری نیمه‌خشک غرب آفریقا به‌طور سنتی به‌صورت مخلوط کشت می‌گردد. در نیجریه بیشتر از ۸۷ درصد از اراضی به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند. در بسیاری از موارد کشت مخلوط ارز با لوبیا چشم‌بلبلی، سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) صورت می‌گیرد. در هند، ارز به‌ندرت به‌صورت خالص کشت می‌شود. در کشت مخلوط ارز و لوبیا قرمز مشاهده کردند که عملکرد گونه غله در کشت مخلوط به مراتب بالاتر از کشت‌های خالص بود، آن‌ها این برتری را به کارایی بهتر استفاده از منابع مانند جذب آب، عناصر غذایی و جذب مؤثر نور در کانوپی گیاهان تشکیل‌دهنده‌ی زراعت نسبت دادند (Tavassoli et al., 2010). در سیستم کشت مخلوط ارز نوتریفید با ماشک (*Vicia sativa* L.) نیز گزارش شد که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص نسبت برابری زمین بالاتری دارد، آن‌ها این امر را به بهره‌گیری ارز از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای نسبت دادند (Sirousmehr et al., 2003).

نیتروژن و فسفر از عناصر پرمصرف و مؤثر در بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی است. مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها و اثرات منفی که بر چرخه‌های زیستی و خودپایداری بوم‌نظام‌های زراعی دارند از یک سو و مسئله تأمین غذای کافی و با کیفیت مناسب برای

جمعیت روزافزون جهان از دیگر سو، تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است (Najafi et al., 2015). مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه علاوه بر کاهش آلودگی‌های شیمیایی و حفظ تنوع زیستی با اجتناب از کاربرد غیر ضروری و بی‌رویه عناصر غذایی، هزینه‌ها را به حداقل رسانده و کارایی نهاده‌ها را افزایش می‌دهد (Koocheki et al., 2010). استفاده از انواع کودهای زیستی و آلی با هدف حذف یا کاهش چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه‌حل مناسب جهت غلبه بر این نگرانی‌ها در کشاورزی پایدار به‌شمار می‌رود (Saleh Rastin, 2001). کودهای زیستی، حاوی مواد نگه‌دارنده با جمعیت متراکم یک چند نوع ریزجانداز مفید خاک‌زی و فرآورده‌های متابولیک این موجودات هستند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی موردنیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به‌کار می‌روند (Jahan and Nasiri Mahallati, 2010). باکتری‌های محرک رشد از طریق تأثیر بر فیزیولوژی و مورفولوژی ریشه گیاهان تلقیح شده موجب افزایش جذب عناصر غذایی و رشد بیشتر گیاهان می‌شوند (Mahdavi et al., 2001). کودزیستی فسفر بارور ۲ حاوی باکتری‌هایی از دو جنس *Bacillus*، *Pseudomonas* است که با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز، فسفر نامحلول خاک را به شکل قابل جذب برای گیاه در می‌آورند (Hosseinizadeh, 2005). Madani et al., (2006) گزارش کردند که عملکرد دانه، زیست‌توده و وزن خشک بوته لوبیا ۴۰ روز پس از کاشت تحت تأثیر انواع مختلف کودزیستی فسفر قرار گرفت. محققین بیان کردند که باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات و میکوریزا، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در بلال را در ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ افزایش دادند (Sani et al., 2008). Dileep-Kumar et al., (2007) گزارش کردند که تلقیح بذرهای نخود با باکتری *Pseudomonas fluorescens* منجر به افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک گیاه نسبت به شاهد شد.

بهبود کارایی نیتروژن یک استراتژی اساسی جهت ارتقاء سیستم‌های کشاورزی پایدار است (Sharpe et al., 2001). محققین اظهار داشتند که اگر خاک به لحاظ نیتروژن آلی و زیست‌توده میکروبی غنی باشد، بدون کاربرد کود نیتروژن می‌توان عملکرد بالایی به‌دست آورد (Huggins and Pan, 1993). از جمله عوامل مدیریتی مؤثر در افزایش کارایی عناصر غذایی در نظام‌های زراعی می‌توان به مواردی نظیر بهره‌گیری از سیستم‌های کشت مخلوط، تناوب زراعی و کود سبز اشاره کرد. نظام‌های چند کشتی در مقایسه با کشت خالص، منابع از جمله نیتروژن را با کارایی بیشتری مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند که دلیل این امر، افزایش بازیافت نیتروژن و تولید ماده خشک و همچنین تنوع بالاتر و در پی آن کارایی بیشتر و استفاده بهتر از منابع است (Koocheki et al., 2010). فراهم‌سازی شرایط

اختلاف مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین گونه‌ها است که باعث اشغال آشیان‌های اکولوژیکی متفاوت می‌گردد. برتری بیولوژیک زراعت مخلوط نتیجه استفاده کامل‌تر از منابع است (Tavassoly *et al.*, 2010). در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران که آب عامل محدودکننده است، می‌توان با استفاده از نظام‌های چندکشتی، کارایی مصرف آب را افزایش داد (Mazaheri, 1994). Francis (1996) معتقد است که در شرایط محدودیت آب، کشت مخلوط از نظر کارایی مصرف آب مزیت دارد. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که با انجام درست کشت مخلوط، افزایش کارایی استفاده از تابش، کارایی استفاده از عناصر غذایی، کارایی استفاده از آب و کارایی استفاده از زمین حاصل می‌شود (Gao *et al.*, 2009). طی مطالعه‌ای ۳ ساله در ناحیه‌ای خشک گزارش شد که به احتمال زیاد، زمانی که سیستم سورگوم و لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) / لوبیا چشم‌بلبلی به جای سیستم سنتی آیش-گندم (*Triticum aestivum* L.) به کار گرفته‌شود، تولید و کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد (Tanwar *et al.*, 2014). محققین بیان کردند که چندکشتی غلات-بقولات در مناطق کم آب در تولید غذا موفق‌تر از کشت خالص آن‌ها بوده‌است (Tsubo *et al.*, 2001).

باتوجه به اهمیت اکولوژیکی، زراعی و زیست‌محیطی نظام‌های چندکشتی و کودهای زیستی و نیز لزوم ارزیابی دقیق این نظام‌ها و نهاده‌ها از حیث شاخص‌های علمی، این تحقیق با هدف ارزیابی نظام‌های کشت خالص و مخلوط دو محصول با ارزش ارزن معمولی و لوبیا چشم‌بلبلی و نقش کود زیستی به‌منظور دستیابی به مناسب‌ترین ترکیب‌های کشت این دو گونه و توصیه‌های کودی از نظر عملکرد مطلوب و کارایی استفاده از منابع، انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی سال ۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در نجف‌آباد اصفهان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۳۰ متر از سطح دریا، در قالب کرت‌های خردشده بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل کرت اصلی کود زیستی فسفات‌ه بارور ۲ در دو سطح a_1 (استفاده از کود زیستی دارای باکتری‌های دو جنس *Bacillus* و *Pseudomonas* با فرمولاسیون مایع و CFU برابر با 10^8) و a_2 (بدون کاربرد کود زیستی به‌عنوان شاهد) و عامل کرت فرعی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط به‌صورت سری‌های افزایشی شامل: b_1 (کشت خالص ارزن)، b_2 (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا)، b_3 (۱۰۰ درصد ارزن + ۵۰ درصد لوبیا)، b_4 (۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ درصد لوبیا)، b_5 (۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا) و b_6 (کشت خالص لوبیا) بود که در ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۴ همزمان به‌صورت نمکاری

لازم برای استفاده بیشتر از فرآیندهای طبیعی مانند تثبیت زیستی نیتروژن، یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و مهم‌تر از آن حفظ سلامت محیط‌زیست است (Vessey, 2003). بیشترین میزان نیتروژن تثبیت شده به روش زیستی در کشاورزی توسط ریزوبیوم‌ها در همزیستی با ریشه لگوم‌ها تولید می‌شود (Chabot and Antoun, 1996). استفاده از نیتروژن تثبیت‌شده بقولات توسط غلات عمدتاً به‌عنوان مهم‌ترین مزیت کشت مخلوط غلات-بقولات ذکر گردیده‌است (Francis, 1986; Francis, 1996; Papendick *et al.*, 1983; Touzi *et al.*, 2010; Wahuma and Miller, 1987). زیرا نیتروژنی که توسط فرآیند تثبیت‌زیستی تولید و فراهم می‌شود، به دلیل این که به‌طور تدریجی آزاد می‌شود و میزان فراهمی آن نیز تا حد زیادی با نیاز گیاه غیر لگوم منطبق است، به مراتب تأثیر بسیار بیشتری بر کارایی نیتروژن و عملکرد محصول خواهد داشت (Roy and Tripathi, 2005). در کشت مخلوط لگوم-غیرلگوم احتمالاً رقابت برای جذب نیتروژن نیز کاهش می‌یابد، چون لگوم متکی به نیتروژن تثبیت شده اتمسفری است در حالی که گونه غیرلگوم از نیتروژن معدنی موجود در خاک استفاده می‌کند (Ghosh, 2004). ضمن بررسی کارایی زراعی، کارایی فیزیولوژیک و بازیافت ظاهری نیتروژن در کانوپی کشت مخلوط افزایشی ذرت-لوبیا، مشاهده شد که با افزایش میزان تراکم لوبیا چشم‌بلبلی به کشت ذرت در ترکیب‌های افزایشی، میزان کارایی زراعی، کارایی فیزیولوژیک و بازیافت ظاهری نیتروژن نیز افزایش یافت (Salemzade *et al.*, 2014). آن‌ها اظهار نمودند که لوبیا چشم‌بلبلی از طریق تثبیت زیستی، توانست مقداری از نیتروژن مورد نیاز گیاه ذرت را با حداقل تلفات در اختیار ریشه آن قرار داده و ریشه نیز با جذب آن، باعث افزایش عملکرد دانه و کارایی‌های نیتروژن گردد. در مطالعه‌ای مشاهده گردید که عملکرد دانه و پروتئین خام ذرت در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص ذرت بود که دلیل این افزایش جذب بیشتر نیتروژن در سیستم کشت مخلوط، می‌تواند باشد (Dahmardeh *et al.*, 2011).

پی‌آمدهای ناشی از کاهش منابع آبی و خشک‌سالی‌های متوالی در مقیاس جهانی باعث شده که اکثر رویکردهای پژوهشی و مطالعاتی به استفاده کارا‌تر از منابع اختصاص یابد. بهبود کارایی استفاده از آب، به‌ویژه در زمینه کشاورزی که بیشترین مصرف آب را در بین بخش‌های مختلف دارد، از ضروری‌ترین و مهم‌ترین مواردی است که باید به آن پرداخته شود (Mirzaei and Jokar, 2014). تعیین الگوی بهینه کاشت محصولات زراعی بر اساس ویژگی‌های اکولوژیکی هر منطقه، یکی از راهکارهای مؤثر جهت افزایش کارایی مصرف آب است، که باید به‌عنوان یک استراتژی کاربردی مورد توجه قرار گیرد. سیستم‌های کشت مخلوط، الگویی مناسب و عملی برای افزایش کارایی مصرف آب در کشاورزی است. این امر به دلیل

ارزن به عنوان گیاه ثابت ۶ سانتی متر و برای لوبیا به عنوان گیاه همراه در نسبت های ۱۰۰ درصد ارزن + ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم بلبلی به ترتیب با تراکم ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ بوته در مترمربع ۲۱/۴، ۱۰/۷، ۷/۱ و ۵/۴ سانتی متر بود که به صورت یک ردیف در میان با ارزن قرار گرفت. خاک محل آزمایش لومی سیلت و سال قبل از آزمایش تحت آیش قرار داشت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است.

کشت شدند. رقم ارزن پشاهنگ و رقم لوبیا کامران بود که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی کرج تهیه گردید. بذور مربوط به تیمارهای دارای کود زیستی، بلافاصله قبل از کاشت مطابق روش استاندارد با کود زیستی به طور کامل آغشته شدند (Jahan and Nasiri, 2012). فاصله ردیفها در کلیه تیمارها ۵۰ سانتی متر و فاصله دو بوته بر روی ردیفهای کشت خالص ارزن ۸/۶ و لوبیا ۱۰/۷ سانتی متر با تراکم ۲۰۰ هزار و ۱۶۰ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد. در نسبت های افزایشی، فواصل بوته ها بر روی ردیف برای

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محل آزمایش

Table 1- Some physical and chemical soil properties in experimental site

عمق Depth	بافت Texture	وزن مخصوص ظاهری Specific gravity (g cm ⁻³)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	pH اسیدیته	کربن آلی OM (%)	نیتروژن N	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم k
(30cm)	لومی سیلت Lomy-silt	1.4	0.92	7.2	0.83	16.2	15.5	234

انتهای آزمایش به عنوان میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه در طول دوره رشد در نظر گرفته شد (Ameri et al., 2007; Parsa et al., 2009) (جدول ۵).

کارایی مصرف آب آبیاری براساس عملکرد دانه از نسبت عملکرد دانه به مجموع آب مصرفی در طول دوره رشد از معادله ۱ به دست آمد (Taei et al., 2008; Tavassoly et al., 2010).

معادله (۱)
$$WUE = \frac{\text{عملکرد دانه} (K/ha)}{\text{مجموع آب مصرفی} (m^3/ha)}$$
 کارایی مصرف آب آبیاری (WUE) کارایی جذب، فیزیولوژیک و مصرف نیتروژن، به ترتیب با استفاده از معادلات (۲)، (۳) و (۴) محاسبه شد (Daneshmand et al., 2006; Parsa et al., 2009; Taei et al., 2008).

معادله (۲)
$$\text{کارایی جذب} = \frac{\text{عملکرد نیتروژن زیست توده} (K/ha)}{\text{تغییرات نیتروژن خاک در طول دوره رشد} (K/ha)}$$
 نیتروژن (درصد)

معادله (۳)
$$\text{کارایی فیزیولوژیک} = \frac{\text{عملکرد دانه} (K/ha)}{\text{تغییرات نیتروژن زیست توده} (K/ha)}$$
 نیتروژن

معادله (۴)
$$\text{کارایی مصرف نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد دانه} (K/ha)}{\text{تغییرات نیتروژن خاک در طول دوره رشد} (K/ha)}$$

داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C، SAS 9.1 تجزیه آماری شدند و مقایسه میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

کارایی مصرف آب آبیاری براساس عملکرد دانه

همچنین جهت ارزیابی میزان تغییرات نیتروژن خاک در طول دوره رشد گیاهان، قبل از انجام عملیات کاشت و در پایان دوره اقدام به نمونه برداری تصادفی از عمق ۳۰ سانتی متری خاک هر کرت شد. آبیاری به روش نشتی و براساس عرف محل با دور هفت روز یک بار صورت گرفت. برای تعیین مقدار کل آب مصرفی از کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۱ متر مکعب به طور مستقل برای هر تیمار در مجموع مراحل آبیاری استفاده شد. در زمان آماده سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچ گونه کود و یا سموم شیمیایی استفاده نشد. کنترل علف های هرز به صورت دستی و همزمان با تنک کردن در دو مرحله انجام شد.

به منظور ارزیابی کارایی مصرف آب و کارایی های نیتروژن در تیمارهای آزمایش در پایان فصل رشد، با حذف حاشیه ها از هر کرت، بوته های واقع در ۴/۵ متر مربع باقی مانده برداشت شد. پس از شمارش تعداد پانیکول های هر بوته ارزن و تعداد دانه های هر پانیکول و همچنین تعداد نیام های هر بوته لوبیا و تعداد دانه در هر نیام، پانیکول های ارزن و نیام های لوبیا جدا و نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد خشک و سپس توزین و در نهایت عملکرد دانه و ماده ی خشک اندازه گیری و ثبت شد (جدول های ۲ و ۳).

برای اندازه گیری میزان نیتروژن قابل دسترس خاک، میزان نیتروژن دانه و زیست توده ارزن و لوبیا به ترتیب از نمونه های خاک برداشت شده در ابتدا و انتهای آزمایش و نمونه دانه و زیست توده خشک شده مربوط به هر کرت، مقدار ۱۰۰ گرم نمونه تهیه و در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه میکرو کج لال عیارسنجی شد (Biari et al., 2007) (جدول های ۳ و ۴). تغییرات نیتروژن خاک در ابتدا و

نتایج نشان داد که کود زیستی فسفات‌ها بارور ۲ تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب ارزن، لوبیا چشم‌بلبلی و مجموع دو گونه داشت ($P \leq 0.05$). به‌طوری‌که برتری کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه ارزن، لوبیا چشم‌بلبلی و مجموع دو گونه در تیمار استفاده از کود زیستی نسبت به شاهد به‌ترتیب ۳۳، ۳۶ و ۳۴ درصد بود (جدول ۲). دلیل این برتری به فعالیت‌های متابولیکی باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات در آزادسازی فسفر از منابع غیر محلول به شکل قابل دسترس برای گیاه و سایر جانداران خاک‌زی، تجزیه مواد آلی و تسریع در چرخه عناصر غذایی اصلی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش مقاومت گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زا و تولید هورمون‌های مختلف گیاهی مربوط می‌شود (Javanshir et al., 2000). در منابع متعدد (Francis, 1996; Gliessman, 1997; Wallace, 2001) به تأثیر کودهای زیستی بر افزایش کارایی منابع تأکید شده‌است. در آزمایشی مشاهده شد که کمبود فسفر سبب کاهش فتوسنتز و کارایی مصرف آب در گیاه *Pseudotsuga menziesii* گردید (Guehl and Garbaye, 1991). در پژوهشی گزارش شد که کارایی مصرف آب در گندم میکوریزایی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را داشت (Ghazi and Al-karaka, 1998). محققین گزارش کردند که تلقیح دوگانه‌ی گیاه *Retama sphaerocarpa* با باکتری باسیلوس و قارچ گلوموس مقدار آب لازم برای تولید ۱ گرم ماده خشک اندام هوایی را به مقدار ۴۲ درصد کاهش داد (Marulanda et al., 2006).

