



جلد ۱۴ شماره ۴

سال ۱۳۹۵

(شماره پیاپی: ۴۴)

نشریه علمی - پژوهشی

پژوهشهای زراعی ایران

شاپا: ۱۴۷۲-۲۰۰۸

عنوان مقالات

- ۵۳۹..... بررسی کارآیی جذب و مصرف نور و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه (*Triticum aestivum*) و چغندر قند (*Besta vulgaris*)
علیرضا کوچکی - مهدی نصیری محلاتی - هادی زرقانی - علی نوروزیان
- ۵۵۸..... تأثیر سه گونه قارچ میکوریز بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم سیب زمینی تحت تنش خشکی در شرایط کنترل شده
سعید خانی نژاد - حمیدرضا خزاعی - جعفر نباتی - محمد کافی
- ۵۷۵..... تأثیر شوری خاک، نوع و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد و ویژگی های بیوشیمیایی شاخساره گیاه خردل (*Brassica rapa L.*)
سمیرا تندیس بنّا - علی رضا آستارایی - حجت امامی
- ۵۸۷..... بررسی امکان جایگزینی کودهای آلی با کود شیمیایی در زراعت کلزا (*Brassica napus*)
سید جواد عظیم زاده - مهدی نصیری محلاتی - علیرضا کوچکی
- ۵۹۹..... تأثیر تنش رطوبتی بر صفات زراعی و مورفولوژیک لاین های اینبرد نوترکیب گندم
حامد نوری زاده - محمد حسین اهتمام - احمد ارزانی - محسن اسماعیل زاده مقدم
- ۶۱۸..... تعیین روابط علی بین صفات مورفوفیزیولوژیک مؤثر بر تحمل ارقام گندم نان بهاره به یولاف وحشی
سید هاشم موسوی - سید عطاءاله سیادت - خلیل عالمی سعید - اسکندر زند - عبدالمهدی بخشنده
- ۶۳۱..... ارزیابی برخی از شاخص های رشد گلرنگ با استفاده از آنالیز رگرسیون
فاطمه خطیب - بنیامین ترابی - اصغر رحیمی
- ۶۴۶..... همبستگی ژنوتیپی و تجزیه مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه و عملکرد روغن کلزا در شرایط تنش کم آبی و بدون تنش
احمد اسماعیلی - سید سجاد سهرابی - سیده زهرا حسینی - رضا نامداریان - داریوش گودرزی
- ۶۶۵..... اثرات تنش خشکی و تراکم کاشت بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum L.*)
شیوا اکبری - محمد کافی - شهرام رضوان بیدختی
- ۶۷۵..... تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی های رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum L.*)
رضا میرزایی تالارپشتی - مجید رستمی
- ۶۸۶..... اثر آبیاری و نیتروژن بر پارامترهای زراعی، عملکرد، کیفیت دانه و کارایی زراعی نیتروژن در آفتابگردان
جواد حمزه ئی - حمید نجفی - مجید بابایی
- ۶۹۹..... اثر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر برخی ویژگی های کیفی علوفه ماشک گل خوشه ای (*Vicia villosa Roth*) در شرایط گلخانه
رضا کمائی - مهدی پارسا - محسن جهان - حسین رجائی شریف آبادی - عباسعلی ناصریان
- ۷۱۱..... شبیه سازی بهره وری آب در برنج تحت مدیریت کم آبیاری و نیتروژن با استفاده از مدل گیاهی CropSyst
مجتبی میرآخوری - بهرام میرشکاری - ابراهیم امیری - فرزاد پاک نژاد - مهرداد یارنیا
- ۷۲۳..... اثر محلول پاشی روی و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات کمی و کیفی سویا تحت شرایط کم آبی
زیب زارعی - جهانفر دانشیان - علی خورگامی
- ۷۳۵..... اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa L.*) در شرایط آب و هوایی جیرفت
بهاره پارسامطلق - پرویز رضوانی مقدم - رضا قربانی - ذبیح اله اعظمی ساردویی
- ۷۴۶..... بررسی اثر مقادیر مختلف سوپر جاذب رطوبت و اسید هیومیک در شرایط کم آبیاری بر برخی ویژگی های اگرواکولوژیکی ذرت (*Zea mays L.*) به روش سطح پاسخ
محسن جهان - محمد بهزاد امیری - فرانک نوربخش
- ۷۶۵..... بررسی روند بهبود عملکرد دانه ای جو دیم در طی نیم قرن اخیر در استان گلستان
معصومه حاجی پور - علی راحمی کاریزکی - حسین صبوری - حسین علی فلاحی
- ۷۸۵..... تأثیر مصرف کود شیمیایی نیتروژنه و نانو کود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی رازیانه
سمیه خوش بیک - رضا صدرآبادی حقیقی - احمد احمدیان

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 ۱۳۹۵

شماره ۴

جلد ۱۴

صاحب امتیاز:

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

پرویز رضوانی مقدم

سر دبیر:

حمیدرضا خزاعی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد - آگرواکولوژی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیات تحریریه:

یحیی امام

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)

عبد الرضا 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)

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)

مهدی نصیری محلاتی

استاد - مدل سازی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

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://jcsc.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

- ۵۳۹ بررسی کارآیی جذب و مصرف نور و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه (*Triticum aestivum*) و چغندر قند (*Beta vulgaris*)
علیرضا کوچکی - مهدی نصیری محلاتی - هادی زرقانی - علی نوروزیان
- ۵۵۸ تأثیر سه گونه قارچ میکوریز بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم سیب زمینی تحت تنش خشکی در شرایط کنترل شده
سعید خانی نژاد - حمیدرضا خزاعی - جعفر نباتی - محمد کافی
- ۵۷۵ تأثیر شوری خاک، نوع و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد و ویژگی های بیوشیمیایی شاخساره گیاه خردل (*Brassica rapa* L.)
سمیرا تندیس به بنا - علی رضا آستارایی - حجت امامی
- ۵۸۷ بررسی امکان جایگزینی کودهای آلی با کود شیمیایی در زراعت کلزا (*Brassica napus*)
سید جواد عظیم زاده - مهدی نصیری محلاتی - علیرضا کوچکی
- ۵۹۹ تأثیر تنش رطوبتی بر صفات زراعی و مورفولوژیک لاین های اینبرد نوتر کیب گندم
حامد نوری زاده - محمد حسین اهتمام - احمد ارزانی - محسن اسماعیل زاده مقدم
- ۶۱۸ تعیین روابط علی بین صفات مورفوفیزیولوژیک مؤثر بر تحمل ارقام گندم نان بهار به یولاف وحشی
سید هاشم موسوی - سید عطاله سیادت - خلیل عالمی سعید - اسکندر زند - عبدالمهدی بخشنده
- ۶۳۱ ارزیابی برخی از شاخص های رشد گلرنگ با استفاده از آنالیز رگرسیون
فاطمه خطیب - بنیامین ترابی - اصغر رحیمی
- ۶۴۶ همبستگی ژنوتیپی و تجزیه مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه و عملکرد روغن کلزا در شرایط تنش کم آبی و بدون تنش
احمد اسماعیلی - سید سجاد سهرابی - سیده زهرا حسینی - رضا نامداریان - داریوش گودرزی
- ۶۶۵ اثرات تنش خشکی و تراکم کاشت بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.)
شیوا اکبری - محمد کافی - شهرام رضوان بیدختی
- ۶۷۵ تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی های رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)
رضا میرزایی تالارپشتی - مجید رستمی
- ۶۸۶ اثر آبیاری و نیتروژن بر پارامترهای زراعی، عملکرد، کیفیت دانه و کارایی زراعی نیتروژن در آفتابگردان
جواد حمزه ئی - حمید نجفی - مجید بابایی
- ۶۹۹ اثر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر برخی ویژگی های کیفی علوفه ماشک گل خوشه ای (*Vicia villosa* Roth) در شرایط گلخانه
رضا کمائی - مهدی پارسا - محسن جهان - حسین رجائی شریف آبادی - عباسعلی ناصریان
- ۷۱۱ شبیه سازی بهره وری آب در برنج تحت مدیریت کم آبیاری و نیتروژن با استفاده از مدل گیاهی CropSyst
مجتبی میرآخوری - بهرام میرشکاری - ابراهیم امیری - فرزاد پاک نژاد - مهرداد یارنیا
- ۷۲۳ اثر محلول پاشی روی و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات کمی و کیفی سویا تحت شرایط کم آبی
زینب زارعی - جهانفر دانشیان - علی خورگامی

- ۷۳۵ اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب‌وهوایی
جیرفت
بهاره پارسامطلق - پرویز رضوانی مقدم - رضا قربانی - ذبیح‌اله اعظمی ساردویی
- ۷۴۶ بررسی اثر مقادیر مختلف سوپر جاذب رطوبت و اسید هیومیک در شرایط کم‌آبیاری بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ذرت (*Zea mays* L.)
به روش سطح پاسخ
محسن جهان - محمد بهزاد امیری - فرانک نوربخش
- ۷۴۵ بررسی روند بهبود عملکرد دانه‌ی جو دیم در طی نیم قرن اخیر در استان گلستان
معصومه حاجی‌پور - علی راحمی کاریزکی - حسین صبوری - حسین علی فلاحی
- ۷۵۵ تأثیر مصرف کود شیمیایی نیتروژنه و نانو کود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)
سمیه خوش‌بیک - رضا صدرآبادی حقیقی - احمد احمدیان



بررسی کارایی جذب و مصرف نور و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه (*Triticum aestivum*) و چغندرقد (*Beta vulgaris*)

علیرضا کوچکی^{۱*} - مهدی نصیری محلاتی^۲ - هادی زرقانی^۳ - علی نوروزیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۰۸

چکیده

به منظور ارزیابی کارایی مصرف نور، عملکرد و ماده خشک در کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه و چغندرقد، آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از چهار تیمار کشت مخلوط با نسبت‌های ۱:۳، ۲:۳، ۲:۴ و ۳:۶ (چغندرقد: گندم) همراه با کشت خالص گونه‌ها. نتایج نشان داد در طی دوره رشد شاخص سطح برگ، میزان تشعشع عبور کرده از کانوپی، کارایی مصرف نور، میزان تولید ماده خشک و در نهایت عملکرد در واحد سطح تحت تأثیر کشت مخلوط تأخیری قرار گرفتند و بیش‌ترین عملکرد گندم و چغندرقد به ترتیب (۱۹۴۲ و ۲۰۶۳ گرم در مترمربع) در کشت ۲:۴ و کشت خالص چغندرقد مشاهده گردید و کارایی مصرف نور برای گندم و چغندرقد در کشت مخلوط ۲:۴ که بیش‌ترین مقدار بود به ترتیب (۱/۶۵ و ۲/۳۸) به دست آمد. بر اساس یافته‌های این تحقیق به نظر می‌رسد که استفاده از مخلوط‌های تأخیری راهکار مناسبی برای استفاده بهتر از منابع و افزایش عملکرد در مقایسه با کشت متوالی گونه‌های پاییزه و بهاره باشد.

واژه‌های کلیدی: جذب تشعشع، کارایی مصرف نور، عملکرد

مقدمه

گندم / پنبه (*Gossypium herbaceum*) Zhang et al., (1996)، 2007 و Zhang et al., 2008) عدس (*Lens culinaris*) و زیره سبز (*Cuminum cyminum*) (Jahani, 2008) عملکرد بالاتری نسبت به تک‌کشتی ثبت شده است. همچنین کشت مخلوط نواری گندم / ذرت، که یک سیستم کشت معمول در شمال چین است باعث افزایش عملکرد به میزان ۴۰-۴۷ درصد می‌شود (Rajcan and Swanton, 2001).

کشت مخلوط تأخیری یا کشت توأم دو گونه در یک زمین به طوری که بخشی از دوره رشد آن‌ها برهم منطبق باشد، نوعی از زراعت‌های مخلوط است که با اهداف خاص در مناطقی از جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از رایج‌ترین انواع این نوع مخلوط، کشت تأخیری گیاهان زراعی زمستانه، برای مثال غلات، در پاییز و کاشت گونه‌های زراعی بهاره پیش از برداشت محصول پاییزه در بین نوارهای آن می‌باشد (Nasiri Mohalati et al., 2000). این نوع کشت در مناطقی از جهان از جمله هندوستان (Padhi et al., 1993) و چین (Zhang et al., 2007) در سطوح وسیع با موفقیت انجام شده و مزایای مختلفی را برای تولیدکنندگان به همراه دارد. مطالعات زیادی در مورد کشت‌های تأخیری انجام شده است که گندم به عنوان گیاه زمستانه و ذرت و سویا (*Glycine max*) (Li et al., 2001)، پنبه (Zhang et al., 2008)، نخود (Mandel et al., 1996) به عنوان

یکی از راهکارهای حرکت به سمت کشاورزی پایدار، به کارگیری مخلوطی از گیاهان گونه‌های مختلف، ارقام و یا ایزولاین‌های مختلف در زراعت می‌باشد (Mazaheri, 1996). اهداف متنوعی برای کشت مخلوط قابل ذکر است که عمده‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از استفاده بهتر از شرایط محیطی موجود و افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کیفیت و کمیت محصول، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی، ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم‌های زراعی و استفاده از فواید آن (Jahan, 2004). در بسیاری از سیستم‌های کشت مخلوط شامل ذرت (*Zea mays* L.) / لوبیا (*phaseolus vulgaris* L.) (Tsubo et al., Kochaki, 2000) و گندم (*Triticum aestivum* L.) / ذرت (*Zea mays* L.) (Li et al., 2001)، گندم / نخود (*Cicer arietinum*) (Mandel et al., 2001).

۱ و ۲- اساتید گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳ و ۴- دانشجویان دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v14i4.51159

منطقه مورد توجه می‌باشد و همچنین کشت چغندر قند در بین کشاورزان این استان قدمت زیادی دارد. یکی از مشکلات کشت چغندر قند هم‌زمانی فاصله زمانی پُرشدن دانه‌های گندم تا برداشت آن با مراحل اولیه رشد چغندر قند می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی امکان کشت این دو محصول به صورت کشت مخلوط تأخیری و تأثیر آن بر عملکرد، ماده خشک و کارایی مصرف نور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و هشت دقیقه شمالی شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) اجرا شد. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک و از نقاط مختلف محل تحقیق نمونه برداری و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).

گیاه بهاره مطالعه شده است، که نتایج آن تأییدکننده‌ی اثرات مثبت کشت مخلوط تأخیری در استفاده از منابع می‌باشد، به طوری که بیوماس ذرت و سویا در کشت تأخیری با گندم به ترتیب ۴۵ و ۳۹ درصد نسبت به کشت خالص برتر بودند (Li et al., 2001). در مطالعه‌ای (Nasiri Mohalati et al., 2000) گزارش کردند که تشعشع جذب شده توسط کانوپی در کشت‌های مخلوط تأخیری به میزان قابل توجهی نسبت به کشت‌های خالص بهبود یافت و عملکرد مخلوط‌های تأخیری در مقایسه با کشت خالص ۲۷ تا ۳۱ درصد افزایش یافت که این افزایش ناشی از جذب بهتر نور بود. در الگوهای رایج کشت در ایران، تاریخ کاشت محصولات بهاره، معمولاً با زمان پُرشدن دانه در گونه‌های پاییزه منطبق است. هم‌زمانی دوره‌های حساس از نظر آبیاری در این گونه‌ها اغلب به دلیل محدودیت منابع آبی مشکلاتی را برای زارعین ایجاد می‌نماید به طوری که کشت محصول بهاره به ناچار تا برداشت گیاه پاییزه به تأخیر می‌افتد. بر این اساس به نظر می‌رسد که طراحی کشت‌های مخلوط تأخیری با ترکیب گونه‌های پاییزه/بهاره راه حل مناسبی بر این مشکل و افزایش بهره‌وری منابع می‌باشد. گندم در استان خراسان به عنوان یکی از مهم‌ترین کشت‌های آبی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in experiment

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس K (ppm)	فسفر قابل دسترس P (ppm)	نیتروژن کل (%) Total N (%)	بافت Texture
7.47	2.1	320.1	4.5	0.16	Silty Loam سیلتی لوم

در کلیه تیمارهای خالص و مخلوط یکسان و معادل ۴۰۰ بذر بود. کود مورد نیاز گندم بر اساس آزمایش خاک به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۹۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص محاسبه شد. تمامی کود فسفر و یک سوم از کود نیتروژن هم زمان با کشت و مابقی نیتروژن در طی دو نوبت به صورت سرک مصرف گردید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک بار تا پایان فصل رشد به شیوه نشتی انجام شد و سایر عملیات داشت به گونه‌ای انجام گرفت که گیاهان بدون هیچ گونه محدودیت، دوره رشد را کامل کنند.

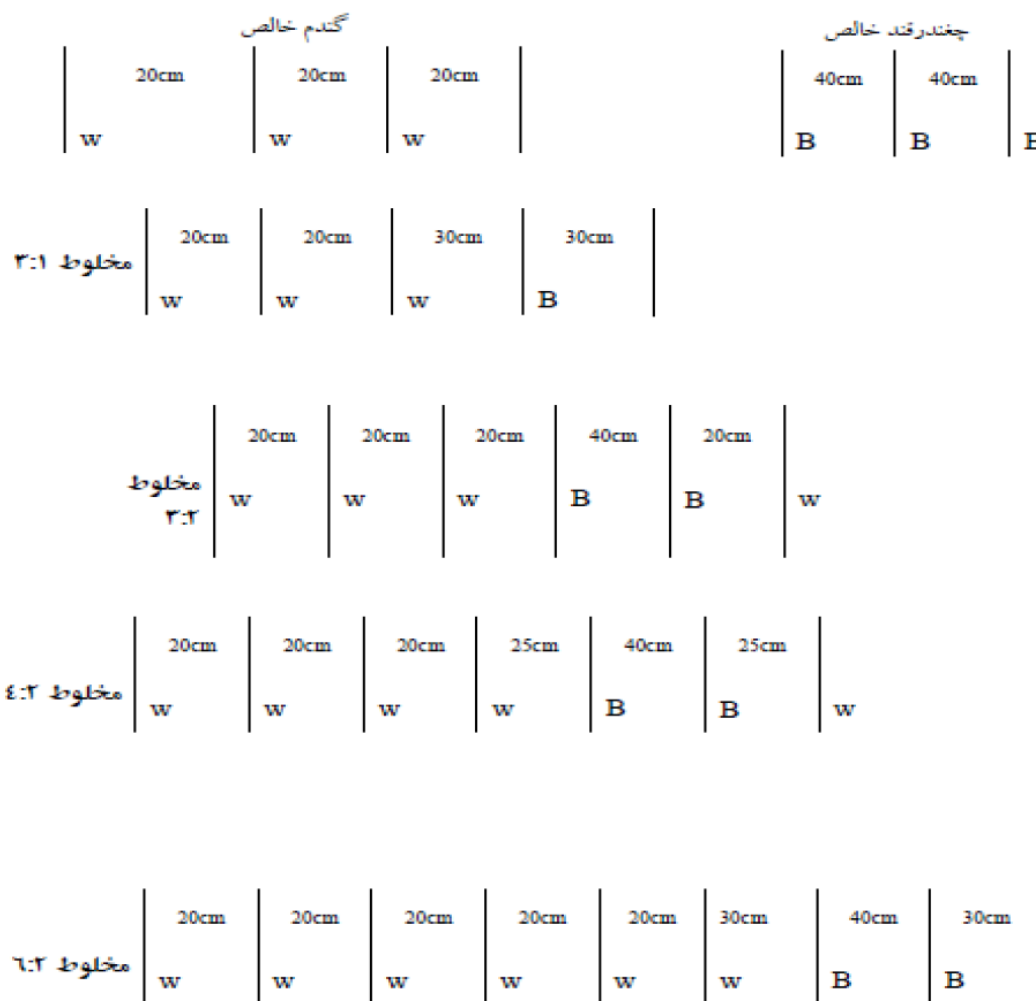
کشت چغندر قند در ۱۰ اردیبهشت سال ۱۳۹۰ انجام شد، بذور بر روی ردیف‌های آماده شده از قبل کشت گردید و بلافاصله بعد از کاشت، به منظور تسهیل در سبزشدن یکنواخت، آبیاری به صورت نشتی و توسط سیفون انجام گردید، و بعد از سبز شدن با فاصله ۲۰ سانتی متری تنک گردید. در زمان داشت و در طول دوره رشد

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و شش تیمار (شامل آرایش‌های مختلف کاشت: کشت خالص چغندر قند، کشت خالص گندم، مخلوط‌های تأخیری: یک ردیف چغندر قند و سه ردیف گندم (۳:۱)، دو ردیف چغندر قند و سه ردیف گندم (۳:۲)، دو ردیف چغندر قند و چهار ردیف گندم (۴:۲) و دو ردیف چغندر قند و شش ردیف گندم (۶:۲) به اجرا در آمد. عرض نوارهای گندم در مخلوط‌های ۳:۱ و ۳:۲ معادل ۴۰ و ۶۰ سانتی متر و در مخلوط‌های ۴:۲ و ۶:۲ به ترتیب ۸۵ و ۱۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. فضای بین نوارهای گندم برای کشت چغندر قند در مخلوط‌های ۳:۱، ۳:۲، ۴:۲ و ۶:۲ به ترتیب ۶۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ سانتی متر تنظیم گردید و ابعاد کرت‌ها ۳×۴ در نظر گرفته شد و کشت به صورت فارویی انجام گرفت (شکل ۱).

کاشت گندم، رقم گاسکوئن، در تاریخ ۲۰ مهر ماه سال ۸۹ بر روی نوارهای مربوط به این گیاه بنحوی انجام گردید که تراکم کاشت

آبیاری شدند. پس از برداشت گندم توزیع کود سرک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و سایر عملیات داشت بر روی بوته چغندر قند انجام گرفت و در نهایت، محصول چغندر قند در تاریخ ۲۵ آبان ماه ۹۰ برداشت شد.

هیچ نوع آفت کشی استفاده نشد. بعد از استقرار کامل گیاهان، علف‌های هرز زمین به روش دستی در سه نوبت وجین شد. ردیف‌های گندم در کلیه تیمارهای آزمایشی در تاریخ پنجم تیرماه سال ۹۰ برداشت شدند. ردیف‌های چغندر قند در کلیه تیمارها بعد از آخرین آبیاری گندم تا زمان برداشت این محصول هر هفت‌روز



شکل ۱- نحوه قرارگیری و فاصله بین ردیف‌ها در کشت خالص و مخلوط تأخیری گندم (W) و چغندر قند (B)

Figure 1- placement of and distance between the rows of sole cropping and delay mixed of wheat (W) and sugar beet (B)

گندم در یک کادر ۵/۰ متر مربعی از تمامی تیمارهای آزمایش برداشت و پس از تعیین مساحت برگ‌ها به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، وزن مواد برداشت شده بعد از خشک کردن آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد.

عملیات اندازه‌گیری میزان جذب و محاسبه کارایی مصرف نور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ و میزان ماده خشک قسمت‌های هوایی گندم از نیمه اسفندماه سال ۸۹ آغاز و تا ۲۰ روز قبل از برداشت هر دو هفته در هشت نوبت انجام شد. در هر نمونه‌گیری بوته‌های

EXCEL و MSTAT-C انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

رشد سطح برگ

بالاترین مقدار شاخص سطح برگ گندم (۳/۹) و چغندر قند (۳/۴) به ترتیب در کشت مخلوط ۴:۲ و کشت خالص چغندر قند مشاهده شد. شاخص سطح برگ (LAI) گندم در تیمار مخلوط تأخیری ۴:۲ نسبت به کشت‌های تأخیری دیگر بیش‌تر بود، ولی با کشت خالص تفاوت زیادی نداشت (شکل ۱).

در کلیه تیمارهای آزمایشی حداکثر شاخص سطح برگ گندم در اواخر اردیبهشت و برای چغندر قند در اوایل مردادماه ظاهر شد که این مقدار در کشت خالص، برای گندم ۸۵ روز پس از شروع فصل رشد (۳/۸۵) و ۶۰ روز پس از سبز شدن چغندر قند (۳/۶۶) به دست آمد. این شاخص با گذشت زمان در انتهای فصل رشد کاهش یافت و الگوی آن به صورت سیگموییدی مشاهده شد (شکل ۱). کم‌ترین میزان میانگین شاخص سطح برگ گندم و چغندر قند در تیمار ۳:۱ به ترتیب با ۱/۸ و ۲/۲۱ به دست آمد.

Jaggard, and Clark, 2000 نیز اظهار داشتند که منحنی رشد برگ چغندر قند به صورت لگاریتمی است که در اواسط فصل رشد به حداکثر خود می‌رسد و سپس با از بین رفتن برگ‌های پیر و جایگزینی آن‌ها توسط برگ‌های کوچک کاهش می‌یابد.

Kochaki *et al*, 2009 گزارش کردند که روند تغییرات سطح برگ چغندر قند پس از کاهش نسبتاً شدید در اواخر مردادماه از (۳/۵) به (۲/۹۶)، در طول شهریورماه نسبتاً ثابت باقی ماند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

در کشت‌های مخلوط تأخیری شروع رشد سطح برگ چغندر قند با حداکثر LAI گندم انطباق داشت. بنابراین رشد اولیه گیاهچه‌های چغندر قند هم‌زمان با حداکثر کانوپی گندم ($LAI > 3$) صورت گرفت. مدت‌زمان رشد توأم دو گونه در کلیه مخلوط‌ها بین ۴۵ تا ۵۰ روز بود، بنابراین بوته‌های چغندر قند پس از طی این دوره که برداشت گندم انجام گرفت، از سایه‌اندازی کانوپی گندم خارج شدند. البته در طی این دوره نیز کاهش تدریجی شاخص سطح برگ گندم، باعث تقلیل فشار رقابتی این گونه بر چغندر قند شد (شکل ۲).

این نتایج نشان می‌دهد که دوره رشد کُند گیاهچه‌های چغندر قند در اوایل فصل رشد در کشت خالص، به علت پایین بودن LAI بخش عمده‌ای از تشعشعات ورودی جذب نمی‌شود (Rinaldi and Vonella, 2006)، ولی در تیمارهای کشت مخلوط، افزایش LAI موجب افزایش جذب تشعشعات خورشید می‌گردد.

تشعشع جذب شده

در گیاه چغندر قند ۱۵ روز بعد از سبز شدن هر دو هفته وزن تر و خشک اندام هوایی و زمینی شامل پهنک برگ، دم‌برگ، شاخص سطح برگ، طوقه و ریشه در سطح ۰/۵ مترمربع اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد ماده خشک از اندام‌های مختلف شامل ریشه، برگ و دم‌برگ ۱۰۰ گرم از هر قسمت، به طور جداگانه به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

ابتدا برآورد مقادیر LAI روزانه از طریق برآزش معادله (۱) به دست آمد.

$$y = \frac{a + b \times \frac{-(x-c)}{d}}{(1 + e^{\frac{-(x-c)}{d}})} \quad (1)$$

که در این معادله a: عرض از مبدا، b: حداکثر LAI، c: زمان رسیدن به حداکثر LAI و d: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ از مرحله خطی وارد مرحله نمایی می‌شود.

میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی مشهد به روش ارائه شده توسط Goudriaan and Monteith, 1990 با احتساب ساعات آفتابی هر روز (استخراج شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز اقلیم‌شناسی مشهد) برآورد گردید و ۵۰ درصد آن به عنوان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در نظر گرفته شد، سپس میزان تشعشع روزانه جذب شده برای هر دو گونه بر اساس معادلات ۲ تا ۵ محاسبه شد (Rinaldi and Vonella, 2006):

$$I_{abs} = I_0 (1 - e^{(-K_m \cdot LAI_m) + (-K_b \cdot LAI_b)}) \quad (2)$$

$$I_m = I_{abs} \frac{(-K_m \cdot LAI_m)}{(-K_m \cdot LAI_m) + (-K_b \cdot LAI_b)} \quad (3)$$

$$I_b = I_{abs} - I_m \quad (4)$$

نور جذب شده توسط کانوپی در کشت خالص از معادله (۵) محاسبه می‌شود.

$$I_{abc} = I_0 (1 - e^{-K \cdot LAI_t}) \quad (5)$$

I_0 میزان تشعشع در بالای کانوپی؛ I_{abs} نور جذب شده توسط کانوپی مخلوط؛ I_m نور جذب شده توسط گیاه گندم؛ I_b نور جذب شده توسط گیاه چغندر قند؛ LAI_m و LAI_b به ترتیب شاخص سطح برگ گندم و چغندر قند و در کشت خالص، LAI_t شاخص سطح برگ روزانه و K_m و K_b به ترتیب ضریب خاموشی نور گندم (۰/۷) و چغندر قند (۰/۵۶) می‌باشد.

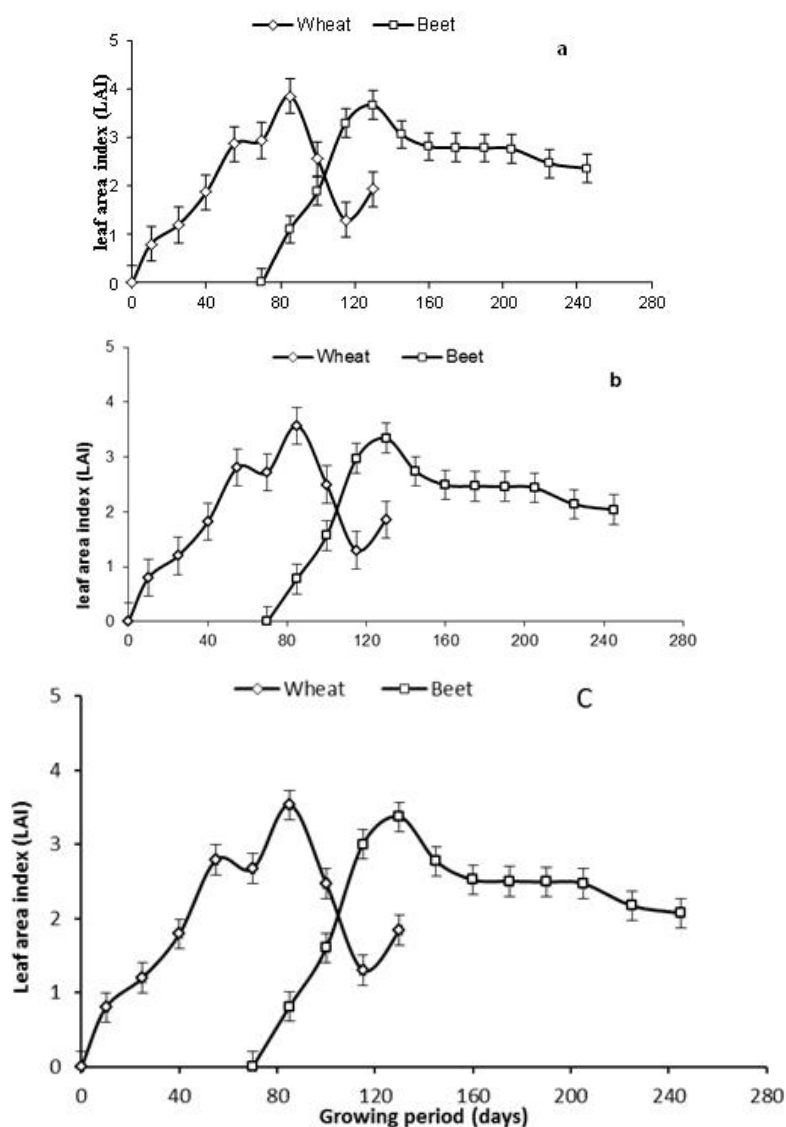
با به دست آوردن میزان نور جذب شده توسط هر گیاه و رسم معادله رگرسیونی ساده بین نور جذب شده و ماده خشک، کارایی مصرف نور (که شیب این معادله می‌باشد) به دست آمد.

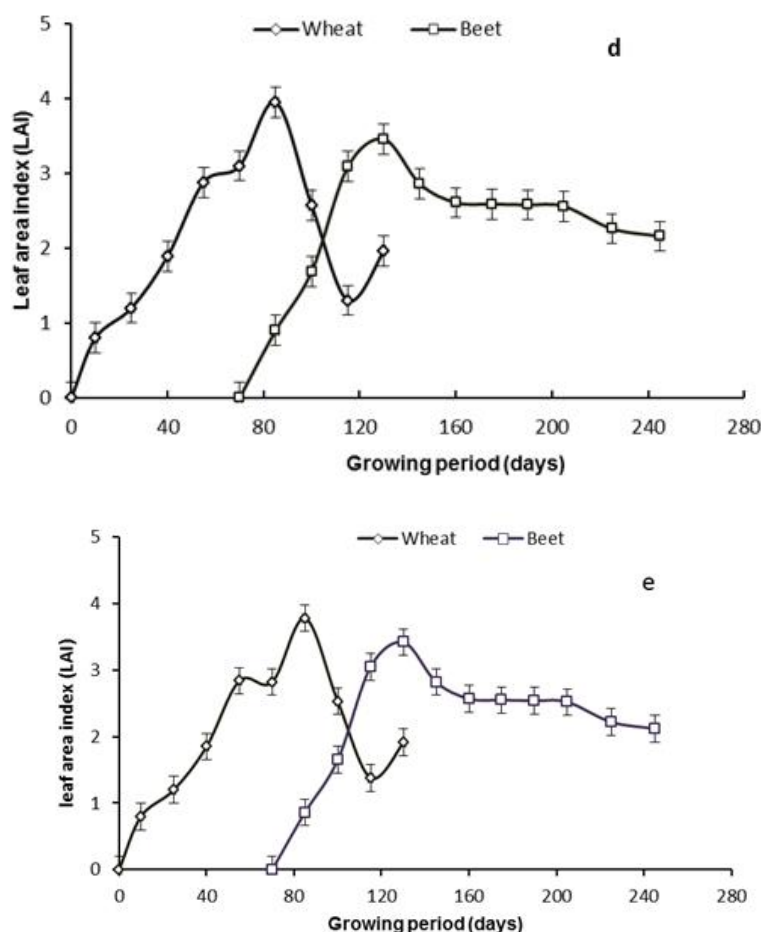
برداشت نهایی گندم پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از سطح ۲ مترمربع به وسیله دست انجام گرفت و عملکرد کل، دانه و کاه تعیین گردید. برای برداشت نهایی چغندر قند نیز سطح ۲ مترمربع ریشه و برگ‌های آن برداشت گردید و در آون به صورتی که شرح داده شد خشک گردید. محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزارهای

مقایسه میزان تشعشع جذب شده روزانه در تیمارهای مختلف با کل تشعشع ورودی نشان داد که کانوپی مخلوط با بهبود شرایط منجر به جذب مطلوب تر تشعشع ورودی به میزان ۱۲۰ مگاژول در مترمربع (شکل ۲) در طول فصل رشد توسط گونه ها شده است. چنین به نظر می رسد که خلاء سطح جذب کننده نور که در کشت متوالی دو گونه در فاصله زمانی بین برداشت گندم و دوره کند رشد گیاهچه های چغندر قند ایجاد می شود، به نحو مطلوبی توسط کانوپی مخلوط بسته شده است که این امر بهبود تشعشع جذب شده را به دنبال داشته است.

در شکل ۲ نور و تشعشع فعال فتوسنتزی بالای کانوپی، کل PAR جذب شده توسط دو گونه و PAR تجمعی جذب شده توسط کانوپی گندم و چغندر قند در کشت های خالص و مخلوط ارائه شده است.

تغییرات زمانی جذب نور برای هر دو گونه گندم و چغندر قند در تمامی تیمارها از روند تغییرات شاخص سطح برگ تبعیت داشت. در کشت های مخلوط مجموع نور جذب شده توسط گندم و چغندر قند در دوره هم زمانی رشد، یعنی فاصله زمانی سبز شدن چغندر قند تا برداشت گندم، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر از کشت خالص بود. هم چنین





شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) گندم و چغندر قند در کشت خالص (a) و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر قند و گندم

خطوط عمودی انحراف معیار نقاط اندازه‌گیری می‌باشد. شروع فصل رشد برای گندم اول اسفندماه و برای چغندر قند ۷۰ روز پس از شروع فصل رشد گندم، ۱۰ اردیبهشت‌ماه است.

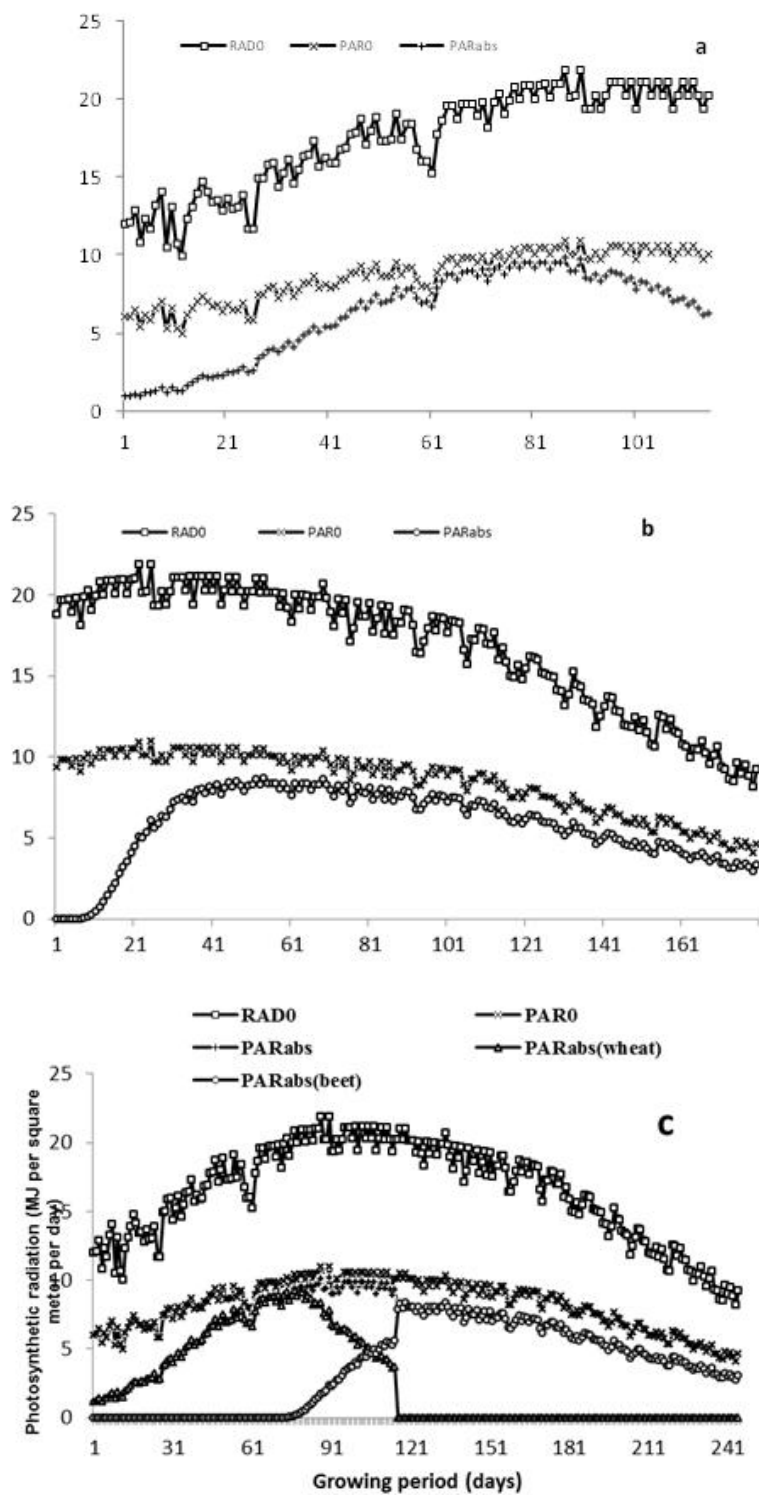
Figure 2- The trends of leaf area index (LAI) wheat and sugar beet pure cultures (a) mixture Delayed 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet and wheat

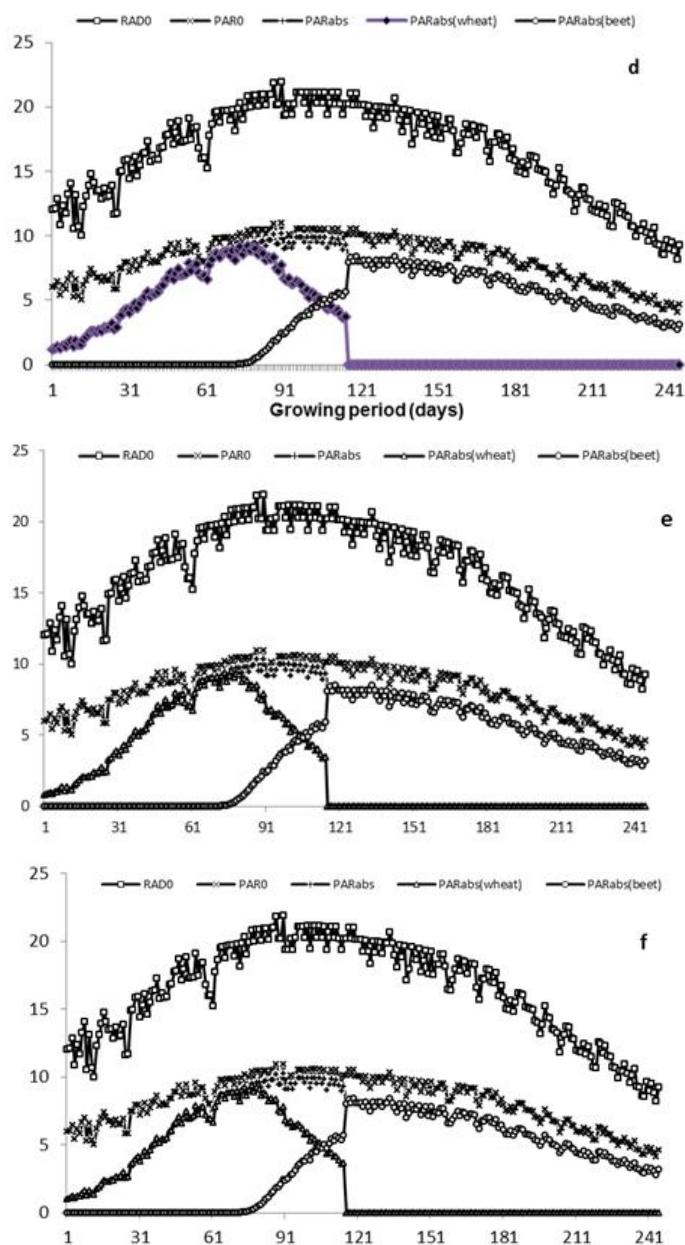
Standard deviation of measurement points are vertical lines. first start of the growing season for wheat and sugar beet February, 70 days after the start of the growing season for wheat, 10 is May.

زیاد بود، ولی رشد آهسته برگ‌های جوان و بازبودن کانوپی، عامل محدودکننده‌ای در جذب نور بوده است. در کشت‌های متوالی علاوه بر این که نمی‌تواند از این مقدار تشعشع ورودی استفاده کند در ۴۰ روز بعد از برداشت و ابتدای کشت نیز چغندر قند در مرحله گیاهچه بوده و نمی‌تواند به‌خوبی جذب نماید. Milford *et al*, 1988 نیز بر عامل محدودکننده جذب نور در ابتدای رشد تأکید کردند. Scott, and Jaggard, 2000 نیز اظهار داشتند که در طی دهه‌های گذشته میزان نور جذب شده توسط کانوپی، مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد چغندر قند در انگلستان بوده است.

بدین ترتیب مشخص است که در کشت متوالی، دوره زمانی حداکثر شدن تشعشع روزانه خورشیدی با مرحله گیاهچه‌ای چغندر قند منطبق بوده است؛ در حالی که در کشت‌های مخلوط تأخیری در طی این دوره میزان بیش‌تری از تشعشع ورودی را جذب کرده‌اند و گیاه در خردادماه و مردادماه در حداکثر LAI و حداکثر زمان تشعشع ورودی می‌باشد که سبب می‌گردد روند افزایش ماده خشک نسبت به کشت متوالی سرعت گیرد.

بررسی روند تغییرات کل تشعشع رسیده به سطح زمین و میزان تشعشع جذب شده توسط کانوپی چغندر قند نشان داد که در ابتدای رشد میزان کل تشعشع ورودی، ۱۰۱۳ مگاژول بر مترمربع (شکل ۲)





شکل ۲- RAD0: تشعشع بالای کانوپی، PAR0 تشعشع فعال فتوسنتزی بالای کانوپی، PARabs تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده کل توسط دو گیاه و تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی جذب شده توسط کانوپی چغندر قند (a) و چغندر قند (b) در کشت خالص هر گونه و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (c)، ۳:۲ (d)، ۴:۲ (e) و ۶:۲ (f) چغندر قند و گندم. شروع فصل رشد برای گندم اول اسفندماه و برای چغندر قند ۷۰ روز پس از شروع فصل رشد گندم، ۱۰ اردیبهشت ماه است.

Figure 2- RAD0: radiation above the canopy, PAR0 photosynthetically active radiation above the canopy, PARabs of photosynthetically active radiation absorbed by the plant and PARabs (wheat) cumulative photosynthetically active radiation absorbed by wheat canopy, PARabs (Sugar beet) cumulative photosynthetically active radiation absorbed by the canopy of sugar beet, wheat (a) and sugar beet (b) mixture pure cultures any delay 3: 1 (c), 3: 2 (d), 4: 2 (e) and 6: 2 (f) sugar beet and wheat. Start growing season for wheat and sugar beet March first 70 days after the start of the growing season of plants, 10 of May.

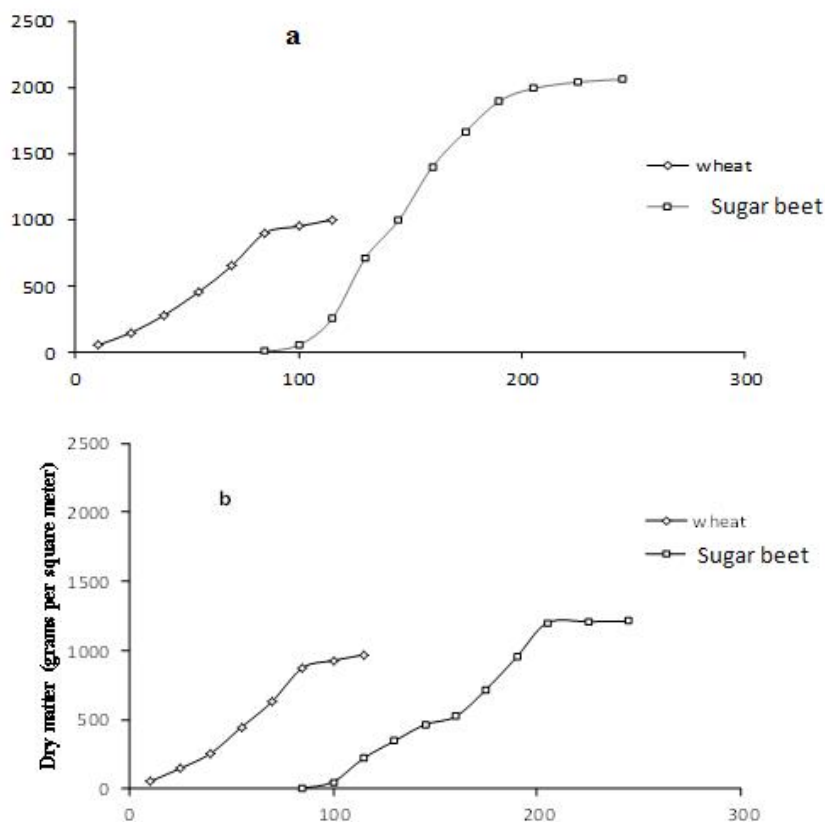
بین مخلوط ها نیز متفاوت بود. کمترین میزان تولید ماده خشک با ۱۸۳ گرم در مترمربع برای کشت مخلوط سه ردیف گندم: یک ردیف چغندر قند و در تیمار مخلوط دو ردیف چغندر قند و چهار ردیف گندم بیشترین میزان ماده خشک (۲۹۹۷ گرم در مترمربع) به دست آمد (شکل ۳، جدول ۲).

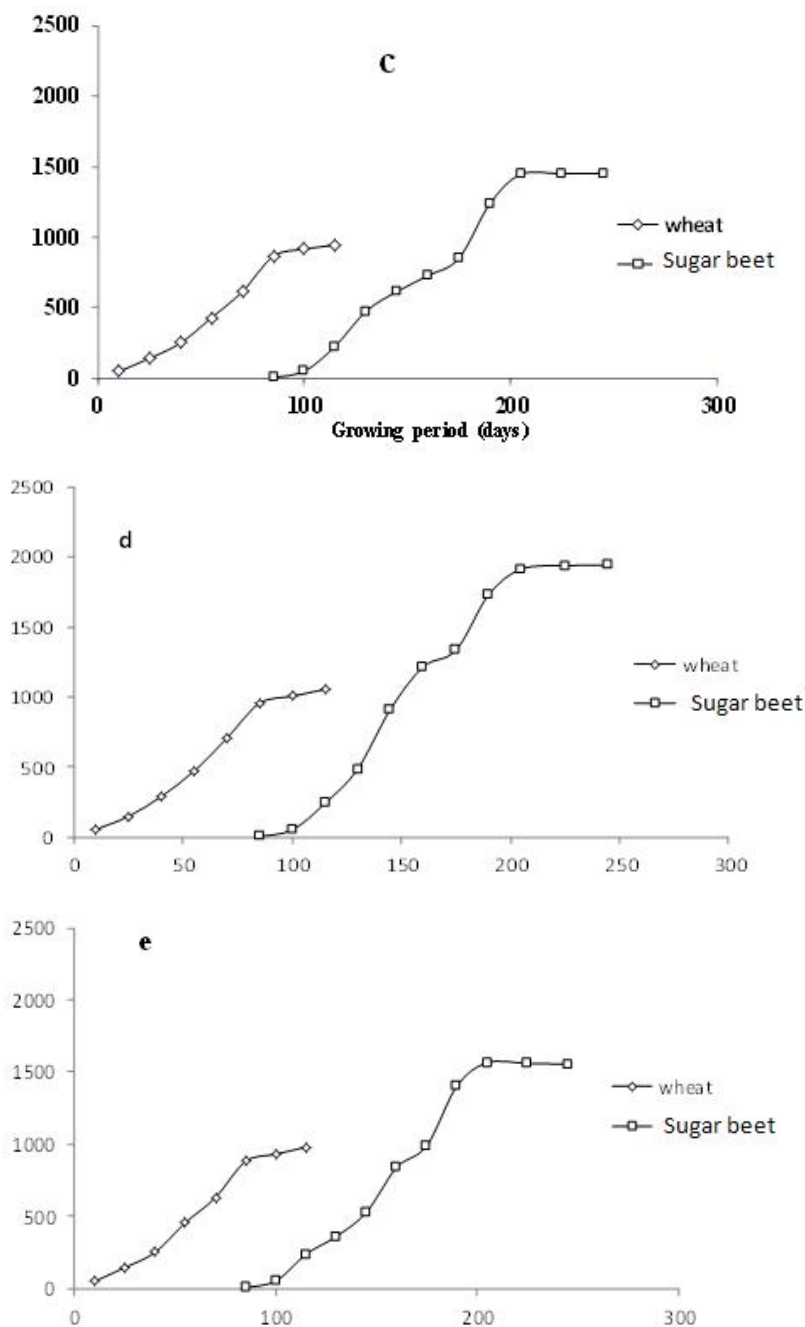
فاصله زمانی بین شروع رشد گیاهچه تا مرحله رشد خطی تولید یعنی دورهای که به دلیل پایین بودن مقدار نور، تولید توسط کانوپی به طور کامل انجام نمی شود به "زمان از دست رفته" موسوم است (Goudriaan, Monteith, 1990) و طولانی شدن این دوره باعث اتلاف منابع به ویژه تشعشع خورشیدی و آب خواهد شد (Li et al., 2001). نتایج این تحقیق نشان داد که این دوره از رشد چغندر قند در حدود ۳۰ تا ۴۰ روز ادامه داشته است (شکل ۳). با این وجود از آنجا که در کشت های مخلوط تأخیری در مقایسه با کشت خالص، دوره کند رشد گیاهچه های چغندر قند در طی دوره پر شدن دانه های گندم سپری شده و در نتیجه رشد خطی چغندر قند بلافاصله بعد از برداشت گندم رخ داده است.

نتایج برخی بررسی ها نشان داده است که افزایش میزان تشعشع جذب شده و به تبع آن بهبود سرعت رشد گیاه هنگامی اتفاق می افتد که کانوپی گیاهی بسته شده و مرحله خطی رشد برگ شروع شده باشد. در این نوع کشت تأخیری سرعت رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ برای چغندر قند نسبت به کشت متوالی خیلی بیش تر است، زیرا در زمان برداشت گندم میانگین شاخص سطح برگ حدود ۱/۱ (شکل ۲) می باشد و پس از برداشت گندم شاخص سطح برگ به شدت افزایش می یابد و این عامل می تواند یکی از دلایل افزایش میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی باشد.

میزان تولید ماده خشک

با وجودی که تولید ماده خشک گندم و چغندر قند در کشت های مخلوط و خالص روند مشابهی داشت؛ ولی همان طور که انتظار می رفت میزان کل ماده خشک تولید شده چغندر قند در کشت خالص ۷۰ درصد نسبت به کشت مخلوط ۳:۱ برتری داشت و عملکرد گندم در کشت مخلوط ۴:۲ نسبت به کشت مخلوط ۳:۲، ۱۱ درصد برتری داشت. به علاوه میزان کل ماده خشک تولیدی چغندر قند و گندم در





شکل ۳- روند تغییرات میزان ماده خشک تولید شده گندم و چغندر قند در شرایط کشت خالص (a) و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر قند: گندم

شروع فصل رشد برای گندم اول اسفندماه و برای چغندر قند ۷۰ روز پس از شروع فصل رشد گندم، ۱۰ اردیبهشت ماه است.

Figure 3- in changes of dry matter, sugar beet and wheat in monoculture (a) delay mixture 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet: wheat

First start of the growing season for wheat and sugar beet February, 70 days after the start of the growing season for wheat, 10 is May.

لذا چنین به نظر می‌رسد که طی شدن دوره رشد نمایی چغندر قند (زمان از دست رفته) در سایه‌انداز گندم به نوبه خود مزیتی برای کشت مخلوط این دو گونه محسوب شود که این امر افزایش نور جذب شده را در شرایط مخلوط در مقایسه با خالص به دنبال داشته است. برتری الگوهای مختلف کشت مخلوط از نظر استفاده بهتر از منابع، توسط بسیاری از محققین به تأیید رسیده است. برای مثال مطالعات انجام شده در مورد مخلوط تأخیری گندم/پنبه که در بخش وسیعی از مزارع کشور چین رایج می‌باشد، نشان داده است که تولید بیشتر ماده خشک در شرایط مخلوط ناشی از جذب بهتر نیتروژن و نور بوده است (Zhang *et al.*, 2008) که در نتیجه بهبود عملکرد را به دنبال داشته است. نتایج این مطالعه نیز مؤید آن است که در مخلوط‌های تأخیری در صورت انطباق مناسب مراحل رشدی گونه‌های همراه، کارایی مصرف و بهره‌وری نور بهبود می‌یابد که این امر موجب افزایش عملکرد می‌شود.

کارایی مصرف نور

شیب خط رگرسیونی برازش یافته برای تغییرات تجمعی ماده خشک طی فصل رشد و مقدار تشعشع تجمعی جذب شده نشان‌دهنده کارایی مصرف نور در تیمارهای مورد آزمایش است (شکل‌های ۴ و ۵). میانگین کارایی مصرف نور برای تیمارهای مختلف متفاوت بود و دامنه آن برای چغندر قند بین ۱/۴۴ و ۲/۳۸ گرم بر مگاژول بود. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که میانگین کارایی مصرف نور برای چغندر قند ۱/۷۲ گرم بر مگاژول می‌باشد (Scott, and Jaggard, 2000). Webb *et al.*, 1997 نیز با استفاده از مدل‌سازی کارایی

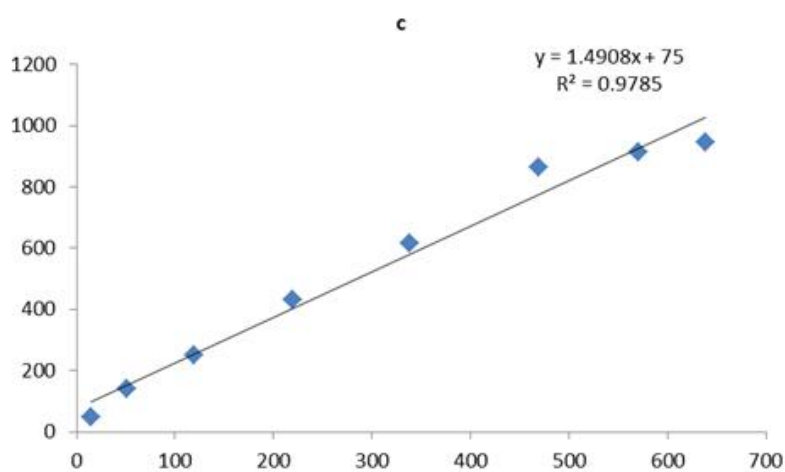
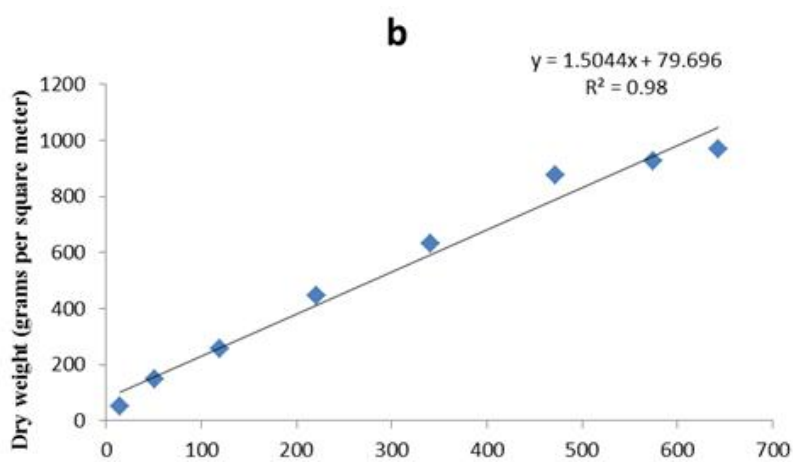
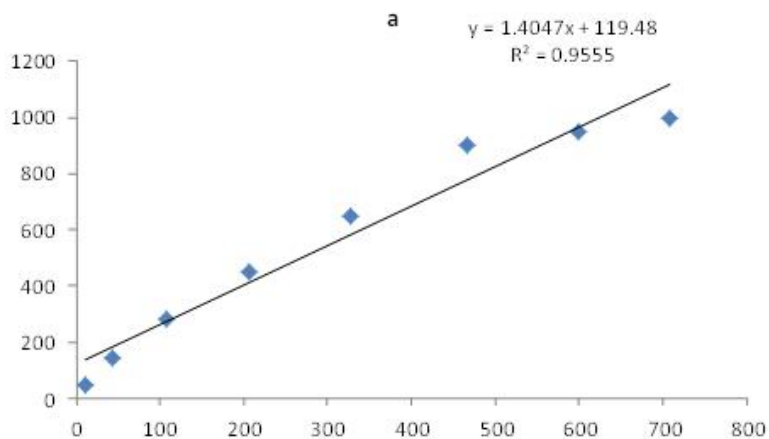
مصرف نور چغندر قند را برابر ۱/۸ گرم بر مگاژول برآورد نمودند. با این وجود، برخی محققان (Kemanian *et al.*, 2004 و Lecoeur, and Ney, 2003) معتقدند کارایی مصرف نور ثابت نبوده و طی فصل رشد گیاه تغییر می‌کند.

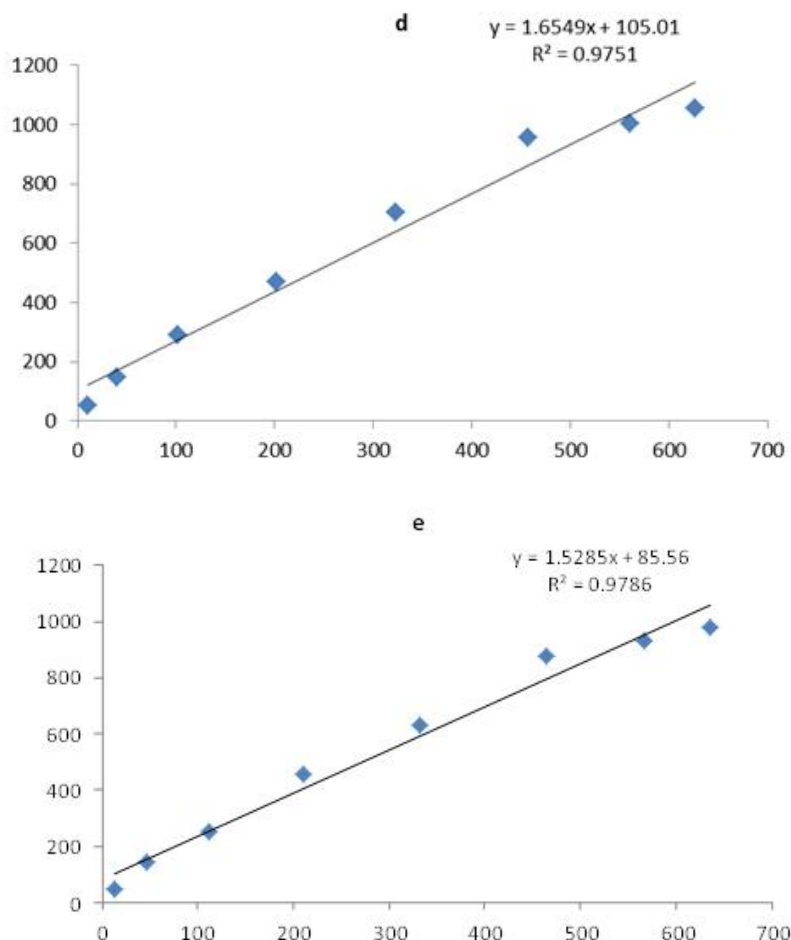
دامنه کارایی مصرف نور گندم در تیمارهای مختلف بین ۱/۴۴ و ۱/۶۵ گرم بر مگاژول قرار داشت و در این میان کم‌ترین مقدار برای مخلوط تأخیری سه ردیف گندم و یک ردیف چغندر قند تا حدودی کمتر از سایر تیمارها بود. مقادیر گزارش شده برای کارایی مصرف نور گندم در مطالعات مختلف بسته به شرایط آزمایش متفاوت می‌باشد. برای مثال Olesen *et al.*, 2002 و O'Connell *et al.*, 2004 کارایی مصرف نور گندم را در آزمایشات مختلف بین ۱/۸ تا ۴/۲ گرم بر مگاژول و با میانگین ۲/۷ گرم بر مگاژول گزارش نمودند. Zhang *et al.*, 2008 کارایی مصرف نور گندم را در کشت خالص و مخلوط تأخیری با پنبه در محدوده ۱/۹۴ تا ۲/۲۹ مگاژول بر مترمربع گزارش کردند. این مقادیر نسبت به کارایی مصرف نور گندم در این آزمایش بیشتر است. البته Jahansooz *et al.*, 2007 کارایی مصرف نور گندم را در کشت خالص و در شرایط کشت مخلوط با نخود به ترتیب ۱/۴۳ و ۱/۵۹ گرم بر مگاژول محاسبه کردند.

مقدار عددی کارایی مصرف نور ممکن است تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و مدیریت زراعی تغییر کند، بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که سرعت ظهور، رشد و نهایتاً پیری اندام‌های گیاهی برگ و ریشه و همچنین متغیرهای اقلیمی مؤثر بر ظرفیت فتوسنتزی گیاه مقدار عددی کارایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Lecoeur and Ney, 2003).

جدول ۲- میزان کل ماده خشک تولید شده و کارایی مصرف نور (RUE) گندم و چغندر قند در کشت خالص و مخلوط‌های تأخیری
Table 2- The total amount of dry matter and radiation use efficiency (RUE) in monoculture and delayed mixed wheat and sugar beet

تیمار Treatment	کارایی مصرف نور Light use efficiency (g MJ ⁻¹)		کل ماده خشک Total dry matter (g m ⁻²)		مجموع ماده خشک Total dry matter (g m ⁻²)
	چغندر قند	گندم	چغندر قند	گندم	
کشت خالص Monoculture	2.32	1.4	2063	1000	3063
مخلوط ۳:۱ Mixed 3: 1	1.44	1.5	1213	970	2183
مخلوط ۳:۲ Mixed 3: 2	1.74	1.49	1452	945	2457
مخلوط ۴:۲ Mixed 4: 2	2.38	1.65	1942	1055	2997
مخلوط ۶:۲ Mixed 6: 2	1.93	1.52	1555	980	2532





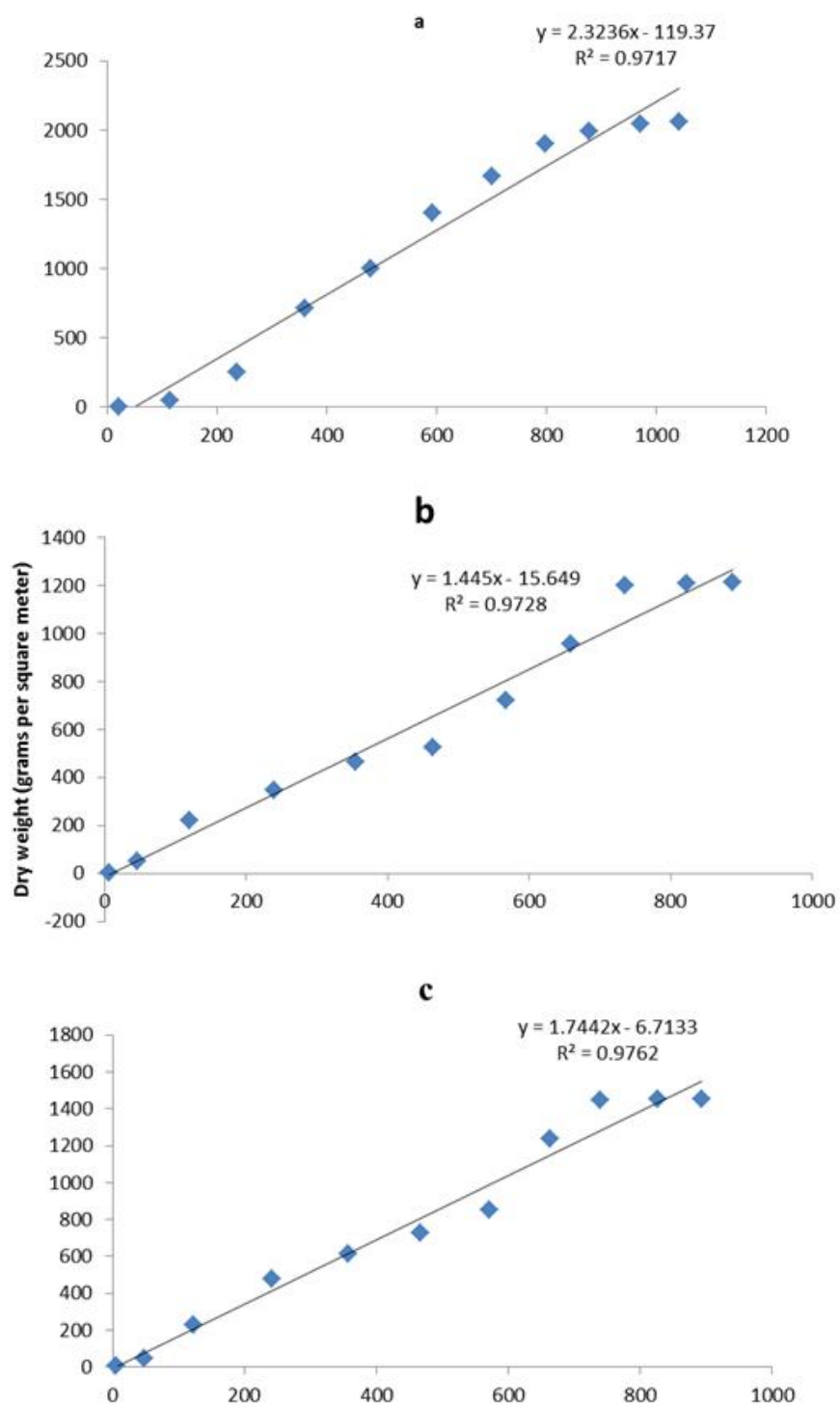
شکل ۴- رابطه ماده خشک تولیدی و تشعشع دریافتی گندم در کشت خالص (a)، مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر قند: گندم

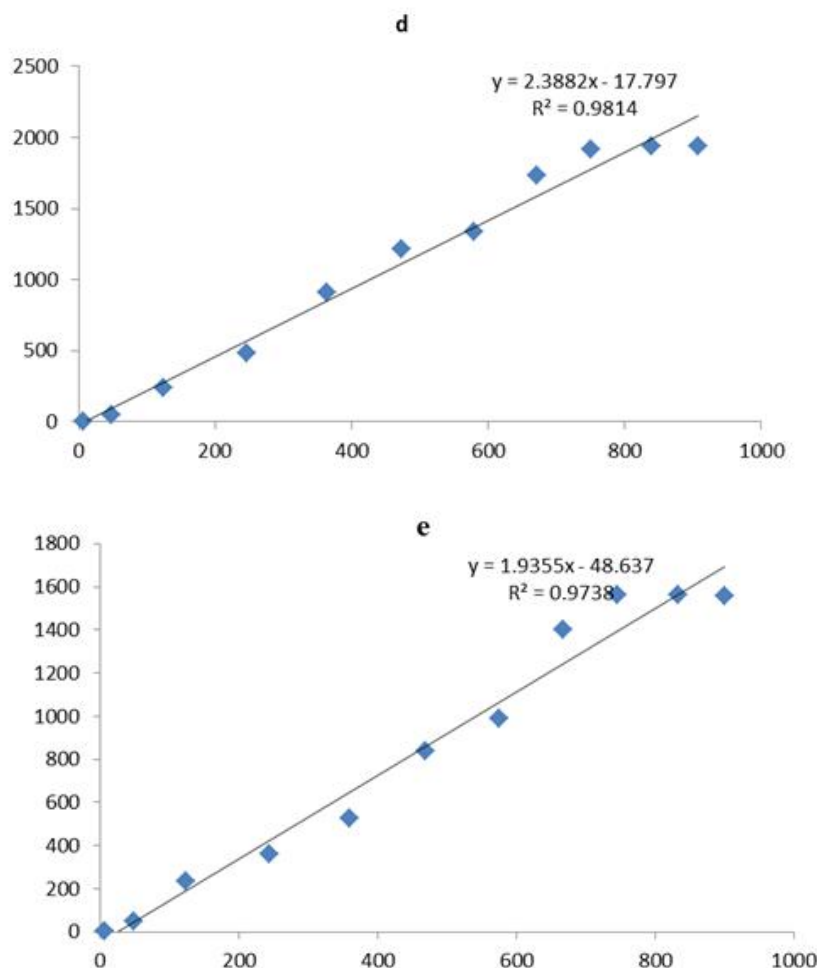
Figure 4- Relationship between dry matter and radiation wheat pure cultures any (a) delay mixture 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet: wheat

عملکرد دانه گندم

کشت خالص و مخلوط (۴:۲) گندم دارای بالاترین عملکرد دانه (۳۸۴ و ۴۰۳ گرم در مترمربع) بود. کم‌ترین مقدار عملکرد دانه گندم مربوط به کشت مخلوط نواری سه ردیف گندم و دو ردیف چغندر قند با ۳۲۵ گرم در متر مربع بود. عملکرد گندم در کشت خالص با مخلوط‌های ۱:۳، ۲:۴ و ۲:۶ تفاوت معنی‌داری نداشتند که، به‌نظر می‌رسد که فاصله کشت بین دو گیاه روی عملکرد تأثیر داشته است، همچنین زمانی که تعداد ردیف‌های گندم بیش‌تر شده است و به سمت تک‌کشتی رفته است، عملکرد افزایش داشته است و سیستم کشت ۲:۴ بهترین عملکرد را داشت، زیرا دارای فاصله کشت مناسب بین گندم و چغندر قند و تعداد ردیف مناسب برای گندم داشته است (شکل ۶). Zhang *et al*, 2008 نیز در آزمایشی، کشت مخلوط

تأخیری گندم و پنبه گزارش کردند که کشت خالص گندم بیش‌ترین عملکرد و نسبت ۳ به ۱ گندم/پنبه به نسبت دیگر ترکیب‌های کشت آن (۲/۳، ۲/۴ و ۲/۶) عملکرد بیش‌تری داشت. در آزمایش دیگری Nasiri Mohalati *et al*, 2000 گزارش کردند که در کشت مخلوط ۲/۳ گندم و ذرت بالاترین عملکرد گندم به‌دست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد، احتمالاً به‌دلیل نوع گیاه همراه می‌باشد. زیرا ذرت از نظر کانوپی و سیستم رشدی با چغندر قند متفاوت می‌باشد.





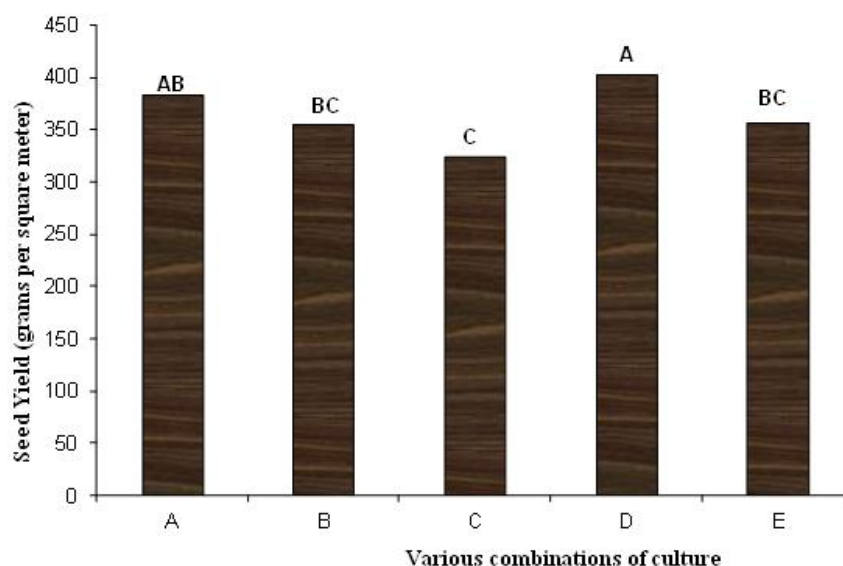
شکل ۵- رابطه ماده خشک تولیدی و تشعشع دریافتی چغندر قند در کشت خالص هر گونه (a) و مخلوط‌های تأخیری ۳:۱ (b)، ۳:۲ (c)، ۴:۲ (d) و ۶:۲ (e) چغندر قند: گندم

Figure 5- Relationship between dry matter and radiation sugar beet cropping any (a) delay mixture 3: 1 (b), 3: 2 (c), 4: 2 (d) and 6: 2 (e) of sugar beet: wheat

چغندر قند و گندم و بسته بودن کانوپی و سایه اندازی در زمان کشت چغندر قند، این گیاه دوره رشد کندی داشته است و تا زمان برداشت گندم نتوانسته است کانوپی خود را گسترش دهد. پس از برداشت گندم، ابتدا کانوپی را گسترش و سپس شروع به ذخیره مواد در ریشه کرده است، ولی در این مدت زمان نتوانسته است سرعت رشد بالای ابتدای فصل را جبران کند و نسبت به سایر کشت‌های مخلوط و کشت خالص کاهش عملکرد چشم‌گیری داشته است.

عملکرد ریشه چغندر قند

بین الگوهای مختلف کشت مخلوط تأخیری و کشت خالص در مورد عملکرد چغندر قند اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار کشت خالص چغندر قند (۶۶ تن در هکتار) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار مخلوط تأخیری سه ردیف گندم و یک ردیف چغندر قند (۳۴/۴ تن در هکتار) کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۷). اثر ترکیب‌های مختلف کشت ذرت و لوبیا اثر معنی‌داری بر عملکرد لوبیا ($p < 0.05$) داشت و با جابه‌جایی از کشت‌های خالص به سمت مخلوط از عملکرد لوبیا به میزان ۳۶ درصد کاسته شد (Koocheki *et al.*, 2009). در این مطالعه نیز به نظر می‌رسد که در ترکیب ۱:۳ گندم و چغندر قند به دلیل فاصله کم بین ردیف‌های



شکل ۶- اثر ترکیب های مختلف کشت مخلوط تأخیری چغندر قند و گندم بر عملکرد دانه گندم

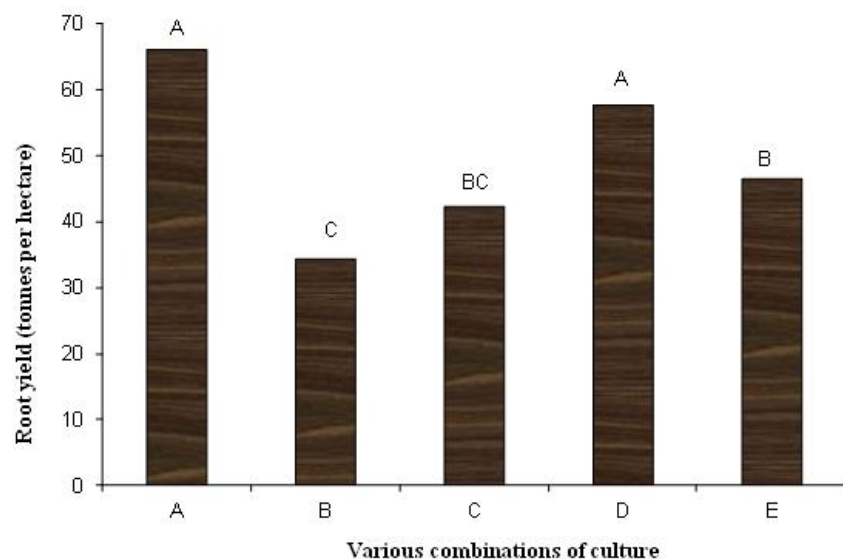
a: کشت خالص گندم، b: مخلوط های تأخیری ۱:۳، c: ۲:۳، d: ۲:۴ و e: ۲:۶ چغندر قند: گندم.

* میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6- relay intercropping effects of different combinations of sugar beet and wheat on wheat grain yield

A: sole cropping wheat, B: delayed mixtures 3: 1, C: 3: 2, D: 4: 2 and E: 6: 2 beet wheat.

*Average common letters are significant differences with Duncan's multiple range test at the 5% level whatsoever.



شکل ۷- اثر ترکیب های مختلف کشت مخلوط تأخیری چغندر قند و گندم بر عملکرد ریشه چغندر قند

A: کشت خالص چغندر قند، B: مخلوط های تأخیری ۱:۳، C: ۲:۳، D: ۲:۴ و E: ۲:۶ چغندر قند: گندم.

* میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7- Effects of different combinations of sugar beet and wheat relay intercropping on the yield of sugar beet roots

A: sole cropping sugar beet, B: mixtures delayed 3: 1, C: 3: 2, D: 4: 2 and E: 6: 2 beet wheat.

* Average of common letters differ significantly according to Duncan's multiple range test at the 5% level are not.

نتیجه گیری

کشت مخلوط تأخیری گندم به عنوان گیاه زمستانه و چغندر قند به عنوان گیاه بهاره می تواند کاربرد زیادی داشته باشد. در این آزمایش کارایی مصرف نور به طور چشم گیری در تمام تیمارهای مخلوط افزایش داشته است. سیستم آب و هوایی متنوع و میزان نور متفاوت در طول فصل، در سرتاسر ایران می تواند کمک زیادی به این روش کشت نماید، تا مشکل دوره زمانی بین برداشت گندم و کاشت چغندر قند را کاهش دهد. بنابراین، با استفاده از توسعه کانوپی در

ابتدای فصل رشد در زمان حداکثر میزان تشعشع خورشیدی بیشترین استفاده از نور را داشته باشد و خیلی از مناطق را برای کشت چغندر قند در ابتدای فصل رشد مطلوب نماید و دوره رشدی آن را افزایش دهد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۱۶۱۸۱/۲ مصوب ۱۳۸۹/۹/۱۶ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می شود.

References

1. Acreche, M. M., and Slafer, G. A. 2009. Grain weight, radiation interception and use efficiency as affected by sink-strength in Mediterranean wheats released from 1940 to 2005. *Field Crops Research* 110(2): 98-105.
2. Zhang, L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J. H. J. 2007. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. *Field Crops Research* 103(3): 178-188.
3. Ghaemi, A. 2002. Physiological and morphological indices effective in increasing the yield and quality of sugar beet. *Dissertations*. College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
4. Goudriaan, J., and Monteith, J. L., 1990. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. *Annals of Botany* 66(6): 695-701.
5. Jaggard, K., and Clark, C. 2000. Growth of sugar beet crops in 1999. *British Sugar Beet Review* 68(1): 6-11.
6. Jahan, M. 2004. Ecological aspects of intercropping chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) and marigold (*Calendula officinalis* L.) with manure. Master thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
7. Jahani, M., Kochaki, A., and Nasiri Mohalati, M. 2008. Evaluation of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentils (*Lens culinaris*) in low-input agricultural systems. *Iranian Journal of Crop Research*, 6 (1): 67-78. (In Persian with English Abstract).
8. Jahansooz, M. R., Yunusa, I. A. M., Coventry, D. R., Palmer, A. R., and Eamus, D. 2007. Radiation- and water-use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops. *European Journal of Agronomy* 26(3): 275-282. (In Persian with English Abstract).
9. Kemanian, A. R., Stockle, C. O., and Huggins, D. R. 2004. Variability of barley radiation use efficiency. *Crop Science* 44: 1662-1672.
10. Kochaki, A., and Khlqany, J. 1988. Sustainable agriculture in temperate regions of Mashhad University Press, 580 p. (In Persian).
11. Kochaki, A. 1997. Sustainable Agriculture, insight or method? *Journal of Agricultural Economics and Development*, 2 (20): 72-53. (In Persian with English Abstract).
12. Kochaki, A., Gholami, A., Mahdavi Damghan, A., and Tabriz, L. 2005. Principles of organic agriculture. Press Ferdowsi University of Mashhad. 385 p. (In Persian).
13. Kochaki, A., Hosseini, M., and Hashemi, A. 1995. Sustainable Agriculture Jihad University of Mashhad, 118: 6-28.
14. Kochaki, A., Lalegani, B., and Najib Nia, S. 2009. Evaluation of intercropping beans and corn production. *Iranian Journal of Crop Research* 7 (2): 605- 614. (In Persian with English Abstract).
15. Lecoer, J., and Ney, B. 2003. Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. *European Journal of Agronomy* 19(1): 91-105.
16. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Rengel, Z., and Yang, S. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping II. Recovery or compensation of maize and soybean after wheat harvesting. *Field Crops Research* 71(3): 173-181.
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 interaction on nutrients, *Field Crops Research* 71(2): 123-137.
18. Mandel, B. K., Das, D., Saha, A., and Mohasin, M., 1996. Yield advantage of wheat (*Triticum aestivum*) and ckpea (*Cicer arietinum*) under different spatial arrangements in intercropping. *Indian. Journal of Agronomy*

- 41(1): 17-21.
19. Milford, G. F. J., Travis, K. Z., Pockock, T. O., Jaggard, K. W., and Day, W. 1988. Growth and dry matter partitioning in sugar beet. *The Journal of Agricultural Science* 110(2):301-308.
20. Nasiri Mohalati, M., Kochaki, A., and Jahan, M. 2011. Light absorption and use efficiency in winter wheat cropping and relay intercropping and crop research. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(6): 878-890. (In Persian with English Abstract).
21. O'Connell, M. G., O'Leary, G. J., Whitfield, D. M., and Connor, D. J. 2004. Interception of photosynthetically active radiation and radiation use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. *Field Crops Research* 85(2-3): 111-124.
22. Olesen, J. E., Berntsen, J., Hansen, E. M., Petersen, B. M., and Petersen, J. 2002. Crop nitrogen demand and canopy area expansion in winter wheat during vegetative growth. *European Journal of Agronomy* 16(4): 279-294.
23. Padhi, A. K., Sahoo, B. K., and Das, K. C. 1993. Production potential, economic and energetics of upland cotton (*Gossypium hirsutum*)-based intercropping systems under upland, rain-fed situation. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63(3): 160-165.
24. Rajcan, I., and Swanton, C. J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research* 71(2): 139-150.
25. Rinaldi, M., and Vonella, A.V. 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in southern Italy: water and radiation use efficiency. *Field Crops Research* 95(2-3): 103-114.
26. Scott, R.K., and Jaggard, K.W. 2000. Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugar beet grown in UK since 1970. *The Journal of Agricultural Science* 134(4): 341-352.
27. Sinclair, T. R., and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A Review. *Crop Science* 29: 90-98.
28. Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research* 71(1): 17-29.
29. Van der Meer, J. 1989. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, New York, p. 237.
30. Webb, C. R., Werker, A. R., and Gilligan, C. A. 1997. Modelling the dynamical components of sugar beet crop. *Annals of Botany* 80(4): 427-436.
31. Werker, A. R., and Jaggard, K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology* 89(3-4): 229-240.
32. Zhang, L., van der Werf, W., Bastiaans, L., Zhange, S., Li, B., and Spiertz, J. H. J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research* 107(1): 29-42.



Evaluation of Yield and Radiation Use Efficiency of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Relay Intercropping

A. Koocheki^{1*} - M. Nasiri Mahallati¹ - H. Zarghani² - A. Norooziyan³

Received: 08-04-2012

Accepted: 29-12-2015

Introduction

Intercropping plays an important role in agriculture because of beneficial interactions. Intercropping of legumes and cereals is an old practice in tropical agriculture dating back to ancient civilization. Cereals and other plant intercrops could substantially increase forage quantity and quality and decrease the requirement for protein supplements. Intercropping of cereals and other plants is important for development of sustainable food production systems. This may be due to some of the potential benefits of intercropping systems such as high productivity and profitability, improvement of soil fertility, efficient use of resources, reducing damage caused by pests, diseases and weeds and improvement of forage quality. The main advantage of intercropping is more efficient utilization of the available resources and the increased productivity compared to sole crops of the mixture. Therefore, this experiment was conducted to evaluate agronomic characteristics of wheat and Land Equivalent Ratio (LER) under relay intercropping with sugar beet.

Materials and Methods

In order to evaluate radiation use efficiency (RUE), yield and dry matter accumulation in winter wheat relay intercropping and sugar beet, a field experiment was conducted at Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2012 growing season, using a completely randomized block with four replications. The experimental treatments included four treatments intercropping ratios of rows: 3: 1, 3: 2, 4: 2, 6: 2 (beet and wheat) with monocropping beet and monocropping wheat (sole crops), comprised the experimental factors.

Results and Discussion

The results of this experiment showed that the effects of intercropping were significant for many study traits. Also, the results showed that during the growing season, leaf area index, radiation crossing the canopy, radiation use efficiency, the amount of dry matter production and yield per unit area were affected by intercropping. The highest yield of wheat was observed in the intercropping treatments 4: 2 (1942 g.m⁻²) and the highest dry matter of beet sugar was obtained in monoculture (2063 g.m²). Highest radiation use efficiency of wheat and sugar beet) was observed in treatment 4: 2 (65.1 and 38.2), respectively.

Conclusions

In general, results showed that maize-peanut intercropping could be profitable due to use of the available resources. It can be concluded that intercropping was more efficient than sole cropping especially this is the way to make better use of resources and increase efficiency compared with sequential planting species.

Keywords: Radiation absorb, Radiation use efficiency, Relay intercropping, Yield

1, 2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3, 4- Phd Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

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



تأثیر سه گونه قارچ میکوریز بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم سیب زمینی تحت تنش خشکی در شرایط کنترل شده

سعید خانی نژاد^۱ - حمیدرضا خزاعی^{۲*} - جعفر نباتی^۳ - محمد کافی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۰

چکیده

در سال‌های اخیر کمبود بارندگی یکی از مشکلات در حال افزایش در بسیاری از کشورهای جهان بوده که تولید محصولات کشاورزی را محدود ساخته است. یکی از راهکارهای مناسب در کشاورزی برای مقابله با تنش خشکی، برقراری رابطه هم‌زیستی در برخی گیاهان با قارچ‌های میکوریزی می‌باشد. در این راستا مطالعه‌ای به منظور بررسی تأثیر سه گونه قارچ میکوریزایی (*Glomus intraradices*، *Glomus mosseae* و *Glomus fasciculatum*) بر دو رقم سیب زمینی (آگریا و فونتانه) در شرایط تنش خشکی و بدون تنش (شاهد) در سال ۱۳۹۱ و در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد غده، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی شد. رقم فونتانه نسبت به آگریا عملکرد و تعداد غده بالاتری داشت. کاربرد قارچ‌های میکوریز سبب افزایش بیوماس، سطح برگ و عملکرد تک بوته در شرایط تنش و غیر تنش شد. قارچ *G. fasciculatum* نسبت به سایر گونه‌ها تأثیر مثبت بیش‌تری بر صفات مورد مطالعه ارقام سیب زمینی داشت. در رقم فونتانه و آگریا قارچ *G. fasciculatum* به ترتیب با ۱۷۷ و ۱۳۸ گرم وزن غده بالاترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. تیمار شاهد در شرایط تنش و بدون تنش نسبت به تیمارهای قارچی کم‌ترین مقدار را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: آگریا، تعداد غده، فلورسانس کلروفیل، فونتانه، وزن غده

مقدمه

به طوری که از بین عوامل مختلف ایجادکننده تنش (زنده و غیرزنده)، عامل خشکی به تنهایی مسبب ۴۵ درصد از کاهش عملکرد محصولات زراعی بوده است (Belhassen, 1997). تنش خشکی می‌تواند از یک یا چند فعالیت فیزیولوژیکی مانند تعرق، فتوسنتز، رشد بافت، اندام و یا فعالیت‌های آنزیمی سلول مانع نموده و یا حتی باعث توقف آن شود. خسارت ناشی از کمبود آب موجب کاهش تولید در اثر تأخیر یا عدم استقرار گیاه، تضعیف و یا از میان رفتن گیاهان مستقر شده، مستعد شدن گیاه به حمله آفات و بیماری‌ها، تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در سوخت‌وساز گیاهان و کاهش کیفیت محصول گیاهان زراعی می‌گردد (Song, 2005). در حال حاضر نیز ایران با متوسط نزولات سالانه ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک جهان قرار دارد. با توجه به کم بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن در ایران، کشور ما در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (Kouchaki, 1988).

در چند دهه اخیر، کشاورزی بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشم‌گیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، مورد توجه قرار گرفته است (Sharma, 2002) و می‌تواند در شرایط تنش خشکی به عنوان یک راهکار مفید در جهت کاهش و تعدیل هرچه

بخش وسیعی از سرزمین‌های جهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک، با محدودیت آب مواجه می‌باشند. خشکی خطر جدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان است (Hanson and Hitz, 1982). طبق آمار موجود مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تقریباً ۴۴/۷ میلیون کیلومتر مربع را شامل می‌شود. تقریباً ۹۰ درصد مناطق خشک جهان در ۲۷ کشور از جمله ایران متمرکز شده است (Hanson and Hitz, 1982). در میان تنش‌های غیرزنده‌ای که گیاهان با آن روبرو می‌شوند، تنش خشکی در اکثر مناطق دنیا از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در گسترش و زادآوری گیاهان در سیستم‌های طبیعی و کشاورزی شناخته شده است.

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) - نویسنده مسئول: Email: khazaei41@yahoo.com

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.21993

موجب کاهش عملکرد کل غده بدون توجه به شدت کمبود رطوبت خاک می گردد. بنابراین با توجه به اثرات تنش خشکی، این مطالعه با استفاده از قارچ های همزیست ریشه و به منظور ارزیابی میزان تحمل سیب زمینی به تنش رطوبتی و همچنین تولید آن حتی در شرایط مطلوب و تأثیر قارچ ها در این شرایط انجام شد.

مواد و روش ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۱ به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل دو رقم سیب زمینی آگria و فونتانه، سه گونه قارچ میکوریزایی (*Glomus intraradices*، *Glomus mosseae*) و *Glomus fasciculatum* (بدون کاربرد قارچ میکوریزایی) و دو سطح تنش خشکی (شاهد و تنش) بودند. تنش خشکی به صورت وزنی اعمال شد. در تیمار شاهد آبیاری زمانی انجام گرفت که ظرفیت زراعی خاک (FC^1) به ۸۰ درصد رسیده و آبیاری تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی انجام می شد. تیمار تنش نیز هنگامی که ظرفیت زراعی به ۶۰ درصد می رسید، آبیاری انجام شده و تا ظرفیت ۸۰ درصد ادامه می یافت. گیاهچه های استفاده شده حاصل کشت مرستم بوده که در محیط MS (Murashige and Skoog) (محیط کشت گیاهی در آزمایشگاه های کشت بافت) کشت بافت شده و عاری از ویروس بودند. کاشت سیب زمینی در گلدان های ۱۰ کیلو گرمی در بستر خاک-شن به نسبت (۱-۲/۵) که به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد در اتوکلاو استریل شده بود انجام شد. در هر گلدان دو گیاهچه کشت شد بعد از استقرار کامل گیاه در خاک فقط یک گیاهچه در گلدان حفظ گردید. تیمار قارچ به همراه کاشت و به میزان ۱۰۰ گرم مخلوطی از مایه تلقیح شامل قطعات ریشه میکوریزی ذرت (*Zea mays*)، خاک و اندام فعال قارچی (اسپور و هیف) که از مجاورت ریشه گیاه ذرت طی دوره رویشی چهار ماهه تهیه شده بودند، در محیط ریشه اعمال شد. شرایط محیطی رشد در گلخانه با طول دوره ۱۳ ساعت روشنایی و ۱۱ ساعت تاریکی و دمای روز 30 ± 2 و شب 26 ± 2 درجه سانتی گراد و رطوبت ۶۰ درصد بود. به منظور استقرار بهتر گیاهان خاک دهی در دو نوبت انجام شد. میزان آب دریافتی به هر گلدان بر اساس وزن جدید گلدان ها محاسبه شد. برای مبارزه با آفات از سم کنفی دور (به نسبت ۲/۵ در هزار) و دیازینون (به نسبت ۱/۵ در هزار) و مبارزه با شته و مگس سفید از متاسیستوکس (به نسبت یک در هزار) استفاده شد. پس از ۹۰ روز گیاهان از سطح خاک برداشت شدند. قبل از برداشت ارتفاع هر بوته اندازه گیری شده و

بیش تر اثرات تنش روی اکثر گیاهان زراعی مطرح باشد چراکه گونه های همزیست با گیاه، با تقویت سیستم ریشه گیاه سبب مقاومت و کاهش اثرات تنش می شوند (Auge, 2001). یکی از گونه های همزیست، قارچ های میکوریزایی هستند که این قارچ ها می توانند رشد را بهبود داده و سبب فراهمی بیش تر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک شوند و با توجه به اثر تعدیل کنندگی آن ها نقش مهمی در شرایط تنش ایفا می کنند (Auge, 2001). قارچ های میکوریزایی به لحاظ بهبود توانایی گیاه در جذب مواد غذایی، تعادل یون، حفظ فعالیت آنزیم، افزایش غلظت کلروفیل و افزایش سطح تماس ریشه با خاک، خطرات ناشی از تنش را کاهش داده و باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش های زیستی و غیرزیستی می شوند (Al-Karaki, et al, 2004). هیف های قارچ سطح جذب کلی گیاهان تلقیح شده را افزایش داده و یا با افزایش دسترسی گیاهان آلوده به عناصر غذایی در منطقه دورتر ریشه گیاه می شود و عملاً حجم خاک مورد جستجو برای عناصر غذایی را افزایش داده و عناصر بیش تری را جذب می کند (Al-Karaki, and Hammad, 2001). به علاوه تحمل گیاهان به خشکی را از طریق بهبود جذب آب و پتانسیل آماس برگ، کنترل منافذ روزنه ای و تعرق، افزایش طول و عمق ریشه و توسعه هیف های انتهایی افزایش می دهد (Vamerli, et al, 2003). نتایج تحقیق روی گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه های گیاهان میکوریزایی بیش تر از گیاهان غیر میکوریزایی است، این موضوع در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه های میکوریزایی می باشد. هدایت آبی نیز در واحد طول ریشه ۲ تا سه برابر افزایش نشان می دهد. برگ های گیاهان میکوریزایی دارای مقاومت کمتری به انتشار بخار آب هستند و همچنین سطح آن ها در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی افزایش نشان می دهد (Zhang et al, 2006).