اثر نسبت‌های کاشت نیز بر کارایی مصرف آب ارزن، لوبیا و مجموع دو گونه معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$). در این آزمایش بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۴۷۳، ۰/۷۰۴ و ۰/۷۸۴ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب) و کمترین کارایی مصرف آب (۰/۰۸۰، ۰/۲۶۱ و ۰/۴۴۹ کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب) به‌ترتیب برای ارزن در تیمارهای مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی)، برای لوبیا چشم‌بلبلی به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص و مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا) و برای مجموع دو گونه در تیمارهای مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) حاصل شد (جدول ۲). کارایی مصرف آب ارزن در دو تیمار ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص آن افزایش و در دو تیمار ۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با کشت خالص ارزن کاهش دارد (شکل ۱- الف و ب). دلایل این وضعیت، احتمالاً کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای ناشی از تراکم مطلوب به علت تسخیر آشیان‌های اکولوژیکی متفاوت توسط دو گونه گیاهی و استفاده بهینه از عوامل محیطی رشد و همچنین بهره‌جویی ارزن از همراهی گیاه لوبیا در تثبیت زیستی نیتروژن و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در دو نسبت کاشت ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد

لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص ارزن بود. در حالی‌که در ترکیب‌های ۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به لحاظ افزایش سهم لوبیا و رسیدن تراکم مخلوط به حد بحرانی خود، تشدید رقابت بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای ناشی از آن باعث گردیده که بیشتر منابع جهت حفظ برتری رقابتی صرف رشد رویشی گردد و در نتیجه کاهش عملکرد دانه در این دو ترکیب نسبت به کشت خالص ارزن باعث کاهش کارایی مصرف آب شد. کارایی مصرف آب در کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با کلیه ترکیب‌های مخلوط آن دارای برتری معنی‌دار بود و دلیل این برتری نبود رقابت بین‌گونه‌ای (همچنین تراکم مطلوب) در کشت خالص است که باعث استفاده بهینه از عوامل محیطی رشد به‌خصوص نور، آب، عناصر غذایی و همچنین آسمیلاسیون بیشتر مواد فتوسنتزی و افزایش عملکرد دانه به‌ازای هر واحد آب مصرف شده گردید. با کاهش سهم لوبیا در نسبت‌های مخلوط، به تبع کاهش عملکرد دانه، کارایی مصرف آب نیز کاهش یافت که این امر دلیل وابستگی شدید عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به تراکم بوته است. در این آزمایش مجموع کارایی مصرف آب دو گونه براساس عملکرد دانه در نسبت‌های مخلوط ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیشتر از کشت خالص هر دو گونه بود. دلیل این برتری می‌تواند مربوط به کاهش رقابت بین‌گونه‌ای ناشی از افزایش سطح تراکم مطلوب دو گونه در این نسبت‌ها به علت اشغال آشیان‌های اکولوژیکی متفاوت و همچنین بهره‌گیری مساعدتی دو گونه از همجواری با یکدیگر باشد. کارایی مصرف آب براساس مجموع عملکرد دانه دو گونه‌ی گیاهی در مخلوط ۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص هر دو گونه کاهش داشت. این امر نشان از رسیدن تراکم به حد بحرانی خود و عدم تکافوی منابع و در نتیجه تشدید رقابت بین‌گونه‌ای و صرف بیشتر مواد فتوسنتزی در توسعه رشد رویشی جهت برتری در رقابت در این نسبت از مخلوط بود. در این پژوهش سهم کارایی مصرف آب ارزن در مجموع کارایی مصرف آب دو گونه، بیشتر از سهم کارایی مصرف آب لوبیا چشم‌بلبلی بود، که این موضوع مرتبط با مسیر فتوسنتزی گیاهان می‌باشد. در مطالعات مختلف مشاهده شد که عوامل مدیریتی از قبیل استفاده از کود مناسب، تراکم گیاهی مطلوب و سیستم‌های چندکشتی از طریق تأثیر بر عملکرد یا تبخیر و تعرق و یا هر دو، بر کارایی مصرف آب تأثیر می‌گذارند (Payne, 1997; Richards et al., 2002; Mutungamiri et al., 2001; Tsubo et al., 2005). در آزمایشی روی کشت مخلوط ذرت - لوبیا چشم‌بلبلی گزارش کردند که در صورت تأمین آب خاک به مقدار کافی، کارایی مصرف آب در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص دو گونه است (Hulugulle and Lal, 1986). در آزمایشی روی کشت مخلوط گندم و کتان (*Linum usitatissimum* L.) دریافتند که کارایی مصرف آب در سیستم کشت مخلوط بیشتر از کارایی مصرف

سیستم مخلوط در مقایسه با تک کشتی همان گیاهان شود. محققین نیز در ارزیابی راندمان جذب، مصرف و بهره‌وری آب در سیستم‌های کشت خالص و چند کشتی کلزا، لوبیا و ذرت پی‌بردند که کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه در کشت خالص کلزا (*Brassica napus* L.)، لوبیا و ذرت بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد (Najibnia *et al.*, 2014). آن‌ها یکی از دلایل کاهش کارایی مصرف آب در الگوها و ترکیب‌های مختلف مخلوط را، سایه‌اندازی کلزا روی گیاهچه‌های جوان لوبیا و ذرت ذکر کردند.

آب در کشت خالص همان گیاهان بود (Singh *et al.*, 1992). در ارزیابی کارایی مصرف آب در سیستم‌های تک کشتی و کشت مخلوط ارزن مرواریدی و لوبیا قرمز، گزارش کردند که بالاترین کارایی مصرف آب ارزن و لوبیا از نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و کمترین مقدار کارایی مصرف آب از تیمار کشت خالص لوبیا حاصل شد (Tavassoly *et al.*, 2010). آنها علت این برتری را وجود سیستم ریشه‌ای متفاوت دو گونه بیان کردند که سبب می‌شود جذب آب و عناصر غذایی از حجم بیشتری از خاک صورت گرفته و موجب افزایش عملکرد و در نتیجه باعث افزایش کارایی مصرف آب در

جدول ۲- مقادیر کارایی مصرف آب ارزن، لوبیا چشم‌بلبلی و مجموع دو گونه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

Table 2- Water use efficiency of millet, Cowpea and total of two species

کارایی مصرف آب			
Water use efficiency (kg _{grain} /m ³ water)			
تیمار	ارزن	لوبیا	مجموع دو گونه
Treatment	Millet	Cowpea	Total
کود زیستی (A)			
استفاده از کود (a ₁)	0.471a	0.211a	0.682a
شاهد (a ₂)	0.317b	0.135b	0.453b
نسبت‌های کاشت (B)			
(b ₁) 100+0	0.508c	0f	0.508c
(b ₂) 100+25	0.704a	0.080e	0.784a
(b ₃) 100+50	0.540b	0.133d	0.673b
(b ₄) 100+75	0.354d	0.166c	0.520c
(b ₅) 100+100	0.261e	0.188b	0.449e
(b ₆) 0+100	0f	0.473a	0.473d
اثر متقابل (A × B)			
کود زیستی (a ₁ b)			
(a ₁ b ₁) 100 + 0	0.60c	0i	0.60d
(a ₁ b ₂) 100+25	0.84a	0.09g	0.93a
(a ₁ b ₃) 100+50	0.64b	0.16e	0.80b
(a ₁ b ₄) 100+75	0.42e	0.20d	0.62c
(a ₁ b ₅) 100+100	0.31g	0.23c	0.54f
(a ₁ b ₆) 0+100	0j	0.57a	0.57e
بدون کود زیستی (a ₂ b)			
(a ₂ b ₁) 100+0	0.41f	0i	0.41h
(a ₂ b ₂) 100+25	0.56d	0.06h	0.62c
(a ₂ b ₃) 100+50	0.43e	0.10g	0.53f
(a ₂ b ₄) 100+75	0.28h	0.14f	0.42g
(a ₂ b ₅) 100+100	0.20i	0.15e	0.35j
(a ₂ b ₆) 0+100	0j	0.38b	0.38i

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های با حروف مشترک، از نظر آماری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.05$) ندارند.

Means in each column for each factor, followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$).

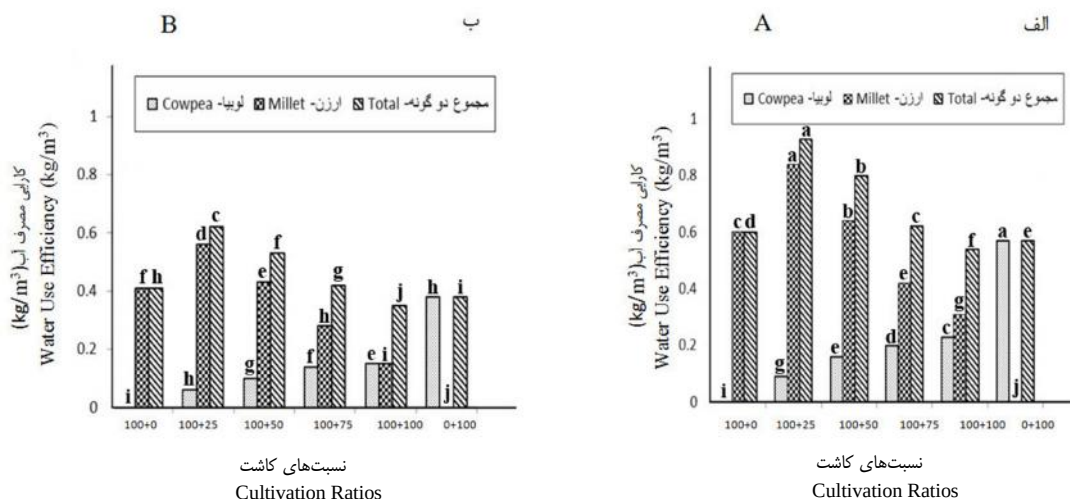
کارایی جذب نیتروژن که براساس نسبت نیتروژن کل اندام‌های هوایی گیاه (جدول ۳ و ۴) به نیتروژن قابل دسترس گیاه در خاک

کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن

1- Nitrogen recovery efficiency

لوبیا و مجموع دو گونه در تیمار استفاده از کود زیستی نسبت به شاهد به ترتیب ۱۳/۴، ۱۵/۴ و ۱۴/۴ درصد بود.

جدول ۵) تعریف می‌شود تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.05$) کود زیستی قرار گرفت (جدول ۶)، به‌طوری‌که برتری کارایی جذب نیتروژن ارزن،



شکل ۱- تغییرات کارایی مصرف آب ارزن و لوبیا تحت تأثیر تیمارها، الف- استفاده از کود زیستی فسفره، ب- شاهد (بدون کود)

میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.05$) ندارند.

Figure 1- Changing of water use efficiency of millet and cowpea as affected by treatments
A- Applying phosphorus biological fertilizer, B- Control (without fertilizer)

درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا) و کشت خالص ارزن حاصل شد. همان‌گونه که در شکل ۲-الف و ب ملاحظه می‌شود، کارایی جذب نیتروژن توسط ارزن در تیمارهای ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا چشم‌پللی بیشتر از کشت خالص ارزن و در دو تیمار ۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌پللی کمتر از کشت خالص آن بود. یکی از دلایل وجود تفاوت در کارایی جذب نیتروژن در ترکیب‌های مختلف مخلوط نسبت به کشت خالص ارزن، تسخیر آشیان‌های اکولوژیکی متفاوت توسط دو گونه و بالاتر بودن حد تراکم مطلوب و در نتیجه کاهش رقابت بین‌گونه‌ای و همچنین بهره‌گیری از اثرات مثبت همجواری با لوبیا چشم‌پللی در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و استفاده بهینه از منابع رشد در نسبت‌های مخلوط ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا بود. در حالی که افزایش رقابت بین‌گونه‌ای ناشی از رسیدن تراکم به حد بحرانی خود به‌علت افزایش بیشتر سهم لوبیا در نسبت‌های مخلوط ۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا و همچنین سایه‌اندازی دو گیاه بر یکدیگر و کاهش عملکرد اندام‌های هوایی نسبت به کشت خالص ارزن باعث کاهش نیتروژن اندام‌های هوایی گیاه به‌ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس گیاه در خاک شد. در این آزمایش کارایی جذب نیتروژن در تک‌کشتی لوبیا چشم‌پللی نسبت به ترکیب‌های مخلوط افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۶). یکی از دلایل این برتری، بالاتر بودن عملکرد بیولوژیک لوبیا و به تبع آن نیتروژن زیست توده ناشی از تراکم مطلوب و استفاده

دلیل اصلی این افزایش به نقش باکتری‌های حل‌کننده فسفات مربوط می‌شود که توانستند از طریق انحلال مواد معدنی فسفردار و تجزیه مواد آلی خاک و فراهمی عناصر اصلی غذایی در محیط ریشه گیاه، باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و کارایی جذب نیتروژن از خاک گردند. محققین در آزمایشی روی کارایی آب و نیتروژن در دو رقم کلزا، بیان کردند که کارایی جذب نیتروژن تابع قانون بازده نزولی است به‌طوری‌که در سطوح پایین تا متوسط مقادیر نیتروژن خاک، کارایی جذب، افزایش و در سطوح بالاتر کاهش می‌یابد (Daneshmand et al., 2006). محققین دیگر (Parsa et al., 2007; Ameri et al., 2009) نیز در این زمینه نتایج مشابهی را گزارش کردند. در آزمایشی مشاهده شد که تلقیح ذرت با ازتوباکتر موجب افزایش وزن کل بوته و مقدار نیتروژن دانه در مقایسه با شاهد گردید (Biari et al., 2007).

براساس نتایج، اثر نسبت‌های کاشت بر کارایی جذب نیتروژن توسط ارزن، لوبیا چشم‌پللی و مجموع دو گونه نیز معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$). به‌طوری‌که بیشترین کارایی جذب نیتروژن (۷۷/۷)، ۱۰۱/۷ و ۱۲۰/۶ درصد) و کمترین آن (۴۷/۷، ۴۲/۵ و ۶۶/۷ درصد) به ترتیب توسط ارزن در تیمارهای مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا و ۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌پللی)، برای لوبیا چشم‌پللی به ترتیب در کشت خالص و کشت مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا) و برای مجموع دو گونه در تیمار مخلوط (۱۰۰

معنی‌داری نشان داد (شکل ۲). افزایش مجموع کارایی جذب نیتروژن مخلوط در دو تیمار ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا عمدتاً ناشی از برتری کارایی جذب نیتروژن ارزن در مقایسه با لوبیا بود، در حالی که این برتری در دو تیمار ۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌پللی ناشی از برتری کارایی جذب نیتروژن لوبیا در مقایسه با ارزن است، زیرا کارایی جذب نیتروژن ارزن با افزایش سهم لوبیا در مخلوط کاهش داشت و کارایی جذب نیتروژن لوبیا برعکس روند تغییرات ارزن با افزایش سهم لوبیا در نسبت‌های مخلوط افزایش پیدا کرد.

بهینه از عوامل محیطی رشد در کشت خالص و دیگری کاهش میزان جذب نیتروژن از خاک در این تیمار نسبت به تیمارهای مخلوط به دلیل تأمین قسمت اعظم نیاز نیتروژنی لوبیا از طریق فرآیند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن اتمسفری توسط باکتری‌های ریزوبیوم همزیست با لوبیا چشم‌پللی بود. با کاهش سهم لوبیا در ترکیب‌های مخلوط از کارایی جذب نیتروژن به دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک و در نتیجه کاهش نیتروژن زیست‌توده به‌ازای هر واحد از نیتروژن قابل دسترس خاک کاسته شد. مجموع کارایی جذب نیتروژن دو گونه در کلیه ترکیب‌های مخلوط نسبت به تک کشتی هر دو گیاه افزایش

جدول ۳- عملکرد دانه و بیولوژیک و محتوای نیتروژن دانه و زیست‌توده ارزن معمولی تحت تأثیر سطوح مختلف کود و نسبت‌های کاشت

Table 3- Seed and biological yield, and seed and biomass nitrogen content of millet as affected by different levels of biofertilizers and cultivation ratios

تیمار Treatment	عملکرد Yield		نیتروژن Nitrogen				LER (جزئی)
	دانه Grain (kg ha ⁻¹)	بیولوژیک Biologic (kg ha ⁻¹)	دانه Grain		زیست توده Biomass		
			غلظت Viscosity (%)	میزان Amount (kg ha ⁻¹)	غلظت Viscosity (%)	میزان Amount (kg ha ⁻¹)	
کود زیستی (A)							
استفاده از کود (a ₁)	1449.86a	4223.44a	0.78a	13.16a	0.60a	30.19a	0.79a
شاهد (a ₂)	972.04b	3189.95b	0.79a	8.96b	0.61a	23.24b	0.77b
نسبت‌های کاشت (B)							
(b ₁) 100+ 00	1557c	4590c	0.86c	13c	0.70c	32	1.0c
(b ₂) 100+ 25	2169a	5735a	0.85d	18a	0.68d	39a	1.39a
(b ₃) 100+ 50	1660b	4828b	0.86c	14b	0.70c	34b	1.07b
(b ₄) 100+ 75	1068d	3829d	1.00b	10d	0.76b	28d	0.69d
(b ₅) 100+ 100	792e	3253e	1.08a	8e	0.79a	25e	0.51e
(b ₆) 00+ 100	0f	0f	0e	0f	0e	0f	0f
اثر متقابل (A × B)							
کود زیستی و نسبت‌های مخلوط (a ₁ b)							
(a ₁ b ₁) 100+ 00	1850c	5186c	0.87e	16.11c	0.70d	36.22c	1e
(a ₁ b ₂) 100+ 25	2594a	6540a	0.84f	22.2a	0.68f	44.26a	1.41a
(a ₁ b ₃) 100+ 50	1983b	5442b	0.87e	17.38b	0.70d	38.82b	1.08c
(a ₁ b ₄) 100+ 75	1308e	4415e	0.99c	13.01e	0.74c	32.53e	0.71f
(a ₁ b ₅) 100+ 100	962g	3755h	1.07b	10.028h	0.78b	29.29g	0.52i
(a ₁ b ₆) 00+ 100	0j	0k	0g	0k	0g	0j	0j
شاهد بدون کود زیستی (a ₂ b)							
(a ₂ b ₁) 100+ 00	1264f	3994g	0.87e	11.02g	0.70d	28.02g	1e
(a ₂ b ₂) 100+ 25	1743d	4934d	0.85ef	15.10d	0.69e	34.19d	1.38b
(a ₂ b ₃) 100+ 50	1338e	4214f	0.89d	11.99f	0.71d	29.83f	1.06d
(a ₂ b ₄) 100+ 75	864h	3244i	1.01c	8.77i	0.77b	25.06h	0.68g
(a ₂ b ₅) 100+ 100	621i	2751j	1.10a	6.85j	0.81a	22.36i	0.49h
(a ₂ b ₆) 00+ 100	0j	0k	0g	0k	0g	0j	0j

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های با حروف مشترک در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (P≤0.05)

Means followed by the same letters in each column for each factor are not significantly different. (P≤0.05)

جدول ۴- عملکرد دانه و بیولوژیک و محتوای نیتروژن دانه و زیست‌توده لوبیا چشم‌بلبلی تحت تأثیر سطوح مختلف کود و نسبت‌های کاشت

Table 4- Seed and biological yield, and seed and biomass nitrogen content of cowpea as affected by different levels of biofertilizers and cultivation ratios

تیمار Treatment	عملکرد Yield		نیتروژن Nitrogen				LER (جزئی)
	دانه Grain (kg ha ⁻¹)	بیولوژیک Biologic (kg ha ⁻¹)	دانه Grain		زیست توده Biomass		
			غلظت Viscosity (%)	میزان Amount (kg ha ⁻¹)	غلظت Viscosity (%)	میزان Amount (kg ha ⁻¹)	
کود زیستی (A)							
(a ₁) استفاده از کود	654.36a	3196.85a	2.31a	16.31a	0.91a	30.31a	0.37a
(a ₂) شاهد	416.75b	2437.45b	2.36a	9.96b	0.90a	21.92b	0.36b
نسبت‌های کاشت (B)							
(b ₁) 100+ 00	0f	0f	0e	0f	0f	0f	0f
(b ₂) 100+ 25	248e	1182e	4.21a	10e	1.81a	21e	0.17e
(b ₃) 100+ 50	409d	2237d	3.00b	11d	1.19b	26d	0.28d
(b ₄) 100+ 75	512c	3247c	2.46c	12c	1.00c	32c	0.35c
(b ₅) 100+ 100	580b	4295b	2.25cd	13b	0.82d	35b	0.39b
(b ₆) 00+ 100	1462a	5941a	2.08d	30a	0.67e	40a	1.0a
اثر متقابل (A × B)							
کود زیستی و نسبت‌های مخلوط							
(a ₁ b)							
(a ₁ b ₁) 100+ 00	0j	0k	0f	0i	0j	0j	0h
(a ₁ b ₂) 100+ 25	305h	1360i	4.39a	13e	1.84a	25i	0.17g
(a ₁ b ₃) 100+ 50	510e	2592g	2.85b	14d	1.18c	30e	0.29f
(a ₁ b ₄) 100+ 75	643d	3743e	2.47c	15c	1.01e	37c	0.36d
(a ₁ b ₅) 100+ 100	706c	4703c	2.29d	16c	0.87f	41b	0.40b
(a ₁ b ₆) 00+ 100	1759a	6799a	2.14e	37a	0.69h	47a	1.0a
(a ₂ b) شاهد بدون کود زیستی							
(a ₂ b ₁) 100+ 00	0j	0k	0f	0i	0j	0j	0h
(a ₂ b ₂) 100+ 25	192.07i	1003j	4.32b	8.30h	1.79b	17i	0.16g
(a ₂ b ₃) 100+ 50	307h	1881h	2.80bc	8.68h	1.16d	22h	0.26f
(a ₂ b ₄) 100+ 75	381g	3750f	2.25d	9.32g	1.00e	27g	0.33e
(a ₂ b ₅) 100+ 100	454f	3886d	2.20de	9.98f	1.78g	29f	0.39c
(a ₂ b ₆) 00+ 100	1164b	5102b	2.02e	23.49b	0.65i	33d	1.0a

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های با حروف مشترک در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (P≤0.05)

Means followed by the same letters in each column for each factor are not significantly different. (P≤0.05)

در بررسی کشت مخلوط گندم و فستوک قرمز (*Festuca rubra* L.)، پی بردند که آبشویی نیتروژن در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گندم کاهش داشت (Touzi et al., 2010). در آزمایشی روی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بوته بر کارایی نیتروژن، گزارش شد که کارایی جذب نیتروژن با افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا حد تراکم مطلوب افزایش داشت (Ameri et al., 2007). محققین دیگر نیز (Aggawell et al., 1992; Richards et al., 2002) در

طی آزمایشی روی تأثیر کشت مخلوط تأخیری گندم و ذرت بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن، (Koocheki et al., 2010) مشاهده کردند که بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن برای گندم و ذرت به ترتیب در کشت مخلوط و کشت خالص حاصل شد. آن‌ها علت این موضوع را فراهم‌شدن شرایطی برای جذب مطلوب نیتروژن خاک توسط گونه‌ها در کشت مخلوط و در نتیجه افزایش کارایی جذب در مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی بیان کردند

مطالعات خود پی بردند که کارایی جذب نیتروژن در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری دارد.

جدول ۵- نیتروژن قابل دسترس خاک تحت تأثیر سطوح مختلف کودی و نسبت‌های کاشت

Table 5- Available nitrogen of soil as affected by different levels of biofertilizers and cultivation ratios

بلوک Block	تیمار Treatment		نیتروژن خاک Nitrogen of soil		
	کود زیستی Biofertilizer	نسبت‌های کاشت Cultivation ratio	قبل از کاشت Before planting (kg/ha)	بعد از برداشت After harvesting (kg/ha)	تفاوت Difference (kg/ha)
۱	استفاده از کود Appling	ارزن Millet	لوبیا Cowpea		
		100+00	59.3	7.0	52.3
		100+25	59.2	4.7	54.5
		100+50	59.4	3.59	55.81
		100+75	59.1	2.16	56.5
		100+100	59	1.0	58
		00+100	59.5	14.5	45
	شاهد Control	100+00	59.1	12.8	46.3
		100+25	59.4	10.9	48.5
		100+50	59.2	9.9	49.3
		100+75	59	8.5	50.5
		100+100	59.2	7.2	52
		00+100	58.9	23.1	35.8
۲	استفاده از کود Appling	100+00	58.8	7.5	51.3
		100+25	59.0	5.4	53.60
		100+50	59.2	4.2	55.0
		100+75	59.2	3.7	55.5
		100+100	59.4	2.4	57
		00+100	59.0	15	44
	شاهد Control	100+00	59.3	13.8	45.5
		100+25	59.5	11.9	47.6
		100+50	59.3	11.1	48.2
		100+75	59.2	9.6	49.6
		100+100	59.1	8.1	51.0
		00+100	58.9	24.1	34.8
۳	استفاده از کود Appling	100+00	58.9	8.1	50.8
		100+25	59.0	5.9	53.1
		100+50	59.2	4.7	54.5
		100+75	59.0	4	55.0
		100+100	59.3	2.8	56.5
		00+100	59.2	15.7	43.5
	شاهد Control	100+00	59.1	14.1	45
		100+25	59.4	12.3	47.1
		100+50	59.1	11.4	47.70
		100+75	59.3	10.2	49.1
		100+100	59.0	8.5	50.5
		00+100	59.5	25.2	34.3

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن که به صورت نسبت عملکرد اقتصادی (دانه) به نیتروژن زیست‌توده تعریف می‌گردد، تحت تأثیر

معنی‌دار ($P \leq 0.05$) کود زیستی قرار گرفت، به طوری که برتری کارایی فیزیولوژیک نیتروژن ارزن، لوبیا و مجموع دو گونه در تیمار استفاده از کود زیستی نسبت به شاهد به ترتیب ۱۲/۶، ۱۳/۴ و ۱۲/۹ درصد بود

نیتروژن ارزن، لوبیا و مجموع دو گونه معنی‌دار بود. بیشترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (۳/۵۵، ۳۷ و ۸/۶۶ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن زیست توده) و کمترین آن (۸/۳۰، ۱۱/۵ و ۳۷ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن زیست‌توده) به‌ترتیب برای ارزن در تیمارهای مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا و ۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی)، برای لوبیا در کشت خالص و کشت مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا) و برای مجموع دو گونه در کشت مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) و کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (جدول ۶).

(جدول ۶). این امر می‌تواند دلیل اصلی افزایش عملکرد دانه گیاهان به‌ازای هر واحد از نیتروژن کل گیاه در مقایسه با تیمار شاهد باشد (جدول‌های ۳ و ۴). علت این برتری به فرآیندهای متابولیکی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس، در آزادسازی فسفر، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، فراهمی عناصر اصلی غذایی، تولید هورمون‌های محرک و تنظیم‌کننده‌ی رشد و افزایش عملکرد دانه مربوط می‌شود (Jahan and Nasiri, 2012; Mahallati, 2012).

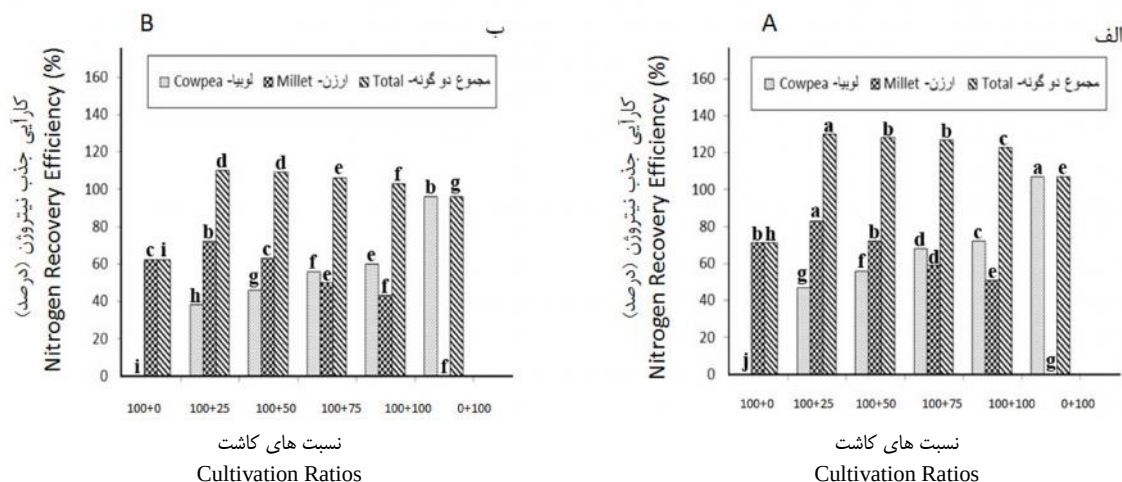
در این آزمایش اثر نسبت‌های کاشت بر کارایی فیزیولوژیک

جدول ۶- مقادیر کارایی‌های جذب، فیزیولوژیک و مصرف نیتروژن ارزن، لوبیا چشم‌بلبلی و مجموع دو گونه گیاهی
Table 6- Nitrogen recovery, physiological and use efficiencies of millet, cowpea and total two species

تیمار Treatment	کارایی جذب Recovery efficiency (%)			کارایی فیزیولوژیک Physiologic efficiency (kg/kg)			کارایی مصرف Use efficiency (kg/kg)		
	ارزن Millet	لوبیا Cowpea	دو گونه Total	ارزن Millet	لوبیا Cowpea	دو گونه Total	ارزن Millet	لوبیا Cowpea	دو گونه Total
کود زیستی (A)									
استفاده از کود (a ₁)	56 a	58.5 a	114.5 a	39.4 a	17.1 a	56.5 a	27.3 a	13.6 a	40.9 a
شاهد (a ₂)	48.5 b	49.5 b	98 b	34.4 b	14.8 b	49.2 b	20.8b	10.2 b	31.0 b
نسبت‌های کاشت (B)									
(b ₁) 100+ 0	66.7 b	0 f	66.67 f	48.6 c	0 f	48.6 c	32.5 b	0 f	32.5 d
(b ₂) 100+ 25	77.7 a	42.5 e	120.2 a	55.3 a	11.5 e	66.8 a	43.2 a	4.9 e	48.1 a
(b ₃) 100+ 50	66.8 b	52.2 d	118.4 b	48.9 b	15.2 c d	64.1a b	32.8 b	8.0 d	40.8 b
(b ₄) 100+ 75	55.1 c	62.1 c	117 c b	37.8 c	15.7 b c	53.5 b	21 c	9.8 c	30.8 e
(b ₅) 100+ 100	47.7 d	65.9 b	113.6 d	30.8 d	16.3 b	47.1 c	14 d	10.8 b	24.8 f
(b ₆) 0+ 100	0 e	101.7 a	101.7 e	0 e	37 a	37 d	0 e	37.7 a	37.7 c
اثر متقابل (A × B)									
کود زیستی (a ₁ b)									
(a ₁ b ₁) 100+ 0	71 b	0 j	71 h	51 b	0 h	51 e	36 b	0 h	36 d
(a ₁ b ₂) 100+ 25	83 a	47 g	130 a	59 a	12.3 f	71.3 a	49 a	6 f	55 a
(a ₁ b ₃) 100+ 50	72 b	56 f	128 b	52 b	17 c	69 b	37 b	9 d	46 b
(a ₁ b ₄) 100+ 75	59 d	68 d	127 b	41 d	17 c	58 d	24 d	12 c	36 d
(a ₁ b ₅) 100+ 100	51 e	72 c	123 c	33 e	18 c	51 e	17 e	13 c	30 e
(a ₁ b ₆) 0+ 100	0 g	107 a	107 e	0 g	39 a	39 h	0 g	41 a	41 c
بدون کود زیستی (a ₂ b)									
(a ₂ b ₁) 100+ 0	62 c	0 i	62i	45 c	0 h	45 h	28c	0 h	28 e
(a ₂ b ₂) 100+ 25	72 b	38 h	110 d	51 b	11 g	62 c	37 b	4 g	41 c
(a ₂ b ₃) 100+ 50	63 c	46 g	109 d	46 c	14 e	60 c	29 c	6 f	35 d
(a ₂ b ₄) 100+ 75	50 e	56 f	106 e	35 e	14 e	49 f	18 d	8 e	26 f
(a ₂ b ₅) 100+ 100	43 f	60 e	103 f	28 f	15 d	43 g	13 f	9 d	22 g
(a ₂ b ₆) 0+ 100	0g	96 b	96 g	0 g	34 b	34 i	0 g	33 b	33 d

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های با حروف مشترک در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (P≤0.05)

Means followed by the same letters in each column for each factor are not significantly different. (P≤0.05)



شکل ۲- تغییرات کارایی جذب نیتروژن ارزن و لوبیا چشم بلبلی تحت تأثیر تیمارها، الف- استفاده از کود زیستی فسفات، ب- شاهد (بدون کود) میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.05$) ندارند.