سیب زمینی از منابع با ارزش تامین غذای بشر به خصوص در کشورهای در حال توسعه است. این گیاه یکی از پرتولیدترین محصولات کشاورزی بوده و تقریباً در هر هکتار دو برابر برنج و گندم محصول تولید می کند (Opena and Porter, 1999). تولید سالانه بیش از پنج میلیون تن سیب زمینی در کشور، این محصول را در ردیف مهم ترین مواد غذایی قابل مصرف بعد از گندم قرار داده است (Rezaie and Soltani, 1996). سیب زمینی به کمبود رطوبت خاک بسیار حساس می باشد این مورد به دلیل سیستم ریشه ای محدود و کم عمق آن می باشد، زیرا تقریباً ۸۵ درصد از طول ریشه این گیاه در لایه ۳۰ سانتی متری بالای سطح خاک قرار گرفته است (Onder et al, 2005). شدت، زمان و مدت کمبود رطوبت خاک در طی مراحل مختلف رشد سیب زمینی بر عملکرد این گیاه تأثیر گذار است (Nadler and Heuer, 1995). در این ارتباط King et al, 2003 بیان کردند که کمبود رطوبت خاک در طی اواسط و اواخر غده بندی سیب زمینی

توسعه یافته) روی سه بوته انتخاب و محتوای نسبی کلروفیل و فلورسانس کلروفیل آن‌ها توسط دستگاه قرائت شد. پس از برداشت، سطح برگ بوته‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، اندام هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس غده‌های داخل هر گلدان شمارش و جداگانه وزن شدند. داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab 16 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

محتوای نسبی کلروفیل بر اساس اسپد (Mintola Reading SPAD-502, Japan PAM-101-103.H. Walz. Effeltrich, Germany) اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی اثر تنش خشکی بر سیستم فتوسنتزی گیاه از پارامترهای کلیدی فلورسانس کلروفیل استفاده زیادی شده است. هم‌چنین این تکنیک یک ابزار مفید و غیرتخریبی جهت ارزیابی وضعیت فتوشیمیایی گیاه می‌باشد و مدت‌زمان لازم برای اندازه‌گیری آن در شرایط مزرعه کوتاه است (Malakouti *et al.*, 2005). بدین‌منظور سه برگ همسان (جوان‌ترین برگ کاملاً

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده دو رقم سیب‌زمینی تحت تأثیر قارچ‌های میکوریزایی در شرایط تنش خشکی
Table 1- Comparing the average of features in two potato cultivars affected by mycorrhizal fungi in drought stress

وزن خشک	میانگین	میانگین	عملکرد	عملکرد	فلورسانس	سطح برگ	ارتفاع	ارقام
اندام هوایی	وزن غده	تعداد غده	غده	عدد اسپد	کلروفیل	Leaf area	Height	
Shoot dry weight (g)	Average weight of (g) tuber	Average number of tubers	Tuber yield (g)	Spad number	Chlorophyll fluorescence yield	(cm ²)	(cm)	
5.4	28	3.0	82	44	640	725	68	آگریا
9.0	31	4.2	129	40	652	1852	63	فونتانه
0.5	4.1	0.7	16.6	3.1	8.3	226	3.2	LSD
8.0	33	4.0	130	40	669	1479	70	شاهد (S ₁)
6.3	25	3.2	81	45	660	1063	62	تنش (S ₂)
0.4	4.6	0.7	11.6	1.9	10.3	274	2.4	LSD
4.6	24	3.1	75	44	633	945	53	control
7.3	35	3.5	123	41	630	1407	66	<i>G. mosseae</i>
8.3	28	3.6	104	42	637	1267	68	<i>G. intraradices</i>
8.5	32	3.8	120	40	643	1464	76	<i>G. fasciculatum</i>
0.5	4.8	0.8	13.3	4.3	10.6	289	3.6	LSD

مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

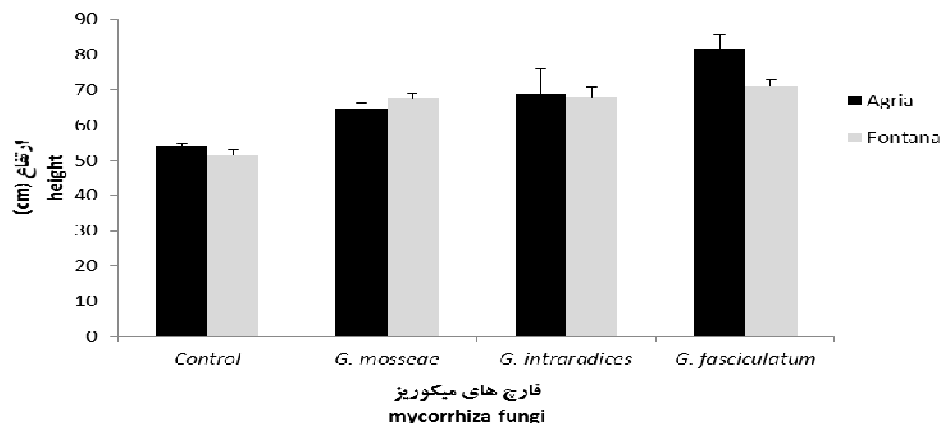
The averages comparison due to LSD test in 5% level.

نتایج و بحث

ارتفاع

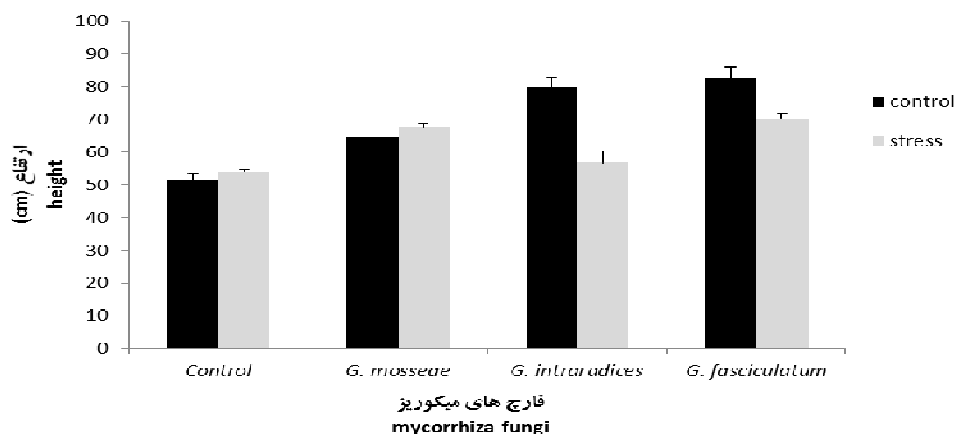
نتایج نشان داد که رقم آگریا با ۳۶ سانتی‌متر ارتفاع نسبت به رقم فونتانه هشت درصد افزایش داشت که این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۱). در بین قارچ‌ها، تیمار شاهد با ۵۳ سانتی‌متر کم‌ترین و قارچ

G. fasciculatum با ۷۶ سانتی‌متر بالاترین ارتفاع را دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۱). تنش خشکی نیز سبب کاهش ۱۱ درصدی و معنی‌دار ارتفاع بوته‌های سیب‌زمینی شد (جدول ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ های میکوریزایی و رقم های سیبزمینی بر ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی
میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 1- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and potato cultivars on plant height in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ های میکوریزایی و تنش خشکی بر ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی
میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 2- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and drought stress on plant height in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.

در تیمار شاهد و *G. mosseae* اختلاف معنی داری بین سطوح تنش خشکی و شاهد وجود نداشت. اما گونه های *G. intraradices* و *G. fasciculatum* در شرایط تنش به ترتیب با ۳۰ و ۱۵ درصد کاهش ارتفاع نسبت به تیمار شاهد مواجه شدند. به نظر می رسد گونه *G. fasciculatum* در هر دو شرایط شاهد و تنش توانسته است تأثیر بیش تری بر ارتفاع گیاه داشته باشد (شکل ۲). یکی از اولین نشانه های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه

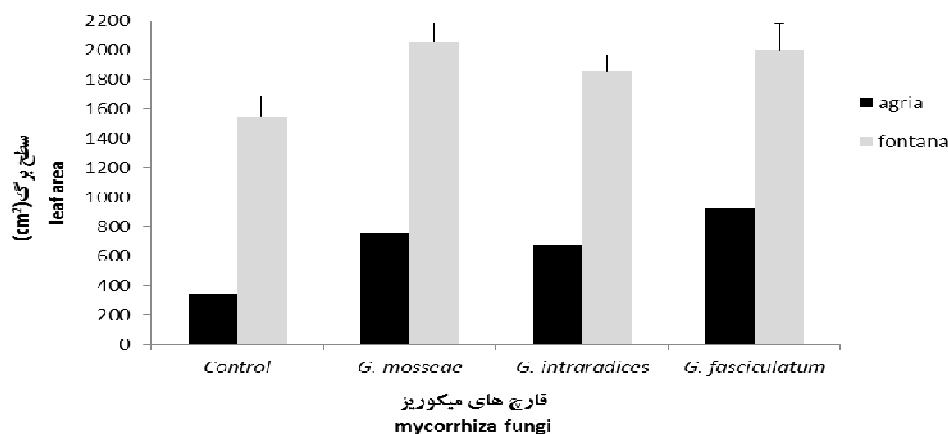
اثر متقابل رقم و قارچ نشان داد که در تمامی تیمارهای میکوریزایی به جز گونه *G. fasciculatum* در بین دو رقم سیبزمینی از نظر صفت ارتفاع اختلاف معنی داری مشاهده نشد، اما در رقم آگریا با *G. fasciculatum* ۸۲ سانتی متر ارتفاع نسبت به تمامی تیمارها اختلاف معنی دار داشت. در هر دو رقم سیبزمینی بین قارچ های *G. mosseae* و *G. intraradices* از نظر ارتفاع اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۱). نتایج اثرات متقابل تنش و قارچ نشان داد که

استفاده از قارچ میکوریز موجب افزایش رشد رویشی گیاهان در شرایط تنش خشکی نسبت به گیاهان بدون قارچ شده است. در نتایج این آزمایش نیز تیمارهای بدون مصرف قارچ کمترین رشد رویشی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

سطح برگ

سطح برگ رقم فونتانه ۲/۵ برابر رقم آگریا بود که در سطح پنج درصد معنی دار بود. سطح برگ در تیمار تنش نیز با کاهش معنی دار ۲۸ درصدی، به ۱۴۰۷ سانتی متر مربع رسید. در بین قارچ‌ها، گونه‌های *G. mosseae* و *G. fasciculatum* به ترتیب با ۱۴۶۴ و ۱۴۰۷ سانتی متر مربع بالاترین مقدار سطح برگ را به خود اختصاص دادند و تیمار شاهد با ۹۴۵ سانتی متر مربع کمترین سطح برگ را دارا بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی داری نیز داشت (جدول ۱).

کاهش رشد و توسعه سلول به خصوص در ساقه و برگ‌هاست. رشد سلول حساس‌ترین فرآیندی است که به وسیله تنش آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با کاهش رشد سلول اندازه‌ی اندام محدود می‌شود، به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه‌ی کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (Hsiao, 1973). گزارش شده است که تنش رطوبتی مانع رشد و طول شدن ساقه سیب‌زمینی می‌گردد (Khorshidi Benam et al, 2001). Liu et al, 2004 گزارش کردند که رشد رویشی گیاه سویا در شرایط خشکی تیمار با قارچ‌های میکوریزایی نسبت به گیاهان بدون تیمار بیش‌تر می‌باشد. هم‌زیستی میکوریزایی اغلب منجر به تغییر سرعت حرکت آب در خارج و داخل گیاهان میزبان شده و روی ارتفاع گیاه تأثیر دارد که با نتایج این آزمایش هم مطابق بود (Auge, 2001). بنابر گزارش Gupta et al, 2002 نیز تلقیح گیاه نعنای (*Mentha arvensis*) با قارچ میکوریزایی به‌طور قابل توجهی ارتفاع بوته را افزایش داد. Cruz and Husain, 2008 گزارش کردند که



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ‌های میکوریزایی و رقم‌های سیب‌زمینی بر سطح برگ گیاه در شرایط تنش خشکی

میله‌های روی هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 3- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and potato cultivars on leaf area in drought stress

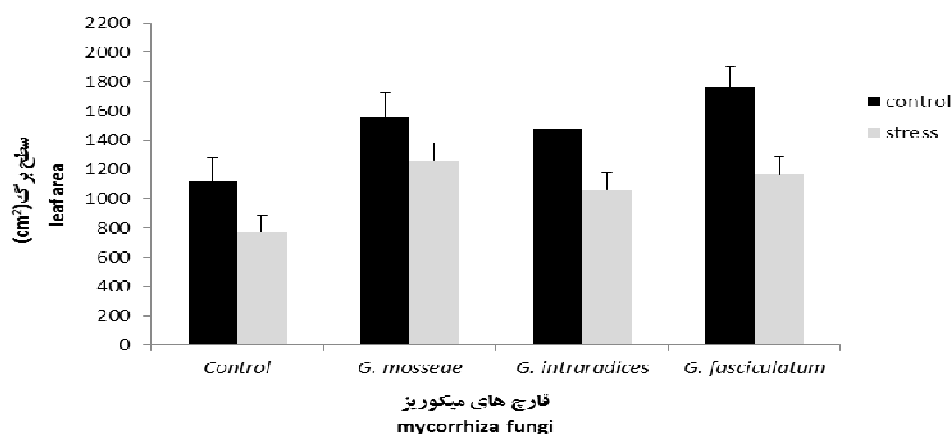
The bars of each column indicates standard errors.

را دارا بود اما قارچ *G. mosseae* توانست در تیمار تنش خشکی با ۱۲۵۸ سانتی متر مربع سطح برگ بالاتری را داشته باشد (شکل ۴). کاهش رشد سلول‌ها در اثر کم آبی، در درجه‌ی اول باعث کاهش رشد برگ می‌گردد. به علاوه در شرایط کم‌آبی جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه‌ی برگ‌ها محدود می‌شود. با کاهش سطح برگ، گیاه آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد، بنابراین محدود شدن سطح برگ را می‌توان به عنوان اولین سازوکار دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت (Blum, ۲۰۰۹).

اثر متقابل بین رقم و قارچ نیز نشان داد که در رقم فونتانه بین سه گونه قارچ اختلاف معنی داری وجود نداشت، اما تیمار شاهد با آن‌ها دارای اختلاف معنی دار بود. در رقم آگریا نیز این روند صادق بود با این تفاوت که در این رقم تیمار شاهد ۲۴ درصد و در رقم آگریا ۶۳ درصد نسبت به بالاترین تیمار قارچی کاهش نشان دادند (شکل ۳). اثرات متقابل تنش خشکی و قارچ نشان داد که در دو سطح تنش خشکی بین تمامی قارچ‌ها اختلاف معنی دار وجود داشت. گونه *G. fasciculatum* در تیمار شاهد با ۱۷۶۴ سانتی متر بالاترین سطح برگ

در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریز را می توان به افزایش سطح جذب عناصر غذایی نسبت داد (Harris, and Paul, 1987). طبق گزارش Demir, 2005 همزیستی با قارچ *G. intraradices* در گیاه فلفل (*Capsicum annum*) منجر به افزایش سطح برگ و میزان آبگیری بیش تر برگ ها شد. در تحقیق حاضر نیز همزیستی با قارچ میکوریز سطح برگ را در هر دو شرایط تنش و بدون تنش افزایش داد.

(1996). کاهش اندازه برگ از اولین تأثیرات تنش خشکی در سیبزمینی است (Shahnazari et al, 2007). کمبود آب تأثیر اندکی بر زمان ظهور برگ دارد اما به صورت قابل توجهی کل سطح برگ را از طریق کاهش گسترش و افزایش سرعت پیری برگ ها کاهش می دهد. همزیستی با قارچ های میکوریز می تواند میزان فتوسنتز را از طریق تغییرات مورفولوژیکی از قبیل افزایش در شاخص سطح برگ افزایش دهد (Blum, 1996). افزایش معنی دار سطح برگ



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ های میکوریزایی و تنش خشکی بر سطح برگ گیاه در بوته سیبزمینی در شرایط تنش خشکی میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 4- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and drought stress on leaf area in drought stress The bars of each column indicates standard errors.

می افزاید (Lu et al, 2002). گزارش شده است که در مقایسه با بسیاری از گیاهان زراعی دیگر بسته شدن روزنه های برگ سیبزمینی در مقدار کمتر پتانسیل ماتریک خاک رخ می دهد (Sadras and Rahimian et al, 2000). (Milroy, 1996) توت فرنگی های (*Fragaria sp*) میکوریزایی و غیرمیکوریزایی را در شرایط تنش خشکی و شاهد قرار داده و مشاهده کردند که نسبت F_v/F_m بین گیاهان تیمار شده و تیمار نشده با قارچ در تیمار شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت، اما در تیمار تنش خشکی گیاهانی که با قارچ تیمار شده بودند ۸۳ درصد کارایی فتوشیمیایی بالاتری نسبت به تیمار بدون قارچ داشتند. در آزمایش حاضر نیز می توان ماهیت لحظه ای این پدیده و تغییرات سریع نسبت F_v/F_m را در عدم معنی داری بین تیمارها مؤثر دانست.

عدد اسپد

عدد اسپد در رقم آگریا ۱۰ درصد بیش تر از رقم فوتانه بود که این

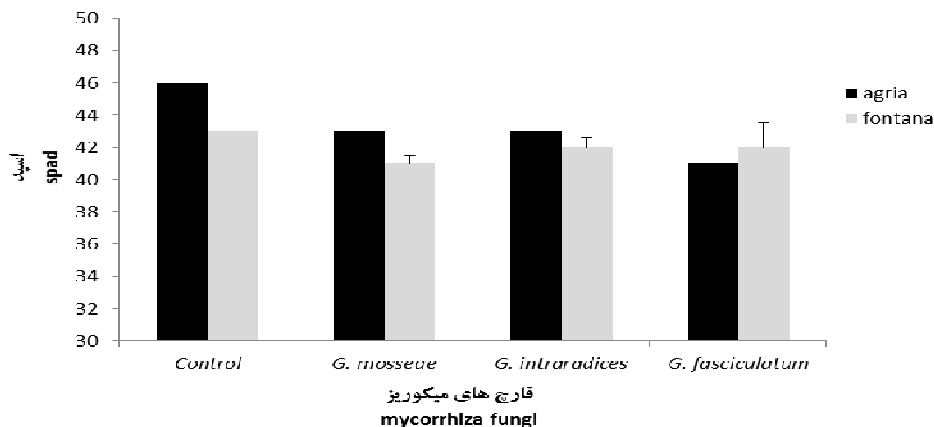
فلورسانس کلروفیل

نتایج نشان داد که عملکرد فلورسانس کلروفیل در رقم فوتانه نسبت به آگریا ۲ درصد افزایش داشت که این مقدار معنی دار بود. در بین سطوح تنش خشکی و شاهد با وجود بیش تر بودن عملکرد فلورسانس کلروفیل در تیمار شاهد نسبت به تنش خشکی اختلاف معنی داری بین دو سطح وجود نداشت. اختلاف در عملکرد فلورسانس کلروفیل قارچ های میکوریزایی و اثرات متقابل آن ها (داده ها نشان داده نشدند) با سایر تیمارها نیز معنی دار نبود در حالی که گونه *G. fasciculatum* بیش ترین عملکرد فلورسانس کلروفیل را به خود اختصاص داده بود (جدول ۱).

Basu et al, 1998 بیان کردند که به دلیل کاهش میزان فتوسنتز و افزایش دمای کانوپی عملکرد کوانتومی فتوسیستم II کاهش می یابد. درحقیقت راندمان شیمیایی فتوسیستم II به شدت تحت تأثیر میزان محتوی نسبی آب برگ قرار دارد (Cornic and Briantais, 1991). تأثیر خشکی بر فتوسیستم II موجب خسارت به واکنش های فتوشیمیایی شده و بر میزان بازدارندگی انتقال الکترون

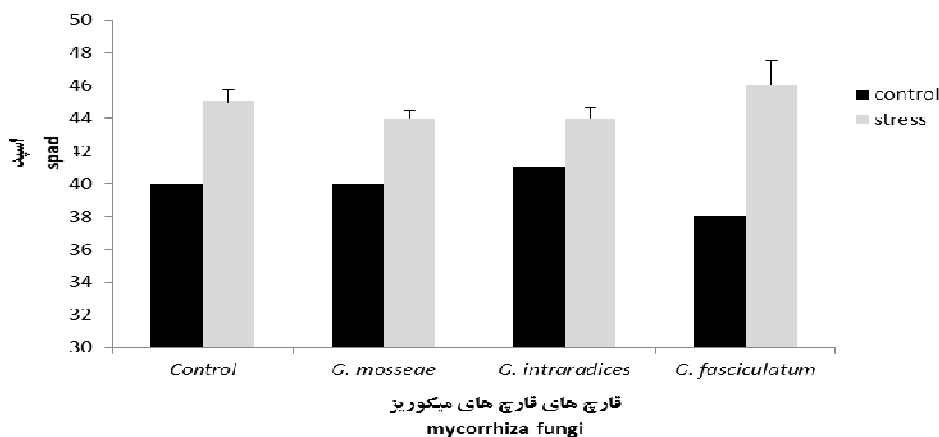
معنی داری مشاهده نشد با وجودی که تیمار بدون کاربرد قارچ با عدد اسپد ۴۴ بالاترین مقدار را داشت (جدول ۱).

اختلاف معنی دار بود. همین مقدار اختلاف معنی دار نیز در بین تیمارهای شاهد و تنش خشکی دیده شد که تیمار تنش خشکی مقدار بیش تری داشت. اما در بین قارچ ها از نظر این صفت تفاوت



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ های میکوریزی و رقم های سیب زمینی بر عدد اسپد گیاه در شرایط تنش خشکی میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 5- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and potato cultivars on spad number in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریز و تنش خشکی بر عدد اسپد سیب زمینی در شرایط تنش خشکی میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 6- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and drought stress on plant spad number in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.

تنش خشکی و شاهد بیش تر از سایر تیمارها بود. به طوری که عدد اسپد از ۴۶ در تیمار تنش خشکی به ۳۶ در تیمار شاهد این قارچ رسید. در بین سایر قارچ ها در دو سطح تنش و شاهد اختلافات تقریباً یکسان بود (شکل ۶).

عدد کلروفیل متر (اسپد) یک معیار کمی را از میزان تشعشع فعال

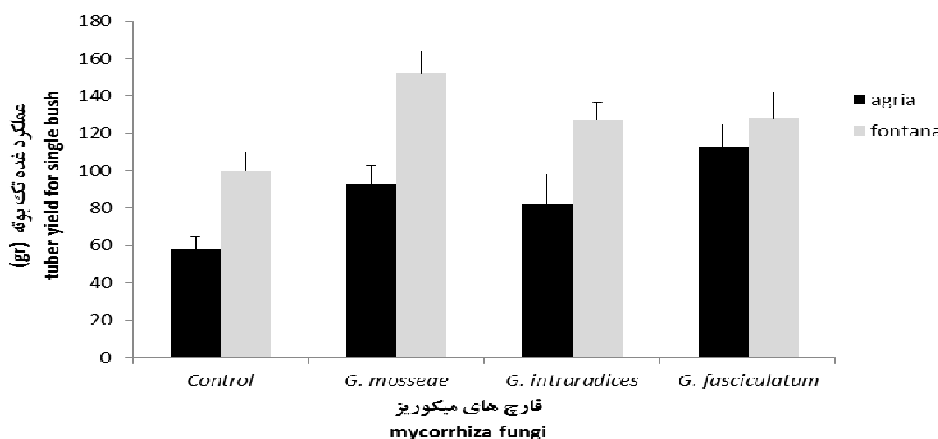
اثر متقابل رقم های سیب زمینی و قارچ ها بر عدد اسپد نشان داد که بالاترین مقدار در تیمار عدم کاربرد قارچ در هر دو رقم سیب زمینی مشاهده شد که در رقم آگریا این مقدار ۴۶ بود که با تیمارهای رقم فونتانه تفاوت داشت (شکل ۵). تنش خشکی نیز سبب افزایش عدد اسپد شد اختلاف این صفت در گونه *G. fasciculatum* در دو سطح

رنگ برگ رخ داده است. در تیمار بدون مصرف قارچ نیز ممکن است تأثیر تنش خشکی بیش‌تر از سایر تیمارها بوده و در نتیجه کلروفیل متر عدد بالاتری را نشان داده است.

عملکرد غده در تک بوته

از نظر وزن غده‌های تولید شده بین ارقام آگریا و فونتانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. رقم فونتانه با میانگین تولید ۱۲۹ گرم در هر بوته نسبت به رقم آگریا ۳۶ درصد افزایش تولید داشت. همین اختلاف در تیمار شاهد و تنش خشکی مشاهده شد. در بین گونه‌های مختلف قارچ نیز *G. fasciculatum* و *G. mosseae* به‌ترتیب با ۱۲۰ و ۱۲۳ گرم وزن غده با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند و تیمار بدون کاربرد قارچ با ۷۵ گرم تولید کم‌ترین مقدار را دارا بود (جدول ۱).

جذب شده توسط برگ به‌دست می‌دهد که به‌میزان غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ بستگی دارد. این شاخص به‌طور گسترده توسط محققان برای تخمین غلظت کلروفیل در گیاهان مختلف استفاده می‌گردد (Sairam et al, 2002). زیرا همبستگی مثبتی بین عدد کلروفیل متر و غلظت و تراکم کلروفیل در سطح برگ گزارش شده است (Songsri et al, 2009). نتایج آزمایش Oneill et al, 2006 نیز نشان داد که مقدار عدد کلروفیل متر در شرایط تنش رطوبتی به‌صورت معنی‌داری کمتر از تیمار آبیاری کامل بود. در مقابل Khazaei, 2003 بیان کرد که تنش خشکی در کل فصل رشد موجب افزایش عدد کلروفیل متر نسبت به تیمار شاهد در گندم شد. Al-Karaki et al, 2004 بیان کردند که قارچ‌های میکوریز می‌توانند غلظت کلروفیل را در تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش و تحمل گیاه را زیاد نمایند. بنظر می‌رسد افزایش عدد اسپد در این آزمایش دلیل کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت و در نتیجه تیره تر شدن



شکل ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ‌های میکوریزایی و رقم‌های سیب‌زمینی بر عملکرد غده در تک بوته در شرایط تنش خشکی

میل‌های روی هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 7- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and potato cultivars on tuber yield for single bush in drought stress

The bars of each column indicates standard errors.

مشاهده نشد، اما در تیمار شاهد این رقم کم‌ترین مقدار و با سایر تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری داشت. بیش‌ترین اختلاف در بین سطوح تنش در قارچ *G. intraradices* مشاهده شد که در این قارچ تیمار شاهد نسبت به تنش خشکی ۴۴ درصد افزایش عملکرد داشت (شکل ۸).

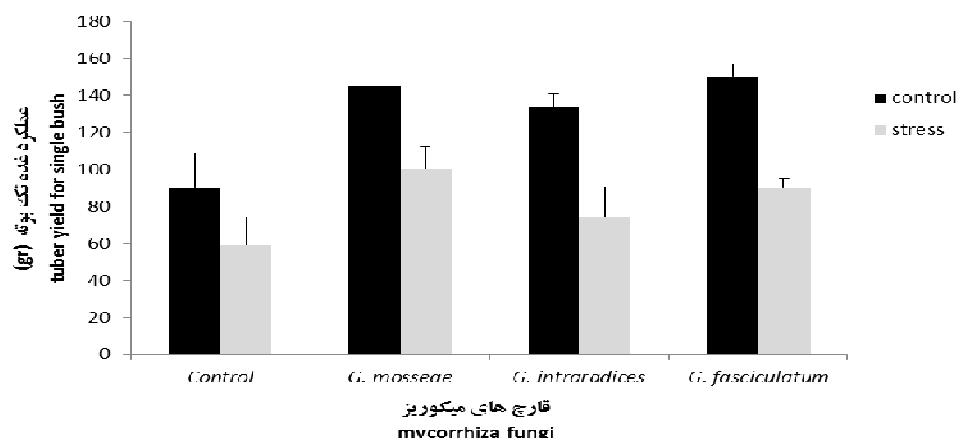
اثرات متقابل سه‌گانه بر عملکرد غده نشان داد که در رقم آگریا و در تیمار شاهد هر سه گونه قارچ نسبت به تیمار بدون قارچ تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۲). اما در همین رقم و تیمار تنش دو گونه *G. fasciculatum* و *G. mosseae* نسبت به دو تیمار دیگر از

اثر متقابل رقم و قارچ بر عملکرد غده در تک بوته نشان داد که در رقم فونتانه *G. mosseae* و در رقم آگریا *G. fasciculatum* به‌ترتیب با ۱۵۲ و ۱۱۳ گرم بیش‌ترین عملکرد غده در تک بوته را داشتند، در حالی که این اختلاف با سایر تیمارهای هر کدام از رقم‌ها معنی‌دار بود. قارچ *G. fasciculatum* توانست در هر دو رقم سیب‌زمینی تولید بالایی داشته باشد و در این قارچ اختلاف معنی‌داری بین دو رقم سیب‌زمینی وجود نداشت (شکل ۷).

اثر متقابل قارچ و تنش نشان داد که در رقم فونتانه و در بین تیمارهای میکوریزایی اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد تک‌بوته

گونه قارچ در شرایط تنش نیز بالاترین عملکرد غده را در رقم فونتانه داشت (جدول ۲).

عملکرد غده بالاتری بر خوردار بودند. قارچ *G. mosseae* در تیمار شاهد رقم فونتانه بیشترین عملکرد غده را در بین تمامی تیمارها با ۱۷۷ گرم داشت که با تیمار شاهد اختلاف معنی داری داشت. این



شکل ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچهای میکوریزایی و تنش خشکی بر عملکرد تک بوته سیبزمینی در شرایط تنش خشکی
میله‌های روی هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 8- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and drought stress on potato single-bush yield in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچهای میکوریزایی ، رقم های سیبزمینی و تنش خشکی بر عملکرد تک بوته سیبزمینی در شرایط تنش خشکی

Table 2- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi, potato cultivars and drought stress on potato single-bush yield in drought stress

تیمارها treatments	اگریا Agria		فونتانه Fontana	
	شاهد (S ₁) control	تنش (S ₂) stress	شاهد (S ₁) control	تنش (S ₂) stress
No fungi	50	26	130	91
<i>G. mosseae</i>	114	73	177	126
<i>G. intraradices</i>	124	39	144	109
<i>G. fasciculatum</i>	138	88	162	92
LSD	32			

مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون LSD در سطح پنج درصد می‌باشند.

The averages comparison due to LSD test in 5% level.

میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بعد از تنش خشکی سریع‌تر به حالت اولیه برمی‌گردد (Ruiz-lozano and Azcon, 1996). Kijkar, 1991 تولید ماده خشک بیش‌تر در گیاهان میکوریزایی را در نتیجه جذب فسفر دانسته و اظهار داشت که جذب رطوبت بالاتر توسط میکوریز و حفظ پتانسیل آب برگ بیش‌تر نیز ممکن است بر رشد رویشی تأثیرگذار باشد. Auge, 2004 بیان کرد

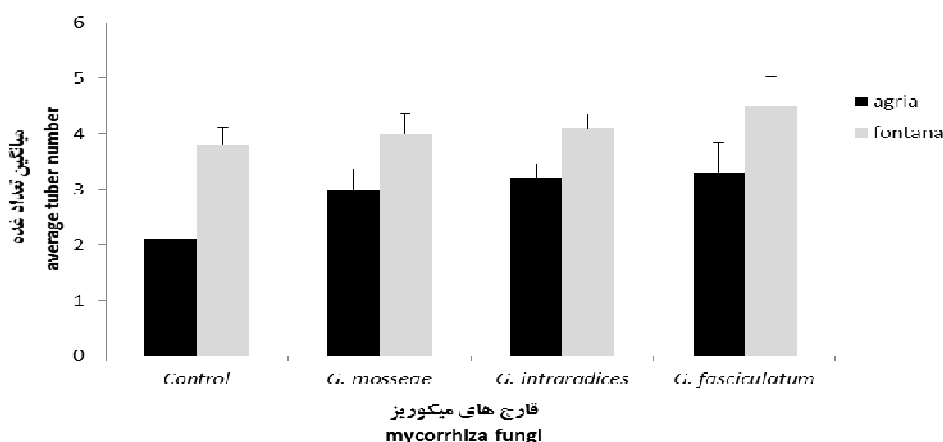
Dasgan et al, 2008 ضمن بررسی هم‌ریستی قارچ *G. fasciculatum* با گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) بیان کردند که در این تیمار عملکرد میوه نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد قارچ) افزایش معنی‌داری داشت. هم‌ریستی میکوریزایی معمولاً کاهش در میزان پتانسیل آب برگ را در طول تنش خشکی به تعویق می‌اندازد (Auge, 2001). هم‌چنین پتانسیل آب برگ گیاهان

مشاهده شد (جدول ۱).

میانگین تعداد غده در بوته

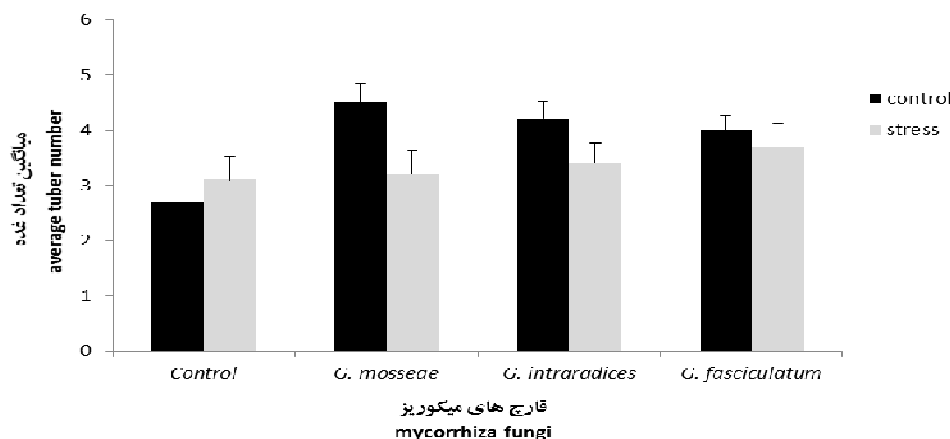
رقم فونتانه با میانگین چهار غده در بوته نسبت به رقم آگریا دارای اختلاف معنی دار بود. تیمار شاهد نیز با میانگین چهار غده در بوته و ۲۰ درصد افزایش نسبت به تیمار تنش خشکی با آن اختلاف معنی دار داشت اما بین گونه‌های مختلف قارچ میکوریز اختلاف معنی داری از نظر تعداد غده‌ها مشاهده نشد (جدول ۱).

که میکوریز احتمالاً از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و طویل کردن سیستم ریشه‌ای گیاه و افزایش سطح جذب از طریق ریشه‌های قارچ میزان آب بیش‌تری جذب کرده و باعث بهبود روابط آبی گیاه میزبان می‌شود. طبق نظر Wu *et al*, 2007 تجمع یون‌ها و مولکول‌های آلی در واکوئل برگ سلول‌های تحت تنش خشکی در گیاهان میکوریز بیش‌تر انجام می‌شود و باعث کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌های برگ و در نتیجه بهتر شدن کارایی فتوسنتزی آن‌ها می‌گردد. در این آزمایش نیز کاربرد قارچ‌ها توانستند عملکرد را نسبت به تیمار بدون مصرف قارچ افزایش دهند. این افزایش عملکرد در کاربرد قارچ در تنش خشکی نیز



شکل ۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریز و رقم‌های سیبزمینی بر میانگین تعداد غده در بوته در شرایط تنش خشکی میله‌های روی هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 9- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and potato cultivars on average tuber number in a bush in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ‌های میکوریز و تنش خشکی بر میانگین تعداد غده سیبزمینی در بوته در شرایط تنش خشکی میله‌های روی هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 10- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and drought stress on average tuber number in a bush in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.

قارچ *G. mosseae* با ۳۸ گرم بیشترین وزن تک غده را داشتند، اما این افزایش وزن در دو رقم فقط با تیمارهای شاهد و قارچ *G. intraradices* در رقم آگریا تفاوت معنی دار داشت (شکل ۱۱). اثر متقابل تنش خشکی و قارچ نیز نشان داد که در تیمار شاهد بین قارچها تفاوت معنی داری از نظر این صفت وجود نداشت، اما در تیمار تنش قارچ *G. mosseae* با سه تیمار دیگر تفاوت معنی داری را نشان داد (شکل ۱۲).

Yuan et al, 2003 اثرات رژیمهای مختلف آبیاری را بر رشد محصول سیبزمینی در آبیاری قطره‌ای بررسی کردند و نتیجه گرفتند که افزایش آب نه تنها تعداد غده‌ها را افزایش داد، بلکه باعث افزایش متوسط وزن غده‌ها نیز شد. در آزمایشی دیگر که به تأثیر قارچ *G. mosseae* روی سیبزمینی پرداخته بودند، مشاهده کردند که افزایش مقاومت به پاتوژن‌ها در گیاهان تیمار شده زیاد شد؛ در نتیجه عملکرد سیبزمینی به میزان کمتری کاهش یافت و این قارچ به همراه گونه *G. vesiforme* با تأثیر بر عملکرد سیبزمینی سبب افزایش وزن مینی تیوبرهای تولیدی شد (Cheng et al, 2008).

وزن خشک اندام هوایی

وزن خشک اندام هوایی سیبزمینی در تمامی تیمارهای رقم، قارچ و تنش اختلاف معنی داری با یکدیگر داشت. رقم فونتانه نسبت به آگریا ۴۰ درصد وزن خشک اندام هوایی بالاتری داشت. این افزایش در تیمار شاهد نسبت به تنش خشکی ۲۱ درصد بود. در بین قارچها دو گونه *G. fasciculatum* و *G. intraradices* در حالی با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشتند که بالاترین وزن خشک اندام هوایی را نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه دارا بودند. تیمار بدون مصرف قارچ نیز نسبت به این دو سطح قارچ ۴۵ درصد کاهش در وزن خشک اندام هوایی داشت (جدول ۱).

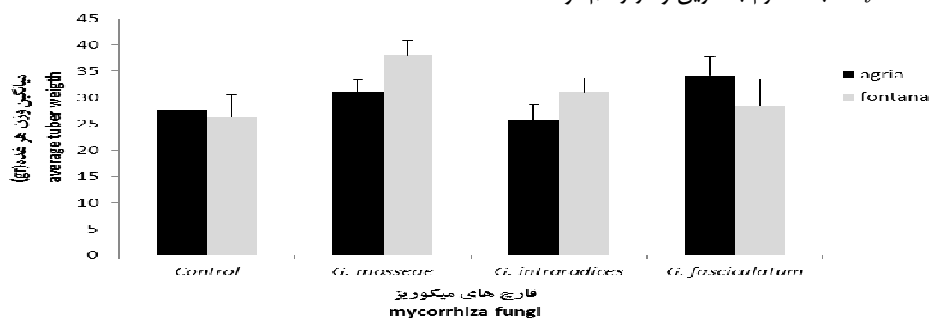
تعداد غده در بوته در تیمار شاهد رقم آگریا با میانگین ۲/۲ کمتر از سایر تیمارها بود و تنها با سه تیمار قارچ به کار رفته در رقم فونتانه اختلاف معنی دار داشت. در بین سایر تیمارها اختلاف معنی داری از نظر این صفت وجود نداشت (شکل ۹). در تیمار شاهد قارچ *G. mosseae* بالاترین میانگین تعداد غده در بوته را داشت و با تیمارهای شاهد و تنش که قارچ به کار نرفته بود، تفاوت معنی دار داشت. در بین سایر تیمارها تفاوت معنی داری در دو سطح شاهد و تنش خشکی مشاهده نشد (شکل ۱۰).

به نظر می‌رسد که گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش مکانسیمهای حفاظتی فعال تری را نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی در همین شرایط دارا می‌باشد که به عقیده Liu et al, 1999 دلیل آن کمتر بودن غلظت‌های آبسیزیک اسید در شیرهی خام و افزایش هورمون‌های ایندول اسیداستیک و جیبرلین است. در مطالعه‌ای که روی سویا گزارش شد که قارچ *G. intraradices* در ریشه گیاه سویا سبب تولید پیام‌هایی شده و این پیام‌ها کلسیم درون سلولی را به عنوان یک پیامبر ثانویه فعال کرده و سبب افزایش آنتی اکسیدانت‌ها و مقاومت به تنش اکسیداتیو شدند (Lorella et al, 2007).

میانگین وزن تک غده

از نظر میانگین وزن تک غده در بین دو رقم آگریا و فونتانه اختلاف معنی داری مشاهده نشد. اما در تیمار تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد ۲۵ درصد کاهش در وزن تک غده مشاهده شد که معنی دار بود. در بین قارچها *G. fasciculatum* و *G. mosseae* به ترتیب با ۳۵ و ۳۲ گرم بالاترین و تیمار بدون مصرف قارچ با ۲۴ گرم کمترین وزن تک غده را به خود اختصاص دادند. تیمار شاهد با سایر قارچها اختلاف معنی دار داشت (جدول ۱).

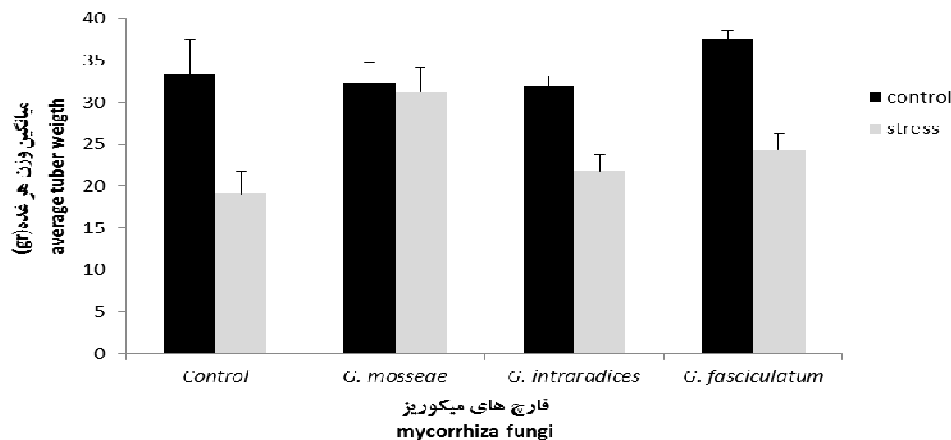
اثر متقابل رقم و قارچ از نظر وزن تک غده نشان داد که در رقم آگریا قارچ *G. fasciculatum* با ۳۴ گرم بالاترین و در رقم فونتانه



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریز و رقم‌های سیبزمینی بر میانگین وزن هر غده در شرایط تنش خشکی میله‌های روی هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

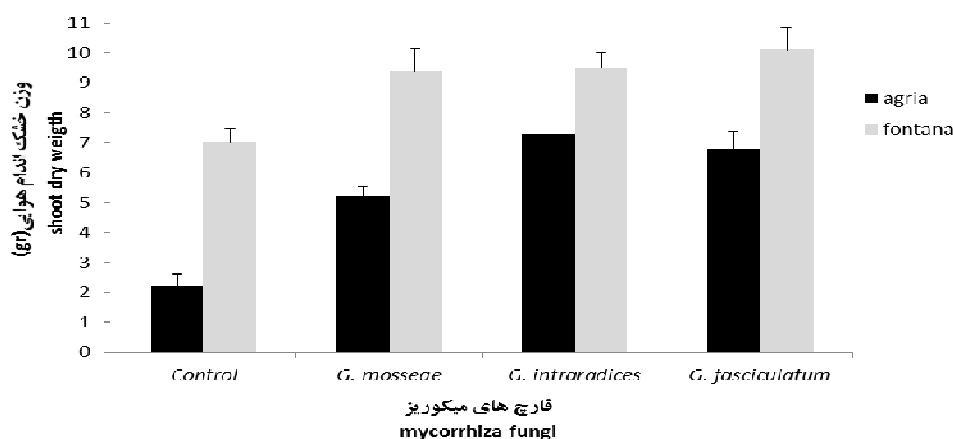
Figure 11- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and potato cultivars on average tuber weight in drought stress

The bars of each column indicates standard errors.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ های میکوریز و تنش خشکی بر میانگین وزن هر غده سیبزمینی در شرایط تنش خشکی میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 12- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and drought stress on average tuber weight in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.

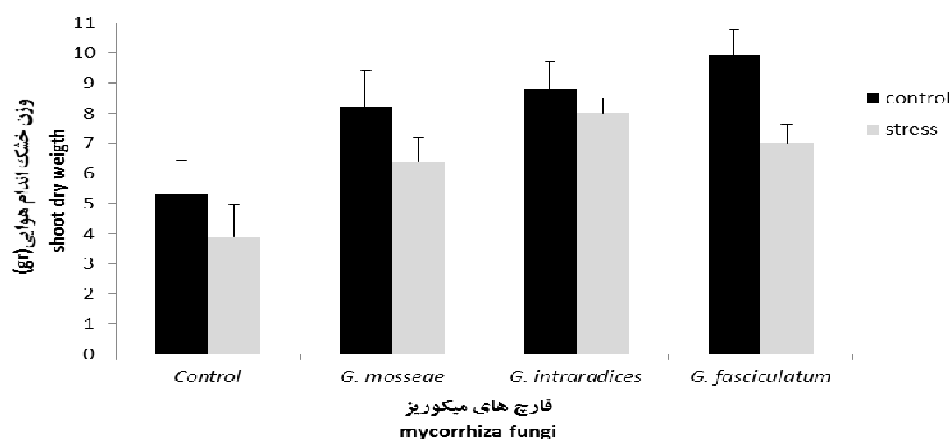


شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریز و رقم های سیبزمینی بر وزن خشک اندام هوایی تک بوته در شرایط تنش خشکی میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 13- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and potato cultivars on shoot dry weight of single- bush in drought stress
The bars of each column indicates standard errors.

اثر متقابل قارچ و تنش خشکی نشان داد که کاربرد قارچ در هر دو سطح تنش و شاهد توانست وزن خشک گیاه را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد که این افزایش معنی دار بود. اختلاف در وزن خشک بین دو سطح شاهد و تنش خشکی در قارچ *G. fasciculatum* بیش تر از تیمارهای دیگر بود. در تنش خشکی بهترین قارچ از نظر وزن خشک اندام هوایی گونه *G. intraradices* بود (شکل ۱۴).

اثر متقابل رقم و قارچ از نظر وزن خشک اندام هوایی نشان داد که در رقم فونتانه تیمارهایی که قارچ میکوریز به کار رفته بود، بالاترین وزن خشک اندام هوایی را داشتند و تمامی آن ها با تیمار شاهد این رقم اختلاف معنی دار داشتند. در رقم آگریا نیز تیمارهای قارچی نسبت به عدم مصرف قارچ تفاوت معنی دار داشتند؛ تنها با این تفاوت که در رقم آگریا قارچ *G. intraradices* توانست با ۷/۳ گرم وزن خشک اندام هوایی بالاترین مقدار را داشته باشد. این وضعیت در رقم فونتانه متعلق به *G. fasciculatum* بود (شکل ۱۳).



شکل ۱۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریز و تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی سیبزمینی در شرایط تنش خشکی
میله های روی هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد (Std Err) است.

Figure 14- Comparing the average interaction of mycorrhizal fungi and drought stress on shoot dry weight of potato in drought stress

The bars of each column indicates standard errors.

بیوماس را در گیاهان میزبان پیاز (*Allium cepa*)، گشنیز و ریحان (*Ocimum basilicum*) افزایش داد (Basu and Srivastava, 1998).

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که رقم آگریا ارتفاع و عدد اسپد بیش تری نسبت به رقم فوتانه داشت. در مقابل رقم فوتانه توانست عملکرد غده، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و تعداد غده بیش تری داشته باشد. تنش خشکی به جز در فلورسانس کلروفیل در سایر تیمارها سبب کاهش معنی دار در صفات شد. کاربرد قارچ های میکوریزایی توانست مقدار عملکرد، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی را افزایش دهد، اما روی تعداد غده ها تأثیر نداشت. *G. fasciculatum* نسبت به سایر گونه های قارچ تأثیر بهتری بر صفات مورد مطالعه در این آزمایش داشت. به نظر می رسد کاربرد گونه های مختلف قارچ میکوریزایی می توان عملکرد گیاه سیبزمینی را در شرایط مطلوب و تنش افزایش داد.

Al-Karaki, 1998 نشان داد که در گیاهان گندم میکوریزایی کارایی مصرف آب بیش تر از گیاهان غیرمیکوریزی است. صرف نظر از رطوبت خاک، گیاهان میکوریزی وزن خشک ریشه و بخش هوایی بیش تری نسبت به گیاهان شاهد داشتند. با کاهش رطوبت خاک میزان هر دو متغیر کاهش یافت، ولی در گیاهان میکوریزی میزان این کاهش، کمتر بود. Vamerali et al, 2003 گزارش نمودند که افزایش ماده ی خشک اندام های هوایی و زیرزمینی ذرت تلقیح شده با میکوریز در مقایسه با شاهد، ناشی از افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز می باشد. در مطالعه دیگری ملاحظه گردید که تلقیح ریشه های شوید (*Anethum graveolens*) و زنیان (*Trachyspermum*) با دو گونه قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی آن ها شد (Kapoor et al, 2002a). نتایج مطالعه روی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) نیز نشان داد که قارچ میکوریز، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و درصد اسانس در گیاه گشنیز شده است (Kapoor et al, 2002b). در بررسی دیگری نشان داده شده که مخلوط قارچ های *G. mosseae* و *G. fasciculatum* میزان رشد و

References

1. Al-Karaki, G.N. 1998. Benefit, cost and water-use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress. *Mycorrhiza* 8(1): 41-45.
2. Al-Karaki, G.N. and Hammad, R. 2001. Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. *Journal of plant nutrition* 24(8):1311-1323.

3. Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11(1): 3-42.
4. Augé, R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal of Soil Science* 84(4): 373-381.
5. Basu, M. and Srivastava, N.K. 1998. Root endophytes in medicinal plants, their population and effect. In Abstract: 7th International Congress of Plant Pathology, Edinburgh, Scotland, 9-16 August.
6. Basu, P.S., Sharma, A. and Sukumaran, N.P. 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by water stress. *Photosynthetica* 35(1): 13-19.
7. Belhassen, E. ed. 1997. Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis. Kluwer.
8. Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20(2): 135-148.
9. Cheng, Y., Bai, D., Sun, L., Feldmann, F. and Feng, G. 2008. Utilization of arbuscular mycorrhizal fungi during production of micropropagated potato *Solanum tuberosum*. In *Mycorrhiza works: Proceedings of the International Symposium "Mycorrhiza for Plant Vitality" and the Joint Meeting for Working Groups 1-4 of COST Action 870*, Hannover, Germany, 3-5 October, 2007 (pp. 165-178). DPG Selbstverlag.
10. Cornic, G. and Briantais, J.M. 1991. Partitioning of photosynthetic electron flow between CO₂ and O₂ reduction in a C₃ leaf (*Phaseolus vulgaris* L.) at different CO₂ concentrations and during drought stress. *Planta* 183(2): 178-184.
11. Dasgan, H.Y., Kusvuran, S. and Ortas, I. 2008. Responses of soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (*Glomus fasciculatum*) colonization in re-cycling and open systems. *African Journal of Biotechnology* 7(20): 3606-3613.
12. Demir, S. 2005. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology*, 28(2-4), pp.85-90.
13. Al-Karaki, G., McMichael, B.Z.A.K.J. and Zak, J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* 14(4): 263-269.
14. Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology* 81(1): 77-79.
15. Hanson, A.D. and Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Physiology* 33(1): 163-203.
16. Harris, D. and Paul, E.A. 1987. Carbon requirements of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Ecophysiology of VA Mycorrhiza Plants*. CRC Press, Boca Raton, USA, 224p.
17. Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual review of plant physiology*, 24(1), pp.519-570.
18. Cruz, R.E.D. and Husain, T. 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna spectabilis*. *The Pakistan Journal of Botany* 40(5): 2217-2224.
19. Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. 2002a. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82(4): 339-342.
20. Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. 2002b. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 18(5): 459-463.
21. Khazaei, M. 2003. Effect of drought stress on yield and physiological features of tolerant wheat cultivars and introducing the most suitable indicators of drought stress. Ph.D. thesis of farming. Agriculture College. Ferdowsi University of Mashhad.
22. Khorshidi Benam, M. B. Khoei, F. Mirhadi, M.J. and Nourmohammadi, Q. 2001. Studying the effect of drought stress in different growth stages of potato. *Journal of national agriculture science* 4(1): 48-58.
23. Kijkar, S. 1991. Producing rooted cuttings of Eucalyptus camaldulensis. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Project. Thailand.
24. King, B., Stark, J. and Love, S. 2003. Potato production with limited water supplies. The Idaho Center for Potato Research and Education, ID, USA. Available in <http://goo.gl/J5fkjQ>.
25. Kouchaki, A. 1988. Aspects of drought stress in Sorghum. *Journal of agricultural science and industries* 2(2): 77-81.
26. Liu, F., Jensen, C.R. and Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field crops research* 86(1): 1-13.
27. Liu, R., Li, M., Meng, X., Liu, X. and Li, X. 1999. Effects of AM fungi on endogenous hormones in corn and cotton plants. *Mycosystema* 19(1): 91-96.
28. Lorella, N., Moscatiello, R., Genre, A., Novero, M., Baldan, B., Bonfante, P. and Mariani, P. 2007. The arbuscular

- mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* induces intracellular calcium changes in soybean cells. *Caryologia* 60 (1-2): 137-140.
29. Lu, Q., Lu, C., Zhang, J. and Kuang, T. 2002. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence during flag leaf senescence of field-grown wheat plants. *Journal of Plant Physiology* 159(11): 1173-1178.
30. Malakouti, M.J., Moshiri, F. and Ghaibi, M.N. 2005. Optimum Levels of Nutrients in Soil and Some Agronomic and Horticultural Crops. Soil and Water Research Institute. Technical Bulletin, p.405.
31. Nadler, A. and Heuer, B. 1995. Effect of saline irrigation and water deficit on tuber quality. *Potato Research* 38(1): 119-123.
32. Onder, S., Caliskan, M.E., Onder, D. and Caliskan, S. 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. *Agricultural water management* 73(1): 73-86.
33. O'Neill, P.M., Shanahan, J.F. and Schepers, J.S. 2006. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. *Crop Science* 46(2): 681-687.
34. Opena, G.B. and Porter, G.A. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: II. Root growth. *Agronomy Journal* 91(3): 426-431.
35. Rahimian, H. Kouchaki, A.R and Zand, A. 2000. Photosynthesis and production in various environmental conditions (translation). 1st pub. Tehran Parks & Green Space Organization.
36. Rezaei, A.M and Soltani, A. 1996. Potato farming (translation). Mashhad Jahad Daneshgahi Publication. P 179.
37. Ruiz-Lozano, J.M. and Azcón, R. 1996. Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. *Agriculture, ecosystems & environment* 60(2): 175-181.
38. Sadras, V.O. and Milroy, S.P. 1996. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: a review. *Field Crops Research* 47(2-3): 253-266.
39. 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(5): 1037-1046.
40. Shahnazari, A. Liu, F., Andersen, M.N. Jacobsen, S.E. and Jensen, C.R. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research* 100(1): 117-124.
41. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. India: Agrobios 12: 319-324.
42. Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. *Electronic Journal of Biology* 1(3): pp.44-48.
43. Songsri, P., Jogloy, S. Holbrook, C.C. Kesmala, T. Vorasoot, N. Akkasaeng, C. and Patanothai, A. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agricultural water management* 96(5): 790-798.
44. Vamerali, T. Saccomani, M., Bona, S., Mosca, G. Guarise, M. and Ganis, A. 2003. A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. In *Roots: The Dynamic Interface between Plants and the Earth* Springer Netherlands. Pp: 157-167.
45. Wu, Q.S. Xia, R.X. Zou, Y.N. and Wang, G.Y. 2007. Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings to drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 29(6): 543-549.
46. Yuan, B.Z. Nishiyama, S. and Kang, Y. 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip-irrigated potato. *Agricultural water management* 63(3): 153-167.
47. Zhang, X.H. SMITH, S.E. and SMITH, F.A. 2006. Effects of *Glomus mosseae* on the toxicity of heavy metals to *Vicia faba*. *Journal of Environmental Sciences* 18(4): 721-726.



Effect of Three Species of Mycorrhiza Inoculation on Yield and Some Physiological properties of Two Potato Cultivars under Drought Stress in Controlled Conditions

S. Khaninejad¹- H. R. Khazaie²- J. Nabati³- M. Kafi⁴

Received: 2013-05-21

Accepted: 2015-11-01

Introduction

In recent years, *rainfall* deficiency was an increasing problem in most countries; which limited the production of agricultural crops. Among abiotic stresses the plants encountered, drought stress is considered as the most important limiting factor in plants growth and reproduction in natural and agricultural systems through most parts of the world; while drought stress causes 45% increase in the crops among various stress making factors (biotic and abiotic). A suitable procedure for controlling drought stress in agriculture is making the symbiotic relation between plants and mycorrhizal fungi. Mycorrhizal fungi decrease the plant ability in absorbing nutrients, ion balance, keeping enzyme activity, increasing chlorophyll density and root-soil connection; they decline the hazards caused by stress and decrease the plant tolerance to biotic and abiotic stresses. Potato is one of the most valuable sources to provide human food in the developing countries and is one of the most productive crops, while its production is twofold to rice and wheat. Producing more than 5 million tones potato makes this crop as the first utilizable nutrient after wheat, in this country. Potato is sensitive to soil humidity caused by limited and low-deep root system.

Materials and Methods

Thus, an investigation was conducted to examine the effect of three of mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* and *Glomus fasciculatum*) on two potato cultivars (Agria and Fontana) under drought stress and control conditions, in factorial experiment based on complete randomize block with three repetitions in research greenhouse of Ferdowsi University in 2012. In control treatment, irrigating was done when field capacity got 80% and it was conducted to 100% field capacity. Stress treatment was done when the field capacity got 60% and continued to 80% field capacity. Fungus treatment was done with a 100g mixture of inoculum including mycorrhizal root sections of corn, soil and mycorrhizal active parts (spore and hyphae) provided by corn root during a four-month period, in root space.

Results and Discussion

The results indicated that Agria cultivar in higher than Fontana. The drought stress decreased bush height, totally fungi resulted in increasing bush height in both cultivars. However, leaf area of Fontana was more than Agria; drought stress decreased leaf area but using *Glomus fasciculatum* and *Glomus mosseae* fungi increased the plant height in both cultivars. Among the treatments, the effect of cultivar on chlorophyll fluorescence was significant and there was no significant difference with each other. Only the effect of cultivar on chlorophyll fluorescence was significant among the treatments and there was no significant difference among other treatments. The amount of Spad index in Agria was 10% more than Fontana. This parameter was observed much more in control treatment than fungal treatments; drought stress indicated higher spad. There was a significant difference between Agria and Fontana cultivars for tuber weight. Fontana increased the production to 36% by producing 129g tuber to Agria cultivar. This difference was observed in control treatment and drought stress. Among various cultivars, *Glomus fasciculatum* and *Glomus mosseae* were significantly different from other treatments with 120 and 123gr tuber, respectively; and control treatment contained the least one with a 75g tuber. The interaction of fungus and stress indicated that there was no significant difference in Fontana cultivar and in mycorrhizal treatments for single-bush yield; but in control treatment, this rate was the least and had significant

1- PhD. Student of Crop physiology Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistance Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

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

(*- Corresponding Author Email: khazaei41@yahoo.com)

difference with other treatments. The most significant difference among stress levels was observed in *Glomus intraradices*; in this fungus, control treatment indicated 44% yield more than drought stress. Fontana indicated a significant difference to Agria cultivar for four tubers in a bush, averagely. Control treatment indicated a significant difference to drought stress for four tubers in a bush and 20% increase, but there was no significant difference among various mycorrhizal fungi for tuber numbers in a bush. Totally, *Glomus fasciculatum* affected the studied potato properties more positively than other species.

Keywords: Agria, Tuber number, Chlorophyll fluorescence, Fontana, Tuber weight

تأثیر شوری خاک، نوع و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی شاخساره گیاه خردل (*Brassica rapa* L.)

سمیرا تندیس‌بنا^۱ - علی‌رضا آستارایی^{۲*} - حجت امامی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۷

چکیده

شوری خاک از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشاورزی در کشور ایران است. جذب نیتروژن تحت تنش شوری بیش از سایر عناصر غذایی کاهش می‌یابد. بنابراین، گزینش درست نوع و مقدار کود نیتروژن برای رسیدن به عملکرد بهینه الزامی است. این آزمایش به منظور بررسی دو نوع کود نیتروژن (نیترات کلسیم و سولفات آمونیوم) هر کدام با سه سطح کود نیتروژن (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، در سه سطح شوری خاک (شاهد= C₀، C₁=۵ و C₂=۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بر وزن خشک، غلظت و جذب نیتروژن در گیاه خردل زراعی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. نتایج نشان داد که علی‌رغم کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گیاه با افزایش شوری خاک نسبت به شاهد، وزن خشک و جذب نیتروژن با افزایش کاربرد کود نیتروژن افزایش و غلظت نیتروژن کاهش یافت، اما واکنش گیاه به نوع و مقدار کود نیتروژن مصرفی در سطوح مختلف شوری خاک متفاوت بود. به‌طور کلی در شرایط شوری خاک، سولفات آمونیوم در همه‌ی سطوح مصرفی در افزایش وزن خشک و جذب نیتروژن کارایی به مراتب بهتری نسبت به نیترات کلسیم داشت، اما با توجه به ایجاد شوری بیش‌تر در خاک نسبت به نیترات کلسیم، مقدار مصرف آن تا حدی محدودکننده بود.

واژه‌های کلیدی: شوری خاک، کود سولفات آمونیوم، کود نیترات کلسیم، گیاه

مقدمه

محیط شور به علت کاهش تراوایی ریشه گیاه، کاهش فعالیت میکروبی خاک و به‌دنبال آن کاهش معدنی شدن ترکیبات آلی و کاهش جذب نیترات در اثر غلظت زیاد آنیون کلر در محیط ریشه گیاه اشاره نمود (Kafkafi et al., 1982).

با توجه به نقش چشم‌گیر نیتروژن در تولید فرآورده‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک، گزینش درست نوع و مقدار کود نیتروژن برای رسیدن به عملکرد بهینه الزامی می‌باشد. زیرا شکل نیتروژن مصرفی برای گیاهان تحت تنش شوری علاوه بر غلظت کلر، بر غلظت سایر عناصر غذایی مثل کلسیم و پتاسیم نیز مؤثر بوده (Yuncaı and Schmidhalter, 2005) و مقاومت گیاهان به تنش شوری، معمولاً به توانایی تنظیم جذب سدیم و کلر توسط گیاه و انتقال آن به اندام هوایی و غلظت بیش‌تر عناصر ضروری (به‌ویژه کلسیم و پتاسیم) در بافت‌های برگ بستگی دارد (Nathawat et al., 2007).

یکی از دانه‌های روغنی که در سال‌های اخیر در کشور، توجه بسیاری را به‌خود جلب کرده و در طرح کاهش واردات روغن گیاهی نیز سهم فراوانی داشته کلزا (*Brassica napus*) است (Arvin et

در کشور ایران، شوری خاک از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشاورزی بوده، به‌طوری‌که از نظر وسعت زمین‌های شور در رده سوم آسیا و پنجم جهان قرار دارد (Szabolcs, 1989). جذب و تجمع عناصر غذایی توسط گیاهان در شرایط شور، در نتیجه‌ی فرآیند رقابتی بین عناصر غذایی و گونه‌های اصلی نمک کاهش یافته که به نوع عنصر غذایی و ترکیب محلول خاک بستگی دارد (Maas and Grattan, 1999; Grattan and Grieve, 1999; Homaei et al., 2002). جذب نیتروژن تحت تنش شوری بیش از سایر عناصر کاهش یافته و عوامل زیادی قابلیت استفاده از نیتروژن توسط گیاه را در شرایط شور کاهش داده که می‌توان به کاهش جذب نیتروژن در

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.22231

خاک هر گلدان کشت و آبیاری با آب معمولی تا حد ظرفیت زراعی (به روش وزنی) انجام و در مرحله سه برگی، گیاهان هر گلدان به سه گیاه تُنک شد. در طول دوره رشد گیاه در گلخانه، مدت زمان روشنایی با نور تکمیلی (لامپهای جیوه‌ای و سدیمی) ۱۱ ساعت در نظر گرفته شد و میانگین دمای روز و شب به ترتیب 20 ± 4 و 12 ± 4 درجه سانتی‌گراد بود. خصوصیات شیمیایی خاک‌ها و آب آبیاری قبل از آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

گیاهان بعد از پنج ماه، قبل از گل‌دهی برداشت و پس از توزین وزن تازه، نمونه‌های گیاهی به آون منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس وزن خشک آن‌ها تعیین و پس از آسیاب کردن و عبور از الک ۰/۵ میلی‌متری، غلظت نیتروژن گیاه به روش کج‌دلال (Jones et al., 1991) اندازه‌گیری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها پس از برداشت گیاه نیز تعیین گردید.

آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

تأثیر شوری خاک، نوع کود نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها بر وزن خشک، غلظت و جذب نیتروژن گیاه

اثر شوری خاک بر غلظت نیتروژن گیاه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۲)، در حالی که با افزایش سطوح شوری خاک، وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت، هرچند بین دو سطح C_1 و C_2 در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳ و ۵). به طور کلی شوری از طریق محدودیت جذب آب توسط گیاهان با کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل کل آب خاک (Sarwar and Aslam, 2011) و همچنین کاهش فعالیت یونی عناصر غذایی و افزایش نسبت یون‌های Ca^{2+}/Mg^{2+} ، Na^+/K^+ ، Na^+/Ca^{2+} ، Cl^- ، NO_3^- به دلیل غلظت زیاد سدیم و کلر در محلول خاک موجب صدمات بیش‌تر به گیاه از طریق پتانسیل اسمزی، سمیت ویژه یونی و نارسایی تغذیه‌ای شده، عملکرد و کیفیت گیاه را کاهش می‌دهد (Grattan and Grieve, 1994). کاهش سطح برگ و میزان مواد فتوسنتزی برای رشد سبزینه‌ای گیاه نیز از جمله دلایل کاهش پارامترهای رشدی گیاه می‌باشند (Qasim et al., 2003). بسیاری از محققان کاهش وزن خشک و عملکرد گیاهان را در اثر افزایش شوری خاک گزارش کرده‌اند (Esmaili et al., 2007; Nathawat et al., 2007; Irshad et al., 2009; Razavinasab et al., 2009; al., 2008; Absalan et al., 2011). کاهش جذب نیتروژن را می‌توان به کاهش وزن خشک گیاه تحت تنش شوری خاک، کاهش تراوایی ریشه گیاه، کاهش فعالیت میکروبی خاک و به دنبال آن کاهش معدنی‌شدن

این محصول در میان دانه‌های روغنی در جهان بیش‌ترین میزان تولید را در دهه‌های اخیر داشته و امروزه مقام سوم را پس از سویا (*Glycine max*) و نخل روغنی (*Elaeis guineensis*) در فرآورده‌های روغن نباتی احراز کرده است (Berry and Spink, 2006). خردل زارعی (*Brassica rapa L.*) یکی از گونه‌های جنس براسیکا بوده که دانه‌های آن حاوی ۴۰ تا ۴۵ درصد روغن و ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین بوده (Hasanuzzaman et al., 2008) و به عنوان یک دانه روغنی مناسب برای شرایط اقلیمی ایران مورد توجه قرار گرفته (Bonyadi Baladeh, 2001) و مقاوم به شوری است (Francois, 1994). روغن کلزا به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیر اشباع و درصد پایین اسیدهای چرب اشباع جزو باکیفیت‌ترین روغن‌های خوراکی بوده، پایداری روغن کلزا در برابر حرارت (تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد) مزیت دیگر این روغن نسبت به سایر روغن‌های نباتی است (Shahraki, 2001).

با توجه به سازگاری خوب این گیاه به خصوصیات آب‌وهوایی کشور (Bonyadi Baladeh, 2001) و نیاز شدید کشور به روغن‌های نباتی و از طرف دیگر فراوانی خاک‌های شور در ایران، این تحقیق به منظور بررسی نوع و مقدار کود نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاه خردل زارعی در شرایط شوری خاک انجام شد تا بین کودهای نیترات کلسیم و سولفات آمونیوم بهترین منبع نیتروژن در شرایط شور تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در بهمن‌ماه ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو نوع کود نیتروژن (نیترات کلسیم و سولفات آمونیوم) هر کدام با سه سطح نیتروژن (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در سه سطح شوری خاک (شاهد C_0 ، $C_1 = 5$ و $C_2 = 10$ دسی‌زیمنس بر متر) بود. خاک آزمایشی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد (جدول ۱). برای تهیه خاک‌های شور، خاک آزمایشی (شاهد) با استفاده از محلول‌های نمک حاوی نمک‌های کلرید کلسیم، کلرید منیزیم و سولفات سدیم با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر با نسبت‌های میلی‌اکی‌والانی (۱:۲/۵:۲/۵) $Ca:Mg:Na$ در هشت لوله‌ی پلی‌اتیلنی با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم به مدت ۵۰ روز آب‌شویی گردید، تا زه‌آب خروجی معادل شوری موردنظر شده و به تعادل رسید. پس از خارج کردن خاک‌ها و هواخشک نمودن آن‌ها، ۲ کیلوگرم از هر خاک با شوری مشخص به هر گلدان اضافه شده و تیمارهای کودی با خاک هر گلدان مخلوط شد. ۱۰ بذر خردل زارعی در عمق یک سانتی‌متری

ترکیبات آلی و فرآیند نیتریفیکاسیون (Kafkafi *et al.*, 1982) و رقابت یون‌های سدیم و کلر با آمونیوم و نیترات به‌هنگام جذب نسبت داد (Malakooti, 2000). مطالعات Esmaili *et al.* (2008) نیز نشان داد که افزایش شوری جذب نیتروژن را توسط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) کاهش داد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و آب آبیاری قبل از آزمایش
Table1- Selected physical and chemical properties of used soils and water

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی Selected physical and chemical properties	آب آبیاری Irrigation water	سطوح شوری خاک Soil salinity levels (dSm ⁻¹)		
		C ₀	C ₁	C ₂
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک Electrical conductivity of soil saturated extract (dS m ⁻¹)	1.1	1.62	4.97	9.82
نسبت جذب سدیم (SAR)	3.33	2.52	4.40	4.40
اسیدیته عصاره اشباع خاک (pH _s)	-	7.75	7.61	7.53
سدیم محلول (meq. l ⁻¹) Soluble Na	5.41	5.64	16.65	26.28
کلسیم محلول (meq. l ⁻¹) Soluble Ca	2.2	5.22	18.8	5.45
کلسیم + منیزیم محلول (meq. l ⁻¹) Soluble Ca+Mg	5.29	10.05	32.35	71.19
پتاسیم محلول (meq. l ⁻¹) Soluble K	0.3	0.5	0.7	0.7
کلر محلول (meq. l ⁻¹) Soluble Cl	3.6	2.8	27.2	88.39
کربنات محلول (meq. l ⁻¹) Soluble CO ₃	0.2	-	-	-
بی کربنات محلول (meq. l ⁻¹) Soluble HCO ₃	2.6	4.2	3.6	4.6
نیتروژن کل (mg. kg ⁻¹) Total Nitrogen		533.7	525	525
فسفر قابل دسترس (mg. kg ⁻¹) available P		14.73	14.31	14.15
پتاسیم قابل دسترس (mg. kg ⁻¹) available K		559.5	423.8	432.97
درصد اشباع SP (%)		36.30	36.55	36.85
بافت خاک Soil texture		Loam		
درصد ماده آلی OM (%)		1.0		
جرم مخصوص ظاهری Bulk density (g. cm ⁻³)		1.46		
درصد آهک CaCO ₃ (%)		23.2		

در کود سولفات آمونیوم، کاهش pH خاک شور و افزایش جذب عناصر غذایی نسبت دادند. در سطح شوری C₀ (خاک شاهد) کود نیترات کلسیم ماده خشک بیش‌تری تولید کرد (جدول ۳) در حالی که غلظت و جذب نیتروژن با کاربرد کود سولفات آمونیوم بیش‌تر بود (جدول ۴ و ۵). در خاک‌های شور، کود سولفات آمونیوم در تولید وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن مؤثرتر از نیترات کلسیم بود (جدول ۳ و ۵). با افزایش شوری خاک و کاربرد کود نیترات کلسیم، وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، هرچند اختلاف معنی‌داری بین دو سطح شوری خاک مشاهده نشد. ولی با کاربرد سولفات آمونیوم، افزایش شوری خاک اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاهان نداشت (جدول ۳) و جذب نیتروژن را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش

کاربرد کود سولفات آمونیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن نسبت به کود نیترات کلسیم شد (جدول ۳ و ۵) در حالی که نوع کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن گیاه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد با توجه به آهکی بودن خاک آزمایشی، کود سولفات آمونیوم به‌دلیل داشتن خاصیت اسیدی، وجود گوگرد و آب‌شویی کمتر نسبت به نیترات کلسیم، توانسته است وزن خشک گیاه بیش‌تری در شرایط شوری خاک تولید کند. بنابراین جذب نیتروژن را به‌طور معنی‌داری نسبت به نیترات کلسیم افزایش داده است. به‌علاوه افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن با کاربرد کود سولفات آمونیوم نسبت به کود نیترات کلسیم می‌تواند در افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری مؤثر باشد. (Absalan *et al.* 2011) نیز علت ارجحیت جذب آمونیوم توسط ذرت در شرایط شور را به وجود سولفور

داد (جدول ۵). در کود سولفات آمونیوم، کاهش pH خاک شور و افزایش جذب به طور کلی بیشترین وزن خشک گیاه در خاک شاهد (C_0) همراه با کود نیترات کلسیم به دست آمد. در شرایط شوری خاک کود سولفات آمونیوم در افزایش وزن خشک گیاه مؤثرتر از نیترات کلسیم بود. همان طور که قبلاً اشاره شد، (2011) Absalan *et al.* علت ارجحیت جذب آمونیوم توسط ذرت در شرایط شور را به وجود سولفور

در کود سولفات آمونیوم، کاهش pH خاک شور و افزایش جذب عناصر غذایی نسبت دادند. در این تحقیق نیز خاصیت اسیدی، درصد نیتروژن بیش تر، آبشویی کم تر و حضور گوگرد در کود سولفات آمونیوم دلایل اصلی برتری این کود به نیترات کلسیم در شرایط شور می باشند.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک، غلظت و جذب نیتروژن گیاه خردل

Table2- Variance Analysis (Mean Square) of dry weight, Nitrogen concentration and uptake

میانگین مربعات (MS)				
جذب نیتروژن در گیاه	غلظت نیتروژن در گیاه	وزن خشک گیاه	درجه آزادی	فاکتورها (Factors)
Nitrogen uptake in plant	Nitrogen concentration in plant	Dry weight of Plant	df	
96.6**	0.005 ^{ns}	0.28**	2	شوری خاک (Soil salinity)
84.33**	0.002 ^{ns}	0.39**	1	نوع کود نیتروژن (Nitrogen fertilizer type)
15.88**	0.073*	0.26**	2	شوری خاک * نوع کود نیتروژن (Soil salinity* nitrogen fertilizer type)
21.22**	0.128*	0.45**	2	مقدار کود نیتروژن (Nitrogen fertilizer levels)
25.84**	0.009*	0.12**	4	شوری خاک * مقدار کود نیتروژن (Soil salinity* nitrogen fertilizer levels)
38.54**	0.003 ^{ns}	0.18**	2	نوع * مقدار کود نیتروژن (Nitrogen fertilizer levels * type)
3.61*	0.012**	0.039**	4	شوری خاک * نوع * مقدار کود نیتروژن (Nitrogen fertilizer levels* nitrogen fertilizer type* soil salinity)
1.06**	0.003*	0.003**	36	خطا (Error)
			53	مجموع (Total)
3.64	3.54		2.7	ضریب تغییرات (CV)

ns = معنی دار نبودن (No significant), * = معنی دار در سطح پنج درصد (Significant at $p < 0.05$), ** = معنی دار در سطح یک درصد (Significant at $p < 0.01$)

جدول ۳- اثر شوری خاک، نوع کود نیتروژن و برهم کنش آنها بر وزن خشک خردل (گرم بر گلدان)

Table3- The effect of soil salinity, nitrogen fertilizer type and their interactions on mustard dry weight (g/ pot)

سطوح شوری خاک soil salinity levels	نوع کود نیتروژن (Nitrogen fertilizer type)		میانگین Average
	نیترات کلسیم Calcium nitrate	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	
C_0 (شاهد)	2.06a	1.96bc	2.013 A
C_1	1.62d	1.98b	1.802 B
C_2	1.66d	1.91c	1.79 B
میانگین (average)	1.78 B	1.96 A	

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد می باشد. شاهد = C_0 ، شوری $C_1 = 5 \text{ dS m}^{-1}$ ، شوری $C_2 = 10 \text{ dS m}^{-1}$

Numbers followed by the same letter are not significantly different (ns ($P < 0.05$))

جدول ۴- اثر شوری خاک و نوع کود نیتروژن و برهم کنش آن‌ها بر غلظت نیتروژن گیاه (درصد)
 Table 4- The effect of soil salinity and nitrogen fertilizer type and their interaction on plant nitrogen concentration (%)

سطوح شوری خاک Soil salinity levels	نوع کود نیتروژن (Nitrogen fertilizer type)		میانگین Average
	نیترات کلسیم Calcium nitrate	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	
C ₀ (شاهد)	1.56c	1.67a	1.61 A
C ₁	1.66ab	1.51d	1.58 A
C ₂	1.6c	1.61bc	1.60 A
میانگین (average)	1.60 A	1.59 A	

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصدی باشد. شاهد= C₀، شوری ۵ dS m⁻¹، C₁، شوری ۱۰ dS m⁻¹ C₂

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

جدول ۵- اثر شوری خاک و نوع کود نیتروژن و برهم کنش آن‌ها بر جذب نیتروژن گیاه (میلی گرم بر گلدان)
 Table 5- The effect of soil salinity and Nitrogen fertilizer type and them interaction on plant Nitrogen uptake (mg per pot)

سطوح شوری خاک Soil salinity levels	نوع کود نیتروژن (Nitrogen fertilizer type)		میانگین Average
	نیترات کلسیم Calcium nitrate	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	
C ₀ (شاهد)	32.21a	32.58a	1.61 A
C ₁	26.59c	29.79b	1.58 A
C ₂	26.64c	30.75b	1.60 A
میانگین (average)	28.4 B	31.0 A	

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصدی باشد. شاهد= C₀، شوری ۵ dS m⁻¹، C₁، شوری ۱۰ dS m⁻¹ C₂

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

به‌دست آمد، در حالی که در شوری C₂ بیش‌ترین وزن خشک گیاه با مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن به‌دست آمد. بنابراین در شرایط شوری متوسط (C₂) نیاز درونی گیاه به نیتروژن و واکنش مثبت گیاه به مصرف کود نیتروژن تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافته و افزایش سطوح کود نیتروژن توانسته است، آثار سوء شوری را بر وزن خشک گیاه کاهش دهد. مشخص شده که نیاز درونی گیاه به یک عنصر غذایی توسط غیرفعال شدن فیزیولوژیکی آن عنصر در اثر نارسایی‌های تغذیه‌ای ناشی از شوری افزایش می‌یابد (Grattan and Grieve, 1994). به‌طوری‌که به‌طور متوسط به‌ازای افزایش هر واحد شوری آب آبیاری (شوری بیش‌تر از چهار دسی‌زیمنس بر متر) باید حدود ۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به کود توصیه شده در شرایط غیر شور اضافه شود (Malakooti, 2000 ; MohajerMilani et al., 1999).

تأثیر سطوح کود نیتروژن و بر هم‌کنش سطوح شوری خاک و کود نیتروژن

با افزایش سطوح کود نیتروژن مصرفی، وزن خشک گیاه افزایش داشت (جدول ۶). به‌طور کلی کاربرد کود نیتروژن به‌دلیل تحریک رشد ریشه و اندام هوایی موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Nielsen and Halvorson, 1991). (Rabiee (2000) نیز مشاهده کرد افزایش سطوح نیتروژن موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا به‌غیر از درصد روغن شد. (Esmaili et al. (2008 نیز نشان دادند که در مقادیر شوری متوسط آب آبیاری، وزن خشک و تازه گیاه سورگوم با کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

با افزایش شوری خاک در هر سه سطح کود نیتروژن، وزن خشک گیاه روند کاهشی داشت (جدول ۶). در خاک شاهد و شوری C₁ بیش‌ترین وزن خشک گیاه با مصرف ۸۰ میلی‌گرم کود نیتروژن

جدول ۶- اثر سطوح کود نیتروژن و برهم‌کنش سطوح شوری خاک و کود نیتروژن بر وزن خشک خردل (گرم بر گلدان)
Table 6- The effect of nitrogen fertilizer levels and interaction of soil salinity and nitrogen fertilizer levels on mustard dry weight (g/pot)

سطوح شوری خاک Soil salinity levels	سطوح نیتروژن Nitrogen fertilizer levels (mg kg ⁻¹)		
	40	80	120
C ₀ (شاهد)	1.84d	2.19a	2.01bc
C ₁	1.58f	1.96c	1.86d
C ₂	1.63f	1.70a	2.03b
میانگین (average)	1.58 C	1.85 B	1.98 A

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج‌درصد می‌باشد. شاهد= C₀، شوری ۵ dS m⁻¹، C₁، شوری ۱۰ dS m⁻¹، C₂

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

با افزایش سطوح کود نیتروژن به سطح ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، غلظت نیتروژن کاهش، ولی جذب نیتروژن در گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۷ و ۸) که با توجه به افزایش ماده خشک گیاه، این کاهش غلظت احتمالاً به‌دلیل اثر رقت می‌باشد. Esmaili *et al.* (2008) گزارش نمودند که در همه‌ی سطوح شوری، با کاربرد کود نیتروژن غلظت و جذب نیتروژن در گیاه سورگوم افزایش یافت. افزایش شوری خاک در سطوح مختلف کود نیتروژن، تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن گیاه نداشت و فقط در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در سطح شوری C₁ غلظت نیتروژن گیاه نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش یافت، در همه‌ی سطوح شوری

خاک با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن تا سطح ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظت نیتروژن گیاه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. بیش‌ترین غلظت نیتروژن گیاه در همه‌ی تیمارها با کاربرد ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۷).

با توجه به جدول ۸، جذب نیتروژن در شاهد و تیمار C₁ با افزایش سطوح کود نیتروژن تا سطح ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی‌که در تیمار C₂ تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جذب نیتروژن گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، چراکه نیاز درونی گیاه به نیتروژن با افزایش شوری خاک افزایش یافته است.

جدول ۷- اثر سطوح کود نیتروژن و برهم‌کنش سطوح شوری خاک و کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن خردل (درصد)
Table 7- The effect of nitrogen fertilizer levels and interaction of soil salinity and nitrogen fertilizer levels on mustard nitrogen concentration (%)

سطوح شوری خاک Soil salinity levels	سطوح نیتروژن Nitrogen fertilizer levels (mg kg ⁻¹)		
	40	80	120
C ₀ (شاهد)	1.68a	1.58b	1.59b
C ₁	1.73a	1.52bc	1.49c
C ₂	1.69a	1.57bc	1.56bc
میانگین (average)	1.7 A	1.5 B	1.54B

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج‌درصد می‌باشد. شاهد= C₀، شوری ۵ dS m⁻¹، C₁، شوری ۱۰ dS m⁻¹، C₂

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

جدول ۸- اثر سطوح کود نیتروژن و برهم‌کنش سطوح شوری خاک و کود نیتروژن بر جذب نیتروژن خردل (میلی‌گرم بر گلدان)
Table 8- The effect of nitrogen fertilizer levels and interaction of soil salinity and nitrogen fertilizer levels on mustard nitrogen uptake (mg/ pot)

سطوح شوری خاک Soil salinity levels	سطوح نیتروژن Nitrogen fertilizer levels (mg kg ⁻¹)		
	40	80	120
C ₀ (شاهد)	30.72bc	34.59a	31.87b
C ₁	27.13d	29.53c	27.9d
C ₂	27.58d	26.68d	31.55b
میانگین (average)	28.48 B	30.26 A	30.44A

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج‌درصد می‌باشد. شاهد= C₀، شوری ۵ dS m⁻¹، C₁، شوری ۱۰ dS m⁻¹، C₂

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

تأثیر نوع و مقدار کود نیتروژن

برهم کنش نوع و مقدار کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن گیاه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نشد (جدول ۲). با افزایش سطوح کود نیترات کلسیم تا سطح ۱۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم، وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن به طور معنی داری افزایش یافت، در حالی که با افزایش سطوح کود سولفات آمونیوم تا سطح ۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم، وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن به طور معنی داری افزایش و سپس کاهش یافت (جدول ۹ و ۱۱). بنابراین، در شرایط شوری خاک کود سولفات آمونیوم مصرفی باید کنترل شده باشد، زیرا این کود موجب افزایش بیش تر شوری خاک نسبت به نیترات کلسیم شده و آمونیوم ممکن است برای گیاهان ایجاد سمیت کند. گزارش شده است که

برهم کنش مثبت کود سولفات آمونیوم با شوری خاک و سمیت آمونیوم برای گیاه، رشد گیاه را در سطح مصرف ۱۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم محدود می کند (Nathawat *et al.*, 2007). کود سولفات آمونیوم در هر سه سطح کودی، وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن را به طور معنی داری بیش تر از نیترات کلسیم افزایش داد اما در سطح مصرف ۱۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم اختلاف معنی داری بین دو کود مشاهده نشد (جدول ۹ و ۱۱). بنابراین بدون در نظر گرفتن میزان شوری خاک، کود سولفات آمونیوم تا سطح ۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم در افزایش وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن مؤثرتر از نیترات کلسیم می باشد، اما در سطح کودی ۱۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم نوع کود نیتروژن اثر معنی داری بر وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن نداشت.

جدول ۹- برهم کنش نوع و مقدار کود نیتروژن بر وزن خشک گیاه خردل

Table 9- The Interaction of nitrogen fertilizer type and amount on mustard dry weight (g/pot)

نوع کود نیتروژن Nitrogen fertilizer type	سطوح نیتروژن Nitrogen fertilizer levels (mg kg ⁻¹)		
	40	80	120
نیترات کلسیم (Calcium nitrate)	1.63d	1.75c	1.96b
سولفات آمونیوم (Ammonium sulfate)	1.74c	2.15a	1.97b

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد می باشد.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

جدول ۱۰- برهم کنش نوع و مقدار کود نیتروژن بر جذب نیتروژن گیاه خردل در خاک شور

Table 10- The interaction of nitrogen fertilizer type and amount on mustard nitrogen uptake in saline soil (mg/pot)

نوع کود نیتروژن Nitrogen fertilizer type	سطوح نیتروژن Nitrogen fertilizer levels (mg kg ⁻¹)		
	40	80	120
نیترات کلسیم (Calcium nitrate)	27.31c	27.51c	30.61b
سولفات آمونیوم (Ammonium sulfate)	29.65b	33.01a	30.27b

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد می باشد.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

برهم کنش شوری خاک، نوع و مقدار کود نیتروژن

برهم کنش شوری، نوع و مقدار کود نیتروژن بر وزن خشک گیاه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱۱). در همه سطوح کود نیترات کلسیم، وزن خشک گیاه با افزایش شوری خاک نسبت به شاهد به طور معنی داری کاهش یافت، اما با افزایش سطوح نیتروژن این نوع کود در همای سطوح شوری خاک، وزن خشک گیاه به طور معنی داری افزایش یافت، که نشان دهنده افزایش کارایی کود نیترات کلسیم در کاهش اثرات سوء شوری با افزایش شوری خاک می باشد و همان طور که اشاره شد، به دلیل افزایش نیاز درونی گیاه به نیتروژن در شرایط شوری خاک می باشد. (Mohajer Milani *et al.* 1999). علت افزایش نیاز گندم به کود نیتروژن با افزایش شوری آب آبیاری را

رقابت کلر در مقابل نیترات و سولفات در منطقه ی ریشه دانستند. در خاک شاهد و تیمار C₁، افزایش سطوح کود سولفات آمونیوم تا سطح ۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم، وزن خشک گیاه را به طور معنی داری افزایش داد، اما مصرف بیش تر این کود، وزن خشک گیاه را کاهش داد. بنابراین، در شرایط شوری C₀ و C₁، نیاز نیتروژنی گیاه با مصرف ۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم کود سولفات آمونیوم تامین می شود و اثرات سوء شوری و سمیت آمونیوم با مصرف بیش تر این کود غالب می شود، در حالی که در شرایط شوری C₂، قابلیت دسترسی نیتروژن کاهش یافته و نیاز درونی گیاه به نیتروژن برای رسیدن به عملکرد بهینه افزایش می یابد و با مصرف ۱۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم تامین می شود. چراکه نیاز درونی گیاه به یک عنصر ضروری ممکن است توسط

نسبت جذب سدیم یا درصد سدیم تبادلی و اسیدیته)، الگوی توزیع شوری و سدیمی تحت شرایط زراعی، ماهیت نمک‌های مورد استفاده برای ایجاد شوری و سدیمی در محیط رشد (نمک کلرید سدیم یا مخلوطی از نمک‌ها)، شرایط محیطی (دما، شدت نور و غیره) و مدت‌زمان آزمایش (از روز تا سال) همگی بر نتایج آزمایش مؤثر هستند (Qadir *et al.*, 2006) و می‌توانند عامل اختلاف نتایج آزمایش‌ها با یک‌دیگر باشند.

بنابراین با توجه به آهکی‌بودن خاک و غلظت اولیه‌ی نیتروژن خاک آزمایشی و افزایش نیاز درونی گیاه به نیتروژن در شرایط شور به علت کاهش جذب نیتروژن در اثر کاهش تراوایی ریشه گیاه، کاهش فعالیت میکروبی خاک و به دنبال آن کاهش معدنی شدن ترکیبات آلی و کاهش جذب نیترات در اثر غلظت زیاد آنیون کلر در محیط ریشه گیاه (Kafkafi *et al.*, 1982) و غیرفعال شدن فیزیولوژیکی این عنصر در شرایط شور (Grattan and Grieve, 1994)، کود سولفات آمونیوم به دلیل داشتن خاصیت اسیدی و گوگرد و درصد نیتروژن بیش‌تر و آب‌شویی کمتر نسبت به نیترات کلسیم، علی‌رغم ایجاد شوری بیش‌تر در خاک توانست وزن خشک گیاه بیش‌تری در شرایط شوری خاک تولید کند. به علاوه افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن توسط کاربرد کود سولفات آمونیوم نسبت به نیترات کلسیم می‌تواند در افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری مؤثر باشد.

غیرفعال شدن فیزیولوژیکی آن عنصر در اثر نارسایی‌های تغذیه‌ای ناشی از اثر شوری افزایش یابد (Grattan and Grieve, 1994). به‌طور کلی بیش‌ترین وزن خشک گیاه با مصرف ۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود سولفات آمونیوم به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و شوری C₁ مشاهده شد و در سطح شوری C₂ با کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود سولفات آمونیوم به‌دست آمد. شواهد بسیاری نشان می‌دهد که تحت تنش شوری کم، کمبود عنصر غذایی رشد گیاه را بیش‌تر از شوری محدود کرده و در شوری‌های متوسط و بالا، شوری این اثر را تشدید می‌کند (Grattan and Grieve, 1999) و حساسیت بسیاری از گیاهان از جمله گندم (*Triticum aestivum*) و ذرت (*Zea mays*) (Botella *et al.*, 1997; Leidi *et al.*, 1991) و گیاه خردل هندی (*Brassica juncea*) (Nathawat *et al.*, 2007) نسبت به تنش شوری در حضور آمونیوم نسبت به نیترات افزایش می‌یابد. با این‌وجود در این تحقیق بیش‌ترین وزن خشک گیاه در شرایط شور با مصرف کود سولفات آمونیوم به‌دست آمد و با افزایش شوری خاک واکنش مثبت گیاه به مصرف کود نیتروژن افزایش یافت. چراکه اثر مطلوب یا نامطلوب آمونیوم یا نیترات بین گونه‌ها متفاوت بوده و به غلظت، اسیدیته، ظرفیت بافری و غلظت سایر عناصر غذایی در محیط و به‌طور کلی به نوع گیاه زراعی، وضعیت خاک و تناوب بستگی دارد (Absalan *et al.*, 2011). به‌علاوه ماهیت محیط کشت (خاک، شن یا کشت محلول)، حد شوری و سدیمی (سطح شوری،

جدول ۱۱- برهم‌کنش نوع و مقدار کود نیتروژن و شوری خاک بر وزن خشک گیاه خردل (گرم بر گلدان)

Table 11- The interaction of nitrogen fertilizer type and amount and soil salinity on mustard dry weight (g/pot)						
سطوح شوری خاک	سطوح نیترات کلسیم			سطوح سولفات آمونیوم		
Soil salinity levels	Calcium nitrate levels (mg kg ⁻¹)			Ammonium sulfate levels (mg kg ⁻¹)		
	40	80	120	40	80	120
C ₀ (شاهد)	1.95d	2.07c	2.17b	1.73gh	2.31a	1.85def
C ₁	1.38k	1.65hi	1.83ef	1.78fg	2.27a	1.90de
C ₂	1.56ij	1.54j	1.89de	1.71gh	1.86def	2.16b

حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصدی باشد. شاهد = C₀، شوری = ۵ dS m⁻¹، C₁، شوری = ۱۰ dS m⁻¹، C₂

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

References

1. Absalan, A. A., Armin, M., Asgharipour, M. R., and Karimi-Yazdi, S. 2011. Effects of different forms of nitrogen application on yield response of corn under saline conditions. *Journal of Advances in Environmental Biology* 5(4): 719-724.
2. Arvin, P., Azizi, M., Soltani, A. 2009. Comparison of Yield and Physiological Indices of Spring Cultivars of Oilseed Rape Species. *Seed and Plant Improvement Journal* 25 (3):401-417. (In Persian)
3. Ashraf, M. Y., Khan, A. H., and Azmi, A. R. 1992. Cell membrane stability and its relation with some physiological processes in wheat. *Acta Agronomy Hungary* 41: 183-191.
4. Ashraf, M. Y., and Sarwar, G. 2002. Salt tolerance potential in some membrane Physiological studies on water relations and minerals contents. PP 237-245 in R. Ahmad, and K. A. Malik eds. *Prospects for saline Agriculture*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherlands.

5. Ashraf, M., and McNeilly, T. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds, Journal of Plant Sciences 23: 157-174.
6. Benlloch, M., Ojeda, M. A., Ramos, J., and Rodriguesnavarro, A. 1994. Salt sensitivity and low discrimination between potassium and sodium in plant and soil. Journal of Plant and Soil 166: 117-123.
7. Berry, M. P., and Spink, J. H. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yield, past and future (Review). Journal of Agricultural Science 199: 381-392.
8. Black, C. A. 1968. Soil-Plant Relationships. J. Wiley. New York. USA.
9. Bohra, J. S. and Doerffling, K. 1993. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) Varieties under NaCl salinity. Journal of Plant and Soil 152: 299-303.
10. Bonyadi Baladeh, T. 2001. Canola (*Brassica napus*) cultivation. Ministry of Jahad-e-Keshavarzi, Jahad-e-Keshavarzi Organization, Guilan Province, Iran, Extension and Technical Publications Unit. (In Persian)
11. Botella, M. A., Martinez, J. Pardines and A. Cerda. 1997. Salinity induced potassium deficiency in maize plants. Journal of Plant Physiology 150: 200-205.
12. Bouwer, H. 2000. Integrated water management: emerging issues and challenges. Journal of Agricultural Water Management 45: 217-228.
13. Esmaili, E., Kapourchal, S. A., Malakouti, M. J., and Homaei, M. 2008. Interactive effect of salinity and two nitrogen fertilizers on growth and composition of sorghum. Journal of Plant, Soil and Environment 54(12): 537-546
14. Francois, L. E. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. Agronomy Journal 86: 233-237.
15. Grattan, S. R., and Grieve, C. M. 1992. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in Saline environments. PP 203-226 in M. Pessarakli, eds. Handbook of plant and cold stress.
16. Grattan, S. R., and Grieve, CM. 1994. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. PP 203-229 in M. Pessarakli eds. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York.
17. Grattan, S. R., and Grieve, C. M. 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. PP 203-229 in M. Pessarakli eds. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York.
18. Gronwald, J. W., Suhayda, C. G., Tal, M., and Shannon, M. C. 1990. Reduction in plasma membrane ATPase activity of tomato roots by salt stress. Journal of Plant Sciences 66: 145-153.
19. Gupta, R. K., Abrol, I. P. 2000. Salinity build-up and changes in the rice-wheat system of the Indo-Gangetic Plains. Journal of Experimental Agriculture 36: 273-284.
20. Hasanuzzaman, M., M. F. Karim and MJ. Ullah. 2008. Growth dynamic of rapeseed (*Brassica campestris* L.) cv. SAU Sarisha-1 as influenced by irrigation levels and row spacing. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2(4): 794-799.
21. Homaei, M., Feddes, R. A., and Dirksen, C. 2002. A macroscopic water extraction model for nonuniform transient salinity and water stress. Soil Science Society of America journal 66: 1764-1772.
22. Hu, Y. and Schimdhalt, U. 1998. Spatial distributions and net deposition rates of mineral elements in the elongating Wheat (*Triticum aestivum* L.) leaf under saline soil conditions. Journal of Planta 204: 212-219.
23. Irshad, M., Eneji, A. E., Khattak, R. A., and Khan, A. 2009. Influence of Nitrogen and Saline Water on the Growth and Partitioning of Mineral Content in Maize. Journal of Plant Nutrition 32(3): 458-469.
24. Jones, J.B., Jr., B. Wolf, and H.A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. PP. 30-34. Micro-Macro Pub., Athens, GA.
25. Kafkafi, U., Valores, N., and Letery, J. 1982. Chloride interaction with nitrate and P nutrition in tomato. Journal of Plant Nutrition 5: 1369-1385.
26. Leidi, E. O., Silberbush, M. and Lips, S. H. 1991. Wheat growth as affected by nitrogen type, pH and salinity. 1. Biomass production and mineral-composition. Journal of Plant Nutrition 14: 235-246.
27. Lynch, J., and Lauchli, A. 1984. Potassium transport in salt stressed barley roots. Journal of Planta 161: 295-301.
28. Maas, E. V., and Grattan, S. R. 1999. Crop yields as affected by salinity. PP 55-108 in M. Pessarakli eds. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York.
29. Malakooti, M. 2000. Balanced nutrition of wheat, the way to self-sufficiency and community health. Articles Collections, Publication of Agricultural Education. Karaj. (In Persian).
30. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press, London. UK. 901p.
31. Mohajer Milani, B., Saadat, S., Vakil, R. 1999. Nutrition of wheat in saline conditions of Qom province. Journal of Soil and Water (Special in Wheat), Institute of Soil and Water Research. 12(6): 187-196. (In Persian).
32. Nathawat, N. S., Kuhad, M. S., Goswami, C. L., Patel, A. L. and Kumar, Rakesh. 2007. Interactive Effects of Nitrogen Source and Salinity on Growth Indices and Ion Content of Indian mustard. Journal of Plant Nutrition 30(4): 569 - 598.
33. Nielsen, D. C., Halvorson, A. D. 1991. Nitrogen fertility influence on water stress and yield of winter wheat. Agronomy Journal 83: 1065-1070.
34. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe, and L. A Dean. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture 939: 1-19.

35. Omielan, J. A., Epstein, E., and Dvorak, P. 1991. Salt tolerance and ionic relations of *Lophopyrum elangatum*. Journal of Genome 34: 961-974.
36. Qadir, M., Noble, A. D., Schubert, S., Thomas, R. J., and Arslan, A. 2005. Sodicity-Induced Land Degradation and Its Sustainable Management: Problems and Prospects. Journal of land degradation & development. Published online in Wiley Inter Science (www.interscience.wiley.com).
37. Qadir, M., Noble, A. D., Schubert, S., Thomas, R. J., and Arslan, A. 2006. Sodicity-Induced Land degradation and its sustainable management: problems and prospects. Journal of land degradation & development 17(6): 661-676.
38. Qasim, M., Ashraf, M., Ashraf, M.Y., Rehman, S.U. and Rha, E.S. 2003. Salt – induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. Journal of Biologia Plantarum 46(4): 692-632.
39. Rabiee, M. 2000. Effect of row spacing and nitrogen fertilizer rates on grain yield and agronomic characteristics of rapeseed cv. Hayola 308 as second crop in paddy fields of Guilan in Iran. Journal of Crops Seed and Plant 27(4): 399- 415. (In Persian).
40. Razavinasab, A., Tajabadi, A., Shirani, H., Dashti, H. 2009. Effect of nitrogen, salinity and organic matter on growth and root morphology of Pistachio. Journal of Water and Soil Science - Isfahan University of Technology 13 (47): 321-333. (In Persian).
41. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agricultural Hand Book 60. U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C., 160 p.
42. Sarwar, A., and Aslam, Z. 2011. Effect of root zone salinity on mineral nutrition and growth of beri (*Zizyphus mauritiana* lam) and jamun (*Eugenia jambolana* lam). Journal of Horticulture and Forestry 3(12): 366-371.
43. Shahraki. M., 2001. Publication of the Technical Guidelines of Canola Cultivation in the Province of Sistan and Baluchestan. Available from: <http://www.sbagrijahad.ir/portal/File/ShowFile.aspx?ID=dd58ac2a-6461-4f67-bfd9-2c65c95dd332>. (In Persian).
44. Szabolcs, I. 1989. Salt-affected soils. CRC Press, the University of California. p 274.
45. Yuncai, H., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and Salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 541-549.



Effect of Soil Salinity, Type and Amount of Nitrogen Fertilizer on Yield and Biochemical Properties of Mustard (*Brassica rapa* L.)

S. Tandisseh¹- A. R. Astarai^{2*} - H. Emami³

Received: 27-05-2013

Accepted: 28-11-2015

Introduction

Soil salinity is a major limiting factor in agricultural development within Iran. Nitrogen is the most important nutrient that its uptake is limited over other elements under saline conditions due to decrease in the permeability of plant roots, soil microbial activity and mineralization of organic compounds and nitrate uptake by high concentrations of chloride anions in the root zone of the plant. Mustard plant has a good compatibility to weather conditions and since there is an extreme need of vegetable oilseed in our country and also wide extent of saline soils in Iran, this study was conducted to determine the best type and amount of nitrogen fertilizers between calcium nitrate and ammonium sulfate under saline conditions.

Materials and Methods

A greenhouse experiment was conducted in a completely randomized design (factorial) with three replications in February 2012 in the Research greenhouse of the Ferdowsi University of Mashhad. The treatments were consisted of two types of nitrogen fertilizer (calcium nitrate and ammonium sulfate), each with three levels of N (40, 80 and 120 mg per kg of soil) in three levels of soil salinity (C0= control, C1= 5 and C2= 10dS m⁻¹). Experimental soil (control) collected from agricultural experimental station was leached by salt solutions containing salts of calcium chloride, magnesium chloride and sodium sulfate with specified concentrations and ratios during 50 days to reach the similar salt concentrations of leached water consisting the desired levels of salinity. The seeds of mustard were planted at a depth of one centimeter in soil of each pot and were irrigated with tap water to field capacity (by weight). Plants were harvested after 5 months and plant fresh and dry weights and nitrogen concentration and uptake of plant were measured by the Kjeldahl method. Irrigation water and physical and chemical properties of soil before and after harvest were determined. Data obtained were analyzed using statistical software MSTAT-C and the means were compared using Duncan's multiple range test at 5 % percent.

Results and Discussion

In this study, plant dry weight increased significantly with increasing levels of calcium nitrate fertilizer in all levels of soil salinity, due to increasing plant internal needs under saline soil. While the maximum dry weight was obtained with ammonium sulfate fertilizer in saline conditions and plant positive response to increasing fertilizer consumption increased with soil salinity. Positive or negative effect of ammonium or nitrate salt varied among plant varieties and generally it depended on the types of crop, soil conditions and crop density and rotation. In addition, the nature of the culture medium (soil, sand or liquid culture), salinity and sodium levels (salinity, sodium absorption ratio or percentage of exchangeable sodium and pH), salinity and sodium distribution under field conditions, the nature of the salts used to make salt and Sodium in growth medium (sodium chloride salt or mixture of salts), environmental conditions (temperature, light intensity, etc) and the duration of the experiment (from days to years), all were effective on experiments results and can cause differences in these results with each other. Therefore, in this study, ammonium sulfate fertilizer, resulted in more plant dry weight due to its acidic characteristic because of sulfur and more nitrogen and less leaching than calcium nitrate, despite its higher salinity index in a calcareous soil with less soil primary concentration of nitrogen. In addition, a significant increase in uptake of nitrogen by plant was observed by application of ammonium sulfate fertilizer over calcium nitrate that effectively increased plant resistance to soil salinity.

Conclusions

The results showed that plant dry weight and nitrogen uptake increased with increasing nitrogen fertilizer

1- PhD Student of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

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

despite decreasing nitrogen concentrations in plant and the significant reduction in plant dry weight compared to control also increased due to increasing soil salinity. But the plant's response to the type and amount of nitrogen fertilizer was different at various levels of salinity in soil. In general, dry matter and nitrogen uptake efficiency increased by ammonium sulfate usage in all levels over calcium nitrate under soil salinity conditions, but its amounts were partly limited more than calcium nitrate amount due to increasing levels of salinity in soil.

Keywords: Ammonium sulfate fertilizer, *Brassica rapa* L., Calcium Nitrate fertilizer, Soil salinity



بررسی امکان جایگزینی کودهای آلی با کود شیمیایی در زراعت کلزا (*Brassica napus*)

سید جواد عظیمزاده^۱ - مهدی نصیری محلاتی^{۲*} - علیرضا کوچکی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا، آزمایشی در مزرعه‌ی دانشکده کشاورزی مشهد در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل کودهای آلی و آبیاری بود. تیمارهای کودی شامل، کمپوست زباله شهری، ورمی کمپوست، کود دامی کاملاً پوسیده و کود شیمیایی نیتروژنه بود. آزمایش به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در کرت اصلی و تیمارهای کودی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در طول فصل زراعی از صفات مورد نظر یادداشت برداری به عمل آمد. نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه در تیمار آبیاری در مقایسه با کم‌آبیاری به ترتیب ۲۱، ۵/۹ و ۱۷ درصد بیشتر بود. تیمار استفاده از ۵۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با بقیه تیمارها در شرایط کم‌آبیاری بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود (۸۷۵ کیلوگرم در هکتار). بعد از تیمار ۵۰ تن در هکتار کود دامی، تیمار کود شیمیایی و تیمار ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست با عملکردی معادل، ۸۲۰ و ۸۱۴ کیلوگرم در هکتار در مرحله بعدی قرار داشتند. در شرایط آبیاری کامل اختلاف تیمارهای کودهای آلی با کود شیمیایی بیش تر شد و تیمار کود شیمیایی با عملکرد دانه‌ای معادل ۱۲۸۴ کیلوگرم در هکتار تفاوت زیادی با بقیه تیمارها نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد که گیاه کلزا در شرایط کمبود رطوبت عکس‌العمل بهتری به کودهای دامی و ورمی کمپوست نشان می‌دهد و در صورتی که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد، امکان جایگزینی آن‌ها در این گونه شرایط با کودهای شیمیایی میسر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، عملکرد دانه، کمپوست زباله شهری، کود گاوی، ورمی کمپوست

مقدمه

از اوایل قرن بیستم و با شکل‌گیری سامانه‌های از کشاورزی که امروز، کشاورزی رایج خوانده می‌شود، نگرانی‌های گوناگونی نسبت به پیامدهای این سامانه ابراز شد. این دغدغه‌ها در سده‌ی گذشته و با کاربرد بیش از حد نهاده‌های برون مزرعه‌ای، به‌ویژه کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی و مصنوعی، افزایش یافت و تلاش‌ها برای یافتن رهیافت‌های جایگزین شدت گرفت که در نهایت به پیدایش مفهوم کشاورزی پایدار منجر شد. این نوع کشاورزی که ریشه در سامانه‌های کشاورزی سنتی و کم‌نهاده و پای بر شانه‌ی فناوری‌ها و عملیات نوین بوم‌سازگار دارد، به دنبال تولید عملکرد مطلوب و در عین حال، حفظ ساختار محیط و کمینه‌سازی پیامدهای منفی فعالیت‌های کشاورزی است (Ehteshami and Chayichi, 2010). در همین راستا تحقیقات فراوانی به عمل آمده است. در یک بررسی

Nezhad Hoseini *et al*, (2011) اثر دو نوع کود آلی همراه با عناصر بر و روی را بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه‌ی ارزن معمولی (*Panicum miliaceum*) بررسی نموده و گزارش کردند که در بین تیمارهای کود آلی، کود گاوی بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه، وزن خشک شاخساره‌ها، ارتفاع خوشه و وزن هزار دانه نشان داد. به‌طوری‌که درصد افزایش آن‌ها به ترتیب معادل ۱۴۵/۴، ۱۴۰/۱، ۳۹/۹ و ۲۳/۳ نسبت به شاهد گردید. در بررسی دیگری (Seyyedi and Rezvani Moghaddam, 2011) در مورد گندم (*Triticum aestivum*) گزارش شده است که تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه در تیمار ۸۰ تن کمپوست قارچ در مقایسه با شاهد (بدون هیچ‌گونه کودی) به ترتیب از افزایش ۲/۹۸ و ۱/۵۶ برابری برخوردار بود. گزارش دیگری بیانگر این است که عملکرد علوفه‌ی خشک در شنبلله (*Trigonella foenum*) در تیمار مصرف کمپوست زباله‌ی شهری در مقایسه با سایر کودهای آلی (گاوی، گوسفندی، مرغی) و هم‌چنین کود شیمیایی کم‌تر بود (Mohammad Abadi *et al*, 2011). (Gharashi *et al*, 2012) تأثیر فسفر و ماده ی آلی را بر فراهمی و جذب آهن در گیاه ذرت (*Zea mays*) مطالعه کرده و گزارش نمودند که با افزودن کود گاوی، وزن کل خشک

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آگروکولوژی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی

مشهد

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

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.27794

مورفولوژیک (تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته) و اجزای عملکرد ماریتیغال (تعداد گل‌آذین در هر بوته، قطر گل‌آذین و تعداد دانه در هر کاپیتول) تحت تأثیر اعمال تیمارهای مختلف کودی قرار نگرفتند. در ارزیابی Saeed Nezhad and Rezvani Moghaddam, 2010 رابطه با اثر مصرف کمپوست و ورمی کمپوست، نشان داده شد که بیش‌ترین وزن هزاردانه در گیاه زیره‌ی سبز (*Cuminum cyminum*) مربوط به تیمار کمپوست بود و پس از آن تیمارهای ورمی کمپوست، کود گوسفندی و کود گاوی بیش‌ترین وزن هزاردانه را تولید کردند. آن‌ها همچنین اثر مصرف کمپوست، ورمی کمپوست و کودهای دامی را روی عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره‌ی سبز بررسی نموده و اظهار داشتند که در بین تیمارها، ورمی کمپوست دارای بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۶۵ کیلوگرم در هکتار) و بیش‌ترین عملکرد دانه (۴۷۷ کیلوگرم در هکتار) بود. علاوه بر آن، گزارش نمودند که در بین تیمارها، تیمار ورمی کمپوست از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد. در آزمایش دیگری Jahan and Kouchehi, 2004 تولید ارگانیک بابونه‌ی آلمانی را همراه با کشت مخلوط گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که کود دامی تأثیری روی مجموع ماده‌ی خشک بابونه‌ی آلمانی نداشت. Tabrizi et al, 2009، اثر کودهای آلی را روی گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) بررسی نموده و گزارش کردند که افزایش کودهای حیوانی بیش از ۱۰ تن در هکتار، اثر معنی‌داری روی بیوماس گیاه نداشت. Moradi et al, 2011 کودهای آلی و زیستی را روی عملکرد میوه و اسانس مرزه (*Satureja hortensis*) بررسی نموده و اظهار داشتند که تیمارهای شاهد و ورمی کمپوست+ازتوباکتر به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین درصد روغن بودند. در رابطه با نقش کودهای آلی در حفظ رطوبت نیز تحقیقات فراوانی به‌عمل آمده است. در گزارشی، Arancon et al, 2004 اظهار داشتند که استفاده از کودهای کمپوست به‌دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی مانند تخلخل بالا، قدرت جذب و حفظ زیاد عناصر غذایی، آزادسازی تدریجی آن‌ها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب به‌منظور بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی نیز متداول است. در آزمایش دیگری، Hornick, 1998 گزارش کرده است که کودهای دامی یکی دیگر از منابع مواد آلی می باشد که کاربرد آن‌ها اثرات سودمندی را بر خواص فیزیکی خاک مانند افزایش نفوذپذیری، کاهش وزن مخصوص، افزایش قدرت نگهداری آب، بهبود فعالیت‌های میکروبی و نیز افزایش میزان مواد غذایی موجود در خاک دارد. Lal, 1995 نیز گزارش کرده است که مواد آلی توانایی جذب رطوبت به اندازه‌ی ۹۰ درصد وزن خود را دارند.

هدف از اجرای این آزمایش نیز بررسی اثر کودهای کمپوست، ورمی کمپوست، دامی و کود شیمیایی روی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کلزا در شرایط مختلف مصرف آب بود.

شاخصاره افزایشی برابر با ۳۲/۴۳ درصد را نسبت به شاهد نشان داد. در آزمایشی دیگری (Lellahgani Dezaki et al., 2006) در مورد اثر کود دامی و عمق کاشت بر مراحل فنولوژیکی و عملکرد غده‌ی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) مشخص شد که میزان کود دامی به‌کار رفته بر تعداد روزهای کاشت تا سبز شدن، تعداد غده در بوته و عملکرد غده تأثیر معنی‌داری داشت. نتایج آزمایش دیگری (Ghorbani et al., 2008) بیانگر این است که کودهای آلی موجب باردهی زودتر گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) شدند، به‌طوری‌که عملکرد در تیمارهای کود آلی نسبت به شاهد در چین‌های اول و دوم بیش‌تر از چین آخر افزایش نشان داد. در آزمایش دیگری، Mirhashemmi et al, 2009 شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زیان (*Trachyspermum copticum*) و شنلبله در کشت‌های خالص و مخلوط مبتنی بر اصول کشاورزی زیستی را بررسی کرده و اظهار نمودند که در بین چهار سطح مختلف کود دامی (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ تن در هکتار)، بالاترین میزان تجمع ماده‌ی خشک در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد. Tahami Zarandi et al, 2009 تأثیر کمپوست زباله‌ی شهری و برخی کودهای بیولوژیک بر عملکرد، اجزای عملکرد بذر و شاخص برداشت گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*) را بررسی نموده و گزارش کردند که از لحاظ وزن هزاردانه، بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در آزمایش دیگری، Moradi et al, 2009 تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی را بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و میزان اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) بررسی کرده و اظهار داشتند که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۸۷ سانتی‌متر) در تیمار مخلوط کمپوست و ازتوباکتر و تعداد چتر در بوته (۳۰ چتر)، وزن هزاردانه (۴۴/۳ گرم)، عملکرد بیولوژیکی (۵۴۴۴ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد اسانس (۲۹/۹۸ لیتر در هکتار) و عملکرد دانه (۱۰۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار استفاده‌ی توأم از کمپوست و ورمی کمپوست حاصل شد. Fallahi et al, 2008 اثر کودهای آلی را روی اسانس و کامازولین در گیاه دارویی بابونه‌ی 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 (به‌ترتیب ۸۹۴/۳۰، ۶۵۲ و ۶۰۵/۶۸ کیلوگرم در هکتار). آن‌ها همچنین اظهار داشتند که این تیمارها روی صفت قطر گل اثر معنی‌داری نداشتند. در آزمایش دیگری که Rezvani Moghaddam et al, 2010 گزارش نمودند که بیش‌ترین (۷۴/۰۸) و کم‌ترین (۶۰/۹۴) تعداد دانه در کپسول در کنجد (*Sesamum indicum*) به‌ترتیب در تیمار کود گاوی و شاهد به‌دست آمد. در بررسی دیگری که Yazdani Biouki et al, 2010 روی برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum*) در پاسخ به کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی داشتند متذکر شدند که هیچ‌کدام از صفات

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کلزای بهار رقم هایولای-۱۰۰، آزمایشی در مزرعه‌ی دانشکده کشاورزی مشهد در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل کودهای آلی و آبیاری بود. تیمارهای کودی شامل کمپوست، ورمی کمپوست، کود دامی کاملاً پوسیده و کود شیمیایی بود. کودهای آلی و کود فسفر در ۱۵ دی ماه به زمین داده شد و کود نیتروژن ۵۰ درصد در زمان کاشت و ۵۰ درصد هم در ابتدای ساقه‌رفتن مورد استفاده قرار گرفت. زمان کاشت بذر ۱۵ اسفندماه یعنی دو ماه بعد از کوددهی بود. زمان آبیاری در تیمار کم آبیاری همزمان با کشت و در مرحله رشد ۳۰ بود (Azimzadeh and Azimzadeh, 2011). در آبیاری کامل، آبیاری در مرحل رشدی، همزمان با کشت، مرحله رشد ۳۰، مرحله رشد ۵۰ و مرحله رشد ۷۰ انجام شد. در هر نوبت آبیاری معادل ۴۰ میلی‌متر آب از طریق نوارهای مخصوص آبیاری که در آن‌ها مقدار آب قابل اندازه‌گیری و کنترل است استفاده شد. بنابراین با توجه به مقدار بارندگی (۲۳۵ میلی‌متر)، تیمار کم آبیاری معادل ۳۱۵ میلی‌متر و تیمار آبیاری کامل معادل ۳۹۵ میلی‌متر آب دریافت نمود. کود کمپوست زباله شهری در سه مقدار ۷، ۱۱ و ۱۵ تن در هکتار، کود ورمی کمپوست نیز در سه مقدار ۷، ۱۱ و ۱۵ تن در هکتار، کود دامی در سه مقدار ۲۰، ۳۵ و ۵۰ تن در هکتار و کود شیمیایی هم بر مبنای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر هریک از کودهای آلی به نحوی انتخاب شد که مقدار نیتروژن آن معادل تیمار کود شیمیایی نیتروژنه باشد (برای کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست ۱۱ تن در هکتار و برای کود دامی ۳۵ تن در هکتار). برای بررسی تغییرات مقدار کودهای آلی، یک سطح کمتر و یک سطح بیش‌تر از این تیمارها نیز در نظر گرفته شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در کرت اصلی و تیمارهای کودی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طول کرت‌های فرعی سه و عرض آن‌ها ۲ متر بود. به منظور آماده‌سازی زمین، ابتدا از شخم برگردان‌دار استفاده شد و سپس زمین به تعداد لازم دیسک زده شد و نهایتاً تسطیح صورت گرفت و کرت‌بندی انجام شد. سپس کود آلی به مقدار لازم در کرت‌ها پخش شد و توسط کارگر و با بیل کاملاً با خاک مخلوط گردید و سپس در هر کرت شش ردیف با فاصله‌ی ۲۵ سانتی‌متر طراحی شد و بذر کلزا در داخل ردیف‌ها قرار داده شد و روی کرت‌ها با حدود سه‌سانتی‌متر خاک پوشانده شد. مقدار بذر بر مبنای ۷۰ بوته در مترمربع محاسبه شد. در طول فصل زراعی و بعد از جمع‌آوری محصول از صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک یادداشت‌برداری به عمل آمد. داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C مورد آنالیز قرار گرفته و میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن

نتایج و بحث

اثر تیمار آبیاری بر خصوصیات اندازه‌گیری شده کلزا

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثر تیمار آبیاری بر صفات عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج‌درصد و بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). عملکرد دانه در تیمار کم آبیاری ۶۶۰ و در تیمار آبیاری کامل ۸۳۷ کیلوگرم در هکتار بود که افزایشی معادل ۲۱ درصد نشان می‌دهد. تعداد غلاف در بوته نیز در تیمار آبیاری کامل در مقایسه با کم آبیاری ۹/۵ درصد افزایش نشان داد. وزن هزاردانه در تیمار کم آبیاری ۲/۴ گرم بود که در تیمار آبیاری کامل به ۲/۹ گرم افزایش یافت که این افزایش وزن دانه در تیمار آبیاری کامل در مقایسه با کم آبیاری ۱۷ درصد می‌باشد. افزایش عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مقایسه با کم آبیاری می‌تواند به این دو جزء عملکرد نسبت داده شود.

اثر تیمارهای کودی بر خصوصیات اندازه‌گیری شده کلزا

اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار استفاده از کود نیتروژنه در مقایسه با تمامی تیمارها عملکرد دانه بیش‌تری تولید نمود (شکل ۱). البته اختلاف عملکرد دانه در تیمار کود نیتروژنه با تیمار ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست و ۵۰ تن در هکتار کود دامی اختلاف معنی‌داری نداشت. با افزایش مصرف ورمی کمپوست از هفت به ۱۱ تن در هکتار عملکرد دانه از ۵۷۴ به ۸۴۶ کیلوگرم در هکتار افزایش و با افزایش مصرف ورمی کمپوست از ۱۱ به ۱۵ تن در هکتار عملکرد دانه به ۷۷۴ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. با افزایش مصرف کود دامی از ۲۰ به ۳۵ و ۵۰ تن در هکتار عملکرد دانه به ترتیب از ۶۸۵ به ۷۵۴ و ۸۵۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. عکس‌العمل عملکرد دانه به کمپوست زباله شهری همانند ورمی کمپوست بود یعنی با افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از هفت به ۱۱ تن در هکتار عملکرد دانه از ۶۰۳ به ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش و با افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از ۱۱ به ۱۵ تن در هکتار عملکرد دانه از ۷۶۰ به ۵۷۹ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. بنابراین مقداری از ورمی کمپوست که معادل تیمار کود شیمیایی نیتروژن آزاد می‌کند (۱۱ تن در هکتار) عملکردی معادل کود شیمیایی تولید می‌کند. البته مصرف ۵۰ تن در هکتار کود دامی نیز اختلاف معنی‌داری با تیمار استفاده از کود شیمیایی و مصرف ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست نداشت. لکن به دلیل هزینه کمتر استفاده از ۵۰ تن کود دامی در مقایسه با ورمی کمپوست در حال حاضر مصرف کود دامی مقرون به صرفه و قابل‌دسترس می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در کلزا
Table 1- Results of analysis of variance of recorded traits of rapeseed

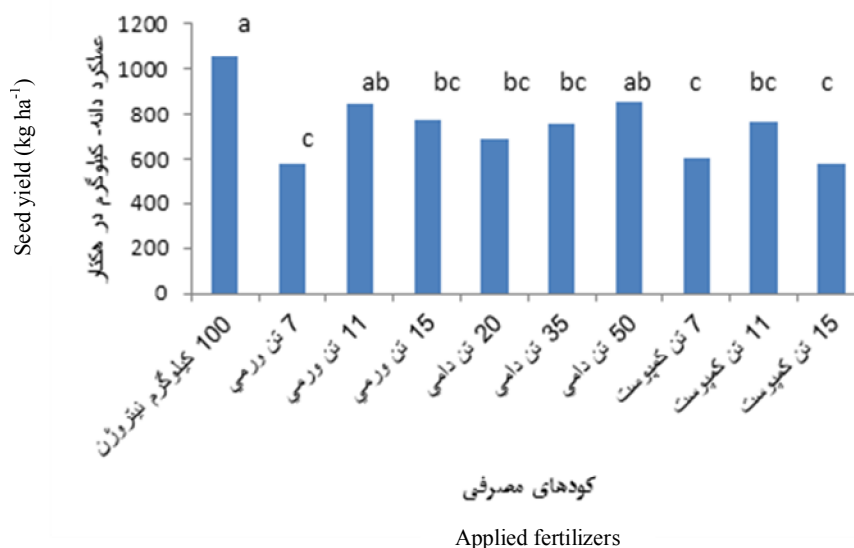
منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	TKW	پود/گیاه	تعداد غلاف در گیاه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف	طول غلاف	ارتفاع	تعداد شاخه	عملکرد کاه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
SOV	DF	HI			Pod/plant	Seed/pod			Pod length	Height	Branch number	Straw yield	Biological yield	Seed yield
تکرار	2	5.28	0.29	0.29	110	2.3	0.104	27.4	0.23	715508	1021946.6	56759.8		
آبیاری	1	69.7**	3.7*	1178.3*	5.4	0.001	9.04	0.054	0.054	554304.8	204610.6	470466.1*		
خطا	2	1.2	0.11	58	5.4	0.126	46.1	0.042	0.042	471927.5	714346	27352.8		
کودهای آلی	9	4.3	0.09	623.8*	5.9	0.077	25.8*	0.473*	0.473*	4277660**	5830589.6**	132312.6**		
آبیاری*کودهای آلی	9	1.9	0.08	451.8**	15.1	0.017	11.1	0.284	0.284	1245035.6**	1662358.5	37190.2*		
خطا	36	2.9	0.09	130.4	3.2	0.112	11.2	0.208	0.208	385331.3	446642.9	17538		
CV(%)	15	11.2	12.59	11	6.6	5.4	10.2	12.5	10.2	10.2	10.2	17		

***، **، *، Significant at probability level of ۱% and ۵%/respectively
#، **، *، Significant at probability level of ۱% and ۵%/respectively

جدول ۲- اثر تیمارهای آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده کلزا
Table 2- Effect of irrigation treatments on measured traits of rapeseed

آبیاری	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کاه	تعداد شاخه	ارتفاع	طول غلاف	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	وزن هزار دانه	شاخص برداشت %
Irrigation	Seed yield (kg ha ⁻¹)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Straw yield (kg ha ⁻¹)	Branch number	Height (cm)	Pod length (cm)	Seed/pod	Pod/plant	TKW	HI
کم آبیاری deficit irrigation	660a	6322a	5662a	3.6a	62a	5a	16a	86b	2.4b	10b
آبیاری کامل full irrigation	837b	6692a	5854a	3.6a	61a	5a	15.5a	95a	2.9a	12a

*- حروف متفاوت در هر ستون بیانگر معنی‌دار بودن آن صفت در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد
Different letter in each column shows the treatment's significance at probability level of 5%



شکل ۱- اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه کلزا

Figure 1-Effect of fertilizer treatments on seed yield of rapeseed

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

Columns with at least a common letter are not significant at 5% level of probability according to Duncan multiple test range

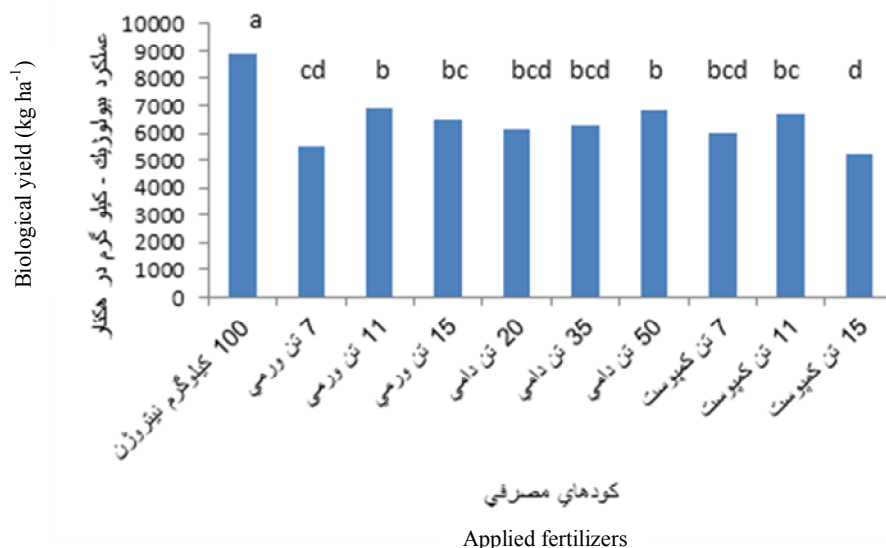
بیولوژیک از ۶۹۰۶ به ۶۴۹۳ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. مصرف ۲۰، ۳۵ و ۵۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب عملکردی معادل ۶۱۷۳، ۶۲۸۶ و ۶۸۵۰ کیلوگرم در هکتار تولید نمود. افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از هفت به ۱۱ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک را از ۶۰۱۰ به ۶۶۹۳ کیلوگرم در هکتار افزایش و افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از ۱۱ به ۱۵ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک را از ۶۶۹۳ به ۵۲۶۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داد.

اثر تیمارهای کودی بر عملکرد کاه هم در سطح احتمال یک درصد

اثر تیمارهای کودی بر عملکرد بیولوژیک نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار استفاده از کود شیمیایی نیتروژنه در مقایسه با تمامی تیمارهای کود آلی عملکرد بیولوژیک بیش‌تری تولید نمود. عکس‌العمل عملکرد بیولوژیک به افزایش مصرف کودهای آلی عیناً مشابه عملکرد دانه بود (شکل ۲).

با افزایش مصرف ورمی کمپوست از هفت به ۱۱ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک از ۵۵۴۰ به ۶۹۰۶ کیلوگرم در هکتار افزایش و با افزایش مصرف ورمی کمپوست از ۱۱ به ۱۵ تن در هکتار عملکرد

معنی دار بود (جدول ۱). عکس العمل عملکرد کاه به کاربرد کودهای آلی مشابه با تأثیرپذیری عملکرد بیولوژیک بود (شکل ۳).



شکل ۲- اثر تیمارهای کودی بر عملکرد بیولوژیک

Figure 2- Effect of fertilizer treatments on biological yield

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

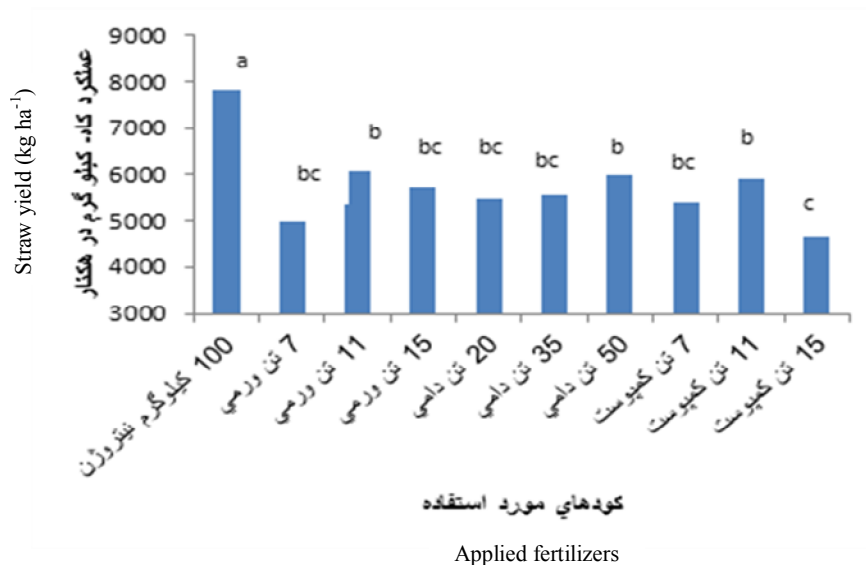
Columns with at least a common letter are not significant at 5% level of probability according to Duncan multiple test range

اظهار نمودند که در بین تیمارها، ورمی کمپوست دارای بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و بیش‌ترین عملکرد دانه بود.

اثر تیمارهای کودی بر تعداد شاخه‌ها در بوته گرچه ظاهراً قابل توجه نبود، ولی اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد شاخه در گیاه در تیمار استفاده از ۳۵ تن کود دامی حاصل شد (شکل نشان داده نشده است).

اثر تیمارهای کودی بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش مصرف ورمی کمپوست از هفت به ۱۱ و ۱۵ تن در هکتار تعداد غلاف در بوته به ترتیب از ۷۹/۹ ، ۹۲/۶ و ۸۲/۵ بود. افزایش مصرف کود دامی از ۲۰ به ۳۵ و ۵۰ تن در هکتار، تعداد غلاف در بوته را به ترتیب ۳/۵ و ۲۵ درصد، افزایش داد. افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از هفت به ۱۱ تن در هکتار، تعداد غلاف در بوته را ۱۵ درصد افزایش و افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از ۱۱ به ۱۵ تن در هکتار، تعداد غلاف را ۱۵ درصد کاهش داد. مصرف ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست، در مقایسه با کود شیمیایی ۵/۴ درصد افزایش در تعداد غلاف نشان داد. مصرف ۵ تن در هکتار کود دامی هیچ تفاوتی در تعداد غلاف با کود شیمیایی نداشت. مصرف ۱۱ تن در هکتار کمپوست زباله شهری در مقایسه با کود شیمیایی ۱۴/۵ درصد افزایش در تعداد غلاف نشان داد (شکل ۴).

گرچه اثر کودهای آلی بر کلزا کمتر مورد مطالعه قرار گرفته ولی روی سایر گیاهان بیش‌تر مطالعه شده است. در آزمایشی LellahganiDezaki *et al.*, 2006 گزارش نمودند که کود دامیبر تعداد غده در بوته و عملکرد غده تأثیر معنی‌داری داشت. در آزمایش دیگری، Mirhashemmi *et al.*, 2009 گزارش نمودند که بالاترین میزان تجمع ماده‌ی خشک در گیاه شنبلیله و زنیان در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد. در گزارش دیگری، Moradi *et al.*, 2009 تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی را بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و میزان اسانس گیاه رازیانه بررسی کرده و اظهار داشتند که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۸۷ سانتی‌متر) در تیمار مخلوط کمپوست و ازتوباکتر و بیش‌ترین وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در تیمار استفاده‌ی توام از کمپوست و ورمی کمپوست حاصل شد. Fallahi *et al.*, 2008 اثر کودهای آلی را روی اسانس و کامازولین در گیاه دارویی بابونه‌ی آلمانی 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. Saeednezhad and Rezvani Moghaddam, 2010 نشان دادند که بیش‌ترین وزن هزاردانه در گیاه زیره‌ی سبز مربوط به تیمار کمپوست بود و پس از آن تیمارهای ورمی کمپوست، کود گوسفندی و کود گاوی بیش‌ترین وزن هزاردانه را تولید کردند. آن‌ها همچنین

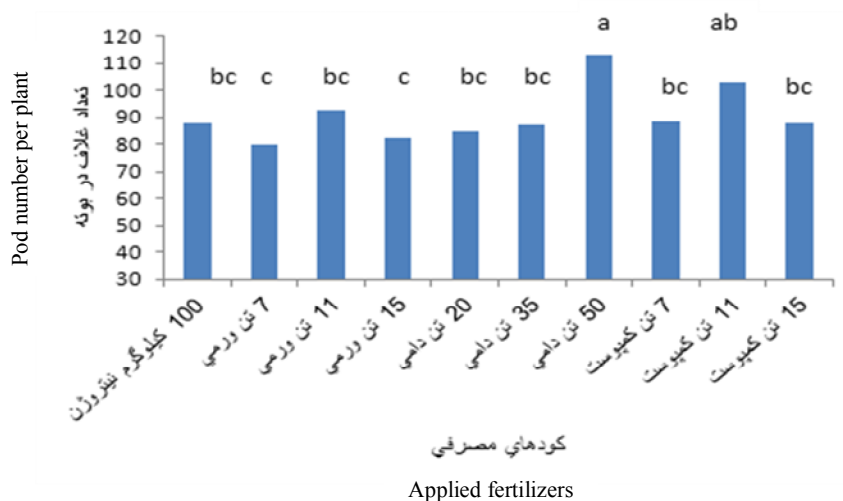


شکل ۳- اثر تیمارهای کودی بر عملکرد کاه

Figure 3- Effect of fertilizer treatments on straw yield

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

Columns with at least a common letter are not significant at 5% level of probability according to Duncan multiple test range



شکل ۴- اثر تیمارهای کودی بر تعداد غلاف در بوته

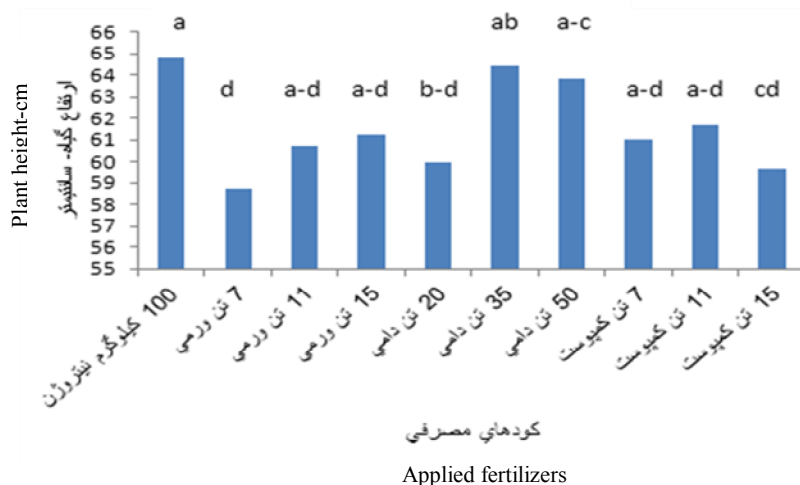
Figure 4-Effect of fertilizer treatments on pod number per plant

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

Columns with at least a common letter are not significant at 5% level of probability according to Duncan multiple test range

و ۴/۵ سانتی‌متر بود و کم‌ترین ارتفاع بوته نیز در تیمار استفاده از هکتار ورمی کمپوست به دست آمد (شکل ۵).

اثر تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار استفاده از کود شیمیایی و ۳۵ تن کود دامی حاصل شد که به‌ترتیب ۶۵



شکل ۵- اثر تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته
Figure 5-Effect of fertilizer treatments on plant height

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

Columns with at least a common letter are not significant at 5% level of probability according to Duncan multiple test range

افزایش و با افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از ۱۱ به ۱۵ تن در هکتار عملکرد دانه کاهش نشان داد. عکس‌العمل عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه هم کم‌وبیش مشابه عملکرد دانه بود.

در شرایط کم‌آبیاری در تیمار استفاده از ورمی کمپوست با افزایش مصرف کود از هفت به ۱۱ تن در هکتار تعداد غلاف در گیاه ۱۱ درصد افزایش و با افزایش مصرف کود به ۱۵ تن در هکتار تعداد غلاف در بوته کاهش نشان داد. در شرایط آبیاری کامل با افزایش مصرف کود ورمی کمپوست از هفت به ۱۱ و ۱۵ تن در هکتار تعداد غلاف در بوته به ترتیب ۸۰/۶، ۹۶ و ۱۰۴/۵ عدد بود. افزایش مصرف کود دامی هم باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شد. در تیمارهای استفاده از کمپوست زباله شهری هم در شرایط کم‌آبیاری و هم در شرایط آبیاری کامل مصرف ۱۱ تن در هکتار کمپوست زباله شهری بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته را تولید نمود.

در شرایط کم‌آبیاری تعداد دانه در غلاف در تیمار ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست از دو سطح دیگر ورمی کمپوست بیش‌تر بود و می‌توان افزایش عملکرد دانه در این تیمار را به افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته نسبت داد. در شرایط آبیاری کامل تعداد دانه در غلاف با افزایش مصرف ورمی کمپوست از هفت به ۱۱ و ۱۵ تن در هکتار به ترتیب ۱۸، ۱۶ و ۱۲/۶ بود. تعداد دانه در غلاف در تیمار ۳۵ تن کود دامی در مقایسه با ۲۰ و ۵۰ تن در هکتار کمتر بود و تعداد دانه در غلاف در سه مقدار مصرف کمپوست زباله شهری اختلاف زیادی نداشتند.

اثر کودهای آلی بر تعداد دانه در غلاف گرچه قابل‌توجه نبود (معنی‌دار در سطح احتمال هشت درصد) ولی تیمار استفاده از ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست با تولید ۱۷/۳ عدد دانه در هر غلاف بیش‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داد. کم‌ترین تعداد دانه در غلاف نیز در تیمار استفاده از ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست (۱۴/۳) مشاهده شد.

اثرات متقابل آبیاری و کود بر صفات موردبررسی در کلزا

همان‌گونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری و استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد (۱۲۸۴ کیلوگرم در هکتار) که در مقایسه با همین تیمار در شرایط کم‌آبیاری ۳۶ درصد افزایش محصول داشت. به‌نظر می‌رسد این افزایش عملکرد به‌دلیل افزایش تعداد دانه در غلاف در همین تیمار باشد. در تمام تیمارهای استفاده از ورمی کمپوست در شرایط آبیاری کامل در مقایسه با کم‌آبیاری عملکرد دانه بیش‌تر بود، ولی روند تغییرات عملکرد دانه در هر دو شرایط یکنواخت بود؛ بدین‌صورت که با افزایش مصرف ورمی کمپوست از هفت به ۱۱ تن در هکتار عملکرد دانه افزایش و با افزایش مصرف ورمی کمپوست از ۱۱ به ۱۵ تن در هکتار عملکرد دانه کاهش یافت. در تیمار استفاده از کود دامی در هر دو شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری، با افزایش استفاده از کود دامی عملکرد دانه روند افزایشی نشان داد. عکس‌العمل عملکرد دانه در تیمارهای استفاده از کمپوست زباله شهری هم در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری همانند ورمی کمپوست بود، یعنی با افزایش مصرف کمپوست زباله شهری از هفت به ۱۱ تن در هکتار عملکرد دانه

جدول ۳- اثرات متقابل کود و آبیاری بر صفات مورد اندازه گیری کلزا

Table 3- Interaction effects of fertilizer and irrigation on measured treatments of rapeseed

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments	تیمارهای کودی Fertilizer treatments	عملکرد دانه - عملکرد در هکتار Seed yield -kg/h		عملکرد بیولوژیک - عملکرد در هکتار Biological yield -kg/h		عملکرد کاه - عملکرد در هکتار Straw yield kg/h		تعداد دانه در غللاف Seed/pod		تعداد غلاف در بوته Pod/plant	
کم آبیاری Deficit irrigation	Nitrogen-100 kg/h ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن/h	820	bcd*	7613	b	6792	b	13.7	cd	98.8	abc
	Vermicompost-7 t/h ۷ تن در هکتار ورمی کمپوست/h	488	Fg	5300	e	4812	ef	14.3	bcd	79.2	bcd
	Vermicompost-11 t/h ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست/h	814	bcd	7133	bcd	6318	bcde	18.5	ab	89.2	bcd
	Vermicompost-15 t/h ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست/h	736	bcdef	6333	bcde	5597	bcdef	16	abcd	60.5	d
	Manure-20 t/h ۲۰ تن در هکتار کود دامی/h	598	defg	5933	bcde	5335	bcdef	18.6	ab	84.3	bcd
	Manure-35 t/h ۳۵ تن در هکتار کود دامی/h	722	bcdef	6633	bcde	5911	bcdef	19.3	a	81.8	bcd
	Manure-50 t/h ۵۰ تن در هکتار کود دامی/h	875	bc	7333	bcd	6458	bcd	16	abcd	100	abc
	MWC-7 t/h ۷ تن در هکتار کمپوست زباله شهری/h	532	efg	5713	de	5181	bcdef	14.4	bcd	81.4	bcd
	MWC-11 t/h ۱۱ تن در هکتار کمپوست زباله شهری/h	552	efg	5893	bcde	5340	bcdef	16	abcd	99.3	abc
	MWC-15 t/h ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری/h	463	g	5340	e	4876	def	14.6	bcd	87.4	bcd
آبیاری کامل Full irrigation	Nitrogen-100 kg/h ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن/h	1284	a	1106	a	8822	a	17.8	abc	76.6	bc
	Vermicompost-7 t/h ۷ تن در هکتار ورمی کمپوست/h	661	cdefg	5780	cde	5118	cdef	18	abc	80.6	c
	Vermicompost-11 t/h ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست/h	878	bc	6680	bcde	5802	bcdef	16	abcd	96	bc
	Compost-15 t/h ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست/h	813	bcd	6653	bcde	5840	bcdef	12.6	d	104.5	c
	Manure-20 t/h ۲۰ تن در هکتار کود دامی/h	773	bcde	6413	bcde	5640	bcdef	15	abcd	84.8	bc
	Manure-35 t/h ۳۵ تن در هکتار کود دامی/h	787	bcde	5940	bcde	5153	cdef	13.8	cd	92.6	bc
	Manure-50 t/h ۵۰ تن در هکتار کود دامی/h	840	bcd	6366	bcde	5526	bcdef	15.3	abcd	126.2	a
	MWC-7 t/h ۷ تن در هکتار کمپوست زباله شهری/h	674	cdefg	6306	bcde	5632	bcdef	15.8	abcd	95.7	bc
	MWC-11 t/h ۱۱ تن در هکتار کمپوست زباله شهری/h	967	b	7493	bc	6525	bc	16.6	abcd	106.8	ab
	MWC-15 t/h ۱۵ تن در هکتار کمپوست زباله شهری/h	695	cdefg	5180	e	4484	f	14.4	abcd	87.5	bc

*- در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نیستند

Numbers having a common letter are not significant at probability level of 5%

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این آزمایش در بررسی اثرات مستقل، همان گونه که انتظار می رفت تیمار آبیاری کامل در مقایسه با کم آبیاری ۲۱ درصد عملکرد دانه بیش تری تولید نمود. در بررسی اثر کودهای آلی، مصرف ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست و ۵۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با بقیه تیمارها عملکرد دانه بیش تری تولید نمودند. علی رغم کاهش عملکرد تیمارهای مذکور در مقایسه با کود شیمیایی اختلاف آن ها با تیمار کود شیمیایی معنی دار نبود.

در بررسی اثرات متقابل آبیاری و کود های آلی، عکس العمل گیاه به کود های آلی در شرایط کم آبیاری قابل توجه بود. تیمار استفاده از ۵۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با بقیه تیمارها در شرایط کم آبیاری بیش ترین عملکرد دانه را تولید نمود (۸۷۵ کیلوگرم در هکتار). علی رغم معنی دار نبودن اختلاف عملکرد دانه آن با کود شیمیایی، افزایش شش درصدی در مقایسه با این تیمار نشان داد. به نظر می رسد، افزایش تعداد غلاف در بوته در این تیمار (۱۰۰/۸) و افزایش تعداد دانه در غلاف (۱۶) در افزایش عملکرد دانه نقش داشته باشد. بعد از تیمار ۵۰ تن در هکتار کود دامی، تیمار کود شیمیایی و تیمار ۱۱ تن در هکتار ورمی کمپوست قرار داشتند که به ترتیب ۸۲۰ و

۸۱۴ کیلوگرم در هکتار دانه تولید نمودند. کاهش عملکرد در تیمار ۱۱ تن کود ورمی کمپوست در مقایسه با کود شیمیایی فقط ۰/۷ درصد بود.

در شرایط آبیاری کامل اختلاف تیمارهای کود های آلی با کود شیمیایی بیش تر شد. تیمار کود شیمیایی با عملکرد دانه ای معادل ۱۲۸۴ کیلوگرم در هکتار تفاوت زیادی با بقیه تیمارها نشان داد. بیش ترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل در بین تیمارهای کود های آلی متعلق به مصرف ۱۱ تن کمپوست زباله شهری و ۱۱ تن ورمی کمپوست در هکتار بود که به ترتیب عبارت بودند از ۹۶۷ و ۸۷۸ کیلوگرم در هکتار که در مقایسه با کود شیمیایی به ترتیب حدود ۲۵ و ۳۱ درصد کاهش عملکرد داشتند.

بنابراین به عنوان یک نتیجه گیری کلی، این گونه از این آزمایش نتیجه گیری می شود که گیاه کلزا در شرایط کمبود رطوبت عکس العمل بهتری به کود های آلی نشان می دهد و امکان جایگزینی آن ها در این گونه شرایط با کود های شیمیایی میسر می باشد. کود های آلی در شرایط آبیاری کامل نمی توانند رقیب کود های شیمیایی در زراعت کلزا باشند.

References

1. Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J. D. 2004. Influences of Vermicompost on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource technology* 93: 145-153.
2. Azimzadeh, S. M., and Azimzadeh, S. J. 2011. Crop plant growth stage and development. Publication of Agricultural Education and Promotion.
3. Ehteshami, S. M. R., and Chayichi, M. R. 2010. Organic Agriculture. Gilan University Publication.
4. Fallahi, J., Koocheki, A. R., and Rezvani Moghaddam, P. 2008. Evaluation of the effect of organic fertilizers on quantitative, essence and chamasoline indice in German Chamomile. *Agricultural Research: Water, Soil and Plant in Agriculture* 8(1): 157-168.
5. Ghorbani, R., Koocheki, A., Asadi, Gh., and Jahan, M. 2008. Evaluation of the effect of application of different organic fertilizers and their extract spraying on tomato production and durability in storage in ecological Agricultural systems. *Journal of Iranian Agricultural Researches* 6(1): 111-116.
6. Gharashi, L. A., Haghnia, Gh., Lakzian, A., and Khorasani, R. 2012. Effect of phosphorus and organic materials on iron availability in corn. *Agroecology Journal* 4(1): 12-19.
7. Hornick, S. B. 1998. Use of organic amendments to increase the productivity of sand and gravel soils: Effect on yield and composition of sweet corn. *American Journal of Alternative Agriculture* 3: 156-162.
8. Jahan, M., and Koocheki, A. 2004. Organic production of German Chamomile intercropped with Pot Marigold. 6th IFOAM-Asia Scientific Conference "Benign Environment and Safe food." 481-488.
9. Kato, Y., and Yamagishi, J. 2011. Long term effects of organic manure application on the productivity of winter wheat grown in a crop rotation with maize in Japan. *Field Crops Research* 120: 387-395.
10. Lal, R. 1995. The role of residues management in sustainable agricultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 5(4): 51-76.
11. Lellahgani Dezaki, B., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2006. Effect of manure and plantation depth on phonological stages and tuber yield of potato. *Journal of Iranian Agricultural Research* 4(2): 1-10.
12. Mirhashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation of growth physiological indices of Fenugreek in pure cropping and intercropping based on principles of organic Agriculture. *Journal of Iranian Agricultural Research* 7(2): 685-694.
13. Mohammad Abadi, A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Boroumand Rezazadeh, Z. 2011. Evaluation of the effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of fenugreek forages. *Agroecology Journal* 3(4): 491-499.
14. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2009. Evaluation of the effect of organic and biofertilizers on yield, seed yield components and essence content of Fennel. *Journal of Iranian Agricultural Research* 7(2): 625-635.
15. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Nezhadali, A. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(2): 546-553.
16. Nezhad Hoseini, T., Astarayi, A., Khorasani, R., and Emami, H. 2011. Evaluation of two organic fertilizers with bor and zinc on yield, yield components and nutrients density in Millet. *Journal of Iranian Agricultural Research* 9(1): 70-77.
17. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A., and Moradi, R. A. 2010. Evaluation of the effect of chemical and organic fertilizers on yield and yield components of Sesame in different plantation densities. *Agroecology Journal* 2(2): 256-265.
18. SaeedNezhad, A. H., and Rezvani Moghaddam, P. 2010. Evaluation of consumption of compost, vermicompost and manures on yield, yield components and essence percentage of Cumin. *Journal of Horticultural Science* 24(2): 142-148.
19. Sajjadi nik, R., Yadavi, A., Baloochi, H. R., and Faragi, H. 2011. Comparison effect of chemical fertilizer (urea), orgnic (vermicompost) and biofertilizer (nitroxin) on quantitative and quantitative yield of Sesame. *Journal of Agricultural science and sustainable production* 2(21): 88-101.
20. Seyedi, S. M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Evaluation of yield, yield components and nitrogen use efficiency in using of mushroom compost, biofertilizer and urea in wheat. *Agroecology Journal* 3(3): 309-319.
21. Tabrizi, L., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Bannayan, M. 2009. Effect of irrigation and organic manure on Khorasan thyme. *Archives of Agronomy and Soil science* 57(3): 317-326.
22. Tahami Zarandi, S. M. K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2009. Effect of municipal waste compost and some biofertilizers on yield, seed yield components and harvest index of Basil. First national conference of Agriculture and Sustainable Development, Opportunities and Challenges ahead. Islamic Azad University of Shiraz.
23. Yazdani Biouki, R., Rezvani Moghaddam, P., Khazayi, H. R., and Astarayi, A. R. 2010. Evaluation of some qualitative and quantitative characteristics of Milk Thistle in response to organic, chemical and biofertilizers. *Agroecology Journal* 2(4): 548-555.



Study on Replacement Probability of Organic with Chemical Fertilizers in Canola (*Brassica napus*) under Two Deficit and Full Irrigation Conditions

S. J. Azimzadeh¹- M. Nassiri Mahallati^{2*} - A. Koocheki²

Received: 04-11-2013

Accepted: 29-07-2015

Introduction

In agricultural ecosystems, organic fertilizers play an important role in producing sustainable agricultural production. Considering this Sajjadi Nik *et al* (2011) reported that with increasing of vermicompost inoculation with nitroxin biofertilizer, capsule number per sesame plant increased, so that the most of capsule number per plant (124.7) was observed in 10 t/h vermicompost with nitroxin inoculation. Seyyedi and Rezvani Moghaddam (2011) reported that seed number per plant and the thousand kernel weight in treatment of 80 t/h mushroom compost in comparison with control were increased by 2.98 and 1.56 fold. In another experiment, Kato and Yamagishi (2011) reported that seed yield of wheat in application of manures equal to 80 t/h/ year more than 10 years in comparison with application of nitrogen fertilizer at the rate of 204 kg/h, showed significant increasing from 725 to 885 gr/m². In another study, Rezvani Moghaddam *et al* (2010) reported that the most (74.08) and the least (60.94) seed number per capsule in sesame was obtained in the treatments of cow manure and control treatments respectively. The aim of this experiment was evaluation the effects of municipal waste compost, vermicompost and cow manure fertilizers in comparison with chemical fertilizer on yield and yield components of canola under two levels of deficit and full irrigation.

Materials and Methods

In order to evaluate the replacement probability of organic fertilizer with chemical fertilizers in canola cultivation, an experiment was conducted at research farm of Mashhad Faculty of Agriculture in year of 2013. Treatments were fertilizer and irrigation. Irrigation treatments included full and deficit irrigation. Fertilizer treatments included municipal waste compost, vermicompost, manure and chemical fertilizer. Chemical fertilizer included Nitrogen and Phosphorus. Experiment was conducted as split plot in randomized complete block design with three replications. Organic fertilizer was scattered in plots and mixed completely with soil. After that in each plot, six rows with distance of 25 cm were designed and canola seeds were placed into the rows and were covered by 3 cm of soil. Through cultivation season and after harvesting the treatments of plant height, pod number per plant, seed number per pod, thousand kernel weight, seed yield and biological yield were recorded. Data were analyzed by MSTAT-C and mean comparison was performed using Duncan's multiple test range.

Results and Discussion

The highest seed yield was obtained in irrigation treatment and application of chemical fertilizer (1284 kg/h). In all of vermicompost treatments in full irrigation compared with deficit irrigation, seed yield was more but the trend of changes in seed yield was the same in both conditions. It means that seed yield increased with increasing vermicompost application from 7 to 11 t/h, but seed yield decreased with increasing vermicompost from 11 to 15 t/h. In treatment of manure application in both conditions of deficit and full irrigation, increasing the manure fertilizer, increased seed yield. Seed yield reaction in treatments of municipal waste compost in both conditions of full and deficit irrigation was the same as vermicompost. It means that increasing the application of municipal waste compost from 7 to 11 t/h, increased seed yield and increasing the application of municipal waste compost from 11 to 15 t/h, decreased seed yield. Biological yield reaction to fertilizer treatments was the same as seed yield. Overlay application of 50 t/h cow manure in deficit irrigation produced the most seed yield compared with all other fertilizer treatments including chemical fertilizer at the rate of 6%. This yield increment was due to higher pod number per plant and higher seed number per pod. In full irrigation, chemical fertilizer produced the most seed yield compared with all other fertilizer treatments.

1- MSc Student of Agroecology of Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

Conclusions

Generally, it is concluded that canola in deficit moisture conditions showed a better reaction to using organic fertilizers and their replacement possibility in same condition with chemical fertilizer is considerable but organic fertilizers in full irrigation condition are not able to produce yield equal with chemical fertilizers in canola cultivation.

Keywords: Cow manure, Irrigation, Municipal waste compost, Seed yield, Vermicompost



تأثیر تنش رطوبتی بر صفات زراعی و مورفولوژیک لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم

حامد نوری زاده^۱ - محمد حسین اهتتام^{۲*} - احمد ارزانی^۳ - محسن اسماعیل زاده مقدم^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۳۱

چکیده

به منظور ارزیابی آثار تنش رطوبتی بر صفات زراعی و مورفولوژیک لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم، مطالعه‌ای با استفاده از ۱۶۹ لاین در قالب دو طرح لاتیس جداگانه (تنش رطوبتی و شاهد) اجرا شد. دو رژیم رطوبتی مشتمل بر آبیاری بر اساس ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و همین‌طور درصد رطوبت وزنی خاک استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین لاین‌ها در شرایط عادی رطوبتی برای کلیه صفات به‌جز تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی معنی‌دار بوده است. در شرایط تنش رطوبتی نیز تفاوت لاین‌ها برای همه صفات به‌جز تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و طول سنبله معنی‌دار بود. تنش رطوبتی موجب کاهش تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت گردید. وراثت‌پذیری خصوصی شاخص برداشت در شرایط عدم تنش رطوبتی کمتر از شرایط اعمال تنش بود. بیش‌ترین وراثت‌پذیری خصوصی در شرایط معمول رطوبتی به تعداد سنبله در واحد سطح (۷۷ درصد) و در شرایط تنش رطوبتی به عملکرد دانه (۸۴ درصد) اختصاص داشت. نتایج رگرسیون مرحله‌ای در شرایط تنش رطوبتی نشان داد که تعداد سنبله در واحد سطح اولین متغیر وارد شده به مدل بوده است که به‌تنهایی ۶۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمود.

واژه‌های کلیدی: اجزاء عملکرد، تنش خشکی، عملکرد دانه، شاخص تحمل به خشکی، طرح لاتیس

مقدمه

کاهش در عملکرد و اجزاء عملکرد در گونه‌های گندم نان و دوروم وجود دارد. تردیدی نیست که این پدیده حتی عملکرد ژنوتیپ‌هایی که تحمل بیش‌تری دارند را نیز کاهش می‌دهد (Johnson and Wichern, 2007). افزایش عملکرد در شرایط کمبود آب به مدیریت لازم برای حداکثر کردن آب قابل‌دسترس نیاز دارد (Abdolshahy et al., 2010). با توجه به ابعاد و مشکلات ناشی از تنش رطوبتی، ارائه راه کارهای به‌نژادی و به‌زراعی برای کاهش خسارت به محصول حائز اهمیت است. مواجهه‌بودن بخش زیادی از اراضی زیر کشت گندم ایران با تنش رطوبتی باعث شده است که تولید این محصول محدود گردیده و بنابراین اصلاح برای تحمل به خشکی به عنوان یک هدف مهم در طرح‌های اصلاحی غلات مد نظر می‌باشد (Arzani, 2002). در این راستا شناسایی و گزینش خصوصیات از گندم که در شرایط تنش رطوبتی در افزایش عملکرد دانه مؤثر هستند باید مورد توجه جدی قرار گیرند. Gooding et al., 2003 در آزمایش بررسی شدت و زمان اعمال تنش رطوبتی در گندم گزارش دادند که تنش رطوبتی با کوتاه کردن دوره پُرشدن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه، وزن هزاردانه و وزن هکتولتر شده و بیش‌ترین تأثیر آن در دوره پُرشدن دانه، بین روزهای اول تا چهارم بعد از گرده‌افشانی می‌باشد.

تولید گندم را می‌توان از طریق ایجاد ارقامی که ظرفیت عملکرد بالاتری در تنش‌های مختلف از جمله تنش رطوبتی دارند، افزایش داد (Gouranga et al., 2007). این موضوع از اهداف درازمدت

تنش رطوبتی که از عمده‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد و خسارت سنگینی را بر محصولات عمده کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان وارد می‌نماید، ممکن است در هر مرحله از رشد گیاه از جوانه زنی تا رسیدگی رخ داده و میزان تولید را تحت تأثیر قرار دهد (Richards et al., 2001). با توجه به گستردگی سطح زیر کشت گندم و متفاوت بودن محیط‌های کشت آن از نظر خصوصیات اقلیمی هر منطقه، شناسایی مرحله یا مراحل بحرانی رشد و نمو یا زمان حساسیت شدید گیاه به خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. مراحل گرده‌افشانی و پُرشدن دانه‌ها جزء بحرانی‌ترین مراحل نمو گندم و حساس‌ترین زمان‌ها نسبت به تنش رطوبتی می‌باشد (Pierre et al., 2008). نتایج مطالعات نشان داده است که تحت شرایط تنش رطوبتی،

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات

۲- استادیار دانشگاه صنعتی اصفهان، دکتری علوم گیاهی، گرایش بیوسیستماتیک گیاهی

۳- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان، دکتری اصلاح غلات و دانه‌های روغنی

۴- عضو هیأت علمی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، اصلاح نباتات

(*) - نویسنده مسئول: Email: hehtemam@cc.iut.ac.ir

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.31822

می‌گرفت. هر دو تیمار رطوبتی تا اواسط مرحله طویل شدن ساقه‌ها به طور یکسان و هم‌زمان آبیاری شدند و از آن پس آبیاری بر اساس تست تبخیر کلاس A انجام شد.

مقدار آب آبیاری بر مبنای رسیدن رطوبت خاک تا عمق موردنظر به حد ظرفیت مزرعه حساب شد و مقدار آب لازم در هر کرت در هر آبیاری طبق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$W = (FC - \theta) \rho DA \quad (1)$$

که در آن:

W = حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب،

FC = رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه بر حسب درصد،

θ = رطوبت وزنی نمونه خاک بر حسب درصد،

ρ = وزن مخصوص ظاهری خاک (ضریب ۱/۵)،

D = عمق مؤثر توسعه ریشه بر حسب متر و

A = مساحت کرت بر حسب مترمربع می‌باشد.

برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی در هنگام آبیاری از پارشال فلوم شماره ۳ استفاده گردید. دبی آب پارشال فلوم پس از ثابت شدن جریان آب سرریز با استفاده از معادله زیر اندازه‌گیری شد.

$$Q = 0.0294H^{2.102} \quad (2)$$

که در آن:

Q = دبی آب ورودی به پارشال فلوم بر حسب لیتر در ثانیه و

H = ارتفاع آب در پارشال فلوم بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

پس از تقسیم حجم کل آب لازم بر دبی پارشال فلوم مدت زمان ورود آب به هر کرت مشخص شد. زمان لازم برای آبیاری هر کرت با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$t = W/Q \quad (3)$$

که در آن:

W = حجم آب لازم (لیتر)،

Q = دبی آب ورودی (لیتر در ثانیه) و

t = مدت زمان آبیاری (ثانیه) می‌باشد.

در این مطالعه راندمان ۱۰۰ درصد فرض شده است.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل تعداد روز تا ظهور سنبله (از زمان شروع اولین آبیاری تا زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها دارای سنبله بودند)، تعداد روز تا گرده‌افشانی (از زمان شروع اولین آبیاری تا زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها عمل گرده‌افشانی را داشتند)، تعداد روز تا رسیدگی (از زمان شروع اولین آبیاری تا زمانی که بذور دارای رنگ زرد در بالاترین میانگرمه ساقه بودند)، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بودند. به‌منظور تعیین ارقام متحمل به تنش خشکی از شاخص‌های

به‌نژادگران گیاهی بوده است (Mozaffari and Asadi, 2006) و موفقیت این امر زمانی حاصل می‌شود که تنوع ژنتیکی مطلوبی در اختیار باشد (Akram et al., 2008). گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی به‌طور مستقیم با سنجش عملکرد و یا به‌طور غیر مستقیم بر اساس صفات مورفوفیزیولوژیک همبسته با تحمل به خشکی انجام می‌شود (Fischer and Mourer, 1978). کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با خشکی مشکل بوده و نمی‌توان از آن به آسانی در برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود، بنابراین به روش‌هایی برای تأکید بیش‌تر بر روی جنبه‌های ژنتیکی و مدیریت ژن‌های سازگار با شرایط تنش رطوبتی نیاز می‌باشد. با توجه به معضل کمبود بارندگی و آب آبیاری، جایگاه گندم در کشور و خشک‌سالی‌های پیاپی سال‌های اخیر، شناسایی لاین‌های متحمل به خشکی و آگاهی از روابط صفات با عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی حائز اهمیت خاصی است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم از لحاظ صفات زراعی، مورفولوژیک و فنولوژیک انجام شده است.

مواد و روش‌ها

۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم از مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت (سیمیت)، واقع در کشور مکزیک تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم از تلاقی دو والد Seri M82 و Babax (Leinbos and Bergm, 1995) حاصل شده بودند که نتاج حاصل از آن‌ها پس از هشت نسل خودگشینی (F_8)، در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش در اواخر آبان ماه سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد، در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان با عرض جغرافیایی ۲۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۳۰ متر از سطح دریا صورت گرفت.

لاین‌ها در یک طرح لاتیس ساده ۱۳×۱۳ با دو تکرار تحت شرایط شاهد و تنش رطوبتی مورد بررسی قرار گرفتند. بذور هر لاین در یک ردیف به طول سه متر با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر، به‌عنوان یک واحد آزمایش کشت گردید. عملیات داشت شامل آبیاری، مصرف کود و کنترل علف‌های هرز در طی آزمایش صورت گرفت و جهت تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، بر اساس تجزیه خاک، کود اوره به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت پس از رشد در اوایل فصل بهار به زمین اضافه گردید. دو آزمایش شامل دو رژیم رطوبتی مختلف آبیاری، بر اساس ۷۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A اعمال گردید (Fayaz and Arzani, 2011). ضمن این‌که رطوبت خاک در هنگام آبیاری در دو تیمار رژیم آبیاری مورد اندازه‌گیری قرار

گندم در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی (معمولی) در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که مقادیر میانگین تمام صفات (تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد سنبله در واحد سطح، طول سنبله، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت) در شرایط معمولی بیش تر از شرایط تنش رطوبتی بوده است. دامنه تغییرات برای کلیه صفات در هر دو شرایط رطوبتی (معمولی و تنش رطوبتی)، دارای طیف نسبتاً بالایی بود که نشان‌دهنده تنوع بالا بین ارقام مورد مطالعه می باشد. در مقایسه شرایط معمولی و تنش رطوبتی دامنه تغییرات برای صفات فنولوژیک و نیز برخی صفات مورفولوژیک مانند طول سنبله و ارتفاع بوته بسیار نزدیک به شرایط تنش بود. به طور کلی برای تمامی صفات در هر دو شرایط، ضریب تغییرات فنوتیپی از ضریب تغییرات ژنتیکی بالاتر بود که علت آن وجود اثرات محیطی بر این صفات می باشد. اختلاف ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی برای صفات فنولوژیک بسیار کم بود که حاکی از اثر اندک محیط در برآورد این صفات بوده است.

میزان بازدهی انتخاب برای یک صفت به تأثیر نسبی عوامل ژنتیکی و غیر ژنتیکی در بروز تفاوت‌های فنوتیپی آن صفت بستگی دارد که با وراثت‌پذیری بیان می‌گردد (Arzani, 2001). وراثت‌پذیری هر صفت نسبت واریانس ژنتیکی به کل واریانس را نشان می‌دهد (Hoshmand, 2001). میزان وراثت‌پذیری دیدگاه مناسبی در تعیین روش مطلوب جهت اصلاح یک صفت در برنامه‌های اصلاحی و هم چنین شاخصی از نحوه تأثیر روش‌های انتخاب برای آن صفت می‌باشد (Saeedi et al., 2003). البته باید توجه نمود که برآورد وراثت‌پذیری منحصرأ در مورد آن جامعه خاص، نحوه نمونه‌برداری و محیطی که در آن رشد یافته است، صادق است. به طور کلی وراثت‌پذیری را می‌توان به سه گروه، کمتر از ۲۰ درصد، بین ۲۰ تا ۵۰ درصد و بیش‌تر از ۵۰ درصد تقسیم کرد (Farshadfar, 1997). مقادیر وراثت‌پذیری خصوصی برآورد شده نشان داد که در شرایط معمولی صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، سنبله در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و در شرایط تنش رطوبتی صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت دارای مقادیر بالای وراثت‌پذیری بودند، که حاکی از نقش عمده آثار ژنتیکی در اداره این صفات بوده است. در شرایط معمولی صفت تعداد سنبله در واحد سطح (۷۷ درصد) دارای بالاترین وراثت‌پذیری و صفت عملکرد دانه (۸۴ درصد) در شرایط تنش رطوبتی بیش‌ترین میزان وراثت‌پذیری را به‌خود اختصاص داد.

تحمل و حساسیت به تنش خشکی استفاده گردید. شاخص‌های محاسبه شده عبارتند از: معادلات ۴ الی ۸

(۴) شاخص تحمل (TOL) روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981)

$$TOL = Y_p - Y_s$$

(۵) میانگین تولید (MP) روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981)

$$MP = (Y_p + Y_s) / 2$$

(۶) شاخص حساسیت به تنش (SSI) فیشر و مورر (Fischer and Mourer, 1978)

$$SSI = 1 - (Y_s / Y_p) / SI$$

(۷) شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) فرناندز (Fernandez, 1992)

$$GMP = \sqrt{Y_p \cdot Y_s}$$

(۸) تحمل به تنش (STI) فرناندز (Fernandez, 1992)

$$STI = (Y_p \cdot Y_s) / \bar{Y}_p^2$$

در روابط بالا:

Y_p : عملکرد ژنوتیپ در شرایط معمولی

Y_s : عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش

$\bar{Y}_p$: میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط معمولی

$\bar{Y}_s$: میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش

SI: شدت تنش

$$SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

برای تعیین بهترین شاخص‌ها از همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط معمولی و تنش رطوبتی با شاخص‌های تحمل به تنش استفاده شد و شاخص‌هایی که همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشتند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شدند.

وراثت‌پذیری (h^2) از نسبت واریانس ژنتیکی (σ_g^2) به واریانس فنوتیپی (σ_{ph}^2) محاسبه شد. واریانس ژنتیکی و فنوتیپی با استفاده از امید ریاضی مجموع مربعات در تجزیه واریانس به‌دست آمد.

(۹)

$$h^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2) = \sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma^2)$$

با توجه به امید ریاضی برای به‌دست آوردن وراثت‌پذیری از رابطه زیر استفاده شد:

(۱۰)

$$h^2 = \frac{\left(\left(\sigma^2 + \left(\frac{k}{k+1} \right) r \sigma_f^2 \right) - \sigma^2 \right) (k+1)}{\left(\left(\sigma^2 + \left(\frac{k}{k+1} \right) r \sigma_f^2 \right) - \sigma^2 \right) (k+1) + (r k \sigma^2)}$$

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTATC استفاده شد. میانگین لاین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام و مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

آمار توصیفی صفات اندازه‌گیری شده در لاین‌های اینبرد نوترکیب

جدول ۱- آمار توصیفی، برآورد ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت پذیری خصوصی برای صفات زراعی و مورفولوژیک در لاین های اینبرد
نوترکیب گندم به تفکیک معمولی و تنش رطوبتی

Table 1- Descriptive statistics of estimated coefficients of phenotypic and genotypic variation and narrow-sense heritability for agronomical and morphological traits of recombinant inbred lines of wheat under normal and water stress conditions

صفت Trait	وراثت پذیری خصوصی (%) narrow-sense heritability (%)		ضریب تنوع ژنتیکی (%) genotypic variation coefficient (%)		ضریب تنوع فنوتیپی (%) phenotypic variation coefficient (%)	
	تنش stress	شاهد Control	تنش stress	شاهد Control	تنش stress	شاهد Control
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	0.81	0.76	0.01	0.01	0.01	0.01
تعداد روز تا گرده افشانی Days to anthesis	0.77	0.01	0.01	0.01	0.01	0.33
تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	0.75	0.09	0.01	0.01	0.01	0.03
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per m ²	0.78	0.77	0.23	0.26	0.26	0.30
طول سنبله Spike length(cm)	0.04	0.02	0.03	0.11	0.14	0.71
ارتفاع بوته Plant height(cm)	0.63	0.38	0.06	0.04	0.07	0.07
تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	0.08	0.01	0.07	0.06	0.25	0.48
وزن دانه در سنبله Grain weight per spike(gr)	0.44	0.33	0	0	0	0
وزن هزار دانه 1000-grain weight(gr)	0.06	0.64	0.08	0.08	0.34	0.11
عملکرد بیولوژیک biological yield(kg ha ⁻¹)	0.78	0.68	0.02	0.02	0.02	0.02
عملکرد دانه grain yield(kg ha ⁻¹)	0.84	0.76	0.04	0.03	0.04	0.03
شاخص برداشت (%) harvest index (%)	0.74	0.35	0.14	0.07	0.16	0.12

و اجزاء عملکرد ژنوتیپ های مختلف گندم را در اثر تنش خشکی گزارش کردند که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد. Sanjari and Yazdansepa 2008 در مطالعه اثر تنش خشکی بر روی ۱۲ رقم گندم زمستانه نشان دادند که وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش می یابد.

با توجه به اهمیت تعداد سنبله در شکل گیری عملکرد دانه که عمدتاً از تراکم بوته و نیز تعداد پنجه های بارور حاصل می شود، در این آزمایش نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۳) نشان داد که اختلاف بسیار معنی داری بین تعداد سنبله ۱۶۹ لاین گندم وجود داشته است ($p < 0.01$). در شرایط عدم تنش رطوبتی، لاین های ۷۴ و ۱۵۷ به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح را داشتند. اما در شرایط تنش رطوبتی لاین های ۸۱ و یک به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح بودند. از نتایج به دست آمده چنین استنباط شد که تنش غیر زیستی (خشکی) احتمالاً بر فرآیندهای فیزیولوژیک مؤثر بوده و منجر به کاهش در میزان گلدهی شده که به علت کمبود آب و نیز انتقال مواد فتوسنتزی بوده است. Saleem, 2003 و Garcya et al., 2003 نیز نقش رژیم رطوبتی را

مطالعه ۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم در شرایط معمولی و تنش رطوبتی با استفاده از نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسات میانگین (جدول ۲، ۳ و ۴)، حاکی از وجود اختلاف قابل توجه در شرایط آزمایشی (شرایط معمولی و تنش) بود به طوری که وزن هزار دانه در لاین های مورد بررسی تحت شرایط معمولی بسیار معنی دار ($p < 0.01$) بوده است، در حالی که لاین های مورد آزمایش در شرایط تنش رطوبتی از لحاظ وزن هزار دانه اختلاف معنی داری نداشته و جزء عملکردی دیگر (وزن دانه در سنبله) اهمیت بیشتری داشته است. این امر بیان گر اهمیت بیش تر وزن دانه در واحد سنبله در شرایط تنش نسبت به وزن دانه به خودی خود (یا ۱۰۰۰ دانه) در شرایط تنش رطوبتی داشته است. ضمن این که تنوع ژنتیکی زیاد در لاین های مورد آزمایش در شرایط معمولی برای وزن دانه به منصفه ظهور یافته است. به عبارت دیگر در شرایط معمولی ژن های مربوطه بیان شده و در شرایط تنش بیان نشده اند.

نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج Paknejad et al., 2007 مبنی بر کاهش عملکرد و اجزاء عملکرد در سه رقم گندم تحت تنش خشکی مطابقت دارد. هم چنین Imam et al., 2007 کاهش عملکرد

واریانس مشاهده شد (جدول ۲ و ۳). نتایج حاصل نشان داد که لاین شماره یک از لحاظ عملکرد بیولوژیک در هر دو رژیم رطوبتی برتری داشته است. بین کمترین و بیشترین عملکرد بیولوژیک اختلاف ۹۹/۳ درصدی موجود بود. بنابراین تنش رطوبتی باعث شد تا عملکرد بیولوژیک به علت کاهش بیوماس (اندام هوایی) آفت قابل توجهی را نشان دهد. نتایج این آزمایش با گزارش‌های Farid and Ehsanzadeh, 2006 و Gouranga *et al.*, 2007 مبنی بر کاهش وزن خشک کل گیاه در اثر تنش خشکی مطابقت دارد.

شاخص برداشت در برآورد میزان انتقال مواد فتوسنتزی به دانه از بخش رویشی حائز اهمیت است. نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۳) نشان داد که بین لاین‌های اینبرد نوترکیب در شرایط تنش رطوبتی در سطح احتمال یک درصد اختلاف وجود دارد، اما در شرایط عدم تنش رطوبتی بین لاین‌های گندم در سطح احتمال پنج درصد این اختلاف مشاهده شد. کمترین و بیشترین شاخص برداشت در لاین‌های تحت شرایط نرمال رطوبتی به لاین‌های ۱۱ و ۱۶۰ تعلق داشت (به ترتیب ۲۱/۷ و ۵۸/۳ درصد) که بین این دو شاخص برداشت اختلاف ۳۷ درصدی برآورد شد، اما لاین‌های شماره ۱۰۰ و ۱۴۳ با شاخص برداشتی برابر با ۱۶/۸ و ۴۳/۸ درصد کمترین و بیشترین را در شرایط اعمال تنش رطوبتی به‌خود نسبت دادند. گزارش Ahmadi *et al.*, 2006 مبنی بر کاهش ۲۴/۴ درصدی شاخص برداشت در شرایط تنش در مقایسه با شرایط نرمال رطوبتی، با نتایج این آزمایش هماهنگی دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته در لاین‌های تحت تنش رطوبتی دارای اختلاف بسیار معنی‌دار ($p < 0.01$) و در لاین‌های تحت شرایط نرمال رطوبتی (شاهد) اختلاف معنی‌دار ($p > 0.01$) وجود داشت (جدول ۲ و ۳) که نشان دهنده متفاوت بودن روند تغییرات ارتفاع بوته در دو مکان آزمایشی بود. نتایج نشان داد که ارقام متحمل به تنش رطوبتی از کاهش ارتفاع بوته کمتری نسبت به لاین‌های حساس برخوردار بودند. همچنین نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تنوع ژنتیکی بین لاین‌ها برای انتخاب از نظر این صفت به‌اندازه کافی وجود داشت. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج Shahbazi, 2012 مبنی بر روند تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش رطوبتی مطابقت دارد. Huyuan *et al.*, 2007 در گندم تحت شرایط تنش خشکی، شاهد کاهش ارتفاع بوته بودند. همچنین Sio-Se Mardeh *et al.*, 2006 نیز در مطالعه تأثیر خشکی بر روی گندم گزارش کردند که تنش رطوبتی سبب کاهش ارتفاع بوته از شرایط بهینه به تنش رطوبتی شده است که با نتایج مطالعه حاضر هماهنگی دارد.

با توجه به این که تعداد روز تا رسیدگی در رشد و نمو و در نهایت بر عملکرد گیاهان زراعی حائز اهمیت است، در این آزمایش اختلاف معنی‌داری بین لاین‌های متأثر از شرایط معمولی (عدم تنش رطوبتی)

در طی فصل رشد بر تعداد سنبله که دارای ارتباط مستقیم با عملکرد دانه می‌باشد، مهم بیان می‌دارند.

عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق متعددی که تنش‌های محیطی وجود دارد، همیشه به‌عنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مد نظر قرار می‌گیرد (Taleei and Nourmohamadi, 1994). محققان بسیاری با اشاره به تفاوت در میزان تأثیرپذیری مراحل مختلف رشد و نمو گیاه، مرحله دانه‌بندی را به دلیل کاهش عملکرد دانه و وزن هزاردانه، حساس‌ترین دوره رشد و نمو از نظر مواجه شدن با تنش دانسته‌اند (Ehdaie *et al.*, 2008; Ghodsi *et al.*, 2004).

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲، ۳ و ۴) نشان داد که در شرایط معمولی بین لاین‌های اینبرد نوترکیب برای صفات تعداد سنبله در واحد سطح، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد روز تا ظهور سنبله در سطح یک درصد اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.01$). در شرایط اعمال تنش رطوبتی نیز مشابه با شرایط معمولی اختلاف بسیار معنی‌داری برای صفات تعداد سنبله در واحد سطح، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا گرده‌افشانی در سطح یک درصد مشاهده گردید ($p < 0.01$)، اما عملکرد در لاین‌های تحت تنش رطوبتی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از شرایط معمولی بود. بین کمترین عملکرد دانه در شرایط معمولی و تنش رطوبتی ۱۹/۹ درصد اختلاف مشاهده شد، به‌عبارتی عملکرد در شرایط تنش به‌میزان ۱۹/۹ درصد کمتر از عملکرد در شرایط عدم تنش بود. همچنین اختلاف درصدی ۸۷ درصد مشاهده شد که بیانگر کاهش عملکرد در شرایط تنش رطوبتی بود. Ghodsi *et al.*, 2004 به کاهش عملکرد دانه و وزن هزاردانه در شرایط تنش اشاره می‌کنند که نتایج حاصل از این آزمایش را تأیید می‌کند. Shah and Paulsen, 2003 بیان داشتند خشکی انتهایی فصل میزان فتوسنتز را به سرعت کاهش داده و آسمیلات‌های جاری برای پُر شدن دانه کافی نخواهد بود. بنابراین نتایج این آزمایش با نتایج حاصل از آزمایشات این محققین مطابقت دارد. همچنین Pierre *et al.*, 2008 گزارش کردند که تنش رطوبتی در مرحله پُر شدن دانه در ژنوتیپ گندم نان، باعث کاهش عملکرد، وزن هزاردانه و ضخامت دانه می‌شود. بر این اساس Lobnani and Arzani, 2011 کاهش عملکرد دانه برای همه ژنوتیپ‌ها را در گذر از شرایط عادی به تنش رطوبتی گزارش کردند. بنابراین با توجه به برآیند اجزاء عملکرد، می‌توان نتیجه گرفت که لاین شماره یک دارای بیشترین تولید در شرایط تنش رطوبتی و بنابراین قابلیت تحمل به تنش بیش‌تری داشته و لذا می‌توان به عنوان لاین برتر معرفی شود و به عبارتی بیانگر خسارت‌پذیری کمتر این لاین از شرایط تنش رطوبتی می‌باشد.

اختلاف آماری بسیار معنی‌داری بین عملکرد بیولوژیک لاین‌ها در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی بر اساس نتایج حاصل از تجزیه

مشاهده نشد ($p > 0.05$). اما نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۳) نشان داد که لاین‌های تحت تأثیر تنش رطوبتی در سطح یک درصد دارای اختلاف بسیار معنی‌دار بودند ($p < 0.01$). نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌ها این اختلاف را در بین لاین‌های دارای تنش و عدم تنش رطوبتی نشان می‌دهد. Blum, 2005 نشان داد که در شرایط تنش رطوبتی سطوح فتوسنتزی (برگ‌ها) و نیز ارتفاع ساقه کاهش می‌یابد و این امر می‌تواند منجر به کاهش طول دوره رشد به دلیل اعمال شرایط سخت زیستی و در نهایت گریز گیاه از این شرایط برای بقا و تولید باشد.

در مورد صفت تعداد روز تا گرده‌افشانی بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها در شرایط معمولی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$) اما این اختلاف در شرایط تنش رطوبتی بسیار معنی‌دار بود ($p < 0.01$)، (جدول ۲ و ۳). به‌طور میانگین تعداد روز تا گرده‌افشانی برای لاین‌های ۱۴۳ و ۱۵ برابر ۱۴۰/۵ و ۱۴۰ روز به‌ترتیب در شرایط معمولی و وجود تنش بود که بین آن‌ها ۰/۵ روز اختلاف مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین تعداد روز تا گرده‌افشانی به لاین ۱۳۱ برابر با ۱۵۲ روز تعلق داشت. در رژیم رطوبتی تنش رطوبتی، تعداد روز تا گرده‌افشانی کاهش بیش‌تری را نسبت به شرایط عادی نشان داد. Doorenbos and Kassam,

۱۹۹۲ تأثیرپذیری عملکرد گندم را از کمبود آب به‌شدت زمان تنش و مرحله نمو گیاه نسبت می‌دهند و بیان می‌دارند که این شرایط می‌تواند بر فنولوژی، سایر ویژگی‌های سلولی گیاه و در نهایت عملکرد و اجزاء عملکرد مؤثر باشد.

برای صفت تعداد روز تا ظهور سنبله در هر دو رژیم رطوبتی (تنش و عدم تنش) بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲ و ۳) اختلاف بسیار معنی‌دار بین ۱۶۹ لاین مورد مطالعه مشاهده شد ($p < 0.01$). بین کمترین تعداد روز تا ظهور سنبله (در شرایط معمولی و تنش رطوبتی) ۰/۱۴ روز و بین بیش‌ترین آن‌ها ۲/۵۸ روز اختلاف مشاهده شد.