Figure 2- Changing of nitrogen recovery efficiency of millet and cowpea as affected by treatments: A- applying phosphorus biological fertilizer, B- Control (without fertilizer)

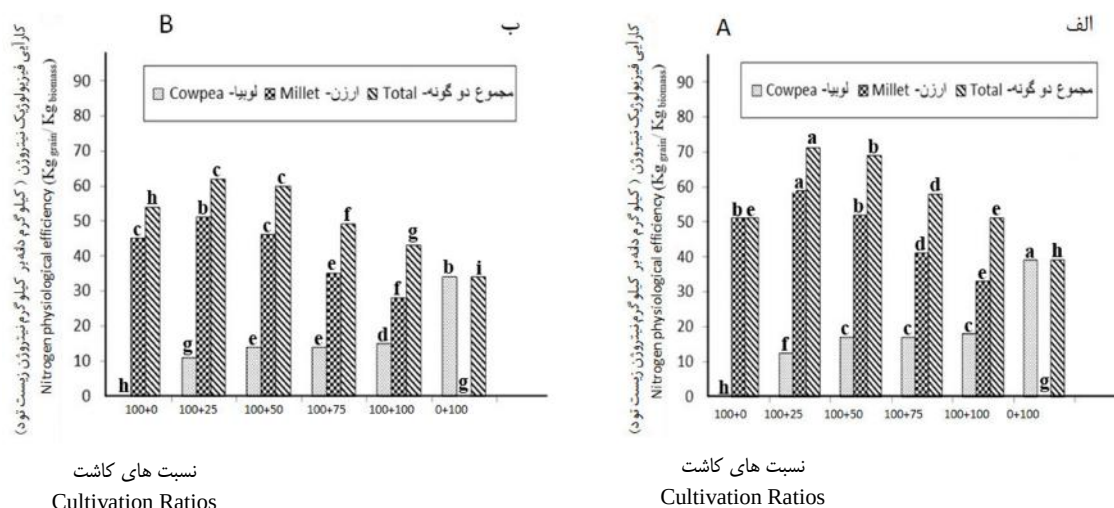
شکل ۳- الف و ب نشان می‌دهد که کارایی فیزیولوژیک نیتروژن ارزن در تیمارهای ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیشتر از کشت خالص ارزن و در دو تیمار ۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی کمتر از کشت خالص آن است. علت وجود این تفاوت در کارایی فیزیولوژیک نیتروژن نسبت به کشت خالص مربوط به کاهش رقابت بین‌گونه‌ای ناشی از اشغال آشیان‌های اکولوژیکی متفاوت و افزایش حد تراکم مطلوب و آسیمیلسیون بیشتر مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه به‌ازای هر واحد از نیتروژن اندام‌های هوایی ارزن در دو نسبت مخلوط ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا می‌باشد، در حالی که افزایش رقابت بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای ناشی از رسیدن تراکم به حد بحرانی در دو نسبت ۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا و صرف بیشتر مواد فتوسنتزی برای رشد رویشی جهت کسب قدرت برتری در رقابت و در نتیجه کاهش عملکرد دانه در این دو نسبت در مقایسه با کشت خالص باعث کاهش کارایی فیزیولوژیک نیتروژن شد.

در این آزمایش کارایی فیزیولوژیک نیتروژن لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص نسبت به کلیه تیمارهای مخلوط افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۳). همچنین با کاهش سهم لوبیا در مخلوط، از کارایی فیزیولوژیک نیتروژن آن کاسته شد، اگرچه بین اکثر تیمارهای مخلوط این تفاوت معنی‌دار نبود. علت برتری این فرآیند در کشت خالص لوبیا می‌تواند مربوط به استفاده بهتر از عوامل محیطی رشد و افزایش عملکرد ناشی از وجود تراکم گیاهی مطلوب در مقایسه با ترکیب‌های مخلوط باشد. در این آزمایش مجموع کارایی فیزیولوژیک

کارایی مصرف نیتروژن

اثر کود زیستی بر کارایی مصرف نیتروژن که به‌صورت نسبت عملکرد دانه به میزان نیتروژن موجود در خاک تعریف می‌شود، معنی‌دار بود ($P \leq 0.05$) (جدول ۶). کارایی مصرف نیتروژن برای ارزن، لوبیا و مجموع دو گونه در گیاهان تحت تأثیر تیمار کود زیستی نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۳/۸، ۲۵ و ۲۴/۲ درصد افزایش داشت. احتمالاً فعالیت‌های متابولیکی باکتری‌های حل‌کننده فسفات که بذر گیاهان با آن تلقیح شده بود در فراهم شدن شرایط محیطی بهتر برای رشد، عامل اصلی این برتری بود. نسبت‌های کاشت نیز بر کارایی مصرف نیتروژن ارزن، لوبیا و مجموع دو گونه اثر معنی‌داری اعمال کرد (جدول ۶).

در این آزمایش کارایی فیزیولوژیک نیتروژن لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص نسبت به کلیه تیمارهای مخلوط افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۳). همچنین با کاهش سهم لوبیا در مخلوط، از کارایی فیزیولوژیک نیتروژن آن کاسته شد، اگرچه بین اکثر تیمارهای مخلوط این تفاوت معنی‌دار نبود. علت برتری این فرآیند در کشت خالص لوبیا می‌تواند مربوط به استفاده بهتر از عوامل محیطی رشد و افزایش عملکرد ناشی از وجود تراکم گیاهی مطلوب در مقایسه با ترکیب‌های مخلوط باشد. در این آزمایش مجموع کارایی فیزیولوژیک



شکل ۳- تغییرات کارایی فیزیولوژیک نیتروژن ارزن و لوبیا تحت تأثیر تیمارها: الف- استفاده از کود زیستی فسفره، ب- شاهد (بدون کود) میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی دار ($P \leq 0.05$) ندارند.

Figure 3- Changing of nitrogen physiological efficiency of millet and cowpea as affected by treatments: A- Applying phosphorus boifertilizer, B- Control (without fertilizer)

خالص در مقایسه با کلیه نسبت‌های مخلوط افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۶). علت این برتری، افزایش عملکرد دانه ناشی از تراکم مطلوب و استفاده بهینه از عوامل محیطی رشد به‌خصوص نور، آب و عناصر غذایی بود (جدول ۳). با افزایش سهم لوبیا در نسبت‌های مخلوط به علت افزایش عملکرد دانه، کارایی مصرف نیتروژن نیز افزایش یافت. این امر حاکی از آن است که عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن لوبیا در مخلوط شدیداً تابع تعداد بوته در واحد سطح است که با یافته‌های (Ameri *et al.*, 2007) در آزمایش بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بر کارایی مصرف نیتروژن گیاه همیشه بهار مطابقت دارد.

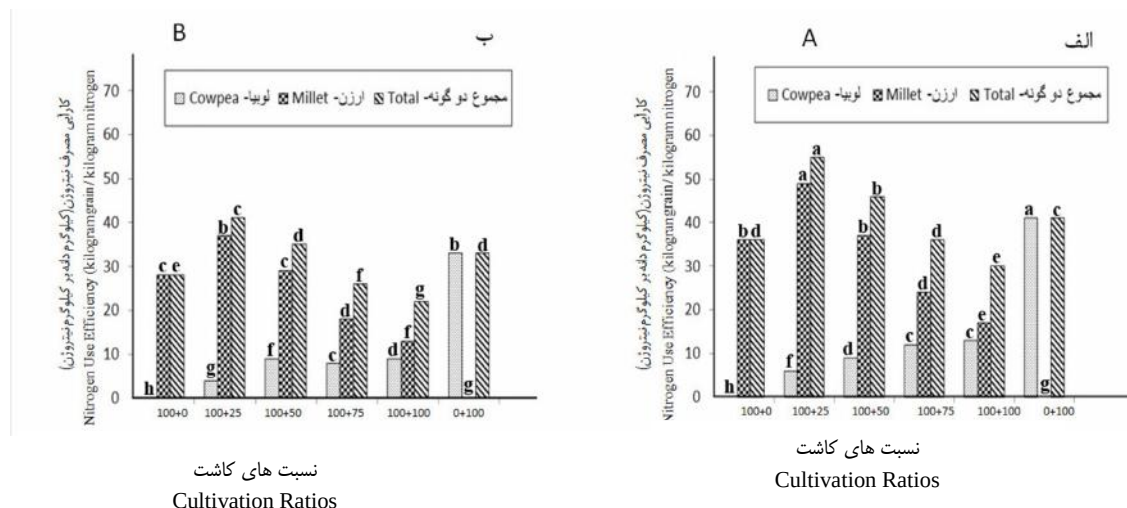
مجموع کارایی مصرف نیتروژن دو گونه در نسبت‌های مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) به‌ترتیب نسبت به کشت خالص ارزن ۳۲/۴ و ۲۰/۳ درصد و نسبت به کشت خالص لوبیا ۲۱/۶ و ۷/۹۹ درصد افزایش داشت. دلیل برتری کارایی مصرف نیتروژن دو گونه در کشت مخلوط، احتمالاً کاهش رقابت دو گونه برای جذب منابع در اثر اشغال آشیان‌های اکولوژیکی متفاوت و افزایش حد تراکم مطلوب در این دو نسبت در مقایسه با کشت خالص است. همچنین علت برتری کارایی مصرف نیتروژن در کشت خالص لوبیا نسبت به کشت خالص ارزن می‌تواند مربوط به جذب کمتر نیتروژن خاک توسط لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با ارزن به علت تأمین بیشتر نیاز نیتروژنی گیاه لوبیا از طریق فرآیند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در لوبیا و در نتیجه افزایش کارایی مصرف نیتروژن باشد. در پژوهشی اثر مقادیر نیتروژن و تراکم بر کارایی مصرف نیتروژن

در این آزمایش بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (۴۳/۲، ۳۷/۷ و ۴۸/۱ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) و کمترین آن (۱۴، ۴/۹ و ۲۴/۸ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک)، برای ارزن به‌ترتیب در نسبت‌های مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی)، برای لوبیا چشم‌بلبلی از تیمارهای کشت خالص و مخلوط (نسبت مخلوط ۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) و برای مجموع دو گونه نیز از تیمارهای مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۱۰۰ درصد ارزن + ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) حاصل شد. شکل ۴ نشان می‌دهد که کارایی مصرف نیتروژن ارزن در دو تیمار مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا) بیشتر از کشت خالص ارزن و در دو تیمار دیگر مخلوط (۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی) کمتر از کشت خالص آن است. دلیل این وضعیت، افزایش حد تراکم مطلوب ناشی از دستیابی دو گونه به آشیان‌های اکولوژیکی متفاوت و در نتیجه کاهش رقابت بین گونه‌ای در دو نسبت (۱۰۰ درصد ارزن + ۲۵ و ۵۰ درصد لوبیا) و استفاده بهتر از منابع رشد و افزایش عملکرد به‌ازای هر واحد از نیتروژن قابل دسترس خاک است. (جدول ۵). در حالی که افزایش رقابت بین گونه‌ای ناشی از افزایش سهم لوبیا در مخلوط و رسیدن به حد تراکم بحرانی و صرف بیشتر منابع در توسعه رشد رویشی جهت حفظ برتری در رقابت در دو نسبت (۱۰۰ درصد ارزن + ۷۵ و ۱۰۰ درصد لوبیا) باعث کاهش عملکرد دانه در مقابل هر واحد نیتروژن قابل دسترس خاک شد.

در این آزمایش کارایی مصرف نیتروژن لوبیا چشم‌بلبلی در کشت

فیزیولوژیک قرار دارد، افزایش در یک جزء باعث کاهش جزء دیگر و روند تغییرات آن نیز تابع روند تغییرات این دو عامل بود.

بررسی و مشاهده شد که با مصرف بیشتر نیتروژن، کارایی مصرف آن کاهش یافت (Ameri *et al.*, 2007). با توجه به این که کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر دو عامل کارایی جذب و کارایی



شکل ۴- تغییرات کارایی مصرف نیتروژن ارزن و لوبیا چشم بلبلی تحت تأثیر تیمارها: الف- استفاده از کود زیستی فسفره، ب- شاهد (بدون کود) میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.05$) ندارند.

Figure 4- Changing of nitrogen use efficiency of millet and cowpea as affected by treatments: A- Applying of phosphorus biofertilizer, B- Control (without fertilizer)

پس از برداشت گندم، کارایی مصرف و جذب نیتروژن برای گونه‌های باقی‌مانده در مخلوط بین ۳۰-۴۰ درصد افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از کود زیستی حل‌کننده فسفات توأم با بهره‌گیری از سیستم کشت مخلوط در محدوده نسبت‌های ۱۰۰ درصد ارزن معمولی + ۲۵ تا ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط این آزمایش می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف آب و کارایی‌های نیتروژن در مقایسه با کشت خالص آن‌ها گردد. با توجه به این که در این آزمایش از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی استفاده نشد، این نتایج می‌تواند در کاهش وابستگی به نهاده‌های گران‌قیمت، کاهش آلودگی‌ها و فشارهای زیست‌محیطی و بهره‌وری بهینه از منابع محیطی رشد جهت تولید مطلوب و سالم راهگشا باشد.

در آزمایش حاضر، سهم کارایی جذب در حصول کارایی مصرف بیشتر از سهم کارایی فیزیولوژیک بود که با یافته‌های محققین دیگر (Ameri *et al.*, 2007; Parsa *et al.*, 2009) مطابقت دارد. در آزمایشی روی تأثیر کشت مخلوط تأخیری گندم و ذرت بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن، (Koocheki *et al.*, 2010) دریافتند که کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط گندم و ذرت بیشتر از کشت خالص هر دو گونه بود، آن‌ها دلیل این برتری را عدم رقابت دو گونه در زمان یکسان برای جذب منابع غذایی و ایجاد حالت تکمیل‌کنندگی در تسخیر منابع از طریق ساختار ریشه و فنولوژی، کارایی مصرف منابع در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیان کردند. (Li *et al.*, 2009) نیز در بررسی کشت مخلوط تأخیری گندم-ذرت و گندم-سویا (*Glycine max* L.) گزارش کردند که کارایی مصرف نیتروژن ذرت و سویا قبل از برداشت گندم به دلیل سایه‌اندازی شدید گندم به‌طور چشمگیری کمتر از خالص این دو گونه بود، در حالی که

References

1. Aggawell, P. K., Garrity, D. P., Liboon, S. P., and Morris, R. A. 1992. Resource use and interaction in a rice mungbean intercrop. *Agronomy Journal* 84: 71-78.
2. Ameri, A., Nasiri Mahallati, M., and Rezvani Moghadam, P. 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 5 (2): 315- 325. (in Persian with English abstract).