هم‌چنین نتایج نشان داد که تنش رطوبتی موجب کاهش تعداد روز تا ظهور سنبله در لاین متحمل به تنش رطوبتی نسبت به شرایط معمولی می‌شود، در حالی که لاین‌های حساس از نظر این صفت فنولوژیک در شرایط طبیعی رشد قرار داشتند و به عبارتی دوره طولانی‌تری را طی نمودند. Paknejad et al., 2007 در بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در سه رقم گندم نشان دادند که اعمال تنش در مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد منجر به کاهش این دوره و در نهایت عملکرد می‌شود و حساس‌ترین مرحله نمو گندم را به تنش خشکی مرحله گلدهی معرفی کردند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط معمولی

Table 2- Results of analysis of variance of studied traits in recombinant inbred lines of wheat under normal conditions

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	میانگین مربعات Mean Square			
					وزن هزار دانه 1000-grain weight	وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per m ²
تکرار Replication	1	116.21	72307	1058	10.59	0.12	6.53	151207
تیمار Treatment								
تصحیح نشده Non-adjusted treatment	168	35.48*	338121 ^{ns}	54335 ^{ns}	36.53**	0.04 ^{ns}	196.66 ^{ns}	82902 ^{ns}
تصحیح شده Adjusted treatment	168	37.32*	405632**	81817**	26.21**	0.03 ^{ns}	192.02 ^{ns}	127923**
بلوک تنظیم شده در تکرار Adjusted block within replication	24	42.34	2173871	310104	64.06	0.18	296.86	501824
خطا داخل بلوک Error within block	144	24.58	132432	20100	9.63	0.02	195	31013
بازدهی نسبت به RCBD Efficiency over RCBD (%)		104.08	282.34	270.03	161.12	170.41	102.44	279.42

^{ns}, * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **, respectively represent non-significant and significant at probability levels of 5 and 1%

ادامه جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط معمولی

Table 2- continued: Results of analysis of variance of studied traits in recombinant inbred lines of wheat under normal conditions

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square					
		تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در واحد سطح Number of seed per m ²
تکرار Replication	1	39.12	5890	12.11	689.23	6.80	61708493
تیمار تصحیح نشده Non-adjusted treatment	168	98.96 ^{ns}	5033 ^{ns}	16.06 ^{**}	238.26 ^{ns}	109.89 ^{ns}	146359270 ^{ns}
تیمار تصحیح شده Adjusted treatment	168	93.28 ^{ns}	4900 ^{ns}	12.19 ^{**}	77.41 ^{**}	111.62 ^{ns}	188158853 [*]
بلوک تنظیم شده در تکرار Adjusted block within replication	24	208.52	4730	38.63	1267.35	144.88	403707429
خطا داخل بلوک Error within block	144	84.92	4975	3.01	49.03	108.81	125325650
بازدهی نسبت به (%)RCBD Efficiency overRCBD (%)		111.36	105.11	237.35	399.99	101.14	119.92

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns، * and ** non-significant and significant at probability level of 5 and 1%, respectively

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش رطوبتی

Table 3- Results of analysis of variance of studied traits in recombinant inbred lines of wheat under water stress conditions

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square						شاخص برداشت Harvest index
		تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per m ²	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike)	وزن هزار دانه 1000-grain weight)	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield) ²	
تکرار Replication	1	12286	319.22	0.15	169.74	232461	3722836	103.56
تیمار تصحیح نشده Non-adjusted treatment	168	77042 ^{ns}	44.58 ^{ns}	0.02 ^{ns}	180.52 ^{ns}	37364 ^{ns}	245445 ^{ns}	30.92 ^{ns}
تیمار تصحیح شده Adjusted treatment	168	79462 ^{**}	34.58 ^{ns}	0.019 ^{**}	180.55 ^{ns}	49513 ^{**}	231855 ^{**}	41.55 ^{**}
بلوک تنظیم شده در تکرار Adjusted block within replication	24	320392	137.66	0.12	198.62	242175	1720322	130.46
خطا داخل بلوک Error within block	144	18227	31.82	0.01	170.19	8370.55	51615	11.38
بازدهی نسبت به RCBD (%) Efficiency overRCBD (%)		296.82	132.91	251.3	100.33	438.54	493.47	220.64

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns، * and ** , respectively represent non-significant and significant at probability levels of 5 and 1%

تعیین نمود. بنابراین، این همبستگی‌ها به متخصصان اصلاح‌نیات در گزینش غیر مستقیم برای صفات مهم زراعی از طریق صفات دیگر که اندازه‌گیری آن‌ها آسان است کمک می‌کنند. از ضرایب همبستگی ساده برای آگاهی از رابطه بین عملکرد و اجزای آن و همچنین بین

ضرایب همبستگی صفات زراعی، مورفولوژیک و فنولوژیک

با توجه به اهمیت همبستگی در روابط فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات در برنامه‌های اصلاحی، می‌توان به ارتباط بین متغیرهای غیر مستقل (وابسته) پی برده، مقدار و نوع وابستگی بین این متغیرها را

عملکرد و سایر صفات به طور گسترده‌ای استفاده شده است (Zeinali (abadi, 1998).

ادامه جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش رطوبتی

Table 3- continued: Result of analysis of variance of studied traits in recombinant inbred lines of wheat under water stress conditions

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square					تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity
		تعداد دانه در واحد سطح Number of seed per m ²	طول سنبله Spike length	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	
تکرار Replication	1	505308220	9.81	52.73	28.41	171.83	117.16
تیمار تصحیح نشده Non-adjusted treatment	168	70862032 ^{ns}	4.22 ^{ns}	285.38 ^{ns}	13.34 ^{**}	14.51 ^{**}	22.06 [*]
تیمار تصحیح شده Adjusted treatment	168	65120900 ^{**}	4.10 ^{ns}	73.25 ^{**}	9.47 ^{**}	10.35 ^{**}	9.47 ^{**}
بلوک تنظیم شده در تکرار Adjusted block within replication	24	295881725	5.84	1574.06	41.40	36.96	94.61
خطا داخل بلوک Error within block	144	30807978	3.92	28.18	1.90	2.44	2.49
RCBD (% زده‌ی نسبت به Efficiency overRCBD (%)		197.62	102.20	774.73	349.03	266.56	551.87

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **, respectively represent non-significant and significant at probability levels of 5 and 1%

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی و مورفولوژیک لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی

Table 4- Mean comparison of agronomic and morphologic traits of recombinant inbred lines in wheat under normal and water stress conditions

تیمار treatment	صفات مورد مطالعه Traits					
	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per m ²	شاخص برداشت Harvest index(%)	عملکرد بیولوژیک Biological yield(kg/ ha)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ ha)	وزن هزار دانه 1000-grain weight(gr)	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike
نرمال(شاهد) Normal	867.15 ± 16 ^a	33.75 ± 0.31 ^a	16346 ± 33.53 ^a	5574 ± 13.07 ^a	33.33 ± 0.29 ^a	20.18 ± 0.77 ^a
تنش Stress	785.6 ± 14 ^b	28.50 ± 0.29 ^b	11999 ± 28.67 ^b	3557 ± 10.89 ^b	27.34 ± 0.72 ^b	16.57 ± 0.37 ^b

میانگین‌های با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند (P < 0.05)

Means with different letters are significantly different (P < 0.05)

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی و مورفولوژیک لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی

Table 4- continued: Mean comparison of agronomic and morphologic traits of recombinant inbred lines in wheat under normal and water stress conditions

تیمار treatment	صفات مورد مطالعه Traits					
	وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike	طول سنبله Spike length	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity
نرمال(شاهد) Normal	0.65 ± 0.05 ^a	10.44 ± 0.57 ^a	86.56 ± 0.83 ^a	139.23 ± 0.19 ^a	150.76 ± 3.85 ^a	173.07 ± 0.55 ^a
تنش Stress	0.44 ± 0.008 ^b	9.73 ± 0.11 ^a	78.49 ± 0.89 ^b	138.98 ± 0.18 ^b	145.77 ± 0.18 ^a	169.77 ± 0.24 ^b

میانگین‌های با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند (P < 0.05)

Means with different letters are significantly different (P < 0.05)

همبستگی بین صفات زراعی، مورفولوژیک و فنولوژیک ۱۶۹ لاین مورد آزمایش، در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در دو شرایط آزمایشی (معمولی و تنش رطوبتی) روابط بین متغیرهای وابسته دارای تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. در شرایط تنش رطوبتی، تعداد سنبله در واحد سطح (به عنوان یک جزء مهم عملکرد) با تمام صفات اندازه‌گیری شده همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و فقط با وزن هزاردانه این همبستگی معنی‌دار نبود. همبستگی تعداد سنبله در واحد سطح در شرایط معمولی با تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار شد، ولی با سایر صفات زراعی و فنولوژیک معنی‌دار نشد. بین تعداد روز تا رسیدگی و وزن هزاردانه، در هر دو رژیم رطوبتی همبستگی مثبت اما معنی‌دار نبود، در شرایط تنش رطوبتی همبستگی بین تعداد روز تا رسیدگی با سایر صفات مثبت و بسیار معنی‌دار بود، اما در شرایط معمولی با تعداد روز تا گرده‌افشانی، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه فاقد ارتباط معنی‌دار بود. بنابراین با توجه به همبستگی بین تعداد روز تا رسیدگی با صفات مؤثر در عملکرد دانه می‌توان چنین بیان داشت که لاین‌های مورد آزمایش، کمبود رطوبت (تنش رطوبتی) را در مراحل مختلف رشد خود به صورتی تقسیم کرده‌اند که روابط بین آلومتری گیاه در جهت حصول عملکرد و به عبارتی به منظور کاهش اثرات تنش رطوبتی، تعادل بین رشد و نمو (مراحل رویشی و زایشی) ایجاد شده است، در حالی که این وضعیت در لاین‌های تحت شرایط معمولی کمتر مشاهده شد، بنابراین یکی از دلایل تولید و یا ثبات عملکرد را در این لاین‌ها می‌توان به حفظ تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله به عنوان اجزاء مهم عملکرد نسبت داد، بر این اساس نیز Schillinger, 2005 نقش ویژگی‌های سنبله در گندم را تحت تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه، تعیین کننده می‌دانند. وزن هزاردانه در شرایط تنش رطوبتی با طول سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا ظهور سنبله همبستگی معنی‌دار نداشت و با تعداد دانه در سطح و تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد، اما در شرایط عادی با تعداد روز تا گرده‌افشانی ($r=0.6$ درصد) و طول سنبله ($r=0.83$ درصد) فاقد همبستگی معنی‌دار بود. Imam et al., 2007 نقش وزن هزار دانه را در عملکرد دارای بیشترین اهمیت تلقی می‌کنند.

بین عملکرد دانه با تعداد روز تا گرده‌افشانی و طول سنبله در شرایط معمولی همبستگی مشاهده نشد، اما در شرایط تنش رطوبتی همبستگی عملکرد دانه با تمام صفات مثبت و بسیار معنی‌دار بود. در این آزمایش در شرایط معمولی بین عملکرد بیولوژیک با تعداد روز تا گرده‌افشانی و طول سنبله همبستگی وجود نداشت، اما در شرایط تنش

همبستگی عملکرد بیولوژیک با سایر صفات اندازه‌گیری شده مثبت و معنی‌دار بود. ارتفاع بوته با تعداد روز تا گرده‌افشانی، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت در شرایط معمولی معنی‌دار نشد، اما این صفت (ارتفاع بوته) در شرایط تنش با تمام صفات زراعی و فنولوژیک اندازه‌گیری شده همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. نتایج به دست آمده از ارتباط طول سنبله با وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا ظهور سنبله در دو رژیم رطوبتی، کاملاً معکوس بود، به این صورت که این ارتباط در شرایط معمولی غیر معنی‌دار و در شرایط اعمال تنش رطوبتی معنی‌دار بود، اما در هر دو شرایط با شاخص برداشت همبستگی معنی‌دار نداشت. همچنین شاخص برداشت در دو رژیم رطوبتی با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا گرده‌افشانی معنی‌دار نشد. همبستگی بین وزن دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله با تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا ظهور سنبله در شرایط تنش رطوبتی مثبت و بسیار معنی‌دار بود، اما در شرایط نرمال بین تعداد دانه در سنبله با تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا گرده‌افشانی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. همبستگی بین تعداد روز تا گرده‌افشانی با تعداد روز تا ظهور سنبله در تنش رطوبتی مثبت و بسیار معنی‌دار و در شرایط معمولی منفی و غیر معنی‌دار بود.

شاخص‌های تحمل به خشکی

در تقسیم‌بندی فرناندز ژنوتیپ‌های مختلف را بر اساس واکنش در شرایط محیطی مطلوب و تحت تنش رطوبتی می‌توان تشخیص داد. در این آزمایش کمترین و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در دو لاین ۶۹ و یک معادل ۱۱۹۹ و ۹۷۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بنابراین با توجه به روابط ریاضی مورد استفاده در محاسبه شاخص‌های مقاومت به تنش، نتایج به دست آمده در ارتباط با شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی تولید یا شاخص میانگین بهره‌وری (GMP) در متحمل‌ترین و حساس‌ترین لاین‌ها و میانگین کل در جدول ۷ ارائه شده است. با تطبیق سه شاخص SSI، STI و GMP می‌توان مشخص نمود که لاین شماره یک در شرایط تنش رطوبتی و در ارتباط با تولید، ارزش اقتصادی بیشتری خواهد داشت.

تجزیه به عامل‌ها

هدف از تجزیه به عامل‌ها، توجیه تغییرات موجود در تعدادی از متغیرهای اولیه با استفاده از تعداد کمتری می‌باشد. در این روش عامل‌ها بر پایه یک مدل نسبتاً ویژه استوار است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط معمولی

Table 5- Correlation coefficients of studied traits in recombinant inbred lines of wheat under normal conditions

صفت Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	1											
2 تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	-0.01 ^{ns}	1										
3 تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	0.40**	0.002 ^{ns}	1									
4 تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per m ²	0.21**	-0.02 ^{ns}	0.15**	1								
5 طول سنبله Spike length(cm)	-0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1							
6 ارتفاع بوته Plant height (cm)	0.40**	0.05 ^{ns}	0.26**	0.48**	0.01 ^{ns}	1						
7 تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	0.02 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.15**	1					
8 وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike(g)	0.20**	0.11*	0.14**	-0.09 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.45**	0.41**	1				
9 وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	-0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.17**	-0.05 ^{ns}	0.44**	1			
10 عملکرد بیولوژیک Biological yield(kg ha ⁻¹)	0.39**	0.06 ^{ns}	0.22**	0.73**	0.08 ^{ns}	0.73**	0.18**	0.52**	0.28**	1		
11 عملکرد دانه در واحد سطح Grain yield(kg/ ha)	0.30**	0.06 ^{ns}	0.20**	0.70**	0.08 ^{ns}	0.64**	0.24**	0.61**	0.35**	0.94**	1	
12 شاخص برداشت Harvest index(%)	-0.07 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.05**	0.12*	0.01 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.23**	0.47**	0.25**	0.16**	0.44**	1

ns و * به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ns ، * and ** , non-significant and significant at probability level of 5 and 1%, respectively

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش رطوبتی

Table 6- Correlation coefficients of studied traits in recombinant inbred lines of wheat under water stress conditions

صفت Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	1											
2 تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	0.94**	1										
3 تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	0.80**	0.82**	1									
4 تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per m ²	0.34**	0.32**	0.49**	1								
5 طول سنبله Spike length(cm)	0.15**	0.19**	0.22**	0.13*	1							
6 ارتفاع بوته Plant height (cm)	0.58**	0.57**	0.73**	0.65**	0.27**	1						
7 تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	0.28**	0.32**	0.45**	0.24**	0.18**	0.49**	1					
8 وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike(g)	0.27**	0.31**	0.48**	0.34**	0.25**	0.65**	0.64**	1				
9 وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	0.05 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.14*	-0.19**	0.20**	1			
10 عملکرد بیولوژیک Biological yield(kg ha ⁻¹)	0.49**	0.51**	0.68**	0.77**	0.27**	0.82**	0.54**	0.77**	0.15**	1		
11 عملکرد دانه در واحد سطح Grain yield(kg/ ha)	0.38**	0.39**	0.57**	0.80**	0.22**	0.74**	0.51**	0.80**	0.17**	0.94**	1	
12 شاخص برداشت Harvest index(%)	-0.02 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.14**	0.54**	0.09 ^{ns}	0.38**	0.32**	0.61**	0.14**	0.47**	0.70**	1

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

ns ، * and ** , non-significant and significant at probability levels of 5 and 1%, respectively

جدول ۷- شاخص‌های تحمل به خشکی در متحمل‌ترین و حساس‌ترین لاین‌ها و میانگین کل آن‌ها

Table 7- Drought tolerance index in the most tolerant and in the most sensitive lines and their overall means

ژنوتیپ Genotype	GMP	STI	SSI
لاین 69 (حساس‌ترین) Line69(sensitive)	230.01	0.17	1.58
لاین 1 (متحمل‌ترین) Line1(tolerant)	1112.95	3.98	0.35
میانگین کل Overall mean	665	2.1	0.98

توجیه می‌کند که تحت تأثیر صفت تعداد روز تا گرده‌افشانی در جهت مثبت و صفت تعداد سنبله در واحد سطح در جهت منفی می‌باشد. Golabadi and Arzani 2003 برای ویژگی‌های زراعی گندم دوروم (*Triticum durum*) از تجزیه به عامل‌ها استفاده کرده و شش عامل را شناسایی نمودند که عامل اول مؤثر بر عملکرد دانه، عامل دوم و چهارم مؤثر بر اجزای عملکرد و عامل‌های سوم، پنجم و ششم بار عاملی بزرگتر برای صفات مرتبط با رشد رویشی گیاه مانند عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته داشتند.

نتایج تجزیه به عامل‌ها تحت شرایط تنش رطوبتی در جدول ۹ نشان داده شده است. در این شرایط نیز چهار عامل پنهانی شناسایی که در مجموع ۸۴/۲۶ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص دادند. عامل اول که به تنهایی ۳۲/۲۷ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند، تحت تأثیر صفات تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه در مترمربع، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت و در جهت مثبت بوده که این عامل را می‌توان عامل عملکرد نامید. عامل دوم ۲۹/۱۲ درصد تغییرات کل را توجیه می‌نماید و تحت تأثیر صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا ظهور سنبله در جهت مثبت بوده، که این عامل را می‌توان عامل فنولوژی نامید. عامل سوم که ۱۲/۸۷ درصد از کل تغییرات را توجیه نموده، تحت تأثیر طول سنبله، وزن دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله در جهت مثبت می‌باشد و عامل خصوصیات سنبله نام دارد. عامل چهارم که ۹/۹۸ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کند، تحت تأثیر صفت وزن هزارانه در جهت مثبت می‌باشد. Nourmohamadi, Taleei and 1994 در بررسی روابط بین عملکرد و اجزاء آن در گندم‌های بومی غرب ایران نشان دادند که هفت عامل به ترتیب خصوصیات برگ پرچم، خصوصیات پدانکل، عملکرد و اجزاء آن، زمان لازم تا رسیدگی و دوره پُرشدن دانه، عملکرد و شاخص برداشت، خصوصیات سنبله و دوره رویشی رشد گیاه حدود ۸۲/۲ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کنند.

از تجزیه به عامل‌ها به منظور تفسیر روابط موجود میان صفات و گروه‌بندی آن‌ها بر مبنای این روابط استفاده می‌گردد، تا بدین طریق عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن ساختار خاص ماتریس همبستگی یا کواریانس گردیده‌اند شاخص شوند. در تجزیه به عامل‌ها انتظار می‌رود که متغیرها را بتوان به وسیله همبستگی بین آن‌ها گروه‌بندی نمود. در این صورت منطقی است که بیان شود متغیرهای هر گروه ساختار خاصی دارند که عاملی موجب ایجاد آن ساختار گشته و به عبارت دیگر سبب ایجاد همبستگی بالا بین آن‌ها شده است (Huyuan et al., 2007).

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در شرایط معمولی برای صفات زراعی، مورفولوژیک و فنولوژیک لاین‌های اینبرد نو ترکیب گندم در جدول ۸ آمده است. جهت توجیه بهتر، عامل‌ها را به روش واریمکس دوران داده و نهایتاً در حالت معمولی (شاهد)، چهار عامل استخراج گردید که در مجموع ۶۷/۰۹ درصد از تنوع کل بین داده‌ها را توجیه کرد. هر چه میزان واریانس عاملی بیش‌تر باشد به اعتبار آن عامل در تفسیر تغییرات داده‌ها افزوده می‌شود (Moghadam, 1994). عامل اول که ۲۳/۴۳ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند بیش‌تر تحت تأثیر صفات تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد روز تا رسیدگی، عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد روز تا ظهور سنبله در جهت مثبت می‌باشد. می‌توان این عامل را مرتبط با صفات افزایش دهنده عملکرد دانست. عامل دوم که ۲۲/۹۷ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند بیش‌تر تحت تأثیر صفات عملکرد دانه در واحد سطح، وزن هزارانه، شاخص برداشت و وزن دانه در سنبله و در جهت مثبت بوده که می‌توان این عامل را عامل مؤثر بر عملکرد دانه نام نهاد. Leilah and AL-Khateeb, 2005 در بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد دانه گندم تحت شرایط خشکی سه عامل را شناسایی کردند که عامل اول مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد، عامل دوم مؤثر بر ارتفاع بوته و عامل سوم بر شاخص برداشت تأثیر گذار بود. عامل سوم که ۱۰/۷۸ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند، بیش‌تر تحت تأثیر صفت وزن هزارانه در جهت مثبت و صفت تعداد دانه در سنبله در جهت منفی قرار داشت. عامل چهارم ۹/۹۰ درصد از تغییرات کل را

جدول ۸- نتایج تجزیه به عامل‌های صفات مورد اندازه گیری در ۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم در شرایط معمولی

Table 8- Results of the factor analysis of studied traits in 169 recombinant inbred lines of wheat under normal conditions

صفات Traits	بار عامل اول first factor	بار عامل دوم second factor	بار عامل سوم third factor	بار عامل چهارم fourth factor
تعداد سنبله در واحد سطح number of spike per m ²	0.63	0.17	0.24	-0.59
تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	0.54	-0.06	-0.14	0.06
وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	-0.14	0.66	0.53	0.09
عملکرد دانه grain yield(kg/ ha)	0.59	0.74	0.06	-0.19
عملکرد بیولوژیک biological yield(kg ha-1)	0.77	0.53	0.13	-0.13
ارتفاع بوته plant height (cm)	0.69	0.30	-0.08	0.15
طول سنبله Spike length(cm)	-0.02	0.01	0.40	0.15
شاخص برداشت harvest index(%)	-0.11	0.74	-0.22	-0.16
وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike(g)	0.21	0.81	-0.19	0.37
تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	0.09	0.28	-0.77	0.17
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	0.19	0.03	0.18	0.70
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	0.73	-0.22	-0.08	0.13
واریانس توجیه شده variance explained	23.43	22.97	10.78	9.90
واریانس توجیه شده تجمعی cumulative variance explained	23.43	46.40	57.19	67.09

عملکرد مورد توجه قرار داد (Lobnani and Arzani 2011). نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نشان داد که در شرایط معمولی از میان صفات اندازه‌گیری شده، تعداد سنبله در واحد سطح نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که ۶۴ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مرحله بعدی وزن دانه در سنبله به مدل وارد شد که این دو صفت در مجموع ۹۵ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. ارتفاع بوته متغیر بعدی بود که به مدل وارد شد و تنها یک درصد از تغییرات را توجیه نمود. بنابراین، می‌توان صفات تعداد سنبله در واحد سطح و وزن دانه در سنبله را به عنوان مهم‌ترین عوامل اصلی تبیین‌کننده تغییرات عملکرد دانه لاین‌های نوترکیب گندم در شرایط بدون تنش رطوبتی معرفی نمود. در شرایط تنش رطوبتی، نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در هکتار در لاین‌های گندم بیانگر این است که صفت تعداد سنبله در واحد سطح ۶۵ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نموده است. پس از آن صفت وزن دانه در سنبله وارد مدل شد که این دو صفت در مجموع ۹۵ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. در

با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها و بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط (معمولی و تنش رطوبتی)، لاین‌های ۴۰، ۲۷ و چهار که از نظر عوامل ذکر شده در مجموع شرایط بهتری داشتند، به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند.

رگرسیون مرحله‌ای

زمانی که تعداد متغیرهای مستقل زیاد باشد، برای پیدا کردن تأثیرگذارترین آن‌ها بر متغیر تابع (به‌طور مثال عملکرد) و برآورد معادله رگرسیون روش‌های متعددی وجود دارد که متداول‌ترین آن‌ها رگرسیون گام‌به‌گام می‌باشد. در این روش ابتدا مهم‌ترین متغیر مستقل رگرسیون که باعث افزایش هر چه سریع‌تر R^2 می‌شود، وارد معادله رگرسیون می‌گردد و به همین ترتیب متغیرهای بعدی وارد می‌شوند (Dofing and Knight, 1992; Zakizadeh *et al.*, 2010). به این ترتیب با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای می‌توان سهم هر صفت و میزان تأثیر بر عملکرد را تعیین کرد و صفاتی که بیش‌ترین تأثیر بر عملکرد را دارند، در برنامه اصلاحی برای بهبود ژنتیکی

مرحله بعد ارتفاع بوته و روز تا گرده افشانی وارد مدل شدند که این صفات همراه صفات قبلی توانستند جمعاً ۹۶ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمایند. نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای در دو محیط بدون تنش و تنش رطوبتی در جداول شماره ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۹- نتایج تجزیه به عامل‌های صفات مورد اندازه‌گیری در ۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش رطوبتی
Table 9- Results of the factor analysis of studied traits in 169 recombinant inbred lines of wheat under water stress conditions

صفات Traits	بار عامل اول first factor	بار عامل دوم second factor	بار عامل سوم third factor	بار عامل چهارم fourth factor
تعداد سنبله در واحد سطح number of spike per m ²	0.81	0.29	-0.29	0.05
تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	0.27	0.86	0.19	-0.10
وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	0.16	-0.03	0.20	0.88
عملکرد دانه grain yield(kg/ ha)	0.92	0.27	0.13	0.01
عملکرد بیولوژیک biological yield(kg ha-1)	0.78	0.52	0.18	-0.001
ارتفاع بوته plant height (cm)	0.65	0.54	0.31	0.04
طول سنبله Spike length(cm)	-0.04	0.17	0.72	0.12
شاخص برداشت harvest index(%)	0.80	-0.37	0.11	-0.004
وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike(g)	0.63	0.13	0.64	-0.05
تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	0.35	0.21	0.50	-0.61
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	0.08	0.94	0.12	-0.07
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	0.10	0.94	0.08	-0.02
واریانس توجیه شده variance explained	32.27	29.12	12.87	9.98
واریانس توجیه شده تجمعی cumulative variance explained	32.27	61.39	74.27	84.26

جدول ۱۰- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط معمولی
Table 10- Results of stepwise regression on grain yield as dependent variable and other traits as independent variables in recombinant inbred lines of wheat under normal conditions

مدل‌ها models	متغیرهای اضافه شده به مدل Variables added to the model	عرض از مبدأ Intercept	ضرایب رگرسیون Regression coefficients					R ² مدل	F
			b _۱	b _۲	b _۳	b _۴	b _۵		
1	تعداد سنبله در واحد سطح number of spike per m ²	88.09	0.54					0.64	134.92**
2	وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike	-465.95	0.59	778.96				0.95	1812.72**
3	ارتفاع بوته plant height	-391.64	0.63	-1.66	840.87			0.96	32.27**
4	تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	-576.00	0.62	-1.79	842.25	1.41		0.96	2.15 ^{ns}
5	وزن هزار دانه 1000-grain weight	-678.71	0.62	1.26	-1.72	821.87	1.92	0.96	3.46 ^{ns}

ns و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns and **, non-significant and significant at probability levels of 1%, respectively

جدول ۱۱- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش رطوبتی

Table 11- Results of stepwise regression on grain yield as dependent variable and other traits as independent variables in recombinant inbred lines of wheat under water stress conditions

مدل‌ها models	متغیرهای اضافه شده به مدل Variables added to the model	عرض از مبدأ Intercept	ضرایب رگرسیون Regression coefficients					مدل R ²	F
			b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅		
1	تعداد سنبله در واحد سطح number of spike per m ²	-86.82	0.56					0.65	316.16**
2	وزن دانه در سنبله Grain weight in the spike	-352.28	0.47	773.01				0.95	1094.38**
3	ارتفاع بوته plant height	-317.05	0.51	-1.35	866.79			0.95	18.29**
4	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	-750.45	0.51	-1.92	866.03	3.18		0.96	11.22**
5	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	-810.74	0.51	-1.95	-919.39	-1.24	3.65	0.96	4.98 ^{ns}

ns و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns and **, non-significant and significant at probability levels of 1%, respectively

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی دار تنش رطوبتی بر صفات زراعی، مورفولوژیک و فنولوژیک (تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا ظهور سنبله) بود و تنها بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و طول سنبله معنی‌دار نشد. بنابراین، اختلاف وراثتی در لاین‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده تأثیرپذیری متفاوت آن‌ها از شرایط محیطی بود. هم‌چنین با توجه به وراثت‌پذیری بالا در این صفات نتیجه گرفته شد که صفات مذکور کمتر از محیط متأثر می‌شوند. وراثت‌پذیری شاخص برداشت در شرایط عدم تنش رطوبتی کمتر از شرایط اعمال تنش رطوبتی بود. هم‌چنین تعداد دانه در سنبله در دو رژیم رطوبتی از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار بود. بر اساس وراثت‌پذیری خصوصی، بیش‌ترین وراثت‌پذیری در شرایط معمول رطوبتی به تعداد سنبله در واحد سطح (۷۷ درصد) و در شرایط تنش رطوبتی، عملکرد دانه (۸۴ درصد) بالاترین میزان وراثت‌پذیری را نشان داد.

کمترین بازدهی طرح لاتیس ساده نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در شرایط تنش رطوبتی مربوط به صفات وزن هزاردانه (۱۰۰/۳۳ درصد) و طول سنبله (۱۰۲/۲ درصد) و در شرایط مطلوب رطوبتی (شاهد) به صفات روز تا رسیدگی (۱۱۱/۳۶ درصد)، طول سنبله (۱۰۱/۱۴ درصد)، شاخص برداشت (۱۰۴/۰۸ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۱۰۲/۴۴ درصد) و تعداد روز تا گرده‌افشانی (کمتر از ۱۰۰ درصد) تعلق داشت. اثر متقابل رقم×تیمار رطوبتی برای صفات

مورد بررسی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

ضرایب همبستگی صفات زراعی، مورفولوژیک و عملکرد دانه در هر دو شرایط آزمایشی (تنش رطوبتی و عدم تنش رطوبتی) با وزن هزاردانه غیر معنی‌دار بود. در شرایط معمولی با طول سنبله ارتباط معنی‌داری نداشت، اما با سایر صفات مؤثر در عملکرد این ارتباط مثبت و معنی‌دار بود. ضرایب همبستگی صفات فنولوژیک با عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی مثبت و بسیار معنی‌دار بود. همبستگی عملکرد در شرایط معمولی (شاهد) با تعداد روز تا گرده‌افشانی معنی‌دار نبود، اما با تعداد روز تا ظهور سنبله مثبت و بسیار معنی‌دار بود. بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز لاین‌های شماره یک و ۶۹ به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین لاین‌ها نسبت به تنش رطوبتی تشخیص داده شدند. بنابراین لاین شماره یک از نظر رشد در شرایط خشک و تولید اقتصادی، مقرون به صرفه خواهد بود.

تجزیه به عامل‌ها در شرایط معمولی چهار عامل و در شرایط تنش رطوبتی نیز چهار عامل معرفی نمود، که به ترتیب ۶۷/۰۹ و ۸۴/۲۶ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند. در شرایط معمولی عامل اول به شدت تحت تأثیر صفات تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد روز تا رسیدگی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد روز تا ظهور سنبله در جهت مثبت بود، در حالی‌که در شرایط تنش رطوبتی عامل اول به شدت تحت تأثیر تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در جهت مثبت بود.

با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای جهت‌گزینش صفات توجیه

سطح اولین متغیر وارد شده به مدل بود که به‌تنهایی ۶۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمود. در مرحله بعد وزن دانه در سنبله وارد مدل شد. این دو متغیر در مجموع ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

کننده عملکرد دانه، در شرایط معمولی رطوبتی تعداد سنبله در واحد سطح نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که ۶۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در مرحله بعد وزن دانه در سنبله وارد مدل شد. این صفات در مجموع ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمودند. هم‌چنین در شرایط تنش رطوبتی نیز تعداد سنبله در واحد

References

1. Abdolshahy, R., Taleei, A.R., Omid, M., and Yazdi Samadi, B. 2010. Study of the physiological and morphological characteristics associated with stress tolerance in bread wheat. Iranian Journal of Field Crop Science 41: 247-258. (in Persian).
2. Ahmadi, A., Ysvndh, R., and Poshiny, k. 2006. The interaction between stress and timing of nitrogen fertilizer on yield and physiological characteristics associated with wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37: 113-123. (in Persian).
3. Akram, Z., Ajmal, S., and Munir, M. 2008. Estimation of correlation coefficient among some yield parameters of wheat under rainfed conditions. Pakistan Journal of Botany 40: 1777-1781.
4. Arzani, A. 2001. Modified crops (translation). Second Edition, published by the Isfahan University of Technology. (in Persian).
5. Arzani, A. 2002. Grain yield performance of durum wheat germplasm under Iraninan dry land and irrigated field conditions. Sabrao Journal of Breeding and Genetics 34: 9 - 18.
6. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency and yield potential—are they compatible, dissonant or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.
7. Dofing, S.M., and Knight, C.W. 1992. Altermeative model for path ananlysis of small-grain yield. Crop Science 32: 487-489.
8. Doorenbos, J., and Kassam, A.H. 1992. Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper 33.
9. Ehdaie, B., Alloush, G.A., and Waines, J.G. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. Field Crops Research 106: 34-43.
10. Farid, N., and Ehsanzadeh, P. 2006. Yield and yield components of safflower genotypes and their response to treatment inflorescence and leaf shading on the side, in the spring planting in Isfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10: 189-197 (in Persian).
11. Farshadfar, A. 1997. Identify methods of plant breeding, publications Razi University in Kermanshah (in Persian).
12. Fayaz, N., and Arzani, A. 2011. Moisture stress tolerance in reproductive growth stages in triticale (*X Tritosecale* Wittmack) cultivars under field conditions. Crop Breeding Journal 1: 1- 12.
13. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp: 257-270. In: C. G. Kuo (Ed.). Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhue, Taiwan.
14. Fischer, R.A., and Mourer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural. Research 29: 897-912.
15. Garcya, Del., Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D., and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean Condition: An onotogenic approach. Agronomy Journal 95:266-274.
16. Ghodsi, M., Chaychi, M., Jalal-Kamali, M.R., and Mazaheri, D. 2004. Determination of susceptibility of developmental stages in bread wheat to water stress and its effects on yield and yield components. Seed Plant Journal 20: 489-509 (in Persian).
17. Golabadi, M., and Arzani, A. 2003. Genetic and functional analysis of agronomic traits in durum wheat, Journal Of Science And Tenhnology Of Agriculture And Natural Resource 1: 115-126 (in Persian).
18. Golabadi, M., Arzani, A., and Maibody, S.M.M. 2005. Evaluation of variation among durum wheat F₃ families for grain yield and its components under normal and water stress field conditions. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 41: 263-267.
19. Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., and Schofield, J.D. 2003. Effect of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, draying and quality of winter wheat, Journal of Cereal Science 37:295-309.
20. Gouranga, K., Ashwani, A., and Martha, M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agricultural Water Management 87: 73-82.
21. Hoshmand, S. 2001. Genetic analysis of quantitative traits (translation), Shahrekord University Press (in Persian).
22. Huyuan, F., Xue, L.S., and Wang, L.X. 2007. The interactive effects of enhanced UV-B radiation and soil drought on spring wheat. South African Journal of Botany 73: 429-434.

23. Imam, Y., Ranjbaran, G., and Bohrani, M. 2007. Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under drought conditions after flowering. , Journal Of Science And Technology of Agriculture And Natural Resources 11: 317-327. (in Persian).
24. Inamullah, H., Ahmad, F., Sirajuddin, M., Hassan, G., and Gul, R. 2006. Diallel analysis of the inheritance pattern of agronomic traits of bread wheat. Pakistan Journal of Botany 38: 1169-1175.
25. Johnson, R.A., and Wichern, D.W. 2007. Applied multivariate statistical analysis. (4th ed.), Prentice Hall International, INC. New Jersey.
26. Leilah, A., and AL-Khateeb, A. 2005. Statistic analysis of wheat yield under drought condition. Journal of Arid Environments 61: 483-490.
27. Leinbos, V., and Bergm, H. 1995. Changes in yield, ligin content and protein patterns of barley (*Hordeum vulgare* CV. Alexis) induced by drought stress. Angewandte Botanik. 69: 206-210.
28. Lobnani, M., and Arzani, A. 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal drought-stress tolerance in triticale and wheat. Agronomy Research 9:315-329.
29. Lynnemclntyre, C., Mathews, K.L., Rattey, A., Chapman, C.S., Drenth, J., Ghaderi, M., Reynolds, M., and Shorter, R. 2010. Molecular detection of genetic regions associated with grain yield and yield-related components in an elite bread cross evaluated under irrigated and rainfed conditions. Theoretical and Applied Genetics 120: 527-541.
30. Moghadam, M. 1994. An introduction to multivariate statistical methods (translation), a leading publisher of science, Tabriz (in Persian).
31. Mozaffari, K., and Asadi, A.A. 2006. Relationships among traits using correlation, principal components and path analysis international safflower mutants sown in irrigated and drought stress condition. Asian Journal of Plant Sciences 5: 977-983.
32. Paknejad, F., Majidi, E., Seadat, A., and Vazan, S. 2007. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. International Journal of Agricultural Science and Research 11: 137-149 (in Persian).
33. Pierre, C.S., Peterson, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoevena, M., Larson, M., and Hoefera, B. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. Agronomy Journal 100: 414-420.
34. Porch, T.G. 2006. Application of stress indices for heat tolerance screening of common bean. J.Agron. Crop Science 192, 390-394.
35. Richards, R.A., Condon, A.G., and Rebetzke, G. 2001. Traits to improve yield in dry environments. p. 240. In: Reynolds, M. P., J. I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab. (Eds.), Application of physiology in wheat breeding. Mexico, D. F. CIMMYT.
36. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-946.
37. Saeedi, G., Abbasi, Z., and Mirlohi, A. 2003. Genetic variation, heritability and relationships between agronomic traits in genotypes of flax seed with yellow and brown colors, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 10: 99-144 (in Persian).
38. Saleem, M. 2003. Respons of durum and breed wheat genotypes to drought stress. Asian Journal of Plant Science 2: 290-293.
39. Sanchez-Blanco, M.J., Rodriguez, P., Olmos, E., Morales, M.A., and Torrecillas, A. 2004. Differences in the effects of simulated sea aerosol on water relations, mineral content and ultrastructural in *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* Plants. Journal of Environmental Quality 33: 1369-1375.
40. Sanjari, P.A., and Yazdansepar, A. 2008. Mobilization of dry matter and its relation with drought stress in wheat genotypes. Journal of Agricultural Science and Technology 11: 121-129.
41. Schillinger, W.F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for dry land spring wheat, barley and oat. Crop Science 45:2636-2643.
42. Shahbazi, H. 2012. Evaluation of the tolerance in wheat recombinant inbred lines under field conditions, MSc thesis Plant Breeding, Faculty of Agriculture. Isfahan University of Technology. (in Persian).
43. Shah, N.H., and Paulsen, G.M. 2003. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. Plant Soil 257:219-226.
44. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research 98: 222-229.
45. Taleei, A., and Nourmohamadi, S. 1994. The heritability of public and private, for agronomic traits in three crossed of bread wheat. Journal of Agricultural Science 25: 79-86. (in Persian).
46. Trethowan, R.M., and Reynolds, M. 2007. Drought resistance: Genetic approaches for improving productivity under stress. pp: 289-299 In: Buck H. R. (ed.): Wheat production in stressed environments, Springer, the Netherlands.
47. Zakizadeh, M., Esmaeilzadeh, M., and Kahrizi, D. 2010. Study on genetic variation and relationship between

- plant characteristics and grain yield in long spike bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes-using multivariate analysis. Iranian Journal of Crop Sciences 12: 18-30. (in Persian).
48. Zeinali abadi, H. 1998. Evaluation of phenotypic and genotypic diversity and evaluation of yield and its components in wheat breeding MSc thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (in Persian).



Effect of Moisture Stress on Agronomic and Morphological Characteristics of Recombinant Inbred Lines in Wheat (*Triticum aestivum* L.)

H. Nourizadeh¹ - M. H. Ehtemam^{2*} - A. Arzani³ - M. Esmailzadeh-Moghadam⁴

Received: 01-02-2014

Accepted: 22-09-2015

Introduction

Drought stress as the most important abiotic stress plays an important role in yield reduction of crops worldwide. Considering the extends and problems caused by the moisture stress, agronomic and breeding strategies in reducing yield loss are essential. In this regard, the identification and selection of effective characteristics of wheat under drought stress in increasing yield, is essential. Determining the most important morphological characteristics affecting wheat yield under stress, in order to achieve the criteria for selection to improve the performance of this plant always has been important in breeding programs. Due to the variation in drought tolerance in wheat genotypes, it is necessary for efficient water usage in each region, cultivars with higher performance and better compatibility under lower irrigation requirement should be determined for efficient water use particularly in regions with scarce water resources. Improvement of a complex trait such as yield possessing low heritability, requires indirect selection using simpler traits viz morph-physiological traits.

Materials and Methods

This study was conducted to evaluate the effects of water stress on the agronomic and morphological traits of 169 recombinant inbred lines (RILs) in wheat (*Triticum aestivum* L.), using two separate lattice design (drought and control) at Research Farm of Isfahan University of Technology in 2011-2012. Recombinant inbred lines of wheat were obtained from the International Center for Wheat and Maize Improvement (CIMMYT) in Mexico. The recombinant inbred lines used in this study were derived from a cross between two Seri M82 and Babax parents after being selfed for 8 generations (F9). Seeds of each line were planted in a three meter row with a row distance of 30 cm. Irrigation, fertilization and control weeds in the experimental was conducted and to provide plant requirement N, based on soil analysis, urea fertilizer at the rate of 100 kg per hectare in two stages of growth were added to the ground in early spring. Two moisture regimes of 70 and 130 mm evaporation from evaporation pan class A (16% and 20% moisture by weight of soil, respectively) were employed, and soil moisture was measured during two irrigation treatments. In both experiments normal irrigation was conducted till middle of jointing stage, and were irrigated afterward based on class of the evaporation pan.

Results and Discussion

Drought stress significantly reduced days to heading, days to pollination, days to maturity, spike length, plant height, the number of spikes per m², the number of grains per spike, grain weight in the spike, 1000-grain weight, biological yield, grain yield and harvest index. Results of analysis of variance revealed significant differences among lines for all studied traits under normal conditions with the exception of number of grains per spike, grain weight in the spike, spike length, days to pollination and days to maturity. Under moisture stress conditions, the RILs significantly varied between the studied traits with the exception of number of grains per spike, 1000-grain weight and spike length. The correlation coefficients in the normal conditions showed that all traits had a positively correlated with grain yield with the exception of spike length and days to pollination. Under the moisture stress conditions the grain yield was correlated with all traits positively. The results of the factor analysis in both normal and stress moisture conditions showed that the measured traits have appeared either in a hidden factors which explained 67.09% and 84.26% of the total variation of the yield, respectively. Using three dimensional profiles, lines 4, 27 and 40 as the superior genotypes were introduced in terms of three factors. Based on the Fernandez's drought tolerance index lines 1 and 69 were identified as the most drought

1- Former MSc student of Plant Breeding

2-Assist. Prof. Isfahan University of Technology, College of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding

3-Professor of Isfahan University of Technology, College of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding

4- Resarcher, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Plant Breeding PhD

(* - Corresponding Author Email: hehtemam@cc.iut.ac.ir)

tolerant and the most drought sensitive ones, respectively. The results of stepwise regression on the grain yield under normal and moisture-stress conditions revealed that the number of spikes per m^2 and the grain weight in spike contributed 95% of the grain yield variations in both environmental conditions.

Conclusions

The results showed significant effects of drought on crop yield, morphological and phenological (days to maturity, days to pollination and days to heading), and only on the number of grains per plant, grain weight and spike were not significant. Therefore, in spite of inheritance variation in the studied lines supported by their effects from the environmental conditions. Also, considering the high heritability of these traits, it was concluded that these traits were less affected by the environment. Under normal compared to water stress conditions, the narrow-sense heritability of harvest index was lower. In normal conditions, the highest narrow-sense heritability belonged to the number of spike per m^2 (77%), but under water stress conditions, belonged to the grain yield (84%). According to the results, it can be concluded that the number of spikes per m^2 and the grain weight in spike have been the two most important components of gain yield under both normal and drought stress conditions. Moreover, the superior drought tolerance lines have the potential to improve the grain yield in both environmental conditions in the breeding programs.

Keywords: Drought stress, Drought tolerance index, Grain yield, Lattice design, Yield components



تعیین روابط علی بین صفات مورفوفیزیولوژیک مؤثر بر تحمل ارقام گندم نان بهاره به یولاف وحشی

سیدهاشم موسوی^{۱*} - سید عطااله سیادت^۲ - خلیل عالمی سعید^۳ - اسکندر زند^۴ - عبدالمهدی بخشنده^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۹

چکیده

به منظور ارزیابی روابط علی بین صفات مورفوفیزیولوژیک مؤثر بر تحمل ارقام گندم نان بهاره به یولاف وحشی، آزمایشی به صورت بلوک‌های نواری شامل چهار تراکم یولاف وحشی در کرت‌های طولی و ۱۰ رقم گندم در کرت‌های عرضی، بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ و ۱۳۹۰-۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. مدل‌سازی شاخص توانایی تحمل ارقام گندم با یولاف وحشی نشان داد، صفات مختلفی مانند تعداد سنبله بارور در مترمربع، شاخص برداشت، وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبلچه و تعداد سنبلچه در سنبله موجب افزایش توان شاخص تحمل ارقام گندم در برابر یولاف وحشی می‌شوند. ولی صفت سنبله نابارور در مترمربع، طول میان‌گره بالایی و طول میان‌گره زیرین سنبله توان تقویت شاخص تحمل را نداشتند. عملکرد یولاف وحشی و شاخص برداشت آن، شاخص توانایی تحمل ارقام گندم را کاهش دادند. بنابراین در مناطق گندم‌خیز آلوده به یولاف وحشی، ارقامی مطلوب‌ترند که در صورت آلودگی به علف‌هرز، عملکردشان نیز کاهش زیادی پیدا نکند. چنین ارقامی، علف‌های هرز را به خوبی تحمل کرده، از رشد و تولید بذر آن‌ها جلوگیری می‌کنند. لذا ارقامی مانند مارون که در عین تحمل علف‌هرز با جلوگیری از تولید بذر آن، توانایی کنترل جمعیت علف‌هرز را در سال‌های بعد دارند، با اعمال کنترل اکولوژیکی علف‌هرز می‌توانند در برنامه‌های کنترل تلفیقی به کار گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مسیر، تراکم علف‌هرز، شاخص تحمل، عملکرد دانه، ماده خشک

مقدمه

گوناگون زیستی به عنوان یکی از شایع‌ترین و خسارت‌زاترین گونه‌های علف‌هرز مزارع گندم آبی بیش‌تر مناطق ایران (Zand et al., 2007) موجب کاهش قابل توجه عملکرد اقتصادی و افزایش هزینه‌های تولید گندم کشور می‌شوند (Bijanazadeh et al., 2010)، به طوری که گونه *A. ludoviciana* در مزارع گندم آبی خوزستان از غالبیت و سطح انتشار بیش‌تری برخوردار است (Maknali et al., 2011). مدیریت تلفیقی علف‌های هرز با تأکید بر استفاده ترکیبی از چندین روش مدیریتی، ضمن کاهش سهم استفاده از علف‌کش‌ها، منجر به مدیریت کارآمد و پایدار در کنترل علف‌های هرز خواهد شد (Legere et al., 2005). توانایی تحمل گیاه زراعی و جلوگیری از رشد علف‌هرز دو صفت مهم در رقابت هستند که ممکن است الزاماً در یک رقم وجود نداشته باشند. یک رقم مناسب و مطلوب، پتانسیل عملکرد بالایی هم در حضور علف‌های هرز و هم در شرایط عاری از علف‌هرز دارد. چنین رقمی، علف‌های هرز را به خوبی تحمل کرده و از رشد آن‌ها جلوگیری می‌کند. ویژگی اخیر می‌تواند جمعیت علف‌های هرز را در آینده کنترل کرده و در برنامه‌های طولانی مدت مدیریت تلفیقی آن‌ها کاربرد خواهد داشت (Lemerle et al., 2001). گرچه گزارشات مختلفی در رابطه با رقابت یولاف وحشی با گندم در سطح جهان، کشور و استان خوزستان وجود دارد، ولی نتایج

در سال ۲۰۱۲، گندم (*Triticum aestivum* L.) با مساحت معادل ۲۱۶/۶ میلیون هکتار مقام اول، اما از نظر میزان عملکرد دانه، با تولید ۶۷۵ میلیون تن بعد از ذرت در مقام دوم محصولات زراعی دنیا قرار گرفت (FAO, 2014). کشور ایران، جزء ۱۴ کشور عمده تولیدکننده گندم و در بین استان‌های کشور، خوزستان با ۶۸۵ هزار هکتار سطح زیر کشت (۹/۴۸ درصد)، تولید حدود ۱/۶۵ میلیون تن (۱۰/۳۸ درصد) مقام دوم را به خود اختصاص داد ولی متوسط عملکرد آبی آن ۳/۴۲ تن در هکتار است (Siadat et al., 2013). در اکثر نقاط کشور ایران، علاوه بر تنش‌های غیرزنده و تنش‌های زنده، خسارت علف‌های هرز در مزارع گندم کشور به طور میانگین ۲۳ درصد گزارش شده است (Khalaghani, 2007)، که در بین آن‌ها گونه‌های *Avena fatua* و *A. ludoviciana* یولاف وحشی به دلیل سازگاری با شرایط

۱- دانشجوی سابق دکتری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۲ و ۳- به ترتیب استاد و دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۴- استاد مؤسسه تحقیقات حفظ نباتات ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

(Email: S_mussavi@yahoo.com)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.33545

سانتی متر کشت شدند. بذور یولاف وحشی نیز بر اساس اهداف مورد مطالعه و تراکم مورد نظر و با فواصل منظم برای هر تراکم (فواصل بین بوته‌ها بر روی خطوط برای تراکم ۴۰ بوته، ۱۲/۵، ۸۰ بوته ۶/۲۵ و ۱۲۰ بوته ۴/۱۶ سانتی متر) و با قرار دادن دو عدد بذر در هر حفره، بین خطوط کاشت گندم کاشته شده و پس از سبز شدن به تعداد یک بوته در هر حفره تنک شدند. بر اساس توصیه‌های بهینه کودهای شیمیایی، فسفر به میزان ۷۵ کیلوگرم اکسید فسفر در هکتار، از منبع سوپرفسفات تریپل و نیتروژن خالص بر اساس میزان توصیه شده برای ارقام اترک، باز، چمران، چناب، دز، فلات، مارون و ویریناک به میزان ۱۵۰، ارونند به میزان ۱۰۰ و شعله به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار (Anonymous, 2007) از منبع اوره و به صورت یک سوم پایه و در زمان کاشت، یک سوم در مرحله پایان پنجه زنی و یک سوم در مرحله گل دهی به صورت سرک مصرف شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از وجین دستی و ۲۰ گرم در هکتار علف کش گرانستار استفاده گردید. در پایان فصل رشد، عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، بیوماس و تعداد سنبله بارور و نابارور در مترمربع گندم و عملکرد دانه و بیوماس یولاف وحشی در سطح یک مترمربع اندازه گیری شد و در هر کرت تحمل گیاه گندم به یولاف با شاخص توانایی تحمل رقابت^۱ محاسبه گردید:

$$AWC = (Vinfested / Vpure) * 100$$

که در این معادله Vinfested: عملکرد هر رقم در شرایط آلوده به علف‌هرز و Vpure: عملکرد هر رقم در شرایط عاری از علف‌هرز است. که هرچه این شاخص بیش تر باشد، توانایی گیاه زراعی برای تحمل علف‌هرز بیش تر است (Zand and Beckie, 2002). به منظور یافتن نحوه تأثیر صفات مختلف بر شاخص توانایی تحمل رقابت در ارقام گندم نیز از روش تجزیه و تحلیل مسیر استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با SAS، مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال خطای یک درصد و پنج درصد و رسم نمودارها با نرم افزار Excel و Power point انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به این که در مورد بیش تر صفات مورد مطالعه، معنی دار بودن اثر متقابل با سال مشاهده شد. در بیش تر عوامل مورد بررسی آزمایش، داده‌های صفات برای هر سال زراعی به طور جداگانه تجزیه واریانس شد (جدول ۱). بر این اساس کلیه صفات مورد بررسی تحت تأثیر تراکم علف‌هرز و رقم گندم قرار گرفتند.

پیشرفت ژنتیکی قدرت رقابت ارقام جدید با علف‌های هرز متناقض است. بسیاری از محققان معتقدند که ژنوتیپ‌های جدید به علت سرعت استقرار و رشد سریع در اوایل فصل، از توانایی بیش تری در رقابت با علف‌های هرز نسبت به ژنوتیپ‌های قدیم گندم برخوردارند (Coleman and Gill, 2003; Zimdahl, 2007). با این حال Cousens *et al*, 2003 عقیده دارند که اساس رقابت گندم و یولاف وحشی بر مبنای دسترسی به نور است و هر چه ارتفاع یولاف وحشی در اثر کشت نابهنگام بلندتر از ارتفاع گندم باشد، به همان اندازه نیز از طریق کاهش پنجه زنی، شاخص سطح برگ، ارتفاع و ریشه گندم، عملکرد آن را کاهش می دهد. مطالعات متعددی حاکی از تفاوت بودن توانایی رقابت گونه و ارقام مختلف یک گونه می باشند و گویای این مطلب هستند که می توان از طریق به نژادی، ارقامی تولید نمود که توانایی رقابت آن‌ها با علف‌های هرز بیش تر باشد (Zand *et al.*, 2003; Zimdahl, 2007). به نظر می رسد این تناقض‌ها تا حد زیادی ناشی از موقعیت اکولوژیک منطقه و ارقام مورد بررسی بوده باشد. از این رو مطالعه مکانیسم تحمل و رقابت ارقام گندم در برابر یولاف وحشی و تعیین خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فنولوژیک مهم مؤثر بر آن‌ها باید در هر منطقه در یک شرایط استاندارد مطابق با اصول فنی به زراعی همان منطقه انجام شود تا بتوان به برآوردی نزدیک به واقعیت دست یافت. لذا تحقیق حاضر با هدف تعیین روابط بین برخی صفات مورفوفیزیولوژیک مؤثر بر شاخص تحمل ارقام گندم نان بهاره با یولاف وحشی در شرایط مناطق گرمسیر مانند خوزستان طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین (اهواز) اجرا شد. عوامل آزمایشی به صورت بلوک‌های نواری شامل تراکم‌های یولاف وحشی در چهار سطح (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع) در نوارهای طولی و ۱۰ رقم گندم نان بهاره (چمران، باز، دز، اترک، ارونند، مارون، شعله، چناب، ویریناک و فلات) در نوارهای عرضی (Mousavi *et al.*, 2012)، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر کرت آزمایشی از ۱۰ خط کاشت ۲ متری گندم به فاصله ۲۰ سانتی متر تشکیل شده بود. بین کرت‌ها نیم متر و بین بلوک‌ها ۲ متر فاصله رعایت و کرت‌ها به صورت دستی تهیه و تسطیح شدند. میزان بذر گندم بر اساس ارزش مصرف بذر و وزن هزار دانه و تراکم توصیه شده برای ارقام اترک، باز، چمران، چناب، دز، فلات، مارون و ویریناک تراکم ۴۰۰، ارونند ۳۰۰ و شعله ۲۵۰ بوته در مترمربع (Anonymous, 2007) تنظیم و در تاریخ دوازدهم آذرماه به طور دستی داخل شیارهایی به عمق سه تا چهار

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، ماده خشک گندم و ماده خشک یولاف در دو سال آزمایش

Table 1- Analysis of variance for Grain yield, wheat dry matter and oat dry matter in two years of experiment

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات سال اول (۸۹-۹۰) Primary year mean square (2010-2011)			میانگین مربعات سال دوم (۹۰-۹۱) secondary year mean square (2010-2011)		
		عملکرد دانه گندم Wheatgrain yield	ماده خشک گندم Wheat biomass	ماده خشک یولاف وحشی Wild oat biomass	عملکرد دانه گندم Wheatgrain yield	ماده خشک گندم Wheat biomass	ماده خشک یولاف وحشی Wild oat biomass
بلوک block	2	0.08 ^{ns}	3.41 ^{ns}	4.09 ^{ns}	0.39 ^{ns}	3.94 ^{ns}	1.55 ^{ns}
تراکم یولاف oat density	3	53.18 ^{**}	157.93 ^{**}	57.17 ^{**}	15.97 ^{**}	62.13 ^{**}	55.36 ^{**}
بلوک×تراکم density×block	6	0.98	2.62	1.19	0.72	3.18	0.83
رقم گندم cultivar× wheat	9	2.96 [*]	10.31 ^{**}	9.75 ^{**}	2.35 ^{**}	5.28 ^{ns}	6.30 ^{**}
بلوک×رقم cultivar×block	18	1.02	2.68	0.71	0.52	2.21	0.28
تراکم×رقم density×cultivar	27	0.39 ^{ns}	1.66 ^{ns}	2.17 ^{**}	0.33 ^{ns}	3.37 ^{**}	1.04 ^{**}
خطا error	54	0.69	2.26	0.35	0.29	1.58	0.22
ضریب تغییرات (%) CV	—	16.43	11.34	34.00	11.57	9.36	25.08

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

ns, * and ** Not significant and, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

کاهش بیش تر ماده خشک علف هرز را برتری توان رقابتی رقم به حساب می آورند، ولی ظاهراً در مورد همه ارقام گندم صدق نمی کند و ارقامی مانند ارقام فوق مکانیسم های متفاوتی در این زمینه دارند. بر این اساس ارقام مورد آزمایش از لحاظ شاخص رقابتی به یک مقیاس هشت طبقه ای شامل خیلی رقابت ناپذیر، رقابت ناپذیر، نسبتاً رقابت ناپذیر، متوسط، نیمه رقابت پذیر، نسبتاً رقابت پذیر و غالب تقسیم بندی شدند. به طوری که ارقامی مانند چمران، دز، ویریناک و فلات به ترتیب با شاخص رقابت ۱/۳، ۱/۴، ۱/۶ و ۱/۸، در مقابل یولاف به عنوان نسبتاً رقابت ناپذیر، ارقام نسبتاً جدید اترک و باز، جزء ارقام متوسط رقابت پذیر، رقم شعله، ارون و چناب نیمه رقابت پذیر و رقم مارون به عنوان نسبتاً رقابت پذیر شناسائی شدند (Mousavi et al., 2012).

در بین ارقام مورد آزمایش (جدول ۲)، ارقامی مانند مارون، ارون و چناب علاوه بر داشتن عملکرد دانه و ماده خشک بالا، موجب کاهش بیوماس علف هرز نیز شدند. در این میان رقم شعله هر چند که بیوماس علف هرز را به کم ترین مقدار آن کاهش داد، ولی از عملکرد دانه کمتری برخوردار بود. ارقام باز، دز، اترک و فلات در سال اول، هر چند که نتوانستند مانند ارقام مارون، ارون و چناب بیوماس علف هرز را کاهش دهند، ولی از عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردار بودند و در سال دوم هر چند که عملکرد دانه تمام ارقام مورد آزمایش، در مقایسه با سال اول کمی کاهش نشان داد، هم چنان تولید دانه ارقام باز، دز، اترک و فلات جزء گروه بالاترین عملکردها بود. این نتیجه نشان می دهد که این گونه ارقام بدون آن که ماده خشک را برای رقابت با علف هرز هدر دهند، با حفظ عملکرد دانه مطلوب، حضور علف هرز را می توانند تحمل کنند. با وجودی که در مباحث رقابت،

جدول ۲ - میانگین عملکرد دانه و ماده خشک گندم و یولاف وحشی در دو سال آزمایش

Table 2- mean of Grain yield, wheat dry matter and Wild oat dry matter in two years of experiment

رقم Cultivar	سال اول First year			سال دوم Secondary year		
	عملکرد دانه Wheat grain yield (ton ha ⁻¹)	ماده خشک Wheat biomass (ton ha ⁻¹)	ماده خشک یولاف Wild oat biomass (ton ha ⁻¹)	عملکرد دانه Wheat biomass (ton ha ⁻¹)	ماده خشک Wheat biomass (ton ha ⁻¹)	ماده خشک یولاف Wild oat biomass (ton ha ⁻¹)
چمران Atila	4.66 ^{bc}	11.96 ^{cd}	2.69 ^a	4.22 ^{de}	12.23 ^c	2.30 ^{bc}
باز Baz	5.40 ^{ab}	14.10 ^{ab}	1.94 ^{bc}	4.47 ^{bcd}	13.17 ^{bc}	1.66 ^{de}
دز Dez	5.16 ^{ab}	12.8 ^{bcd}	2.65 ^{ab}	5.15 ^a	13.27 ^{bc}	3.14 ^a
اترک Kauz"s"	5.56 ^a	13.32 ^{abc}	1.63 ^{cd}	4.89 ^{abc}	13.26 ^{bc}	2.16 ^c
اروند Arvand1	5.09 ^{ab}	14.33 ^a	0.73 ^e	5.08 ^{ab}	14.56 ^a	1.43 ^{ef}
مارون Maroon	5.49 ^{ab}	14.16 ^{ab}	0.71 ^e	5.19 ^a	14.02 ^{ab}	1.07 ^f
شعله Shoeleh	3.87 ^c	14.00 ^{ab}	0.62 ^e	3.84 ^c	13.62 ^{ab}	0.99 ^f
چناب Chenab70	5.36 ^{ab}	14.24 ^{abc}	1.08 ^{de}	4.85 ^{abc}	14.08 ^{ab}	1.24 ^{ef}
ویریناک Vee/Nac	4.99 ^{ab}	12.93 ^{abcd}	2.91 ^a	4.40 ^{cde}	12.96 ^{bc}	2.74 ^{ab}
فلات Seri82	5.07 ^{ab}	11.68 ^d	2.37 ^{ab}	4.83 ^{a-d}	13.12 ^{bc}	2.10 ^{cd}

در هر ستون و بین سال‌های مختلف، اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

In each column and between different years, the numbers speak at least one common, no significant difference at the 5% level.

سال‌های مختلف و حتی در تراکم‌های متفاوت به‌خوبی حفظ می‌کنند. بنابراین شاخص فوق از ثبات ژنتیکی برخوردار بوده و قابل‌اصلاح است.

مقایسه میانگین شاخص تحمل در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی (شکل ۱) نشان داد که با افزایش تراکم علف‌هرز میزان شاخص تحمل نیز کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که به ازاء هر بوته یولاف عملکرد دانه ارقام به‌طور متوسط به‌میزان ۳۱/۰ درصد کاهش یافت.

در میان ارقام گندم، رقم مارون با ۸۶/۸ درصد بالاترین میزان شاخص تحمل را به‌خود اختصاص داد (شکل ۲). این رقم ضمن برخورداری از عملکرد دانه بالا، از تجمع ماده خشک یولاف وحشی به‌خوبی جلوگیری کرد. چنین ارقامی را می‌توان به‌عنوان رقم متحمل به علف‌هرز شناخته (Lemerle et al., 2001) و به‌عنوان مناسب‌ترین رقم گندم در نظر گرفت، زیرا سبب کنترل جمعیت علف‌هرز در سال‌های بعد می‌شوند و در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز کاربرد وسیعی پیدا خواهند کرد.

البته هیچ‌کدام از ارقام مورد آزمایش جزء گروه رقابت‌پذیر و غالب ارزیابی نشدند. ملاحظه می‌گردد، برخی از ارقام اصلاحی، مخصوصاً آن‌هایی که توسط موسسه تحقیقات سیمیت اصلاح شده‌اند، رقابت‌پذیری کمتری به یولاف وحشی داشته و تولید دانه و ماده خشک علف‌هرز در آن‌ها افزایش یافت. این نشان می‌دهد برای استفاده از ارقامی مانند فلات و ویریناک که برای تولید در شرایط پُر نهاده اصلاح شده‌اند، علف‌هرز بایستی حذف گردد. ولی برای استفاده از قدرت رقابت و تحمل ارقام در جهت مبارزه با علف‌های هرز باید ارقام رقابت‌پذیر اصلاح شوند.

شاخص توانایی تحمل رقابت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب شاخص تحمل (جدول ۳) نشان داد، علی‌رغم وجود اختلاف معنی‌دار بین سال‌ها، تراکم علف‌هرز و ارقام، هیچ‌کدام از اثرات متقابل از جمله اثر متقابل‌های سال با عوامل مورد آزمایش معنی‌دار نشده‌اند. بنابراین باید نتیجه گرفت، ارقامی که شاخص تحمل بیش‌تری نشان داده‌اند، این برتری را در

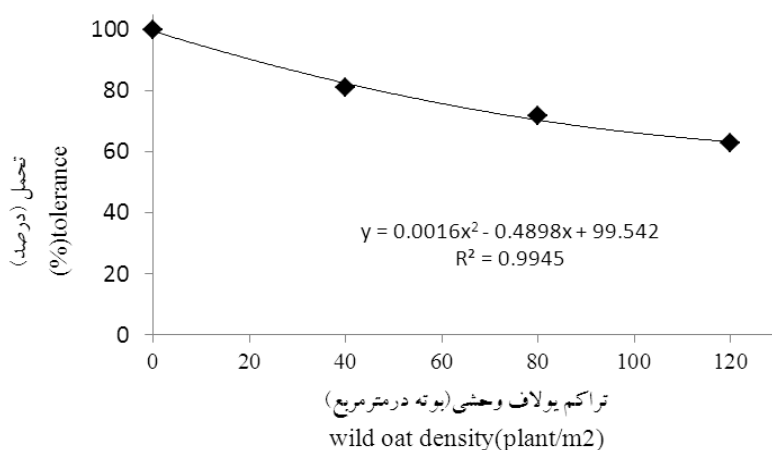
جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب شاخص تحمل ارقام گندم در برابر یولاف وحشی در دو سال آزمایش

Table 3- Combined analysis of variance for wheat cultivars tolerance index against wild oat in two years of experiment

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square شاخص تحمل Tolerance index
سال year	1	4292.60*
سال (بلوک) (block) year	4	343.99
تراکم یولاف oat density	3	15174.00**
سال × تراکم یولاف year × oat density	3	679.90 ^{ns}
سال × تراکم (بلوک) year × density(block)	12	198.99
رقم cultivar	9	553.43*
تراکم یولاف × رقم oat density × cultivar	27	106.19 ^{ns}
سال × رقم year × cultivar	9	162.47 ^{ns}
سال × رقم (بلوک) cultivar(block) × year	36	256.04
سال × تراکم × رقم year × density × cultivar	27	63.74 ^{ns}
خطا error	108	106.73
ضریب تغییرات CV (%)		13.09

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

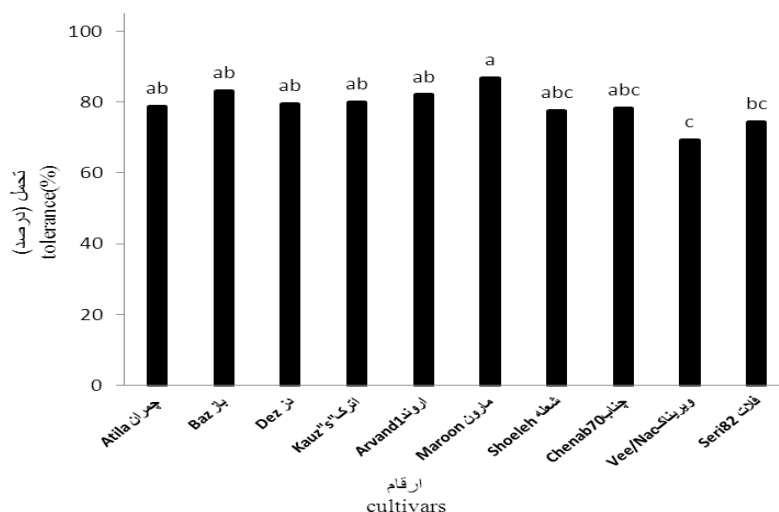
ns, * and ** Not significant and, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- رابطه بین تراکم یولاف وحشی و شاخص تحمل گندم در دو سال آزمایش

Figure 1- Relation between wild oat density and wheat tolerance index in two years of experiment

علف‌هرز، رقمی است که نه تنها عملکرد بالایی ندارد، بلکه ماده خشک علف‌هرز نیز در آن بالا باشد. بنابراین می‌توان ارقام مورد آزمایش را از لحاظ شاخص تحمل به سه دسته متحمل مانند رقم مارون، متوسط مانند بعضی ارقام جدید از جمله باز، اترک، دز و چمران و ارقام قدیمی اروند، چناب و شعله و دسته ضعیف مانند رقم ویریناک و فلات تقسیم کرد (شکل ۲).



شکل ۲- رابطه بین ارقام و شاخص تحمل گندم در دو سال آزمایش (آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد)

Figure 2- Relation between cultivars and wheat tolerance index in two years of experiment (LSD test in 5% probability level)

مدل شاخص توانایی تحمل

برای ارزیابی صفات مؤثر بر شاخص توانایی تحمل رقابت در تراکم‌های یولاف، ابتدا از تجزیه رگرسیون و در ادامه آن از تجزیه مسیر برای روشن کردن روابط صفات مختلف با شاخص توانایی تحمل به عنوان یک صفت کمی استفاده گردید. بر این اساس، در تراکم ۴۰ بوته یولاف در مترمربع، فقط دو صفت از میان صفات اندازه‌گیری شده، بر شاخص توانایی تحمل تأثیر داشتند (جدول ۴). اما در تراکم ۸۰ بوته یولاف که میزان رقابت شدیدتر بوده تعداد شش صفت و در تراکم ۱۲۰ بوته یولاف تعداد هفت صفت بر شاخص توانایی تحمل تأثیرگذار بودند.

بنابراین همان‌طور که ملاحظه می‌شود هر چه تراکم علف‌هرز افزایش یابد و به تبع آن شدت رقابت علف‌هرز بیش‌تر شود، تعداد صفات مؤثر نیز افزایش یافته و مکانیزم‌های تحمل به آن پیچیده‌تر می‌شوند و لازم است گندم با تنظیم تعداد بیش‌تری از صفات خود، علف‌هرز مورد نظر را تحمل کند. همچنین بر اساس جدول ۴ ملاحظه می‌شود که صفات مؤثر بر شاخص توانایی تحمل تقریباً با صفات مؤثر بر شاخص رقابت‌پذیری تفاوت دارند. علاوه‌براین در شاخص توانایی تحمل تعداد صفات مؤثر بیش‌تر بوده و اثر باقی‌مانده آن (۶۹/۷ درصد

در حالی که رقم ویریناک با ۹/۳ درصد کمترین شاخص تحمل را داشت. این رقم بیش‌ترین میزان تولید ماده خشک علف‌هرز را به خود اختصاص داد و میزان عملکرد دانه آن نیز پایین بود. لذا نسبت به تحمل علف‌هرز به عنوان رقم غیرمتحمل شناخته شد. Zand et al, 2003 معتقدند که رقم متحمل، رقمی است که ضمن برخورداری از عملکرد بالا، ماده خشک علف‌هرز را کاهش دهد و رقم حساس به

همبستگی بین شاخص تحمل و شاخص رقابت فقط ۰/۳۴^{**} بود. بنابراین با اطمینان بیش از ۹۹ درصد می‌توان گفت که رابطه بین آن‌ها نسبتاً ضعیف است. لذا می‌توان نتیجه گرفت بر خلاف گزارشات قبلی، بین این دو شاخص رابطه چندانی وجود ندارد. بنابراین ارقامی که بتوانند تولید ماده خشک علف‌هرز را کاهش دهند ممکن است دارای عملکرد دانه مناسبی نباشند و این عمل را از طریق افزایش ارتفاع بیهوده و یا پنجه‌زنی نامطلوب انجام دهند که با هدر دادن ماده خشک، موجب کاهش عملکرد دانه آن‌ها می‌شود. در حالی که ارقام دیگری مانند دز با داشتن شاخص رقابت پایین، از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. طبق نظر Jordan, 1993 این گونه ارقام قادرند در شرایط حضور علف‌هرز عملکرد خود را ثابت نگه‌دارند. علاوه‌بر این‌ها ارقامی مانند مارون نیز وجود دارند که می‌توانند ضمن برخورداری از شاخص رقابت بالا، شاخص تحمل بیش‌تری نیز داشته باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شاخص رقابت‌پذیری بالا به تنهایی نمی‌تواند به عنوان معیار مناسبی برای انتخاب ارقام متحمل مورد استفاده قرار گیرد. در همین راستا نحوه تأثیر مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف درونی و برونی یک رقم گندم بر شاخص تحمل آن مورد بررسی قرار گرفت.

برای این عمل دارند و تحمل و بازدارندگی دو خصوصیتی هستند که به صورت هم زمان ممکن است در یک گونه گیاهی وجود نداشته باشند. به همین دلیل هم بین شاخص تحمل و شاخص رقابت پذیری همبستگی اندکی ($0/34^{**}$) به دست آمد. زیرا به جز وزن هزاردانه هیچ صفت مشترکی بین شاخص تحمل و شاخص رقابت پذیری وجود ندارد. (Mousavi *et al.*, 2014)

در تراکم ۸۰ و ۶۲/۸ درصد در تراکم ۱۲۰ بوته در مترمربع (شکل های ۳ و ۴) در مقایسه با اثر باقی مانده شاخص رقابت ($3/35$ درصد) نیز زیاده تر است که نشان می دهد، تعداد صفاتی که شاخص تحمل را تحت تأثیر قرار می دهند بیش تر از تعداد صفاتی است که در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفتند. Jordan, 1993 نیز معتقد است که بازدارندگی از رشد علف های هرز موضوعی است که با تحمل گیاهی در ارقام رقابت کننده فرق می کند، زیرا هر یک مکانیسم های مجزایی

جدول ۴- تجزیه رگرسیون و همبستگی صفات مؤثر بر شاخص تحمل ارقام گندم در برابر تراکم یولاف وحشی

Table 4- Regression and correlation analysis of characteristics effective on wheat cultivars tolerance index against wild oat density

تراکم کاشت Plant density	۴۰ بوته در مترمربع 40 plant m ⁻²	۸۰ بوته در مترمربع 80 plant m ⁻²	۱۲۰ بوته در مترمربع 120 plant m ⁻²
متغیر variable	برآورد پارامتر Estimation	برآورد پارامتر Estimation	برآورد پارامتر Estimation
	R ² جزئی Adjust R ²	R ² جزئی Adjust R ²	R ² جزئی Adjust R ²
عدد ثابت Constant	12.17 ^{ns}	9.70 ^{ns}	-88.85 ^{**}
شاخص برداشت گندم wheat harvest index	1.06 ^{**}	0.0936	0.61 ^{**}
طول میان گره زیرین spike under internode length	1.40 ^{**}	0.1394	0.1971
طول میان گره بالایی spike upper internode length	1.07 ^{**}	0.1430	1.01 [*]
عملکرد دانه یولاف wild oat grain yield	-	-	-
شاخص برداشت یولاف wild oat harvest index	-	-	-
تعداد سنبله بارور fertile spike number	-	-	-
تعداد سنبله نابارور None- fertile spike number	-	-	-
تعداد سنبله در سنبله spikelet number in spike	-	-	-
تعداد دانه در سنبله grain number in spikelet	-	-	-
وزن هزاردانه thousand grains weight	-	-	-
جمع Sum	-	-	-

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال خطا پنج و یک درصد

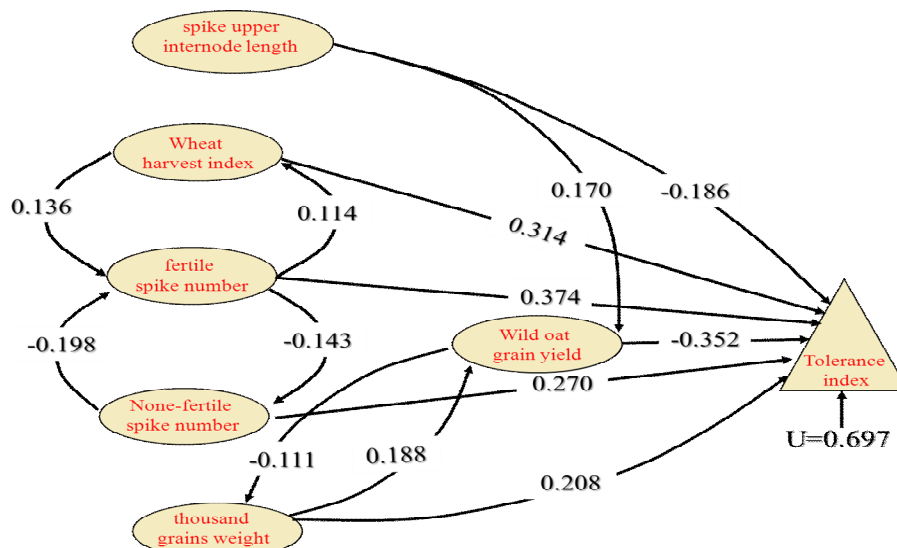
ns, * and ** Not significant and, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

خنثی کرده و تا حدودی تقویت شاخص تحمل را خنثی می کنند. در مجاورت ۸۰ بوته در مترمربع یولاف (شکل ۳) تعداد شش صفت از جمله تعداد سنبله بارور گندم با ضریب $0/374^{+}$ بیش ترین تأثیر مستقیم را بر افزایش شاخص تحمل داشت که با توجه به نقش تعداد سنبله بارور بر عملکرد چنین تأثیری دور از انتظار نیست. در عین حال این صفت با ضریب غیرمستقیم $0/143^{-}$ از طریق سنبله نابارور این

به طور کلی در ارزیابی صفات مؤثر بر تحمل ارقام گندم به تراکم ۴۰ بوته یولاف که شدت تداخل علف هرز و گیاه زراعی کمتر است، فقط دو صفت شاخص برداشت گندم با اثر مستقیم $0/446^{+}$ و طول میان گره زیرین سنبله با اثر مستقیم $0/399^{+}$ توانسته اند موجب تقویت شاخص تحمل گیاه زراعی شوند. با این حال این دو صفت به ترتیب با اثر غیرمستقیم $0/140^{-}$ و $0/157^{-}$ بخشی از اثر مثبت همدیگر را

افزایش توان تحمل خود نسبت به حضور علف‌هرز بیش‌تر استفاده می‌کند. با این حال در تراکم علف‌هرز بیش‌تر، به‌دلیل بروز رقابت درون‌گونه‌ای علف‌هرز و کاهش شدت رقابت آن با گیاه زراعی، تأثیر آن کمتر می‌شود. لذا از آنجایی که بین تعداد پنجه بیش‌تر (به شرط بارور بودن)، قدرت رقابتی و عملکرد اقتصادی گندم رابطه مثبتی نیز وجود دارد (Haefele *et al.*, 2004)، هنگام انتخاب ارقام برتر، صفت تعداد سنبله بارور را باید بیش‌تر مورد توجه قرار داد.

شاخص را کاهش داد، ولی تقریباً به همین میزان ۰/۱۱۴ به‌طور غیرمستقیم از طریق شاخص برداشت آن را افزایش داد. نتایج نشان داد در مجاورت ۱۲۰ بوته یولاف (شکل ۴)، صفت تعداد سنبله بارور با ضریب مستقیم کمتری (۰/۲۹۹) سبب افزایش شاخص تحمل شد ولی اثر غیرمستقیم این صفت در این سطح از تراکم بسیار کمتر بود که به‌منظور ساده‌سازی مدل به‌دست آمده و اهمیت کم آن مورد توجه قرار نگرفت. به‌نظر می‌رسد گندم در تراکمی از علف‌هرز که شدت رقابت بیش‌تر باشد از صفت تعداد سنبله بارور به‌عنوان ابزاری برای



شکل ۳- مدل تأثیر صفات مختلف گندم بر شاخص تحمل ارقام در برابر ۸۰ بوته یولاف در مترمربع

Figure 3- Model of wheat different characteristics effects on cultivars tolerance index against 80 wild oat plant per m²

شاخص تحمل می‌شود. با افزایش تراکم یولاف به ۱۲۰ بوته در مترمربع، شاخص برداشت گندم با ضریب بالاتری (۰/۴۱۰) به‌طور مستقیم سبب افزایش شاخص تحمل، ولی به‌طور غیرمستقیم و با ضریب ۰/۱۰۸- از طریق افزایش طول میان‌گره زیرین سنبله بخشی از تأثیر مثبت خود را از دست داد (شکل ۴). به‌نظر می‌رسد که با افزایش تراکم علف‌هرز، چون گیاه زراعی برای دریافت نور بیش‌تر بخشی از مواد فتوسنتزی را که باید به دانه منتقل کند، صرف افزایش طول میان‌گره زیرین سنبله می‌کند، تأثیر شاخص برداشت آن تضعیف می‌گردد.

به‌طور کلی از اشتراک صفت شاخص برداشت گندم در هر سه تراکم یولاف وحشی (جدول ۴) نتیجه‌گیری می‌شود، ارقامی که دارای شاخص برداشت بالایی باشند، می‌توانند تراکم‌های بالاتری از یولاف وحشی را تحمل کنند. لذا توصیه می‌شود برای اصلاح ژنوتیپ‌های متحمل به علف‌هرز، شاخص برداشت به‌عنوان معیار مناسب انتخاب در اولویت قرار گیرد. تعداد سنبله نابارور هر چند با

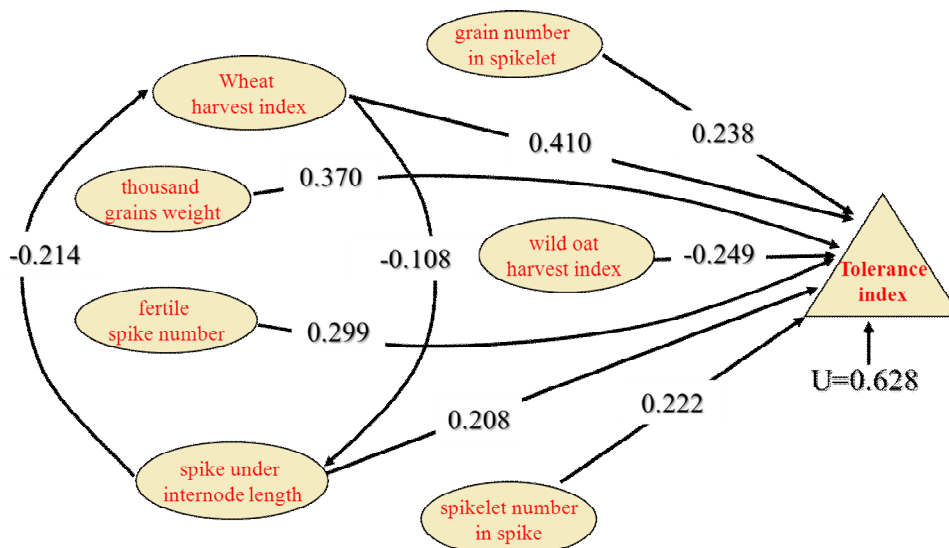
عملکرد یولاف نیز با ضریب مستقیم ۰/۳۵۲- و به‌طور غیرمستقیم با ضریب ۰/۱۱۱- از طریق وزن هزاردانه سبب کاهش شاخص توانایی تحمل ارقام گندم شد (شکل ۳). تأثیر اول، احتمالاً ناشی از رقابت ۸۰ بوته علف‌هرز یولاف برای خارج کردن منابع از دسترس گندم در کل دوره و تأثیر دوم ناشی از سایه‌اندازی یولاف بر گندم در هنگام پُرشدن دانه گندم می‌باشد که سبب کاهش وزن هزاردانه شده است. اما در تراکم ۱۲۰ بوته که تا حدی از شدت رقابت کاسته می‌شود، صفت شاخص برداشت یولاف با ضریب مستقیم نسبتاً کمتر ۰/۲۴۹- (در مقایسه با عملکرد آن در ۸۰ بوته) شاخص تحمل را کاهش می‌دهد (شکل ۴).

شاخص برداشت گندم صفتی تأثیرگذار است که با ضریب مستقیم ۰/۳۱۴ و به‌طور غیرمستقیم با ضریب ۰/۱۳۶- از طریق سنبله بارور سبب افزایش شاخص تحمل ارقام گندم در ۸۰ بوته یولاف گردید (شکل ۳). لذا می‌توان گفت که افزایش تعداد سنبله بارور ضمن تقویت شاخص برداشت، سبب افزایش اثر مثبت شاخص برداشت بر

از جمله صفاتی است که نقش بسیار مهمی در تعیین ژنوتیپ‌های رقیب و متحمل به علف‌هرز ایفا می‌نماید. از این‌رو، توصیه می‌شود این صفت نیز در برنامه‌های انتخاب به‌عنوان معیار مناسب، بیش‌تر مورد توجه قرار گیرد.

افزایش طول میان‌گره بالایی سنبله ارقام به‌طور مستقیم با ضریب -0.186 اثر کاهشی بر شاخص توانایی تحمل نشان داد (شکل ۳). اما تقریباً به همین میزان از طریق عملکرد یولاف وحشی به‌طور غیرمستقیم و با ضریب $+0.170$ اثر کاهشی را خنثی می‌کند. چنین به‌نظر می‌رسد که طول میان‌گره بالایی سنبله تحت رقابت شدید ناشی از حضور ۸۰ بوته یولاف، برای دریافت نور بیش‌تر افزایش یافته ولی موجب شد که مواد ارسالی به سوی دانه‌ها کاهش یافته که به کاهش شاخص تحمل منجر شد. از طرف دیگر با افزایش تراکم علف‌هرز به ۱۲۰ بوته در واحد سطح و سایه‌اندازی بیش‌تر دو گیاه بر هم‌دیگر، رشد طولی میان‌گره زیرین سنبله گندم تحریک شد و بر خلاف طول میان‌گره بالایی به‌طور مستقیم با ضریب $+0.208$ اثر افزایشی بر شاخص تحمل نشان داد. ولی تقریباً به همین میزان و به‌طور غیرمستقیم با ضریب -0.214 از طریق شاخص برداشت اثر تقویتی خود بر شاخص تحمل را خنثی کرد (شکل ۴). بنابراین، حداقل در شرایط پرنوری مانند خوزستان، بر خلاف عقیده *Cousens et al.*, 2003 افزایش ارتفاع نمی‌تواند شاخص توانایی تحمل ارقام گندم در برابر علف‌هرز را تقویت کند.

حضور خود در مجاورت ۸۰ بوته یولاف، تأثیر مستقیم $+0.270$ مثبتی بر شاخص توانایی تحمل ارقام گندم می‌گذارد، ولی به‌علت تأثیر منفی و غیرمستقیم ولی مهم‌تر -0.198 از طریق کاهش تعداد سنبله بارور، تأثیر مثبت آن بر شاخص توانایی تحمل ارقام گندم با یولاف وحشی تضعیف می‌گردد (شکل ۳). لذا اگر چه گفته شده، تعداد ساقه یا سنبله نابارور تأثیری بر عملکرد یک رقم ندارد، ولی می‌تواند با سایه‌اندازی و افزایش فضای تغذیه‌ای قدرت تحمل گندم را افزایش دهد (Baghestani and Zand, 2004)، اما توصیه نمی‌شود. صفت تأثیرگذار مهم دیگر، وزن هزاردانه است که در ۸۰ بوته تأثیر مستقیم $+0.208$ مثبتی بر شاخص تحمل ارقام نشان داد. علاوه‌براین، از طریق اثرگذاری بر عملکرد یولاف به‌طور غیرمستقیم و با ضریب $+0.188$ موجب تقویت شاخص تحمل ارقام شد (شکل ۳). با این حال تأثیر مستقیم این صفت در تراکم بالاتر علف‌هرز (شکل ۴) با ضریب بالاتری ($+0.370$)، سبب افزایش توان تحمل ارقام در برابر یولاف گردید. ارقام دانه درشت‌تر قادر هستند با تولید دانه‌های درشت‌تر، نهایتاً از طریق بالا بردن میزان عملکرد اقتصادی، شاخص تحمل خود را افزایش دهند، از طرف دیگر دانه‌های درشت‌تر آن‌ها سبب می‌گردند گندم زودتر مستقر گردیده و بر یولاف وحشی چیره شود، لذا به‌طور غیرمستقیم تا حدودی شاخص تحمل را تقویت می‌کند. بنابراین، ملاحظه می‌شود که صفت وزن هزاردانه هم شاخص رقابت و هم شاخص تحمل ارقام در سطوح مختلف تراکم علف‌هرز تقویت کرده و



شکل ۴- مدل تأثیر صفات مختلف گندم بر شاخص تحمل ارقام در برابر ۱۲۰ بوته یولاف در مترمربع

Figure 4. Model of wheat different characteristics effects on cultivars tolerance index against 120 wild oat plant per m²

ضریب $+0.238$ و $+0.222$ به‌طور مستقیم موجب تقویت شاخص توانایی تحمل ارقام گندم شدند. از آنجایی که شاخص تحمل، بیان‌گر

بر اساس شکل ۴، در مجاورت ۱۲۰ بوته در مترمربع یولاف صفات تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در سنبله ارقام گندم به‌ترتیب با

موجب می‌شود که تعداد دانه در سنبلچه سبب تقویت شاخص تحمل، ولی تضعیف شاخص رقابت‌پذیری ارقام گندم در برابر یولاف وحشی می‌گردد. اگر چه بر اساس شکل‌های ۳ و ۴ بین صفات مورد بررسی و شاخص توانایی تحمل، آثار غیرمستقیم دیگری نیز وجود داشت ولی اهمیت آن‌ها کمتر از ۱/۱۰۰ بود. لذا جهت ساده‌سازی مدل‌های به‌دست آمده از آن‌ها صرف نظر شد. در مجموع این مدل‌ها با کلیه آثار مستقیم و غیرمستقیم خود نتوانستند همگی تأثیرهای لازم را نشان بدهند، به‌طوری‌که در تراکم ۸۰ بوته ۶۹/۷ درصد (شکل ۳) و در تراکم ۱۲۰ بوته یولاف وحشی ۶۲/۸ درصد (شکل ۴) اثرهای دیگری باقی‌مانده‌اند، که باید در تحقیقات بعدی مشخص گردند.

قدرت گیاه زراعی برای تحمل علف‌هرز با حفظ عملکرد آن است، لذا تأثیر این صفات هر چند که در حد زیاد نبوده ولی دور از انتظار نیست، زیرا تعداد دانه در سنبلچه و تعداد سنبلچه در سنبله از اجزاء مهم عملکرد دانه هستند. اما پژوهش‌های قبلی نشان داده بود، صفت تعداد دانه در سنبلچه بر شاخص رقابت که بیان‌گر توانایی گیاه زراعی در حذف علف‌هرز با حفظ عملکرد است، اثر منفی و کاهش‌ی زیادی (۰/۴۹۸-) داشته است (Mousavi et al., 2014). لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت، در ارقامی که تعداد دانه بیش‌تری در سنبلچه تولید می‌کند، گیاه زراعی با هدایت مواد فتوسنتزی بیش‌تری به سمت دانه‌ها، قدرت خود را برای حذف علف‌هرز از دست می‌دهد. این امر

References

1. Anonymous, 2007. Implant, protection and harvest of wheat in Khouzestan. Press of Jahad Keshavarzi Organization of Khozestan, Ahwaz. 29p. (In Persian).
2. Baghestani, M. A., and Zand, E. 2004. Study on morphological and physiological characteristics affecting on competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) against wild oats (*Avena ludoviciana* Dur.). Pajouhesh & Sazandegi 67: 41-56. (In Persian with English Abstract).
3. Bijanzadeh, E., Naderi, R., and Behpoori, A. 2010. Interrelationships between oilseed rape yield and weeds population under herbicides application. Australian Journal of Crop Science 4(3): 155-162.
4. Coleman, R., and Gill, G. 2003. Trends in yielding ability and weed competitiveness of Australian wheat cultivars. Proceedings eleventh Australian Agronomy Conference. Geelong, Australia.
5. Cousens, R. D., Barnett, A. G., and Barry, G. C. 2003. Dynamics of competition between wheat and oats. I: Effects of changing the timing of phenological events. Agronomy Journal 95: 1295-1304.
6. FAO. 2014. Statistical data. www.faostat.fao.org.
7. Haefele, S. M., Johnson, D. E., Bodji, D. Wopereies, M. C. S., and Miezani, K. M. 2004. Field screening of drives rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. Field Crops Research 57: 189-199.
8. Jordan, N. 1993. Prospects for weed control through crop interference. Ecological Application 3: 84-91.
9. Khalaghani, J. 2007. Weed loss assesment in wheat fields. Final report. Iranian Research Institute of Plant Protection. 47 pp.
10. Legere, A., Stevenson, F. C., and Benoit, D. L. 2005. Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. European Weed Research Society 45: 303-315.
11. Lemerle, D., Gill, G. S., Murphy, C. E., Walker, S. R., Cousens, R. D., Mokhtari, S., Peltzer, S. J., Coleman, R., and Lickett, D. J. 2001. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. Australian Journal of Agricultural Research 52: 527-548.
12. Maknali, A., Minbashi, M., and Maknali, R. 2011. Advanced identification and distribution map of weeds of irrigated wheat in Khuzestan north using GIS. The 4th Iranian Weed Science Congress. Ahwaz. Pp: 370-373. (In Persian).
13. Mousavi, S. H., Siadat, S. A. Alami-Saeid, Kh., Zand, E., and Bakhshande, A. 2012. Evaluation of competitive performance of spring bread wheat cultivars with wild oat weed. Iranian Crop Science 4 (56): 358-369. (In Persian with English abstract).
14. Mousavi, S. H., Siadat, S. A. Alami-Saeid, Kh., Zand, E., and Bakhshande, A. 2014. Tolerance mechanism of spring bread wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to wild oat (*Avena lodoviciana*) competition. Journal of crop production and processing 12: 97-110 (In Persian with English Abstract).
15. Siadat, S. A., Modhej, A., and Esfahani, M. 2013. Cereal. Press of Jahad Daneshgahi Mashhad. 352 pp. (In Persian).
16. Zand, E., Koocheki, A., Rahimiyan-Mashadi, H., Deyhim-Fard, R., Soofizadeh, S., Nassiri-Mahallati, M. 2003. Studies on some ecophysiological traits associated with competitiveness of old and new Iranian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars against wild oat (*Avena ludoviciana* L.). Iranian Journal Agriculture Science 1(2): 1-17. (In Persian with English Abstract).
17. Zand, E., and Beckie, H. 2002. Competitive ability of hybrid and open pollination canola with wild oat. Canadian Journal of Plant Science 82: 473-480.
18. Zand, E., Baghestani, M. A., Bitarafan, M., and Shimi, P. 2007. A guideline for herbicides in Iran. Press of

- Jahad Daneshgahi Mashhad. 66 pp. (In Persian).
19. Zimdahl, R. L. 2007. Fundamentals of weed science. Academic Press (Third Edition) ISBN: 978-0-12-372518-9, San Diego, California, USA. 666 pp.



Investigation of Casual Relationships between Effective Morphophysiological Traits of Spring Bread Wheat Cultivars Tolerance to Wild Oat

S. H. Mousavi^{1*} - S. A. Siadat² - Kh. Alami-Saeid³ - E. Zand⁴ - A. M. Bakhshandeh²

Received: 06-04-2014

Accepted: 31-10-2015

Introduction

Integrated weed management is based on combination of several management methods, while reducing the rate of the use of herbicides, will result in efficient management and sustainable weed control. Ability of crop tolerance and prevent weed growth are two important traits in weed competition. An appropriate and suitable cultivar, has high yield potential in the presence of weed and under weed free conditions. Such cultivar is weed tolerated and prevent the growth of weed. Therefore this study was conducted to determine the relationships between some morphophysiological traits that affecting on tolerance index of bread wheat cultivars with wild oat in tropical regions condition such as the province of Khouzesan.

Materials and Methods

In order to investigate the casual relationships between effective morphophysiological traits of tolerant spring bread wheat cultivars to wild oat, an experiment was conducted as strip block includes 4 densities of wild oat (0, 40, 80 and 120 plant per m²) in linear plots and 10 spring bread wheat cultivars (Chamran, Baz, Atrak, Arvand, Maroon, Shoeleh, Chenab, Virinak, Dez and Falat) in horizontal plots based on randomized completely blocks design with three replications in research farm of Khozestan Ramin Agricultural and Natural Resources University during 2011-2012 and 2012-2013 growing season. Each plot consists of 10 lines of wheat planting in distance of 20 cm. Distance between the plots was 50 cm and the distances between the blocks was two meters and the plots were prepared with hand. The rate of wheat seed for cultivars of Chamran, Baz, Atrak, Maroon, Chenab, Virinak, Falat and Dez was 400, Arvand 300 and Shoeleh 250 plants per square meter and wild Oat seed were planted at regular intervals between the wheat lines (for densities of 40 wild oat plant: 12.5 cm; 80 plant: 6.25 cm and 120 plant: 4.16 cm).

Results and Discussion

The results showed that with increasing weed density, tolerance index of wheat decreased. So with presence of wild oat, the average of grain yield of cultivars decreased by 0.31 percent. Between wheat cultivars, Maroon cultivar with 86.8 percent, had the highest index of tolerance. This cultivar had the highest grain yield and well prevent dry matter accumulation of wild oat. While Virinak cultivar with 69.3 percent had the least tolerance index. This cultivar had the highest accumulation of dry matter of weed and also had the lowest grain yield. Therefore these cultivars based on tolerance index were classified at three groups: 1) tolerant group (Maroon), 2), medium group (some new cultivars such as Baz, Atrak, Dez and Chamran and old cultivars such as Arvand, Chenab and Shoeleh) and 3) weak group (such as Virinak and Falat). Modeling of wheat cultivars tolerance ability index with wild oat showed that different traits such as fertile spike number, harvest index, thousand grains weight, grain number in spikelet and spikelet number in spike cause to increase of wheat cultivars tolerance index ability against wild oat. But none-fertile spike trait, spike upper and under internode length could not strengthen tolerance index. Yield and harvest index of wild oat decreased wheat cultivars tolerance ability index.

Conclusions

Therefore in wheat cultivated areas rich with wild oat, the cultivars are more favorable that to weed

1- Former Ph.D. Student, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khouzesan

2, 3- Professors and Associate Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khouzesan

4- Professor of Iranian Research of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

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

infestation, its yield does not decrease too much. Such cultivars, well tolerated to weeds, prevented of its growth and seed production. So these cultivars such as Maroon that is weed tolerant with preventing of its seed production, have ability to control the weed population in subsequent years with actions weed ecological control can be used in integrated control programs.

Keywords: Dry matter, Grain yield, Path analysis, Tolerance index, Weed density



ارزیابی برخی از شاخص‌های رشد گلرنگ با استفاده از آنالیز رگرسیون

فاطمه خطیب^{۱*} - بنیامین ترابی^۲ - اصغر رحیمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی شاخص‌های رشد و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های متفاوت بود. بدین منظور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۱۶ فروردین، ۶ و ۲۷ اردیبهشت) و چهار رقم گلرنگ (۴۱۱، سینا، محلی اصفهان و صفه) بودند. نتایج نشان داد سرعت جذب خالص در همه ارقام و تاریخ کاشت‌ها (به استثنای ارقام ۴۱۱ و صفه در تاریخ کاشت دوم) در ابتدای فصل رشد روند افزایشی داشت و پس از ۴۳ تا ۵۱ روز پس از کاشت روند کاهشی داشت. حداکثر نسبت سطح برگ در ابتدای فصل رشد به دست آمد و با شیب $-0.051 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ تا -0.033 در بین ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف در حال کاهش بود. حداکثر سرعت رشد نسبی در بین ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف بین $-0.251 \text{ gg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ تا -0.087 متغیر بود که در تاریخ کاشت سوم بالاترین مقدار آن به دست آمد. دوام سطح برگ در ابتدای فصل رشد روند افزایشی داشت و حدود ۵۰ تا ۶۲ روز پس از کاشت روند کاهشی نشان داد. در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم، ارقام زودتر به حداکثر دوام سطح برگ رسیدند، ولی از میزان آن کاسته شد. عملکرد دانه با دوام سطح برگ همبستگی بالایی ($r=0.88$) نشان داد و به ازای هر واحد افزایش در دوام سطح برگ، ۱۲/۲ گرم در متر مربع بر عملکرد دانه افزوده شد. بالاترین مقدار عملکرد دانه از ارقام ۴۱۱ و محلی اصفهان در تاریخ کاشت اول به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: دوام سطح برگ، سرعت جذب خالص، سرعت رشد نسبی، نسبت سطح برگ

مقدمه

می‌دهد. در واقع میزان سرمایه‌گذاری گیاه در برگ‌ها را نشان می‌دهد (Zahedi et al., 2008). دوام سطح برگ (LAD) بیان‌کننده طول عمر برگ می‌باشد و از حاصل ضرب سطح برگ در مدت زمانی که گیاه آن سطح برگ را حفظ می‌کند، به دست می‌آید. در واقع دوام سطح برگ، هم میزان سطح برگ و هم دوام آن را در بر می‌گیرد. این شاخص، از اهمیت زیادی برخوردار است، چرا که گیاه برای تولید برگ، انرژی زیادی مصرف می‌کند، لذا هرچه عمر برگ بیش‌تر باشد گیاه مدت‌زمان بیش‌تری از آن برگ در جهت تولید استفاده می‌نماید و در نتیجه بین دوام سطح برگ و عملکرد، همبستگی بالایی وجود دارد (Mohammadi et al., 2013; Soghani et al., 2010). سرعت رشد نسبی (RGR) بیان‌کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است که تابعی از سطح فتوسنتزکننده و تنفس‌کننده گیاه می‌باشد (Tesar, 1984). از این شاخص به عنوان برآورد اساسی تولید ماده خشک استفاده می‌شود و می‌توان از آن برای مقایسه کارایی گونه‌ها یا اثرات دما در شرایط معین استفاده کرد (Mirzai et al., 2012). Mirzai et al., 2012 با آزمایشی بر روی هیبریدهای جدید آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشاهده کردند سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص در تاریخ کاشت اول (۲۰ خرداد) و هیبرید SHF-81-90 بیش‌ترین میزان بود و باعث شد

بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به کمک این شاخص‌ها، می‌توان عکس‌العمل‌های گیاه را نسبت به شرایط محیطی مختلف طی دوره رشد گیاه، تفسیر نموده و شناخت بهتری از روند رشد گیاه در هر منطقه به دست آورد (Mirzai et al., 2012). از مهم‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد نسبی اشاره کرد. سرعت جذب خالص (NAR) مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد سطح برگ در واحد زمان می‌باشد و معیاری از مدل کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در یک جامعه گیاهی می‌باشد (Shirani-Rad, 2005). نسبت سطح برگ (LAR) نسبت بین سطح پهنک یا بافت‌های فتوسنتزکننده به کل بافت‌های تنفس‌کننده یا وزن گیاه است و پُربریگی گیاه را نشان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

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

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

(*) - نویسنده مسئول: Email: fatemekhatib86@yahoo.com

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.35100

این هیبرید عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به سایر ارقام داشته باشد. Ali-Zade *et al*, 2010 طی بررسی ارقام نخود سفید مشاهده کردند که رقم ILC482 که از سرعت رشد نسبی، نسبت سطح برگ و سرعت جذب خالص بیش‌تری برخوردار بود بالاترین عملکرد دانه نیز برخوردار بود. Soghani *et al*, 2010 با بررسی ژنوتیپ‌های لوییا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش کردند دوام سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشته و ژنوتیپ ۴۰۱ با بیش‌ترین مقدار دوام سطح برگ، سطح فتوسنتزکننده طولانی مدت‌تری داشته و در نتیجه به‌علت افزایش مدت‌زمان فتوسنتز، عملکرد دانه بالاتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تولید کرد.

از آنجاکه، انتخاب تاریخ کاشت مناسب و کشت ارقام با پتانسیل ژنتیکی و سازگاری اقلیمی مطلوب در منطقه، برای حداکثر بهره‌برداری از پارامترهای مؤثر بر رشد، از مدیریت‌های ضروری جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی به حساب می‌آید، بنابراین، هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ، سرعت رشد نسبی و دوام سطح برگ ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های متفاوت و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه می‌باشد. همچنین در این مطالعه سعی به معرفی روش رگرسیون، برای بررسی تغییرات این صفات در طی فصل رشد شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. هر کرت شامل پنج ردیف به طول چهار متر و به‌فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود و بین بلوک‌ها نیز یک متر فاصله در نظر گرفته شد. تراکم کاشت ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. عامل‌های آزمایش شامل تاریخ کاشت (۱۶ فروردین، ۶ اردیبهشت و ۲۷ اردیبهشت) و رقم گلرنگ (سینا، ۴۱۱)، محلی اصفهان و صفه) بودند. عملیات کاشت با دست، به‌صورت متراکم و در عمق پنج سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. در مرحله ۲ تا چهار برگی گیاهچه‌ها بر اساس تراکم موردنظر تنک گردیدند. مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک و عملیات مبارزه با علف‌های هرز در هر کرت توسط دست انجام شد. نمونه‌برداری از مرحله روزت هر ۲ هفته یکبار و از اواسط دوره رشد به بعد هر هفت روز یکبار به‌صورت برداشت پنج-۱۰ بوته از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه انجام گرفت. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، برگ‌ها از بوته‌ها جدا شده و سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Delta T اندازه‌گیری شدند. وزن خشک برگ، ساقه، طبق و دانه پس از قرار دادن در آون به‌مدت ۷۲ ساعت با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری مشاهدات، روند تغییرات سرعت

جذب خالص، نسبت سطح برگ، سرعت رشد نسبی و دوام سطح برگ، در ارقام مختلف برای هر تاریخ کاشت موردبررسی قرار گرفت. سرعت جذب خالص، از تقسیم سرعت رشد محصول بر شاخص سطح برگ به‌دست آمد (Barzali *et al.*, 2004; Khatib, 2014) و برای بررسی روند تغییرات آن از مدل نمایی و مدل لجستیک استفاده شد (Ghadirian *et al.*, 2011):

$$NAR = ae^{bt} \quad (۱)$$

در مدل نمایی، b سرعت کاهش جذب خالص، t روز پس از کاشت و a یک ضریب ثابت در مدل می‌باشد.

$$NAR = \frac{ace^{-a(t-t_m)}}{(1+e^{-a(t-t_m)})^2} \quad (۲)$$

در مدل لجستیک، t_m زمانی است که سرعت جذب خالص به حداکثر مقدار خود می‌رسد، t روز پس از کاشت و a و c ضرایب ثابت در مدل می‌باشند.

نسبت سطح برگ، از تقسیم سطح برگ به وزن خشک کل به‌دست آمد و برای بررسی روند تغییرات آن از مدل نمایی استفاده شد:

$$LAR = ae^{bt} \quad (۳)$$

در این مدل، b سرعت کاهش نسبت سطح برگ، t روز پس از کاشت و a یک ضریب ثابت در مدل می‌باشد.

سرعت رشد نسبی، از تقسیم سرعت رشد محصول بر وزن خشک کل به‌دست آمد (Arvin *et al.*, 2009) و برای بررسی روند تغییرات سرعت رشد نسبی از مدل گمپرتز استفاده شد (Ghadirian *et al.*, 2011):

$$RGR = RGR_{\max} e^{-k(t-t_m)} \quad (۴)$$

که در آن $RGR_{\max}$ حداکثر مقدار سرعت رشد نسبی، k ضریب ثابتی است که شکل منحنی را تعیین می‌کند، t روز پس از کاشت، t_m زمانی است که سرعت رشد نسبی به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

دوام سطح برگ از رابطه زیر محاسبه شد (Mirshekari, 2011):

$$LAD = \frac{(LAI_1 + LAI_2)(t_2 - t_1)}{2} \quad (۵)$$

برای بررسی روند تغییرات آن، از مدل لجستیک استفاده شد:

$$LAD = \frac{ace^{-a(t-t_m)}}{(1+e^{-a(t-t_m)})^2} \quad (۶)$$

در این مدل t_m زمانی است که دوام سطح برگ به حداکثر مقدار خود می‌رسد، t روز پس از کاشت و a و c ضرایب ثابت در مدل می‌باشند.

برازش مدل‌های فوق با استفاده از رویه PROC NLIN صورت گرفت، پارامترهای مدل در بین ارقام و نیز تاریخ کاشت‌های مختلف

که میزان شاخص سطح برگ به حداکثر مقدار خود رسید، سرعت جذب خالص در اثر سایه‌اندازی اندام‌های فوقانی از قبیل گل‌ها، غلاف‌ها و ساقه‌ها به سرعت کاهش یافت.

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود بین کلیه ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول از لحاظ زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. در تاریخ کاشت دوم نیز بین ارقام سینا و محلی اصفهان از این لحاظ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در این تاریخ کاشت، تغییرات سرعت جذب خالص در ارقام ۴۱۱ و صفه با استفاده از مدل نمایی توصیف شد و مشاهده شد در این دو رقم از لحاظ سرعت کاهش جذب خالص (b) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). در تاریخ کاشت سوم نیز از لحاظ زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص اختلاف معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت (جدول ۱).

برای مقایسه تاریخ کاشت اول با تاریخ کاشت سوم از مدل لجستیک استفاده شد و مشاهده شد از لحاظ زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) بین تاریخ کاشت اول و تاریخ کاشت سوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در تاریخ کاشت دوم که با مدل نمایی برازش داده شد، سرعت جذب خالص با شیب $0.29/^\circ\text{C}$ گرم در متر مربع در روز کاهش یافت (جدول ۲).

نسبت سطح برگ

با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود روند تغییرات نسبت سطح برگ نزولی بوده و بالاترین مقدار آن در اوایل رشد مشاهده می‌شود و به مرور زمان کاهش می‌یابد. در مراحل اولیه رشد اکثر مواد فتوسنتزی ساخته شده صرف رشد و گسترش برگ شده و سپس با آغاز رشد سریع سایر اندام‌های گیاهی، مواد فتوسنتزی بیش‌تری به اندام‌های غیربرگی اختصاص یافته و در نتیجه نسبت سطح برگ طی فصل رشد کاهش می‌یابد. Javadi *et al.*, 2006 نیز علت کاهش نسبت سطح برگ طی فصل رشد را اختصاص بیش‌تر مواد فتوسنتزی به اندام‌های غیربرگی و افزایش ماده خشک کل ذکر کرده‌اند. همان‌طوری‌که در شکل ۲ دیده می‌شود، نسبت سطح برگ در اوایل فصل رشد، در تاریخ کاشت اول و دوم بیش‌تر از تاریخ کاشت سوم می‌باشد. بیش‌تر بودن LAR به این مفهوم است که نسبت بافت‌های فتوسنتزکننده به مجموع بافت‌های تنفس‌کننده در تاریخ کاشت اول و دوم بیش‌تر می‌باشد و نشان‌دهنده پُربری گیاهان در این دو تاریخ کاشت است. به عبارت دیگر گیاهان در تاریخ کاشت اول و دوم، طی فرایند فتوسنتز انرژی تابشی بیش‌تری را به ماده خشک تبدیل نموده و در بافت‌های ذخیره‌ای خود انباشته نموده‌اند (Javaheri *et al.*, 2004).

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود بین ارقام کشت شده در تاریخ کاشت‌های یکسان، از لحاظ سرعت کاهش نسبت سطح برگ (b) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول ۳)، هم‌چنین بین

با استفاده از حدود اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های عملکرد دانه با کمک رویه PROC GLM و آزمون LSD، تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی و عملکرد دانه با رویه PROC CORR نرم افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

سرعت جذب خالص

با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود NAR در تاریخ کاشت اول و سوم در همه ارقام در ابتدای فصل رشد افزایشی بوده و پس از آن به دلیل سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر وزن خشک به دست آمده به ازای هر واحد سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه سرعت جذب خالص نیز کاهش می‌یابد (Mirzakhani *et al.*, 2007). در ابتدای فصل رشد پوشش زمین توسط کنوپی گیاه به واسطه افزایش شاخص سطح برگ رو به کامل شدن است که در نتیجه باعث افزایش دریافت تشعشع و سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد می‌شود (Kashef, 1996). سرعت جذب خالص زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل خورشید قرار گرفته باشند. پس از مدتی به دلیل سایه اندازی بوته‌ها روی یکدیگر و کاهش ماده خشک تولیدی به ازای هر واحد سطح برگ، NAR وارد فاز کاهش می‌شود (Khayat *et al.*, Ebrahim-Pour, *et al.*, 2010). در تاریخ کاشت دوم، روند تغییرات NAR برای ارقام سینا و محلی اصفهان در ابتدای فصل رشد ثابت و سپس روند کاهشی را نشان داد در حالی که برای ارقام صفه و گلدشت از همان ابتدای فصل رشد روند تغییرات NAR در حال کاهش بود (شکل ۱).

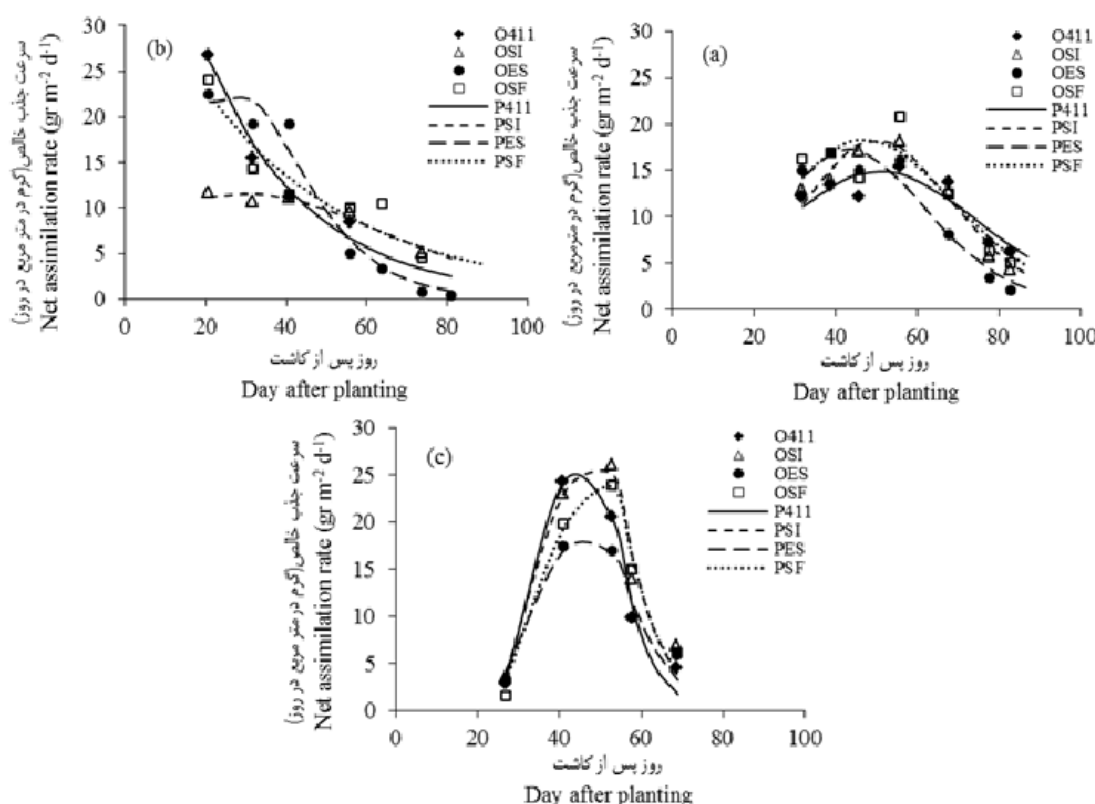
ارقام کشت شده در تاریخ کاشت سوم دارای سرعت جذب خالص بسیار پایین در ابتدای فصل رشد بوده‌اند (شکل ۱). احتمالاً کوچک ماندن گیاهان، کم بودن شاخص سطح برگ و سایه‌اندازی برگ‌ها به علت وجود رشد روزت در ابتدای فصل رشد، باعث کم شدن دریافت تشعشع و سرعت جذب خالص شده است (Khatib, 2014). با شروع مرحله ساقه‌دهی، برگ‌های گیاه از حالت روزت خارج شده که این امر موجب افزایش میزان نفوذ نور در کانوپی، کاهش سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر و نهایتاً افزایش سرعت جذب خالص می‌شود. هم‌چنین احتمالاً کاهش سایه‌اندازی برگ‌ها در اثر کاهش شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت سوم می‌تواند باعث دستیابی به حداکثر سرعت جذب خالص بالاتری نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها شود (شکل ۱). Dehdashti and Majd-Nasiri, 2008 نیز افزایش سرعت جذب خالص را در اثر تأخیر در کاشت به دلیل کاهش سایه‌اندازی برگ‌ها در اثر کاهش شاخص سطح برگ گزارش کرده‌اند. Tayo and Morgan, 1975 نیز گزارش کردند که در زمان گلدهی و دو هفته پس از آن در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)، هنگامی

رشد کاهش می‌یابد (Damavandi and Latifi, 2009).
Agha- Mirzakhani *et al.*, 2007 با بررسی گلرنگ بهاره و
Alikhani and Safari, 2013 نیز با بررسی ارقام سورگوم دانه‌ای
(*Sorghum bicolor*) دلیل کاهش RGR در طول فصل رشد را
افزایش بافت‌های غیر زنده و مسن، سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر
و در نتیجه غیرفعال شدن برگ‌ها گزارش کرده‌اند.
با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود از لحاظ حداکثر سرعت رشد
نسبی (RGR_{max}) و زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد
نسبی (t_m) بین ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول تفاوت
معنی‌داری وجود نداشت.

تاریخ کاشت‌های مختلف نیز از لحاظ سرعت کاهش نسبت سطح
برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

سرعت رشد نسبی

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود روند تغییرات سرعت رشد
نسبی در ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف مشابه بود، سرعت رشد
نسبی در ابتدای فصل رشد به دلیل رشد سریع گیاه، وجود حداکثر
بافت‌های جوان و وزن اولیه کم گیاه نسبت به زمان‌های دیگر بیش‌تر
است. با گذشت زمان برگ‌های پایین گیاه به دلیل پیری و در سایه
قرار گرفتن، قادر به فتوسنتز مناسب نمی‌باشند، لذا نسبت افزایش وزن
به وزن اولیه کمتر می‌شود، بنابراین سرعت رشد نسبی در طول فصل



شکل ۱- روند تغییرات سرعت جذب خالص در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، 411، SI، ES و SF به ترتیب نشان دهنده ارقام ۴۱۱، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 1- Variation of the net assimilation rate in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P indicates the line is fitted to the observed values.

جدول ۱- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) و ضرایب ثابت (a و c) و مدل نمایی شامل سرعت کاهش جذب خالص (b) و ضریب ثابت (a) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

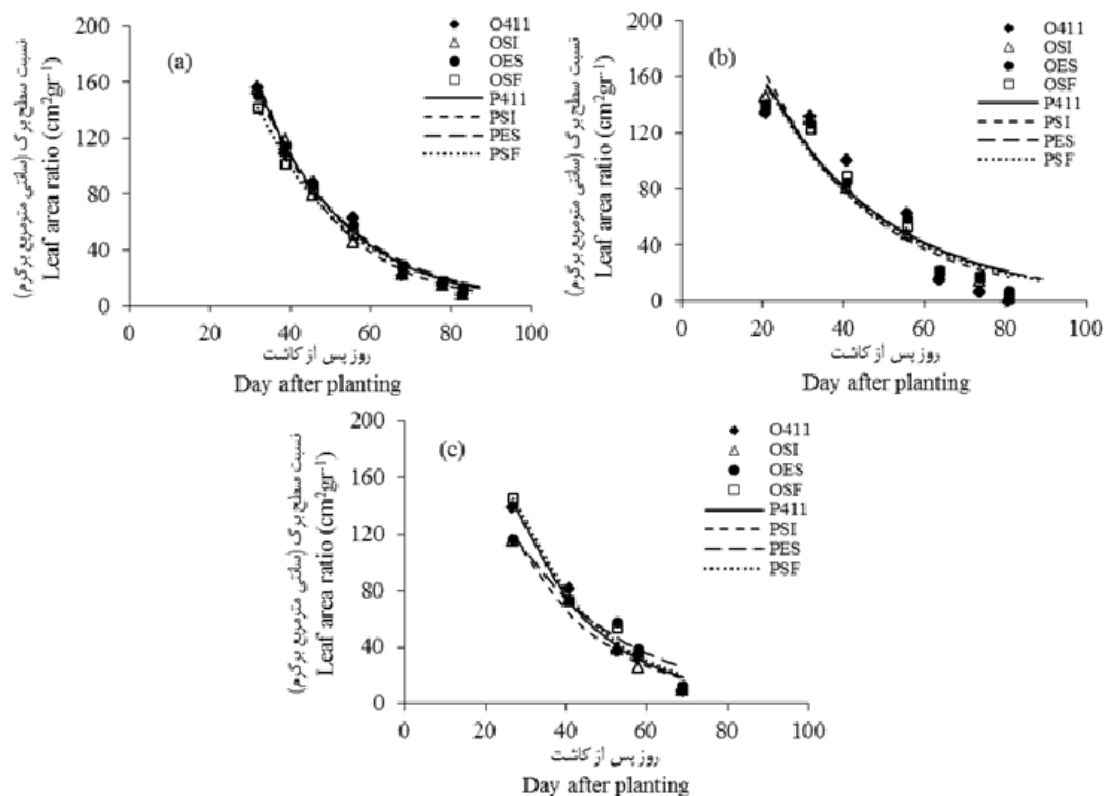
Table 1- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum net assimilation rate (t_m) and fixed coefficients (a and c) and exponential model including the net assimilation rate (b) and constant (a) for safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	مدل Model	t_m (CL)	a (CL)	b (CL)	c (CL)
اول First	۴۱۱	لجستیک	51.05 (42.92 ; 59.19)	0.059 (0.030 ; 0.088)	-	1015.4 (637.7; 1393.1)
	411	Logestic				
	سینا	لجستیک	50.35 (46.92 ; 53.78)	0.078 (0.060 ; 0.096)	-	938.9 (778.8 ; 1099.0)
	Sina	Logestic				
	محلی اصفهان	لجستیک	43.46 (36.75 ; 50.17)	0.076 (0.047 ; 0.106)	-	899.7 (615.9 ; 1183.4)
دوم Second	Local Esfahan	Logestic				
	صفه	لجستیک	47.42 (35.99 ; 58.86)	0.066 (0.033 ; 0.108)	-	1111.5 (553.9 ; 1669.1)
	Sofeh	Logestic				
	۴۱۱	نمایی	-	59.143 (16.00; 102.3)	-0.039 (-0.064 ; -0.014)	-
	411	Exponential				
سوم Third	سینا	لجستیک	29.63 (0.549; 58.722)	0.041 (0.002; 0.080)	-	1130.9 (97.83; 2164.0)
	Sian	Logestic				
	محلی اصفهان	لجستیک	26.58 (17.97 ; 35.197)	0.085 (0.044; 0.125)	-	1075.2 (601.1; 1549.3)
	Local Esfahan	Logestic				
	صفه	نمایی		38.324 (18.40 ; 58.24)	-0.026 (-0.04 ; -0.011)	-
سوم Third	Sofeh	Exponential				
	۴۱۱	لجستیک	46.03 (42.70 ; 49.35)	0.183 (0.066; 0.299)	-	652.0 (422.3; 881.6)
	411	Logestic				
	سینا	لجستیک	47.61 (43.53; 51.69)	0.160 (0.048; 0.272)	-	751.8 (424.9 ; 107.8)
	Sina	Logestic				
Local Esfahan	محلی اصفهان	لجستیک	46.84 (41.17; 52.51)	لجستیک	-	567.8 (274.4; 861.2)
	Local Esfahan	Logestic		Logestic		
	صفه	لجستیک	48.48 (44.95 ; 52.01)	لجستیک	-	676.5 (426.3 ; 926.8)
Sofeh	Local Esfahan	Logestic		Logestic		
	Sofeh	Logestic				

جدول ۲- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) و ضرایب ثابت (a و c) و مدل نمایی شامل سرعت کاهش جذب خالص (b) و ضریب ثابت (a) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 2- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum net assimilation rate (t_m) and fixed coefficients (a and c) and exponential model including the net assimilation rate (b) and constant (a) for total safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	مدل Model	t_m (CL)	a (CL)	b (CL)	c (CL)
(First) اول	لجستیک	47.82 (44.60 ; 51.037)	0.068 (0.055 ; 0.081)	-	989.7 (846.3 ; 1133.1)
	Logestic				
(Second) دوم	نمایی	-	39.39 (26.027 ; 52.57)	-0.029 (-0.039; -0.019)	-
	Exponential				
(Third) سوم	لجستیک	47.20 (46.00; 48.40)	0.1660 (0.128; 0.193)	-	5.660 (576.6 ; 744.4)
	Logestic				



شکل ۲- روند تغییرات نسبت سطح برگ در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، 411، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ۴۱۱، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 2- Variation of leaf area ratio in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P indicates the line is fitted to the observed values

پُربریگی و آرایش برگ‌های این رقم بوده که باعث سایه‌اندازی زودتر و بیش‌تر بر برگ‌های پایینی شده است. در گیاهانی که سایه‌اندازی سریع‌تر در آن‌ها به‌وجود می‌آید RGR سریع‌تر کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده استقرار بهتر و بسته شدن سریع‌تر پوشش گیاهی می‌باشد (Sadrabadi-Haghighi *et al.*, 2011). بالاتر بودن سرعت رشد نسبی و از طرفی اُفت سریع‌تر سرعت رشد نسبی در رقم محلی اصفهان نشان‌دهنده استقرار بهتر، بسته شدن سریع‌تر پوشش گیاهی و در نتیجه رشد اولیه بهتر در این رقم می‌باشد. Tahmasb *et al.*, 2003 نیز در گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش نمودند ژنوتیپ dovin-1 که دارای شیب تندتری در کاهش RGR بود، بهتر استقرار یافته و پوشش گیاهی نیز سریع‌تر بسته شده است. در تاریخ کاشت سوم، از لحاظ حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR_{max}) و زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی (t_m) بین ارقام کشت شده، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵).

در تاریخ کاشت دوم رقم محلی اصفهان، بیش‌ترین و رقم سینا، کم‌ترین سرعت رشد نسبی را دارا بودند و بین ارقام ۴۱۱ و صفه از این لحاظ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به این‌که ارقام کشت شده در تاریخ کاشت دوم از لحاظ نسبت سطح برگ اختلاف قابل‌توجهی نداشتند (شکل ۲) و همچنین سرعت جذب خالص در رقم محلی اصفهان در ابتدای فصل رشد، روند افزایشی داشت، و رقم سینا نیز دارای کم‌ترین سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد بود (شکل ۱)، بنابراین به‌دلیل رابطه $RGR = NAR \times LAR$ ، دلیل بالا بودن سرعت رشد نسبی در رقم محلی اصفهان، احتمالاً برتری در میزان سرعت جذب خالص می‌باشد.

در تاریخ کاشت دوم رقم سینا نسبت به سایر ارقام دیرتر به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی رسید و رقم محلی اصفهان زودتر از رقم صفه به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی رسید (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد اُفت سریع‌تر سرعت رشد نسبی در رقم محلی اصفهان به‌دلیل

دیرتر از تاریخ کاشت‌های دوم و سوم، به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی رسیدند و بین تاریخ کاشت‌های دوم و سوم از این لحاظ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در نتیجه در تاریخ کاشت اول، سرعت کاهش RGR کندتر و رقابت وسایه‌اندازی بین بوته‌ها نیز دیرتر آغاز شده است.

ارقام کشت شده در تاریخ کاشت سوم به‌طور معنی‌داری حداکثر سرعت رشد نسبی بیش‌تری در مقایسه با تاریخ کاشت‌های اول و دوم دارا بودند و بین تاریخ کاشت اول و دوم از این لحاظ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). بیش‌تر بودن RGR در تاریخ کاشت سوم به‌علت کوچک ماندن گیاهان در این تاریخ کاشت می‌باشد. ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول، به‌طور معنی‌داری

جدول ۳- تخمین ضرایب مدل نمایی شامل ضریب ثابت (a) و سرعت کاهش نسبت سطح برگ (b) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد.

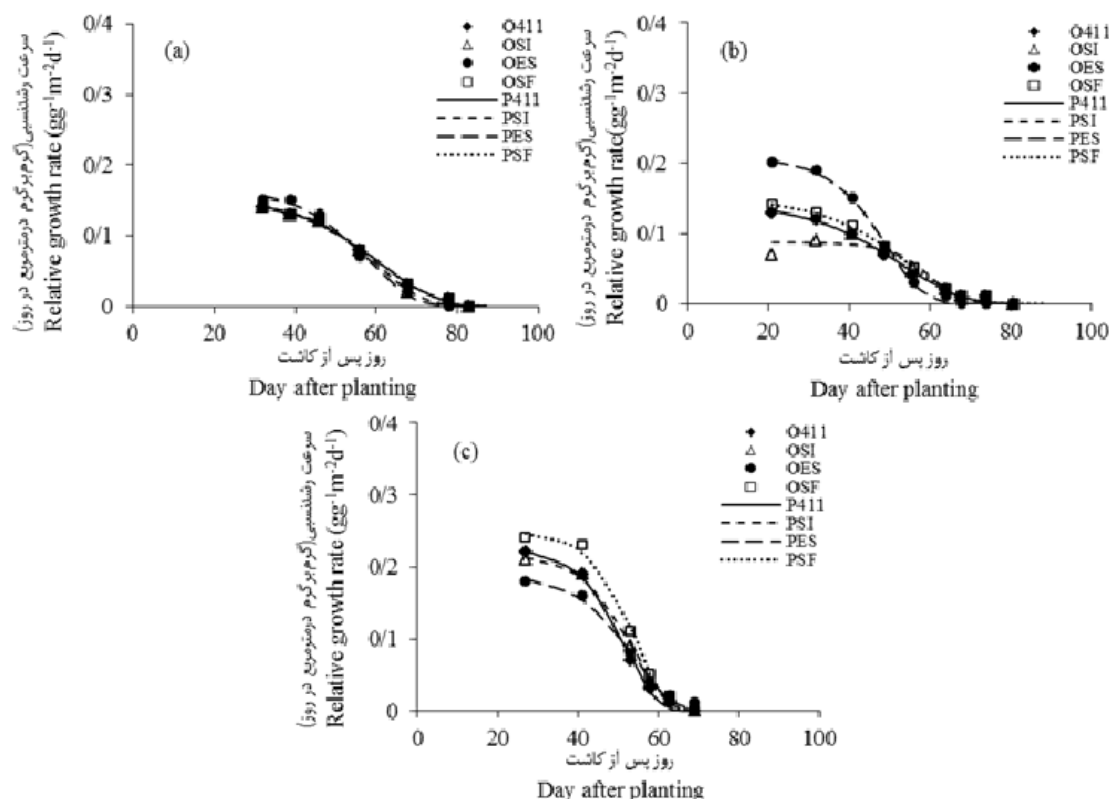
Table 3- The estimated coefficients of the exponential model including the constant (a) and the decrease rate of leaf area ration (b) for safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation.

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	a (CL)	b (CL)
اول First	۴۱۱	689.3 (411.2; 967.4)	-0.046 (-0.056 ; -0.036)
	411		
	سینا	823.6 (621.5 ; 1025.7)	-0.051 (-0.057 ; -0.045)
	Sina		
	محلی اصفهان	617.3 (505.4 ; 729.2)	-0.044 (-0.048 ; -0.039)
دوم Second	Local Esfahan		
	صفه	579.1 (464.2 ; 694.0)	-0.044 (-0.049 ; -0.039)
	Sofeh		
	۴۱۱	312.9 (84.94 ; 540.9)	-0.033 (-0.055 ; -0.012)
	411		
سوم Third	سینا	351.8 (175.7 ; 527.9)	-0.037 (-0.053; -0.022)
	Sina		
	محلی اصفهان	311.0v(160.0 ; 462.0)	-0.034 (-0.048; -0.019)
	Local Esfahan		
	صفه	315.4 (161.1; 469.6)	-0.034 (-0.049; -0.020)
سوم Third	Sofeh		
	۴۱۱	517.8 (230.9 ; 804.7)	-0.048 (-0.064 ; -0.032)
	411		
	سینا	401.6 (147.4 ; 655.7)	-0.045 (-0.063; -0.027)
	Sina		
سوم Third	محلی اصفهان	315.5 (105.7 ; 525.2)	-0.036 (-0.054; -0.018)
	Local Esfahan		
	صفه	517.1 (230.8 ; 803.3)	-0.047 (-0.063 ; -0.031)
	Sofeh		

جدول ۴- تخمین ضرایب مدل نمایی شامل سرعت کاهش نسبت سطح برگ (b) و ضریب ثابت (a) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 4- The estimated coefficients of the exponential model including the constant (a) the decrease rate of leaf area ratio (b) for total safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	a (CL)	b (CL)
اول First	668.6 (536.5 ; 800.6)	-0.046 (-0.051 ; -0.041)
دوم Second	320.5 (147.7 ; 493.3)	-0.034 (-0.051 ; -0.018)
سوم Third	430.5 (218.4 ; 642.6)	-0.044 (-0.058 ; -0.030)



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، 411، SI، ES و SF به ترتیب نشان‌دهنده ارقام ۴۱۱، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 3- Variation of the relative growth rate in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P indicates the line is fitted to the observed values

کاشت اول، شرایط محیطی، اعم از طول روز و درجه حرارت، مناسب بوده و گیاه توانسته است دوام سطح برگ بیش‌تری از طریق افزایش در سطح برگ و نگهداری برگ در مدت طولانی‌تر داشته باشد. در تاریخ کاشت سوم به دلیل شرایط نامساعد محیطی و دمای بسیار زیاد طی فصل رشد، سطح برگ تولید شده کمتر از سایر تاریخ کاشت‌ها بوده و پیری و ریزش برگ بیش‌تر نیز باعث شده کم‌ترین دوام سطح برگ، در این تاریخ کاشت مشاهده شود (شکل ۴). هم‌چنین با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود در تاریخ کاشت اول، رقم محلی اصفهان دارای بیش‌ترین دوام سطح برگ می‌باشد که از این لحاظ، اختلاف قابل‌توجهی را با سایر ارقام نشان می‌دهد.

زمان وقوع حداکثر دوام سطح برگ (t_m) بین ارقام هر تاریخ کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول، دیرتر از تاریخ کاشت دوم و سوم، به حداکثر دوام سطح برگ رسیدند، هر چند این اختلاف بین تاریخ کاشت اول و سوم با توجه به حدود اطمینان ۹۵ درصد برآورد t_m معنی‌دار نبود (جدول ۸).

دوام سطح برگ

دوام سطح برگ از اهمیت زیادی برخوردار است، چراکه گیاه برای تولید برگ انرژی زیادی مصرف می‌کند، لذا هرچه عمر برگ بیش‌تر باشد گیاه مدت‌زمان بیش‌تری از آن برگ در جهت تولید استفاده می‌نماید و در نتیجه بین LAD و عملکرد همبستگی بالایی وجود خواهد داشت (Shirani-Rad, 2005). با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود تغییرات دوام سطح برگ در ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف دارای روند مشابهی بوده است. گلرنگ در اوایل رشد، سطح برگ کمی داشته و در زمان گلدهی همراه با رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، به حداکثر دوام سطح برگ نیز می‌رسد و سپس به دلیل سایه‌اندازی، پیری و ریزش برگ‌ها دوام سطح برگ سیر نزولی می‌گیرد.

با تأخیر در کاشت از دوام سطح برگ کاسته شده و ارقام در تاریخ کاشت اول و سوم به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین دوام سطح برگ را دارا بودند (شکل ۴). این امر بیان‌گر آن است که در تاریخ

احتمالاً به دلیل برخورد تاریخ کاشت دوم و سوم با دماهای بالا شاخص سطح برگ کاهش و زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ نیز تسریع یافته (Khatib, 2014) که نهایتاً باعث شد تا حداکثر دوام سطح برگ ارقام مورد مطالعه در این دو تاریخ کاشت نسبت به تاریخ کاشت اول کمتر باشد و نیز تا حدودی زودتر از تاریخ کاشت اول حاصل شود.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم برای صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد

جدول ۵- تخمین ضرایب مدل گمپرتز شامل حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR_{max})، زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی (t_m) و ضریب ثابت (k) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

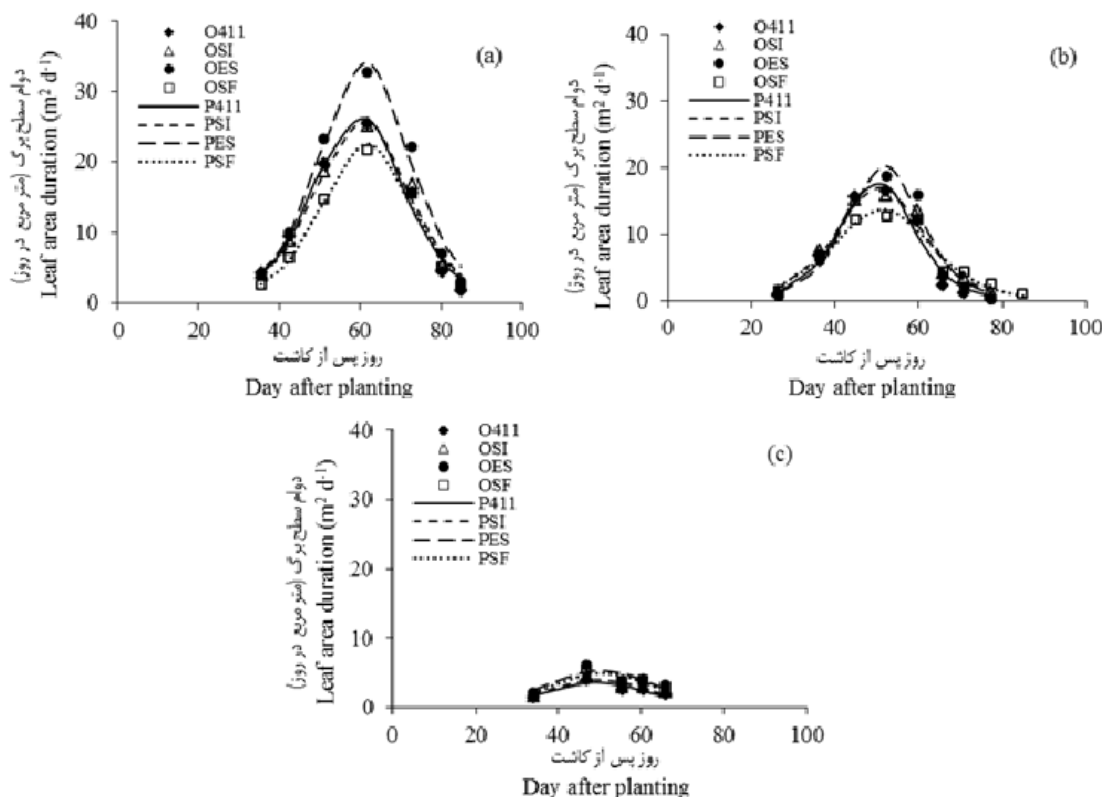
Table 5- The estimated coefficients of the Gompertz model, including maximum relative growth rate (RGR_{max}), time to half maximum relative growth rate (t_m) and constant (k) for safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	RGR_{max} (CL)	t_m (CL)	k (CL)
اول First	۴۱۱	0.517 (0.136; 0.178)	61.70 (58.83; 64.57)	-0.075 (-0.098; -0.052)
	411			
	سینا Sina	0.149 (0.128; 0.170)	61.08 (58.23; 63.92)	-0.095 (-0.133; -0.057)
	محلی اصفهان Local Esfahan	0.169 (0.136; 0.203)	58.53 (54.89; 62.184)	-0.094 (-0.143; -0.045)
دوم Second	صفه Sofeh	0.157 (0.136; 0.176)	61.70 (58.83; 64.57)	-0.075 (-0.098; -0.052)
	411	0.148 (0.127; 0.168)	53.43 (50.40; 56.45)	-0.069 (-0.088; -0.049)
	Sina	0.087 (0.069; 0.106)	61.45 (56.86; 66.039)	-0.159 (-0.304; -0.013)
	Local Esfahan	0.211 (0.193; 0.229)	49.85 (48.40; 51.29)	-0.116 (-0.147; -0.086)
سوم Third	Sofeh	0.153 (0.139; 0.167)	54.86 (52.90; 56.82)	-0.076 (-0.091; -0.059)
	411	0.230 (0.201; 0.260)	52.22 (50.17; 54.27)	-0.134 (-0.188; -0.08)
	Sina	0.220 (0.188; 0.253)	54.19 (51.85; 56.53)	-0.128 (-0.189; -0.068)
	Local Esfahan	0.192 (0.156; 0.228)	54.52 (51.42; 57.63)	-0.112 (-0.172; -0.051)
	Sofeh	0.251 (0.156; 0.288)	54.78 (52.54; 57.02)	-0.145 (-0.172; -0.067)

جدول ۶- تخمین ضرایب مدل گمپرتز شامل حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR_{max})، زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی (t_m) و ضریب ثابت (k) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 6- The estimated coefficients of the Gompertz model, including maximum relative growth rate (RGR_{max}), time to half-maximum relative growth rate (t_m) and constant (k) for total safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	RGR_{max} (CL)	t_m (CL)	k (CL)
اول First	0.159 (0.146; -0.171)	60.67 (59.12; 62.23)	-0.083 (-0.099; -0.067)
دوم Second	0.146 (0.116; 0.177)	54.60 (50.42; 58.78)	-0.092 (-0.143; -0.40)
سوم Third	0.223 (0.199; 0.247)	53.96 (52.28; 55.63)	-0.130 (-0.775; -0.086)



شکل ۴- روند تغییرات دوام سطح برگ در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، 411، SI، ES و SF به ترتیب نشان‌دهنده ارقام ۴۱۱، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 4- Variation of the leaf area duration in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P indicates the line is fitted to the observed values

شاخص، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد، اما بین عملکرد دانه با حداکثر سرعت جذب خالص ($Pr = 0.260$) رابطه خطی منفی وجود دارد و با افزایش حداکثر سرعت جذب خالص، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (شکل ۵). بین حداکثر سرعت رشد نسبی و حداکثر نسبت سطح برگ، با عملکرد دانه، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱۱). در این آزمایش، مشاهده شد به‌ازای هر واحد افزایش در حداکثر سرعت جذب خالص، ۱۵/۳۹ گرم در مترمربع از عملکرد دانه کاسته می‌شود و به‌ازای هر واحد افزایش در حداکثر دوام سطح برگ، ۱۲/۲۱ گرم در مترمربع بر عملکرد دانه افزوده می‌شود (شکل ۵).

بنابراین بیش‌تر بودن دوام سطح برگ در تاریخ کاشت اول علت اصلی بالاتر بودن عملکرد دانه در این تاریخ کاشت می‌باشد. با کاهش دوام سطح برگ، نور کمتری در دوره رشد گیاه، دریافت و در نتیجه به‌علت فتوسنتز کمتر طی دوره رشد، عملکرد دانه کاهش یافت. Lopez et al., 2008 نیز علت افزایش عملکرد دانه نخود را در کاشت زود هنگام، افزایش دوام سطح برگ معرفی کرده‌اند.

به‌طور کلی بین تاریخ کاشت‌های مختلف از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۹). میانگین تاریخ کاشت‌ها نشان داد که تاریخ کاشت اول با عملکرد دانه ۳۹۹/۳۷ گرم در مترمربع بیش‌ترین و تاریخ کاشت سوم با عملکرد دانه ۱۰۰/۰۵ گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۱۰). وجود عوامل محیطی مناسب در تاریخ کاشت اول همچون تشعشع خورشیدی و درجه‌حرارت مطلوب در زمان گلدهی و پُرسدن دانه موجب افزایش بازده فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در این تاریخ کاشت شده است. در تاریخ کاشت سوم عواملی مانند دوام سطح برگ پایین، جذب کمتر تشعشع در طی مرحله رشد رویشی، کوتاه شدن دوره رشد زایشی و برخورد مرحله گلدهی و مراحل پس از آن با دمای بالا سبب اختلال در انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها شده و در نهایت کاهش عملکرد را به‌دنبال داشته است (Fathi et al., 2003).

نتایج نشان داد بین عملکرد دانه با حداکثر دوام سطح برگ ($Pr = 0.002$)، رابطه خطی مثبت وجود دارد و با افزایش این

جدول ۷- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر دوام سطح برگ (t_m) و ضرایب ثابت (a و c) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

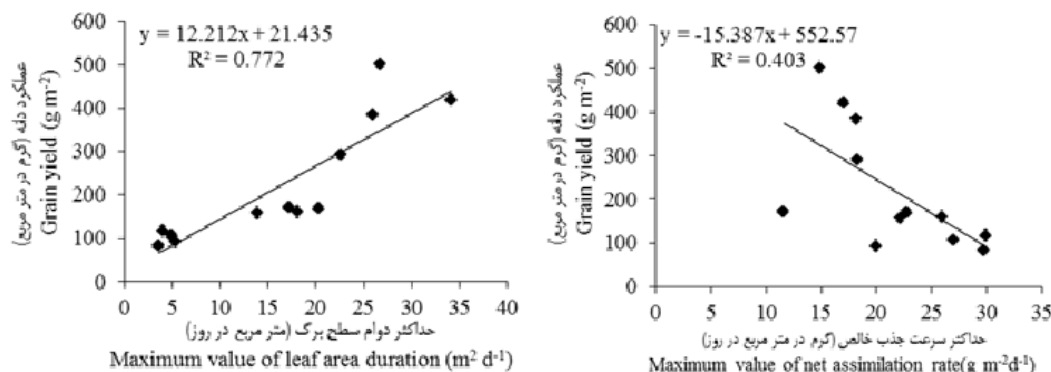
Table 7- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum leaf area duration (t_m) and fixed coefficients (a and c) for safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimations

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	t_m (CL)	a (CL)	c (CL)
First اول	۴۱۱	59.62 (57.56; 61.68)	0.133 (0.108; 0.157)	804.0 (682.2 ; 925.7)
	411			
	سینا	60.52 (58.46; 62.59)	0.129 (0.106; 0.152)	807.0 (688.5 ; 925.6)
	Sina			
	محلی اصفهان	61.07 (59.03; 63.10)	0.133 (0.110; 0.157)	1026.5 (874.6 ; 1178.5)
	Local Esfahan			
Second دوم	صفه	61.68 (59.64 ; 63.72)	0.132 (0.109; 0.155)	685.0 (584.1 ; 785.8)
	Sofeh			
	411	49.90 (47.84; 51.96)	0.168 (0.128; 0.208)	429.1 (345.3 ; 512.9)
	Sina	50.54 (48.25; 52.82)	0.144 (0.111; .178)	476.9 (387.6 ; 566.1)
	Local Esfahan	51.62 (49.32 ; 53.92)	0.168 (0.123; 0.212)	483.1 (378.3 ; 587.9)
	Sofeh	51.27 (48.84; 53.70)	0.127 (0.099; 0.155)	435.6 (358.4 ; 512.8)
Third سوم	411	49.30 (39.08; 59.53)	0.121 (-0.003; 0.245)	118.3 (23.96; 212.6)
	Sina	49.63 (38.70; 60.57)	0.118 (-0.012; 0.247)	135.5 (20.46; 250.5)
	Local Esfahan	50.24 (38.32; 62.16)	0.113 (-0.023; 0.250)	187.8 (14.48 ; 361.1)
	Sofeh	50.65 (40.13; 61.17)	0.199 (-0.011; 0.249)	165.9 (26.56 ; 305.2)

جدول ۸- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر دوام سطح برگ (t_m) و ضرایب ثابت (a و c) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 8- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum leaf area duration (t_m) and fixed coefficients (a and c) for total safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimations

تاریخ کاشت Sowing date	t_m (CL)	a (CL)	c (CL)
First اول	60.71 (58.66; 62.75)	0.132 (0.108; 0.155)	830.6 (707.8; 953.4)
Second دوم	50.80 (48.83; 52.76)	0.152 (0.120; 0.184)	453.8 (377.2; 530.5)
Third سوم	50.03 (39.07; 60.98)	0.117 (-0.013; 0.248)	151.8 (21.78; 8.281)



شکل ۵- رابطه بین عملکرد دانه با حداکثر دوام سطح برگ و حداکثر سرعت جذب خالص در دوره رشد گیاه

Figure 5- Relation grain yield with maximum leaf area duration and maximum net assimilation rate during growing season.

جدول ۹- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای صفت عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌ها و ارقام مختلف گلرنگ

Table 9- Analysis of variance (sum of squares) for grain yield on different sowing dates and safflower cultivars

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه
Source of variance	Degree of Freedom	Grain yield
تکرار	3	12617.66 ^{ns}
Replication		
تاریخ کاشت	2	553440.03 ^{**}
Sowing date		
رقم	3	19273.42 [*]
Cultivar		
تاریخ کاشت*رقم	6	56326.6 ^{**}
Sowing date*Cultivar		
خطا	33	4614.4
Error		
ضریب تغییرات		20.58
Coefficient of variation		

*, **, و ^{ns} به ترتیب: معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

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

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تاریخ کاشت و رقم، برای صفت عملکرد دانه (گرم در مترمربع)

Table 10- Comparison of the interaction between planting date and cultivars for grain yield (g m⁻²)

رقم	تاریخ کاشت اول	تاریخ کاشت دوم	تاریخ کاشت سوم
Cultivar	First sowing date	Second sowing date	Third sowing date
۴۱۱	501.40 ^a	160.40 ^a	82.31 ^a
411			
سینا	384.73 ^b	171.67 ^a	117.64 ^a
Sina			
محلی اصفهان	419.16 ^{ab}	169.26 ^a	92.22 ^a
Local Esfahan			
صفه	292.2 ^c	157.51 ^a	108.04 ^a
Sofeh			
میانگین	399.37 ^a	164.71 ^b	100.05 ^c
mean			

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means that have at least one common letter are not significantly different at the 5% level.

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و حداکثر شاخص‌های رشد در گلرنگ

Table 11- Correlation coefficients between grain yield and maximum values of growth indices in safflower.

	RGR	NAR	LAR	LAD	YLD
RGR	1				
NAR	0.782 ^{**}	1			
LAR	-0.552 ^{ns}	-0.494 ^{ns}	1		
LAD	-0.612 [*]	-0.685 [*]	0.673 [*]	1	
YLD	-0.465 ^{ns}	-0.635 [*]	0.508 ^{ns}	0.879 ^{**}	1

*, **, و ^{ns}: به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد؛ ^{ns}: معنی‌دار نمی‌باشد.

*, **, and ns, show significant levels 1 and 5%, respectively; ns shows non-significant.

References

1. Agha-Alikhani, M., and Safari, M. 2013. The effect of planting date on the changes of physiological growth indices of three varieties of sorghum. Journal of Plant Production Research 36:63-78. (In Persian with English Abstract).

2. Ali-Zade, A., Saki T., and Rafii, M. 2010. Calculation of morpho-physiological growth indices and yield components of chick pea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in different planting density. Plant Production Science 2:45-55. (In Persian with English Abstract).
3. Arvin, P., Azizi, M., and Soltani, A. 2009. Comparison of yield and physiological indices of spring cultivars of oilseed rape species. Seed and Plant Improvement Journal 25:401-417. (In Persian).
4. Barzali, M., Tahmasb, Z., Ghalavand, A., and Tavakol-Afshari, R. 2004. Evaluation the morphological and physiological characteristics associated with early vigour in four cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 6:80-98. (In Persian with English Abstract)
5. Damavandi A., and Latifi N. 2009. Evaluation the effects of planting date on some growth indices and grain yield of two oil sunflower cultivars in Damghan province. Biology Journal, 4:1-11. (In Persian with English Abstract)
6. Dehdashti, S.M., and Majd-Nasiri, B. 2008. Evaluation the effects of sowing date on physiological indices of rape seed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 4:152-163. (In Persian).
7. Ebrahim-Pour, F., Ayine-Band A., Mesgarbashi M., and Choab A. 2010. Evaluation the changes in growth indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to planting density and sowing date of oat (*Avena sativa* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 3:91-108. (In Persian).
8. Fathi, G., Siadat, S.A., and Hemaity, S.S. 2003. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. Acta Agronomica Hungarica 51:249-255.
9. Ghadirian, R., Soltani, A., Zeinali, A., Kalate-Arabi, M., and Bakhshande, E. 2011. Evaluating non-linear regression models for use in growth analysis of wheat. Journal of Crop Production, 4:55-77. (In Persian with English Abstract)
10. Javadi, H., Rashed-Mohassel, M.H. Zamani, A., Azari Nasrabad, A., and Moosavi, Gh. 2006. Effect of plant density on growth indices of four grain sorghum cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 4:1-16. (In Persian with English Abstract)
11. Javaheri, M.A., Zinaldini, A., and Najafi, H. 2004. Effect of planting date on growth indices of sugar beet in Orzoieh Region (autumn sowing). Pajouhesh & Sazandegi 62:58-63. (In Persian with English Abstract)
12. Kashef, M. 1996. Evaluation the growth indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in different planting density. Msc thesis, Isfahan University of Technology.
13. Khatib, F. 2014. Effect of sowing date on growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in Rafsanjan. Msc thesis, Vali-E-Asr University of Rafsanjan.
14. Khayat, M., Lak, Sh., Gohari, M., and Motii, M.M. 2009. Evaluation of the effects of sowing date on growth and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Crop Physiology Journal 1:6-16. (In Persian).
15. Lopez, F.J., Lopez, R.J., Khalil, S.K., and Lopez, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed mediterranean conditions. Agronomy Journal 100:957-964.
16. Mirshekari, B. 2011. The investigation of weed management strategies in citrus orchards. Journal of Weed Ecology 1:145-158. (In Persian with English Abstract).
17. Mirzai, Z., Berari, M., Rezai Zad, A., and Ashraf Mehrabi, A. 2012. . Effect of sowing date on growth indices of sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars in Kermanshah. Crop Physiology Journal, 4:5-20. (in Persian)
18. Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., and Shirani-Rad, A.H. 2007. Growth analysis of spring safflower cultivars in Arak. Iranian Journal of Crop Sciences, 4:111-122. (In Persian)
19. Mohammadi, A., Asghari, H., and Gholami, A. 2013. The effect of mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus fertilizer on growth indices of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Agroecology Journal, 5:263-271. (In Persian).
20. Sadrabadi-Haghighi, R., Amir Moradi, Sh., and Mirshahi, A. 2011. Investigation the growth indices of sugar beet in Chenaran. Iranian Journal of Field Crops Research, 9:505-513. (In Persian).
21. Shirani-Rad, A.H. 2005. Crop Physiology. Dibagaran, Tehran.
22. Soghani, M., Vaezi, Sh., and Sabaghpour, S.H. 2010. Evaluation of morpho-physiological characteristics, grain yield and its components in common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 12:436-451. (In Persian with English Abstract).
23. Tahmasb, H., Siadat, A., Mameghani, R., and Rafii, M. 2003. Investigation the morphological and physiological characteristics affecting on yield and yield components of different wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 5:23-36. (In Persian).
24. Tayo, T.O., and Morgan, D.G. 1975. Quantitative analysis of the growth, development and distribution of flowers and pods in oil-seed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science 85:103-110.
25. Tesar, M.B. 1984. Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy, New York.
26. Zahedi, M., Mameghani, R., Mesgarbashi, M., Kashani, A., and Montaseri, A. 2008. . Evaluation the effects of planting date and irrigation regime on physiological indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. New Findings in Agriculture 2:239-252. (In Persian).



Assessing Some of Growth Indices in Safflower Using Regression Analysis

F. Khatib^{1*} - B. Torabi² - A. Rahimi³

Received: 12-05-2014

Accepted: 08-03-2015

Introduction

The study of growth parameters such as net assimilation rate (NAR), leaf area ratio (LAR), relative growth rate (RGR) and leaf area duration (LAD) are important for analyzing yield constraints. The growth parameters can be used to understand the crop response to environmental variables during the growing season. The aims of the present study were to 1) consider the growth indices using regression method and 2) identify relationships between growth parameters and grain yield in different safflower cultivars and sowing dates.

Materials and Methods

A factorial experiment based on randomized complete block design with four replicates was conducted in 2012 in Research Farm of Vali-e-Asr University of Rafsanjan. The factors were included sowing dates (4 April, 25 April and 16 May) and safflower cultivars (411, Sina, Local Esfahan and Sofeh). Leaf area, leaf dry weight and stem dry weight were measured in 7-14 days intervals during the growth season. Grain yield was determined at the end of the growing season. The trend of variation for NAR, LAR, RGR and LAD during the season growth was determined by the nonlinear regression method using SAS software. Finally, the correlation between grain yield and growth parameters was identified by the PROC CORR procedure.

Results and Discussion

In all sowing dates, NAR increased to 43-53 days after sowing and then it showed a declining trend. Results showed that there was no significant difference among cultivars in terms of the time to maximum NAR among all sowing dates and among cultivars. As the growing season progressed, gradual increases in leaf area improved which resulted in increasing solar radiation interception and NAR. The NAR declining trend related to increasing leaves shading. In the first and third sowing dates, there was no significant difference in time to achieve maximum LAI among cultivars.

The maximum LAR was obtained in early growth season and its value decreased with slope of 0.033 to 0.051 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1} \text{d}^{-1}$ among the cultivars and sowing dates. The rate of decreasing in LAR during growing season was the same among all sowing dates and cultivars. In the early growing season, the value of LAR in the first and second sowing dates was higher than third sowing date. It was probably due to high temperature effect on crop growth duration. As the growing season progressed, LAR started to decrease due to decrease in partitioning of dry matter to leaves. In the early growing season, the allocated dry matter to leaves were great which is resulted the higher ratio of leaf dry matter to total dry matter (LAR). The high LAR in early growing season is due to more interception of solar radiation by crop.

The trend of RGR during growing season was the same among all sowing dates and cultivars. The estimated maximum RGR varied between 0.149 to 0.169 $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ for the first sowing date, 0.087 to 0.211 $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ for the second sowing date and 0.192 to 0.251 $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ for the third sowing date. For each sowing date, the estimated maximum RGR had no significant difference among cultivars except for the second dates. However, the value of RGR was decreasing with progress towards the end of the growing season. The high RGR in the early growing season was due to the rapid crop growth, the more young tissues in plant and the low initial weight.

The value of LAD had the increasing trend in the early growth season and its value started to decrease between 50 and 62 days after sowing. In the second and third sowing dates, the maximum value of LAD obtained earlier than the third sowing date however, the value of LAD was lower than the first sowing date. It is probably due to decreasing the leaf area index and increasing the senesce rate in higher temperature in the last

1- MSc Student, Department of Agronomy, Agricultural College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

2- Assistant Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

3- Associate Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Agricultural College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

(* - Corresponding Author Email: fatemekhatib86@yahoo.com)

sowing date.

It is resulted that the highest grain yield obtained for the 411 and Local Esfahan cultivars in the first sowing date and the significant and positive correlation between grain yield and LAD ($r = 0.88$, $Pr \leq 0.01$) observed whereas the value of grain yield increased 12.2 g m^{-2} per unit increase of LAD. Increasing the LAD increase solar radiation interception by crops and consequently the grain yield would increase.

Generally, it is concluded that the first sowing date with the highest LAD resulted the highest yield.

Keywords: Leaf area duration, Leaf area ratio, Net assimilation rate, Relative growth rate

همبستگی ژنوتیپی و تجزیه مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه و عملکرد روغن کلزا در شرایط تنش کم آبی و بدون تنش

احمد اسماعیلی^{۱*} - سید سجاد سهرابی^۲ - سیده زهرا حسینی^۳ - رضا نامداریان^۴ - داریوش گودرزی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۱

چکیده

اصلاح و دستیابی به ارقامی از گیاه کلزا که دارای عملکرد قابل قبول بوده و بتوانند شرایط آبوهوایی خشک و نیمه خشک کشور را تحمل نمایند، حائز اهمیت است. انتخاب بر اساس یک یا چند صفت زراعی بدون توجه به نحوه ارتباط و همبستگی بین صفات گمراه کننده بوده و اطمینان از نتایج مورد انتظار را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد؛ لذا شناخت ارتباطات ویژگی های ژنتیکی ارقام به ویژه در شرایط تنش های محیطی بسیار حائز اهمیت می باشد. از این رو به منظور بررسی ارتباطات و همبستگی ژنتیکی صفات و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و روغن در ارقام مختلف کلزا، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط تنش کم آبیاری انتهایی فصل رشد و شرایط بدون تنش اجرا گردید. نتایج نشان داد که ژنوتیپ ها از نظر تمامی صفات اختلاف معنی داری دارند و همچنین تنش خشکی باعث کاهش تظاهر در تمامی صفات گردید. ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی بین تمامی صفات محاسبه شد و با استفاده از رگرسیون گام به گام مناسب ترین مدل در هر دو محیط ارائه شد. تجزیه مسیر روی همبستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط نشان داد که در شرایط بدون تنش، صفات تعداد خورجین در هر بوته و طول خورجین اثر مستقیم و بالایی روی عملکرد دانه داشته در حالی که در شرایط تنش خشکی، طول خورجین و ارتفاع بوته بیش ترین اثر مستقیم را نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد که عملکرد دانه بیش ترین اثر مستقیم را در هر دو شرایط محیطی بر روی عملکرد روغن دارد؛ بنابراین مهم ترین صفات به عنوان شاخص گزینش برای افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی به ترتیب شامل طول خورجین و عملکرد دانه بود.

واژه های کلیدی: تجزیه مسیر، رگرسیون گام به گام، عملکرد روغن، همبستگی ژنتیکی

مقدمه

توسعه کشت این گیاه روغنی را در سطح وسیعی از مناطق جهان از جمله ایران امکان پذیر نموده است (Kar *et al.*, 2007). خشکی و تنش آب به همراه تغییر الگوهای بارندگی و حرارتی یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده تولیدات کشاورزی می باشد که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول باز می دارد (Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2007). متأسفانه کشور ما نیز از تأثیرات سوء این پدیده اقلیمی در امان نبوده و در نیمی از زمین های قابل کشت، محصولات از کم آبی رنج می برند. این در حالی است که بخش کشاورزی بیش از ۹۰ درصد آب استحصال شده کشور را به خود اختصاص می دهد و راندمان آبیاری در روش های مورد استفاده کنونی حدود ۳۵ درصد برآورد شده است (Seydan and Ghadami, 2002). بنابراین استفاده بهینه از منابع آب از طریق اصلاح روش های آبیاری به همراه استفاده از ارقام متحمل به خشکی که کارایی مصرف آب بالایی داشته باشند دو امر ضروری برای افزایش بهره وری از منابع موجود است (Kimber and McGregor, 1995).

تحمل به خشکی صفتی کمی است و ژن های زیادی در بروز آن

دانه های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می دهند و علاوه بر دارا بودن اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز می باشند (Kimber and McGregor, 1995). میزان تولید پایین دانه های روغنی در مقابل نیاز بالای مصرف روغن خوراکی طی سال های اخیر در ایران باعث شده است که توسعه کشت و افزایش تولید دانه های روغنی، از سوی مسئولان وزارت جهاد کشاورزی مورد توجه ویژه قرار گیرد (Honar *et al.*, 2013). توانایی بذور کلزا (*Brassica napus* L.) برای جوانه زدن و رشد در دماهای پایین همچنین سازگاری زراعت کلزا با اکوسیستم های خشک و نیمه خشک،

۱- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲ و ۳- دانشجویان دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۴- کارشناس ارشد آموزش و پژوهش، استانداری لرستان

۵- مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

(Email: ismaili.a@lu.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.41019

دخیل می‌باشند و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای ارزیابی آن وجود ندارد. بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی که به‌طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند، چالشی بزرگ محسوب می‌شود (Takeda and Matsuoka, 2008). انتخاب بر اساس یک یا چند صفت زراعی بدون توجه به نحوه ارتباط و همبستگی بین صفات همراه‌کننده بوده و اطمینان از نتایج مورد انتظار را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Majidi and Mirlohi, 2009) لذا شناخت ویژگی‌های ژنتیکی ارقام متحمل به خشکی بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Kar et al., 2007).

با توجه به این‌که در برنامه‌های اصلاح نباتات، انتخاب بر اساس تعداد زیادی صفت زراعی صورت می‌گیرد که ممکن است فرآیند انتخاب را برای محقق سخت نماید، لذا یکی از مهم‌ترین اهداف به‌نژادگران کاهش حجم اطلاعات غیرضروری در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد. در این خصوص استفاده از همبستگی میان صفات یکی از پرکاربردترین روش‌هایی است که توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله Marjanovic-Jeromela et al., 2007 نشان دادند عملکرد روغن با محتوای روغن، تعداد خورجین در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. با این وجود این نوع تجزیه، همبستگی معمولی رابطه علت و معلولی بین صفات را بیان نمی‌کند (Rabiee et al., 2011).

تجزیه ضرایب مسیر (علیت) نوعی تجزیه رگرسیون جزئی و استاندارد شده است که قادر است آثار مستقیم یک صفت را روی صفت دیگر اندازه‌گیری کند. هم‌چنین این روش امکان تفکیک ضریب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم می‌دهد (Dewey and Lu, 1959). به‌نژادگران، استفاده از تجزیه مسیر را برای بهبود صفات پیچیده‌ای که انتخاب و اصلاح آن‌ها به‌طور مستقیم مشکل اما از طریق انتخاب غیرمستقیم راحت‌تر است مناسب می‌دانند (Baradaran et al., 2006). البته شرط اصلی استفاده از این روش آن است که انتخاب آن جزء از صفت آسان‌تر از انتخاب صفت اصلی باشد (Montgomery and Peck, 2007). استفاده از ضرایب همبستگی ژنتیکی نسبت به ضرایب فنوتیپی، در تجزیه علیت ارجح است، زیرا در همبستگی‌های ژنتیکی اثر عوامل خارجی که در ایجاد ارتباط غیرواقعی بین صفات دخالت داشته‌اند، حذف یا به حداقل مقدار خود می‌رسند (Montgomery and Peck, 2007).

نتایج مطالعاتی که به‌منظور بررسی تأثیر عوامل محیطی بر عملکرد دانه و روغن کلزا صورت گرفته نشان داد که افزایش دما و خشکی مهم‌ترین عوامل در کاهش درصد روغن بوده در حالی‌که آبیاری می‌تواند موجب افزایش میزان عملکرد دانه و روغن گردد (Kimber and McGregor, 1995). در مطالعه‌ای ۱۵ رقم کلزای

پاییزه به‌منظور بررسی همبستگی صفات عملکرد و اجزای عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه ضرایب مسیر در این مطالعه نشان داد که صفت وزن هزاردانه بعد از درصد روغن دارای بالاترین اثر مستقیم نسبت به سایر صفات بر روی عملکرد دانه بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که اثر مستقیم مثبت صفت تعداد دانه در خورجین بر روی عملکرد دانه توسط اثرات غیرمستقیم منفی خنثی گردیده و باعث کاهش همبستگی این صفت با عملکرد دانه شده است (Baradaran et al., 2006). نتایج تحقیقی که به بررسی صفات کمی مؤثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا زمستانه صورت گرفت، مبین این موضوع بود که عملکرد دانه در تک بوته‌ها به‌طور شدیدی به تعداد خورجین در بوته وابسته است. هم‌چنین نتایج این مطالعه نشان داد که رابطه مثبت و قوی بین عملکرد دانه و درصد روغن، تعیین شاخص‌های مناسبی برای بهبود عملکرد دانه و روغن را تسهیل نمود (Habekotte, 1993). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد برخی از ژنوتیپ‌های کلزا صورت گرفت مشخص شد که توقف آبیاری در مرحله گلدهی باعث کاهش میزان عملکرد دانه و روغن و اجزای آن شد. هم‌چنین نتایج نشان داد وزن هزاردانه تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی در بین تیمارهای مختلف کمترین مقدار بود (Hasanzadeh et al., 2005). در تحقیقی که با هدف بررسی صفات مؤثر بر عملکرد دانه و روغن برخی ژنوتیپ‌های کلزا صورت گرفت نتایج نشان داد که عملکرد روغن همبستگی مثبت معنی‌داری را با عملکرد دانه، وزن هزاردانه و درصد روغن داشت، در حالی‌که با صفت تعداد روز تا خورجین‌دهی همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. هم‌چنین در این مطالعه رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد روغن نشان داد که صفات عملکرد دانه، درصد روغن و روز تا گلدهی بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد روغن داشتند و ۹۹/۱ درصد از تغییرات عملکرد روغن را توجیه کردند. بر اساس نتایج تجزیه مسیر، بیش‌ترین اثر مستقیم بر عملکرد روغن را عملکرد دانه و به‌دنبال آن درصد روغن داشتند. بر اساس نتایج حاصله عملکرد دانه و وزن هزاردانه به‌عنوان یک شاخص گزینشی برای رسیدن به عملکرد روغن بالا پیشنهاد شد (Rabiee et al., 2011).

با توجه به اهمیت کلزا به‌عنوان یکی از محصولات مهم تأمین‌کننده روغن خوراکی در ایران با اجرای روش کم آبیاری می‌توان در هنگام بروز خشک‌سالی با کمبود آب مقابله نمود. بنابراین با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا و شناخت مؤثرترین صفات بر عملکرد اجرا گردید.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف در شرایط تنش خشکی
Table 2- Analysis of variance for different traits in non-drought stress conditions

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی DF.	میانگین مربعات (Mean square)									
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield	وزن هزار دانه Thousand seed weight	تعداد دانه در خوچین No. of seeds per silique	تعداد خوچین در بوته No. of silique per plant	طول خوچین Silique length	درصد روغن دانه Seed oil percent	روز تا رسیدگی Days to maturity	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	ارتفاع بوته Plant Height
(Block)	2	13772.07	1594	0.00	0.00	63.05	0.01	0.41	1.62	0.62	1.22
(Genotype)	19	1181443.22**	269160**	0.68**	33.14**	4672.05**	0.53**	15.99**	22.27**	7.37**	65.47**
(Error)	38	24468.19	3752	0.00	0.39	25.28	0.01	0.15	0.30	0.59	4.76
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)		3.12	5.08	1.19	2.45	2.30	1.09	0.95	0.22	3.10	1.24

** معنی دار در سطح یک درصد

Significant at 1% probability level

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف در شرایط تنش خشکی

Table 3- Analysis of variance for different traits in drought stress conditions

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی DF.	میانگین مربعات (Mean square)									
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield	وزن هزار دانه Thousand seed weight	تعداد دانه در خوچین No. of seeds per silique	تعداد خوچین در بوته No. of silique per plant	طول خوچین Silique length	درصد روغن دانه Seed oil percent	روز تا رسیدگی Days to maturity	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	ارتفاع بوته Plant height
(Block)	2	1146.60	101	0.00	0.95	193.85	0.00	0.05	0.32	0.55	1.43
(Genotype)	19	1509993.10**	270222**	0.77**	24.19**	4322.33**	0.95**	16.07**	1.40**	6.02**	77.10**
(Error)	38	4159.67	710	0.00	0.30	20.57	0.00	0.10	0.40	0.55	1.53
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)		3.12	3.30	1.22	2.33	2.16	0.69	0.82	0.27	3.20	0.71

** معنی دار در سطح یک درصد

Significant at 1% probability level

جدول ۴- تجزیه مرکب برای صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های کلزا
Table 4- Combined analysis for traits in canola genotypes

میانگین مربعات (Mean square)											
منابع تغییرات SOV	درجه آزادی DF.	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield	وزن هزار دانه Thousand seed weight	تعداد دانه در خوچین No. of seeds per silique	تعداد خوچین در بوته No. of silique per plant	طول خوچین Silique length	درصد روغن دانه Seed oil percent	روز تا رسیدی Days to maturity	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	ارتفاع بوته Plant height
محیط (Environment)	1	21162120.4**	4786727.9**	18.1**	108.30**	1920.00**	4.89**	224.13**	3213.68**	64.83**	111.55**
تکرار داخل محیط (Repeat / Environment)	4	7459.3	847.7	0.001	0.48	128.45	0.01	0.23	0.97	0.58	1.33
ژنوتیپ (Genotype)	19	2619580.8**	524714.3**	1.38**	55.23**	8936.33**	1.43**	30.43**	15.24**	11.96**	139.43**
ژنوتیپ × محیط (Genotype × Environment)	19	71855.51**	14668.2**	0.08**	2.11**	58.05**	0.05**	1.63**	8.43**	1.44**	3.14 ^{ns}
خطا (Error)	76	14313.9	2231.3	0.001	0.34	22.92	0.00	0.13	0.35	0.57	3.14
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)		4.81	4.6	1.21	2.40	2.24	0.92	0.89	0.24	3.15	1.02

و^{ns}: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و غیر معنی‌دار
ns and **: Non significant and significant at 1% probability level, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۲۰ ژنوتیپ کلزا در شرایط محیطی بدون تنش به روش چنددامنه‌ای دانکن

Table 5- Compares of mean for measured traits in 20 genotypes of canola in normal condition using Duncan's multiple range test

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه Thousand seed weight (g)	تعداد دانه در خورجین No. of seeds per silique	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	طول خورجین Silique length (cm)	درصد روغن دانه Seed oil percent (%)	روز تا رسیدگی Days to maturity	درصد پروتئین دانه Seed protein percent (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
ARC2	3183.3 ^{b-f}	1316 ^{c-f}	3.81 ^d	28.3 ^{ab}	241.3 ^{de}	7.82 ^{ab}	41.37 ^c	253.7 ^a	24.86 ^{c-g}	175.8 ^{c-g}
ARC5	3292.0 ^{a-e}	1332 ^{c-f}	3.39 ^c	29.3 ^a	235.3 ^{ef}	7.86 ^{ab}	40.47 ^{cd}	254.3 ^a	23.20 ^{fg}	176.5 ^{c-g}
Celecious	1978.0 ^{gh}	744.4 ^{hi}	3.04 ^{ij}	20.7 ^{hi}	196.0 ^h	6.65 ^g	37.63 ^f	248.7 ^{ef}	25.03 ^{c-f}	167.8 ^{ij}
Dante	3505.3 ^a	1517 ^{ab}	4.21 ^a	29.7 ^a	249.7 ^a	7.99 ^a	43.27 ^b	249.7 ^d	25.60 ^{c-e}	180.5 ^{abc}
Geronimo	3668.0 ^a	1519 ^{ab}	4.46 ^a	25.7 ^c	254.0 ^{bc}	7.80 ^b	41.40 ^c	254.3 ^a	25.26 ^{c-e}	177.9 ^{b-e}
Licord	3486.3 ^{ab}	1552 ^a	3.78 ^d	28.7 ^{ab}	277.0 ^a	7.84 ^{ab}	44.53 ^a	253.7 ^a	27.20 ^{ab}	180.2 ^{abc}
Milena	1765.0 ^h	717.7 ⁱ	2.74 ^k	23.3 ^{ef}	175.3 ⁱ	6.85 ^f	40.67 ^{cd}	250.7 ^{cd}	23.03 ^g	172.0 ^{fj}
Opera	2797.3 ^f	1209 ^{fg}	3.09 ^{hi}	22.7 ^{fg}	193.3 ^h	7.21 ^e	43.23 ^b	247.3 ^{gh}	23.96 ^{d-g}	177.0 ^{b-f}
Rainbow	2177.7 ^g	876.2 ^h	3.17 ^h	20.3 ^{hi}	193.0 ^h	6.88 ^f	40.23 ^d	246.3 ^{hi}	25.83 ^{b-d}	171.6 ^{fj}
Sahra	2881.0 ^f	1121 ^g	3.79 ^d	23.7 ^{d-f}	235.3 ^{ef}	7.47 ^{cd}	38.90 ^e	246.3 ^{hi}	24.03 ^{d-g}	173.7 ^{d-h}
Shiralee	3534.7 ^{ab}	1447 ^{a-c}	3.62 ^f	25.3 ^c	228.7 ^f	7.50 ^c	40.97 ^{cd}	247.7 ^{fg}	26.10 ^{a-c}	175.0 ^{c-g}
SLM046	3453.3 ^{a-c}	1493 ^{ab}	4.16 ^b	29.7 ^a	251.3 ^{b-d}	7.99 ^a	43.23 ^b	249.3 ^e	27.86 ^a	182.3 ^{ab}
Sunday	1714.0 ^h	637.4 ⁱ	2.96 ^j	21.7 ^{gh}	141.3 ^j	6.94 ^f	37.20 ^f	251.0 ^c	22.96 ^g	172.6 ^{c-i}
Talaye	3089.0 ^{c-f}	1325 ^{c-f}	3.72 ^{de}	27.7 ^b	226.7 ^f	7.70 ^b	42.90 ^b	252.3 ^b	20.96 ^h	184.0 ^a
Talent	2014.7 ^{gh}	727.4 ⁱ	3.41 ^g	19.3 ⁱ	121.7 ^k	6.98 ^f	36.10 ^g	247.7 ^{fg}	24.76 ^{c-g}	176.4 ^{c-g}
Zarfam	3364.3 ^{a-d}	1425 ^{a-d}	3.92 ^c	28.7 ^{ab}	259.3 ^b	7.81 ^{ab}	42.37 ^b	245.7 ⁱ	7/25 ^{b-d}	177.7 ^{b-e}
Okapi	3174.7 ^{b-f}	1371 ^{b-e}	3.66 ^e	28.3 ^{ab}	247.0 ^{cd}	7.80 ^{ab}	43.20 ^b	251.7 ^{bc}	24.57 ^{c-g}	178.3 ^{b-d}
Hyola420	2932.3 ^{ef}	1270 ^{ef}	3.09 ^{hi}	24.7 ^{c-e}	214.7 ^g	7.38 ^{c-e}	43.30 ^b	249.3 ^e	25.53 ^{b-e}	171.3 ^{g-j}
Hyola330	3024.7 ^{d-f}	1290 ^{d-f}	3.12 ^{hi}	25.3 ^c	208.0 ^g	7.40 ^{c-e}	42.67 ^b	249.3 ^e	23.6 ^{c-g}	169.3 ^{h-j}
RGS	3086.3 ^{c-f}	1242 ^{e-g}	3.17 ^h	25.0 ^{cd}	215.0 ^g	7.28 ^{de}	40.23 ^d	249.7 ^{de}	24.5 ^{c-g}	167.0 ^j

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند.Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P < 0.05$)

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر صفات زراعی و اجزاء عملکرد کلزا، ۲۰ ژنوتیپ کلزا (جدول ۱) در دو محیط تنش کم‌آبیاری و بدون تنش کم‌آبیاری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (طول ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۲۵ متر) کشت گردیدند. ۱۰ متر فاصله بین دو محیط برای جلوگیری از تداخل آب و رطوبت لحاظ شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف به طول پنج متر با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر گرفته شد. خاک مزرعه به‌طور متوسط دارای هدایت الکتریکی ۰/۵۲ (dS.m⁻¹) و pH معادل ۷/۹ بود. عملیات کاشت در اواخر شهریورماه انجام شد. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی طی دوره رشد در سه مرحله صورت گرفت. عمل تُنک‌کردن در مرحله روزت کامل صورت گرفت، به‌طوری‌که در نهایت تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. بعد از کشت به‌منظور رسیدن به سطح سبز یکنواخت در هر دو قطعه آبیاری انجام شد. برای تشخیص زمان صحیح آبیاری، بررسی وضعیت

رطوبت خاک و تعیین زمان اعمال تیمار تنش و آبیاری، با فواصل یک روز در میان (و در برخی موارد هر روز) از خاک نمونه‌برداری صورت گرفت و رطوبت خاک به‌صورت وزنی محاسبه گردید. با توجه به‌این‌که رطوبت FC خاک مزرعه مورد آزمایش حدود ۲۵ درصد وزنی بود، از این رو زمانی که رطوبت خاک به حدود ۶۰ درصد FC (یعنی رطوبت خاک ۱۵ درصد وزنی) می‌رسید، نشان‌دهنده نیاز به آبیاری مزرعه بود و آبیاری انجام می‌شد. در مجموع در مراحل مختلف رشد، متناسب با مرحله رشد و نیاز آبی گیاه، آبیاری در هر دو سایت به‌طور یکسان صورت گرفت و فقط در مرحله آخرین نیاز به آبیاری که گیاهان در مراحل انتهایی گلدهی و شروع خورجین دهی بودند (حدود مرحله ۹۰ درصد گلدهی)، در محیط تحت تنش آبیاری صورت نگرفت ولی در محیط غیر تنش آبیاری صورت گرفت. از این‌رو طول مدت تنش کم آبی (که مصادف با مرحله پُرشدن دانه‌ها و رسیدگی فیزیولوژیک بود) حدود یک ماه بود.

جهت ارزیابی صفات مورد بررسی، پس از حذف اثر حاشیه‌ای کرت‌ها اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری‌ها انجام شد.

ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی و خطای معیار آن‌ها با استفاده از معادله‌های (Steel and Torrie, 1984) زیر محاسبه

شدند:

$$r_g = \frac{\text{Cov}_{gxy}}{\sqrt{(\sigma_{gx}^2 \times \sigma_{gy}^2)}} \quad \begin{array}{l} \text{ضریب همبستگی} \\ \text{ژنتیکی} \end{array} \quad (1)$$

$$r_p = \frac{\text{Cov}_{pxy}}{\sqrt{(\sigma_{px}^2 \times \sigma_{py}^2)}} \quad \begin{array}{l} \text{ضریب همبستگی} \\ \text{فنوتیپی} \end{array} \quad (2)$$

$$SE(r_g) = (1 - r_g^2) \sqrt{\frac{SE(h_x^2) \cdot SE(h_y^2)}{2[h_x^2 \cdot h_y^2]}} \quad \begin{array}{l} \text{خطای استاندارد} \\ \text{ضریب همبستگی} \end{array} \quad (3)$$

$$SE(r_p) = \left[\frac{1 - r_p^2}{n - 2} \right]^{0.5} \quad \begin{array}{l} \text{خطای استاندارد} \\ \text{ضریب همبستگی} \\ \text{فنوتیپی} \end{array} \quad (4)$$

$$h_x^2 = \frac{\sigma_{gx}^2}{\sigma_{px}^2} \quad \begin{array}{l} \text{وراثت پذیری صفت} \\ x \end{array} \quad (5)$$

$$h_y^2 = \frac{\sigma_{gy}^2}{\sigma_{py}^2} \quad \begin{array}{l} \text{وراثت پذیری صفت} \\ y \end{array} \quad (6)$$

که در آن ها r_g : ضریب همبستگی ژنوتیپی، r_p : ضریب همبستگی فنوتیپی، σ_{gx}^2 : واریانس ژنتیکی صفت (x) ، Cov_{gxy} : کوواریانس ژنتیکی صفات (x) و (y) ، σ_{px}^2 : واریانس فنوتیپی (x) ، Cov_{pxy} : کوواریانس فنوتیپی صفات (x) و (y) ، $SE(r_g)$: خطای استاندارد ضریب همبستگی ژنوتیپی، $SE(r_p)$: خطای استاندارد ضریب همبستگی فنوتیپی، h_x^2 : وراثت پذیری برای صفت x و h_y^2 : وراثت پذیری برای صفت y می باشد (Steel and Torrie, 1984). تجزیه واریانس و همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات با استفاده از نرم افزارهای SAS v9.2 و Excel 2013 (SAS Inc, 2010) محاسبه شد. با استفاده از نرم افزار SPSS v19 (SPSS Inc, 2010) تجزیه رگرسیون گام به گام به منظور انتخاب زیرمجموعه ای از صفات که سهم بیش تری در توجیه تنوع عملکرد دانه دارند محاسبه شد (Montgomery and Peck, 2007) و سپس برای تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه، تجزیه ضرایب مسیر با استفاده از نرم افزار Amos v19 (AMOS, 2010) انجام گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده و مرکب پس از آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی و معنی دار نشدن آزمون بارتلت انجام شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ ها از نظر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری داشتند (جدول ۲، ۳ و ۴). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای تمامی صفات به جزء ارتفاع بوته معنی دار بود، این بدین مفهوم است که ژنوتیپ های مختلف در شرایط محیطی مختلف واکنش متفاوتی نشان داده اند. به عبارت دیگر پاسخ ژنوتیپ ها

به محیط های مختلف از آزمایشی به آزمایش دیگر یکسان نیست در برنامه های به نژادی به طور معمول، ژنوتیپ هایی به عنوان سازگار شناخته می شوند که واریانس اثر متقابل آن ها با محیط اندک باشد؛ از این رو با توجه به این که صفت عملکرد دانه از اجزای مختلفی تشکیل شده است و یا به عبارت دیگر به صفات متعددی بستگی دارد، ضروری است که سودمندترین اجزا برای گزینش غیرمستقیم تعیین شود (Marjanovic-Jeromela et al., 2007). بنابراین با توجه به غیرمعنی دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای صفت ارتفاع بوته می توان چنین اظهار نمود که پاسخ همه ژنوتیپ ها از نظر صفت ارتفاع بوته، به تنش خشکی یکسان بوده (کاهش ارتفاع) و می توان با اطمینان بالا از این صفت برای گزینش غیرمستقیم ارقام کلزا در محیط های شامل تنش خشکی بهره برد. سایر محققان نیز در تحقیقات خود کاهش معنی دار ارتفاع بوته کلزا را در شرایط تنش رطوبتی گزارش کرده اند (Khan et al., 2010; Jabbari et al., 2015).