3. Biari, A., Gholami, A., and Asadi Rahmani, A. 2007. Sustainable production and improving uptake of nutrients of corn in response, to seed fecundation through instigator growth bacteria. 2th National Conference of Agriculture and Ecology of Iran, Gorgan.
4. Chabot, R., and Antoun, H. 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate- solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. *Plant and Soil* 184: 311-321.
5. Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Siahshar, B. A., and Ramroudi, M. 2011. Evaluation of forage yield and protein content of maize and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping. *Iranian Journal of Crop Science* 13 (4): 658-670.
6. Daneshmand, A., Shirani-rad, A. H., Noormohammadi, Gh., Zarei, Gh., and Daneshian, J. 2006. Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseeds (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Science* 8 (4): 323- 342. (in Persian with English abstract).
7. Dileep-Kumar, S. B., Berggren, I., and Martensson, A. M. 2007. Potential for improving pea production by coinoculation with *Fluorescent Pseudomonas* and *Rhizobium*. *Plant and Soil* 229: 25-34.
8. Francis, C. A. 1986. Multiple Cropping system. Macmillan publishing company.
9. Francis, C. A. 1996. Biological efficiencies in multiple-cropping systems *Advances in Agronomy*. 42: 21-42.
10. Gao, Y. A., Duan, J., Sun, F., Li, Z., and Liu, H. 2009. Crop coefficient and water use efficiency of winter wheat/ spring maize strip intercropping. *Field Crops Research* 111: 65-73.
11. Ghazi, N., and Al- karaki, G. N. 1998. Benefit, cost and water use efficiency of arbuscular mycorrhiza of durum wheat grown under drought stress. *Mycorrhiza* 8: 41-45.
12. Ghosh, P. K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut cereal fodder intercropping system in the semi-arid tropics of India. *Field Crop Research* 88: 227-237.
13. Gliessman, S. R. 1997. *Agroecology: Ecological processes in sustainable Agriculture*. Arbor press.
14. Gliessman, S. R. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in sustainable Agriculture*. CRC press. ISBN: 1-575. 4-043-3.
15. Guehl, I. M., and Garbaye, J. 1991. The effects of ectomycorrhizal status on carbon dioxide assimilation capacity, water use efficiency and response to transplanting in seedlings of *Pseudotsuga menziesii* (mirb) franco. *American Journal of Science* 21: 551-563.
16. Hosseinzadeh, H. 2005. Report of effect Barvar 2 biofertilizer on yield grain legume. Tehran Daneshgahi Jihad and fannavari Sabz publication, Tehran.
17. Huggins, D. R., and Pan, W. L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *Agronomy Journal* 85: 898-905.
18. Hulugulle, N., and Lal, R. 1986. Soil water balance of intrcropped maize and cowpea grown in tropical hydromorphic soil Western Nigeria. *Agronomy Journal* 75: 86-90.
19. Jahan, M., and Nasiri Mahallati, M. 2012. *Soil Fertility and Biofertilizers (An Agroecological Approach)*. Ferdowsi University of Mashhad press publication.
20. Javanshir, A., Dabbagh, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. *The Ecology of Intercropping*, Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press publication.
21. Koocheki, A., Nasiri- Mahallati, M., Borumand-Rezazadeh, Z., and Khorramdel, S. 2010. Effect of delayed, intercropping wheat and corn on nitrogen use and utility efficiency. 1th Iranian Conference of sustainable agricultural and healthy crop production. Agricultural and Natural Resources Research Center, Isfahan, Iran.
22. Koocheki, A. Sustainable agriculture. 2001. Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press. (in Persian).
23. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2009. Wheat/maize or wheat/ soybean strip intercropping yield advantage and interspecific interactions on nutrient. *Field Crops Research* 71 (2): 123-137.
24. Madani, H., Melbobi, M. A., and Omid, M. 2006. Applying of phosphorus biofertilizer on cultivation of bean. 1th Iranian Cereals Congress, Mashhad, Iran.
25. Mahdavi- Damghani, A., Deihimfard, R., and Mirzaei- Talarposhti, R. 2007. *Sustainable Soils; The placement of organic matter in sustaining soils and their productivity*. Shahid Beheshti University press publication.
26. Mahdavi, A., Rezaei, M., Asgharzadeh, A., and Cherati, A. 2001. Effect of different substances of Bradyrhizobium japonicum bacteria on uptake of micronutrients in forage and grain yield on soybean plant. *Iranian Journal of plant Sciences Research* 16 (4): 218-232.
27. Marulanda, A., Barea, J. M., and Azcon, R. 2006. An indigenous drought- tolerant strain of *Glomus intraradices* associated with a native bacterium improves water transport and root development in *Retama Spaero carpa*. *FEMS Microbiology Ecology* 52: 670-678.
28. Mazaheri, D. 1994. *Intercropping*. Tehran University.
29. Mirzaei, A., and Jokar, M. 2014. Water use efficiency in plants crop and its ecological approaches. National Conference on energy consumption optimization in Science and Engineering. Kome Elmavaran danesh. R. S. Institute.
30. 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.
31. Nachigera, G. M., Ledent, J. F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany*.
32. Najafi, N., Mostafaii, M., Ousting, Sh., and Dabagh-e- mohamadi Nasb, A. 2015. Effect of manure application and intercropping of corn, bean, and biter vetch on macronutrients content in maize shoot. 12th Iranian Crop Sciences Congress. Karaj Brach, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
33. Najibnia, S., Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., and Porsa, H. 2014. Comparision of water uptake, use and productivity efficiency in sole and multiple cropping systems of rapeseed (*Brassica napus* L.), bean and corn. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12 (2): 153-163.
34. Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani- Moghadam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad, Publication.
35. Papendick, R. I., Sanchez, D. A., and Triplett, G. B. 1983. Multiple cropping. American Society of Agronomy (ASA).
36. Parsa, S., Kafi, M., and Nasiri Mahallati, M. 2009. Effects of salinity and nitrogen Levels on nitrogen content of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7 (2): 327-355. (in Persian with English abstract).
37. Payne, W. A. 1997. Managing yield and water use of pearl millet in the Sahel. *Agronomy Journal* 89: 481-490.
38. Richards, R. A., Rebetzke, G. J., Condon, A. G., and Vanher- warden, A. F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science* 42: 111-121.
39. Roy, R. K., and Tripathi, R. S. 2005. Effect of irrigation and fertilizer on yield water use efficiency and nutrient concentration in winter maize. *Indian Journal of Agronomy* 32: 314-318.
40. Saleh Rastin, N. 2001. Biofertilizers and their role in achiving sustainable agriculture. Collection of articles about the necessity of industrial production of biofertilizers in contry 1-54.
41. Salehzade, A., Siyadat, S. A., and Nouriyani, H. 2014. Evaluation of agronomic efficiency, physiological efficiency and utilization of nitrogen in the canopy additive intercropping Corn-bean in Dezful region. 1st International and 13th Iranian Crop Science Congress, 3th Iranian Seed Science and Technology Conference. Seed and Plant Improvement Institute Karaj, Iran. (in Persian with English abstract).
42. Sani, B., Rajabzadeh, F., Liaghati, H., Ghushchi, F., and Karvar, M. 2008. Effect of biofertilizers on quality and quantily indexes of maize at agroecosystem, 2th Iranian Agroecological conferences, Gorgan, Iran.
43. Sharpe, R., Harper, L. A., Giddens, J. E., and Langdale, G. W. 2001. Nitrogen use efficiency and nitrogen budget for conservation tilled wheat. *Soil Science Society of America Journal* 52: 1349-1398.
44. Singh, A., Turkhade, B. B., Prasad, R., Singh. R. K., and Bhargava, S. C. 1992. Effect of wheat +Linseed intercropping on moisture use. *Indian Journal of Agronomy* 37: 142-143.
45. Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoyei, F., and Moghaddam, M. 2003. Pearl millet and common vetch intercropping. *Iranian Journal of Beiabane* 5 (2). (in Persian with English abstract).
46. Taii, J., Ghanbari, A., and Jokar, M. 2008. Intercropping an approche for increasing water use efficiency. The 1th International Conference of water Crisis, University of Zabol, Zabol, Iran.
47. Tanwar, S. P .S., Rao, S. S., Regar, P. L., Datt, Sh., Kumar, P., Jodha, B. S., Santra, P., Kumar, R., and Ram, R. 2014. Improving water and Land use efficiency of fallow- wheat system in shallow lithic calciorthid soils of arid region: Introduction of bed planting and rainy season sorghum legume intercropping. *Soil &Tillage Research* 138: 44-55.
48. Tavassoly, A., Ghanbari, A., and Amiri, A. 2010. Calculation of water use efficiency on sole cropping and intercropping systems of millet and pea in Sistan area. 1th Iranian Conference of sustainable agriculture and healthy crop production. Isfahan Agriculture and Natural Resources Research Center, Isfahan, Iran.
49. Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M. M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millte (*panicum miliaceum*) and bean (*phaseolus vulgaris*) in intercropping- *Iranian Journal of Agronomy Research* 8 (2): 1-11. (in Persian with English abstract).
50. Touzi, I. S., Tourdonnet, De., 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.
51. Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono / intercropping system with different row orientation. *Field Crop Research* 71: 17-29.
52. Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H. 2005. A simulation model of cereal- legume intercropping systems for semi-arid regionsI. model development. *Field Crop Research* 93: 10-22.
53. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil* 255: 571-586.
54. Wahuma, T. A. T., and Miller, D. A. 1987. Effects of intercropping on soybean N2 fixation composition on associated sorghum and soybean. *Agronomy Journal* 70: 292- 295.
55. Wallace, J. 2001. Organic Field Crop Handbook. Pub. Canadian Organic Growers. Ottanan, Onta.



Effects of Intercropping of Common Millet (*Panicum miliaceum* L.) – Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) and Biological Fertilizer inoculation on Water and Nitrogen Use Efficiencies

A. Khaki Najafabadi¹- M. Jahan^{2*} - A. Koocheki³- M. Nassiri Mahalati³

Received: 12-01-2016

Accepted: 27-09-2016

Introduction

Nowadays, increasing world population, destruction of natural resources followed by the confirmed need to increase food production are the basic challenges of the world. The appropriate solution for this challenge is sustainable agriculture based on consuming different kinds of biological and organic fertilizers, with the purpose of elimination and considerable decrease of agrochemicals. Phosphorus biological fertilizer consisted of two genus of bacteria, *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp., helps plants to absorb phosphorus dissolved in soil by two mechanisms, excreting organic acids and phosphate enzyme.

Improving nitrogen use efficiency is a principle strategy to increase sustainability in agricultural systems. Some of management options which are effective on increasing nutrients efficiency in agro-systems are intercropping, rotation and green manure application. Utilizing fixed nitrogen of legumes by cereals is the advantage of intercropping legumes and cereals. Intercropping systems are practical and suitable samples for increasing water use efficiency in agriculture. Francis (9) believes that in case of water limitation, the best way to improve water use efficiency is intercropping.

The purpose of the present study was evaluating sole cropping system, intercropping common millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) and the role of biological fertilizer to achieve the most suitable combination of growing these two species crops and fertilizing recommendations with the purpose of suitable yield and resources use efficiency.

Materials and Methods

This experiment was conducted at a farm in Najafabad-Isfahan, during growing season of year 2013-2014. The experimental treatments were arranged in split plots based on a randomized complete block design with three replications. Two levels of phosphorus biofertilizer a_1 (seed inoculation with *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. rhizobacteria as Barvar 2 biofertilizer®) and a_2 (control=no inoculation) were assigned to main plots. The sub-plots including b_1 (sole cropping of millet), b_2 (millet100%+ cowpea25%), b_3 (millet100%+ cowpea50%), b_4 (millet100%+ cowpea75%), b_5 (millet100%+ cowpea100%) and b_6 (sole cropping of cowpea). The distances between the rows in all treatments were 50 centimeters and the distance between two plants on each row of the sole millet was 8.6, for sole cowpea was 10.7 centimeters (with density of 200 and 160 thousand plants per hectare). In additive ratios the distances between the plants on all rows were 4.3 centimeters for millet as the fixed plant and 21.4, 10, 7, 7.1 and 5.4 cm for cowpea (with density of 4, 8, 12 and 16 plants per m^2) which were on the parallel rows with millet.

Water use efficiency for grain yield was calculated from equation 1(8) and nitrogen efficiencies (including: recovery, Physiological and use) also were calculated by using the equation 2, 3 and 4 respectively.

1, 2, 3- PhD Student in Agroecology, Associate Professor, and Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(Corresponding Author Email: jahan@um.ac.ir)

$$WUE = \frac{Y_g \text{ (kg / ha)}}{W_{(m^3 / ha)}} \quad \text{Equation 1}$$

$$NRE(\%) = \frac{N_{Dm} \text{ (kg / ha)}}{N_s \text{ (kg / ha)}} \quad \text{Equation 2}$$

$$NPE = \frac{Y_g \text{ (kg / ha)}}{N_{Dm} \text{ (kg / ha)}} \quad \text{Equation 3}$$

$$NUE = \frac{Y_g \text{ (kg / ha)}}{N_s \text{ (kg / ha)}} \quad \text{Equation 4}$$

Results and Discussion

The results of this experiment showed that the effect of Barvar 2 biofertilizer® on WUE, NRE, NPE and NUE was significant ($P \leq 0.05$). In addition, the effect of cropping ratios on all measured traits was significant so that the most (0.704, 0.473 and 0.784 kg.m⁻³) water use efficiency, nitrogen recovery efficiency (77.7, 101.7 and 120.6%), nitrogen physiological efficiency (55.3, 37 and 66.8 kg.kg⁻¹) and nitrogen use efficiency (43.2, 37.7 and 48.7 kg.kg⁻¹) observed respectively for millet in ratio of millet 100%+ cowpea25%, for cowpea in sole cropping and for total two species also in ratio of millet100%+ cowpea25% was obtained.

Conclusions

The results of this experiment showed that the management based on true understanding of ecological basis and principles of intercropping systems and application of biofertilizers could be an ecological approach for increasing productivity and best usage of resources (water and nitrogen) in order to achieve suitable production, decrease expenses and dependence to expensive foreign inputs, eliminate pollution and bioenvironmental pressures on sustainable agricultural systems.

Acknowledgements The authors are sincerely grateful to all the respectable anonymous persons that supported this research.

Keywords: Additional of series, Grain yield, Nitrogen use efficiency, Phosphorus biological fertilizer



تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، کودهای زیستی و نانونیترژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن سویا در منطقه داراب (استان فارس)

سمیه شعبانی¹ - محسن موحدی دهنوی^{2*}

تاریخ دریافت: 1394/11/04

تاریخ پذیرش: 1395/05/18

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، کودهای زیستی و نانو نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن سویا رقم ویلیامز، در سال 1392 آزمایشی مزرعه‌ای در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس (داراب) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کود شیمیایی نیتروژن در سه سطح (صفر، 75 و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن) به عنوان عامل اصلی و منبع نیتروژن در چهار سطح (ریزوبیوم جاپونیکوم، نانونیترژن، نیتروکسین و شاهد) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه و شاخص برداشت از کاربرد تلفیقی 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ریزوبیوم به دست آمد. کاربرد تلفیقی 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ریزوبیوم بیشترین پروتئین و عملکرد پروتئین دانه را ایجاد نمود. حداکثر محتوای نیتروژن اندام هوایی در مرحله رسیدگی در نتیجه کاربرد تلفیقی 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانو کود نیتروژن ایجاد شد. در این تحقیق کمترین شاخص برداشت نیتروژن از کاربرد تلفیقی 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانو نیتروژن و حداکثر کارایی مصرف نیتروژن از کاربرد تلفیقی 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ریزوبیوم مشاهده گردید. بیشترین کارایی استفاده از نیتروژن از کاربرد نانو کود نیتروژن و بیشترین شاخص کارایی جذب نیتروژن از کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن و ریزوبیوم حاصل گردید. براساس یافته‌های این تحقیق بنظر می‌رسد استفاده تلفیقی 75 کیلوگرم کود نیتروژن و ریزوبیوم راهکار مناسبی برای تولید گیاه روغنی سویا رقم ویلیامز در منطقه گرم و خشک داراب (فارس) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پایداری خاک، پروتئین، ریزوبیوم جاپونیکوم، شاخص برداشت نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن

مقدمه

نسبت به گیاهان دیگر، پرنرنگ‌تر می‌باشد. نتایج به دست آمده توسط حاتمی و همکاران (Hatami et al., 2009) حاکی از افزایش عملکرد سویا در اثر افزایش کاربرد کود نیتروژن تا سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد می‌باشد. چنین استنباط می‌شود که وجود نیتروژن، ریزش گل و غلاف را کاهش و باعث افزایش تعداد دانه در گیاه و نهایتاً بالا رفتن عملکرد دانه می‌شود. طبق گزارش محسنی و همکاران (Mohseni et al., 2015) بیشترین پروتئین دانه سویا با مصرف 200 کیلوگرم اوره در هکتار به دست آمد. با توجه به اینکه نیتروژن یکی از اساسی‌ترین عناصر ساخت پروتئین بوده و سبب افزایش پروتئین در گیاه می‌شود، به همین دلیل گیاه سویا به میزان زیادی به آن نیاز دارد (Akbari et al., 2012). نتایج حاصل از مطالعه رفیعی و همکاران (Rafeie et al., 2014) نشان داد که عملکرد پروتئین دانه در سویا با افزایش کاربرد کود نیتروژن (200

سویا (*Glycine max*) گیاهی یکساله و از خانواده بقولات می‌باشد و به دلیل درصد بالای روغن (24-14 درصد) و پروتئین (50-30 درصد) در بین دانه‌های روغنی یک گیاه با ارزش و راهبردی برای کشور محسوب می‌گردد (Ebrahimi Monfared and Delkhosh, 2011). نیتروژن یکی از عناصر بسیار مهمی است که نقش آن در تولید سویا به دلیل بالا بودن درصد پروتئین این گیاه

1- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

2- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(*) نویسنده مسئول: Email: Movahhedi1354@yu.ac.ir

DOI: 10.22067/gsc.v15i3.53300

و باعث شده است کارایی مصرف آن برای تولید محصولات کشاورزی پایین باشد (Koocheki et al., 2012). کارایی مصرف نیتروژن نشان‌دهنده بازدهی گیاه در تبدیل نیتروژن قابل دسترس در خاک به عملکرد دانه و یا زیستی می‌باشد. درک صحیح مکانسیم‌های مؤثر بر تنظیم کارایی نیتروژن می‌تواند نقش مؤثری در افزایش تولید در واحد سطح داشته باشد. با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن، شاخص کارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد (Naushad et al., 2012). کارایی استفاده از نیتروژن به عوامل داخلی گیاه بستگی دارد (Fan et al., 2004). نتایج به‌دست آمده توسط برخی محققین نشان داد که کاربرد تلفیقی 75 درصد کود شیمیایی نیتروژن و کودهای زیستی باعث افزایش جذب نیتروژن و در نتیجه افزایش کارایی جذب آن شده است (Hamzei and Sarmadi, 2010). در اثر استفاده از کود زیستی نیتروکسین کارایی مصرف نیتروژن در ذرت شیرین (Zea mays) افزایش یافت (Sharifi et al., 2012). لذا با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و مشکلات ناشی از آن، همچنین نظر به اهمیت سویا به‌عنوان یک گیاه روغنی سازگار با اقلیم کشور و نیز عدم وجود اطلاعاتی مستند و جامع درخصوص واکنش‌های رشد و عملکرد این گیاه به کودهای غیرشیمیایی و نانو کودها و کارایی مصرف نیتروژن، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر سطوح مختلف نیتروژن، کودهای زیستی و نانو نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن سویا (رقم ویلیامز) در منطقه داراب (فارس) اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1392 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب واقع در 270 کیلومتری جنوب شرق شیراز، با طول جغرافیایی 57 درجه و 17 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 28 درجه و 47 دقیقه شمالی و ارتفاع 1115 متر از سطح دریا، با بیشینه و کمینه دما و میانگین بارندگی سالیانه به‌ترتیب 48 و 3- درجه سانتی‌گراد و 250 میلی‌متر و در خاکی شنی لومی اجرا گردید. خصوصیات خاک زراعی مزرعه اجرای طرح تحقیقاتی در جدول 1 آورده شده است.

کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. یکی از مهم‌ترین دلایل آن فراهم بودن مقادیر مناسب نیتروژن می‌باشد. کودهای زیستی به مجموعه مواد نگهدارنده با تعداد زیاد از یک یا چند ریز جاندار مفید خاک‌زی و یا فرآورده‌های متابولیک آنها که بیشتر به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط مناسب برای رشد و نمو آن و به‌صورت مایه تلقیح زنده برای مصرف در خاک و یا همراه با بذر تولید می‌شوند، اطلاق می‌گردد (Hojattipor et al., 2014). کود زیستی نیتروکسین، حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بوده که علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه، از طریق سازوکارهای مختلفی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (Moghimi et al., 2011). سجادی‌نیک و همکاران (Sajadi Nik and Yadavi, 2011) افزایش 8/3 درصدی عملکرد نسبت به شاهد در اثر کاربرد کود زیستی نیتروکسین در گیاه کنجد (*Sesamum indicum*) را گزارش کردند. همچنین نتایج مشابهی در مورد تأثیر مثبت کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه سویا توسط اردکانی و همکاران (Ardekani et al., 2006)، در کلزا (*Brassica napus*) توسط یساری و پاتواردهان (Yasari and Patwardhan, 2007) و در آفتاب‌گردان توسط رشدی و همکاران (Roshdi et al., 2009) گزارش شده است. علت این افزایش بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در اثر کاربرد کود زیستی بیان شده است (Sajadi Nik et al., 2011).

استفاده از نانو کودها یکی از مؤثرترین و در عین حال ساده‌ترین شیوه‌ها به‌منظور کاهش تلفات عناصر غذایی و افزایش کارایی مصرف کودها است. مسلماً با به‌کارگیری فناوری نانو در بهینه کردن فرمولاسیون کودهای شیمیایی، می‌توان به دستاوردهای شگرفی از جمله کاهش هزینه‌های تولیدات کشاورزی و جلوگیری از معضلات زیست‌محیطی نائل آمد (Naderi and Danesh Shahraki, 2011).

به دلیل پویایی بالای نیتروژن و حلالیت زیاد ترکیبات کودی، مصرف بیش از حد آنها باعث هدررفت نیتروژن از طریق فرآیندهای مختلف از قبیل آبشویی، نترات‌زدایی، فرسایش سطحی و تصعید شده

جدول 1- مشخصات خاک زراعی محل اجرای آزمایش

Table 1- Properties of experimental soil

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی ($EC \times 10^3$) mS cm ⁻¹	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر Available phosphorous (mg kg ⁻¹)	پتاسیم Available potassium (mg kg ⁻¹)	بافت خاک Soil texture
(0-30)	3.66	7.69	0.78	0.06	13.5	214	Sandy loam
(30-60)	1.35	7.95	0.68	0.05	9	178	Sandy loam

کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن نیز به روش زیر برآورد گردید (Tousikehal *et al.*, 2011):

1- شاخص برداشت نیتروژن (NHI^2)

$$NHI = \frac{Ng}{Nt} \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه NHI شاخص برداشت نیتروژن بر حسب درصد، Ng مقدار نیتروژن جذب شده در دانه و Nt مقدار نیتروژن جذب شده در کل بوته بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند.

2- کارایی استفاده از نیتروژن ($NUTE^3$)

$$NUTE = \frac{Wg}{Nt} \quad (2)$$

که NUTE کارایی استفاده از نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) و Wg وزن دانه و Nt کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه (کیلوگرم) می‌باشند.

3- کارایی جذب نیتروژن ($NUPTE^4$)

$$NUPTE = \frac{NT}{NF} \quad (3)$$

که NUPTE کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) NT کل نیتروژن جذب شده توسط دانه (کیلوگرم) و NF مقدار نیتروژن مصرف شده به‌صورت کود (کیلوگرم) می‌باشند.

4- کارایی مصرف نیتروژن (کارایی ناخالص مصرف نیتروژن) (NUE^5)

$$NUE = \frac{Wg}{Nf} \quad (4)$$

که NUE کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، Nf مقدار نیتروژن مصرفی به‌صورت کود بر حسب کیلوگرم و Wg وزن دانه بر حسب کیلوگرم می‌باشند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS انجام گردید. مقایسه میانگین اثرات اصلی به روش آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و در صورت معنی‌دار بودن اثرات متقابل آن‌ها، برش‌دهی اثر متقابل انجام و مقایسه میانگین با روش L. S. Means صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد زیستی

اثر نیتروژن و منبع نیتروژنه بر عملکرد زیستی معنی‌دار شد، ولی برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول 2). نتایج نشان داد افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی باعث افزایش در میزان عملکرد زیستی شد؛ به‌طوری‌که عدم کاربرد نیتروژن مصرفی (شاهد) با

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با 12 تیمار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح کود نیتروژن (صفر، 75 و 150 کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره (Hatami *et al.*, 2009) در کرت‌های اصلی و منبع نیتروژن در چهار تیمار (ریزوبیوم جاپونیکوم، نانونیترژن، نیتروکسین و شاهد) در کرت‌های فرعی بودند. به منظور تأمین فسفر و پتاس مورد نیاز گیاه، قبل از کاشت، 100 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات و 100 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌طور یکنواخت روی خاک پخش شده و به کمک دیسک با آن مخلوط گردید. هر کرت آزمایش شامل چهار ردیف کاشت به طول چهار متر بود. کشت به صورت جوی و پشته، فاصله ردیف‌ها 50 سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر و عمق کاشت چهار سانتی‌متر انتخاب گردید. رقم سویای مورد استفاده "ویلیامز" بود. نیتروژن به‌صورت تقسیط شده در سه مرحله زمان کاشت، بعد از وجین اول و اوایل گلدهی به خاک اضافه شد. برای مصرف باکتری ریزوبیوم جاپونیکوم، طبق دستور سازنده (مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال بیله سوار)، قبل از کاشت، بذر سویا به اندازه کافی برای کاشت هر تیمار جدا شده و به‌وسیله آب قند مرطوب گردید، سپس باکتری‌ها به بذر اضافه شدند.

مصرف نیتروکسین (با جمعیتی معادل 10^8 سلول زنده از هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر¹) به‌صورت تلقیح با غلظت 0/5 لیتر برای 9 کیلوگرم بذر بود. بذر با میزان نیتروکسین تعیین شده بذر مال شد و سپس کشت انجام گردید. ماده پیشنهادی نانو نیتروژن (نانو کود نیتروژن 27 درصد) به میزان 10 لیتر در هکتار (طبق دستور شرکت سازنده صدور احراز ضرق (خضراء)) به‌صورت تقسیط مساوی در مراحل مختلف (یک سوم همزمان با کاشت، یک سوم بعد از وجین اول و یک سوم اوایل گلدهی) همزمان با آبیاری مصرف گردید.

عملیات برداشت نهایی برای کلیه تیمارها زمانی صورت گرفت که کلیه برگ‌های روی ساقه ریزش و غلاف‌ها قهوه‌ای شده بودند. بدین منظور پس از حذف دو ردیف حاشیه هر کرت و 50 سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر ردیف، سطحی معادل سه متر مربع جهت مقایسه عملکرد برداشت گردید. همچنین بعد از جداسازی دانه‌ها از غلاف‌ها، کاه و کلش غلاف‌ها به کمک ترازو توزین شد و سپس جهت تعیین رطوبت کاه و کلش و به‌دست آوردن عملکرد زیستی کل خشک گردید. علاوه بر این صفاتی از جمله درصد پروتئین دانه (از حاصلضرب درصد نیتروژن دانه گیاه در عدد 6/25 محاسبه شد (Bremner, 1996)، عملکرد پروتئین (حاصلضرب درصد پروتئین دانه در عملکرد دانه)، محتوای نیتروژن در مرحله رسیدگی دانه (به روش کج‌للال)، شاخص برداشت نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن،

2- Nitrogen Harvest Index

3- Nitrogen Utilization Efficiency

4- Nitrogen Uptake Efficiency

5- Nitrogen Use Efficiency

1- Colony Forming Unit (CFU)

نتیجه‌ای گویای این مطلب است که احتمالاً نیتروژن تمامی مشخصه‌های مؤثر بر عملکرد زیستی همچون، ارتفاع و تعداد شاخه فرعی، اندازه برگ، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه، را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در آزمایشی با بررسی اثر باکتری ریزوبیوم جاپونیکوم بر نخود (*Cicer aritenium* L.) مشخص شد که بیشترین عملکرد زیستی از کاربرد باکتری ریزوبیوم در مقایسه با نخود تلقیح نشده به‌دست آمد (Tagay et al., 2008). به نظر می‌آید این باکتری باعث جذب بهتر و بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود.

کمترین میزان (3782/7 کیلوگرم در هکتار) این صفت همراه بود و بین سطوح 75 و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول 4). بیشترین میزان عملکرد زیستی (4508/4 کیلوگرم در هکتار) مربوط به کاربرد ریزوبیوم بود و بین سایر تیمارهای منبع نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مصرف 75 و 150 کیلوگرم نیتروژن هیچ‌گونه تفاوت آماری معنی‌داری ایجاد نکرد. بنابراین با مصرف 75 کیلوگرم نیتروژن معدنی در هکتار و تلقیح با ریزوبیوم می‌توان در مصرف نیتروژن صرفه‌جویی و عملکرد زیستی را افزایش داد. حصول چنین

جدول 2- تجزیه واریانس اثر نیتروژن و منبع نیتروژن برای صفات مورد مطالعه

Table 2- Analysis of variance for nitrogen and nitrogen source effect for studied characteristics

(Means of square) میانگین مربعات									
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	محتوای نیتروژن اندام هوایی در مرحله رسیدگی دانه Seed nitrogen content at ripening stage	درصد پروتئین Protein percent	عملکرد پروتئین Protein yield	کارایی استفاده از نیتروژن NutE	شاخص برداشت نیتروژن NHI
Replication تکرار	2	6496*	7304 ^{ns}	5.38 ^{ns}	0.001 ^{ns}	3.78 ^{ns}	84.32 ^{ns}	0.006 ^{ns}	12.76*
Nitrogen نیتروژن	2	1318*	2002**	9.06 ^{ns}	0.13*	394.83**	1770**	0.66*	215.61*
خطای اصلی Main error	4	1242	9865	4.38	0.008	2.11	1810	0.04	12.21
منبع نیتروژن (NS)	3	5741**	1222**	3.99 ^{ns}	0.01 ^{ns}	19.65*	2717**	0.06*	43.66*
Nitrogen Souce N×NS	6	1417 ^{ns}	3722*	22.38*	0.16**	13.85*	7192*	0.01 ^{ns}	80.63**
خطای فرعی Sub error	18	7744	1039	8.63	0.01	4.10	2249	0.02	8.86
ضریب تغییرات Cv (%)		6.72	6.23	7.41	12.06	8.62	12.17	13.54	4.26

ns, * و **: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 3- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس کارایی جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن (کارایی ناخالص)

Table 3- Mean squares obtained from analysis of variance for nitrogen uptake efficiency and nitrogen use efficiency

(Means of square) میانگین مربعات			
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	کارایی جذب نیتروژن NUE	کارایی مصرف نیتروژن NUPTE
Replication تکرار	2	1.23 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Nitrogen نیتروژن	1	755.54**	0.54**
خطای اصلی Main error	2	1.36 ^{ns}	0.002
منبع نیتروژن Nitrogen Souce N×NS	3	20.58**	0.07**
	3	6.21**	0.003 ^{ns}
خطای فرعی Sub error	12	0.95	0.004 ^{ns}
ضریب تغییرات Cv(%)		5.72	9.85

ns, * و **: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 4- مقایسه میانگین اثر نیتروژن و منبع نیتروژن برای برخی صفات سویا

Table 4- Mean comparisons of the effect of nitrogen and nitrogen source for some soybean characteristics

نیتروژن Nitrogen (kg ha ⁻¹)	عملکرد زیستی Biological yield (kg ha ⁻¹)	کارایی استفاده از نیتروژن NUTE (kg kg ⁻¹)	کارایی جذب نیتروژن NUPTE (kg kg ⁻¹)
0	3782.7	1.48	-
75	4197.1	1.11	0.84
150	4437.9	1.04	0.54
LSD 5%	399.4	0.22	0.09
(Nitrogen source) منبع نیتروژنه			
شاهد (Control)	4037.3	1.21	0.64
نانو (Nano)	3938.4	1.29	0.59
نیتروکسین (Nitroxin)	4037.0	1.25	0.68
ریزوبیوم (<i>Rhizobium</i>)	4508.4	1.09	0.84
LSD 5%	275.61	0.16	0.08

شاخص برداشت

اثر نیتروژن و منبع نیتروژن بر شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار نشد، ولی برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین برهم‌کنش نیتروژن و منبع نیتروژن برای شاخص برداشت نشان داد که در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاربرد ریزوبیوم شاخص برداشت را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول 5). با توجه به اینکه در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن مصرفی، افزایش عملکرد دانه بیش از عملکرد زیستی از کاربرد ریزوبیوم متأثر شده، بنابراین شاخص برداشت را افزایش داده است. گزارش شده است که بیشترین شاخص برداشت نخود در نتیجه تلقیح با باکتری ریزوبیوم و کمترین میزان آن در نتیجه عدم تلقیح با باکتری به‌دست آمد (Tagay et al., 2008). به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ضمن افزایش رشد رویشی، رشد زایشی را افزایش داده و با ایجاد مقصد فراوان (دانه)، انتقال آسمیلات تولیدی حاصل از رشد رویشی، به دانه‌ها و در نهایت شاخص برداشت دانه‌ی گیاه را افزایش می‌دهند (Yousefpour, 2012).

محتوای نیتروژن اندام هوایی در مرحله رسیدگی دانه

اثر منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن اندام هوایی در مرحله رسیدگی دانه معنی‌دار نبود، ولی اثر نیتروژن و برهم‌کنش نیتروژن و منبع نیتروژن بر این صفت معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین برهم‌کنش نیتروژن و منبع نیتروژن نشان داد که در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مصرف نیتروکسین افزایش معنی‌دار، ولی ریزوبیوم کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد ایجاد کردند. اما در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار ریزوبیوم و نانونیترژن موجب افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد شدند. مصرف 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار

عملکرد دانه

اثر نیتروژن و منبع نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول 2). به‌طور کلی افزایش در سطح کاربرد نیتروژن مصرفی باعث افزایش در میزان عملکرد دانه شد. مقایسه میانگین برهم‌کنش نیتروژن و منبع نیتروژن نشان داد که در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار تمامی تیمارهای منبع نیتروژن افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد برای این صفت ایجاد نمودند. به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد دانه (2018/21 کیلوگرم در هکتار) مربوط به کاربرد ریزوبیوم بود. همچنین در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش معنی‌داری از کاربرد نیتروکسین (10 درصد) و ریزوبیوم (18/5 درصد) در مقایسه با شاهد برای این صفت مشاهده گردید، ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (جدول 5). با توجه به نتایج به‌دست آمده این‌گونه استنباط می‌شود که وجود نیتروژن کافی به‌عنوان آغازگر باعث تقویت رشد رویشی شده و گیاه با آمادگی بیشتر به مرحله زایشی وارد شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌شود. با توجه به نتایج (جدول 5) مصرف 75 کیلوگرم نیتروژن و تلقیح با ریزوبیوم در مقایسه با 150 کیلوگرم نیتروژن با صرفه‌جویی، 75 کیلوگرمی نیتروژن مصرفی عملکرد بالایی تولید می‌نماید. افزایش عملکرد دانه در نتیجه مصرف کود نیتروژن به‌ترتیب در سویا (Hatami et al., 2009)، نخود (Tagay et al., 2008) و گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L. (Tahmasebi Zadeh et al., 2010)) توسط محققین مختلفی گزارش شده است. این افزایش در میزان رشد و عملکرد دانه تحت تأثیر تلقیح با باکتری ریزوبیوم می‌تواند به دلیل افزایش تأمین عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن طی دوره رشد باشد.

همراه با کاربرد نیتروکسین بیشترین و مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با کاربرد نیتروکسین کمترین میزان درصد محتوای نیتروژن اندام هوایی در مرحله رسیدگی دانه را ایجاد نمودند. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش این گونه استنباط می شود که با مصرف کود نیتروژن در ابتدا محتوای نیتروژن اندام هوایی روند افزایشی و سپس روند کاهشی یافت (جدول 5). کاهش محتوای نیتروژن اندامهای هوایی در زمان رسیدگی دانه می تواند به دلیل انتقال مجدد نیتروژن از ساقه ها به دانه ها و همچنین تولید ماده خشک بیشتر، نسبت به جذب نیتروژن در طی دوره رسیدگی دانه باشد. همچنین در تحقیق دیگری عنوان شده که درصد نیتروژن در گیاه در طی فصل رشد کاهش می یابد و علت آن را در مرحله قبل از پرشدن دانه، رقیق شدن نیتروژن (پدیده رقیق شدن نیتروژن در کل گیاه و در هر یک از اندامها در طول فصل رشد به دلیل افزایش سهم ساختمان های فقیر همچون ساقه از نظر نیتروژن و با پیشرفت نمو گیاه رخ می دهد) و کاهش آن پس از این مرحله را انتقال مجدد ساقه و برگ به دانه های در حال رشد بیان نمودند. حصول چنین نتیجه ای شاید به این دلیل باشد که با گذشت زمان در طول فصل رشد، به تدریج غلظت نیتروژن در کل گیاه کاهش می یابد (Bakhshandeh, 2013).