نتایج مقایسه میانگین صفات در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است. در شرایط بدون تنش رقم Geronimo و Sunday به ترتیب با ۳۶۸/۰ و ۱۷۱۳/۷ کیلوگرم در هکتار، بیش ترین و کمترین عملکرد را در واحد سطح را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش خشکی، بیش ترین عملکرد مربوط به رقم Zarfam با ۲۹۴۸/۰ کیلوگرم و کمترین آن به رقم Talent با ۸۷۶/۳ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. در مجموع رقم Zarfam با میانگین کلی (شرایط عادی و تنش) ۳۱۵۶/۰ کیلوگرم در هکتار و رقم Ddante با میانگین ۳۱۸۲/۶ کیلوگرم از بیش ترین عملکرد برخوردار بودند. بیش ترین و کمترین تعداد خورجین در بوته در شرایط بدون تنش به ترتیب برابر با ۲۷۷/۰۰ و ۱۲۱/۷۰ عدد بود که مربوط به ارقام Licord و Talent بود. در شرایط تنش رطوبتی رقم Zarfam با ۲۵۵/۷۰ بیش ترین و رقم Talent با ۱۱۸/۰۰ عدد، کمترین تعداد خورجین در بوته را دارا بودند (جدول ۶). تعداد خورجین در گیاه از مهم ترین اجزاء عملکرد در کلزا محسوب می شود (Angadi et al., 2003). در تحقیق Jabbari et al, 2015 بیش ترین تعداد خورجین در بوته از تیمار شاهد، به میزان ۷۹ خورجین در بوته به دست آمد و قطع آبیاری در مرحله گلدهی سبب کاهش ۳۹ درصدی صفت مذکور در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب شد. طول خورجین برای ارقام در شرایط بدون تنش بین ۶/۶۴ تا ۷/۹۹ سانتی متر و در شرایط تنش بین ۵/۸۹ تا ۷/۸۷ سانتی متر متغیر بود (جدول ۵). در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی، ارقام SIm-046 و Dante از بیش ترین طول خورجین و رقم Celecious در هر دو محیط از کمترین طول خورجین برخوردار بودند. سطح خورجین ها به عنوان یک سطح فنونستری فعال از اهمیت ویژه ای برخوردار است، به طوری که وزن دانه های کلزا بیش تر از طریق فنونستز خورجین ها تأمین می گردد. نتایج مطالعه Shabani et al, 2013 نشان داد که اعمال تنش

کم آبی در مرحله رسیدن دانه و تیمار دیم (کم آبیاری) سبب کاهش معنی‌دار طول خورجین در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب شده است.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ۲۰ ژنوتیپ کلزا در شرایط محیطی تنش به روش چنددامنه‌ای دانکن
Table 6- Compares of mean for measured traits in 20 genotypes of canola in drought stress condition using Duncan's multiple range test

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد روغن Oil Yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه Thousand seed weight (g)	تعداد دانه در خورجین No. of seeds per silique	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	طول خورجین Silique length (cm)	درصد روغن دانه Seed oil percent (%)	روز تا رسیدگی Days to maturity	درصد پروتئین دانه Seed protein percent (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
ARC2	2405.3 ^{cd}	947.7 ^{b-d}	2.91 ^e	24.7 ^{bc}	243.0 ^c	7.38 ^b	39.40 ^e	240.0 ^{a-c}	23.26 ^{b-e}	174.5 ^{cd}
ARC5	2440.3 ^c	933 ^{cd}	3.04 ^d	24.3 ^{bc}	233.0 ^c	7.36 ^{bc}	38.23 ^f	240.3 ^{ab}	24.03 ^{a-d}	175.6 ^{bc}
Celecious	1043.0 ^{hi}	378.8 ^{hi}	2.27 ^j	19.7 ^e	191.3 ^g	5.90 ⁱ	36.33 ^g	239.7 ^{a-c}	23.00 ^{b-e}	165.1 ^g
Dante	2860.0 ^a	1170 ^a	3.68 ^a	27.7 ^a	237.3 ^{bc}	7.87 ^a	40.90 ^{ab}	238.7 ^{bc}	25.30 ^a	178.5 ^a
Geronimo	2558.0 ^{bc}	967.8 ^{b-d}	3.38 ^c	23.7 ^c	247.7 ^{ab}	7.32 ^{bcd}	37.83 ^f	240.0 ^{a-c}	22.90 ^{c-e}	178.1 ^{ab}
Licord	2439.0 ^c	1004 ^b	2.88 ^e	25.3 ^b	247.3 ^{ab}	7.42 ^b	41.17 ^a	239.7 ^{a-c}	24.43 ^{a-d}	178.9 ^a
Milena	879.0 ^j	322.7 ^{ij}	2.01 ^l	21.3 ^d	160.7 ^h	6.40 ^g	36.70 ^g	239.7 ^{a-c}	20.83 ^f	170.3 ^e
Opera	2107.0 ^f	855.5 ^e	2.39 ⁱ	21.3 ^d	188.7 ^g	6.83 ^f	40.60 ^{a-c}	239.3 ^{bc}	23.03 ^{b-e}	175.3 ^{bc}
Rainbow	1075.0 ^h	395.5 ^h	2.21 ^{jk}	19.7 ^e	182.0 ^g	6.34 ^{gh}	36.80 ^g	238.7 ^{bc}	23.06 ^{b-e}	169.3 ^{ef}
Sahra	2063.3 ^f	781.3 ^f	2.93 ^e	22.3 ^d	234.7 ^c	7.27 ^{cd}	37.87 ^f	239.3 ^{bc}	23.50 ^{a-e}	171.7 ^{de}
Shiralee	2643.3 ^b	1001 ^b	2.74 ^f	24.7 ^{bc}	221.3 ^d	7.33 ^{b-d}	37.78 ^f	239.7 ^{a-c}	24.83 ^{ab}	173.5 ^{cd}
SLM046	2833.3 ^a	1126 ^a	3.58 ^b	27.3 ^a	241.3 ^{bc}	7.82 ^a	39.73 ^{de}	238.3 ^c	25.33 ^a	180.1 ^a
Sunday	912.0 ^{ij}	306.2 ^j	2.18 ^k	19.3 ^{ef}	135.0 ⁱ	6.33 ^{gh}	33.57 ^h	241.0 ^a	21.80 ^{ef}	168.8 ^{ef}
Talaye	1877.0 ^g	720 ^g	2.60 ^g	24.7 ^{bc}	217.0 ^{de}	7.23 ^d	38.37 ^f	240.3 ^{ab}	20.20 ^f	180.9 ^a
Talent	876.3 ^j	288.9 ^j	2.40 ⁱ	18.3 ^f	118.0 ^j	6.28 ^h	32.97 ^h	239.0 ^{bc}	21.76 ^{ef}	173.8 ^{cd}
Zarfam	2948.0 ^a	1177 ^a	3.73 ^a	28.3 ^a	255.7 ^a	7.81 ^a	39.93 ^{c-e}	238.7 ^{bc}	24.66 ^{a-c}	179.2 ^a
Okapi	2157.7 ^{ef}	860.3 ^e	2.77 ^f	25.7 ^b	236.3 ^c	7.41 ^b	39.87 ^{c-e}	240.0 ^{a-c}	22.86 ^{c-e}	174.1 ^{cd}
Hyola420	2273.7 ^{de}	916.2 ^{de}	2.66 ^g	23.7 ^c	210.3 ^{ef}	6.96 ^e	40.30 ^{b-d}	240.3 ^{ab}	24.89 ^{ab}	166.8 ^{fg}
Hyola330	2426.0 ^c	995.5 ^{bc}	2.43 ⁱ	24.3 ^{bc}	202.7 ^f	6.91 ^{ef}	41.0 ^{ab}	239.3 ^{bc}	22.66 ^{de}	169.1 ^{ef}
RGS	2506.3 ^{bc}	995.9 ^{bc}	2.53 ^h	23.7 ^c	209.7 ^{ef}	6.90 ^{ef}	39.73 ^{de}	239.7 ^{a-c}	22.83 ^{c-e}	164.3 ^g

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P < 0.05$)

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات مورد مطالعه در جدول ۷ ارائه شد. در میان صفات اجزای عملکرد دانه، طول خورجین، تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه به ترتیب بیش‌ترین ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی را به خود اختصاص دادند. Sorour and Keshta, 1994 طی پژوهشی که برای بررسی روابط بین صفات در کلزا انجام دادند، رابطه مثبت و بسیار قوی با عملکرد دانه و هر یک از صفات طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه مشاهده نمودند. در این بین صفت روز تا رسیدگی و درصد پروتئین کمترین میزان همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. ضریب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی عملکرد روغن و دانه بیش‌ترین میزان ($+0.99$) بود که نشان می‌دهد بهبود عملکرد روغن با افزایش عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. بررسی نتایج همبستگی موجود بین عملکرد روغن با درصد روغن و عملکرد دانه در مطالعه Jabbari et al, 2015 نشان داد که عملکرد روغن با عملکرد دانه ($r = 0.99$) همبستگی بالاتری در مقایسه با درصد روغن دانه ($r = 0.76$) دارد که نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر در این زمینه را تأیید می‌کند. طول خورجین، تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین در هر گیاه بیش‌ترین میزان همبستگی مثبت و روز تا رسیدگی کمترین

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط عادی و دارای تنش، رقم Talent با میانگین $36/10$ و $32/97$ درصد از کمترین درصد روغن برخوردار بود و رقم Licord در هر دو محیط از بیش‌ترین درصد روغن برخوردار بود. نتایج Zhao et al, 1991 در مطالعه‌ای که با هدف بررسی تنش خشکی بر عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا صورت گرفت نشان داد که ارقام کلزا برای صفات عملکرد دانه و روغن، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری دارند و چنین اظهار داشتند که در سالی که بارندگی بیش‌تر بوده عامل اصلی افزایش محصول، صفت تعداد خورجین در هر گیاه می‌باشد. نتایج مطالعه دیگر نشان داد که تنش خشکی در طی گرده‌افشانی و پس از آن به واسطه کاهش در اندازه دانه سبب کاهش درصد روغن دانه و پس از آن به واسطه کاهش در اندازه دانه سبب کاهش درصد و عملکرد روغن دانه می‌گردد (Zarei et al., 2010). Faraji and Htamzadeh, 2009 با توجه به نتایج تجزیه واریانس ساده و مرکب بیست ژنوتیپ مختلف از گونه‌های براسیکا در شرایط دیم چنین اظهار نمودند که ارقامی که عملکرد دانه بالاتری دارند از نظر اجزای عملکرد در یک حالت تعادل و موازنه هستند. همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات در شرایط بدون تنش

نشان داد. هنگامی که دو صفت وراثت‌پذیری بالایی داشته باشند، در آن صورت همبستگی فنوتیپی عمدتاً به وسیله همبستگی ژنتیکی تعیین می‌شود. اما اگر هر دو صفت دارای وراثت‌پذیری پایینی باشند در آن صورت همبستگی به مقدار زیادی به علت همبستگی محیطی خواهد بود (Bernardo, 2002).

همبستگی را با عملکرد روغن داشتند. در حقیقت می‌توان گفت که تعداد دانه زیاد در خورجین باعث افزایش در وزن دانه‌های هر خورجین که نشانگر انتقال حجم بیشتری از مواد فتوسنتزی به دانه است، شد و این مسئله نیز سبب افزایش درصد روغن در گیاه می‌شود (Hosseinzadeh *et al.*, 2008). نتایج تفاوت ناچیزی بین ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی محاسبه شده در شرایط بدون تنش را

جدول ۷- ضرایب همبستگی فنوتیپی (بالای قطر) و ژنوتیپی (پایین قطر) صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط بدون تنش
Table 7- Phenotypic (above diagonal) and genotypic (below diagonal) correlation coefficients of measured traits in canola genotypes in normal condition

صفات Traits	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield	وزن هزار دانه Thous and seed weigh	تعداد دانه در خورجین No. of seeds per silique	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	طول خورجین Silique length	درصد روغن دانه Seed oil percent	روز تا رسیدیگی Days to maturity	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	ارتفاع بوته Plant height
عملکرد دانه Grain yield	1.00	0.99**	0.76**	0.79**	0.85**	0.88**	0.67**	0.28 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.47**
عملکرد روغن Oil yield	0.99**	1.00	0.75**	0.86**	0.90**	0.92**	0.81**	0.29 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.51**
وزن هزار دانه Thousand seed weight	0.79**	0.73**	1.00	0.70**	0.71**	0.84**	0.34 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.66**
تعداد دانه در خورجین No. of seeds per silique	0.84**	0.82**	0.70**	1.00	0.82**	0.92**	0.71**	0.47*	0.18 ^{ns}	0.56**
تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	0.89**	0.87**	0.72**	0.84**	1.00	0.81**	0.72**	0.30 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.43*
طول خورجین Silique length	0.92**	0.89**	0.86**	0.94**	0.84**	1.00	0.66**	0.40*	0.26 ^{ns}	0.65**
درصد روغن دانه Seed oil percent	0.71**	0.78**	0.34 ^{ns}	0.73**	0.73**	0.68**	1.00	0.22 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.45*
روز تا رسیدگی Days to maturity	0.29 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.47*	0.30 ^{ns}	0.41*	0.24 ^{ns}	1.00	-0.19 ^{ns}	0.28 ^{ns}
درصد پروتئین دانه Seed protein percent	0.39 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.43*	0.28 ^{ns}	0.27 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	1.00	0.08 ^{ns}
ارتفاع بوته Plant height	0.55**	0.58**	0.74**	0.64**	0.47*	0.75**	0.51*	0.31 ^{ns}	0.14 ^{ns}	1.00

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
^{ns}، * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارا بودند. هدف از محاسبه ضریب همبستگی ژنوتیپی، بررسی روابط در شرایطی است که عوامل محیطی دخالتی ندارند. به این ترتیب همبستگی بین صفات مختلف و عملکرد از دیدگاه پیوستگی و پلیوتروپی بین صفات مورد بررسی قرار می‌گیرد. روز تا رسیدگی به ترتیب با ۰/۱۸- و ۰/۲۶- کمترین میزان همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی را با عملکرد دانه در شرایط تنش

همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات در شرایط تنش خشکی
تغییر ضریب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی محاسبه شده در شرایط تنش خشکی نشان داد که انحراف ایجاد شده توسط محیط تأثیر چندانی بر همبستگی بین صفات اجزای عملکرد و عملکرد دانه نداشته است (جدول ۸). تمامی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی به‌جز روز تا رسیدگی همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی

به عنوان یکی از مؤلفه های مهم کیفیت دانه، گزارش گردیده است. Gan *et al.*, 2009 عدم تأثیرپذیری میزان پروتئین دانه کلزا از تنش خشکی را گزارش کردند. در حالی که برخی گزارش ها افزایش درصد پروتئین تحت شرایط تنش خشکی را اعلام داشتند (Sinaki *et al.*, 2007). از بین صفات اجزای عملکرد تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و طول خورجین به ترتیب بیشترین میزان همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی را با عملکرد دانه داشتند.

خشکی داشت. با توجه به شرایط محیطی گیاه با کوتاه نمودن فرآیند رشد و نمو از برخورد مرحله زایشی با دوره گرمای شدید جلوگیری می نماید در نتیجه ژنوتیپ های با دوره رشد کوتاه، قدرت زندهمانی و بهره وری بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ ها دارند. درصد پروتئین با عملکرد دانه در شرایط تنش، همبستگی فنوتیپی ۰/۶۳ و ژنوتیپی ۰/۷۳ داشت که نشان از افزایش همزمان پروتئین دانه و عملکرد دانه در شرایط خشکی دارد. نتایج متناقضی در مورد درصد پروتئین

جدول ۸- ضرایب همبستگی فنوتیپی (بالای قطر) و ژنوتیپی (پایین قطر) صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ های کلزا در شرایط تنش خشکی

Table 8- Phenotypic (above diagonal) and genotypic (below diagonal) correlation coefficients of measured traits in canola genotypes in drought stress condition

صفات Traits	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield	وزن هزار دانه Thous and seed weigh	تعداد دانه در خورجین No. of seeds per silique	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	طول خورجین Silique length	درصد روغن دانه Seed oil percent	روز تا رسیدگی Days to maturity	درصد پروتئین دانه Seed protein percent	ارتفاع بوته Plant height
عملکرد دانه Grain yield	1.00	0.99 **	0.80 **	0.88 **	0.85 **	0.89 **	0.79 **	-0.18 ^{ns}	0.63 **	0.46 *
عملکرد روغن Oil yield	0.99 **	1.00	0.79 **	0.91 **	0.86 **	0.89 **	0.85 **	-0.19 ^{ns}	0.63 **	0.45 *
وزن هزار دانه Thousand seed weight	0.81 **	0.78 **	1.00	0.80 **	0.77 **	0.88 **	0.47 *	-0.31 ^{ns}	0.62 **	0.67 **
تعداد دانه در خورجین No. of seeds per silique	0.90 **	0.89 **	0.82 **	1.00	0.83 **	0.92 **	0.75 **	-0.20 ^{ns}	0.53 **	0.58 **
تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	0.86 **	0.85 **	0.78 **	0.86 **	1.00	0.84 **	0.75 **	-0.11 ^{ns}	0.53 **	0.49 **
طول خورجین Silique length	0.90 **	0.89 **	0.88 **	0.94 **	0.85 **	1.00	0.67 **	-0.18 ^{ns}	0.55 **	0.71 **
درصد روغن دانه Seed oil percent	0.80 **	0.84 **	0.48 *	0.78 **	0.76 **	0.68 **	1.00	-0.18 ^{ns}	0.49 **	0.28 ^{ns}
روز تا رسیدگی Days to maturity	-0.26 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	0.79 **	0.91 **	0.86 **	0.89 **	0.85 **	1.00	-0.35 ^{ns}	-0.16 ^{ns}
درصد پروتئین دانه Seed protein percent	0.73 **	0.73 **	-0.45 ^{ns}	-0.29 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	-0.26 ^{ns}	-0.46 *	1.00	0.18 ^{ns}
ارتفاع بوته Plant height	0.49 *	0.47 *	0.71 **	0.61 **	0.64 **	0.62 **	0.54 **	-0.33 ^{ns}	0.22 ^{ns}	1.00

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
^{ns}، * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۹- تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی

Table 9- Stepwise regression analysis to determine the relative contribution of yield components in non-drought stress condition

متغیر مستقل Independent variable	ضرایب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficients		عرض از مبدأ Intercept	ضریب تبیین تجمعی Cumulative R-squared
	b ₂	b ₁		
طول خورجین Silique length	---	0.906**	-7166.759*	0.81
تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	0.396*	0.576**	-4875.276*	0.85

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

جدول ۱۰- تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد روغن در شرایط بدون تنش خشکی

Table 10- Stepwise regression analysis to determine the relative contribution of oil yield components in non-drought stress condition

متغیر مستقل Independent variable	ضرایب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficients			عرض از مبدأ Intercept	ضریب تبیین تجمعی Cumulative R-squared
	b ₃	b ₂	b ₁		
عملکرد دانه Grain yield	---	---	0.988**	-164.418**	0.978
درصد روغن دانه Seed oil percent	---	0.206**	0.844**	-1063.744**	0.998
ارتفاع بوته Plant height	0.022*	0.200**	0.837**	-1269.406**	0.999

**, * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی دار.

**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level and non-significant, respectively.

جدول ۱۱- تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی

Table 11- Stepwise regression analysis to determine the relative contribution of yield components in drought stress condition

متغیر مستقل Independent variable	ضرایب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficients		عرض از مبدأ Intercept	ضریب تبیین تجمعی Cumulative R-squared
	b ₂	b ₁		
طول خورجین Silique length	---	0.899**	-5910.870*	0.80
ارتفاع بوته Plant height	-0.356*	1.156**	441.544 ^{ns}	0.86

**, * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی دار.

**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level and non-significant, respectively.

خورجین در میان اجزاء عملکرد کلزا بیشترین حساسیت را به تنش خشکی دارا می باشند و اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و خورجین دهی گیاه کلزا به واسطه ریزش شدیدتر گل و خورجین سبب کاهش قابل توجه در تعداد خورجین در بوته می گردد (Shahrabi *et al.*, 2013).

به نظر می رسد که کمبود عرضه مواد فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی، باعث عدم تلقیح گل ها در زمان گرده افشانی، عدم تأمین مواد فتوسنتزی به میزان کافی برای خورجین ها و ریزش آن ها و در نهایت کاهش تعداد خورجین و دانه می گردد (Shahrabi *et al.*, 2013). تحقیقات نشان می دهد که تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در

تنش با افزایش عملکرد دانه افزایش یافته است. Champolivier and Merrin, 1996 گزارش نمودند که تنش خشکی به خصوص از مرحله گرده افشانی تا پُرشدن دانه میزان پروتئین را افزایش و درصد روغن را کاهش داد. در مطالعه‌ای دیگر Seyed Ahmadi *et al*, 2015 اظهار داشتند که اگرچه در اثر تنش خشکی درصد پروتئین افزایش می‌یابد، ولی کاهش عملکرد دانه آن قدر زیاد می‌باشد که افزایش پروتئین جبران کاهش عملکرد دانه را ننموده و در نتیجه عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح نیز کاهش می‌یابد.

مقایسه ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی در دو شرایط محیطی مبین این موضوع است که دو صفت پروتئین و روغن تا رسیدگی عامل تمایز ژنوتیپ‌ها برای دو شرایط آزمایش می‌باشند. بدین صورت که در شرایط تنش ژنوتیپ‌های زودرس توانایی بالاتری برای تولید دانه دارند در حالی که در شرایط بدون تنش به علت توازن در وجود شرایط رشد صفت روز تا رسیدگی عامل تعیین کننده‌ای برای عملکرد دانه به شمار نمی‌آید. با توجه به مکانیسم تولید و تجمع پروتئین در کلزا و تأثیر تنش آبی بر این مکانیسم‌ها می‌توان اظهار نمود که در شرایط تنش خشکی درصد پروتئین بر خلاف شرایط بدون

جدول ۱۲- تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین نسبی اجزای عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی

Table 12- Stepwise regression analysis to determine the relative contribution of oil yield components in drought stress condition

متغیر مستقل Independent variable	ضرایب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficients				عرض از مبدأ Intercept	ضریب تبیین تجمعی Cumulative R-squared
	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁		
عملکرد دانه Grain yield	---	---	---	0.996**	-63.703**	0.90
درصد روغن دانه Seed oil percent	---	---	0.125**	0.896**	-600.229**	0.93
تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	---	-0.047*	0.134**	0.929**	-595.572**	0.97
وزن هزار دانه Thousand seed weight	0.053**	-0.071**	0.164**	0.884**	-749.784**	0.99

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

** and * are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level, respectively.

جدول ۱۳- تجزیه ضرایب همبستگی ژنتیکی به اثر مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش

Table 13- Partitioning of correlation coefficient analysis to direct and indirect effects for grain yield in normal condition

صفات Traits	اثر غیرمستقیم (Indirect effect)		اثر مستقیم Direct effect	همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه Genetic correlations with grain yield
	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	طول خورجین Silique length		
طول خورجین Silique length	0.334	---	0.585	0.92
تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	---	0.491	0.398	0.89
خطا (Error) = 0.327				

شدند (جدول ۹). صفات عملکرد دانه، درصد روغن و ارتفاع بوته هنگامی که عملکرد روغن به عنوان متغیر وابسته فرض شد وارد مدل شدند و در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد روغن را توجیه نمودند (جدول ۱۰). یکی از مزایای استفاده از رگرسیون گام به گام در نظر گرفتن همه جانبه (ابعاد مستقیم و غیرمستقیم) تمام متغیرهای معنی دار می باشد. لذا بررسی تنه‌های تک متغیرهایی که به ظاهر تأثیر بالایی بر متغیر وابسته دارند (مثل اجزای عملکرد) کار صحیحی نمی‌باشد.

تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

در شرایط بدون تنش هنگامی که عملکرد دانه به عنوان صفت وابسته و اجزای عملکرد و سایر صفات مهم به عنوان صفات ثابت در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه نشان داد که صفات طول خورجین و تعداد خورجین با توجیه ۸۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه وارد مدل

به عبارتی دیگر ممکن است یک متغیر (مثل صفات مورفولوژی) به ظاهر رابطه مستقیمی با عملکرد نداشته باشد، ولیکن اثرات غیرمستقیم آن از طریق سایر صفات قابل توجه باشد. در این مطالعه دیده شد که با توجه به تأثیر غیر مستقیم ارتفاع بوته بر عملکرد دانه از طریق اثر بر عملکرد دانه و عملکرد روغن (جدول ۱۴)، حضور این صفت در مدل خروجی تجزیه رگرسیون گام به گام توجیه لازم را دارا می باشد. این موضوع با بررسی مقالات مختلفی که به بررسی تجزیه

مسیر و رگرسیون در مورد عملکرد دانه و روغن کلزا پرداخته اند نیز مشهود است. از جمله نتایج مطالعه Kakaei *et al.*, 2014 نشان داد که در شرایط تنش رطوبتی صفت ارتفاع بوته با در نظر گرفتن عملکرد روغن به عنوان صفت وابسته، وارد مدل رگرسیونی شده و چنین اظهار داشتند که صفت مذکور اهمیت بالایی در پیش بینی صفت عملکرد روغن دارد.

جدول ۱۴- تجزیه ضرایب همبستگی ژنتیکی به اثر مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد روغن در شرایط بدون تنش
Table 14- Partitioning of correlation coefficient analysis to direct and indirect effects for oil seed in normal condition

صفات Traits	اثر غیرمستقیم (Indirect effect)			اثر مستقیم Direct effect	همبستگی ژنتیکی با عملکرد روغن Genetic correlations with oil yield
	ارتفاع بوته Plant height	درصد روغن دانه Seed oil percent	عملکرد دانه Grain yield		
عملکرد دانه Grain yield	0.007	0.150	---	0.831	0.99
درصد روغن دانه Seed oil percent	0.007	---	0.590	0.212	0.81
ارتفاع بوته Plant height	---	0.108	0.457	0.014	0.58
خطا (Error)= 0.058					

جدول ۱۵- تجزیه ضرایب همبستگی ژنتیکی به اثر مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش
Table 15- Partitioning of correlation coefficient analysis to direct and indirect effects for grain yield in drought stress condition

صفات Traits	اثر غیرمستقیم (Indirect effect)		اثر مستقیم Direct effect	همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه Genetic correlations with grain yield
	ارتفاع بوته Plant height	طول خورجین Silique length		
طول خورجین Silique length	-0.261	---	1.16	0.90
ارتفاع بوته Plant height	---	0.847	-0.385	0.49
خطا (Error)= 0.360				

تجزیه ضرایب مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه در دو

شرایط تنش و بدون تنش خشکی

در شرایط بدون تنش تجزیه ضرایب مسیر برای صفات مؤثر بر عملکرد دانه نشان داد که صفت طول خورجین و تعداد خورجین در بوته به ترتیب با ۰/۵۸۵ و ۰/۳۹۸ بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۱۳). در این میان اثر غیرمستقیم تعداد خورجین در بوته از طریق طول خورجین بر عملکرد دانه بیش تر از اثر مستقیم آن بود. مدل تجزیه مسیری که شامل این دو صفت بود توانست ۶۸ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نماید که خود تأثیر و اهمیت دو صفت مذکور بر عملکرد دانه را تأیید می نماید (شکل ۱).

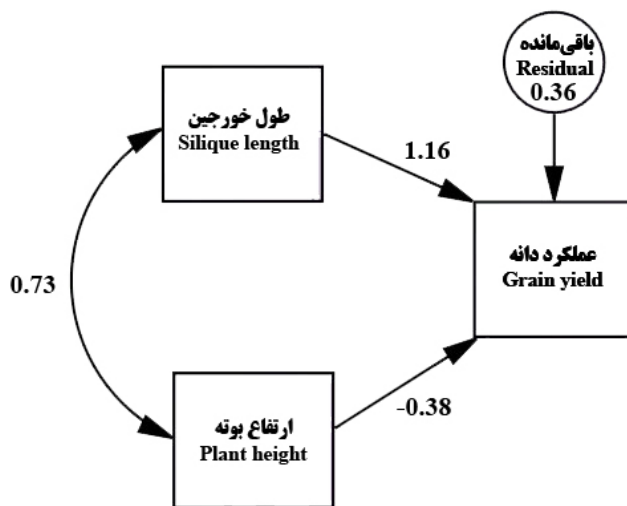
در شرایط تنش خشکی اثر مستقیم صفات طول خورجین و ارتفاع

در شرایط تنش خشکی صفات طول خورجین و ارتفاع بوته در حالی که عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته فرض شده بود، وارد مدل شدند؛ به طوری که طول خورجین به تنهایی ۸۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود (جدول ۱۱). هم چنین در شرایط تنش خشکی هنگامی که عملکرد روغن به عنوان متغیر وابسته وارد مدل شد چهار صفت عملکرد دانه، درصد روغن، تعداد خورجین در هر گیاه و وزن هزار دانه بیشترین سهم را در توجیه تغییرات این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). نتایج سایر مطالعات نیز اهمیت صفات ذکر شده و نقش آن ها در عملکرد روغن ارقام کلزا مورد تأیید قرار گرفته است (Hosseinzadeh *et al.*, 2008; Jabbari *et al.*, 2015).

صفات Traits	اثر غیر مستقیم (Indirect effect)					همبستگی ژنتیکی با عملکرد روغن Genetic correlations with oil yield
	وزن هزار دانه Thousand seed Weight	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	درصد روغن دانه Seed oil percent	عملکرد دانه Grain yield	اثر مستقیم Direct effect	
عملکرد دانه Grain yield	0.064	-0.043	0.166	---	0.802	0.99
درصد روغن دانه Seed oil percent	0.037	-0.038	---	0.641	0.207	0.85
تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	0.061	---	0.158	0.690	-0.05	0.86
وزن هزار دانه Thousand seed weight	---	-0.039	0.099	0.649	0.079	0.79
خطا (Error) = 0.095						

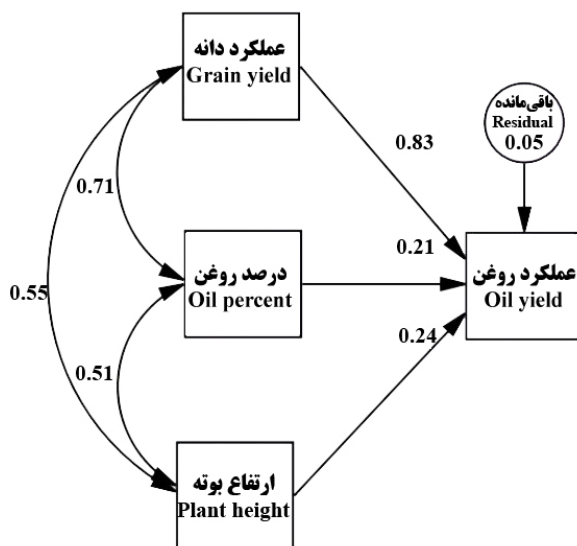
بدون تنش سه صفت عملکرد دانه، درصد روغن و ارتفاع بوته به ترتیب با 0.831 ، 0.212 و 0.140 بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد روغن را داشتند (جدول ۱۵). همبستگی ژنتیکی بالای بین عملکرد دانه و عملکرد روغن توجیه کننده اثر مستقیم و بالای عملکرد روغن و دانه می باشد (شکل ۳).

تجزیه ضرایب مسیر صفات مرتبط با عملکرد روغن در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی
با توجه به اهمیت عملکرد روغن در کشت کلزا تجزیه ضرایب مسیر صفات مؤثر بر عملکرد روغن با توجه به ضریب همبستگی ژنوتیپی صفات وارد شده در مدل رگرسیونی صورت گرفت. در شرایط



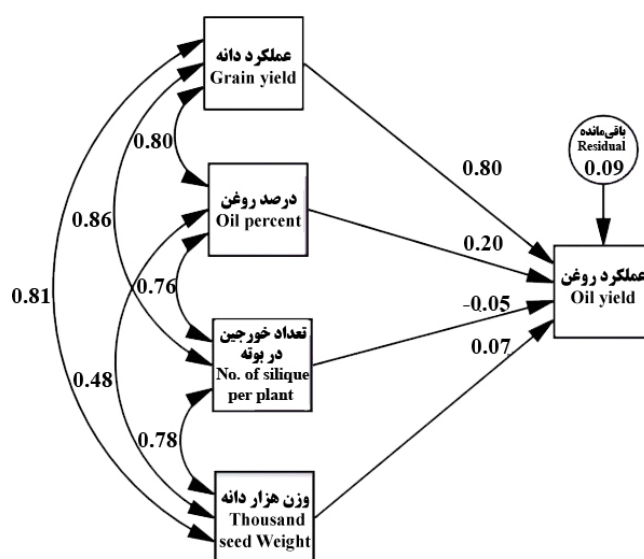
شکل ۲- تجزیه مسیر برای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی

Figure 2- Path coefficient analysis for grain yield in drought stress conditions



شکل ۳- تجزیه مسیر برای عملکرد روغن در شرایط بدون تنش خشکی

Figure 3- Path coefficient analysis for oil yield in non-drought stress conditions



شکل ۴- تجزیه مسیر برای عملکرد روغن در شرایط تنش خشکی
Figure 4- Path coefficient analysis for oil yield in drought stress conditions

می‌گیرد. Hosseinzadeh *et al*, 2008 کاهش ارتفاع بوته در اثر اعمال تنش خشکی را به اختلال در فتوسنتز به واسطه کم‌آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع بوته نسبت داند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان چنین اظهار نمود که ژنوتیپ‌های Zarfam و SLM046 به‌عنوان ژنوتیپ‌های زودرس و با عملکرد بالا برای هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش مناسب می‌باشند. پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف به شرایط رطوبتی از نظر صفت ارتفاع بوته، یکسان است، لذا می‌توان از این صفت برای گزینش غیرمستقیم ارقام برای اصلاح ارقام برای شرایط تنش رطوبتی بهره برد. اثرات باقی‌مانده مدل‌های تجزیه ضرایب مسیر برای هر دو صفت عملکرد دانه و روغن در هر دو شرایط محیطی می‌توان چنین اظهار نمود که نتایج گزینش ژنوتیپ‌ها برای عملکرد روغن بالا بر اساس صفات وارد شده در مدل از اطمینان بالاتری نسبت به گزینش برای صفت عملکرد دانه برخوردار می‌باشد. با توجه به نتایج تجزیه رگرسیونی و تجزیه ضرایب مسیر صفت طول خورجین با داشتن بیش‌ترین میزان اثر مستقیم بر عملکرد دانه را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین صفت برای اصلاح در شرایط بدون تنش و تنش خشکی پیشنهاد نمود.

در این بین اثر غیرمستقیم درصد روغن از طریق عملکرد دانه بر عملکرد روغن بیش‌ترین اثر مستقیم بود. میزان اثر باقی‌مانده مدل (۰/۰۵) نشان از توجیه بالای صفات وارد شده در مدل داشت. علاوه‌بر دو صفت اول دو صفت تعداد خورجین در هر گیاه و وزن هزاردانه در شرایط تنش خشکی وارد مدل تجزیه ضرایب مسیر شدند (شکل ۴). عملکرد دانه با میزان ۰/۸۰۲ بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی داشت (جدول ۱۶). تعداد خورجین در هر گیاه اثر مستقیم منفی بر عملکرد روغن داشت اما به علت تأثیر غیرمستقیم و مثبت (۰/۶۹۰) آن بر عملکرد دانه وارد مدل شد. وزن هزاردانه نیز با اثر غیرمستقیم (۰/۶۴۹) بر عملکرد دانه بر عملکرد روغن تأثیرگذار بود.

مقایسه مدل‌های تجزیه مسیر در دو شرایط محیطی نشان داد که صفت عملکرد دانه مهم‌ترین شاخص در انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد روغن بالا می‌باشد. همچنین در شرایط بدون تنش ارتفاع بوته تأثیر غیرمستقیم و بالایی بر عملکرد دانه داشته (۰/۴۵۷) و از این طریق بر عملکرد روغن مؤثر بوده ولی در شرایط تنش خشکی با وجود محدودیت‌های رشد و ترجیح گیاه برای سرعت در روند تکمیل رشد رویشی و ورود به رشد زایشی صفت ارتفاع گیاه در مدل وارد نشده است. اهمیت تأثیر ارتفاع بوته بر عملکرد دانه و روغن کلزا در شرایط تنش رطوبتی، در نتایج مطالعه سایر محققین نیز گزارش شده است (Hosseinzadeh *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2010; Honar *et al.*, 2013). نتایج مطالعه Honar *et al.*, 2013 نشان داد که ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار تنش قرار

References

1. AMOS, 2010. AMOS 19. Users Guide. Chicago, IL, USA.
2. Angadi, S. V., Cutforth, H. W., McConkey, B. G., and Gan, Y. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. *Crop Science* 43: 1358-1366.
3. Baradaran, R., Majidi, E., Darvishi, F., and Azizi, M. 2006. Study of correlation relationships and path coefficient analysis between yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences* 12(4): 811-819.
4. Bernardo, R. 2002. Breeding for quantitative traits in plants. Stemma Press. Minnesota, USA.
5. Champolivier, L., and Merrin, A. 1996. Effects of waterstress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. oleifera on yield, yield components and, seed quality. *European Journal of Agronomy* 5: 153-160.
6. Dewey, D. R., and Lu, K. H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass Seed Production. *Agronomy Journal* 51(9): 515-518.
7. Faraji, A., and Hatamzadeh, H. 2009. Evaluation of seed yield potential and traits in species of Brassica (*B. napus*, *B. rapa*, *B. juncea*) under rain fed conditions in Gonbad area. *Journal of Water and Soil Science* 13(47):587-598. (In Persian with English Abstract).
8. Gan, Y., Campbell, C. A., Liu, L., Basnyat, P., and McDonald, C. L., 2009. Water use and distribution profile under pulse and oilseed crops in semiarid northern high latitude areas. *Agricultural Water Management*. 96: 337- 348.
9. Habekotte, B. 1993. Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*B. napus* L.) under field crop conditions. *Field Crops Research* 35:27-33.
10. Hasanzadeh, M., Shirani-Rad, A. H., Nadery-Darbaghshahi, M. R., Majd-Nasiri B., and Madani, H. 2005. Effect of drought stress on yield and yield components of autumn rapeseed varieties. *Iranian journal of Agricultural Research* 7: 17-24. (In Persian with English Abstract).
11. Honar, A., Sabet-Sarvestani, S. H., Shams, A. R., Sepaskhah A. A., and Haghighi, K. 2013. Effect of drought stress in different growth stages on grain yield and yield components of rapeseed (cv. Talayeh). *Iranian Journal of Crop Sciences* 4(56): 320-332. (In Persian with English Abstract).
12. Hosseinzadeh, K., Hejazio, A., Irannejad, H., Akbario, G. A., and Zand, E. 2008. Correlations between traits and path coefficient analysis for seed yield of eight rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Agricultural Research* 8: 195-207. (In Persian with English Abstract).
13. Jabbari, H. Akbari, G. A., Khosh Kholgh Sima, N. A., Shirani Rad, A.H., Alahdadi, I., and Tajodini, F. 2015. Study of agronomical, physiological and qualitative characteristics of Canola (*Brassica napus*) under water stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences Journal* 8: 35-49. (In Persian with English Abstract).
14. Kar, G., Kumar, A., and Martha, M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. *Agricultural Water Management* 87: 73-82.
15. Kakaei, M., Zebajadi, A. R., Mostafaie, A., and Rezaeizad, A. 2014. Genetic variation and traits interrelationship in some rapeseed genotypes using multivariate techniques under two moisture conditions. *Journal of Applied Crop Breeding* 2: 31-45. (In Persian with English Abstract).
16. Khan, M. A., Ashraf, M., Mujtaba, S., Shirazi, M., Khan, M., Shereen, A., Mumtaz, S., Siddiqui, M. A., and Kaleri, G. M. 2010. Evaluation of high yielding canola type Brassica genotypes/mutants for drought tolerance using physiological indices as screening tool. *Pakistan Journal of Botany* 42: 3807-16.
17. Kimber, D. S., and McGregor, D. I. 1995. The Species and their Origin, Cultivation and World Production. In: *Brassica Oilseeds, Production and Utilization*, eds. Kimber, D. and McGregor, D.I., pp.178-295. CAB International, USA.
18. Mahagjan, S., and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochem* 444: 139-158.
19. Majidi, M. M., and Mirlohi, A. F. 2009. Multivariate statistical analysis in Iranian and foreign tall fescue germplasm. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 40: 89-98. (In Persian with English Abstract).
20. Marjanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Jankulovska M., and Zdunic, Z. 2007. Interrelationship between oil yield and other quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Central European Agriculture* 8(2): 165-170.
21. Montgomery, D. C., and Peck, E. A. 2007. Introduction to linear Regression Analysis. 5th edition. John Wiley and Sons. New York, USA.

22. Rabiee, M., Rahimi, M., and Kord-Rostami, M. 2011. Study of correlation and path coefficient analysis between oil yield and agronomical characters in fourteen cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Sustainable Agriculture and Production Science 21(4): 18-27. (In Persian with English Abstract).
23. SAS Institute Inc. 2010. Base SAS 9.2 procedures guide: statistical procedures, 3rd edition: Cary, NC: SAS Institute Inc.
24. Seyed Ahmadi, A., Bakhshandeh, A., and Garineh, M. H. 2015. Evaluation physiological characteristics and grain yield canola cultivars under end seasonal drought stress in weather condition of Ahvaz. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 71-80. (In Persian with English Abstract).
25. Seydan, M., and Ghadami Firouzabadi, A. 2002. Performance of irrigation systems and introducing the best option to increase irrigation efficiency. Technical Report of Agricultural Research, Extension and Education Organization 9: 90-175.
26. Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohamadi, G., and Zarei, G., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 2: 417-422.
27. Shabani, A., Kamkar Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Emam, Y., and Honar, T., 2010. Effect of water stress on grain yield, yield components and quality of rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Licord. Iranian Journal of Crop Science 12: 409-421. (In Persian with English Abstract).
28. Shahrabi, B., Farahmandfar, E., Hassanloo, T., Shirani Rad, A. H., and Tabatabaee, S. A. 2013. Evaluation of drought tolerance in rapeseed varieties based on physiological and agronomical characteristics at Yazd region. Electronic Journal of Crop Production 6(4): 77-97. (In Persian with English Abstract).
29. Sorour, W. and Keshta, M. M. 1994. Improvement of oilseed rape via gamma ray treatments and selection. Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo 45: 357-370.
30. SPSS Inc. 2010. IBM SPSS statistics 19 core system user's guide. USA: SPSS Inc., an IBM Company Headquarters.
31. Steel, R. G. D., and H. Torrie, J. 1984. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw Hill Book Co. New York, USA.
32. Takeda, S., and Matsuoka, M. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population changes. Nature Reviews Genetics 9(6): 444-457.
33. Yan, W. and Kang, M. S. 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC press, Florida, USA.
34. Youssefy, Z., Babaeian Jelodar, N., and Kazemitabar, S. K. 2012. Genetic assessment of silique length in rapeseed (*Brassica napus* L.) using generation mean analysis and RAPD markers. Iranian Journal of Crop Sciences 14:72-83. (In Persian with English Abstract).
35. Zarei, G., Shamsi, H., and Dehghani, S. M., 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Research in Agricultural Science 6: 29-37. (In Persian with English Abstract).
36. Zhao, J. Y., Chen, M. L., and Zhang, D. Q. 1991. Analysis of the growth patterns and yield components of rape (*Brassica napus* L.). Acta Agriculture Zhejiangensis 3(4): 174-180.



Genotypic Correlation and Path Analysis of Some Traits related to Oil Yield and Grain Yield in Canola (*Brassica napus* L.) under Non-stress and Water Deficit Stress Conditions

A. Ismaili^{1*} - S. S. Sohrabi² - S. Z. Hosseini³ - R. Namdarian⁴ - D. Godarzi⁵

Received: 25-01-2015

Accepted: 11-01-2016

Introduction

Obtaining varieties with acceptable yield and tolerant to different arid and semi-arid climate condition of Iran is an important goal in canola breeding programs. Selection of genotypes base on one or more traits without regarding to correlation between them, could biases the expected results. Therefore, identifying of genetic correlation among traits especially in environmental stress condition is very important. The use of genotypic correlation helps evaluating the magnitude and direction of associations between characters facilitating the application of indirect selection, because genetic changes in a given trait may change other traits, leading to faster and larger genetic gains in plant breeding programs. Therefore, the selection for another trait may result in indirect response in the low heritable trait, provided the following conditions are satisfied: the genetic correlation between them is substantial, and the heritability of the secondary trait is greater than that of the primary trait. The purpose of this study was estimating the total genotypic variability, genotypic correlations, and path analysis among some important traits for selection criteria for improving seed and oil yield in canola under water deficit stress condition.

Materials and Methods

For evaluation of genetic correlation among traits and identifying important affecting traits on grain yield and oil yield in canola genotypes, an experiment was conducted based on a randomized complete blocks design with three replications in two different conditions of water deficit (stress and non-stress). Different traits were measured including seed yield, 1000-seed weight, number of seeds per pod, number of pods per plant, silique length, oil content, days to maturity, protein content, plant height and water use efficiency. Genotypic and phenotypic correlation coefficients were calculated for ten characters during growing seasons. The genotypic correlation coefficients between seed yield and different characters were subjected to path coefficient analysis separately for partitioning these values into direct and indirect effects. Step-wise regression technique was used to determine the best model, which accounted for variation exist in plant seed and oil yield as dependent variables in separate analysis. Direct and indirect effects of traits entered to regression model were determined by using path coefficient analysis.

Results and Discussion

Results of this study showed significant differences among all genotypes performances, and also stress condition caused a significant decrease in performance of all studied traits. The highest seed yield obtained from Geronimo and Dante (with 3668 and 3505 kg.ha⁻¹, respectively) under non stress condition, and the highest seed yield obtained from Zarfam and Dante (with 2948 and 2860 kg ha⁻¹, respectively) under drought stress condition. Genotype Licord produced the highest oil content, which was significantly higher than that produced by other genotypes in either regime. Genotypic and phenotypic correlation coefficients were estimated between all traits and using stepwise regression, best model was introduced for two conditions. Under Non-stress condition, the average of genetic correlations between grain yield and silique length was high and positive (0.92**), suggesting that the selection of prolific plants resulted in a gain of selection for yield. Under water deficit stress condition, a

1- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2 & 3- Ph.D. Student, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

4- M.Sc. Education and Research Center, Lorestan Province Administration, Iran.

5- Lecturer, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

(*- Corresponding Author Email: ismaili.a@lu.ac.ir)

negative average of genetic correlations (-0.28) was observed for grain yield and days to maturity. Path analysis based on the genotypic correlation under non-stress conditions between grain yield and other traits showed that number of pods per plant and pod length had direct effects on grain yield, while under drought conditions, pod length and plant height had important direct effects. Results of path analysis for oil yield under non-stress and stress conditions showed that grain yield had the most direct effect on oil yield.

Conclusions

Finally, the most important traits in order to select index for grain yield and oil yield improvement under stress condition were pod length and grain yield, respectively. Therefore, selection based on these traits would be more effective to improving seed yield of canola in well-watered and water-deficit stress conditions. So, the method of path coefficients proved useful in analyzing correlation coefficients in this system of interrelated variables.

Keywords: Genotypic correlation, Oil yield, Path analysis, Stepwise regression



اثرات تنش خشکی و تراکم کاشت بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.)

شیوا اکبری^۱ - محمد کافی^{۲*} - شهرام رضوان بیدختی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۶

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که اثرات نامطلوبی در تولیدات گیاهی دارد. سیر به علت دارا بودن خواص دارویی بی‌شمار، از گیاهان مهم دارویی به‌شمار می‌رود. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی و تراکم بر محتوی نسبی آب برگ، محتوی پرولین، قندهای محلول، کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، نسبت کلروفیل *a/b*، کلروفیل کل، کاروتنوئید و نسبت کاروتنوئید به کلروفیل دو اکوتیپ سیر، آزمایشی به‌صورت اسپلیت-فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان سمنان انجام شد. در این آزمایش سه سطح تنش خشکی براساس ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی سیر در شرایط اقلیمی سمنان و به‌همراه تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریل از تراکم در سه سطح (۳۰ - ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) و رقم در ۲ سطح طرود و طیس به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تراکم کاشت، اثر معنی‌داری بر هیچ‌یک از صفات نداشت. اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در محتوی نسبی آب برگ شد. اکوتیپ طیس دارای محتوی نسبی آب بالاتری نسبت به اکوتیپ طرود بود. در اثر تنش، محتوی قندهای محلول به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما مقدار پرولین تغییر معنی‌داری نشان نداد. در سطوح مختلف آبیاری، تفاوت معنی‌داری در مقادیر کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل مشاهده نشد؛ در صورتی که این صفات و مقدار کاروتنوئید به‌صورت معنی‌داری در اکوتیپ طیس بالاتر از اکوتیپ طرود بود. با تشدید تنش خشکی به سطح ۶۰ درصد نیاز آبی، مقدار کاروتنوئید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پرولین، قندهای محلول، کلروفیل، نیاز آبی

مقدمه

خشکی می‌باشد (Mousavifar *et al.*, 2011). تنظیم اسمزی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تحمل به خشکی است (Farshadfar and Mohammadi, 2003). یکی از راه کارهای مناسب گیاهان در پاسخ به تنش خشکی، افزایش مواد محلول و فعال اسمزی است که با حفظ خاصیت آب‌گیری و تورژسانس سلول، انجام فرایندهای متابولیسمی را از خطرات کمبود آب ایمن می‌سازد که از جمله این ترکیبات می‌توان به کربوهیدرات‌ها، قندها، پلی‌ساکاریدها و اسیدهای آمینه اشاره کرد (Jones *et al.*, 1980). تجمع قندها تحت تنش خشکی باعث استحکام و ثبات بخشیدن به غشاء سلولی و مانع از هم پاشیدن غشاء سلولی نیز می‌شود (Xoconostle-Cazares *et al.*, 2010). در ارتباط با اسیدآمینه پرولین نیز گزارش شده است که، این ماده منجر به حفظ فشار تورژسانس و کاهش خسارت غشاء در گیاهان می‌شود و بدین ترتیب در تنظیم اسمزی یک سازگاری برای افزایش تحمل به خشکی می‌باشد (Naseri *et al.*, 2011). با این وجود گزارشات متناقضی نیز در ارتباط با تجمع پرولین در گیاهان گزارش گردیده و به‌عنوان مثال گزارش شده است که در تنش طولانی مدت اثرات مفید پرولین بروز نخواهد کرد و تجمع آن حتی اثر منفی نیز بر رشد مطلوب گیاه خواهد گذاشت، زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به سمت

تنش‌های محیطی نقش مهمی در الگوی پراکنش گیاهی در سطح جهان دارند و تنش خشکی نیز به سهم خود تعیین‌کننده بخش زیادی از این پراکنش است (Kafi *et al.*, 2009). تنش خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدودکننده رشد و نمو گیاهان در سراسر دنیا می‌باشد، به‌طوری که کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیش‌تر از سایر تنش‌های محیطی است (Veisipoor *et al.*, 2012). در پاسخ به تنش‌های ایجاد شده، گیاه در ابعاد مختلف تغییراتی اعمال می‌نماید که استرین^۴ نامیده می‌شود. برخی مطالعات حاکی از قابل‌اطمینان بودن محتوی نسبی آب به‌عنوان شاخص تحمل به

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان

۲- استاد دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان

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

4- Strain

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.41406

بود. آزمایش به صورت اسپلیت-فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه سطح تنش خشکی براساس ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی (ETc) سیر در شرایط اقلیمی سمنان و به همراه تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، به عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریل از تراکم در سه سطح (۳۰ - ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) و رقم در ۲ سطح طرود و طیس به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. برای محاسبه نیاز آبی سیر، از پارامترهای هواشناسی روزانه ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک سمنان استفاده و نیاز آبی بر پایه دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان فائو-۵۶ تعیین شد. برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از معادله پنمن-مونتیت فائو-۵۶ استفاده شد (Allen et al., 1998). حجم آبیاری لازم برای سطوح مختلف تأمین نیاز آبی توسط اندازه گیری دقیق به وسیله کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۱ مترمکعب اعمال شد.

برای اندازه گیری محتوی قندهای محلول، مقدار پرولین و رنگیزه های برگ، نمونه ها به صورت تصادفی از جوان ترین برگ های کاملاً توسعه یافته از هر تیمار، یک ماه قبل از برداشت نهایی انتخاب گردیدند. قندهای محلول با استفاده از روش فنول-سولفوریک اسید اندازه گیری گردید و میزان جذب به وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر قرائت شد (Buysee and Mercks, 1993). مقدار پرولین نیز با استفاده از روش Bates et al., 1973، اندازه گیری شد و میزان تجمع پرولین از یک منحنی استاندارد معین شده و بر اساس معادله ۱ مبتنی بر وزن تر محاسبه شد:

$$\mu\text{moles proline} / \text{g of fresh weight material} = \frac{[(\mu\text{g proline/ml} \times \text{ml toluene}) / 115.5 \mu\text{g}/\mu\text{mole}]}{\text{gr sample} / 5} \quad (1)$$

میزان تجمع رنگدانه ها (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از طریق معادله های زیر محاسبه گردید (Lichtenthaler, 1987; Lichtenthaler and Bushmann, 2001):

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll}(a) &= \frac{[(12.25 \times \text{Abs663}) - (2.79 \times \text{Abs645})] \times \text{mlAcetone}}{\text{mgLeaf}} \quad (2) \\ \text{Chlorophyll}(b) &= \frac{[(21.5 \times \text{Abs645}) - (5.1 \times \text{Abs663})] \times \text{mlAcetone}}{\text{mgLeaf}} \quad (3) \\ \text{Carotenoids} &= \frac{[(1000 \times \text{Abs470}) - (1.82 \times \text{Chla}) - (85.02 \times \text{Chlb})] \times \text{mlAcetone}}{\text{mgLeaf} \times 198} \quad (4) \end{aligned}$$

که در آن ها Abs470، Abs663، Abs645 به ترتیب مربوط به طول موج های ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر بوده و Chla، Chlb نمایانگر میزان تجمع کلروفیل a و کلروفیل b می باشد. محتوی نسبی آب برگ با استفاده از معادله زیر اندازه گیری شد

فرایندهایی غیر از موارد دخیل در رشد مطلوب تر و سازگاری بالاتر، منحرف می کند (Sanchez et al., 1998). کلروپلاست و رنگیزه های موجود در آن نیز از خشکی تأثیر می پذیرند. میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ از جمله صفات فیزیولوژیک مهم هستند که تحت تنش خشکی، تغییر می یابند (Abedi Baba Arabi et al., 2011). تراکم بوته یکی از عواملی است که تأثیر بسزایی بر رشد گیاه دارد، به طوری که در تراکم مطلوب، عوامل محیطی مثل آب، هوا، نور و خاک به نحو مناسب تری در اختیار گیاه قرار می گیرند و در عین حال رقابت های بین بوته ای به کمترین میزان می رسد (Khajeh-pour, 2008). همان طور که گزارش شده است، افزایش تراکم سبب حصول عملکرد بالاتر در پیاز موسیر (*Allium altissimum*) شده است که این امر ناشی از بهره وری بهتر از منابع در اختیار در صورت اعمال تراکم مناسب بوده است (Kafi et al., 2008). همچنین در رابطه با پیاز (*Allium cepa*) گزارش شده است که اعمال تراکم مناسب باعث کاهش خوابیدگی ساقه های پیاز و ورس در مناطق بادخیز می شود (Mirshekari and Mobasher, 2010).

سیر گیاهی است که اهمیت ویژه ای را از لحاظ غذایی و دارویی در زندگی انسان ها دارا بوده و بر اساس خصوصیات و اثرات متفاوت آن، به عنوان یک ماده غذایی بازدارنده از بیماری ها در نظر گرفته می شود. از جمله اثرات درمانی آن می توان به خصوصیات ضد انعقاد خون، ضد فشار خون، ضد میکروبی، پایین آورنده کلسترول و قند خون اشاره کرد (Bozin et al., 2008). ایران از لحاظ کشت و مصرف سیر قدمت طولانی دارد (Baghalian et al., 2004). گزارش شده است که سیر در مراحل میانی و نهایی رشد حساس به کمبود آب است (Hanson et al., 2003).

هدف از این تحقیق، بررسی اثر تنش خشکی و تراکم کاشت بر برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دو اکوتیپ سیر طیس و سیر طرود و تعیین اکوتیپ مقاوم تر بود.

مواد و روش

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه ای واقع در شهرستان سمنان، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و ارتفاع ۱۱۲۷ متری از سطح دریا اجرا شد. جهت آماده سازی زمین، ابتدا زمین را شخم زده و برای خرد کردن کلوخ ها و تسطیح از دیسک استفاده شد و سپس توسط شیار ساز پشته هایی با فواصل ۳۵ سانتی متر ایجاد شد. کشت در ۲۸ آبان ماه ۱۳۹۰ به صورت دستی و بر اساس تراکم های مورد نظر انجام گردید. هر کرت فرعی دارای مساحتی برابر با ۹ (۳×۳) متر مربع و هشت ردیف کاشت با فواصل بین ردیف ۳۵ سانتی متر و هر تکرار شامل سه کرت اصلی و هر کرت اصلی در برگیرنده شش کرت فرعی

(Zhu et al., 2002).

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \times 100 \quad (5)$$

که در معادله فوق، RWC محتوی نسبی آب، FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن آماس می‌باشد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS 9.1 و MSTAT-C تجزیه شدند. برای مقایسات میانگین از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تنش خشکی باعث افزایش معنی‌داری در مقدار قندهای محلول گردید (جدول ۲). تحت شرایط تنش خشکی، گیاه از طریق افزایش محتوی قندهای محلول و تنظیم اسمزی، قادر خواهد بود که شرایط تنش را تحمل نماید. این امر در رابطه با ۴۹ واریته نخود (Cicer arietinum) که با تنش خشکی مواجه گردیده بودند نیز گزارش شده است که در مواجهه با کم‌آبی مقادیر قندهای محلول در آن‌ها افزایش یافته است (Sanchez et al., 1998). افزایش مقادیر قندهای محلول در برگ‌ها در پاسخ به تنش خشکی، می‌تواند به دلیل انتقال کمتر این مواد از برگ‌ها به محل‌های دیگر، مصرف آهسته‌تر این مواد به علت کاهش رشد و یا تغییرات دیگری همچون هیدرولیز نشاسته، تحت این شرایط باشد (Kameli and LoËsel, 1996). افزایش مقادیر قندهای محلول با میزان تحمل گیاه تحت شرایط تنش خشکی مرتبط می‌باشد (Hoekstra and Buitink, 2001). به عنوان یک عامل اسمزی، افزایش قندها در اثر تنش خشکی، به طور معنی‌داری با تنظیم اسمزی و حفظ فشار تورگر مرتبط می‌باشند (Sanchez et al., 1998). همان‌طور که ذکر شد، محتوی قندهای محلول تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافت. این افزایش نقش قابل توجهی در تحمل گیاه تحت تنش خشکی ایفا کرد. مقدار قندهای محلول موجود در دو اکوتیپ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱). همچنین تفاوت معنی‌داری در مقدار قندهای محلول دو اکوتیپ تحت سطوح مختلف آبیاری مشاهده نشد (جدول ۱)؛ که این امر نشان‌دهنده این است که هر دو اکوتیپ در رابطه با تجمع قندهای محلول در راستای ایجاد تحمل تحت شرایط تنش خشکی، یا یکدیگر مشابه بودند و نسبت به هم برتری نداشتند. اثر تراکم کاشت نیز بر مقدار قندهای محلول برگ اثر معنی‌داری نداشت، اما اثر متقابل تنش خشکی و تراکم کاشت در سطح $(P \leq 0.05)$ و اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ و تراکم کاشت در سطح $(P \leq 0.001)$ بر مقدار قندهای محلول برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش خشکی، اکوتیپ و تراکم کاشت، هیچ‌یک اثر معنی‌داری بر محتوی پروتئین برگ نداشتند (جدول ۱). طی آزمایشاتی بر روی چهار رقم پیاز خوراکی نیز چنین

گزارش شده که مقدار پروتئین اندازه‌گیری شده در اندام هوایی و ریشه تحت تأثیر تنش خشکی با یکدیگر کاملاً متفاوت بوده و از هیچ‌گونه الگوی خاصی پیروی نمی‌کند و تنش خشکی باعث افزایش میزان پروتئین در ریشه و اندام هوایی برخی ارقام شد ولی مقدار این اسیدآمین در ریشه و اندام هوایی ارقام دیگری از پیاز خوراکی تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (Arvin and Kazemi-pour, 2003). با توجه به نتایج حاصل در این تحقیق، میتوان چنین احتمال داد که القای تجمع بیش‌تر پروتئین در سیر نیاز به تنش خشکی شدیدتری دارد و یا در گیاه سیر، صفت تجمع پروتئین برای تعیین حساسیت گیاه به تنش خشکی چندان مناسب نبود. اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ و تراکم کاشت در سطح احتمال $(P \leq 0.01)$ بر محتوی پروتئین اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). تنش خشکی و تراکم کاشت، اثر معنی‌داری بر کلروفیل a ، کلروفیل b ، نسبت کلروفیل a/b ، کلروفیل کل و نسبت کاروتنوئید به کلروفیل نداشتند (جدول ۱). در بین دو اکوتیپ سیر، تفاوت معنی‌داری در مقادیر کلروفیل a ، کلروفیل b و کلروفیل کل مشاهده شد، بدین صورت که این مقادیر به‌طور معنی‌داری در اکوتیپ طبس بیش‌تر از اکوتیپ طرود بود (جدول ۳). مقدار کاروتنوئید به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱). مقدار کاروتنوئید در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (تیمار شاهد)، کمی افزایش یافت اما با تشدید تنش خشکی به سطح ۶۰ درصد نیاز آبی این مقدار به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). گزارشات مشابهی نیز حاکی از این است که در گیاه آفتابگردان محتوی کاروتنوئید تحت شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Manivannan et al., 2007). در مطالعه دیگری چنین گزارش شد که محتوی کاروتنوئید با افزایش تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد، کاهش معنی‌داری یافت (Manoharan et al., 2010). کاهش محتوی کاروتنوئیدها می‌تواند به دلیل اکسید شدن آن‌ها توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آن‌ها باشد. همچنین بررسی روی زیتون نشان داد که مقدار کاروتنوئید با افزایش تنش خشکی کاهش یافت (Ben Ahmed et al., 2009). همچنین گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش محتوی کاروتنوئید در گیاه سیر شد (Bideshki et al., 2012). اکوتیپ طبس به‌طور معنی‌داری حاوی مقدار کاروتنوئید بیش‌تری نسبت به اکوتیپ طرود بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل اکوتیپ و تراکم کاشت در سطح $(P \leq 0.05)$ بر کلروفیل a ، کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۴) و اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ و تراکم کاشت بر مقدار کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح $(P \leq 0.05)$ معنی‌دار گردید (جدول ۱). نسبت کاروتنوئید به کلروفیل نیز به‌طور معنی‌داری در سطح $(P \leq 0.01)$ تحت اثر متقابل اکوتیپ و تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۱ و ۴). تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش محتوی نسبی آب برگ گردید (جدول ۲). مقایسات میانگین نشان داد

برگ‌ها تحت شرایط تنش خشکی افزایش پیدا کرد که این امر سبب تنظیم اسمزی گردیده و در نتیجه با کاهش پتانسیل اسمزی از کاهش بیش از حد محتوی نسبی آب بافت‌ها جلوگیری نمود. این افزایش در مقادیر مواد محلول سازگار در زمان کاهش محتوی نسبی آب برگ در اثر مواجهه با تنش خشکی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Parameshwara *et al.*, 1990). تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر محتوی نسبی آب برگ نداشت (جدول ۱). بین دو اکوتیپ تفاوت معنی‌داری در رابطه با محتوی نسبی آب برگ مشاهده شد بدین‌صورت که این مقدار در اکوتیپ طبس بیش‌تر از اکوتیپ طرود بود (جدول ۳).

که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (تیمار شاهد) به‌طور معنی‌داری دارای محتوی نسبی آب برگ بالاتری نسبت به دو تیمار آبیاری دیگر بود (جدول ۲). در مطالعه‌ای دیگر بر روی چهار وارسته گندم، چنین گزارش شد که محتوی نسبی آب برگ پس از اعمال تنش خشکی ۴۳ درصد (از ۸۸ درصد به ۴۵ درصد) کاهش یافت (Siddique *et al.*, 2000). اثرات کاهش آب و تنش خشکی می‌تواند از کاهش میزان فشار تورژسانس در برگ‌های گیاه که سبب خسارات جبران‌پذیری می‌باشد تا صدمات شدیدتر و پلاسمولیزاسیون سلولی که می‌تواند منجر به کریستاله‌شدن پروتئین‌ها شود را در پی داشته باشد (Kaiser, 1989). مطابق با نتایج این تحقیق، اگرچه محتوی نسبی آب برگ تحت اثر تنش خشکی کاهش یافت، اما محتوی قندهای محلول

جدول ۱- تجزیه واریانس مقدار قندهای محلول، پرولین، رنگیزه‌های گیاهی، محتوی نسبی آب برگ دواکوتیپ سیر تحت سطوح مختلف تنش خشکی در سه تراکم کاشت

Table 1- Analysis of variance of soluble sugar content, proline, pigments, leaf RWC of two garlic ecotypes under different drought levels in three planting densities.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares								محتوی نسبی آب RWC
		قندهای محلول Soluble sugars	پرولین Proline	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll a/b ratio	کاروتنوئید Carotenoid	نسبت کاروتنوئید به کلروفیل Carotenoid/ Chlorophyll	
تکرار Replication	2	162.62***	0.0006 ^{ns}	0.071*	0.0041**	0.109*	0.17 ^{ns}	0.0156***	0.0029*	0.51 ^{ns}
تنش خشکی Drought stress	2	36.40**	0.0058 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.019 ^{ns}	1.88 ^{ns}	0.0018*	0.00005 ^{ns}	71.94*
خطای اصلی Main Error	4	0.92	0.0016	0.005	0.0001	0.006	1.29	0.0001	0.0002	8.24
اکوتیپ Ecotype	1	27.33 ^{ns}	0.0009 ^{ns}	0.51***	0.0888***	1.025***	3.21 ^{ns}	0.0641***	0.0007 ^{ns}	393.54***
تراکم کاشت Planting Density	2	11.71 ^{ns}	0.0012 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	0.005 ^{ns}	2.46 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.94 ^{ns}
اکوتیپ*تراکم کاشت Ecotype*Planting Density	2	27.32 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.018*	0.0026*	0.031*	2.46 ^{ns}	0.0012 ^{ns}	0.0037**	25.58 ^{ns}
تنش خشکی*تراکم کاشت Drought stress*Ecotype	4	55.11*	0.0009 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	0.012 ^{ns}	2.81 ^{ns}	0.0015 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	35.03*
تنش خشکی*اکوتیپ Drought Stress*Ecotype	2	21.78 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	0.009 ^{ns}	2.32 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0029*	30.45 ^{ns}
تنش خشکی*اکوتیپ*تراکم کاشت Drought Stress*Ecotype* Planting Density	4	157.44***	0.0034**	0.013 ^{ns}	0.002*	0.022*	2.34 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	20.42 ^{ns}
خطای فرعی Sub Error	30	19.07	0.0007	0.005	0.0007	0.008	1.24	0.0007	0.0005	11.71
ضریب تغییرات (%) C.V.(%)		21.05	14.71	12.58	14.69	12.23	25.01	12.90	8.46	5.68

***= معنی‌دار در سطح احتمال (P≤۰/۰۰۱)، **= معنی‌دار در سطح احتمال (P≤۰/۰۰۵)، ns= معنی‌دار نبودن

***= significant at P≤0.001, **= significant at P≤0.01, *=significant at P≤0.05, ns= non-significant.

جدول ۲- مقایسات میانگین محتوی قندهای محلول، کاروتنوئید و محتوی نسبی آب برگ در سطوح مختلف تنش خشکی
Table 2- Mean comparison of soluble sugar content, carotenoid and leaf RWC under different drought stress levels

تنش خشکی Drought stress	مقایسات میانگین Mean Comparison		
	قندهای محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	محتوی نسبی آب (درصد)
	Soluble Sugars (mg.g ⁻¹ FW)	Carotenoid (mg.g ⁻¹ FW)	RWC (%)
ET _C 100%	19.18±1.9878c	0.20±0.0112a	62.45±1.0210a
ET _C 80%	21.07±0.9541b	0.21±0.0120a	59.35±1.1018b
ET _C 60%	21.96±1.1665a	0.19±0.0126b	58.71±1.1775b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.
Means with at least one similar letter in each column, according to LSD test, are not significant at P≤0.05.

جدول ۳- مقایسات میانگین محتوی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و محتوی نسبی آب برگ در دو اکوتیپ سیر
Table 3- Mean comparison of content of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid and leaf RWC in two garlic ecotypes

اکوتیپ Ecotype	مقایسات میانگین Mean Comparison			
	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)
	Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	Chlorophyll b (mg.g ⁻¹ FW)	Total Chlorophyll (mg.g ⁻¹ FW)	Carotenoid (mg.g ⁻¹ FW)
طیس Tabas	0.646±0.0192a	0.227±0.0059a	0.872±0.0248a	0.234±0.0067a
طرود Toroud	0.451±0.0178b	0.146±0.0063b	0.597±0.0213b	0.165±0.0075b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.
Means with at least one common letter in each column, according to LSD test, are not significant at P≤0.05.

جدول ۴- مقایسات میانگین محتوی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و نسبت کاروتنوئید به کلروفیل تحت اثر متقابل اکوتیپ و تراکم کاشت
Table 4- Mean comparison of content of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid to chlorophyll ratio under interaction effect of ecotype and plant density

اکوتیپ*تراکم کاشت Ecotype*Planting Density	مقایسات میانگین Mean Comparison			
	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	نسبت کاروتنوئید به کلروفیل
	Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	Chlorophyll b (mg.g ⁻¹ FW)	Total Chlorophyll (mg.g ⁻¹ FW)	Carotenoid/ Chlorophyll
b1c1	0.630±0.0171a	0.220±0.0062a	0.850±0.0219a	0.268±0.0046b
b1c2	0.673±0.0344a	0.238±0.0091a	0.912±0.0431a	0.260±0.0057b
b1c3	0.633±0.0444a	0.222±0.0139a	0.855±0.0578a	0.278±0.0068ab
b2c1	0.488±0.0359b	0.167±0.0101b	0.655±0.0458b	0.267±0.0089b
b2c2	0.410±0.0241c	0.142±0.0070bc	0.552±0.0301c	0.299±0.0031a
b2c3	0.455±0.0288bc	0.128±0.0117c	0.583±0.0265bc	0.262±0.0161b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

b1 و b2 به ترتیب: اکوتیپ طیس و اکوتیپ طرود و c1، c2 و c3 به ترتیب: تراکم‌های کاشت ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع می‌باشند.

Means with at least one common letter in each column, according to LSD test, are not significant at P≤0.05.

b1, b2 (Respectively): Tabas and Toroud ecotypes. c1, c2, c3 (Respectively): planting densities of 30, 40 and 50 plants per m².

جدول ۵ - مقایسات میانگین محتوی قندهای محلول و محتوی نسبی آب تحت اثر متقابل تنش خشکی و تراکم کاشت

Table 5- Mean comparison of soluble sugar content and leaf RWC under interaction effect of drought stress and plant density

تنش خشکی*تراکم کاشت Drought Stress* Planting Density	مقایسات میانگین Mean Comparison	
	قندهای محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) Soluble Sugars (mg.g ⁻¹ FW)	محتوی نسبی آب (درصد) RWC (%)
a1c1	15.23±2.4003b	60.48±1.8129bc
a1c2	21.86±4.0991a	61.55±0.8795ab
a1c3	20.45±3.5852a	65.31±2.0020a
a2c1	23.80±0.4876a	61.40±1.9037ab
a2c2	20.31±2.3107ab	58.68±1.6125bc
a2c3	19.09±1.1482ab	57.97±2.2010bc
a3c1	23.07±1.9737a	59.38±2.8913bc
a3c2	22.51±2.9824a	59.71±1.8356bc
a3c3	20.31±0.5965ab	57.03±1.2482c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند. a1, a2 و a3 به ترتیب ۱۰۰ درصد ETc، ۸۰ درصد

ETc و ۶۰ درصد ETc هستند و c1, c2 و c3 به ترتیب: تراکم‌های کاشت ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع می‌باشند.

Means with as least one similar letter in each column, according to LSD test, are not significant at $P \leq 0.05$. a1, a2, a3 are ETc 100%, ETc 80%, ETc 60%, respectively and c1, c2, c3 (Respectively): planting densities of 30, 40 and 50 plants per m².

تنظیم اسمزی در تحمل گیاه در برابر تنش خشکی ایفا کردند. با اعمال تنش خشکی، محتوی نسبی آب به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و اکوتیپ طیس به‌طور معنی‌داری دارای محتوی نسبی آب بالاتری نسبت به اکوتیپ طرود بود. در مقدار کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، نسبت کلروفیل *a/b*، کلروفیل کل و نسبت کاروتنوئید به کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. اما تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در مقدار کاروتنوئید گردید که این امر می‌تواند به‌علت اکسید شدن کاروتنوئیدها توسط گونه‌های فعال اکسیژن و صدمه دیدن ساختار ترکیبی آن باشد. اکوتیپ طیس به‌صورت معنی‌داری دارای مقادیر کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کاروتنوئید بیش‌تری در مقایسه با اکوتیپ طرود بود. توجه به این نکته دارای اهمیت است که تفاوت معنی‌داری در مقدار قندهای محلول، پرولین، کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل، کاروتنوئید و محتوی نسبی آب تحت اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ مشاهده نشد، که این امر نشان‌دهنده این است که هر دو اکوتیپ در راستای ایجاد تحمل تحت شرایط تنش خشکی، با یکدیگر مشابه بودند و نسبت به هم برتری نداشتند. با توجه به این که تنش خشکی باعث کاهش مقادیر کاروتنوئید و محتوی نسبی آب برگ گردیده است، توصیه می‌شود از مواجهه این گیاه با تنش خشکی به‌خصوص تنش در سطوح شدید اجتناب گردد.

تفاوت در محتوی نسبی آب واریته‌های مختلف که تحت تنش خشکی قرار دارند، می‌تواند به‌علت تفاوت در توانایی جذب آب از خاک و یا توانایی روزنه‌ها برای کاهش میزان تعرق و اتلاف آب از طریق تعرق باشد (Keyvan, 2010). بالاتر بودن محتوی نسبی آب در اکوتیپ طیس، می‌تواند با بالاتر بودن مقدار کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کاروتنوئید در این اکوتیپ، در مقایسه با اکوتیپ طرود، مرتبط باشد و توانایی بیش‌تر حفظ محتوی نسبی آب، می‌تواند برای حفظ بهتر و بیش‌تر رنگیزه‌های گیاهی مفید واقع گردد. Cha-um *et al*, 2010 گزارش کردند که کاهش محتوی نسبی آب برگ، همبستگی مثبتی با محتوی کلروفیل نشان داد. اثر متقابل تنش خشکی و تراکم کاشت بر محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار بود و بیش‌ترین و کمترین مقدار محتوی نسبی آب برگ به‌ترتیب به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تراکم کاشت ۳۰ بوته در مترمربع و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع تعلق داشت (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

مقدار قندهای محلول در اثر تنش خشکی افزایش یافت در حالی که تغییر معنی‌داری در محتوی پرولین تحت شرایط تنش خشکی مشاهده نشد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که در این مطالعه، قندهای محلول نسبت به پرولین، نقش مهم‌تری را از لحاظ

References

1. Abedi Baba Arabi, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A. R., and Adhami, E. 2011. Effects of ZN and K foliar application on physiological traits and yield of spring safflower under drought stress. Electronic Journal

- of Crop Production 4(1):75-95. (In Persian with English summary).
2. Allen, R. G., Periera, L.S, Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome.
3. Arvin, M.J., and Kazemi-Pour, N. 2003. Effects of salinity and drought stresses on growth and chemical and biochemical compositions of 4 Onion (*Allium cepa*) cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 5(4): 41-51. (In Persian).
4. Baghalian, K., Ziaee, A., Naghavi, M. R., and Naghdibady, H. A. 2004 Evaluation of garlic ecotypes Iranian culture allicin content and botanical characteristics. Medicinal Plant Journal 4(13): 50-59. (In Persian).
5. Bates, L. S., Waldran, R. P., and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Plant Soil 39: 205-208.
6. Ben Ahmed, C. H., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M., and Ben Abdallah, F. 2009. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. Environmental and Experimental Botany 67(2): 345-352.
7. Bideshki, A., Arvin, M. J., and Maghsoudi, K. 2012. Effect of indole-3 butyric acid (IBA) foliar application on growth, bulb yield and allicin of garlic (*Allium sativum* L.) under water deficit stress in field. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28(3): 567-577. (In Persian with English summary).
8. Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., and Igic, R. 2008. Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). Food Chemistry 111: 925-929.
9. Buysee, J., and Mercks, R. 1993. An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. Journal of Experimental Botany 44: 1627-1629.
10. Cha-um, S., Yooyongwech, S., and Supaibulwatana, K. 2010. Water deficit stress in the productive stage of four indica rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Pakistan Journal of Botany 42(5): 3387-3398.
11. Farshadfar, E., and Mohammadi, R. 2003. An evaluation of physiological indices of drought tolerance in Agropyron using multiple selection index. Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(3): 635-646. (In Persian with English summary).
12. Hanson, B. R., May, D., Voss, R., Cantwell, M., and Rice, R. 2003. Response of garlic to irrigation water. Agricultural Water Management Journal 58: 29-43.
13. Hoekstra, F. A., and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science 8: 431-438.
14. Jones, M. M., Osmond, C. B., and Turner, N. C. 1980. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water stress. Australian Journal of Plant Physiology 7: 193-205.
15. Kafi, M., Rezvan Beidokhti, Sh., and Sanjani, S. 2008. The effect of planting date and density on yield and morpho-physiological characteristics of Shallot (*Allium altissimum* Regel) in Mashhad. Journal of Horticultural Science 25(3): 310-319. (In Persian).
16. Kafi, M., Borzouey, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Environmental stress physiology of plants. Jahad Daneshgahi Mashhad press. (In Persian).
17. Kaiser, W. M. 1989. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. Plant Physiology 71:142-149.
18. Kameli A., and LoEsel, D. M. 1996. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. New Phytologist 132: 57- 62.
19. Keyvan, S. H. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal & Plant Sciences 8(3): 1051-1060.
20. Khajeh-pour, M. R. 2008. Principles and basics of agronomy. Jahad Daneshgahi Publications Centers of Industrial Branch of Isfahan. (In Persian).
21. Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.
22. Lichtenthaler, H. K., and Buschmann C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry 431-438.
23. Manivannan P., Jaleel C. A., Sankar B., Kishorekumar A., Somasundaram R., Lakshmanan G. M., and Panneerselvam, R. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloids Surf B Biointerfaces 59(2): 141-149.
24. Manoharan P. T., Shanmugaiah V., Balasubramanian N., Gomathinayagam S., Mahaveer P., Sharma M. P., and Muthuchelian, K. 2010. Influence of AM fungi on the growth and physiological status of *Erythrina variegata* Linn. Grown under different water stress conditions. European Journal of Soil Biology 46: 151-156.
25. Mirshekari, B., and Mobasher, M. 2010. Effect of sowing date, planting density and onion size on seed yield of Azarshahr Red onion variety in Tabriz. Journal of Agricultural Sciences 12(2): 398-404. (In Persian with English summary).
26. Mousavifar, B. E., Behdani M. A., Jami Al-Ahmadi, M., and Hosseini Bajd, M. S. 2011. Changes of chlorophyll index (SPAD), Relative water content, electrolyte leakage and seed yield in spring Safflower genotypes under irrigation termination. Iranian Journal of Field Crop Research 9(3): 525-534. (In Persian).

27. Naseri, Z., Abbassi, F., and Mahmoodzadeh, H. 2011. Effects of different water deficit levels and GA3 on the accumulation of proline and soluble and insoluble sugars in leaves of a new cultivar of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Science Researches 6(2): 1-10. (In Persian with English summary).
28. Parameshwara, G., Paleg, I.G., Aspinall, D., and Jones, G. P. 1990. Proceedings of International Congress of Plant Physiology, New Delhi, India.
29. Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E. F., Temorio, J. I., Ayerbe, L., and De Andres, E .F. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Research 59: 225-235.
30. Siddique, M. R. B., Hamid, A., and Islam, M. S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 35-39.
31. Veisipoor, A., Majidi, M. M., and Mirlohi, A. 2012. Traits relationship in Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) under normal and water stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 42 (4): 745-756.
32. Xoconostle-Cazares, B., Ramirez-Ortega, F.A, Flores-Elenes, L., and Ruiz-Medrano, R. 2010. Drought tolerance in crop plants. American Journal of Plant Physiology 5(5): 241-256.
33. Zhu, Q. Y., Hackman, R. M., Ensunsa, J. L., Holt, R. R. and Keen, C. L. 2002. Antioxidative activities of oolong tea. Journal of Agriculture and Food Chemistry 50: 6929-6934.



The Effect of Drought Stress and Plant Density on Biochemical and Physiological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes

Sh. Akbari¹- M. Kafi^{2*} - Sh. Rezvan Beidokhti³

Received: 14-10-2015

Accepted: 26-12-2016

Introduction

Drought stress is the most important growth limiting factor for crop production. Sugar accumulation under drought stress strengthens and stabilizes cell membranes and maintains the water absorption and turgid property. Under stress conditions, proline will also maintain the turgor pressure and decreased the damages caused to plant membrane. Although proline concentrations may have undesirable effects on plant growth, because of deflecting photosynthetic resources to the processes that are not involved in plant growth. Chloroplasts and its pigments are also affected by drought stress. Density is one of the factors that has a significant impact on plant growth. Garlic is one of the edible plants which has generated considerable interest throughout human history because of its pharmaceutical properties. This study aimed to determine the effects of drought stress and plant density on some biochemical and physiological traits of two garlic ecotypes and determining the more resistant ecotype.

Materials and Methods

The study was carried out in 2011-2012 in a farm land at the south east of Semnan city. The experimental layout was a split-plot factorial with a randomized complete block design in three replications. The treatments were comprised of three factors: irrigation regimes (60%, 80% and 100% of estimated crop evapotranspiration (ET_c)) that were assigned as the main plot and the factorial combination of 3 levels of planting density (30, 40 and 50 plants. m⁻²) and two ecotypes (*Tabas* and *Toroud*) made up the sub-plots. The water requirement was calculated based on FAO-56 crop water requirements instruction. FAO-56 Penman-Monteith equation was used to calculate evapotranspiration. To calculate the content of soluble sugar, proline and leaves pigment, the samples were collected in a random way from the youngest fully expanded leaves one month before the final harvest. Relative water content was estimated by measuring dry weight, fresh weight and turgor weight. All calculations were performed with the help of the SAS and MSTATC soft wares. The statistical significances of mean values were assessed by analysing of variance and LSD tests at P<0.05.

Results and Discussion

Drought stress increased the content of soluble sugars significantly. As an osmotic agent, the increased sugars, induced by water stress, was significantly correlated to osmotic adjustment and turgor maintenance. No significant differences were observed between different ecotypes under the interaction of ecotype-irrigation regime and this indicates that none of the ecotypes were superior in resisting drought stress by increasing soluble sugar. The drought stress, ecotype and plant density did not have significant effect on proline content. Regarding ecotype effects, a significant increase was observed in the content of chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and total chlorophyll in *Tabas* ecotype in comparison with *Toroud* ecotype. The carotenoids amount in the treatment of 100% ET_c was significantly higher than 60% ET_c treatment. Carotenoid content can be reduced due to oxidation by active oxygen and destruction of their structure. *Tabas* ecotype had significantly more carotenoid content in comparison with *Toroud* ecotype. Drought stress significantly reduced the RWC. The effect of water decrease in the plant can vary from a simple turgor pressure decreasing, to severe damages which can lead to protein crystallization. RWC was significantly higher in *Tabas* ecotype in comparison with *Toroud* ecotype. Difference in RWC of cultivars that are under drought stress may be due to the ability of more absorption of water from soil or ability of stomata to reduce the loss of water.

Conclusions

The soluble sugar content was increased by drought stress but proline content was not significantly changed under drought stress. Therefore, it can be tell that in this study, the soluble sugars had more important effect on osmoregulation and plant tolerance against drought stress rather than proline. Under drought stress, the RWC

1- Former MSc student in Agronomy, Azad Islamic University Damghan branch, Damghan

2- Professor of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant professor, Azad Islamic University Damghan branch, Damghan

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

and carotenoid content were decreased significantly. *Tabas* ecotype had significantly more RWC, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll and carotenoid content in comparison with *Toroud* ecotype. A significant difference in the amount of soluble sugars, proline, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll, carotenoids and RWC was not observed in two ecotypes under different irrigation levels. This study showed that both ecotypes in order to withstand drought conditions were similar to each other and did not have advantage to other one.

Keywords: Chlorophyll, Evapotranspiration, Irrigation, Proline, Soluble sugars



تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)

رضا میرزایی تالارپشتی^۱ - مجید رستمی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر روی خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گوجه‌فرنگی، آزمایشی با شش تیمار و سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه شهید بهشتی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد، کود شیمیایی، کود گاوی، کود مرغی، ورمی کمپوست و کمپوست زباله بودند. بر اساس نتایج اثر تیمارها بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. تیمار ورمی کمپوست و کود شیمیایی بیش‌ترین (۶/۲) و تیمار شاهد کم‌ترین (۳/۳) شاخص سطح برگ را داشتند. بالاترین وزن خشک اندام‌های هوایی در واحد سطح در تیمارهای ورمی کمپوست و کود شیمیایی و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد. در همه تیمارهای کودی عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. تیمار کود شیمیایی و ورمی کمپوست به ترتیب با عملکرد ۲۲/۹ و ۳۰/۸ تن در هکتار بیش‌ترین و تیمار شاهد با ۷/۵ تن در هکتار کم‌ترین عملکرد میوه را داشتند. اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد میوه در بوته معنی‌دار بود ولی تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر میانگین وزن میوه نداشتند. کاربرد کودهای آلی و شیمیایی موجب افزایش معنی‌دار تعداد گل در مقایسه با تیمار شاهد شد به‌صورتی که تعداد گل در بوته در تیمار کود شیمیایی و ورمی کمپوست در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود به ترتیب ۱۴۳ و ۱۲۹ درصد افزایش یافت. با توجه به اثرات مثبت و معنی‌دار همه کودهای آلی مورد مطالعه در این آزمایش به نظر می‌رسد که می‌توان گوجه‌فرنگی را به‌عنوان یک گیاه مهم جهت تولید در نظام‌های کشاورزی ارگانیک و کم‌پهناده مورد توجه قرار داد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاهی، عملکرد اقتصادی، کمپوست، کود دامی

مقدمه

اکوسیستم خاک نقش دارند (Gliessman, 2007). این مواد به‌علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، زیستی و حاصلخیزی خاک دارد، به‌عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده‌اند. هیچ خاکی بدون مواد آلی یا با مواد آلی خیلی کم نمی‌تواند حاصلخیز باشد و عملکرد خوبی تولید کند (Zaller, 2007). هر ماده آلی که به‌وسیله میکروب‌ها قابل تجزیه باشد، می‌تواند به‌عنوان کود آلی به کار رود. اما این مواد از نظر کیفیت و دوام در خاک بسیار متفاوت هستند. از جمله مهم‌ترین کودهای آلی می‌توان به کودهای حیوانی، کود سبز و انواع کمپوست اشاره نمود. کود دامی از جمله منابع کود آلی و از مهم‌ترین منابع انرژی و مواد غذایی اکوسیستم خاک محسوب می‌شود که استفاده از آن به‌منظور بهبود خصوصیات بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک مرسوم است (Orooji et al., 2014).

کاربرد کود دامی در خاک باعث پوک شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و دانه‌بندی خاک شده و ویژگی‌های فیزیکی آن را بهبود می‌بخشد، ضمن این‌که با افزایش قدرت حاصلخیزی خاک رشد محصول را زیاد و در نتیجه کارایی مصرف آب

با وجود این‌که استفاده از کودهای دامی و بقایای گیاهی برای تقویت حاصلخیزی خاک و بهبود عملکرد گیاهان زراعی به‌عنوان یک روش سنتی از قدمت قابل‌توجهی برخوردار است، ولی در بسیاری از نظام‌های کشاورزی رایج از کودهای شیمیایی به‌عنوان ساده‌ترین و سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک، استفاده می‌شود. ارزان‌بودن کودهای شیمیایی و سهولت تهیه و استفاده از این کودها در کشاورزی رایج که هدف اصلی آن به حداکثر رساندن توأم تولید و درآمد است، موجب شده تا حفظ حاصلخیزی و تقویت باروری خاک در بلندمدت به فراموشی سپرده شود. مواد آلی علاوه‌بر تأمین مواد غذایی برای رشد گیاه در تکامل و حفاظت

۱- استادیار، عضو هیات علمی پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

تهران

۲- استادیار، عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

(Email: Majidrostami7@yahoo.com) * - نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.41627

را ارتقا می دهد (Eghball et al., 2001). نتایج برخی از تحقیقات نشان داده که تأثیر کود دامی در سال اول زیاد نیست، زیرا تجزیه و معدنی شدن آن به زمان نیاز دارد (Powers and McSorley, 2000). ارزش اصلی کود دامی مربوط به تغییرات فیزیکی است که در خاک ایجاد می کنند. راه حل مناسب دیگر برای افزایش ماده آلی خاک استفاده از انواع کمپوست می باشد. کودهای کمپوست انواع متعددی دارند. استفاده از آن‌ها مزایایی هم‌چون بهبود ساختمان فیزیکی خاک، کاهش آبشویی و تلفات عناصر غذایی از خاک، آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک را به دنبال دارد (Rantala et al., 1999). ورمی کمپوست به کودی اطلاق می شود که از مواد دفعی کرم‌های خاکی به دست می آید. برای تهیه ورمی کمپوست از گونه‌ای خاص از کرم به نام *Eisenia foetida* که به کرم کمپوست ساز نیز معروف می باشد، استفاده می شود. کمپوست زباله شهری علاوه بر افزایش ماده آلی و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش عملکرد، مشکل ناشی از انباشت زباله‌های شهری را نیز تا حدودی مرتفع می سازد. اثرات مثبت کاربرد انواع کودهای آلی در گیاهان مختلفی بررسی شده و مورد تأکید قرار گرفته است. Snapp et al, 2003 گزارش کردند که با اضافه کردن کود آلی به خاک عملکرد محصول در کوتاه مدت و حاصلخیزی خاک در بلندمدت بهبود می یابد. Yanga et al, 2015 با مقایسه اثر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی (*Lycopersicon sculentum* L.) گزارش کردند که کود ورمی کمپوست با افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک (از جمله اسید فسفاتاز و اوره‌آز) باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی و به دنبال آن بهبود عملکرد و کیفیت میوه شده است. نتایج آزمایشی که روی گیاه نخود انجام شد، نشان داد که مصرف سه تن ورمی کمپوست در واحد سطح، باعث افزایش چشم گیر تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در مقایسه با شاهد گردید (Jat and Ahlawat, 2006). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که کاربرد ورمی کمپوست در گیاه سورگوم دانه‌ای نسبت به شاهد باعث بهبود عملکرد بیولوژیک شده است (Cavender et al., 2003). نتایج آزمایش Zaller, 2007 نیز مبین آن بود که کاربرد ورمی کمپوست موجب بهبود معنی دار عملکرد بیولوژیک ارقام گوجه فرنگی نسبت به تیمار شاهد گردید. Abdul et al, 2013 با بررسی اثر کاربرد نسبت‌های مختلف ورمی کمپوست به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان مصرف ورمی کمپوست تا حد خاصی عملکرد میوه افزایش می یابد ولی مصرف بیش از حد این کود به تدریج باعث افت عملکرد می شود. به عقیده این پژوهشگران اثرات مثبت ورمی کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهانی مانند گوجه فرنگی ممکن است علاوه بر تأثیر این کود بر خصوصیات فیزیکی و میکروبی خاک به دلیل آزادسازی اسید هیومیک و هم چنین سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی باشد.

در آزمایش Erhart et al, 2005 تمام تیمارهای حاوی کمپوست به دست آمده از بقایای کشاورزی افزایش عملکرد گیاهان زراعی را نسبت به شاهد نشان دادند. این پژوهشگران دریافتند که در خاک‌های حاصل خیز اثر کمپوست کم است ولی در طول زمان افزایش می یابد. گزارش Hartl et al, 2003 بیان گر افزایش عملکرد کمی و کیفی چاودار (*Secale cereal* L.) در اثر استفاده از کمپوست به دست آمده از بقایای کشاورزی می باشد. از آن جاکه اطلاعات جامعی در مورد تأثیر کودهای آلی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی در ایران وجود نداشت، این آزمایش با هدف تعیین بهترین نوع کود آلی و هم چنین مقایسه این کودها با کود شیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی امیرکلا واقع در پارک تحقیقاتی دانشگاه شهید بهشتی در زیر آب سوادکوه با متوسط بارندگی سالانه ۷۰۰ میلی متر، متوسط دمای ۱۵/۶ درجه سانتی گراد و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. محل اجرای آزمایش پنج سال آیش بود و در سال آخر به کشت سیر (*Allium sativum* L.) اختصاص داشت. خاک مزرعه محل انجام آزمایش حاوی ۴۴ درصد شن، ۲۲ درصد سیلت و ۳۴ درصد رس بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: (۱) شاهد (No Fertilizer: NF)، (۲) کود شیمیایی (Chemical Fertilizer: CF)، (۳) کود گاوی (Cow Manure: CM)، (۴) کود مرغی (Poultry Manure: PM)، (۵) ورمی کمپوست (Vermicompost: VC)، (۶) کمپوست زباله (Municipal Waste Compost: MC) بودند. علاوه بر این کار با تهیه نمونه‌هایی از کودهای آلی، مقدار عناصر غذایی (مخصوصاً نیتروژن) و ماده آلی آن‌ها تعیین گردید. کاربرد تیمارها نیز بر اساس میزان نیتروژن در هر کود و با توجه به نیاز کودی گوجه فرنگی و توصیه کودی بعد از آزمایش خاک بود که در جدول ۱ مقادیر کود اضافه شده در کرت‌های آزمایشی نشان داده شده است. به جز تیمار کود شیمیایی در بقیه تیمارها کود آلی در هنگام کاشت به خاک اضافه شد و در تیمار کود شیمیایی، کودهای پتاسیم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (۸۰ کیلوگرم در هکتار) در یک مرحله در ابتدای فصل و کود نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در سه مرحله، به خاک اضافه شد. جهت تأمین نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمارهای شیمیایی به ترتیب از کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم استفاده شد. قبل از مصرف کودهای آلی درصد نیتروژن کل آن‌ها اندازه گیری شد و میزان مورد نیاز از هریک از کودها به نحوی محاسبه شد که مقدار کل نیتروژن این کودها برابر باشد. هم زمان با کاشت، کل کود آلی

مورد نیاز پس از پخش در سطح خاک، بوسیله دیسک با خاک مخلوط شود.
شد تا از متصادشدن نیتروژن آن به صورت آمونیوم به جو جلوگیری

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Selected physico- chemical properties of used organic fertilizers

کود آلی Organic fertilizer	میزان مصرف Application rate (ton ha ⁻¹)	ماده آلی Organic matter (%)	N (mg kg ⁻¹)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)	Cu (%)	P (%)	K (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	C/N
ورمی کمپوست Vermicompost	7.89	36	1.9	4472	271	237	115	3.5	0.33	7.6 5	11	11.7
کمپوست زباله Waste compost	8.82	26.3	1.7	7105	188	395	200	2.8	0.33	6.5	18.2	11.5
کود گاوی Cow manure	11	18	1.36	2237	552	114	15	2.5	0.44	8.0 2	4.47	7.8
کود مرغی Poultry manure	4	50	3.77	610	186	210	44	5.2	0.85	5.2	11.3	7.6

میزان وزن خشک اندام‌های هوایی در واحد سطح در تیمارهای ورمی کمپوست و کود شیمیایی و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به دست آمد. در همه تیمارهای کودی عملکرد ماده خشک نسبت به تیمار عدم مصرف کود افزایش یافت و میزان این افزایش برای تیمارهای ورمی کمپوست، شیمیایی، کمپوست زباله، کود مرغی و کود گاوی به ترتیب ۱۳۵، ۱۱۰، ۸۰، ۴۷ و ۲۹ درصد بود (جدول ۳). افزایش ماده خشک تولیدی گیاه رابطه مستقیمی با بهبود وضعیت عناصر غذایی خاک و همچنین بهبود ساختمان خاک دارد. از مهم‌ترین دلایل تأثیر مثبت ورمی کمپوست بر تولید ماده خشک می‌توان به بهبود ساختمان خاک، افزایش خلل و فرج و بهبود وضع تغذیه و تهویه خاک اشاره کرد. علاوه بر این ورمی کمپوست می‌تواند، قابلیت جذب برخی عناصر غذایی را افزایش دهد. از این طریق باعث افزایش سرعت رشد و نمو گیاه شود. به عقیده Sajadi Nik *et al.*, 2011 اثرات مثبت ورمی کمپوست به دلیل آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است، زیرا ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی همچون پروتئاز، آمیلاز، لیپاز و سلولاز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد نیاز گیاهان نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسب برای گیاه موجب افزایش رشد می‌شود.

ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

با توجه به نتایج به دست آمده (جدول ۲) ارتفاع بوته به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفت ($P < 0.01$) و از ۴۵/۲ سانتی‌متر در تیمار شاهد به ۶۸ سانتی‌متر در تیمار کود مرغی افزایش یافت (جدول ۳). اعمال همه تیمارها به غیر از کود گاوی باعث شد که ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد به میزان معنی‌داری

ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳/۵×۶ متر، فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. کشت گوجه‌فرنگی به صورت نشایی انجام شد و بعد از این که نشاءها به ارتفاع ۲۰-۱۵ سانتی‌متر رسیدند به زمین اصلی منتقل شدند. در طول دوره رشد علف کش و یا آفت کش مصرف نشد و کنترل علف‌های هرز به صورت دستی انجام گردید. به علت بالابودن متوسط بارندگی منطقه (۷۰۰ میلی‌متر) آبیاری فقط در دو نوبت پس از انتقال نشاء به زمین اصلی و نیز در طی ماه‌های تیر و مرداد که بارندگی کمی روی داد، انجام گرفت. در مرحله حداکثر رشد کانوبی پس از حذف دو ردیف کناری و یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت پنج بوته از هر کرت برداشت و شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین شد. علاوه بر این تعداد شاخه فرعی اندازه‌گیری شد. هم‌زمان با رسیدگی محصول و طی چهار چین برداشت انجام شد. در پایان فصل پس از چین آخر تعداد پنج بوته در هر کرت انتخاب شدند و پس از خشک کردن نمونه‌ها وزن خشک اندام‌های هوایی محاسبه گردید. آنالیز واریانس جهت بررسی اثرات تیمارها روی صفات، به روش Proc GLM برای طرح RCBD انجام شد در مواردی که آزمون F معنی‌دار شد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.05$) میانگین‌ها با هم مقایسه شدند. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی

بر اساس نتایج به دست آمده تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک اندام‌هوائی تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) داشتند (جدول ۲). بیش‌ترین

افزایش یابد. Molgaard *et al*, 1999 نیز گزارش کردند که کاربرد ۴۰ تن کود دامی در هکتار به همراه کودهای شیمیایی ارتفاع گیاه سیبزمینی (*Solanum tuberosum* L.) را به صورت معنی داری افزایش داد. Herawati, 2003 گزارش کرد که کاربرد ۲۰ تن کود مرغی در هکتار همراه با ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفات موجب افزایش معنی دار ارتفاع بوته سیبزمینی شد. با این حال Dawelbeit *et al*, 2005 گزارش کردند که کاربرد پنج تن کمپوست کود دامی در هکتار تأثیری در ارتفاع سورگوم نداشت.