درصد پروتئین دانه

اثر نیتروژن و منبع نیتروژنه و برهم کنش بین آن ها بر درصد پروتئین دانه معنی دار شد (جدول 2). بنابر نتایج به دست آمده در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین میزان پروتئین دانه (34/65 درصد) مربوط به کاربرد ریزوبیوم بود که افزایش معنی داری در مقایسه با شاهد برای این صفت ایجاد نمود و بین سایر تیمارهای منبع نیتروژن برای این صفت از نظر آماری تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول 5). در کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و کود زیستی، از طریق جلوگیری از هدرروی نیتروژن به علت وجود کود زیستی، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و لذا میزان پروتئین افزایش می یابد (Yousefpour, 2012). به طور کلی افزایش در سطح کاربرد نیتروژن مصرفی باعث افزایش در میزان پروتئین دانه شد. دلیل بالا بودن پروتئین دانه در کاربرد نیتروژن را می توان جذب سریع تر نیتروژن و افزایش غلظت نیتروژن در اندام های هوایی و در نتیجه انتقال بیشتر آن به دانه ذکر کرد. بر اساس نتایج اثر نیتروژن بر میزان پروتئین بیش از اثر منبع نیتروژن بوده است. افزایش میزان نسبی پروتئین دانه ممکن است به این علت باشد که مصرف کود نیتروژن علاوه بر تغذیه ای اندام های رویشی انتقال آن به دانه ها را در مقایسه با انتقال ترکیبات کربوهیدراتی ناشی از فتوسنتز جاری افزایش داده و در نتیجه درصد حضور آن بالا رفته است.

عملکرد پروتئین دانه

اثر نیتروژن و منبع نیتروژنه و برهم کنش بین آن ها بر عملکرد پروتئین دانه معنی دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین برهم کنش نیتروژن و منبع نیتروژن نشان داد که در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار ریزوبیوم افزایش معنی داری در مقایسه با شاهد برای این صفت ایجاد نمود و بین سایر تیمارهای منبع نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار ریزوبیوم افزایش معنی داری در مقایسه با شاهد برای این صفت ایجاد نمود و بین نیتروکسین، نانو نیتروژن و همچنین بین شاهد و نانو نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی داری برای این صفت مشاهده نشد. مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با کاربرد ریزوبیوم بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه (658/56 کیلوگرم بر هکتار) را ایجاد نمود. به طور کلی با افزایش کود نیتروژن مصرفی، عملکرد پروتئین دانه افزایش یافت (جدول 5). نتایج برخی بررسی ها (Mohsen Abadi et al., 2001) نشان داد که عملکرد پروتئین دانه با افزایش کاربرد کود نیتروژن به طور معنی داری افزایش یافت و این افزایش به علت افزایش عملکرد دانه می باشد. همچنین در تحقیق دیگری (Farnia and Madani, 2010) بر روی سویا چنین استنباط شد که استفاده از نژادهای باکتری ریزوبیوم جاپونیکوم باعث افزایش عملکرد پروتئین دانه شد. تلقیح با برادی ریزوبیوم جاپونیکوم باعث افزایش معنی دار عملکرد پروتئین سویا شد. در حقیقت عملکرد بالایی پروتئین دانه متأثر از همزیستی مناسب باکتری با گیاه می باشد (Shokuhfar et al., 2008).

شاخص های کارایی نیتروژن

کارایی استفاده از نیتروژن (NUE)

اثر نیتروژن و منبع نیتروژنه بر کارایی استفاده از نیتروژن معنی دار بود، ولی برهم کنش آن ها بر این صفت معنی دار نبود (جدول 2). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها برای این شاخص نشان داد که افزایش سطح کاربرد نیتروژن مصرفی باعث کاهش این صفت شد. به طوری که بیشترین کارایی استفاده از نیتروژن در سطح صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد، بین سطوح 75 و 150 کیلوگرم بر هکتار تفاوت معنی دار مشاهده نشد (جدول 4). مقایسه میانگین اثر منبع نیتروژن برای این صفت نشان داد که بین تیمارها تفاوت معنی داری با شاهد وجود ندارد (جدول 4). نتایج برخی بررسی ها (Daneshmand et al., 2008) در به کارگیری مقادیر مختلف کود نیتروژن بر کارایی استفاده از نیتروژن حاکی از آن است که با افزایش میزان کود مصرفی، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش یافت. بنابراین چنین استنباط می شود که کارایی استفاده از نیتروژن ممکن است به خاطر هدر رفتن آن از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، آشوبی و یا به علت عدم جذب نیتروژن و یا عدم استفاده مؤثر از آن کاهش یابد (Asadi et al., 2011).

جدول ۵- مقایسه میانگین برهم کنش و میانگین اثرات اصلی نیتروژن و منبع نیتروژن برای صفات مورد مطالعه
Table 5- Mean comparison of interaction and source of nitrogen on studied characteristics

میانگین صفات (Trait means)								
نیتروژن Nitrogen (kg ha ⁻¹)	منبع نیتروژن Nitrogen source	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest (%) index	محتوای نیتروژن اندام هوایی در مرحله رسیدگی دانه Shoot nitrogen content at ripening stage (%)	پروتئین دانه Seed Protein (%)	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت نیتروژن NHI (%)	کارایی مصرف نیتروژن NUE (kg kg ⁻¹)
0	شاهد (Control)	1476.37a [†]	41.92a	0.89a	24.56a	260.30a	67.64a	-
	نانو (Nano)	1479.97a	38.96a	0.89a	22.57a	255.02a	66.32a	-
	نیتروکسین (Nitroxin)	1488.10a	38.54a	0.89a	24.15a	266.62a	66.71a	-
	ریزوبیوم (<i>Rhizobium</i>)	1501.99a	38.07a	1.05a	22.92a	281.41a	63.93a	-
75	شاهد (Control)	1564.85d	37.78b	1.28b	26.72a	384.28b	64.97c	20.86b
	نانو (Nano)	1600.04c	40.74ab	1.28b	27.94a	339.39b	60.55d	21.33b
	نیتروکسین (Nitroxin)	1621.04c	39.54b	1.51a	28.51a	390.37b	71.65b	21.61b
	ریزوبیوم (<i>Rhizobium</i>)	2018.21a	44.24a	1.00c	28.30a	463.34a	77.56a	26.90a
150	شاهد (Control)	1603.02b	36.16a	0.84c	31.43b	428.17c	70.62c	10.68b
	نانو (Nano)	1607.79b	39.86a	1.00b	31.04b	440.03b	77.81a	10.72b
	نیتروکسین (Nitroxin)	1763.74a	41.70a	0.82c	31.46b	504.66b	73.21bc	11.75ab
	ریزوبیوم (<i>Rhizobium</i>)	1899.92a	37.84a	1.19a	34.65a	658.56a	76.05ab	12.66a

اعداد با حروف مشابه در هر ستون و در هر سطح نیتروژن تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون L. S. Means procedure. Numbers with the same letters in each column and in each level of nitrogen have not significant differences at 5% probability error level based on L. S. Means procedure.

شاخص برداشت نیتروژن (NHI)

اثر نیتروژن و منبع نیتروژنه و برهم کنش بین آن‌ها بر شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین برهم کنش نیتروژن و منبع نیتروژن نشان داد که در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین شاخص در تیمار ریزوبیوم (77/56 درصد) و سپس نیتروکسین (71/65 درصد) مشاهده شد که با شاهد تفاوت معنی‌دار نشان دادند و نانو نیتروژن (60/55 درصد) موجب کاهش این صفت شد. همچنین در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار تیمار ریزوبیوم (76/05 درصد) افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد برای این صفت ایجاد نمود. ولی بین نانو نیتروژن و ریزوبیوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش افزایش در سطح کاربرد نیتروژن مصرفی باعث افزایش شاخص برداشت نیتروژن می‌شود (جدول 5).

کارایی مصرف نیتروژن (کارایی ناخالص مصرف نیتروژن) (NUE)

اثر نیتروژن، منبع نیتروژنه و برهم کنش بین آن‌ها بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین برهم کنش نیتروژن و منبع نیتروژن نشان داد که در سطوح 75 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن مربوط به کاربرد ریزوبیوم می‌باشد که افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد برای این صفت ایجاد نمود (جدول 5). در سطح 75 کیلوگرم نیتروژن بین سایر تیمارهای منبع نیتروژن به‌جز ریزوبیوم تفاوت معنی‌داری از نظر آماری برای این صفت مشاهده نشد. همچنین در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن بین ریزوبیوم و نیتروکسین از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن به تیمار ترکیبی ریزوبیوم و مصرف 75 کیلوگرم کود نیتروژن (26/90 کیلوگرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان آن به تیمار شاهد و مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (10/68 کیلوگرم بر کیلوگرم) تعلق داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان بیان کرد که کاربرد تلفیقی 75 کیلوگرم نیتروژن و باکتری ریزوبیوم باعث افزایش جذب نیتروژن و به دنبال آن افزایش عملکرد دانه (جدول 5) و نهایتاً باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن شده است. سایر محققان (Sadat Hosseini et al., 2013) نشان دادند که با افزایش کود نیتروژن مصرفی، کارایی مصرف نیتروژن روند کاهشی دارد. به‌طور کلی کارایی مصرف عناصر غذایی با رفع تدریجی نیاز گیاه کمتر می‌شود و معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به‌دست می‌آید (Rabie and Tousikehal, 2011).

(2011) و این موضوع گویای این است که میزان کارایی نیتروژن با افزایش میزان آن روندی کاهشی خواهند داشت (Banisaeidi, 2012). دلیل این کاهش احتمالاً ناشی از این مسئله می‌باشد که رابطه‌ی بین مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد خطی نیست. به‌عبارت دیگر در سطوح بالای مصرف کود نیتروژن، جذب نیتروژن در دسترس به آهستگی افزایش می‌یابد که باعث کاهش در کارایی مصرف نیتروژن می‌شود (Sadat Hosseini et al., 2013). بنابراین به نظر می‌رسد که تلقیح با باکتری ریزوبیوم باعث افزایش تأمین عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در گیاه می‌گردد.

کارایی جذب نیتروژن (NuptE)

اثر نیتروژن و منبع نیتروژنه بر کارایی جذب نیتروژن معنادار بود، ولی برهم کنش آن‌ها برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول 3). مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها برای این صفت نشان می‌دهد که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن کاهش یافت. بیشترین میزان این صفت از کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن از کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شده است (جدول 4). مقایسه میانگین اثر منبع نیتروژن برای کارایی جذب نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان آن از کاربرد ریزوبیوم ایجاد گردید. بنابراین به‌نظر می‌رسد که کاربرد تلفیقی 75 کیلوگرم کود نیتروژن و باکتری ریزوبیوم باعث افزایش جذب نیتروژن و در نتیجه افزایش کارایی جذب آن شده است. این افزایش می‌تواند دلیلی بر مثبت بودن اثر باکتری بر جذب بهتر و بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه باشد. نتایج برخی بررسی‌ها (Rahimizadeh et al., 2010 and Dawson et al., 2008) نشان می‌دهد که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن کاهش می‌یابد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژن از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند و به احتمال زیاد تلفات میزان نیتروژن در سطوح بالای کود نیتروژن از طریق تصعید، نترات‌زدایی، آبشویی یا به علت عدم جذب نیتروژن به‌واسطه گیاه و بالاخره عدم استفاده مؤثر آن افزایش می‌یابد، که این خود موجب کاهش کارایی جذب نیتروژن می‌گردد (Rabie and Tousikehal, 2011).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیر کود شیمیایی نیتروژن، کود زیستی نیتروکسین و نانو کود نیتروژن بر روی عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن گیاه روغنی سویا مورد بررسی قرار گرفت و در این بین استفاده تلفیقی از 75 کیلوگرم نیتروژن و ریزوبیوم بیشترین و بهترین

شیمیایی وجود داشته باشد این کود عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد. این موضوع در کاهش هزینه‌ها، حفظ پایداری و سلامتی خاک کشاورزی می‌تواند تأثیر به‌سزایی داشته باشد.

نتیجه بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در منطقه داراب (فارس) ایجاد نمود. بدون تردید تلقیح بذر سویا با باکتری ریزوبیوم، مصرف کود نیتروژنه را تا نصف مقدار توصیه شده کاهش می‌دهد. می‌توان چنین نتیجه گرفت که هر زمان همراه کود زیستی منبعی از کود

References

1. Akbari, Gh. A., Khalaj, H., Labbafi Hossenabadi, M. R., and Sabzi, H. 2012. Investigation of different bacteria Bradyrhizobium japonicum inoculation on soybean seeds quality and quantity (*Glycine max* (L.) Merr.). Journal of Pajohesh and Sazandegi 25 (94): 1-6. (in Persian with English abstract).
2. Ardekani, M. R., Farahbakhsh, A., Sani, B., and Khosravi, H. 2006. Efficiency of diazotroph fertilizer in sustainable soybean cropping. 9th Iranian Crop Sciences Congress, Karaj. Seed and plant improvement institute Pp 1-4. (in Persian with English abstract).
3. Asadi, S., Zavareh, M., Shokri Vahed, H., and Shahin Rokhsar, P. 2011. Effect of supplement foliar application of nitrogen and potassium on yield, grain quality and nitrogen utilization efficiency of hybrid rice c.v. Bahar-1. Electronic Journal of Crop Production 4 (3): 175-190. (in Persian with English abstract).
4. Bakhshandeh, E., Soltani, A., Zeinali, E., and Ghadiryan, R. 2013. Study of dry matter and nitrogen accumulation, remobilization and harvest index in bread and durum wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Production 6 (1): 39-59. (in Persian with English abstract).
5. Banisaeidi, A. K. 2012. Effect of nitrogen fertilizer on grain yield components and nitrogen use efficiency sunflower cultivars (*Helianthus annul* L.) in Khuzestan conditions. Crop Physiology Journal 4 (15): 71-86. (in Persian with English abstract).
6. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen total. In Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Pp: 1085-1122. Soil Science Society of America and American Statistical Association, Madison, USA.
7. Clint, H. Bain. 2005. The effect of different seeding rate on soybean yield. A Research Papar Submitted to the faculty of the University of Tennessee at Martin. Pp: 1-36.
8. Daneshmand, A. R., Shirani-Rad, A. H., Nour-Mohammadi, Gh., Zarei, G., and J. Daneshian. 2008. Effect of irrigation regiems and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 10 (3): 244-261. (in Persian with English abstract).
9. Dawson, J. C., Huggins. D. R., and Jones, S. S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agriculture systems. Field Crops Research 107: 89-101.
10. Ebrahimi Monfared, K., and Delkhosh, B. 2011. Chemical evaluation of oils extracted from Eight New varieties of soybean. Food Technology and Nutrition 8 (1): 72-84. (in Persian with English abstract).
11. Fan, X., Li, F., Lin, F., and Kumar, D. 2004. Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Journal of Plant Nutrition 25: 853-865.
12. Farnia. A., and Madani, H. 2010. Effect of drought stress and different bacterial strains *Rhizobium japonicum* on quantitative and qualitative characteristics of soybean cultivar Clark. New Findings in Agriculture 4 (4): 391-404. (in Persian with English abstract).
13. Gharakhani Beni, H., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A., and Hashemi Jazi, S. M. 2012. Study of the Quantitative and Qualitative Traits of Four Soybean (*Glycine max* L.) Cultivars under Different Sowing Dates in Shahrekord Region. Journal of Crop Production and Processing 1 (2): 19-33. (in Persian with English abstract).
14. Hamzei, J., and Sarmadi, H. 2010. Effect of biological and chemical fertilizers application on yield, yield components, agronomic efficiency and nitrogen uptake in corn. Plant technology Journal 10 (2): 52-63. (in Persian with English abstract).
15. Hatami, H., Inehband, A., Azizi, M., and Dadkhah, A. 2009. Effect of N fertilizer on growth and yield of soybean at north Khorasan. Electronic Journal of Crop Production 2 (2): 25-42. (in Persian with English abstract).
16. Hojattipor, A., Jafari Haghighi, B., and Drostkar, M. 2014. Effect of biological and chemical fertilizers integration on grain yield, yield components and growth indices of wheat. Journal of Plant Ecophysiology 5 (15): 36-48. (in Persian with English abstract).
17. Koocheki, A. R., Borumand Rezazadeh, Z., Nassiri Mahallati, M., and Khorramdel, S. 2012. Evaluation of nitrogen absorption and use efficiency in relay intercropping of winter wheat and maize. Iranian Journal of Field Crops Research 10 (2): 327-334. (in Persian with English abstract).
18. Moghimi, F., Yousefirad, M., and Eradatmand asli, D. 2011. Effect of nitroxin on yield and yield components of safflower. 1nd National Conference Moder Topic In Agriculture, The Islamic Azad University Sari branch Pp 1-5. (in Persian with English abstract).
19. Mohsen Abadi, G. R., Khodabande, N., Arshi, Y., and Peyghambari, S. A. 2001. Effect of different levels of