اثر تیمارها بر تعداد شاخه فرعی نیز کاملاً معنی دار بود ($P < 0.01$) و تیمار کمپوست زباله با میانگین ۳/۷ شاخه فرعی بیشترین تعداد شاخه فرعی را تولید کرد و در مقابل در تیمار شاهد و کود گاوی به ترتیب با ۱/۴ و ۱/۸ کمترین تعداد شاخه فرعی تولید شد (جدول ۲). به نظر می رسد که کمبود عناصر غذایی در خاک میزان تولید شاخه فرعی را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. Chanda *et al*, 2011 نیز گزارش کردند که کاربرد کودهای شیمیایی و آلی باعث شد که میزان شاخه فرعی در گوجه فرنگی افزایش یابد. این پژوهشگران هم چنین گزارش کردند که ورمی کمپوست در مقایسه با کود دامی و کود شیمیایی اثرات مثبت بیش تری بر فرایند شاخه دهی گوجه فرنگی داشت. نتایج به دست آمده در این آزمایش نیز موارد فوق را تأیید می کند (جدول ۳).

شاخص سطح برگ

در بین تیمارهای مختلف کودی اختلاف معنی داری از نظر شاخص سطح برگ دیده شد (جدول ۲). تیمار ورمی کمپوست و کود شیمیایی بیشترین شاخص سطح برگ (۶/۲) را داشتند در حالی که

شاخص سطح برگ در تیمار بدون کود فقط ۳/۳ بود (جدول ۳). همزمان با اضافه کردن کود آلی به خاک، عناصر غذایی مختلفی از جمله نیتروژن وارد خاک شده که در رشد اندام هوایی و سطح برگ گیاه مؤثر است. به نظر می رسد که مهم ترین عامل در افزایش شاخص های عنوان شده افزایش ماده آلی خاک و به دنبال آن افزایش عناصر قابل دسترس به ویژه نیتروژن برای گیاه بوده است که این اختلاف در مقایسه با تیمار شاهد به خوبی مشهود است. از مهم ترین پیامدهای افزایش دسترسی عناصر غذایی افزایش شاخص سطح برگ است که به عنوان یک شاخص اصلی نقش مهمی در تعیین عملکرد گیاه دارد. به دنبال افزایش سطح برگ، گیاه این توانایی را داشته که ارتفاع و تعداد شاخه فرعی را افزایش داده که همه این عوامل نهایتاً در افزایش عملکرد اقتصادی گیاه در انتهای فصل نقش قابل توجهی خواهند داشت. Aduloju *et al*, 2009 نیز گزارش کردند که کاربرد کودهای غیر معدنی باعث تحریک رشد رویشی و افزایش شاخص سطح برگ در گیاه سویا (*Glycine max* L.) شد. به عقیده این پژوهشگران افزایش شاخص سطح برگ باعث افزایش جذب تشعشع خورشیدی و به دنبال آن افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک تولیدی خواهد شد. با وجود این که شاخص سطح برگ در تیمار کود شیمیایی و ورمی کمپوست برابر بود ولی مقدار ماده خشک در تیمار ورمی کمپوست بیش تر از تیمار کود شیمیایی بود (جدول ۳)، بنابراین به نظر می رسد که مصرف ورمی کمپوست نه تنها سطح برگ گیاه را افزایش داده است، بلکه باعث شده که کارایی فتوسنتزی گیاه گوجه فرنگی افزایش یابد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات اندازه گیری شده گوجه فرنگی در تیمارهای مختلف

Table 2- ANOVA of some measured characteristics of tomato affected by different treatments

متغیر Variable	درجه آزادی df	عملکرد Yield	ماده خشک Dry matter	وزن میوه Fruit weight	درصد میوه دهی Percentage of fruiting	میوه در بوته Fruit per plant	گل در بوته Flower per plant	شاخص سطح برگ LAI	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	ارتفاع بوته Plant height
تکرار Replication	2	1.55 ns	200.2ns	13.17ns	۶/۳ ns	0.32ns	0.13ns	0.06ns	0.03ns	7.49ns
تیمار Treatment	5	98.35**	1734**	16.1ns	138.6**	71.59**	140.3**	5.1**	2.69**	272.3**
اشتباه Error	10	1.32	229.07	11.17	24.44	0.66	1.64	0.14	0.32	8.86
ضریب تغییرات CV		7.15	19.27	9.78	7.19	5.29	5.68	7.06	20.13	5.03

ns, * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار و وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

تعداد گل و میوه در بوته

بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۲)، تیمارهای آزمایشی بر تعداد گل تولید شده در هر بوته اثر معنی‌داری داشتند ($P < 0.01$). کاربرد کودهای مختلف باعث افزایش قابل توجه تعداد گل در مقایسه با تیمار شاهد گردید. کم‌ترین تعداد گل در بوته (۱۱/۸ عدد) در تیمار شاهد بود و این تیمار از لحاظ تعداد گل با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. اگرچه بیش‌ترین تعداد گل (۲۸/۷ گل در هر بوته) در تیمار کود شیمیایی مشاهده شد ولی بین این تیمار با تیمار ورمی کمپوست و تیمار کود مرغی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از آنجا که بیش‌ترین تعداد گل در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی مشاهده شد بنابراین به‌نظر می‌رسد که وضعیت عناصر غذایی موجود در خاک نقش قابل توجهی در تعیین تعداد گل دارد. اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد میوه در بوته نیز معنی‌دار بود. بیش‌ترین تعداد میوه (۲۰/۵ عدد در بوته) در تیمار ورمی کمپوست تولید شد که در مقایسه با تیمار شاهد ۱۴۴ درصد افزایش نشان داد. در رابطه با درصد تبدیل گل‌ها به میوه نیز نتایج متفاوتی به‌دست آمد. در این خصوص تیمار ورمی کمپوست بالاترین درصد تبدیل گل به میوه را داشت در حالی که پایین‌ترین درصد تبدیل گل به میوه (۵۶/۴) در تیمار کود مرغی مشاهده شد (جدول ۳). با وجود این‌که فراهمی عناصر غذایی و افزایش ماده آلی در خاک موجب افزایش گلدهی می‌گردد، ولی در همه گیاهان تمام گل‌ها به بار نمی‌نشینند و عوامل متعددی در این

امر دخیل بوده که تولید نهایی در گیاه را متأثر می‌سازد. در این مطالعه با مصرف کود مرغی، بیش‌ترین تلفات گل در بوته مشاهده گردید و درصد کمتری از گل‌ها به میوه تبدیل شدند. این امر می‌تواند به دلیل خصوصیات شیمیایی متفاوت این کود از جمله اسیدیته کمتر (۵/۶) و نسبت پایین‌تر کربن به نیتروژن (۷/۶) در کود مرغی باشد. Walker and Pilar, 2008 نیز به این نتیجه رسیدند که مصرف کود مرغی باعث کاهش اسیدیته و افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود که در آزمایش‌های مختلف با توجه به خصوصیات خاک، میزان مصرف کود مرغی و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان نتایج متفاوتی به‌دست آید. Agyeman *et al*, 2014 با مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی و کود مرغی بر چهار رقم گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که کاربرد کود مرغی باعث شد، زمان شروع گلدهی در مقایسه با تیمار شاهد و هم‌چنین کودهای شیمیایی به تأخیر بیافتد. Orooji *et al*, 2014 نیز گزارش کردند که کود مرغی می‌تواند باعث تأخیر در گلدهی و تشکیل میوه گوجه‌فرنگی شود.

میانگین وزن میوه

اثر کود دامی بر متوسط وزن میوه معنی‌دار نبود (جدول ۲) با این وجود بیش‌ترین وزن میوه (۳۷/۲ گرم) در تیمار ورمی کمپوست و کم‌ترین وزن میوه (۳۲/۱ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی از صفات مطالعه شده در آزمایش

Table 3- Effect of different treatments on some measured characteristics of tomato

ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	شاخص سطح برگ LAI	گل در بوته Flower per plant	میوه در بوته Fruit per plant	درصد میوه دهی Percentage of fruiting	وزن میوه Fruit weight (g)	ماده خشک Dry matter (g m ⁻²)	شاهد Control
45.2 ^c	1.4 ^b	3.3 ^c	11.8 ^d	8.4 ^e	71.6 ^a	32.1 ^a	47.2 ^c	شاهد
66.5 ^{ab}	3.4 ^a	6.2 ^a	28.7 ^a	20 ^a	69.6 ^a	33 ^a	99 ^a	کود شیمیایی Chemical fertilizer
49.3 ^c	1.8 ^b	4.1 ^b	16.4 ^c	11 ^d	67 ^a	35 ^a	60.8 ^{bc}	کود گاوی Cow manure
68 ^a	3 ^a	6.1 ^a	27.1 ^a	15.3 ^c	56.4 ^b	32.8 ^a	69.5 ^{bc}	کود مرغی Poultry manure
64.2 ^{ab}	3.7 ^a	6.1 ^a	24.3 ^b	17 ^b	69.9 ^a	36.5 ^a	85 ^{ab}	کمپوست زباله Waste manure
61.6 ^b	3.5 ^a	6.2 ^a	26.8 ^a	20.5 ^a	74.4 ^a	37.2 ^a	110.9 ^a	ورمی کمپوست Vermi compost

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter show no significant differences at 5% probability level, according to Duncan's test.

به نظر می‌رسد، اگرچه با افزایش میزان کود دامی، دوام سطح برگ و در نتیجه میزان مواد فتوسنتزی در گیاه افزایش پیدا کرده ولی با افزایش تعداد میوه، مواد غذایی تولید شده در گیاه بین تعداد میوه بیش‌تری توزیع شده و بنابراین تأثیر کمتری بر وزن میوه داشته است.

عملکرد و بازارپسندی میوه گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به عملکرد و بازارپسندی میوه گوجه‌فرنگی در جدول ۴ آورده شده است. اختلاف معنی‌داری در عملکرد کل محصول و همچنین عملکرد میوه‌های ریز، متوسط و درشت در سطح پنج درصد بین تیمارهای مورد مطالعه وجود داشت. بیش‌ترین میزان عملکرد گوجه‌فرنگی (۲۲/۹ تن در هکتار) در تیمار کود شیمیایی و کم‌ترین میزان عملکرد کل (۷/۵ تن در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد. به نظر می‌رسد دلیل اصلی این تفاوت به ماهیت تیمارهای اعمال شده ارتباط داشته باشد؛ زیرا کلیه کودهای مصرفی از لحاظ میزان نیتروژن موجود شرایط مشابهی داشتند ولی از نظر بقیه عناصر به‌ویژه فسفر و پتاسیم تیمار کود شیمیایی نسبت به سایر تیمارها بسیار غنی‌تر بود. همچنین به نظر می‌رسد، به دلیل این‌که سرعت معدنی‌شدن نیتروژن موجود در کودهای آلی بسیار کند است. بنابراین، در شرایط طبیعی مزرعه عملکرد حاصل از مصرف کودهای آلی در مقایسه با عملکرد تولیدی در اثر مصرف کودهای شیمیایی کمتر شده است. Chanda et al, 2011 گزارش کردند که به دلیل این‌که سرعت آزادسازی عناصر غذایی از کودهای آلی کندتر از کودهای شیمیایی است، مدت‌زمان بیش‌تری برای استفاده از عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در این کودها لازم است.

همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، با افزایش عملکرد در تیمارهای مختلف وزن میوه نیز دست‌خوش تغییر شد.

به لحاظ وزنی تیمار کود شیمیایی با عملکرد ۷/۳ تن در هکتار بالاترین و تیمار شاهد با عملکرد ۱/۴ تن در هکتار کم‌ترین تولید محصول درجه یک (درشت) را داشتند. از لحاظ میوه‌های با وزن متوسط تیمار ورمی کمپوست بیش‌ترین مقدار عملکرد را داشت و در تیمار شاهد کم‌ترین میزان میوه‌های متوسط مشاهده شد. عملکرد میوه‌های با وزن کمتر از ۳۰ گرم (ریز) در تیمار کود شیمیایی بیش‌ترین و در تیمار شاهد کم‌ترین مقدار بوده است. در تیمار شاهد تنها ۱۹ درصد از عملکرد کل را میوه‌های درشت تشکیل داده بود در حالی‌که این رقم با مصرف کودهای آلی و شیمیایی تغییر یافت و بیش‌ترین مقدار آن در تیمار ورمی کمپوست (۳۴ درصد) مشاهده شد. درصد میوه‌های متوسط در بین تیمارها نوسانات کمتری نشان داد. در تیمار کمپوست زباله ۵۲ درصد عملکرد کل را میوه‌های متوسط تشکیل داده بودند. در حالی‌که کم‌ترین میزان میوه‌های متوسط (۳۹ درصد) در تیمار کود شیمیایی مشاهده شد. بیش‌ترین میزان میوه‌های ریز (۴۰ درصد) در تیمار شاهد و کم‌ترین میزان میوه‌های ریز (۱۷ درصد) در تیمار ورمی کمپوست مشاهده شد (شکل ۱).

هرچند بیش‌ترین میزان عملکرد کل در تیمار کود شیمیایی مشاهده شد، ولی این اختلاف عمدتاً به دلیل عملکرد بیش‌تر میوه‌های ریز در این تیمار بود (جدول ۵) و در صورتی‌که مبنای مقایسه تیمارها تأثیر هم‌زمان آن‌ها بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی باشد، تیمار ورمی کمپوست در رتبه اول قرار می‌گیرد؛ زیرا بیش‌ترین میزان میوه‌های درشت و متوسط (مجموعاً ۱۷/۳ تن در هکتار) که بازارپسندی بیش‌تری دارند در این تیمار مشاهده شد. اثرات مثبت کودهای آلی برای سایر محصولات به‌ویژه محصولات غده‌ای و ریشه‌ای نیز گزارش شده است. Poponin et al, 1994 گزارش نمودند که کاربرد کود دامی به‌همراه کودهای شیمیایی و یا به‌صورت تنها، عملکرد غده‌های بازارپسند سیب‌زمینی را افزایش داد.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد و بازارپسندی محصول گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف

Table 4- ANOVA of yield and marketable yield of tomato affected by different treatments

متغیر	درجه آزادی	عملکرد میوه‌های ریز	عملکرد میوه‌های متوسط	عملکرد میوه‌های درشت
Variable	df	Small fruits yield	Medium fruits yield	Large fruits yield
تکرار				
Replication	2	0.03ns	0.02ns	7.94ns
تیمار				
Treatment	5	2.69**	0.2**	272.3**
اشتباه				
Error	10	0.32	0.01	8.86
ضریب تغییرات				
CV		20.13	5.55	5.03

ns و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

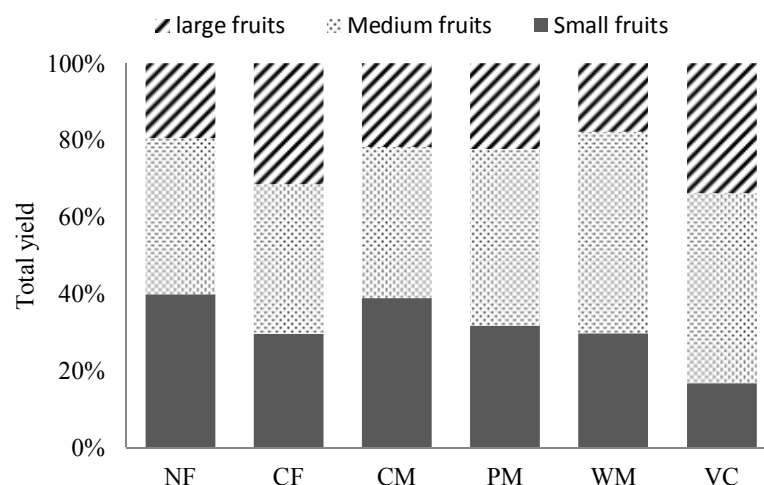
ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد و بازارپسندی محصول گوجه‌فرنگی
Table 5- Effect of different treatments on of yield and marketable yield of tomato

	عملکرد کل Total yield (ton ha ⁻¹)	عملکرد میوه‌های ریز Small fruits yield (ton ha ⁻¹)	عملکرد میوه‌های متوسط Medium fruits yield (ton ha ⁻¹)	عملکرد میوه‌های درشت Large fruits yield (ton ha ⁻¹)
شاهد Control	7.5 ^c	3 ^d	3.05 ^c	1.45 ^c
کود شیمیایی Chemical fertilizer	22.9 ^a	6.8 ^a	8.9 ^b	7.2 ^a
کود گاوی Cow manure	11.5 ^d	4.5 ^c	4.5 ^d	2.5 ^{bc}
کود مرغی Poultry manure	16.3 ^c	5.2 ^b	7.5 ^c	3.6 ^b
کمپوست زباله Waste manure	17.4 ^c	5.2 ^b	9.1 ^{ab}	3.1 ^b
ورمی‌کمپوست Vermi compost	20.8 ^b	3.5 ^d	10.3 ^a	7 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter show no significant differences at 5% probability level, according to Duncan's test.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر درصد میوه‌های ریز، متوسط و درشت

Figure 1- Effects of different treatments on percentage of small, medium and large fruits

بر اساس نتایج به‌دست آمده تیمار ورمی‌کمپوست به‌دلیل ویژگی‌های مثبتی که دارد باعث افزایش معنی‌دار بیش‌تر صفات مورد مطالعه، هم‌چون عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، تعداد میوه در بوته و درصد میوه‌دهی شد. هرچند بیش‌ترین میزان عملکرد کل میوه در تیمار کود شیمیایی به‌دست آمد، ولی از نظر میوه‌های درشت و متوسط که بازارپسندی بیش‌تری دارند تیمار ورمی‌کمپوست برتر بود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که کاهش اندک عملکرد در تیمار ورمی‌کمپوست با افزایش بازارپسندی محصول قابل‌جبران است. نتایج این آزمایش هم‌چنین نشان داد که علاوه‌بر کود شیمیایی و

Ervez *et al*, 2000 گزارش کردند که کاربرد پنج تن کود دامی همراه با کود پتاسیم در مقایسه با عدم کاربرد کود دامی موجب افزایش تعداد غده‌های بازارپسند در سیب‌زمینی شد. با افزایش کود دامی بر تعداد غده‌های متوسط در هر بوته افزوده شد و با توجه به همبستگی مثبت بین تعداد غده در بوته و عملکرد غده افزایش عملکرد را در پی داشت.

نتیجه‌گیری

که این امر مزیت نسبی استفاده از کودهای آلی را افزایش می‌دهد.

سپاسگزاری

هزینه‌های این پژوهش توسط معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید بهشتی تأمین شده است که بدین‌وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی سپاسگزاری می‌گردد.

ورمی‌کمپوست، سایر کودهای آلی نیز در مقایسه با تیمار شاهد عملکرد میوه را به‌صورت معنی‌داری افزایش دادند. بنابراین، می‌توان از همه کودهای آلی مورد بررسی برای تغذیه گیاه گوجه‌فرنگی استفاده کرد. هرچند که با توجه به نیاز بالای این گیاه به عناصر غذایی، استفاده از کودهای آلی مدیریت آن را با مشکلاتی روبرو خواهد کرد، ولی برخی از اثرات مثبت کودهای آلی هم‌چون افزایش ماده آلی، بهبود تهویه و نفوذپذیری خاک تا چندین سال باقی می‌ماند.

References

1. Abduli, M. A., Amiri, L., Madadian, E., Gitipour, S., and Sedighian, S. 2013. Efficiency of vermicompost on quantitative and qualitative growth of tomato plants. *International Journal of Environmental Research* 7: 467-472.
2. Aduloju, M. O., Mahmood, J., and Abayomi Y. A. 2009. Evaluation of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] genotypes for adaptability to a southern Guinea Savanna environment with and without P fertilizer application in north Central Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* 4: 556-563.
3. Agyeman, K., Osei-Bonsu, I., Berchie, J. N., Osei, M. K., Mochiah, M. B., Lamptey, J. N., and Bolfrey-Arku, G. 2014. Effect of poultry manure and different combinations of inorganic fertilizers on growth and yield of four tomato varieties in Ghana. *Agricultural Science* 2: 27-34.
4. Cavender, N. D., Atiyeh, R. M., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. *Pedobiologia* 47: 85-89.
5. Chanda, G. K., Bhunia, G., and Chakraborty, S. K. 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. *Journal of Horticulture and Forestry* 3: 42-45.
6. Dawelbeit, S., Elasha, E., and Richter, C. 2005. Residual effect of composted farmyard manure on sorghum growth and yield. *The Global Food and Product Chain-Dynamics, Innovations, conflicts, strategies*. Available at <http://www.tropentag.ed/abstract>. (Visited 27 May 2012).
7. Eghball, B., Wienhold, B., and Gilley, J. 2001. Comprehensive manure management for improved nutrient utilization and environment quality. *Soil and Water Conservation Research* 1: 128-135.
8. Erhart, E., Hartl, W., and Putz, B. 2005. Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops. *European Journal of Agronomy* 23: 305-314.
9. Ervez, M. A. P., Aqir, F., Uliammaid, M., Hsan, E., and Llah, U. 2000. Effects of organic and in organic manure on physical characteristics of potato (*solanum tuberosum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* 2:34-36.
10. Gliessman, S. 2007. *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (2nded.). Boca Raton. CRC Press.
11. Hartl, W., Putz, B., and Erhart, E. 2003. Influence of rates and timing of biowaste compost application on rye yield and soil nitrate levels. *European Journal of Soil Biology* 39: 129-139.
12. Herawati, T. 2003. Effect of P fertilization and organic matter on Growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). Symposium on small scale vegetable production and horticultural. Economics in Developing Countries, Available at: <http://www.actahort.org> (Visited 11 May 2010).
13. Jat, R. S., and Ahlawat, S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture* 28: 41-54.
14. Molgaard, J. P., Michelson, G., and Holm, S. 1999. Effect of Different types of animal manure on the quality of organically grown potatoes. 14th Triennial Conference of the European Association for potato Research, Sorrento, Italy.
15. Orooji, K., Rashed Mohassel, M. H., Rezvani Moghadam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effects of different types and rates of organic manures on Egyptian broomrape (*Orobancha aegyptiaca* Perss.) control in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Agroecology* 6: 209-218. (In Persian).
16. Poponin, A. J., Manzhosov, V. P., Maimusov, U. N., and Chigaen, A. M. 1994. Yield and quality of field crops in relation to different treatments and methods of soil cultivation and fertilizers. *Potato Abstracts* 19: 481.
17. Powers, L. E., and McSorley, R. 2000. *Ecological Principles of Agriculture*. Delmar Thomson Learning, Albany, NY.
18. Rantala, P. R., Vaajasaari, K., Juvonen, R., Schultz, E., Joutti, A., and Makela-Kurtto, R. 1999. Composting of forest industry wastewater sludges for agriculture use. *Water Science Technology* 40: 187-194.
19. Sajadi Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H. R., and Farajee, H. 2011. Effect of chemical (Urea), organic

- (vermicompost) and biological (Nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 21: 87-101. (In Persian with English abstract)
20. Snapp, S. S., Nyiraneza, J., Otto, M., and Kirk, W. W. 2003. Managing manure in potato and vegetable systems, Extension Bulletin E28 – 93, Michigan State University. Available at www.msue.msu.edu. (Visited 27 May 2012).
 21. Walker, D. J., and Pilar, M. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Bioresource Technology 99: 396-403.
 22. Yanga, L., Zhaoa, F., Changa, Q., Li, T., and Li, F. 2015. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. Agricultural Water Management 160: 98-105.
 23. Zaller, J. G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientia Horticulturae 112: 191-199.



Effects of Chemical and Organic Fertilizers on Growth, Yield and Yield Component of Tomato (*Lycopersicon sculentum* L.)

R. Mirzaei Talarposhti¹ - M. Rostami^{2*}

Received: 23-11-2014

Accepted: 19-01-2016

Introduction

Although using animal manures and crop residues as a traditional method for increasing soil fertility and crop yield has a long history but Conventional agricultural systems rely on the use of chemical fertilizer due to its immediate availability of nutrients. In many of modern agricultural systems using chemical fertilizers as a fast and easiest way to reduce nutrient deficiency and increasing soil fertility is considered. Intensive and continuous use of chemical fertilizers leads to decreasing the stability and sustainability of agricultural systems and also poses major threat to environment and human health. Organic fertilizers have positive effects on physiochemical and biological attributes of soil and could be classified in three different groups (i.e. Animal manures, green manure and composts). Using animal manure not only increase soil fertility but also could result in increasing infiltration, aeration and water holding capacity of soil. The main role of these fertilizers is related to physical change in soil. Different types of composts such as municipal waste compost and vermicompost also have similar positive effects, but usually the farmers observe the main effect of these organic fertilizers in long term. In order to investigate the effects of different types of organic fertilizers on growth indexes, yield and yield component of tomato (*Lycopersicon sculentum* L.) current experiment was conducted.

Materials and Methods

The experiment was conducted based on randomized complete block design (RCBD) with three replications and six treatments in the research station of Shahid Beheshti University. The experimental treatments were: Control or no fertilizer (NF), chemical fertilizer (CF), cow manure (CM), poultry manure (PM), vermicompost (VC) and municipal waste compost (MC). Considering nitrogen concentration in all of the treatments different amounts of these fertilizers were used based on nitrogen recommendation for the field, so in all of the treatments the total amount of applied nitrogen was equal (ca. 150 kg ha⁻¹). Tomato seedlings were transplanted in experimental plots when the height of seedling reached to 15-20 cm. Total amount of tomato yield calculated at the end of growing season after four harvests. At the end of growing season by using five plants from each plot the dry weight of shoot, plant height, number of lateral branches and the number of fruits measured. Analysis of variance was performed using SAS and mean comparisons done by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Results and Discussion

Based on results effects of experimental treatments on shoot dry matter, plant height, number of lateral branches, number of flowers and fruits per plant and leaf area index (LAI) was significant. Using all type of fertilizers comparing to control treatment resulted in increase shoot dry matter and the highest amount of shoot dry matter observed in VM and CF treatments. Different treatments have significant effect on plant height and highest amount of this trait observed in PM treatment. There was no significant difference between CM and control treatment for plant height and number of lateral branches but the highest number of lateral branches observed in MC treatment. The highest LAI (6.2) observed in VC and CF whereas the lowest LAI (3.3) was in control treatment. Effect of treatments on total yield also was significant and highest amounts of yield observed in CF (22.9 ton ha⁻¹) and VC (20.8 ton ha⁻¹) but the lowest was in control treatment (7.5 ton ha⁻¹). Treatment effect on all of yield component except mean weight of fruit was significant and by using CF and VC the number of flower per plant comparing to control treatment increased 143 and 129 percent respectively.

Conclusions

Although in this experiment the highest amount of crop yield obtained in CF treatment, but by replacement of chemical fertilizer with vermicompost tomato yield decreased just about 10%, so it seems that by considering the

1- Assistant Professor, Department of Agroecology, Environmental Science Research Institute, Shahid Beheshti University

2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Malayer University

(*- Corresponding Author Email: majidrostami7@yahoo.com)

environmental issues, using vermicompost instead of chemical fertilizer is justified. In all of the organic treatments tomato fruit yield significantly was higher than control treatment so it could be concluded that organic fertilizers directly through nutritional effects and indirectly by amending soil physical and chemical properties could increase the yield of tomato.

Keywords: Animal manure, Compost, Economical yield, Plant nutrition



اثر آبیاری و نیتروژن بر پارامترهای زراعی، عملکرد، کیفیت دانه و کارایی زراعی نیتروژن در آفتابگردان

جواد حمزه‌ئی^{۱*} - حمید نجفی^۲ - مجید بابایی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۱

چکیده

اثر آبیاری و نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، کیفیت دانه و کارایی زراعی نیتروژن آفتابگردان، در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در دانشگاه بوعلی‌سینا مطالعه شد. آبیاری (آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد) در کرت‌های اصلی و نیتروژن (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار قرار گرفتند. اثر آبیاری و نیتروژن بر کلیه صفات معنی‌دار شد. بیش‌ترین ارتفاع بوته، وزن هزاردانه (۴۶/۲۶ گرم)، درصد روغن (۴۲/۴۹ درصد)، کارایی زراعی نیتروژن (۴/۵۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) از آبیاری در کل دوره رشد به‌دست آمد. کمترین میزان این ویژگی‌ها نیز از آبیاری تا گلدهی حاصل شد. مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، وزن هزاردانه (۴۶/۹۳ گرم) و درصد پروتئین (۲۲/۷۰ درصد) از نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین کارایی زراعی نیتروژن (۷/۰۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) از نیتروژن ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. اثر متقابل تیمارها بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین معنی‌دار شد. بیش‌ترین این صفات از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد، که اختلاف معنی‌دار با آبیاری در کل دوره رشد و نیتروژن ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نداشت. کمترین عملکرد دانه با ۸۳/۳۷ درصد کاهش از تیمار آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای دست‌یابی به بیش‌ترین عملکرد دانه، روغن و کارایی زراعی نیتروژن در زراعت آفتابگردان مناسب است.

واژه‌های کلیدی: دانه روغنی، درصد پروتئین، درصد روغن، رشد، کود شیمیایی، مدیریت آب آبیاری

مقدمه

به‌شمار می‌آید و تنش خشکی در این مرحله از رشد، می‌تواند عملکرد کمی و کیفی را کاهش دهد. همچنین، دلیل کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی اختلال در فتوسنتز جاری گزارش شده است (Behbodi and Beheshti, 2009). Omid, 2008 گزارش داد که تنش خشکی به‌دلیل کمبود مواد غذایی برای پُر کردن دانه به‌دلیل کاهش رشد رویشی و در نهایت کاهش سطح فتوسنتزی گیاه و کم شدن سهم دانه در دریافت مقدار کربوهیدرات ذخیره شده، وزن هزاردانه را کاهش داد. Flenet et al, 1996 اظهار داشتند وقوع تنش در مراحل مختلف رشد باعث کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود ولی درصد کاهش این تعداد طی مراحل زایشی شدیدتر می‌باشد. وجود شرایط بهینه محیطی در مرحله گلدهی نیز در تعیین تعداد دانه تشکیل شده در طبق مؤثر است و تنش خشکی در این مرحله باعث سقط جنین و تولید دانه‌های نارس می‌شود. Abasi et al, 2008 دریافتند که تنش خشکی سبب کاهش شاخص برداشت می‌شود و علت آن را کاهش تعداد دانه پُر در طبق در اثر کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه عنوان کردند. Nazemie et al, 2008 نشان دادند، بالاترین عملکرد و درصد روغن از تیمار عدم قطع آبیاری به‌دست آمد. Ataei et al, 2008 در مطالعه‌ای بر روی چهار رقم آفتابگردان به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین درصد روغن دانه آفتابگردان در

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با داشتن حدود ۵۰-۴۰ درصد روغن با کیفیت مطلوب، می‌تواند به‌عنوان یک دانه روغنی مطمئن در دامنه وسیعی از شرایط محیطی، عملکرد قابل‌توجهی داشته باشد (El-Gizawy, 2009). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک را کاهش داده است (Alizadeh, 2005). تنش خشکی در مرحله زایشی مخرب‌تر از مرحله رویش بوده و دوره گلدهی، حساس‌ترین دوره نسبت به کمبود آب است که منجر به کاهش بسیار زیاد بازده محصول می‌شود، چرا که گل‌های کمتری به مرحله رشد کامل می‌رسند (Ali and Shui, 2009; Beyazgul et al., 2000). پس از دوره گلدهی، دوره تشکیل دانه حساس‌ترین مرحله از رشد گیاه نسبت به کمبود آب

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان.

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان.

(*)- نویسنده مسئول: (Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.43336

شرایط آبیاری مطلوب دیده شد و با محدودیت در آبیاری، درصد روغن دانه کاهش یافت.

در بین عناصر غذایی، نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف و بسیار ضروری برای گیاهان به شمار می‌رود که کمبود آن مشکلات فراوانی را در رشد و نمو گیاهان به وجود می‌آورد. ماده خشک گیاهی تقریباً دارای ۲ تا چهار درصد نیتروژن است. نیتروژن جزء اولیه تشکیل‌دهنده ترکیبات آلی همانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به شمار می‌رود (El-Sayed *et al.*, 2000). کمبود نیتروژن نمو فیزیولوژیکی را در دو مرحله رویشی و زایشی به تأخیر می‌اندازد و از سرعت گسترش برگ و دوام سطح برگ در گیاهان می‌کاهد. در این شرایط راندمان استفاده از نور کاهش می‌یابد. از طرفی هر چه غلظت نیتروژن در برگ‌ها افزایش یابد شدت کربن‌گیری نیز بیش‌تر می‌شود. زیرا نیتروژن علاوه بر آن که به صورت پروتئین در گیاه وجود دارد، عنصر اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل در گیاه است و عامل اصلی در کربن‌گیری محسوب می‌شود (Walker, 2001). Naseri *et al.*, 2012 در بررسی خود بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) گزارش کردند، نیتروژن عملکرد را به وسیله تأثیر گذاشتن بر روی پارامترهای رشد افزایش داده و در نتیجه قدرت رشد و نمو گیاه کلزا را از طریق افزایش تعداد و وزن خورجین، بالا بردن وزن دانه‌ها و بهبود جذب عناصر غذایی بالا می‌برد. توجه به میزان مصرف کود متناسب با مقدار آب موجود برای حصول یک عملکرد قابل قبول حایز اهمیت می‌باشد، چراکه در شرایط کمبود آب در خاک جذب عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن کاهش می‌یابد و این امر ایجاب می‌کند که تناسب مطلوبی بین میزان فراهمی آب و مصرف کود برقرار گردد تا هزینه تولید کاهش یافته و از مصرف بی‌رویه نیتروژن که تأثیری بر افزایش عملکرد ندارد، خودداری گردد (Mojadam, 2008). بهبود کارایی مصرف نیتروژن یک استراتژی کلیدی جهت پیشرفت سیستم‌های کشاورزی پایدار است که منجر به رسیدن به حداکثر عملکرد در ازای مصرف حداقل نهاده‌ها و هدررفت نیتروژن می‌شود.

بخش وسیعی از اراضی زیر کشت در ایران خشک و نیمه‌خشک بوده و وجود تنش خشکی و اثرات آن بر روی گیاهان دور از انتظار نیست. افزون بر این، یک رقم خاص در شرایط آب‌وهوایی مختلف عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان می‌دهد و این امر می‌تواند در مدیریت منابع آب کشاورزی موردتوجه قرار گیرد (Salemi and Afifi, 2005). از طرفی، بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن در تولید محصولات کشاورزی، علاوه بر سالم‌سازی محیط زیست، کمک قابل‌توجهی نیز به اقتصاد کشاورز می‌کند. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف مطالعه واکنش عملکردهای کمی و کیفی، شاخص‌های زراعی و کارایی زراعی نیتروژن آفتابگردان به آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد تحت سطوح مختلف کود نیتروژن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینای همدان انجام شد. بر اساس آنالیز نمونه خاک برداشت شده از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، بافت خاک لوم رسی، میزان فسفر و پتاسیم قابل‌جذب آن به ترتیب ۲/۸ و ۲۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، درصد نیتروژن و ماده آلی آن به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۷۲ و اسیدیته و هدایت الکتریکی آن به ترتیب ۷/۷ و ۰/۴۰۹ دسی‌زیمنس بر متر بود.

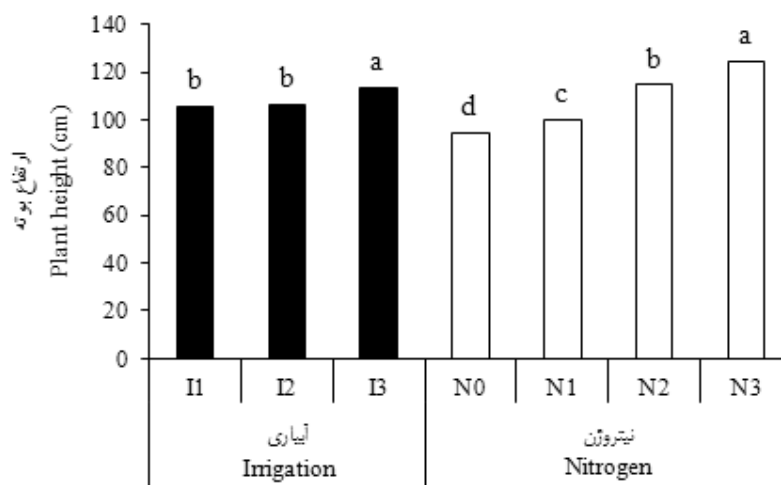
آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آبیاری در سه سطح شامل آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد در کرت‌های اصلی و نیتروژن در چهار سطح شامل صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. رقم مورد مطالعه ایروفلور بود که از مؤسسه تحقیقات استان همدان تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش مانکوزب ضدعفونی شدند و کاشت در اواخر خردادماه ۱۳۹۱ انجام گرفت. هر کرت فرعی شامل هفت خط کاشت به طول شش متر بود. فاصله بین ردیف و روی ردیف‌های کاشت به ترتیب ۶۰ و ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری مزرعه طبق عرف منطقه و با دور آبیاری هفت روز یک‌بار و به صورت جوی‌پشته‌ای صورت گرفت. نیتروژن موردنیاز از منبع اوره در سه مرحله (زمان کاشت، شش-هشت برگی و گلدهی) مصرف شد. طبق‌ها پس از پایان دوره گردآفشانی توسط توری پوشیده شدند تا از خسارت گنجشگ محفوظ بمانند. هم‌چنین، در طی فصل رشد و برحسب نیاز، در چند مرحله علف‌های‌هرز به صورت دستی وجین شدند. در این آزمایش ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن و درصد و عملکرد پروتئین دانه و کارایی زراعی نیتروژن اندازه‌گیری و مطالعه شد. در پایان فصل رشد برای تعیین اجزای عملکرد، از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و بر اساس آن‌ها ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه محاسبه گردید. برای تعیین وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد چهار نمونه ۱۰۰۰ تایی از بذور هر واحد آزمایشی جدا شد و پس از توزین متوسط وزن چهار نمونه به عنوان وزن ۱۰۰۰ دانه و بر حسب گرم در نظر گرفته شد. در زمان برداشت از ۲ ردیف میانی هر کرت با رعایت نیم‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت‌ها، برداشت انجام گرفت و عملکرد دانه از مساحت یک مترمربع محاسبه گردید. درصد روغن و پروتئین دانه به ترتیب با روش سوکسله و کج‌لدال تعیین گردید (Naseri *et al.*, 2012). عملکرد روغن و پروتئین در واحد سطح از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن و پروتئین به دست آمد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آبیاری و نیتروژن بر برخی شاخص‌های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 1- Analysis of variance for the effect of irrigation and nitrogen on some agronomic indices, yield and yield components of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS				
		ارتفاع بوته plant height	قطر طبق Anthodium diameter	تعداد دانه در طبق No. seed per anthodium	وزن هزاردانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار (Replication)	2	565.36	42.91	22205	138.84	94538
آبیاری (I) Irrigation	2	239.19**	35.10**	144658**	268.37**	3957666**
خطای a Error a	4	3661.00	0.93	6141	23.81	56685
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	3	1676.33**	107.06**	210883**	178.27**	1805915**
I×N	6	38.08 ^{ns}	5.55**	9074*	6.21 ^{ns}	99003**
خطای b Error b	18	23.41	0.80	3433	11.48	19289
ضریب تغییرات (%) CV (%)		4.46	6.13	6.66	8.04	10.04

* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر ارتفاع بوته آفتابگردان (I₁ تا I₃: به ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N₀ تا N₃: به ترتیب صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 1- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on plant height of sunflower (I₁-I₃: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N₀-N₃: 0, 60, 120 and 180 kg N ha⁻¹, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

کارایی زراعی مصرف نیتروژن (ANUE)^۱ نیز بر اساس معادله (۱) محاسبه شد (El-Gizawy, 2009).

$$ANUE = \frac{N_i - N_0}{N_i} \quad (1)$$

در این معادله کارایی زراعی مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود مصرفی، N_i عملکرد دانه در تیمار کودی و N_0 عملکرد دانه در تیمار شاهد و N_i کود مصرفی می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال پنج‌درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر آبیاری و کود نیتروژن بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آبیاری در نیتروژن بر این ویژگی معنی‌دار نبود (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین‌ها تیمار آبیاری در کل دوره رشد بیش‌ترین ارتفاع بوته آفتابگردان (۱۱۳/۵۰ سانتی‌متر) را داشت و کم‌ترین ارتفاع بوته (۱۰۵/۲۵ سانتی‌متر) بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری تا گلدهی، مربوط به آبیاری تا دانه‌بندی بود که در مقایسه با آبیاری در کل دوره رشد از کاهش ۷/۲۶ درصدی برخوردار بود (شکل ۱). Sinebo *et al.*, 2004 بیان کردند میزان دسترسی به رطوبت خاک مهم‌ترین عامل در تعیین ارتفاع گیاهان زراعی در مناطق نیمه‌خشک می‌باشد. همچنین، یکی از اثرات کمبود آب، کاهش توسعه سلولی به واسطه کاهش در آماس سلول است که این امر باعث کاهش طول شدن ساقه و برگ و کاهش فتوسنتز در گیاه می‌شود. گزارش شده است کمبود آب باعث کاهش تقسیم سلولی و کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Cabuslay *et al.*, 2002). در بررسی اثر سطوح نیتروژن بر ارتفاع بوته نیز مشخص گردید که بیش‌ترین (۱۲۴/۴۴ سانتی‌متر) و کم‌ترین (۹۴/۴۴ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به ترتیب به تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نیتروژن رخ داده است (شکل ۱). به نظر می‌رسد نیتروژن به دلیل افزایش رشد رویشی و افزایش تقسیم سلولی افزایش ارتفاع بوته را به دنبال داشته است (Erkossa *et al.*, 2002). اوزر (Ozer, 2003) نیز در بررسی تأثیر نیتروژن بر کلزا گزارش کرد که کاربرد بیشتر کود نیتروژن، افزایش ارتفاع بوته کلزا را به همراه داشت.

قطر طبق

قطر طبق در سطح احتمال یک‌درصد تحت تأثیر آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱)، به طوری که بیش‌ترین قطر طبق (۲۲/۴۶ سانتی‌متر) به آبیاری در کل دوره رشد و

مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص یافت. کم‌ترین میزان این ویژگی (۱۰/۱۰ سانتی‌متر) نیز از آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن به دست آمد. این تیمار در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، قطر طبق را ۵۵ درصد کاهش داد (جدول ۲). در شرایط آبیاری محدود، کمبود رطوبت قابل‌دسترس خاک موجب اختلال در فتوسنتز و عدم رشد کافی به همراه بیش‌تر شدن رقابت برای تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های گیاه و در نهایت کاهش وزن و میزان حجم تولیدی اندام زایشی (طبق) می‌شود. افزایش قطر طبق در اثر افزایش کاربرد نیتروژن توسط Nawaz *et al.*, 2003 گزارش شده است. آن‌ها افزایش بیوماس گیاهی پس از تشکیل طبق را دلیل این امر گزارش کردند.

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این است که اثر آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در طبق در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در نیتروژن مؤید این بود که بیش‌ترین تعداد دانه در طبق (۱۱۸۹ دانه) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و سطح کودی ۱۸۰ کیلوگرم به دست آمد که اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن نداشت. کم‌ترین میزان این ویژگی (۶۴۸ دانه) مربوط به آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن بود که در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن، ۴۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). به نظر می‌رسد بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی گیاه و افت فعالیت آنزیم‌های مؤثر می‌گردد. همچنین، تنش خشکی از طریق کاهش دوام سطح برگ و کاهش ساخت مواد فتوسنتزی باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی می‌شود که نتیجه آن کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود. همچنین، طی مرحله گلدهی و گرده‌افشانی کمبود آب باعث خشک شدن دانه‌های گرده و کلاله مادگی شده که این مسئله باعث اختلال در گرده‌افشانی توسط حشرات می‌شود. تمام عوامل مذکور در نهایت منجر به افت تعداد گلچه‌های بارور در طبق می‌گردد (Mendegar *et al.*, 2011). Chimenti and Pearson, 2002 نیز در بررسی‌های خود دریافتند که تعداد دانه در طبق آفتابگردان در اثر تنش خشکی کاهش یافت. همچنین، Bani Saeidi, 2012 دریافت که کاربرد نیتروژن افزایش تعداد دانه در طبق را به دنبال داشت. نام‌برده، افزایش تعداد سلول‌های بنیادی و افزایش مواد فتوسنتزی را دلیل افزایش تعداد دانه در طبق دانست.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، روغن و پروتئین آفتابگردان

Table 2- Mean comparison for the effect of irrigation × nitrogen interaction on anthodium diameter, number of seed per anthodium, grain, oil and protein yields of sunflower

آبیاری Irrigation	نیتروژن Nitrogen	قطر طبق Anthodium diameter (cm)	تعداد دانه در طبق No. seed per anthodium	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha ⁻¹)
آبیاری تا گلدهی Irrigation till flowering	0	10.10 ^g	648 ^h	418 ⁱ	175.53 ^g	95.41 ^g
	60	12.56 ^{ef}	750 ^{efg}	706 ^e	296.87 ^f	162.61 ^f
	120	14.13 ^d	842 ^d	977 ^d	401.78 ^e	229.80 ^e
	180	16.43 ^c	882 ^{cd}	1021 ^{cd}	415.92 ^{de}	238.81 ^{de}
آبیاری تا دانه‌بندی Irrigation till seed formation	0	11.16 ^{fg}	680 ^{gh}	948 ^d	399.19 ^d	212.45 ^{fg}
	60	12.76 ^{de}	807 ^{def}	1218	898.11 ^c	278.01 ^d
	120	14.20 ^d	889 ^{dc}	1727 ^b	721.91 ^b	390.21 ^{bc}
	180	17.80 ^{bc}	1067 ^b	1887 ^b	788.50 ^b	430.86 ^b
آبیاری در کل دوره رشد Irrigation at total growth period	0	11.93 ^{ef}	737 ^{fg}	1125 ^{cd}	484.33 ^{cd}	241.29 ^{ef}
	60	13.26 ^{de}	959 ^c	1688 ^b	735.98 ^b	369.25 ^c
	120	18.66 ^b	1105 ^{ab}	2338 ^a	983.32 ^a	507.80 ^a
	180	22.46 ^a	1189 ^a	2512 ^a	1055.20 ^a	549.32 ^a

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

Means within each column followed by the same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$ based on LSD test.

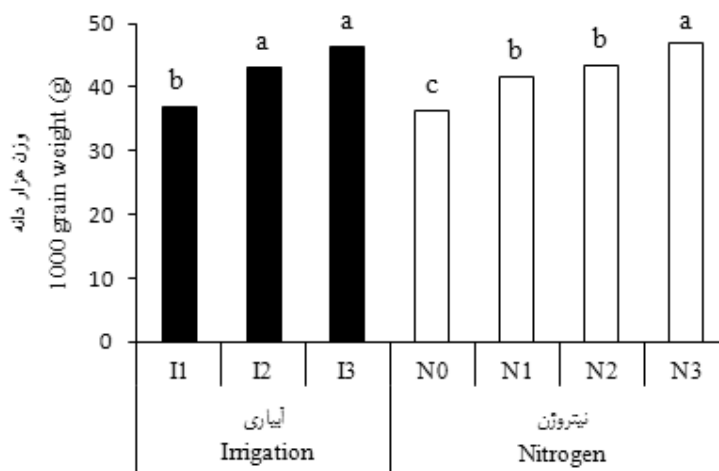
وزن هزاردانه

با توجه به نتایج جدول ۱، مشخص شد که اثر آبیاری و نیتروژن بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل آبیاری در نیتروژن بر این ویژگی معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثر آبیاری بر وزن هزاردانه آفتابگردان مؤید این بود که بیش‌ترین وزن هزاردانه (۴۲/۲۶ گرم) به تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کم‌ترین آن (۳۶/۹۶ گرم) به تیمار آبیاری تا گلدهی تعلق گرفت. آبیاری تا گلدهی نسبت به آبیاری در کل دوره رشد وزن هزاردانه را به میزان ۱۲/۵۴ درصد کاهش داد (شکل ۲). کاهش وزن هزاردانه در تنش شدید خشکی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ در گیاهان تحت تیمار که در نتیجه دوره پُرسدن دانه را کوتاه نموده، نسبت داد (Gholinazad et al., 2009). امام (Emam, 2006) اظهار نمود در شرایط تنش شدید، آب کافی برای پُرسدن دانه‌ها فراهم نبوده، بنابراین مقصدهای فیزیولوژی به‌خوبی پُرنشده و در نتیجه وزن دانه‌ها به‌شدت کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق با یافته‌های Roshdi et al, 2005 نیز مطابقت دارد. در بررسی اثر سطوح نیتروژن بر وزن هزاردانه نیز مشخص گردید که بیش‌ترین (۴۶/۹۳ گرم) و کم‌ترین (۳۶/۲۷ گرم) وزن هزاردانه به‌ترتیب به تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نیتروژن تعلق گرفت (شکل ۲). عدم مصرف نیتروژن در

مقایسه با نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم، وزن هزاردانه را ۲۲/۷۰ درصد کاهش داد. به‌نظر می‌رسد نیتروژن به‌دلیل افزایش دوام سطح برگ، بهبود فتوسنتز، عرضه و تسهیم بهتر مواد و عناصر غذایی در گیاه باعث افزایش وزن دانه شده باشد. بررسی‌های Malhi and Gill, 2004 نیز نشان داد که مصرف نیتروژن وزن هزاردانه کلزا را افزایش داد. هم‌چنین، نتایج آزمایش Moradi et al, 2012 با نتایج این آزمایش هماهنگ است. آن‌ها دلیل این امر را به افزایش در فرآیند فتوسنتز نسبت دادند و اظهار داشتند که کربوهیدرات‌ها و نیتروژن ذخیره شده در طول دوره گلدهی تعیین‌کننده میزان دانه‌بندی بوده و کمبود نیتروژن وزن دانه را از طریق کاهش فتوآسیمیلات‌ها کاهش می‌دهد.

عملکرد دانه

بین سطوح آبیاری و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه در ترکیبات تیماری حاکی از این بود که بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۵۱۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه آماری قرار داشتند.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر وزن هزاردانه آفتابگردان (I₁-I₃: به ترتیب آبیاری تا گلدی، آبیاری تا دانه بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N₀ تا N₃: به ترتیب صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون ها نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 2- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on 1000 grain weight of sunflower (I₁-I₃: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N₀-N₃: 0, 60, 120 and 180 kg N ha⁻¹, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

آبیاری در کل دوره رشد تعلق گرفت که از لحاظ آماری با تیمار آبیاری تا دانه بندی تفاوت معنی دار نداشت. کمترین میزان این ویژگی (۴۱/۴۷ درصد) از تیمار آبیاری تا گلدی به دست آمد (شکل ۳). با توجه به نتایج فوق می توان بیان کرد که درصد روغن در هنگام تنش کمبود آب به علت کوتاه تر شدن طول دوره رشد و طول مدت سنتز روغن کاهش می یابد. لذا شرایط آبیاری در کل دوره رشد از مدت زمان بیش تری جهت پُرشدن دانه برخوردار بوده و درصد روغن نیز در این تیمار افزایش یافته است. Abraham, 2001 نتایج مشابهی را بر درصد روغن کلزا گزارش کرد. Sinaki *et al*, 2007 نیز کاهش محتوی روغن دانه کلزا را در اثر تنش خشکی گزارش نمودند. آن ها دلیل کاهش روغن در شرایط خشکی را به کمبود عناصر غذایی و کاهش طول دوره رشد نسبت دادند. در بررسی اثر سطوح نیتروژن بر درصد روغن نیز مشخص گردید که بیش ترین (۴۲/۴۰ درصد) و کم ترین (۴۱/۵۱ درصد) درصد روغن به ترتیب به تیمارهای عدم مصرف نیتروژن و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق گرفت (شکل ۳). علت این امر همبستگی منفی بین درصد روغن و میزان نیتروژن است. Barker and Sowyer, 2005 نیز بیان داشتند که با افزایش میزان نیتروژن، درصد روغن کلزا کاهش یافت. این پژوهشگران افزایش درصد پروتئین دانه را دلیل کاهش درصد روغن گزارش کردند.

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل

کمترین میزان عملکرد (۴۱۷/۷۰ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار آبیاری تا گلدی و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد، به طوری که این تیمار در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن از کاهش ۸۳/۳۷ درصدی از نظر عملکرد دانه برخوردار بود (جدول ۲). به نظر می رسد قطع آبیاری باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ، کاهش سطح برگ، پیری زودرس و کاهش انتقال مواد می شود که نتیجه آن کاهش فتوسنتز و عملکرد دانه است (Aiken and Klocke, 2012). محققان به این نتیجه رسیدند که کمبود آب بعد از مرحله گلدی به شدت رشد و نمو اندام های زایشی را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد دانه می شود (Aiken and Klocke, 2012). کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پُرکردن دانه و کاهش طول دوره پُرشدن دانه از مهم ترین اثرات خشکی بر عملکرد دانه است (Ozer, 2003). همچنین، از طرفی تنش خشکی از طریق کاهش معنی دار تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه منجر به کاهش عملکرد دانه شد، ضمن این که کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی بیشتر به علت کاهش تعداد دانه در طبق بوده است.

درصد و عملکرد روغن

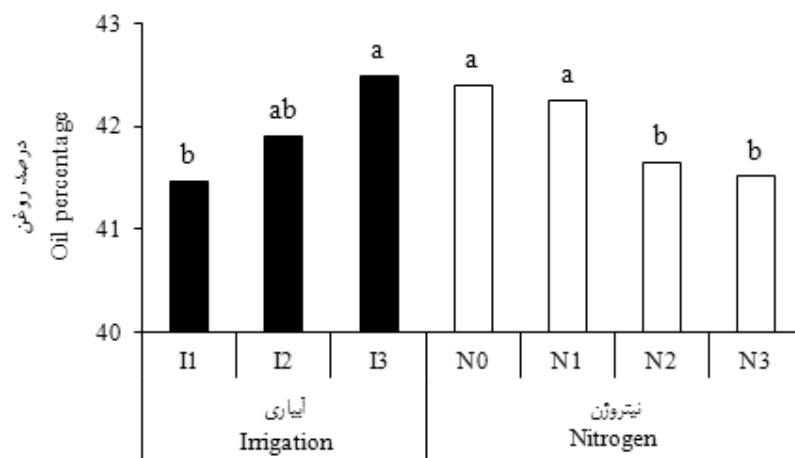
اثرات اصلی آبیاری و نیتروژن بر درصد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد، ولی اثر متقابل آن ها بر این ویژگی معنی دار نشد (جدول ۳). بیش ترین میزان درصد روغن (۴۲/۴۹ درصد) به تیمار

آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد روغن (۱۰۵۵/۲۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات کیفی دانه و کارایی زراعی نیتروژن در آفتابگردان
Table 3- Analysis of variance for the effect of irrigation and nitrogen on grain quality traits and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات				کارایی زراعی نیتروژن agronomic nitrogen use efficiency
		درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield	
تکرار (Replication)	2	1.11	17716	1.46	3042	14.12
آبیاری (I) Irrigation	2	3.11**	732606**	7.40**	169140**	65.50**
خطای a Error a	4	0.77	9199	0.23	2083	8.55
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	3	1.74**	301828**	0.38**	94261**	6.23*
I×N	6	0.21 ^{ns}	17486**	0.05 ^{ns}	4320**	1.75 ^{ns}
خطای b Error b	18	0.32	3159	0.11	993	1.14
ضریب تغییرات (%) CV (%)		1.36	9.67	1.50	10.21	17.15

* و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد
* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر درصد روغن دانه آفتابگردان (I₁-I₃: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N₀ تا N₃: به‌ترتیب صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 1- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on oil percentage of sunflower seed (I₁-I₃: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N₀-N₃: 0, 60, 120 and 180 kg N ha⁻¹, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

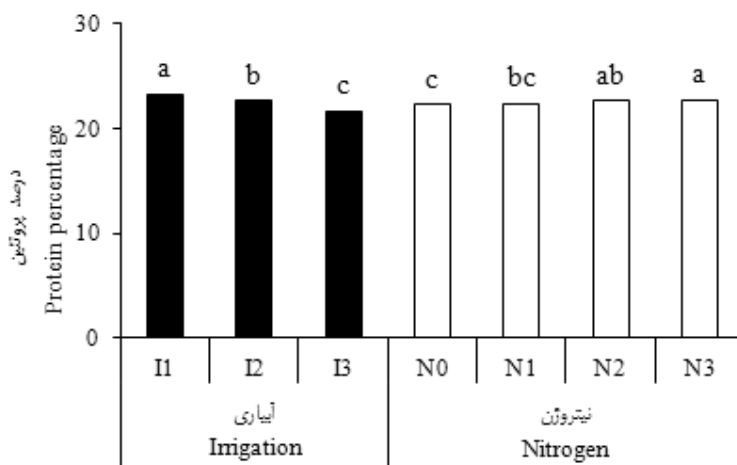
نسبت به آبیاری در کل دوره رشد می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در تیمار آبیاری تا گلدهی باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین شده است که با نتایج Jalilian, 2008 مطابقت دارد. مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین (۲۲/۷۰ درصد) دانه از مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید. هم‌چنین، کمترین میزان این ویژگی (۲۲/۳۶ درصد) از تیمار عدم مصرف نیتروژن حاصل شد (شکل ۴). در واقع، با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، مواد قابل‌دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیش‌تری به تشکیل پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل تولید هیدرات‌کربن کاهش خواهد یافت که این عامل باعث کاهش میزان درصد روغن و افزایش میزان پروتئین دانه می‌شود (Taheri et al., 2012).

اثر تیمارهای آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد پروتئین معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در نیتروژن حاکی از این بود که بیش‌ترین عملکرد پروتئین (۵۴۹/۳۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت.

کمترین میزان این ویژگی نیز که معادل ۱۷۵/۵۳ کیلوگرم در هکتار بود، به تیمار آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن تعلق گرفت که در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کاهش ۸۳/۳ درصدی برخوردار بود (جدول ۲). از آنجایی‌که عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به‌دست می‌آید، لذا به‌دلیل بالا بودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، برتری آن از نظر عملکرد روغن نیز دور از انتظار نبود. Goksoy et al, 2004 نتایج مشابهی را در گلرنگ گزارش کردند. آن‌ها کاهش عملکرد دانه و درصد روغن در تیمار تنش آبی را علت این امر گزارش کردند.

درصد و عملکرد پروتئین

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر این بود که اثر آبیاری و کود نیتروژن در سطح احتمال یک‌درصد بر درصد پروتئین معنی‌دار شد، ولی برهم‌کنش آن‌ها بر درصد پروتئین معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثر آبیاری بر درصد پروتئین دانه نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین (۲۳/۱۹ درصد) از تیمار آبیاری تا گلدهی و کمترین میزان آن (۲۱/۶۴ درصد) از آبیاری در کل دوره رشد به‌دست آمد (شکل ۴). بیش‌تر بودن درصد پروتئین در شرایط آبیاری تا گلدهی



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر درصد پروتئین دانه آفتابگردان (I₁ تا I₃: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N₀ تا N₃: به‌ترتیب صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

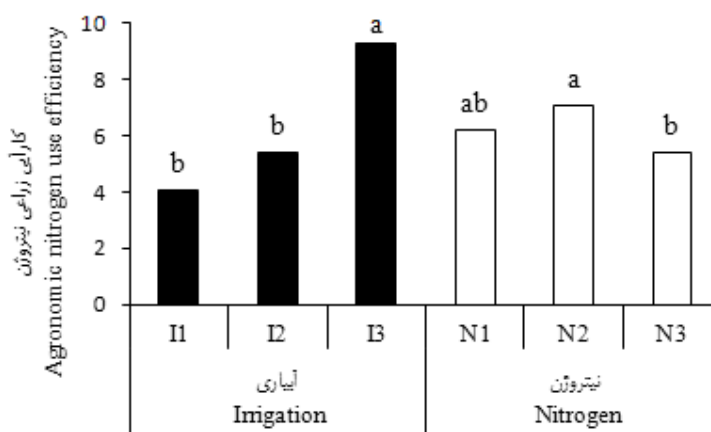
Figure 4- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on protein percentage of sunflower seed (I₁-I₃: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N₁-N₃: 0, 60, 120 and 180 kg N ha⁻¹, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

خصوصاً اگر بافت خاک قابلیت نگهداری رطوبت پایینی داشته باشد کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن می‌گردد. Hamzei, 2011 در بررسی اثر سطوح آبیاری بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن در کلزا دریافت که با کاهش میزان آب آبیاری کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافت. نامبرده دلیل کاهش این امر را به کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب نسبت داد. همچنین، نتایج این تحقیق با نتایج Gan et al, 2008 هماهنگ است. مقایسه میانگین کارایی زراعی نیتروژن در سطوح مختلف نیتروژن حاکی از این بود که بیش‌ترین کارایی زراعی نیتروژن (۷/۰۸ کیلوگرم بر کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن و کم‌ترین میزان آن (۵/۴۲ کیلوگرم بر کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. به‌طوری‌که، تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از افزایش ۲۳ درصدی از نظر کارایی زراعی نیتروژن برخوردار بود (شکل ۵). به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارایی زراعی نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن افزایش سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آب‌شویی و تصعید و در نتیجه عدم استفاده مؤثر از نیتروژن باشد (Mojadam, 2008). Sinebo et al, 2004 در تحقیق خود دریافتند که با افزایش در میزان نیتروژن مصرفی، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد.

کم‌ترین مقدار آن (۹۵/۴۱ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد (جدول ۲). عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه به‌دست می‌آید، لذا به‌دلیل بالا بودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری در کل دوره رشد و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، برتری آن از نظر عملکرد پروتئین نیز کاملاً طبیعی است. Timsina et al, 2001 نیز کاهش عملکرد دانه در اثر تنش ناشی از خشکی و کمبود نیتروژن را دلیل کاهش عملکرد پروتئین گزارش کردند.

کارایی زراعی نیتروژن

آبیاری و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر کارایی زراعی نیتروژن تأثیر معنی‌دار داشتند ولی اثر متقابل آن‌ها بر این ویژگی معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیش‌ترین کارایی زراعی نیتروژن (۹/۲۵ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن) را تیمار آبیاری در کل دوره رشد به‌خود اختصاص داد کم‌ترین میزان این ویژگی که معادل ۴/۰۵ کیلوگرم بر کیلوگرم در هکتار بود، از تیمار آبیاری تا گلدهی به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد کارایی زراعی نیتروژن را ۵۶ درصد کاهش داد (شکل ۵). آب به‌دلیل نقش آن در فرآیندهای جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد ضروری است. هنگامی‌که مقدار آب مصرفی کاهش یابد امکان جذب بیشتر عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن فراهم نشده و هدررفت آن



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن (I₁ تا I₃: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N₀ تا N₃: به‌ترتیب صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 5- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on agronomic nitrogen use efficiency (I₁-I₃: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N₁-N₃: 0, 60, 120 and 180 kg N ha⁻¹, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش کلیه صفات به جز درصد پروتئین دانه شد. آبیاری تا گلدهی بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد نهایی آفتابگردان داشت. تیمار آبیاری در کل دوره رشد (آبیاری به فاصله هر هفت روز یکبار) به همراه مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد دانه، روغن و پروتئین را داشت ولی این تیمار با تیمار آبیاری در کل

دوره رشد و مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی دار نداشت. همچنین، کارایی زراعی مصرف نیتروژن در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به طور معنی داری بیش تر از نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم بود. لذا، می توان اظهار داشت که آبیاری مزرعه آفتابگردان در کل دوره رشد و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می تواند ضمن کاهش هزینه کود نیتروژن، عملکرد رضایت بخشی داشته باشد.

References

1. Abasi, A., Farahvash, H., Kazemi, A., and Mosavizadeh, E. 2008. Effects of water stress on some morphological characteristics of sunflower cultivars. *Journal of Research in Agricultural Science* 8 (2): 1-10.
2. Abraham, N. A. 2001. Determinants of sunflower seed quality for processing (Growth and development of the seed, Chapter 1). University of Pretoria. Pp. 22.
3. Aiken, R. M., and Klocke, N. L. 2012. Inferring transpiration control from sap flow heat gauges and the Penman-Monteith equation. *Transactions. of the ASABE* 55 (2): 543-549
4. Ali, M. D. H., and Shui, L. T. 2009. Potential evapotranspiration model for muda irrigation project, Malaysia. *Water Resources Management* 23 (1): 57-69.
5. Alizadeh, A. 2005. A review of national drought preparedness strategies and action plant in forren countries. Paper on drought management strategy. FAO and ministry of Jihad, Agriculture, IR of Iran.
6. Ataei, M., Karimi, B., Naseri, A., Lotfi, F., and Mottaghi, S. 2008. Investigate the effect of limited irrigation on agronomic traits and yield of sunflower cultivars. *Plants and Ecosystems* 22 (6): 89-110.
7. Bani Saeidi, A. 2012. The effect of nitrogen on yield, yield components and nitrogen use efficiency of sunflower cultivars in Khuzestan conditions. *Crop Physiology* 15(4): 71-86.
8. Barker, W. B., and Sowyer, J. E. 2005. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. *Agronomy Journal* 97(2): 615-619.
9. Behbodi, B., and Beheshti, A. R. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. *Australian Journal of Crop Science* 4(3): 185-189.
10. Beyazgul, M., Kayam, Y., and Engelsman, F. 2000. Estimation methods for crop water requirements in the Gediz Basin of western Turkey. *Journal of Hydrology* 229(2): 19-26.
11. Cabuslay, G. S., Ito, O., and Alejar, A. A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. *Plant Science* 163(4): 815-827.
12. Chimenti, C. A., and Pearsonand, J. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research* 75(3): 235-246.
13. El-Gizawy, N. K. B. 2009. Effects of nitrogen rate and plant density on agronomic nitrogen efficiency and maize yield following wheat and fababea. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 5(3): 378-386.
14. El-Sayed, K. A., Ross, S. A., El-Sohly, M. A., Khalafall, M. M., Abdel Halim, O. B., and Ikegami, F. 2000. Effect of different fertilizers on the amino acid, fatty acid and essential oil composition of *Nigella sativa* seeds. *Saudi Pharmaceutical Journal* 8(4): 175-182.
15. Emam, Y. 2006. Agriculture Cereals. Shiraz University. Iran. (In Persian)
16. Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. *Agricultural Research Centre, Ethiopia* 82: 247-256.
17. Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., and De Caro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy* 17(3): 221-230.
18. Flenet, F., Boundials, A., and suraiva, C. 1996. Sunflower response to a range of soil water content. *European Journal of Agronomy* 5(4): 161- 167.
19. Gan, Y., Malhi, S. S., Brandt, S., Katepa-Mupondwad, F., and Stevenson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of juncea canola under diverse environments. *Agronomy Journal* 2(100): 285-295.
20. Gholinazad, A., Ayeneband, A., Hasanzadeh, E. 2009. Effect of drought stress and nitrogen levels of density on yield, yield components and harvest index Euroflour cultivar of sunflower in Urmia. *Journal of Plant Production* 16(3): 127-140.

21. Goksoy, A. T., Demir, A. O., Turan, Z. M., and Dagustu, N. 2004. Responses of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research* 87 (2): 167-178.
22. Hamzei, J. 2011. Seed, oil, and protein yields of canola under combinations of irrigation and nitrogen application. *Agronomy Journal* 103(33): 1152-1158.
23. Jalilian, J. 2008. The effect of organic fertilizers and different levels of nitrogen fertilization on yield and quantitative and qualitative characteristics of sunflower in conditions of water stress. PhD. Thesis, University of Tarbiat Modarres, Iran (In Farsi).
24. Kiani, M., Gheysari, M., Mostafazadeh-Fard, B., Majidi, M. M. and Landi, E. 2014. Determination of crop water use and crop coefficient of two hybrids of sunflower (euroflor and sirna) under drip-tape irrigation system. *Journal of Science and Technological Agriculture and Natural Resources* 67: 289-299.
25. Malhi, S. S., and Gill, K. S. 2004. Placement, rate and source of N, seed row opener and seedling depth effect of canola production. *Canadian Journal Plant Science* 84(3): 719-729.
26. Mendegar, S., Mojadam, M., Soltani, H., and Danaei, A. K. 2011. Effect of withholding irrigation times on some quantitative and qualitative characteristics of oil sunflower hybrids. *Journal of Crop Improvement* 1(3): 39-54.
27. Mojadam, M. 2008. Effects of water deficit stress and nitrogen management on dry matter distribution and some morphological characteristics of corn. *Journal of Environmental Stresses in Plant Science* 1(2): 123-136.
28. Moradi, M., Motamed, M. K., Azarpour, E., and Khosravi Danesh, R. 2012. Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. *Journal of Agricultural and Biological Science* 7(2): 133-137.
29. Naseri, R., Kazemi, E., Mahmoodian, L., Mirzaei, A., and Soleymanifad, A. 2012. Study on effects of different plant density on seed yield, oil and protein content of four canola cultivars in western Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4(2): 70-78.
30. Nawaz, G., Sarwar, M., Yousaf, T., Ahmad, A., and Shah, M. J. 2003. Yield and yield component of sunflower as affected by various NPK levels. *Asian Journal of Plant Science* 2(7): 561- 562.
31. Nazemie, A., Khazaei, H. R., Boromand Rezazadeh, Z., and Hosseini, A. 2008. Effect of drought stress and defoliation on sunflower in controlled conditions. *Desert* 12: 99-104.
32. Omid, A. H. 2008. Effect of drought stress in different growth stages on yield and some agronomic and physiological characteristics of three varieties of safflower. *Seed and Plant Production Journal* 25(1): 15-31.
33. Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agriculture* 19(3): 453-463.
34. Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology* 161(11): 1189-1202.
35. Roshdi, M., Rezadost, S., and Zainalzade, A. 2005. A survey on the effect of different levels of irrigation features on the qualitative and quantitative varieties of sunflower. *Journal of Agricultural Water Management* 14(3): 113-123.
36. Salemi, H. R., Afiuni, D. 2005. The impact of limited irrigation on grain yield and yield components of several new wheat varieties. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 12(3): 11-20.
37. Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola. *American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 2(4): 417-422.
38. Sinebo, W., Gretzmacher, R., and Edelbauer, A. 2004. Genotypic variation for nitrogen use efficiency in Ethiopian barley. *Field Crops Research* 85(1): 43-60.
39. Stone, L. R., Goodrum, D. E. Jaffar, M. N., and Khan, A. H. 2001. Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. *Agronomy Journal* 93(5):1105-1110.
40. Taheri, E., Soleymani, A., and Javanmard, H. R. 2012. The effect of different nitrogen levels on oil yield and harvest index of two spring rapeseed cultivars in Isfahan region. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4(20): 1496-1498.
41. Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M. R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity and nitrogen use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. *Field Crops Research* 72: 43-161.
42. Walker, A. J. 2001. The effects of soil fertilizer, nitrogen and moisture on yield, oil and protein of flaxseed. *Field Crop Research* 932: 101-114.



Effect of Irrigation and Nitrogen on Agronomic Parameters, Yield, Grain Quality and Agronomic Nitrogen Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L.)

J. Hamzei^{1*} - H. Nejafi² - M. Babaei²

Received: 11-04-2014

Accepted: 22-12-2015

Introduction

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the most important oil crops in the world. Iran is climatically regarded as an arid and semi-arid region in the world, where the lack of precipitation and its inappropriate distribution, high temperature and extensive evaporation makes the irrigation the main way for meeting plants water demand. Hence, studying the effect of irrigation on agriculture is more important in arid and semi-arid regions. In addition, nitrogen is one of the major nutrients which enhance the metabolic processes that lead to increases in vegetative, reproductive growth and yield of crops. Due to their importance and multiple functions in plant living processes, water and nitrogen are considered as important environmental factors affecting plants cultivation and production. Therefore, the current study was carried out to evaluate the effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, yield components, grain quality and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower.

Materials and Methods

Experiment was carried out as split plot based on randomized complete block design with three replications at Bu-Ali Sina University during 2012 growing season. Irrigation (irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period) and nitrogen fertilizer (0, 60, 120 and 180 kg. ha⁻¹) were assigned in main and sub plots, respectively.

Results and Discussion

Results indicated that the effect of irrigation and nitrogen was significant on all traits. The highest plant height, seed weight, oil percentages and agronomic nitrogen use efficiency were obtained at full irrigation treatment. The lowest value of these traits was obtained at irrigation till flowering stage. Moreover, the highest and the lowest protein percentages were revealed at irrigation till flowering stage and irrigation at total growth period, respectively. Mean comparison for nitrogen levels showed that the highest plant height, seed weight and protein percentages were achieved in treatment with 180 kg N ha⁻¹ and maximum agronomic nitrogen use efficiency was obtained in the treatment of 120 kg N ha⁻¹. Effect of treatment interactions on antheridium diameter, the number of seeds per antheridium and grain, oil and protein yields were significant. The highest antheridium diameter, the number of seeds per antheridium, grain, oil and protein yields was obtained under irrigation treatment during total growth period and application of 180 kg N ha⁻¹ had no significant difference with irrigation during total growth period and application of 120 kg N ha⁻¹. The lowest values for these traits were revealed under irrigation treatment till flowering stage and non-application of N. Decreasing of plant height and antheridium diameter under water and nitrogen deficiency conditions can be related to the high sensitivity of cell division and growth to drought stress since the decrease in water potential of tissues reduced cell turgor pressure which it was not enough to their enlargement and it led to the decrease in cell enlargement. Since potential flower number is the factor changing seed number per antheridium which is determined particularly by leaf expansion during vegetative growth period. Water deficit stress during growing period decreases plant photosynthesis source and enzymatic activity by the decrease in leaf area and its shedding and then, it decreases antheridium size and flower number per antheridium. It can be said that seed, oil and protein yields decreased under deficit irrigation conditions due to the decrease in plant growing period, seed filling, antheridium diameter, seed number per antheridium and 1000-seeds weight and the increase in empty seeds percentage per antheridium.

1- Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2- Former MSc. Student, Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

(* - Corresponding Author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

Conclusions

It can be concluded that full irrigation and consumption of 120 kg N ha⁻¹ is suitable for production the highest grain and oil yields and it improves agronomic nitrogen use efficiency in sunflower cultivation.

Keywords: Chemical fertilizer, Growth, Oil percent, Oil seed, Protein percent, Irrigation water management



اثر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر برخی ویژگی‌های کیفی علوفه ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth) در شرایط گلخانه

رضا کمائی^۱ - مهدی پارسا^{۲*} - محسن جهان^۲ - حسین رجائی شریف‌آبادی^۳ - عباسعلی ناصریان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۴

چکیده

مدیریت کود یک عامل مهم در موفقیت کشت گیاهان زراعی می‌باشد. کاربرد کودهای زیستی در تولید این گیاهان با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه مصرف نهاده‌های شیمیایی و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود رشد و کیفیت گیاه، از اهمیت زیادی برخوردار است. به منظور بررسی واکنش برخی از ویژگی‌های کیفی علوفه ماشک گل خوشه‌ای به استفاده از کودهای زیستی، شیمیایی و آلی، آزمایشی به صورت طرح کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه نوع کود بیولوژیک و تلفیق آن‌ها با یکدیگر و ورمی کمپوست و کود شیمیایی به شرح زیر بود: ۱- قارچ میکوریزا آریسکولار گونه *Glomus mosseae* + ورمی کمپوست، ۲- قارچ میکوریزا + نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azospirillum sp.* و *Azotobacter sp.*)، ۳- قارچ میکوریزا + ریزوبیوم (*R. leguminosarum*)، ۴- قارچ میکوریزا + کود شیمیایی NPK، ۵- قارچ میکوریزا *Glomus mosseae* و ۶- شاهد. در این آزمایش، هرچند تیمارها اثر معنی‌داری بر میزان خاکستر، NDF و ADF نداشتند، اما بر صفات و ویژگی‌های پروتئین خام، گوارش‌پذیری ماده خشک و گوارش‌پذیری ماده آلی دارای اثر معنی‌داری بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین خام (۲۷/۳۳ درصد)، خاکستر (۴/۹۶ درصد) و گوارش‌پذیری ماده آلی (۷۷/۸۶ درصد) در تیمار تلفیقی میکوریزا و ریزوبیوم و بیش‌ترین درصد گوارش‌پذیری ماده خشک (۷۳/۴۴ درصد) از تیمار تلفیقی کود میکوریزا و نیتروکسین حاصل شد. با توجه به نتایج آزمایش، بهترین تیمار کودی برای ماشک گل خوشه‌ای مخلوط قارچ میکوریزا و کود زیستی ریزوبیوم پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: گوارش‌پذیری ماده خشک، گوارش‌پذیری ماده آلی، میکوریزا، نیتروکسین، ورمی کمپوست

مقدمه

جزء مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیا طبقه‌بندی می‌شوند. با این وجود در بیشتر کشورهای جهان تحقیق و پژوهش در ارتباط با افزایش تولید و بهبود خصوصیات کیفی این گیاهان در مقایسه با سایر محصولات زراعی اندک است. در کشور ما نیز با توجه به کمبود مراتع غنی و فشار دام بر آن‌ها بررسی و مطالعه پیرامون کشت این محصولات اهمیت ویژه‌ای دارد (Mirlohi et al., 2001).

ارزش یک علوفه را نمی‌توان تنها از روی عملکرد ماده خشک آن در واحد سطح مشخص نمود (Kochehi., 1986). آنچه که در حقیقت مهم است، مقدار ماده‌ای است که عملاً قابل استفاده دام می‌باشد (Anonymous, 1983) معیارهای اساسی در تعیین کیفیت علوفه شامل درصد پروتئین، درصد دیواره سلولی و قابلیت هضم آن می‌باشد (Mirlohi et al., 2001). در این میان قابلیت هضم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا ارتباط مستقیم با میزان انرژی و سایر مواد مغذی قابل دریافت توسط دام دارد (Tilley and Terry., 1963). فیشر و فولر (Fisher and Fowler., 1975) اعلام کردند که ارزش غذایی یک علوفه به وسیله مقدار انرژی که برای دام تعیین می‌کند معین می‌شود، و بهترین راه برای تعیین مقدار انرژی یک علوفه مشخص کردن قابلیت هضم آن علوفه است.

اطلاعات موجود در زمینه تأمین مواد غذایی جهان نشان از وخامت روزافزون اوضاع دارد. حداقل ۵۰۰ میلیون نفر از جمعیت جهان مواجه با کمبود شدید مواد پروتئینی هستند. حدود ۲/۳ جمعیت جهان از سوء تغذیه رنج می‌برند. هر ۲/۵ سال جمعیت جهان حدود ۲۰۰ میلیون نفر افزایش می‌یابد (Amanlou, 1993). در این میان تقاضا برای منابع پروتئین دامی به سرعت در جهان در حال افزایش بوده و هر ساله به نیاز برای تولید بیشتر منابع پروتئین دامی افزوده می‌شود. گیاهان علوفه‌ای دارای نقش عمده‌ای در تغذیه دام بوده و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی دکتری تخصصی تغذیه دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استاد گروه علوم دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: parsa@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.43338

افزایش می‌دهند. بنابراین روی آن قسمت از مواد آلی که اکسایش یافته و تثبیت شده، سبب پدیده هوموسی شدن می‌شوند. در نتیجه این عمل، مواد آلی دفعی از روده کرم، با مواد اولیه خود بسیار متفاوت است (Martin et al., 1997). گلن و همکاران (Glenn et al., 1992) بیان داشتند که استفاده از ورمی کمپوست یک راه جدید و مناسب برای تأمین نیاز غذایی گیاه می‌باشد که علاوه بر آن کیفیت خاک را هم بهبود می‌بخشد. از طرفی ورمی کمپوست باعث بهبود ساختمان فیزیکی خاک و بهبود رشد ریشه گیاه می‌شود (Coleman and Moore, 2003).

فارنورس و راکستون (Farnworth and Ruxton, 1973) گزارش کردند که کاربرد مقادیر مختلف کود زیستی باعث افزایش مقدار پروتئین در سورگوم علوفه ای (*Sorghum*) می‌شود. مینسون (Minson, 1990) گزارش کرد که مقادیر مختلف کودهای نیتروژنه بر روی قابلیت هضم ماده خشک تأثیر بسیار کمی دارد. ویلسون (Wilson., 1994) در بررسی اثر میزان نیتروژن فراهم شده برای گیاه بر روی قابلیت هضم گیاه ارزن (*Panicum miliaceum*) مشاهده کرد که با افزایش میزان نیتروژن در دسترس، قابلیت هضم برگ‌های ارزن به میزان سه درصد افزایش یافت. گوتو و مینسون (Goto and Minson, 1977) گزارش کردند که پروتئین خام هم‌بستگی مثبت بالایی با قابلیت هضم ماده خشک و هم‌بستگی منفی بالایی با اجزاء دیواره سلولی دارا می‌باشد. قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2002) اثر کودهای مختلف دامی و شیمیایی را بر شاخص‌های کیفی ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که اثر نوع کود بر درصد پروتئین و درصد خاکستر معنی‌دار بوده و بیش‌ترین درصد خاکستر در کود دامی و بیش‌ترین درصد پروتئین در کود شیمیایی مشاهده شد. اثر سطوح کود بر روی درصد فیبر محلول، درصد پروتئین، درصد خاکستر و درصد نیتروژن معنی‌دار بود. مهرورز و چاپچی (Mehrvarz and Chaichi, 2008) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ مایکوریزا به‌صورت منفرد و تلفیقی می‌تواند باعث افزایش قابل توجه درصد پروتئین دانه و کاهش NDF و افزایش درصد خاکستر علوفه در گیاه جو (*Hordeum vulgare*) شود.

تعیین قابلیت هضم نباتات علوفه‌ای به روش مستقیم با استفاده از حیوان (این‌ویوو) پرهزینه و بسیار وقت‌گیر بوده و به مقادیر زیادی علوفه نیاز دارد. هم‌چنین نتایج حاصله بر حسب سن، جنس، وضعیت سلامتی حیوان، سطح مصرف غذا و روشی که غذا به‌وسیله آن تهیه شده متفاوت است (Tilley and Terry, 1963). لذا در این تحقیق سعی شده است که با استفاده از روش این‌ویترو^۲ خصوصیات کیفی

از طرفی استفاده از منابع بیولوژیک در کشاورزی دارای قدمت بسیار زیادی است و در گذشته نه‌چندان دور تمام مواد غذایی مورد مصرف انسان با استفاده از چنین منابع ارزشمندی تولید می‌شدند. استفاده بهینه از منابع بیولوژیک نه‌تنها دارای اثرات مثبتی بر خصوصیات خاک می‌باشد، بلکه جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نیز مفید بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد (Dodd, 2000). بنابراین استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم که بیش‌ترین سازگاری و کارایی را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد می‌تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید واقع شود.

قارچ‌های میکوریزا از عوامل ضروری در سیستم پایدار خاک-گیاه محسوب می‌شوند که با ریشه بیش از ۹۷ درصد گیاهان هم‌زیستی دارند (Smith and Read, 2008). اهمیت میکوریزا در کشاورزی بر پایه نقش ویژه آن به عنوان حلقه ارتباطی بین خاک و گیاه استوار است. قارچ‌های میکوریزا به دلیل افزایش مؤثر سطح جذب ریشه از طریق ایجاد هیف، سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌وسیله گیاهان می‌شوند. تخمین زده می‌شود که حدود ۸۰ درصد جذب فسفر توسط گیاه به‌وسیله قارچ‌های میکوریزا صورت می‌گیرد (Kurdali et al., 1996)، هم‌چنین این قارچ سبب بهبود جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، مس و روی در خاک‌های فقیر می‌شود (Smith and Read, 2008). در سالهای اخیر به دلیل توانایی‌های ذاتی با ارزشی که در بسیاری از موجودات زنده خاک شناسایی شده، این موجودات میکروسکوپی مفید در کانون توجه محققین مختلف قرار گرفته‌اند. ریزوبیوم‌ها به دلیل توان بی‌مانند خود در برقراری هم‌زیستی با گیاهان خانواده لگومینوز و ایجاد سیستم‌هایی بسیار توانمند در تثبیت نیتروژن ملکولی، قادر به تأمین بخش قابل توجهی از نیاز نیتروژنی اکوسیستم‌های زراعی در سطح جهانی می‌باشند. از جمله فعالیت‌های مفید این باکتری‌ها، می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه به‌ویژه اکسین‌ها (IAA) و ترکیبات مشابه آن توسط سویه‌های مختلف ریزوبیومی اشاره داشت (Whalen and Chang., 2002).

کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های همیار آزادی از جمله آزوسپیریلوم (*Azospirillum* sp.) و ازتوباکتر (*Azotobacter* sp.) می‌باشد که علاوه بر تثبیت ازت اتمسفری در محیط ریشه گیاه، توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های B، اسیدنیکوتینیک، اسیدپنتوتنیک، اکسین‌ها و جیبرلین‌ها را دارند که باعث بهبود رشد ریشه و در نتیجه افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردند (Kader et al., 2002). ورمی کمپوست حاصل یک فرایند نیمه‌هوازی است که طی تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکزی تولید می‌شود (Haghparast tanha, 1993). کرم‌های خاکی با تکه‌تکه کردن مواد زاید، فعالیت میکروبی و تجزیه مواد آلی را

1- in vivo

2- in vitro

گیاه مورد بررسی قرار گیرد.

ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia vilosa* Roth) از جمله گیاهانی است که در مراتع و علزارها به صورت خودرو رشد می‌کند. ماشک‌ها برای حفاظت و اصلاح ساختمان خاک، به عنوان کود سبز علوفه خشک، سیلو و علوفه سبز کشت می‌شوند. علوفه ماشک‌ها برای دام‌ها مناسب و میزان پروتئین آن در زمان مناسب برداشت در حدود ۲۰-۱۵ درصد است (Karimi, 1988). ارزش غذایی ماشک با یونجه (*medicago sativa*) برابر است، ولی امتیاز آن نسبت به یونجه عدم ایجاد نفخ در دام‌هاست (Kurdali et al., 1996). ماشک‌های گل‌خوشه‌ای اغلب گیاهان بوته‌ای هستند که ساقه‌های ضعیف و شاخه‌های برگ‌دار چندجفتی و یا برگ مرکب دارند و رگبرگ‌های مرکب آن‌ها به پیچک‌هایی منتهی می‌شود (Karimi, 1988). با توجه به اهمیت گیاهان علوفه‌ای با توان تولید علوفه بالا نظیر ماشک گل‌خوشه‌ای و نیز بررسی اثر عوامل محیطی بر کیفیت علوفه، در این طرح اثر کاربرد کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر کیفیت علوفه ماشک گل‌خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بذر ماشک گل‌خوشه‌ای رقم پانونیکا (*Vicia villosa* Roth) از مرکز تحقیقات کشاورزی طرق تهیه و استفاده شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۶۰×۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت ردیفی انجام و بذور با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر کاشته شد. کشت مستقیماً در خاک (و نه گلدان) انجام شد. بدین منظور یکی از واحدهای گلخانه به طور کامل که فاقد کف بتنی بود به این آزمایش اختصاص یافت. تیمارهای مورد مطالعه شامل: ۱- قارچ میکوریزا آربسکولار گونه *Glomus mosseae* + ورمی کمپوست (M+V)، ۲- قارچ میکوریزا + نیتروکسین (دارای باکتری‌های *Azospirillum sp.* و *(M+N) Azotobacter sp.*)، ۳- قارچ میکوریزا + ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) (M+R)، ۴- قارچ میکوریزا + کود شیمیایی NPK (۲۰-۴۰-۴۰) (M+NPK)، ۵- قارچ میکوریزا (M) و ۶- شاهد (C) بود. عملیات مخلوط کردن تیمارهای قارچ میکوریزا، ورمی کمپوست و کود شیمیایی با خاک قبل از کاشت انجام و مواد مذکور به طور کامل تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. تلقیح بذور با کودهای بیولوژیک مورد استفاده نیز ضمن پرهیز از نور خورشید و سایر نکات لازم در روز کاشت انجام

شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام و به منظور بهبود سبز شدن گیاهچه‌ها، آبیاری بعدی به فاصله چهار روز انجام شد و آبیاری‌های بعدی در فواصل منظم ۱۰ روزه اعمال گردید. پس از استقرار گیاه و رسیدن ارتفاع بوته‌ها به ۱۰ سانتی‌متری گیاهان تنک شدند. عملیات وجین علف‌های هرز پنج مرتبه و در مواقع نیاز انجام شد. برداشت، زمانی انجام شد که مزرعه تقریباً در مرحله ۱۰ درصد گلدهی بود. در مرحله برداشت از طریق نمونه برداری مربعی نمونه‌ای به اندازه نیاز برداشت شد و تحت درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آن قرار داده شد. نمونه به منظور اندازه‌گیری خصوصیات کیفی با استفاده از آسیاب برقی با مش یک میلی‌متر آسیاب شد. برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی، مایع شکمبه ۲ ساعت پیش از مصرف خوراک وعده صبح از دو گاو نر فیستولدار تغذیه شده در سطح نگهداری جمع‌آوری شد. مقدار ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک از هر نمونه (سه تکرار) با ۳۰ میلی لیتر مخلوط بافر، مطابق با روش منک و استینگاس (Menke and Staingass, 1988) و مایع شکمبه (نسبت ۲ به ۱) در بطری‌های شیشه‌ای ریخته شده و درب آن‌ها با استفاده از درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی کاملاً بسته و در دمای ۳۹ درجه به مدت ۹۶ ساعت انکوباسیون شدند. برای محاسبه ناپدید شدن ماده خشک، محتوی بطری‌ها با پارچه با منافذ ۴۲ میکرومتر صاف شد و باقی مانده آن در دمای ۶۰ درجه آن به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. برای محاسبه‌ی گوارش پذیری ماده آلی، باقی مانده‌ی مواد پس از خشک شدن، در کوره الکتریکی و دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شد و مقدار خاکستر باقی مانده از مقدار کل ماده باقی مانده پس از آن کسر گردید. برای تعیین میزان پروتئین خام نمونه‌ها، از روش ماکرو کجلدال استفاده گردید. اندازه‌گیری مقدار NDF و ADF نمونه‌ها با استفاده از روش ون سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) تعیین شد. تجزیه واریانس و تحلیل داده‌های آزمایشی و رسم شکل‌های مربوط به آن‌ها، توسط نرم‌افزار MS-Excel Ver. 11 و SAS صورت گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر پروتئین خام، گوارش پذیری ماده خشک و گوارش پذیری ماده آلی عملکرد خشک بود (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil for experimental site

Soil texture	Available nitrogen (ppm)	P (PPM)	Potassium (PPM)	PH	EC (dS m ⁻¹)	OC (%)	OM (%)
شنی لومی Sandy loam	65.4	66.7	356	7.92	7.86	1.32	2.28

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کیفیت علوفه ماشک گل خوشه‌ای تحت تأثیر کودهای مختلف

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for qualitative properties of grain *Vicia villosa* Roth forage

میانگین مربعات								
منابع تغییر (Source of variation)	درجه آزادی (df)	پروتئین خام (Crude protein)	خاکستر (ash)	NDF	ADF	گوارش پذیری ماده خشک (Dry matter digestibility)	گوارش پذیری ماده آلی (Organic matter digestibility)	عملکرد خشک (Yield dry)
تیمار (Treatment)	5	10.87**	0.38 ^{ns}	10.09 ^{ns}	13.58 ^{ns}	68.22 **	49.86 **	12614.7 **
Error (خطا)	12	0.64	0.47	36.43	5.8	3.35	14.33	980/1

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

ns, *, **: non-significant, significant at $p = 0.05$ and $p = 0.01$, respectively

پروتئین خام

شکل ۱ میزان پروتئین در اثر کاربرد انواع میکروارگانیسم و کود را نشان می‌دهد. اثر کاربرد انواع میکروارگانیسم و کود بر میزان پروتئین ماشک گل خوشه‌ای معنی‌دار بود. در این آزمایش، تلقیح دوگانه کود زیستی ریزوبیوم و میکوریزا بیش‌ترین میزان پروتئین (۳۷/۳۳ درصد) را باعث شد. و کمترین مقدار پروتئین را تیمار شاهد (۱۷/۵۸ درصد) داشت.

با توجه به نتایج حاصله در مورد تثبیت نیتروژن و میزان نیتروژن پیکره گیاهی بین تیمارهای مختلف و همچنین با توجه به نقش بنیادین این عنصر در ساختمان اسیدهای آمینه که پیش‌سازهای پروتئین باشد، می‌توان چنین استدلال نمود که تیمارهای وجود کود بیولوژیک و یا تیمارهایی با میزان فسفر محلول بیشتر به علت جذب و فراهمی بیشتر نیتروژن در ساختار خود، میزان پروتئین بیشتری را دارا می‌باشند (Zeidan et al., 2001). گزارش شده است که میزان پروتئین خام ذرت و گندم، هنگام تلقیح با PGPR به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (Yolcu et al., 2011). می‌توان گفت که تثبیت نیتروژن توسط باکتری ریزوبیوم و باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم و نیز آزادسازی ترکیبات نیتروژنه از ورمی‌کمپوست در طول فصل رشد باعث افزایش قابل‌توجه میزان پروتئین در این تیمارها نسبت به تیمار شاهد شده است (Saeidnezhad et al., 2012).