- nitrogen fertilizer and irrigation on yield and yield components of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32 (4): 765-772. (in Persian with English abstract).
20. Mohseni, A. R., Khajoi nejad, Gh. R., and Mohammadi nejad, Gh. 2015. Yield and yield components reaction of soybean cultivars to inoculation by *Bradyrhizobium Japonicum* bacteria and nitrogen. International Journal of Plant Production 22 (1): 73- 88. (in Persian with English abstract).
 21. Naderi, M. R., and Danesh Shahraki, A. R. 2011. The application of nano-technology in optimizing the formulation of chemical fertilizers. Nanotechnology 10 (4): 23-19. (in Persian with English abstract).
 22. Naushad, H., Abdollahyan Noghabi, M., and Babaei, B. 2012. Effect of nitrogen and phosphorous application on the efficiency of nitrogen uptake and consumption in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) Iranian Journal of Plant Protection Science 43 (3): 529-539. (in Persian with English abstract).
 23. Rabie, M., and Tousikehal, P. 2011. Effects of nitrogen and potassium fertilizer levels on nitrogen use efficiency and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) as a second crop after rice in Gilan region. Iranian Journal of Crop Sciences 2 (3): 605-615. (in Persian with English abstract).
 24. Rafeie, H. A., Agha alikhani, M., and Modares Sanavy, S. A. M. 2014. Soybean response to nitrogen application rates in conventional, organic and integrated fertilizing system. Knowledge of Sustainable Agriculture 24 (2): 1-18. (in Persian with English abstract).
 25. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Faizabadi, A., Koocheki, A. R., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigation of nitrogen use efficiency in wheat- based double cropping systems under different rate of nitrogen and return of crop residue. Electronic Journal of Crop Production 3 (3): 125-142. (in Persian with English abstract).
 26. Roshdi, M., Rezadust, S., Khalili Mahaleh, J., and Haji Hassani Asl, N. 2009. The effect of biofertilizers on yield and yield components of three varieties of oil sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop Ecophysiology 10 (3): 11-24. (in Persian with English abstract).
 27. Sadat Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., Kalate, M., and Zahed, M. 2013. The effect of nitrogen rate on nitrogen use efficiency index in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (2): 300-306. (in Persian with English abstract).
 28. Sajadi Nik, R., Yadavi, A. R., Balouchi, H. R., and Farajee, H. 2011. Effect of chemical (urea), organic (vermicompost) and biological (nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Agricultural and sustainable production 21 (2): 87-101. (in Persian with English abstract).
 29. Sharifi, M., Mirzakhani, M., and Sajedi, N. A. 2012. Effect of nitroxin, nitrogen and manure application on yield ,nitrogen use efficiency and agronomic characteristics some sweet corn. New Findings In Agriculture 6 (2): 139-149. (in Persian with English abstract).
 30. Shokuhfar, A., Shahuly, R., and Godrati, G. 2008. Soybean response to different strains of the bacterium *Bradyrhizobium japonicum* in the northern region of Khuzestan. Journal of Agronomy and Plant Breeding 4 (2): 81-92. (in Persian with English abstract).
 31. Tagay, N., Tagay, Y., Cimirin, K. M., and Turan, M. 2008. Effect of Rhizobium inoculation sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chick pea (*Cicer aritenium* L.). African Journal of Biotechnology 7 (6): 776-782.
 32. Tahmasebi Zadeh, H., Madani, H., Farahani, H., Mirzakhani, M., and Farmahini, A. 2010. Effect of temperature degree, different nitrogen levels and plant density on oil yield of spring safflower. Journal of Agronomy and Plant Breeding 6 (2): 21- 33. (in Persian with English abstract).
 33. Tousikehal, P., Esfahani, M., Rabiei, M., and Rabiei, B. 2011. Effect of concentration and timing of application of supplementary nitrogen fertilizer on dry matter remobilization, grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Hayola401. Iranian Journal of Field Crop Science 13 (2): 352-367. (in Persian with English abstract).
 34. Yasari, E., and Patwardhan, M. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* Inoculants and Chemical Fertilizers on Growth and Productivity of Canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences 6 (1): 77-82. (in Persian with English abstract).
 35. Yousefpour, Z. 2012. Effect of nitrogen and phosphorus biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of sunflower. M. Sc. Thesis. Yasouj University 132 p. (in Persian with English abstract).



Effect of Different Levels of Nitrogen, Bio-fertilizers and Nano-nitrogen on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Soybean in Darab Region (Fars)

S. Shaabani¹- M. Movahhedi Dehnavi^{2*}

Received: 24-01-2016

Accepted: 08-08-2016

Introduction

Soybean is a member of leguminosae family with average protein percentage of 40%, which needs a large amount of nitrogen fertilizer to get maximum yield. Using biofertilizers, beside chemical nitrogen fertilizers, can reduce proportion of chemical nitrogen demand without any undesirable effect on quantity and quality of its yield. Biological nitrogen fixation of soybean by *Rhizobium japonicum* can improve nitrogen use efficiency parameters beside its yield. This experiment was conducted with the aim of study the effect of different levels of nitrogen, bio-fertilizers and Nano-nitrogen on nitrogen use efficiency (NUE) and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Williamz.

Material and Methods

A field experiment was conducted as a spilt plot in a randomized complete block design with three replications in 2013 at research center for agriculture and natural resources of Darab, Fars, Iran. Main factor was mineral nitrogen at three levels (zero, 75 and 150 kg N ha⁻¹) and sub plot was nitrogen source at four levels (*Rhizobium japonicum*, nano-nitrogen, nitroxin and control). *Rhizobium japonicum* bacteria was inoculated in rate of 125 gr per 50 Kg seeds, nitroxin in rate of 0.5 L per 9 Kg seeds, and nano-nitrogen in rate of 10 L ha⁻¹. The experimental plot dimensions were 2 x 4 m consisting of 4 rows of cultivated soybean 50 cm apart. The seeds were planted 5cm apart on each row. A furrow irrigation system was employed during experimental period. After the physiological maturity the experimental plots were harvested and yield, yield components, protein, protein yield, seed nitrogen content at ripening stage, nitrogen use efficiency (NUE), nitrogen utilization efficiency (NUTE), nitrogen uptake efficiency (NUE) and nitrogen harvest index (NHI) were measured.

Results and Discussion

The results showed that the interaction of nitrogen and nitrogen source was significant for grain yield, harvest index, nitrogen percentage in the grain ripening phase, seed protein and protein yield. Mean comparison showed that the highest grain yield (2018 kg ha⁻¹) obtained from application of 75 kg N ha⁻¹ with *Rhizobium* application and the lowest grain yield (1476 kg ha⁻¹) obtained from the no nitrogen fertilizer application. The highest seed protein percentage and seed protein yield observed in application of 150 kg N ha⁻¹ with *Rhizobium* application. The highest nitrogen in the grain (1.51 %) was related to application of 75 kg ha⁻¹ N with nano-nitrogen application. The highest nitrogen content of shoot in harvesting stage was achieved by integrated application of 75 kg ha⁻¹ nitrogen and nano-fertilizer nitrogen. The highest nitrogen harvest index (NHI) (77.81 %) obtained from application 150 kg ha⁻¹ N with nano-nitrogen application, maximum nitrogen use efficiency (NUE) (26.90 kg kg⁻¹) was obtained from application of 75 kg N ha⁻¹ and *Rhizobium* application and the minimum (12.66 kg kg⁻¹) was obtained from application of 150 kg N ha⁻¹ and *Rhizobium*. Generally, soybean production in Darab region had the best results with the use of 75 kg N ha⁻¹ along with the *Rhizobium japonicum* application.

1and 2- M.Sc. Student and Associate Professor of Agronomy respectively, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

(*- Corresponding Author Email: Movahhedi1354@yu.ac.ir)

Conclusions

Applying of biofertilizers beside chemical nitrogen, could decrease chemical nitrogen use without any impact on qualitative and quantitative yield of soybean. According to the results of this study application of half of the recommended amount of nitrogen (75 kg N ha^{-1}) and inoculation with *Rhizobium japonicum* bacteria (125 gr per 50 kg seeds) had the highest grain yield, harvest index, nitrogen use efficiency (NUE) and nitrogen harvest index (NHI). It seems that combined application of bacteria and chemical fertilizers can improve soybean performance and also reduce its chemical nitrogen demand. Our results suggested that, integrated application of 75 kg ha^{-1} nitrogen and *Rhizobium* can be suitable treatment to soybean production in Darab climate.

Keywords: Nitrogen harvest index, Nitrogen uptake efficiency, Protein, *Rhizobium japonicum*, Soil stability

Contents

Effects of Sowing Date, Planting Pattern and Nitrogen Levels on Leaf and Flower Essential Oil, Yield and Component Yield Grain of Buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)	492
M. R. Sobhani- A. Farnia- D. Mazaheri- M. Majidian	
Evaluation of Nitrogen Status in Dryland Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Genotypes Using ¹⁵N	509
V. Feiziasl- A. Fotovat- A. Astaraei- A. Lakzian- M. A. Mousavi Shalmani	
Effects of Methanol Spraying on Qualitative traits, Yield and Yield Components of Soybean (<i>Glycine max</i> L.) under Drought Stress Conditions	520
J. Esazadeh Panjali Kharabasi- M. Galavi- M. Ramroudi	
Effect of Symbiosis of Arbuscular Mycorrhiza and Like-endo Mycorrhiza on Yield and Uptake of MacroandMicro Elements in Chickpea Genotypes (<i>Cicer arietinum</i> L.)	534
M. J. Arshadi- M. Parsa- A. Lakzian- M. Kafi	
Evaluation of <i>SinoRhizobium meliloti</i> Efficiency and Qualitative Traits of Alfalfa under Application of Molybdenum	544
F. Ahmadi Dana- M. N. Gheibi- M. R. Ardakani- F. Paknejad	
Effect of Plant Density on Allometric Relationships between Leaf Area and Vegetative Traits of Wheat	557
B. Zafari ghalehrodkhani- A. Soltani- E. Zeinali- B. Kamkar- M. Firozfar	
Assessment of Yield and Use Efficiency of Nitrogen and Phosphorus in Row Intercropping of Wheat and Canola	573
A. Koocheki- F. Nourbakhsh- M. Cheshmi	
Effect of Organic Fertilizers on Yield and Yield Components of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	586
S. M. Azimzadeh	
Effect of Different Treatments of Mixed and Row Intercropping on Yield and Yield Components of Sesame and Bean	601
Sh. Ghale Noyee- A. Koocheki- M. T. Naseri Poor Yazdi- M. Jahan	
Effect of Manure Application on Forage Yield and Some Nutrients Consumption in Barley and Fenugreek Intercropped System	614
S. Ghanbari- M. R. Moradi Telavat- S. A. Siadat	
Chlorophyll Fluorescence as an Index for Freezing Injury Evaluation in Sugar beet (<i>Beta vulgaris</i>)	625
A. Nezami- H. R. Khazaei- M. Dashti- E. Eyshi Rezaei- A. H. Saeidnejad	
Evaluating the Effect of Seed Treatment with Hydrogen Peroxide on Anatomical and Physiological Characteristics of Wheat under Dry Condition	637
T. Jafarian- M. J. Zarea	
Investigating the Effect of Cultivate Lines Direction, Bio-Fertilizer Nitroxin and Superabsorbent Materials on Yield and Yield Components of Broad Leaf Vetch (<i>Vicia narbonensis</i>)	647
E. Latifinia- N. Akbari- F. Nazarian Firozabadi- S. Heidari	
The Effect of Nitrogen Fertilizer Application on Wild Oat (<i>Avena ludoviciana</i> L.) Competition Ability with Winter Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) in Kermanshah Climate Condition	661
A. Jalilian- F. Mondani- A. Bagheri- M. Khorramivafa	
The Effect of Different Types of Soil Tillage and Sugar beet (<i>Beta vulgaris</i>) Residue Management on Yield and Yield Components of Wheat (<i>Triticum aestivum</i>)	674
M. R. Salami- P. Rezvani Moghaddam- H. R. Sharifi- A. R. Ghaemi- M. Nassiri Mahallati	
Drought Stress Effect during Different Growth Stages on Yield, Osmolites and Photosynthetic Pigments Accumulation of Grain Sorghum Genotypes (<i>Sorghum bicolor</i> L.)	689
A. Azari Nasrabad- S. M. Mousavinik- M. Galavi- S. A. R. Beheshti- A. R. Sirusmehr	
Effects of Intercropping of Common Millet (<i>Panicum miliaceum</i> L.), Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i> L.) and Biological Fertilizer inoculation on Water and Nitrogen Use Efficiencies	707
A. Khaki Najafabadi- M. Jahan- A. Koocheki- M. Nassiri Mahalati	
Effect of Different Levels of Nitrogen, Bio-fertilizers and Nano-nitrogen on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Soybean in Darab Region (Fars)	719
S. Shaabani- M. Movahhedi Dehnavi	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 15

No. 3

2017

Publisher	Ferdowsi University of Mashhad
Managing	P. Rezvani Moghaddam (Agroecology) Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Editor-in-chief	H.R. Khazaei (Crop Physiology) Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

Emam, Y.	Crop Physiology	Prof., Shiraz University
Bagheri, A.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Behdani, M.A.	Crop Ecology	Assoc. Prof., University of Birjand
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
Rahimian-Mashhadi, H.	Crop Physiology	Prof., Tehran University
Zamani, Gh.R.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
Zare- Feizabadi, A.	Crop Ecology	Prof., Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province
Shahriari-Ahmadi, F.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Kafi, M.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Nezami, A.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Mazaheri, D.	Crop Ecology	Prof., Tehran University
Khazaei, H.R.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Address: Iranian Journal of Field Crops Research Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture
Mashhad, Iran

P. O. Box: 91775-1163

Email: cesc@ferdowsi.um.ac.ir

Web Site: <https://jcsc.um.ac.ir>

Contents

Effects of Sowing Date, Planting Pattern and Nitrogen Levels on Leaf and Flower Essential Oil, Yield and Component Yield Grain of Buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)	492
M. R. Sobhani- A. Farnia- D. Mazaheri- M. Majidian	
Evaluation of Nitrogen Status in Dryland Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Genotypes Using ¹⁵N	509
V. Feiziasl- A. Fotovat- A. Astaraci- A. Lakzian- M. A. Mousavi Shalmani	
Effects of Methanol Spraying on Qualitative traits, Yield and Yield Components of Soybean (<i>Glycine max</i> L.) under Drought Stress Conditions	520
J. Esazadeh Panjali Kharabasi- M. Galavi- M. Ramroudi	
Effect of Symbiosis of Arbuscular Mycorrhiza and Like-endo Mycorrhiza on Yield and Uptake of Macroand Micro Elements in Chickpea Genotypes (<i>Cicer arietinum</i> L.)	534
M. J. Arshadi- M. Parsa- A. Lakzian- M. Kafi	
Evaluation of <i>SinoRhizobium meliloti</i> Efficiency and Qualitative Traits of Alfalfa under Application of Molybdenum	544
F. Ahmadi Dena- M. N. Gheibi- M. R. Ardakan- F. Paknejad	
Effect of Plant Density on Allometric Relationships between Leaf Area and Vegetative Traits of Wheat	557
B. Zafari ghalehrodkhani- A. Soltani- F. Zeinali- B. Kamkar- M. Pirozfar	
Assessment of Yield and Use Efficiency of Nitrogen and Phosphorus in Row Intercropping of Wheat and Canola	573
A. Koocheki- F. Nourbakhsh- M. Cheshmi	
Effect of Organic Fertilizers on Yield and Yield Components of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	586
S. M. Azimzadeh	
Effect of Different Treatments of Mixed and Row Intercropping on Yield and Yield Components of Sesame and Bean	601
Sh. Ghale Noyee- A. Koocheki- M. T. Naseri Poor Yazdi- M. Jahan	
Effect of Manure Application on Forage Yield and Some Nutrients Consumption in Barley and Fenugreek Intercropped System	614
S. Gharbani- M. R. Moradi Telavat- S. A. Siadat	
Chlorophyll Fluorescence as an Index for Freezing Injury Evaluation in Sugar beet (<i>Beta vulgaris</i>)	625
A. Nozami- H. R. Khazaei- M. Dashti- E. Eyshi Rezaei- A. H. Saaidnejad	
Evaluating the Effect of Seed Treatment with Hydrogen Peroxide on Anatomical and Physiological Characteristics of Wheat under Dry Condition	637
T. Jaliliani- M. J. Zureh	
Investigating the Effect of Cultivate Lines Direction, Bio-Fertilizer Nitroxin and Superabsorbent Materials on Yield and Yield Components of Broad Leaf Vetch (<i>Vicia narbonensis</i>)	647
E. Latifinia- N. Akbari- F. Nazarian Firozabadi- S. Heidari	
The Effect of Nitrogen Fertilizer Application on Wild Oat (<i>Avena ludoviciana</i> L.) Competition Ability with Winter Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) in Kermanshah Climate Condition	661
A. Jalilian- F. Mondani- A. Bagheri- M. Khorramivafa	
Continue Content in cover	