در آزمایش دیگری مشخص شد که تلقیح توأم ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و ریزوباکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات در ریزوسفر یونجه باعث افزایش جذب فسفر و نیتروژن و در نهایت پروتئین می‌گردد (Toro., 1998)

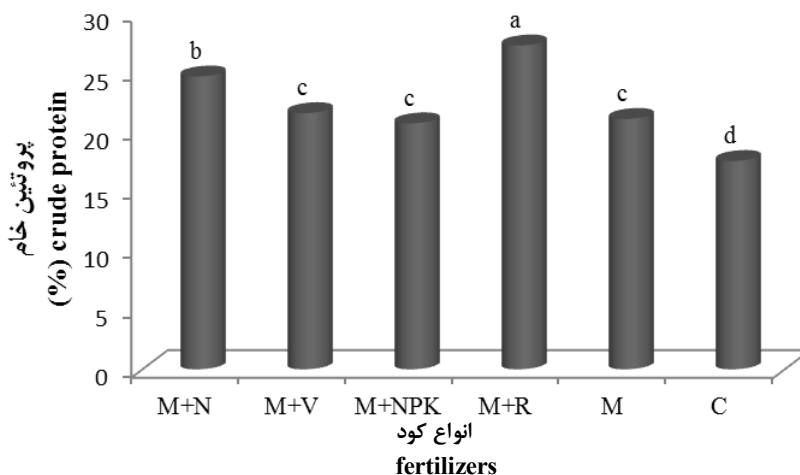
خاکستر

درصد خاکستر علوفه در واقع بیان‌گر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی می‌باشد (Hail., 2009). عناصر معدنی در علوفه به لحاظ این که در متابولیسم حیوان شرکت کرده و برای فعالیت سلول‌های بدن لازم می‌باشند، مهم هستند. عناصر معدنی می‌توانند در کیفیت علوفه مؤثر باشند (Sharma., 2002). بررسی میزان خاکستر در پاسخ به تیمارهای مختلف نشان داد که میزان خاکستر ماشک گل خوشه‌ای در هیچ‌کدام از تیمارها معنی‌دار نیست. بیش‌ترین و کمترین مقدار خاکستر به ترتیب تحت تأثیر تیمار تلفیقی میکوریزا و ریزوبیوم با ۴/۹۶ و شاهد با ۴/۱۶ درصد به‌دست آمد (شکل ۲).

در آزمایشی که سعیدنژاد و همکاران (Saeidnezhad et al., 2012) بر روی سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید انجام دادند، نشان داد که تیمار سودمونا و کمپوست نسبت به تیمارهای دیگر میزان بیشتری خاکستر داشت و تیمار کود شیمیایی و شاهد کمترین میزان خاکستر را دارا بود. در واقع میکروارگانیسم‌ها با استقرار در منطقه

نقش مهمی دربالا بردن هم‌بستگی بین جذب عناصری مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و نیتروژن دارند که باعث افزایش میزان خاکستر علوفه خواهد شد.

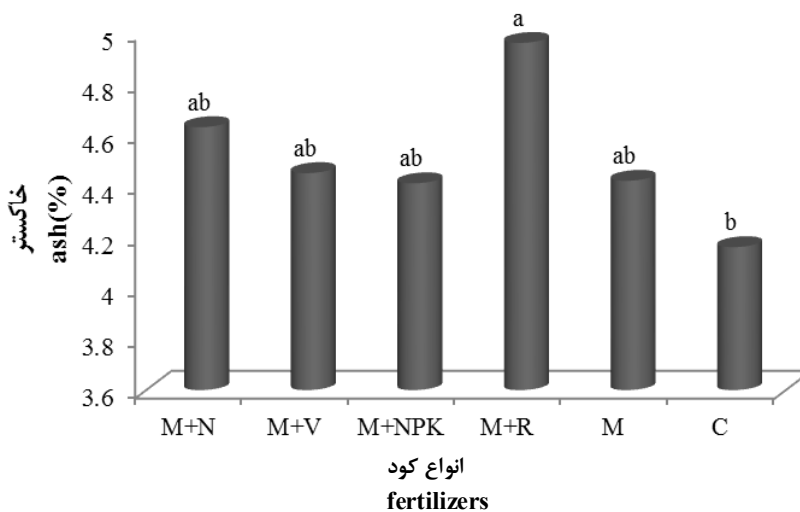
ریزوسفر از ترشحات ریشه استفاده نموده و با تغییر pH و یا ترشح آنزیم‌ها شرایط را برای تبدیل فسفر نامحلول به شکل قابل‌استفاده فراهم می‌سازند (Afrasiabi *et al.*, 2010). به‌علاوه، این ریزسازوارها



شکل ۱- تغییرات پروتئین خام گیاه ماشک گل خوشه‌ای تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد است)

Figure 1- Changes in crude protein of *Vicia villosa* Roth plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۲- تغییرات خاکستر گیاه ماشک گل خوشه‌ای تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد است)

Figure 2- Changes ash of *Vicia villosa* Roth plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

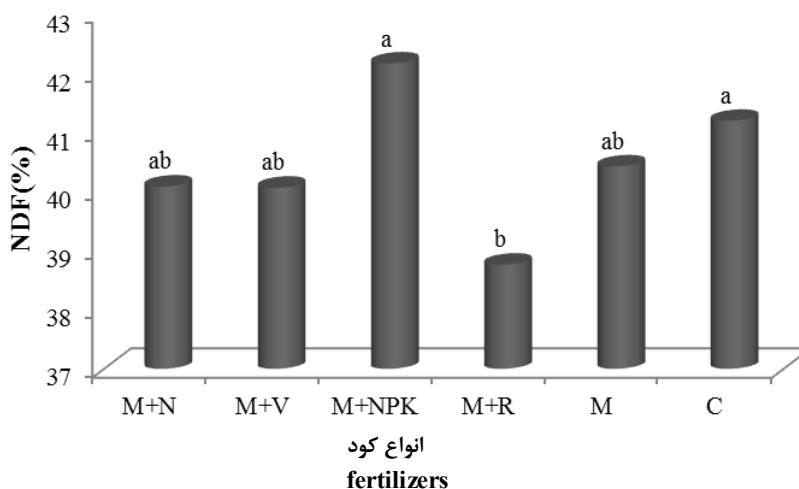
کاهش NDF و ADF (اجزای دیواره سلولی) منجر به بهبود

دیواره سلولی (NDF)

میزان ADF و NDF نسبت به شاهد شده است (Mishra et al., 2008).

در آزمایشی که افراسیابی و همکاران (Afrasiabi et al., 2010) بر روی یونجه یکساله گونه اسکوتالاتا (*Medicago scutellata*, cv Robinson) انجام دادند نشان داد، بیشترین میزان درصد فیبر پیکره گیاهی در تیمارهای عدم وجود کود بیولوژیک به دست آمد و کمترین درصد فیبر پیکره گیاهی متعلق به تیمار وجود کود بیولوژیک سوپرفسفات تریپل بود.

کیفیت علوفه می شود. مقادیر بالا از هر دو پارامتر نشان دهنده قابلیت هضم ضعیف تری به دلیل چوبی شدن بیشتر علوفه می باشد (Soest., 1985). شکل ۳ تغییرات مقدار NDF ماشک گل خوشه‌ای در اثر کاربرد انواع کود و تلقیح با میکروارگانیزم‌ها را نشان می دهد. اثر تلقیح انواع میکروارگانیزم بر مقدار NDF ماشک گل خوشه‌ای معنی دار نبود. بیشترین میزان NDF (۴۲/۱۶ درصد) در تلقیح دوگانه کود شیمیایی NPK و میکوریزا و کمترین آن در تیمار کود زیستی ریزوبیوم و میکوریزا (۴۱/۶۴ درصد) مشاهده شد (شکل ۳). گزارش شده است که باکتری آزوسپیریلیوم در گیاه علف گینه باعث کاهش



شکل ۳- تغییرات NDF ماشک گل خوشه‌ای دان‌های تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است)

Figure 3- Changes NDF of *Vicia villosa* Roth plant as affected by different fertilizers

(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

می توان رابطه‌ی بین درصد پروتئین و درصد فیبر رابطه معکوس دانست (Afrasiabi et al., 2010).

گوارش پذیری ماده خشک

قابلیت هضم ماده خشک، اغلب نماینده انرژی قابل هضم می باشد و بهبود قابلیت هضم از مهم ترین برنامه‌های اصلاحی گیاهان علوفه‌ای می باشد، زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیلی عناصر مغذی را به وسیله دام، بهبود می بخشد (Coleman and Moore., 2003). اثر تیمارهای آزمایشی بر گوارش پذیری ماده خشک معنی دار بود (جدول ۲). همچنین، بیشترین میزان گوارش پذیری ماده خشک (۷۳/۴۴ درصد) در تیمار تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا و کمترین آن در تیمار تلقیحی میکوریزا و NPK (۶۷/۳۹ درصد) مشاهده شد (شکل ۵).

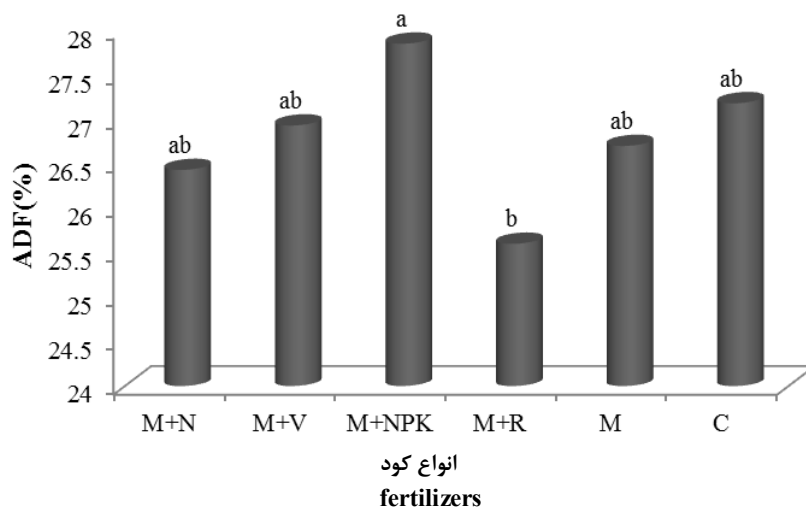
دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF)

نتایج تجزیه واریانس برای شاخص کیفیت ADF حکایت از آن دارد که بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۲). بیشترین میزان ADF (۲۷/۵۸ درصد) مربوط به تیمار میکوریزا و کود شیمیایی NPK بود و کمترین میزان ADF (۲۵/۶ درصد) نیز مربوط به تیمار تلقیحی ریزوبیوم و میکوریزا بود (شکل ۴).

نتیجه تحقیقی که پشتدار و همکاران (Poshtdar et al., 2012) انجام دادند نشان داد که استفاده از PGPR باعث کاهش میزان ADF نسبت به کود شیمیایی شاهد بوده است، که این بدان معنی است که علوفه تولید شده توسط PGPR دارای کیفیت بالاتری است. گزارش شده است که درصد فیبر در تیمارهایی با میزان فسفر کمتر بیشتر می گردد که این عامل می تواند به دلیل کاهش کیفیت و خشبی شدن اندام های رویشی گیاه با کمبود فسفر باشد. بر اساس نتایج موجود

معنی‌داری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت داشت و کیفیت علوفه ذرت را از طریق افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک بهبود بخشید.

یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2009) بیان داشتند که کاربرد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه به همراه مقادیر مناسبی کود شیمیایی تأثیر

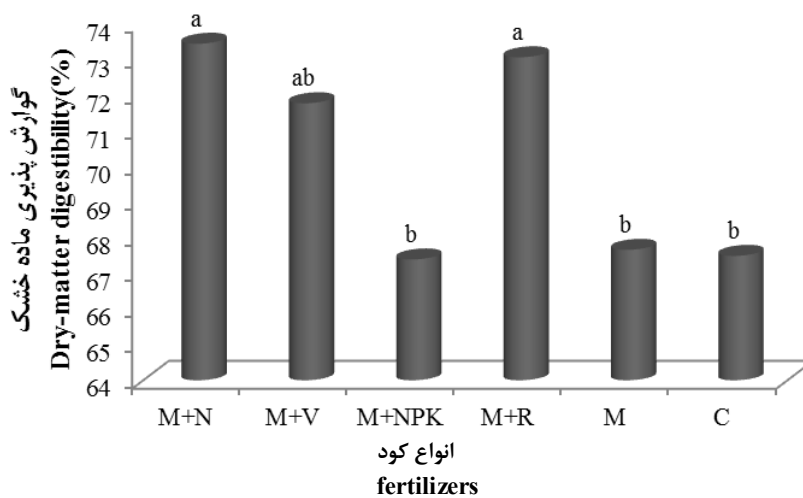


شکل ۴- تغییرات ADF گیاه ماشک گل‌خوشه‌ای تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد است)

Figure 4- Changes ADF of *Vicia villosa* Roth plant as affected by different fertilizers

(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

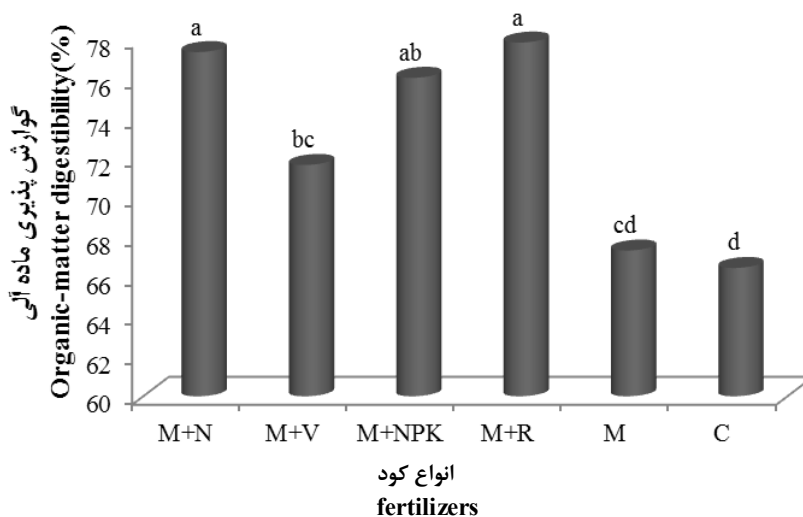


شکل ۵- تغییرات گوارش‌پذیری ماده خشک ماشک گل‌خوشه‌ای تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد است)

Figure 5- Changes dry-matter digestibility of *Vicia villosa* Roth plant as affected by different fertilizers

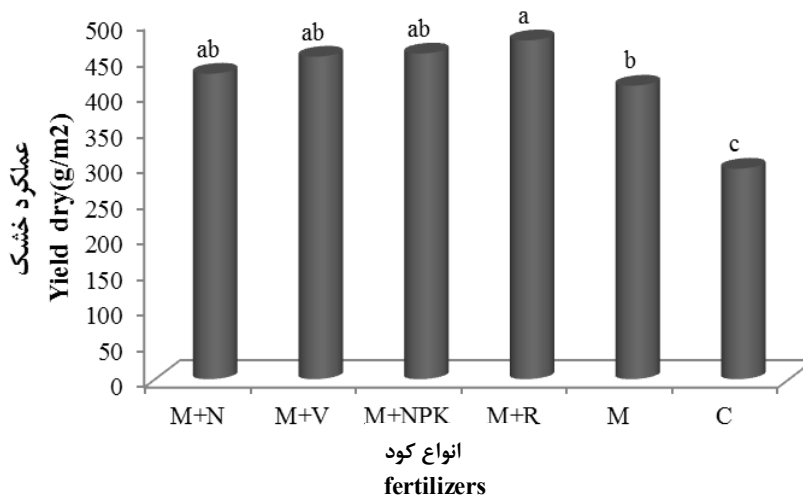
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۶- تغییرات گوارش پذیری ماده آلی گیاه ماشک گل خوشه‌ای تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد است)

Figure 6- Changes organic-matter digestibility of *Vicia villosa* Roth plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۷- تغییرات عملکرد علوفه خشک ماشک گل خوشه‌ای تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد است)

Figure 7- Changes yield dry of *Vicia villosa* Roth plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

گزارش شده است، میزان قابلیت هضم ماده آلی گیاه سورگوم علوفه‌ای در تیمار تلفیقی ازتوباکتر و سودموناس نسبت به تیمار کود شیمیایی و شاهد بیشتر بود (Saeidnezhad et al., 2012). همچنین نتایج تحقیقات گذشته تأییدکننده این موضوع است که کیفیت علوفه در اثر تلقیح با قارچ میکوریزا، بهبود چشم‌گیری نسبت به شاهد داشته است (Cazzato et al., 2012).

گوارش پذیری ماده آلی

در شکل ۶ اثر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر گوارش پذیری ماده آلی گیاه ماشک گل خوشه‌ای را نشان می‌دهد که در سطح یک‌درصد معنی‌دار بوده است. گوارش پذیری ماده آلی در اثر تیمار تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا (۷۷/۸۶ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد (۶۶/۴۸ درصد) بیشتر است.

عملکرد خشک

شکل ۷ عملکرد علوفه خشک ماشک گل‌خوشه‌ای در اثر کاربرد انواع میکروارگانیزم و کود را نشان می‌دهد. اثر کاربرد انواع میکروارگانیزم و کود بر عملکرد علوفه خشک ماشک گل‌خوشه‌ای معنی‌دار بود. در این آزمایش، تلقیح دوگانه کود زیستی ریزوبیوم و میکوریزا به نسبت ۳۷/۸۹ درصد شاهد افزایش عملکرد داشت. گزارش شده است تلقیح میکوریزا و سینورایزوبیوم و تلقیح آن‌ها باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد. باکتری سینورایزوبیوم با افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و میکوریزا با جذب بالاتر فسفر قابل‌دسترس باعث رشد رویشی بیشتر در گیاه شده و از طرف دیگر با توجه به اثرات مثبتی که بین دو عنصر وجود دارد باعث بهبود وزن خشک اندام هوایی شده است (Cazzato *et al.*, 2012). همچنین افراسیابی و همکاران (Afrasiabi *et al.*, 2010) گزارش کردند بیش‌ترین میزان عملکرد علوفه در هکتار با ۴۷۴۴ کیلوگرم در

تیمار وجود کود بیولوژیک همراه با ۷۵ کیلوگرم کود فسفره سوپرفسفات‌تریپل و کمترین میزان عملکرد علوفه با ۱۱۰۴ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار عدم وجود کود بیولوژیک و سطح صفر کیلوگرم کود فسفره سوپرفسفات‌تریپل بود.

نتیجه‌گیری

این تحقیق تأثیر مثبت استفاده از کودهای زیستی و آلی را روی کیفیت علوفه ماشک گل‌خوشه‌ای نشان‌داد و در این بین استفاده تلفیقی از میکوریزا و ریزوبیوم بیش‌ترین تأثیر را در افزایش ویژگی‌های فوق داشت. این نهادهای طبیعی بدون کوچک‌ترین صدمات و مخاطرات محیطی و با حفظ پایداری و سلامت سیستم کشاورزی می‌تواند نیازهای غذایی گیاه را تا حدود زیادی برطرف کند و همچنین باعث بهبود کیفیت محصول کشاورزی خواهد شد.

References

1. Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M. and Modarres Sanavy, S. A. M. 2010. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata*, cv. Robinson. Journal of Science and Agriculture 4(4): 43-54. (In Persian with English Abstract).
2. Amanlou, H. 1993. Feed and feeding dairy cows. Zanjan University Press. 596 pp. (In Persian with English Abstract).
3. Anonymous. 1983. Multiple cropping. American Society of Agronomy. Special Publication. No.27.
4. Cazzato, E., Laudadio, V. and Tufarelli, V. 2012. Effects of harvest period, nitrogen fertilization and mycorrhizal fungus inoculation on triticale (*Triticosecale* Wittmack) forage yield and quality. Renewable Agriculture and Food Systems 27(4): 278-286.
5. Coleman, S. E., and Moore, J. E. 2003. Feed quality and animal performance. Field Crops Research 84: 17- 29.
6. Dodd, J. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro-natural ecosystems. Outlook on Agriculture 29(1): 63-70.
7. Farnworth, J. and Ruxton, I. B. 1973. The response of forage sorghum to applications of nitrogen and iron chelate. University College of North Wales Publication No. 17.
8. Fisher, L. J. and Fowler, D. B. 1975. Predicted forage value of whole plant cereals. Canadian Journal of Plant Science, 55:975-979.
9. Ghasemi, A., Ghasemi, M. and Ghanbari, M. 2002. The effect of different amounts of manure, chemical and qualitative composition of the index and absorption of nitrogen in forage maize single cross 704. Seventh Congress of Agronomy and Plant Breeding, September 2002. Karaj. (In Persian with English Abstract).
10. Glenn, R. D., Mallesh, B. C., Kubra, B. and Bagyaraj, D. J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. Soil Biology and Biochemistry 24: 1317-1320.
11. Goto, I., and D. J. Minson. 1977. Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a Pepsin-cellulase assay. Animal Feed Science and Technology 2: 247-253.
12. Haghparast tanha, M. 1993. Terricolous and agricultural soils. Islamic Azad University Publications of Rasht. No 83-98. (In Persian with English abstract).
13. Hail, Y., Daci, M. and Tan, M. 2009. Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. Yield and quality. Journal Animal Advance 8(7): 1337- 1342.
14. Kader, M. A., Mian, M. H. and Hoque, M. S. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2(4): 259-261.
15. Karimi, H. 1988. Crops and modified forage plants. Tehran University Press. 234 pp. (In Persian with English Abstract).
16. Kocheiki, A. 1986. Agriculture in the dry areas. Jahad Mashhad University Publications. 202 pp. (In Persian with English Abstract).
17. Kurdali, F. N., Sharabi, E. and Arsalan, A. 1996. Rainfed vetch-barley mixed cropping in the Syrian semi-arid conditions. Plant & Soil 183(1):137-148.

18. Marschner, H. and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil* 159:89-102.
19. Martin, J. P., Black, J. H. and Hawthorne, R. M. 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175– 180.
20. Mehrvarz, S. and M.R. Chaichi. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare L.*). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3(6): 855-860.
21. Menke, K. H. and Staingass, H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid *Animal research and development* 28: 7-55.
22. Minson, D. J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press.
23. Mirlohi, A., Bozorgavar, N. and Basiri, M. 2001. Effect of nitrogen on growth, yield and quality of forage sorghum silage Tuesday Hybrid. *Journal of science and technology of agriculture and natural resources, water and soil science* 4(2):105-116. (In Persian with English Abstract).
24. Mishra, S., Sharma, S. and vasudevan, P. 2008. Comparative effect of biofertilizers on fodder production and quality in guinea grass (*Panicum maximum Jacq.*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88:1667-1673.
25. Poshtdar, A., Siadat, S. A., Abdali mashhadi, A., Mosavi, S. A. and Hamdi, H. 2012. Comparison between application of PGPR bacteria and chemical fertilizers on quality and total silage yield of Maize under different organic seed bed. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 11:713-717.
26. Rajabzadeh Motlagh, F., Mohammadi, a. and Asghari, H. R. 2011. Check inoculated mycorrhizal fungi and bacteria multiple nodules and nitrogen fertilizer application on the growth and production of hay a year. *Scientific journal of Range* 6(3): 216-227. (In Persian with English Abstract).
27. Saeidnezhad, A. H., Rezvani moghadam, P., Khazaei, H. R. and Nassiri mahallati, M. 2012. Effect of organic materials, fertilizers, biological and chemical fertilizer on digestibility and protein Forage sorghum spidifid varieties. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9(4):623-630. (In Persian with English Abstract).
28. Sharma, A.K. 2002. *Bio-fertilizers for Sustainable Agriculture*. Agrobios Indian Publications 456 pp.
29. Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, third ed. Academic Press, London, UK.
30. Soest, P. J. V. 1985. Composition, Fiber quality, and Nutritive value of forages. In: *Forages, The Science of grassland Agriculture*. Maurice, E.H., B. F. Robert, and M.S. Darrel (4th Ed), Iowa state Univ. press Ames, Iowa, USA. p. 413-421.
31. Tilley, J.M.A., and Terry, R.A., 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society* 18: 104-111.
32. Toro, M. R., Azcon, and Barea, J. M. 1998. The use of isotopic dilution techniques to evaluate the interactive effects of *Rhizobium* genotype, mycorrhizal fungi Gphosphate solubilizing rhizobacteria and rock phosphate on nitrogen and phosphorous acquisition by *Medicago sativa*. *New Phytologists* 138: 265-273.
33. Van Soest, P.J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
34. Whalen, J. K. and Chang, C. 2002. Macroaggregate Characteristics in Cultivated Soils after 25 Annual Manure Applications. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1637-1647.
35. Wilson, J. R. 1994. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants *Journal of Agricultural Science. Camb* 122: 173-182.
36. Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M. A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays L.*). *Proceedings of World Academy of Sciences, Engineering and Technology* pp. 2070-3740.
37. Yolcu, H., Turan, M., Lithourgidis, A., and Çakmakçi, R. K. A. 2011. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria and manure on yield and quality characteristics of Italian ryegrass under semi-arid conditions. *Australian Journal of Crop Science* 5(13): 1730-1736.
38. Zeidan, M. S., Kabesh, M. O. and Saber, M. S. M. 2001. Utilization of biofertilizers in field crop production. 14- Effect of organic manuring and biofertilization on yield and composition of two faba bean varieties cultivated in a newly reclaimed soil. *Journal of Agronomy* 23: 47-57.



The Effects of Biological Fertilizers, Chemical Fertilizers and Manure Application on Some Qualitative Characteristics of *Vicia villosa* Roth Forage under Greenhouse Condition

R. Kamaei¹ - M. Parsa^{2*} - M. Jahan² - H. Rajari Sharifabadi³ - A. A. Naserian⁴

Received: 11-04-2014

Accepted: 22-12-2015

Introduction

Fertilizer management plays an important role in successful crop production. The biological fertilizers have been suggested not only to elimination or significant reduction of chemical fertilizer dependency but also increase of soil fertility and improvement of crop yield and quality.

Materials and Methods

This experiment was conducted in a completely randomized design with three replications at the Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. The experimental treatments included 1- mycorrhizae arbuscular (*Glomus mosseae*), 2- mycorrhizae arbuscular (*Glomus mosseae*) + vermicompost (M+V), 3- mycorrhizae + nitroxin (included bacteria *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp.) (M+N), 4- mycorrhizae arbuscular + *Rhizobium* (*R. leguminosarum*) (M+R), 5-mycorrhizae arbuscular + NPK Chemical fertilizer (40-40-20) (M+NPK) and 6- Control (without fertilizer, C). In bio-fertilizer treatments, seeds were inoculated by mycorrhizae and *Rhizobium* immediately before planting, according the standard conditions and company recommendations. Chemical fertilizer and vermicompost were applied directly into the soil. The first irrigation was done immediately after planting and an additional irrigation was also done 4 days after planting to improve the seedling emergence. Subsequent irrigations were conducted at 10-days interval. Forage samples were collected at stage of 10% open bud. The samples were oven-dried in 70°C for 48 h and then weighed before being ground to pass through a 1-mm sieve. Both chemical analysis and in vitro digestibility assessments were performed in triplicate. Crude protein (CP), Ash, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) content of forages were measured by standard methods. An in vitro gas production method was conducted to determine the dry matter (DM) and organic matter (OM) digestibility. All data were subjected to ANOVA using the GLM procedure of SAS (SAS 9.1) and means were compared by using LSD-test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that in vitro DM digestibility was significantly ($P < 0.5$) affected by experimental treatments. The highest in vitro digestibility of dry matter (73.44%) was observed in the combination of Nitroxin bio-fertilizer and mycorrhiza whereas forages in mycorrhiza + NPK treatment had lowest (67.39%) in vitro DM digestibility. However, experimental treatments had a trend to significant ($1.0 > P > 0.5$) effect on in vitro organic matter digestibility. The highest and the lowest in vitro OM digestibility values were observed in the *Rhizobium* + mycorrhiza (77.86%) and control (66.48%), respectively. Similarly, the results of previous studies indicated that forage quality significantly improved by inoculation with mycorrhizal fungi fertilizer in comparison with control. There was a significant difference between experimental treatments for percentage of crude protein. All fertilizer treatments increased CP content of forages as compared to that control. The effect of M, M + V and M+NPK treatments on CP was similar and the highest CP was associated to M + These effects of fertilizer treatments may be related to increasing the nitrogen fixation and absorption capacity of plant. Although a negative correlation has been reported between CP and fiber content of forages, the results of our study showed a low non-significant impact of fertilizer treatments on fiber content of forage expressed as NDA and ADF.

1- MSc. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- PhD student in Animal Nutrition, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

4- Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

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

Moreover, the percentage of Ash for all fertilizer treatments was similar to control, except for Rhizobium + mycorrhiza treatment that showed a higher significant Ash content than control. In this experiment, a significant effect of fertilizer treatments was also observed for dry matter yield of forage. In comparison with control, the combination of mycorrhizal and Rhizobium increased forage dry matter yield by 37.89%. These results are in agreement with.

Conclusions

The use of biological and organic fertilizers improves availability of nutrients for plant without negative impact on soil and environment. In the present study, we showed an increase in qualitative and quantitative characteristics of *Vicia villosa* Roth forage by bio-fertilizers application under greenhouse condition. However, a combination of mycorrhiza and Rhizobium had the highest positive impact on forage yield and quality of *Vicia villosa* Roth. Further studies may be need to evaluation of the effects of these bio-fertilizers and/or their combinations with other organic and chemical fertilizer on specific crops and conditions.

Keywords: Dry matter digestibility, Organic matter digestibility, Mycorrhizae arbuscular, Rhizobium, Vermicompost



شبیه‌سازی بهره‌وری آب در برنج تحت مدیریت کم‌آبیاری و نیتروژن با استفاده از مدل گیاهی CropSyst

مجتبی میرآخوری^۱ - بهرام میرشکاری^{۲*} - ابراهیم امیری^۳ - فرزاد پاک‌نژاد^۴ - مهرداد یارنیا^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۳

چکیده

استفاده از روش کم‌آبیاری از استراتژی‌های مورد استفاده در سال‌های اخیر برای کسب حداکثر سود محصولات، به این منظور تحقیقی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار شامل سه رژیم آبیاری (غرقاب دائم I_1 ، هر پنج روز یکبار I_2 ، هر هشت روز یکبار I_3) به عنوان عامل اصلی و مقادیر کود نیتروژن در چهار سطح (صفر N_1 ، $N_2 = 90$ ، $N_3 = 120$ و $N_4 = 150$ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) به عنوان عامل فرعی در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا گردید. نتایج نشان داد که مدل CropSyst با توجه به ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده هفت و ۱۵ درصد و ضریب تبیین 0.73 و 0.84 در شبیه‌سازی عملکرد دانه از دقت مناسبی برخوردار است. نتایج ارزیابی جهت شبیه‌سازی بهره‌وری آب بر اساس میزان تعرق برای هر دو سال نشان داد که تیمار I_3N_3 و I_3N_4 دارای بیش‌ترین مقدار بودند. نتایج ارزیابی مدل CropSyst جهت شبیه‌سازی بهره‌وری آب بر اساس میزان آب مصرفی و بارش برای هر دو سال نشان داد که تیمار I_3N_3 و I_3N_4 دارای بیش‌ترین مقدار بودند. نتایج بررسی مقدار تبخیر در دوره ۲ ساله مورد مطالعه نشان داد که در مدیریت‌های آبیاری غرقاب ۳۹ درصد از تبخیر و تعرق صرف تبخیر می‌شود، در حالی که مقدار آن در مدیریت‌های آبیاری متناوب پنج و هشت روز یکبار به ترتیب ۳۵ درصد و ۳۲ درصد بود. در مدیریت‌های کود نیتروژن شاهد، ۱۵۰، ۱۲۰، ۹۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۳۹ و ۳۴ و ۳۲ درصد از تبخیر و تعرق صرف تبخیر می‌شود. این مطالب حاکی از این است که با توجه به شبیه‌سازی خوب مدل‌ها و هم‌خوانی حداکثری داده‌ها، اگر مدیریت با هدف حداکثر کردن بهره‌وری آب مصرفی باشد، می‌توانیم از این مدل‌ها به عنوان ابزاری جهت پشتیبانی و برنامه‌ریزی استفاده کنیم.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نوبتی، بهره‌وری آب، شبیه‌سازی، مدیریت آب و کود

مقدمه

آب، افزایش بهره‌وری آب و تولید برنج بیش‌تر با آب کمتر است (Bouman *et al.*, 2005). اخیراً سیستم‌های مختلف تولید برنج که در آن می‌توان با آب کمتر، برنج بیش‌تری تولید نمود در منطقه آسیا مورد استفاده قرار گرفته است (Bouman *et al.*, 2005; Razavipour and Nahvi 2006; Bolinga *et al.*, 2011; Rezaei *et al.*, 2013; Pala *et al.*, 1996). تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در اراضی برنج‌کاری ایران انجام گرفته است و گزارشات متعددی درباره تأثیر روش کم‌آبیاری در کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری مصرف آب برنج منتشر شده است (Pirmoradian *et al.*, 2004; Razavipour *et al.*, 2003; Salami and Abdi 2000). بر اساس این گزارشات، با تغییر شیوه آبیاری از غرقابی به آبیاری تناوبی می‌توان بدون کاهش عملکرد و یا به درصد قابل‌قبولی از آن در مصرف آب صرفه‌جویی نمود و بازده کاربرد آب را به مقدار قابل‌توجهی افزایش داد. (Asadi *et al.*, 2003; Bouman *et al.*, 2005; Barker *et al.*, 2004). این گزارشات نشان داد ایجاد غرقاب دائم نه تنها یک ضرورت

حدود ۷۵ درصد از کل برنج تولید شده در قاره آسیا از اراضی پست شالیزاری به دست می‌آید که عموماً تحت آبیاری با روش غرقاب دائم می‌باشد، این روش از تولید باعث افزایش نیاز واقعی آب مصرفی شده است. در این شرایط مهم‌ترین چالش در رابطه با تولید برنج، ذخیره

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۴- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۵- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

(*) - نویسنده مسئول: Email: Mirshekari@iaut.ac.ir

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.46515

می‌توان از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن و آب جلوگیری نمود (Beni et al., 2007; Saadati et al., 2012).

از سال 1994 Stöckle et al. توسعه مدل CropSyst را آغاز کردند. مدل CropSyst در طول ۱۵ سال گذشته توسعه پیدا کرده و تبدیل به یک مدل با قابلیت شبیه‌سازی چندساله و چندگیاهی و توانایی برقراری ارتباط با نرم‌افزار GIS شده است که شامل برنامه‌های شبیه‌ساز سیستم کشت (CropSyst)، بازسازی داده‌های هواشناسی (ClimGen)، برنامه همراه با GIS (ArcCS)، مدل آب‌پخش (CropSyst watershed) و چندین برنامه مفید دیگر است (Honer et al., 2010).

این مدل برای مناطق مختلف و در موارد متعددی مورد استفاده قرار گرفته است (Singh et al., 2008). در جنوب شرقی استرالیا، مدل CropSyst توانست فنولوژی، ماده خشک و عملکرد گندم، نخود سبز و خردل را به خوبی شبیه‌سازی کند (Donatelli et al., 1996). در شمال ایتالیا، عملکرد گیاه برنج توسط این مدل به خوبی شبیه‌سازی شده است. ارزیابی بیان آب در مدل CropSyst برای سیستم‌های مختلف کشت در منطقه جنوب ایتالیا نشان داد که مدل عملکرد خوبی داشته است (Bocchi et al., 2001). ارزیابی بیان نیتروژن در مدل CropSyst بر روی گیاه ذرت، نشان داد که مطابقت خوبی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده رطوبت خاک و نیترات وجود دارد. همچنین نتایج مشابهی، برای گیاه ذرت در مرکز ایتالیا به دست آمد (Dastmalchiet et al., 2009). Singh et al., 2008 مدل‌های CERES-Wheat و CropSyst را در شبیه‌سازی اثر توأمان آب و نیتروژن بر روی گیاه گندم ارزیابی کردند. نتایج حاصل نشان داد که مدل CropSyst عملکرد و ماده خشک گندم را با دقت بیشتری نسبت به مدل CERES-Wheat شبیه‌سازی می‌کند. بر این اساس با توجه به اهمیت کشت برنج در استان گیلان و با توجه به ضرورت استفاده بهینه و صرفه‌جویی در نهاده‌های کشاورزی و لزوم استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاه در مدیریت آبیاری شالیزار، این آزمایش با هدف یافتن بهترین مدیریت آبیاری و نیتروژن و ارزیابی توانایی استفاده از مدل CropSyst در شبیه‌سازی عملکرد برنج تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری و نیتروژن انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کود نیتروژن و آبیاری نوبتی بر بهره‌وری آب و عملکرد برنج رقم هیبرید دیلم (بهار) آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی با ارتفاع هفت متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل

نیست بلکه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که حصول بازده مصرف بالاتر حائز اهمیت است، مقرون به صرفه‌تر است که با پذیرش هزینه‌های مدیریتی و کاهش زمان یا مقدار آبیاری در مصرف آب صرفه‌جویی نمود (Razavipour et al., 2000). همچنین در مواردی تنش ملایم آبی برای رسیدن به عملکرد بالاتر نیز توصیه شده است (Asadi et al., 2003; Salami and Abdi 2003). مقطعی در برخی از دوره‌های فیزیولوژیکی برنج باعث افزایش عملکرد در مقایسه با حالت غرقاب دائم می‌شود، گرچه با افزایش تنش، عملکرد کاهش می‌یابد (Mohseniet al., 2008; Ma and Lu, 2003).

بهبود مصرف آب در کشاورزی به دلیل پیچیدگی‌های موجود در فرآیند تولید و بهره‌برداری، در مقایسه با سایر بخش‌های مصرف کننده آب از اهمیت بالایی برخوردار است و کاربرد بهینه آب آبیاری و نیتروژن به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با محدودیت آبی مواجه می‌باشند، از اهداف مهم در این بخش محسوب می‌شود. برای بازه‌های زمانی و مکانی مختلف، تعیین سطوح متفاوت عملکرد از طریق آزمایش‌های مزرعه‌ای مشکل است. در این راستا مدل‌های شبیه‌ساز رایانه‌ای می‌توانند، به عنوان ابزار مناسبی در مطالعه سیستم کشت مورد استفاده قرار گرفته و زمینه تدوین و تبیین الگوی بهینه مصرف این دو نهاده را فراهم نمایند؛ لذا استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی راه‌کاری است که امکان بررسی بیان آبی، شبیه‌سازی فرآیند رشد و مطالعه سناریوهای مختلف مدیریتی را فراهم می‌نماید (Honer et al., 2010; Bannayan and Hoogenboom, 2009; Razavipouret al., 2000).

تجزیه و تحلیل خلاء عملکرد^۱، که در آن عملکرد قابل حصول بدون محدودیت مواد مغذی و آب با عملکرد واقعی مورد مقایسه قرار می‌گیرد، می‌تواند مشخص گردد که چقدر از عملکرد می‌تواند توسط کاهش این محدودیت افزایش پیدا کند. تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و شبیه‌سازی مدل‌سازی عملکرد و رشد در رابطه با آزمایشات مزرعه‌ای و تحلیل خلاء عملکرد در مناطق کشت برنج آبی در آسیا مورد استفاده قرار گرفته است (Bolinga et al., 2011). تجزیه و تحلیل محدودیت‌های عملکرد با استفاده از آزمایش و مدل‌سازی رشد محصول می‌تواند برای کمی کردن نقش عوامل محدودکننده در تعیین عملکرد محصولات زراعی مفید باشد (Bouman et al., 2007). یکی از روش‌های مؤثر برای رسیدن به این اهداف، استفاده از مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی نظیر Cropsyst است تا بتواند با انجام محاسباتی که توسط آمار و داده‌های وضعیت آب و خاک و هوا و سیستم مدیریت و ژنتیک گیاه، به عنوان داده‌های ورودی در اختیار دارد، نتایج صحیحی را به دست دهد. با استفاده از این مدل و نتایج آن

قبل از اضافه‌نمودن کودها چند نمونه تصادفی از عمق صفر-۳۰ سانتی‌متری خاک توسط آگر تهیه و پس از مخلوط‌کردن، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه خاک‌شناسی بخش تحقیقات خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج ارسال گردید که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

تصادفی درسه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش سه مدیریت آبیاری (غرقاب دائم، دور پنج و هشت روز) به‌عنوان عامل اصلی و مقادیر کود نیتروژن در چهار سطح (۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. برای تعیین خصوصیات خاک محل آزمایش، پیش از نشاءکاری و

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک

Table 1-The soil physical properties

درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	وزن مخصوص ظاهری	عمق خاک
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	(g cm ⁻³)	Soil depth (cm)
9	44	47	1.32	0-30

جدول ۲- نتایج آزمایش حاصلخیزی خاک مزرعه

Table 2-The test results field soil fertility

ظرفیت تبادل کاتیونی CEC	پتاسیم قابل جذب K	فسفر قابل جذب P	کربن آلی O. C	نیتروژن کل Total N	اسیدیته گل اشباع pH of paste	عمق خاک Soil depth
(meq/100g)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)		(cm)
31	188	11	1.3	0.13	7.2	0-30

مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده استفاده شد. نمودار پراکنش داده‌های شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده و خطوط ۱:۱ نیز به‌منظور نشان‌دادن تناسب کلی مدل مورد استفاده قرار گرفت. اگر مقادیر زیر خط ۱:۱ قرار گیرند به این معناست که مقادیر شبیه‌سازی شده کمتر از مقادیر مشاهده شده است، اگر روی خط قرار گیرند، یعنی مقادیر شبیه‌سازی شده برابر با مقادیر مشاهده شده است و چنانچه مقادیر در بالای خط قرار گیرند، یعنی مقادیر شبیه‌سازی شده بزرگ‌تر از مقادیر مشاهده شده است. شاخص‌های آماری لازم برای این کار عبارت‌اند از (Tanner and Sinclair, 1983):

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{n} \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$RMSE_n = \frac{R}{n} \quad (2)$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (3)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 - \sum_{i=1}^n (Q_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (4)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (5)$$

که در آن‌ها P_i مقادیر پیش‌بینی شده و Q_i مقادیر اندازه‌گیری شده، n تعداد نمونه‌های به‌کار رفته مقدار متوسط پارامتر مشاهده شده می‌باشد. مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده در حالت اُپتیمم یا حالتی که مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده مساوی باشند، برابر با صفر هستند، آشکار است هرچه مقدار این دو پارامتر به صفر نزدیک‌تر باشد، مدل دقیق‌تر است. چنانچه مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده کمتر از

طرح با آماده‌سازی زمین خزانه طبق روال مرسوم در منطقه در اول اردیبهشت سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ شروع گردید. عملیات مرزبندی و احداث جوی‌های آبیاری انجام شد. اولین نوبت کوددهی نیتروژن در تاریخ ۱۷ خردادماه، دومین نوبت کوددهی در تاریخ ۲۹ تیرماه و آخرین مرحله کوددهی در تاریخ ۱۷ مردادماه سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ بوده است. حدود ۲۰ روز بعد از نشاءکاری مدیریت آبیاری اعمال گردید. به‌منظور اندازه‌گیری آب ورودی در هر کرت از کنتور استفاده شد و در هر نوبت آبیاری (غرقاب دائم، دور پنج و هشت روز)، آب ورودی به‌طور دقیق ثبت شد. عمق آبیاری غرقاب دائم در طی دوره رشد حدود پنج سانتی‌متر بود. در هر دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ پس از مشاهده علامت رسیدگی، زرد شدن بوته و سفت‌شدن دانه‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، در تاریخ ۳۱ شهریورماه برداشت انجام گردید.

به‌منظور شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاه برنج از مدل گیاهی CropSyst که یک مدل شبیه‌سازی سیستم‌های کشت چندساله، چندمحصوله و با گام زمانی روزانه است استفاده شد. برای اجرای مدل از چهار دسته داده به‌عنوان ورودی شامل فایل‌های موقعیت، خاک، گیاه و مدیریت استفاده شد (Dastmalchiet *et al.*, 2009). تعریف و دامنه تغییرات تمام پارامترهای موردنیاز مدل در راهنمای مدل بیان شده است (Stöckle *et al.*, 1996; Dastmalchiet *et al.*, 2009). بعد از واسنجی مدل و تعیین ضرایب بهینه گیاهی (جدول ۳)، اعتبار سنجی مدل با استفاده از تیمارهای سال دوم انجام گرفت. برای ارزیابی قابل‌اعتماد بودن مدل از تحلیل خطاهای باقی مانده و اختلاف بین

در روابط زیر WP_T بهره‌وری آب بر اساس میزان تعرق (کیلوگرم بر مترمکعب)، WP_{ET} بهره‌وری آب بر اساس میزان تبخیر-تعرق (کیلوگرم بر مترمکعب)، WP_{I+R} بهره‌وری آب بر اساس مجموع آب مصرفی و بارش (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)، T مقدار تعرق شبیه‌سازی شده توسط مدل (میلی‌متر)، E مقدار تبخیر شبیه‌سازی شده توسط مدل (میلی‌متر)، I مقدار آبیاری (میلی‌متر) و R مقدار بارش (میلی‌متر) می‌باشند (Saadati *et al.*, 2012). همچنین مقدار بارندگی، تبخیر، میانگین حداکثر دمای روزانه و آبیاری در سال‌های مورد مطالعه در جدول (۴) آمده است.

۱۰ درصد باشد، نشان‌دهنده حالت عالی شبیه‌سازی و بین ۲۰-۱۰ درصد حالت خوب، بین ۳۰-۲۰ درصد حالت متوسط و بالای ۳۰ درصد حالت ضعیف شبیه‌سازی می‌باشد. هرچه مقدار R^2 حاصل از آنالیز رگرسیون خطی توابع و خط ۱:۱ به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده همبستگی بالا بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده است و توانایی بالای مدل را در شبیه‌سازی نشان می‌دهد. از طرفی لازم به توضیح است که در ارزیابی توانایی مدل‌ها برای پیش‌بینی گفته شده است که مقدار R^2 باید بیش از ۶۰ درصد باشد (Amiriet *al.*, 2011; 2013).

جدول ۳- پارامترهای گیاهی استفاده شده در مدل CropSyst جهت شبیه‌سازی عملکرد گیاه برنج

Table 3- Some relevant crop parameters used in CropSyst model for Rice simulation

پارامترهای گیاهی	Crop Parameters	Amount	Unit
دمای بهینه روزانه برای رشد (T_{opt})	Optimum temperature (T_{opt})	27	$^{\circ}C$
حداکثر جذب آب	Maximum water uptake	10	$mm day^{-1}$
حداکثر عمق ریشه	Maximum rooting depth	1.5	m
حداکثر شاخص سطح برگ مورد انتظار	Maximum expected leaf area index (LAI)	5.9	$m^2 m^{-2}$
سطح ویژه برگ (SLA)	Specific leaf area (SLA)	30	$m^2 kg^{-1}$
دوام برگ	Leaf duration	750	$^{\circ}C-days$
ضریب خاموشی تابش خورشیدی (k)	Extinction coefficient for solar radiation (k)	0.5	-
ضریب تبخیر-تعرق گیاه در حالت پوشش کامل	Coefficient ET	1.05	-
درجه روز جوانه‌زنی	Emergence Stage	135	$^{\circ}C-days$
درجه روز حداکثر شاخص سطح برگ	Peak LAI	1350	$^{\circ}C-days$
درجه روز گلدهی	Begin flowering	1290	$^{\circ}C-days$
درجه روز شروع پر شدن دانه	Begin grain filling	1300	$^{\circ}C-days$
درجه روز رسیدگی فیزیولوژیکی	Physiological maturity	1900	$^{\circ}C-days$
دمای پایه	Temperature Basic	12	$^{\circ}C$
ضریب جذب نیتروژن	Coefficient nitrogen absorption	1.12	-

جدول ۴- مقادیر آب آبیاری، تبخیر، حداکثر دمای روزانه و بارندگی در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 4- Amounts Water Irrigation and Precipitation and Evaporation and Max Temperature in the 2013 and 2014

تیمارها			۱۳۹۳			۱۳۹۲			
Treatments			2013			2014			
نیتروژن	آبیاری	میانگین حداکثر دمای روزانه	تبخیر	بارندگی	آبیاری	میانگین حداکثر دمای روزانه	تبخیر	بارندگی	آبیاری
Nitrogen	Irrigation	Max T	E	P	I	Max T	E	P	I
N_1	I_1	28	312	59	804	27	291	79	744
N_2					801				724
N_3					789				712
N_4					759				732
N_1	I_2				726				701
N_2					741				703
N_3					746				701
N_4					746				707
N_1	I_3				419				469
N_2					459				459
N_3					496				461
N_4					466				429

$$WP_{ET} = Y/ET$$

(۷)

$$WP_T = Y/T$$

(۶)

در نظر گرفته نشده است. ولی در دامنه عملکردهای زراعی خارج از محدوده ۴۵۰۰ تا ۵۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار و در محدوده‌ی داده‌های این مطالعه مدل CropSyst نتایج رضایت‌بخشی را نشان داد. همچنین مقادیر شاخص سطح برگ شبیه‌سازی شده بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. در نتیجه مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده‌ی عملکرد و شاخص سطح برگ در محدوده‌ی داده‌های مورد مطالعه در مدل CropSyst اختلاف ناچیزی داشتند. تجزیه و تحلیل آماری از طریق آزمون F برای مقایسه خط یک‌به‌یک و خط روند نشان داد که در سطح احتمال یک‌درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ضریب تبیین (R^2) برای سال اول و دوم برابر ۰/۷۳ و ۰/۸۴ بود که نشان از مناسب‌بودن مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه دارد. بالا بودن نسبی R^2 بیان‌گر پراکندگی پائین داده‌ها می‌باشد که نشان از مناسب‌بودن مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه دارد.

ارزیابی مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده عملکرد دانه با استفاده از پارامترهای آماری در جداول (۴ و ۳) نشان داده شده است. نتایج حاصل نشان داد که ریشه میانگین مربعات خطای عملکرد دانه در شرایط واسنجی و اعتبارسنجی به‌ترتیب ۴۶۱ و ۸۴۷ کیلوگرم در هکتار و مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده به‌ترتیب هفت و ۱۵ درصد به‌دست آمد. در تیمارهای مورد ارزیابی، ریشه میانگین مربعات خطای برابر با ۸۴۷ کیلوگرم بر هکتار، ریشه میانگین مربعات خطای نسبی برابر با ۱۵ درصد و جذر میانگین مربعات خطا برابر با ۰/۱۴ - به‌دست آمد که به‌ترتیب با مقادیر ۳۸۶ کیلوگرم در هکتار، هشت درصد و ۰/۱۲ بیش‌تر از مرحله واسنجی بود که نشان از نزدیک‌بودن مقادیر شبیه‌سازی و اعتبارسنجی می‌باشد.

$$WP_{I+R} = Y/I+R \quad (8)$$

پس از وارد نمودن اطلاعات مورد نیاز مدل CropSyst به‌صورت فایل‌های جداگانه، مدل اجرا گردید و داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده مورد بررسی قرار گرفتند. جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، برای بررسی دقت مدل CropSyst از نسخه ۳ این نرم‌افزار استفاده گردید و با استفاده از شاخص‌های آماری ذکر شده، دقت این مدل مورد ارزیابی قرار گرفت.

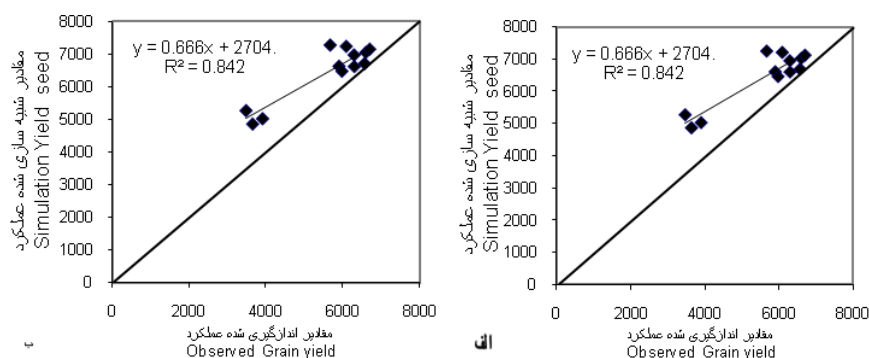
نتایج و بحث

نتایج واسنجی مدل

اطلاعات ورودی مدل در قالب فایل‌های هواشناسی، اطلاعات گیاه و خاک و مدیریت آماده‌سازی شد. مدل با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری در سال ۱۳۹۲ واسنجی شد و ارزیابی مدل توسط داده‌های سال ۱۳۹۳ انجام گرفت. با تغییر ضرایب واسنجی مدل و بر اساس بهترین نتایج خروجی ضرایب واسنجی به‌صورت مقادیر گزارش شده در جدول ۶ به‌دست آمد.

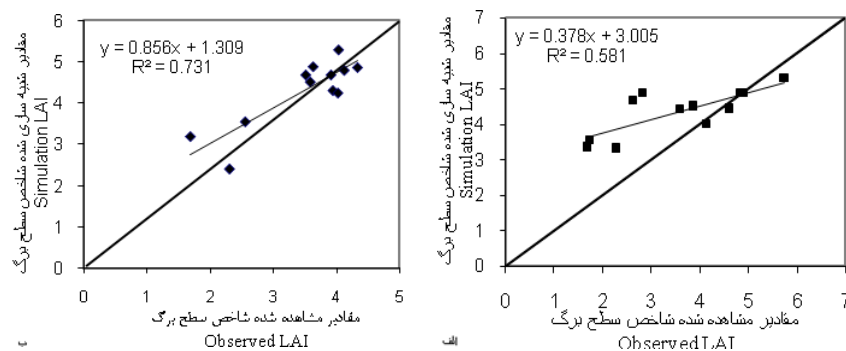
نتایج ارزیابی مدل

مقایسه مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده عملکرد و حداکثر شاخص سطح برگ توسط مدل CropSyst در هر دو سال با خط یک‌به‌یک در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌طوری که در شکل‌ها دیده می‌شود مقادیر عملکرد شبیه‌سازی شده در بیش‌تر تیمارها به‌ویژه برای سطوح نیتروژن بالاتر (۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) کمتر از مقدار مشاهده شده بوده است. که این مسئله می‌تواند ناشی از این باشد که در واسنجی مدل بحث نیتروژن خوب



شکل ۱- الف و ب مقادیر شبیه‌سازی و مشاهده شده عملکرد دانه توسط مدل CropSyst در مقابل مقادیر مشاهده شده در سال (۱۳۹۳، ۱۳۹۲)

Figure1- a,b: Amounts observed and simulated grain yield and line 1: 1 for plant rice in year 2014, 2013



شکل ۲- الف و ب مقادیر شبیه‌سازی و مشاهده شده شاخص سطح برگ توسط مدل CropSyst در مقابل مقادیر مشاهده شده در سال (۱۳۹۳، ۱۳۹۲)

Figure 2- a,b: Amounts observed and simulated LAI and line 1: 1 for plant rice in year 2014, 2013

هم‌چنین در تحقیقات Singh *et al.*, 2008، بر روی ارزیابی مدل‌های CERES-Wheat و CropSyst در شبیه‌سازی اثر توأمان آب و نیتروژن بر روی گیاه گندم، مقدار RMSE برای شبیه‌سازی عملکرد در مدل CropSyst برابر ۰/۳۶ مگاگرم بر هکتار و در مدل CERES-Wheat برابر ۰/۶۳ مگاگرم بر هکتار و مقدار RMSE برای شبیه‌سازی ماده خشک در مدل CropSyst برابر ۱/۲۷ مگاگرم بر هکتار و در مدل CERES-Wheat برابر ۱/۹۴ مگاگرم بر هکتار به‌دست آمد. مقایسه‌ی این نتایج با مقادیر به‌دست آمده در این پژوهش برای گیاه برنج نشان می‌دهد که مدل CropSyst توانسته عملکرد برنج را نیز به خوبی شبیه‌سازی نماید.

تغییرات مقدار عملکرد دانه شبیه‌سازی شده مدل CropSyst در شکل (۳) در هردو سال ارائه شده است، کمترین مقدار عملکرد دانه در شرایط بدون استفاده از کود نیتروژن و بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در شرایط استفاده از تیمار نیتروژن ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری نوبتی هر هشت روز یکبار به‌دست آمد. نتایج نشان داد با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه افزایش می‌یابد که مدل نیز کاهش و افزایش مقدار عملکرد دانه شبیه‌سازی شده را به‌خوبی نشان داد.

مقدار عملکرد دانه با افزایش مقدار کود نیتروژن در مدیریت‌های آبیاری افزایش پیدا می‌کند، امادرسطوح بالای نیتروژن ۱۵۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار آن کمتر اضافه می‌شود. از طرفی در شرایط آبیاری غرقاب، مقدار عملکرد دانه کم می‌شود. به‌عبارتی با تغییر روش آبیاری غرقاب به تیمارهای آبیاری نوبتی (پنج روز و هشت روز یکبار)، عملکرد دانه شبیه‌سازی شده کمی بیش‌تر می‌باشد که نشان‌دهنده بیش‌تر بودن مقدار نیتروژن مصرفی از نیاز غذایی برنج رقم بهار مورد ارزیابی در این تحقیق می‌باشد.

کارایی مدل‌سازی (EF) نیز در شرایط واسنجی و ارزیابی به‌ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۷ به‌دست آمد. در تحقیقی شبیه‌سازی این مدل در سطوح مختلف نیتروژن بر روی گیاه ذرت انجام شد، شاخص EF در مرحله واسنجی و ارزیابی به‌ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۹۰ به‌دست آمد (Pala *et al.*, 1996). باتوجه به پارامترهای آماری مورد بررسی نشان از شبیه‌سازی مطلوب عملکرد دانه در طول فصل زراعی به‌وسیله مدل دارد که می‌توان از این مدل در برنامه‌ریزی آبیاری و کود نیتروژن برنج استفاده نمود. Pala *et al.*, 1996 جهت تشخیص کارایی مدل CropSyst در شبیه‌سازی تولید ماده خشک و عملکرد در واکنش به آب و نیتروژن محصولات مجزا در یک فصل جداگانه و تحت شرایط آزمایشی، ترتیب وسیعی از شرایط خشک تا کاملاً آبیاری شده و از مقدار کم نیتروژن موجود در خاک تا شرایط عالی را مورد بررسی قرار دادند. در این ارزیابی‌ها، مقدار RMSE برابر با ۰/۴۴۳ تن بر هکتار گزارش شد. هم‌چنین در تحقیقات Belder *et al.*, 2005 برای شبیه‌سازی عملکرد گیاه گندم توسط مدل CropSyst مقدار RMSE برابر با ۰/۲۱ مگاگرم بر هکتار و مقدار ضریب همبستگی برابر با ۰/۷۲ به‌دست آمد. در تحقیقات Mohseni *et al.*, 2008 برای شبیه‌سازی اثر آب و نیتروژن بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم عملکرد دانه‌ی شبیه‌سازی شده سازگاری مطلوبی با مقادیر واقعی داشته به‌طوری‌که RMSE آن در طول سه فصل رشد معادل ۰/۴۱، ۰/۳۳ و ۰/۳۴ تن در هکتار به‌دست آمد. در تحقیقات Confalonieri and Bocchi, 2005 بر روی شبیه‌سازی عملکرد گیاه برنج در شمال ایتالیا با استفاده از مدل CropSyst، دامنه‌ی $RMSE_n$ ماده خشک شبیه‌سازی شده از مقادیر اندازه‌گیری شده برای سال واسنجی و ارزیابی به‌ترتیب ۱۱ تا ۲۹ درصد و ۱۰ تا ۵۲ درصد به‌دست آمد و دامنه‌ی C_{RM} ماده خشک شبیه‌سازی شده از مقادیر اندازه‌گیری شده برای سال واسنجی و ارزیابی به‌ترتیب ۰/۰۳ تا ۰/۱۷ و ۰/۰۲ تا ۰/۱۷ به‌دست آمد.

جدول ۴- نتایج شبیه‌سازی پارامترهای گیاهی مدل CropSyst در سالهای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

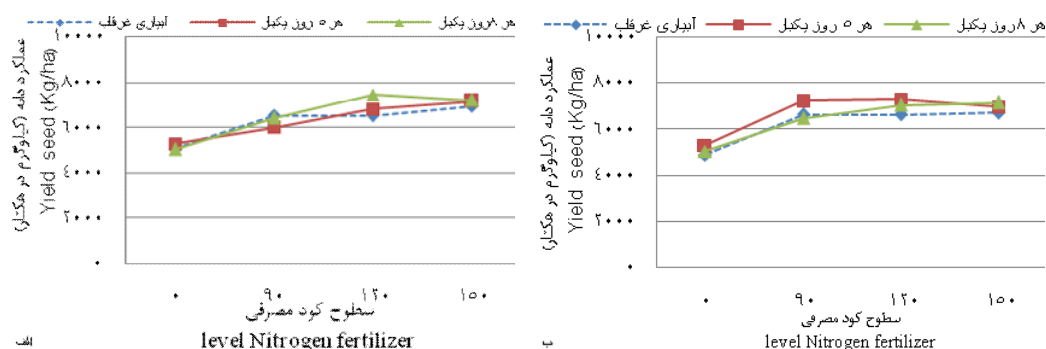
Table 4- Results crop parameters in cropsyst model for rice simulated in year 2013 and 2014

پارامتر گیاهی	Plant Parameter	سال	EF	C _{RM}	T test	RMSE _n	RMSE	R ²
عملکرد بیولوژیک	Biology Yield(Kg/h)	1392	0.98	0.06	0.13	9	1264	0.77
عملکرد دانه	Grain Yield(Kg/h)		0.89	-0.02	0.32	7	461	0.73
حداکثر شاخص سطح برگ	LAI		0.22	0.2	0.04	29	1	0.58
نیتروژن جذب شده	Absorb N(Kg/h)		0.75	-0.2	0.02	27	37	0.77
عملکرد بیولوژیک	Biology Yield(Kg/h)	1393	0.80	-0.04	0.27	10	1219	0.82
عملکرد دانه	Grain Yield(Kg/h)		0.87	-0.14	0.03	15	847	0.84
نیتروژن جذب شده	LAI		0.38	-0.7	0.02	68	82	0.82
حداکثر شاخص سطح برگ	Absorb N(Kg/h)		0.80	-0.2	0.1	23	0.8	0.73

Ttest: تست میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، C_{RM}: جنر میانگین مربعات خطا، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا، RMSE_n: ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده.

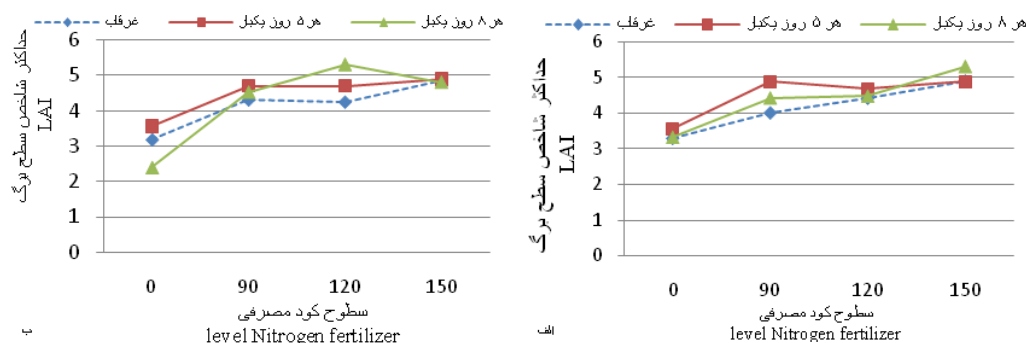
R²: ضریب تبیین، EF: کارایی مدل.

T test: Test Amounts measured the mean, C_{RM}: Coefficient of residual mass, RMSE: Root mean square error, RMSE_n: Root mean square error, Normalized R²: coefficient of determination EF: Efficiency of Model.



شکل ۳- الف و ب مقادیر شبیه‌سازی شده عملکرد دانه توسط مدل CropSyst در سطوح آبیاری و کود در سالهای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Figure 3- a, b.: Amounts simulated grain yield by cropsyst model in levels N & R in year 2013 and 2014



شکل ۴- الف و ب مقادیر شبیه‌سازی شده حداکثر شاخص سطح برگ توسط مدل CropSyst در سطوح آبیاری و کود در سالهای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Figure 4- a, b.: Amounts simulated LAI by cropsyst model in levels N & R in year 2013 and 2014

استفاده از تیمار نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال اول و سال دوم در شرایط استفاده از تیمار نیتروژن ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری نوبتی هر هشت روز یکبار به‌دست آمد.

تغییرات مقدار حداکثر شاخص سطح برگ شبیه‌سازی شده مدل CropSyst در شکل (۴) در هر دو سال ارائه شده است. کمترین مقدار حداکثر شاخص سطح برگ در شرایط بدون استفاده از کود نیتروژن و بیش‌ترین مقدار حداکثر شاخص سطح برگ در شرایط

مدل CropSyst بر اساس نتایج شبیه‌سازی، میزان بهره‌وری را بر اساس میزان آب و تشعشع در شکل‌های مختلف ارائه می‌دهد. براین اساس مقادیر بهره‌وری بر اساس میزان ترقق، بهره‌وری براساس میزان تبخیر و ترقق و بهره‌وری بر اساس مجموع آبیاری و بارش در تیمارهای مختلف در هر ۲ سال در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج نشان داد که تیمار I_3N_2 و I_3N_3 بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب بر اساس میزان ترقق در هر دو سال را دارا بودند. بهره‌وری آب براساس میزان ترقق بر روی مکانسیم گیاه بحث می‌کند و بستگی به نوع گیاه دارد. نتایج نشان داد که تیمار I_2N_4 و I_3N_3 بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب بر اساس میزان تبخیر و ترقق برای هر دو سال را دارا بودند. بهره‌وری آب بر اساس میزان تبخیر و ترقق بر روی مسائل مربوط به خاک و گیاه و سایه‌انداز بحث می‌کند و بستگی به نوع خاک و اقلیم و گیاه دارد. نتایج نشان داد که تیمار I_3N_4 و I_3N_3 بیش‌ترین

Table 6- Amounts simulated grain yield and water productivity via cropsyst model in year 2013 and 2014.

پارامترهای شبیه‌سازی شده										
عملکرد دانه	تبخیر و تعرق	تعرق	آبیاری	بارندگی	بهره‌وری آب	سال	آبیاری	نیترژن	تیمارها	
				(WP _T)	WP _{ET}	(WP _{I+ER})				
Grain Yield(Kg/h)	ET (mm)	Transpiration (mm)	Irrigation (mm)	Precipitation (mm)	Water Productivity (kg/m ²)	Year	Irrigation	Nitrogen		
5053.8	537	330	744	79	1.53	1392	I ₁	N ₁		
6533.6	586	350	724	79	1.87			N ₂		
6525.6	550	347	712	79	1.88			N ₃		
6953.6	544	363	732	79	1.92			N ₄		
5273.3	487	340	701	79	1.55		N ₁	I ₂		
6001	495	329	703	79	1.82		N ₂			
6825.9	498	382	701	79	1.79		N ₃			
7163.1	464	385	707	79	1.86		N ₄			
5024	429	270	469	79	1.86		N ₁	I ₃		
6405	444	273	459	79	2.35		N ₂			
7466	431	297	461	79	2.51		N ₃			
7213	431	331	429	79	2.18		N ₄			
4867	533	330	804	59	1.48		1393	I ₁	N ₁	
6622.6	586	407	801	59	1.63				N ₂	
6614.6	550	347	789	59	1.91				N ₃	
6705	544	360	759	59	1.86				N ₄	
5276.3	550	319	726	59	1.65	N ₁		I ₂		
7225.1	551	362	741	59	2	N ₂				
7266	493	382	746	59	1.9	N ₃				
6966.8	502	360	746	59	1.94	N ₄				
5030.1	518	271	419	59	1.86	N ₁		I ₃		
6470	436	318	459	59	2.03	N ₂				
7040.4	439	251	496	59	2.8	N ₃				
7140	429	330	466	59	2.1	N ₄				

دور آبیاری (غرقاب دائمی = I_1 در ۵ روز، I_2 در ۸ روز، I_3) و کود نیتروژن ($N_1=0$ و $N_2=90$ و $N_3=120$ و $N_4=150$ کیلوگرم در هکتار)

Irrigation(I₁=Continuously flooded, I₂=5perday,I₃= 8 per day)and N fertilizer(N₁=0 ,N₂=90, N₃=120, N₄=150 Kg ha⁻¹)

داد که افزایش کود نیتروژن و تغییر روش آبیاری از غرقاب به غیر غرقاب باعث کاهش مقدار تلفات آب از طریق تبخیر و نفوذ عمقی می‌شود. با تغییر مدیریت آبیاری از غرقاب به غیر غرقاب از فشار هیدرواستاتیکی آب در سطح زمین کاسته می‌شود که منجر به کاهش میزان تلفات آب از طریق نشت و نفوذ عمقی می‌شود (Bouman et al., 2005).

نتایج تحقیق Amiriet al., 2011 and 2013 نیز نشان داد که تغییر در مدیریت آبیاری غرقاب، میزان تلفات عمقی را کم می‌کند به‌طوری‌که بررسی نتایج مقدار نشت و نفوذ عمقی در دوره مورد مطالعه نشان داد که حداقل و حداکثر متوسط مقدار تلفات آب از طریق نفوذ عمقی به ترتیب ۱۱۷ و ۲۲۱ میلی‌متر در مدیریت‌های غرقاب و غیر غرقاب به دست آمد. این نتایج هم‌چنین نشان داد که با تغییر روش آبیاری از غرقاب به غیر غرقاب از مقدار آبیاری کاسته می‌شود، که با تحقیق سایر محققین (Pirmoradian et al., 2004; Zareet al., 2005; Spaskhar and Tavakoli 2014) هم‌خوانی دارند، به این صورت که آن‌ها نشان دادند که تغییر روش آبیاری از غرقاب به غیر غرقاب منجر به صرفه‌جویی مقدار آب آبیاری می‌شود.

نتیجه‌گیری

مدل‌های شبیه‌ساز گیاهی می‌توانند به عنوان ابزار تصمیم‌گیری برای مدیریت کود و آب مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق مدل CropSyst در شبیه‌سازی عملکرد دانه از دقت مناسبی برخوردار بود. بر اساس نتایج حاصل از آزمون F بین مقادیر عملکرد شبیه‌سازی و مشاهده شده از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج ارزیابی مدل جهت شبیه‌سازی بهره‌وری آب بر اساس میزان آب مصرفی و بارش برای هر دو سال نشان داد که تیمار I_3N_3 و I_3N_4 دارای بیش‌ترین مقدار می‌باشند. نتایج بررسی مقدار تبخیر در دوره ۲ ساله مورد مطالعه نشان داد که در مدیریت‌های آبیاری غرقاب ۳۹ درصد از تبخیر و تعرق صرف تبخیر می‌شود، در حالی که مقدار آن در مدیریت‌های آبیاری تناوب پنج و هشت روز به‌طور به‌ترتیب ۳۵ و ۳۲ درصد می‌باشد. بنابراین، مدیریت آبیاری مذکور می‌تواند برای رقم‌های فوق در منطقه مورد مطالعه توصیه شود. به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق، کارایی مطلوب مدل در شبیه‌سازی فرآیند رشد و نمو گیاه برنج و هم‌چنین تأثیر آب بر عملکرد و بهره‌وری آب در مناطق مرطوب را تأیید می‌نماید.

این مطالب حاکی از این است که باتوجه به شبیه‌سازی خوب مدل‌ها و هم‌خوانی حداکثری داده‌ها، اگر مدیریت با هدف حداکثر کردن بهره‌وری آب مصرفی باشد، می‌توانیم از این مدل‌ها به عنوان ابزاری جهت پشتیبانی و برنامه‌ریزی استفاده کنیم.

مقادیر شبیه‌سازی شده تعرق، تبخیر و تعرق توسط مدل CropSyst در جدول ۶ در طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با تغییر روش آبیاری غرقاب به آبیاری نوبتی میزان تعرق کاهش پیدا می‌کند. به‌طوری‌که مقدار آن در مدیریت‌های آبیاری غرقاب، تناوب پنج و هشت روز به‌طور متوسط به ترتیب ۳۶۰، ۳۴۷، ۲۹۲ میلی‌متر به دست آمد. با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، تعرق افزایش می‌یابد که مدل نیز این کاهش و افزایش مقدار تعرق شبیه‌سازی شده را به خوبی نشان داد به‌طوری‌که مقدار آن در مدیریت‌های کود نیتروژن شاهد ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور متوسط ۳۰۶، ۳۲۲، ۳۲۶، ۳۵۰ میلی‌متر به دست آمد. مقدار تعرق در دوره رشد گیاه تحت تأثیر وضعیت رطوبتی، کم آبی و میزان پوشش گیاهی می‌باشد.

نتایج بررسی مقدار تبخیر در دوره ۲ ساله مورد مطالعه نشان داد که در مدیریت‌های آبیاری غرقاب ۳۹ درصد از تبخیر و تعرق صرف تبخیر می‌شود، در حالی که مقدار آن در مدیریت‌های آبیاری تناوب پنج و هشت روز به‌ترتیب ۳۵ درصد و ۳۲ درصد می‌باشد، به‌طوری‌که حداکثر مقدار تبخیر در مدیریت آبیاری غرقاب و مدیریت شاهد مشاهده شد و هم‌چنین حداقل مقدار تبخیر در مدیریت آبیاری با تناوب هشت روز و مدیریت ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، در مدیریت‌های کود نیتروژن شاهد ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۳۹، ۳۴، ۳۵، و ۳۲ درصد از تبخیر و تعرق صرف تبخیر می‌شود. از آنجایی که در این نوع از مدیریت به علت عدم وجود آب در سطح زمین در زمان بیش‌تری از رشد گیاه نسبت به سایر مدیریت‌های آبیاری میزان تبخیر کاهش پیدا می‌کند. مقدار تبخیر و تعرق در طول دوره رویش در سال‌های مورد بررسی در محدوده ۴۱۰-۵۸۶ میلی‌متر متغیر است. به‌طور کلی مقدار تبخیر و تعرق با تغییر روش آبیاری غرقاب به آبیاری‌های نوبتی کاسته می‌شود. Aroa et al, 2008 در تحقیقی در هند با استفاده از مدل ORYZA 2000 گزارش کرد، تغییر روش آبیاری از غرقاب به آبیاری با تناوب ۲ روز منجر به کاهش تبخیر و تعرق از ۶۲۸ به ۵۹۱ میلی‌متر می‌شود.

در تحقیقی از مدل ORYZA 2000 به منظور محاسبه پارمترهای بیلان آب در مدیریت‌های آبیاری و کود نیتروژن در چین و فیلیپین در طی سال‌های ۱۹۹۳-۲۰۰۳ استفاده نمود، نتایج تحقیق آن‌ها نشان

References

1. Amiri, E., Razavipor, T., Farid, A., and Banayan, M. 2011. Effects of Crop Density and Irrigation Management on

- Water Productivity of Rice Production in Northern Iran: Field and Modeling Approach .Communications in Soil Science and Plant Analysis 42: 2085–2099. (In Persian with English Abstract)
2. Amiri, E., and Rezaei, M. 2013. Evaluation of Water Balance Components and Water Productivity of Rice under interval irrigation and nitrogen fertilizer conditions. Iranian Journal of irrigation and drainage. 4(6): 306-315. (In Persian with English Abstract).
3. Arora, A. R., Sairam, K. and Srivastava, G. C. 2002. Oxidative stress and anti oxidative systems in plants. Current Science.82: 1227-1238 .
4. Asadi, R., Rezaei, V., Motamed, K., 2003. A simple solution to cope with drought sin the Caspian fields. Iranian Journal of Dryland Drought. 4(1): 91-87. (In Persian with English Abstract).
5. Bannayan, M., Hoogenboom, G. 2009.Using pattern recognition for estimating cultivar coefficients of a crop simulation model. Field Crops Research, 111, 3: 290-302.
6. Barker, R., Tuong, T. P., Li, Y., Castillo, E. G., Bouman, B. A. M. 2004. Growing more rice with less water: research findings from a study in China. Paddy Water Environ. 2, 185.
7. Belder, P., Spiertz, J. H. J., Bouman, B. A. M., Tuong T. P. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation .Field Crops Research 93: 169-185.
8. Benli, B., Pala, M., Stockle C., and Oweis T. 2007. Assessment of winter wheat production under early sowing with supplemental irrigation in a cold highland environment using CropSyst simulation model. Agric. Water Manage.93: 45-53.
9. Bouman, B.A.M., van Keulen, H., Rabbinge, R. 1996. The 'School of de Wit' crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. Agric. Sys. 52:171-198.
10. Bouman, B.A.M., Peng, S., Castaneda, A. R., Visperas, R. M. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. Agricultural Water Manag. 74: 87-105.
11. Bouman, B.A.M., Liping Fenga, c., Tuonga, T.P., Guoan, Lu d. 2007. Exploring options to grow rice using less water in northern China using a model ling approach II. Quantifying yield, water balance components,and water productivity agr i c u l tura l water management 88:23 –3 3.
12. Bocchi, S., Confalonieri, R., and Bechini, L. 2001. CropSyst for rice in Northern Italy. Proc. 2nd Modelling Cropping Sys. Intl. Symp., Florence, Italy.
13. Bolinga, A.A., Boumana, B.A.M., Tuonga, T.P., Konboonb, Y. 2011. Harnpichitvitayaa, Yield gap analysis and the effect of nitrogen and water on photoperiod-sensitive Jasmine rice in north-east Thailand. NJAS -Wageningen Journal of Life Sciences 58: 11-19.
14. Confalonieri, R., and Bocchi, S. 2005.Evaluation of CropSyst for Simulation the Yield of Flooded Rice inNorthern Italy. Europ .J. Agronomy. 23:315-326.
15. Dawe, D. 2005.Increasing water productivity in rice-based systems in Asia-past trends, current problems, and future prospects. Plant Prod. Sci. 8:221-230.
16. Dastmalchi, A., Soltani, A., Latifi N. 2012. Evaluation Model CropSyst Wheat for predicting the development, growth and yield response to planting date Iranian Journal of Field Crops Research Vol. 10, No. 3, Fall, p. 511-521 . (In Persian with English Abstract).
17. Diaz-Ambrona, C. G. H., O'Leary, G. J., O'Connell, M. G., and Connor, D. J. 2001.Application of CropSyst to a new location and crops: advantages and limitations. Proc. 2nd Intl. Symp. Modelling Cropping Systems, Florence, Italy.
18. Donatelli, M., Stockle, C.O., Ceotto, E., and Rinaldi, M. 1996.CropSyst validation for cropping systems at twolocations of Northern and Southern Italy. Eur. J. Agron. 6: 35-45.
19. Honar, T., Sabet, T., Sarvestani, A., Kamkar, A. A., Shams, S. 2010.calibration model CropSyst to estimate crop yield and growth seed oil . Iranian Journal of Sciences Water and Soil 25 (3). 593_605. (In Persian with English Abstract).
20. Kumar, R., A. K. Sarawgi, C. Ramos, S. T. 2006.Amarante, A. M. Ismail, and L. J. Wade. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. Field Crops Res. 98:1-11.
21. Ma, Y.F and Lu. Dz. 1990.Effect of irrigation methods on senescence and physiological activities in hybrid rice after heading. Chinese Journal of Rice Sci. 4(2): 56-62.
22. Mohseni, M., Montazer, A., Rahimi, A. 2008. The evaluation model of plant CropSyst In the simulation, the combined effect of water and nitrogen on yield and water productivity of wheat. Iranian Journal of Sciences Irrigation & Drainage iran. 3 (1)113-125. (In Persian with English Abstract)
23. Pala, M., Stockle, C. O. , and Harris, H. C. 1996.Simulation of durum wheat (Triticum turgidum ssp. durum) growth under different water and nitrogen regimes in a Mediterranean environment using CropSyst. Agric. Syst., 51, 147-163.
24. Pirmoradian, N., Sepaskhah, A.R., Maftoun, M. 2004.Effects of water-saving irrigation and nitrogen fertilization on yield and yield components of rice (Oryza sativa L.). Plant Production Science, 7(3):337-346.
25. Razavipour, T., Yazdani, M., Kavosi, M. 2000.The effects of water stress in different growing stage on rice yield. Presented in the 6th national conference on soil science. 26-28 Jun. 2007. Tehran. Pp 613-614. (In Persian with

- English Abstract).
26. Razavipour, T., Nahvi, M. 2006. The effects of irrigation methods growing stage on WUE in Local Rice Varieties in Gilan. *Journal of Agricultural Sciences*. 15-25 .N 9. (In Persian with English Abstract).
27. Rezaei, M., Davatgar, N., Khaledian, M., Pirmoradian, N. 2013. Effect of intermittent irrigation with salinewater on rice yield in Rasht, Iran/ provinci Guilan, Rasht, Iran. *Act a agriculturae Slovenica*, 101, 1(49-57). (In Persian with English Abstract).
28. Saadati, Z. Pirmoradian, N., Rezaei, M. 2012. Assessment of CropSyst model in yield simulating of twice varieties, under different irrigation regimes. *Dissertation. Iranian Journal of Sciences Water and Soil* . 64 (17: 1_12). (In Persian with English Abstract)
29. Salemi, H ., Abedi, E . 2003 Effect of irrigation methods and physiological activities in hybrids rice in zone lanhan (Esfhan) .(Final report of the research project).
30. Spaskhar, A., Tavakoli, A. 2005. Principles and application of deficit irrigation. *Publications National Committee of Irrigation and Drainage*. (In Persian with English Abstract).
31. Stöckle, C.O., Donatelli, M., Nelson R. 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. *European Journal of Agronomy*, 18, 3: 289-307.
32. Singh, A.K., Tripathy, R., and Chopra, U.K. 2008. Evaluation of CERES-Wheat and CropSyst models for water–nitrogen interactions in wheat crop. *Agricultural Water Management*. 95: 776-786.
33. Tanner, C., Sinclair, T. 1983. Efficient water use in crop production: research or re-research In *Limitations to efficient water use in crop production*. Madison: American Society of Agronomy: 1-27.
34. Zare, N., Khaledian, M., Pirmoradian, N., Rezaei, M. 2014. Simulation of rice yield under different irrigation and nitrogen application managements by CropSyst model. *Agrovoc descriptors oryza, rice, irrigation, flood irrigation, fertilizer application, nitrogen, plant models*. 103.2.3. (In Persian with English Abstract).



Simulation of Rice Water Productivity via CropSyst Model under Low Irrigation and Nitrogen Fertilizer

M. Mirakhori¹- B. Mirshekari^{2*}- E. Amiri³- F. Paknejad⁴- M. Yarnia⁵

Received: 05-05-2015

Accepted: 25-07-2015

Introduction

Water consumption improvement in agriculture is very important compare with other sections. Because of existing complexity in production and exploitation processes and optimized application of irrigation water and nitrogen especially in dry and semi-dry areas facing with water constraint is an important goal in this field. Yield gap analysis can help to identify how much yield increase can be expected without examine the actual nutrient and water limitations. Application of crop growth models is one of those effective methods to reach these goals. CropSyst is a simulation model for a variety of crops such as rice to enable us through calculations of data statistics regarding situation of water, weather, soil, management system, and plant genetic to get the correct results. CropSyst has been developed during the last 15 years into a multi-crop, multi-year simulation model and can connect to GIS software consisting programs of CropSyst cultivation simulator system, reconstruction of meteorological data (ClimGen), GIS connection program (ArcCs), watershed model, and several other useful programs.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of nitrogen fertilizer and irrigation on growth and yield of rice this study was conducted at the rice research institute of Iran, located in Rasht. To simulate the response function a split plot experiment as a randomized complete block design with three replications was conducted with three irrigation treatments (continuous, around 5 and 8 days) as the main factor and the amount of nitrogen in four levels (0, 90, 120 and 150 kg N ha⁻¹ Source of urea) as sub-factor. Version 3 of CropSyst was used in this study. To run the model four sets of data are required as input, including files location, soil, and plant management. Definition, application and all the required parameters of the model and parameter ranges is stated in the model manual.

Results and Discussion

The model validations were based on the comparison between simulated and observed data for all treatments other than those used in model calibration. Results of the evaluation showed that CropSyst model with regard to RMSE_n 7, 15 percent and R² 0.73, 0.84 To simulate the yield seed rice and also with regard to RMSE_n 9, 10 Percent accuracy of simulations appropriate. The results of the simulation based on the amount of transpiration water productivity for both years showed that I₃N₂ and I₃N₃ treatments had the highest amount. The results showed to simulated based on the amount of water and rain water productivity for both years showed that treatment I₃N₄ and I₃N₃ had the highest amount. The amount of evaporation in irrigation water management two-year period only 39% of evapotranspiration is evaporated, While the amount of intermittent irrigation management 5 and 8 days, respectively, 35% and 32% respectively. The nitrogen fertilizer management control, 90, 120, 150 kg ha, respectively, 39% and 34%, 35% and 32% of the evapotranspiration just evaporates.

Conclusions

In the present study, the CropSyst model was calibrated, validated, and used as a tool to estimate climatically-driven potential yield, yield production and water balance components of rice under a range of N fertilizer and water regimes in a humid region of Iran.

CropSyst can be applied for simulation the effect of N and water management on growth, yield and water productivity of wheat under Iranian subtropical conditions.

Keywords: Intermittent irrigation, Management water and nitrogen, Simulation, Rice, Water productivity

1- PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

3- Associate Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Iran

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

5- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

(*- Corresponding Author Email: Mirshekari@iaut.ac.ir)



اثر محلول پاشی روی و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات کمی و کیفی سویا تحت شرایط کم آبی

زینب زارعی^{۱*} - جهانفر دانشیان^۲ - علی خورگامی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش آب، محلول پاشی روی و مقادیر مختلف اسیدسالیسیلیک بر درصد روغن و پروتئین دانه هم چنین ارتباط آن ها با عملکرد روغن و پروتئین سویا، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در باغ کشاورزی استان لرستان در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. عامل های آزمایشی شامل تیمارهای آبیاری در دو سطح (۶۰ و ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان عامل اصلی و عامل فرعی حاصل از ترکیب محلول پاشی عنصر روی (عدم مصرف، مصرف) و هورمون اسیدسالیسیلیک در سه غلظت صفر، ۰/۵، یک میلی مولار در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که صفات مورد بررسی، تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند به طوری که تغییرات به وجود آمده در کیفیت و عملکرد دانه در کرت های تنش دیده مشهودتر بود. عملکرد دانه با عملکرد روغن و پروتئین همبستگی معنی دار و قوی داشت. اثرات متقابل سه گانه، تأثیر معنی داری بر میزان روغن و پروتئین دانه داشته است. با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک میزان روغن و پروتئین دانه کاهش یافت. افزایش اسیدسالیسیلیک و مصرف روی با افزایش میزان تبخیر سبب افزایش عملکرد دانه، روغن و پروتئین شد. محلول پاشی روی و ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش درصد روغن و پروتئین دانه گردید. در مجموع، با کاربرد روی و اسیدسالیسیلیک کاهش عملکرد در اثر تنش جبران شده و کیفیت دانه را افزایش دادند.

واژه های کلیدی: تنش آب، کیفیت دانه، غلظت

مقدمه

ایران در سال های اخیر مطرح شده، لذا توجه به ارتقاء کیفیت این محصول حائز اهمیت است. سویا همانند بسیاری از گیاهان زراعی از تنش کم آبی، متأثر می شود و بسته به وضعیت آبی در مراحل ویژه ای از فنولوژی خود به ویژه دوره رشد زایشی، کمیت و کیفیت آن تحت تأثیر قرار می گیرد. علت این امر به احتمال زیاد، تغییر در تظاهر ژن های کنترل کننده صفات کیفی دانه است. خشکی به عنوان مهم ترین تنش محیطی اغلب با تابش و درجه حرارت بالا، شوری بالای خاک، دسترسی کم مواد مغذی خاک و آسیب به ریشه در خاک گرم و سخت در ارتباط است (Wilkinson and Davies, 2010).

استفاده از عناصر کم مصرف در تغذیه گیاه، به عنوان یکی از روش های بهبود تولید، عملکرد و دستیابی به حداکثر پتانسیل بهره وری در گیاهان زراعی مطرح است. محلول پاشی این عناصر یک روش مناسب جهت ارتقاء عملکرد کمی و کیفی بذر محسوب می شود به گونه ای که در بالا بردن مقاومت سویا در برابر تنش های محیطی مانند کمبود آب مفید هستند (Ghasemian et al., 2010). روی، یکی از عناصر کم مصرف بوده که در سنتر پروتئین و فعال کردن آنزیم نقش اصلی را دارد و برای چندین آنزیم مانند

سویا با نام علمی (*Glycine max* L.) گیاهی یک ساله است که به دلیل دارا بودن ۲۰ تا ۲۸ درصد روغن دانه و بالا بودن درصد پروتئین، مورد استفاده قرار گرفته و از مهم ترین دانه های روغنی مورد توجه در سراسر جهان به شمار می رود (Soja, 2011). با توجه به این که حدود ۹۵ درصد مصرف سرانه ی روغن داخل کشور از طریق واردات تأمین می شود برنامه ریزی و تحقیق جهت توسعه کشت دانه های روغنی به خصوص سویا در هر منطقه ضروری است (Asadi and Faraji, 2009). کشت سویا به عنوان یک گیاه روغنی ارزشمند در تناوب زراعی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

۲- عضو هیئت علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرمان، ایران

۳- استادیار، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

(*)- نویسنده مسئول: Email: zareiz98@yahoo.com

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.46637

سالیانه و درجه حرارت منطقه بر اساس آمار هواشناسی، ۵۲۰ میلی متر و ۱۷/۵ درجه سانتی گراد می باشد. طرح آماری به کار رفته، فاکتوریل اسپلیت پلات بود که در چهار تکرار اجرا شد. زمین محل انجام آزمایش که سال قبل به صورت آیش بوده در ابتدا شخم زده، سپس در دو نوبت به صورت عمود بر هم دیسک زده شد و تسطیح با استفاده از لولر انجام گرفت. جهت تعیین خصوصیات خاک محل اجرای طرح، از نقاط مختلف مزرعه در عمق صفر تا ۶۰ سانتی متری نمونه برداری به عمل آمد. پس از دریافت نتایج آزمون خاک، میزان کود مصرفی اوره و سوپرفسفات، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین اضافه شد و در بین عناصر ریزمغذی، از روی به دلیل نزدیک بودن مقدار آن به حد بحرانی گیاه سویا (یک پی پی ام) در مرحله رویشی استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۱ درج گردیده است.

هر تکرار شامل ۱۲ کرت و هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر در نظر گرفته شد و فاصله ردیفها در هر کرت ۵۰ سانتی متر بود. بین تکرارها به منظور عدم نفوذ آب به کرت های دیگر حدود پنج متر فاصله تعبیه گردید. بذور در عمق سه- پنج سانتی متری با دست بر روی پشته ها کشت شدند. کشت در اواخر خردادماه به صورت هیرم کاری انجام شد. به منظور تشکیل گره های تثبیت نیتروژن در ریشه، بذور قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم تلقیح شدند. اولین آبیاری پس از اتمام عملیات کاشت انجام شد. سپس با توجه به وضعیت جوی مزرعه و میزان تبخیر، آبیاری های بعدی تا مرحله تشکیل گره چهار- شش مطابق شاهد انجام شد، سپس تیمار کم آبی با ۱۲۰ میلی متر تبخیر بر اساس تشتک تبخیر از کلاس A اعمال شد. بنابراین هر روز میزان تبخیر بر اساس آب اضافه به تشتک محاسبه و زمانی که به ۶۰ میلی متر رسید آبیاری تیمار شاهد انجام گرفت. بدین صورت با دو بار آبیاری کرت های شاهد، در کرت های تنش یک نوبت آبیاری انجام شد. با توجه به کشت محصول در فصل تابستان، در طول زمان انجام آزمایش بارشی وجود نداشت. اطلاعات آب و هوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

در طول دوره رشد گیاه، مبارزه با علف های هرز به صورت وجین از مراحل ۲-۴ برگی تا گلدهی در سه نوبت انجام شد. به منظور تعیین تراکم مناسب (پنج سانتی متر) در مرحله سه تا پنج برگی اقدام به تنک گیاهان گردید. قبل از گلدهی، عنصر روی (عدم مصرف و مصرف) به صورت محلول پاشی و با مقدار یک لیتر در هکتار به کار رفت. تیماردهی گیاهان از طریق پاشش اسیدسالیسیلیک به برگ هایی که در کرت های فرعی قرار داشتند با دو غلظت ۰/۵ و یک میلی مولار (mM) اسیدسالیسیلیک و صفر به عنوان شاهد آغاز شد که با شروع گلدهی و در و در زمان اعمال تنش، محلول پاشی صورت گرفت. عملیات برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ضمن حذف دو خط کناری از مساحت حدود چهار متر مربع انجام گرفت.

آنهیدرات دهیدروژناز، اکسیداز و پراکسیداز به عنوان کوفاکتور عمل می کند علاوه بر این، از کلروپلاست ها نیز محافظت می نماید (Ayad *et al.*, 2010). با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک عنصر روی در خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به طور مضاعفی با کمبود روی مواجه می شود (Bagci *et al.*, 2007). نتایج مطالعات حاکی از آن است که کمبود روی در بسیاری از نقاط جهان و در طیف گسترده ای از انواع خاک ها، در مناطق نیمه خشک با خاک های آهکی، مناطق گرمسیری با خاک هایی که بسیار در معرض هوا هستند و خاک های با بافت شنی بیش تر مشاهده می شود (Akay, 2011). با توجه به یافته های Yasari *et al.*, 2012 کاربرد روی در خاک و محلول پاشی، اثرات مفیدی بر درصد و مقدار روغن دانه و پروتئین محصول سویا دارد. نتایج آزمایش های مختلف نیز مبین تأثیر مثبت محلول پاشی روی بر عملکرد می باشد (Bybordi *et al.*, 2010; Chandra *et al.*, 2009).

استفاده از تنظیم کننده های رشد به صورت برون زاء، در بسیاری از موارد در کاهش آثار تنش ها مؤثر بوده است. نقش اسیدسالیسیلیک (SA) و ترکیبات وابسته به آن در کاهش آثار بسیاری از تنش های محیطی ثابت شده است (Hayat *et al.*, 2007). هم چنین اسید سالیسیلیک بر رشد گیاه، جوانه زنی بذر، جذب و انتقال یون، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میوه تأثیر می گذارد (Belkhadi *et al.*, 2010). افزایش رشد در اثر کاربرد SA در گندم (Azimi *et al.*, 2013)، سویا (Drazic *et al.*, 2005) و ذرت (Farahbakhsh *et al.*, 2011) مشاهده گردیده است. اثر مثبت اسید سالیسیلیک در گیاهان مختلف تحت شرایط تنش غیر زیستی نیز توسط Popova *et al.*, 2009 گزارش شده است. با توجه به مزایای دسترسی آسان و کم هزینه بودن آن، در شرایط تنش توجیه اقتصادی دارد و می تواند به عنوان یک راه کار ارزشمند به ویژه در عرصه فعالیت های نوین کشاورزی در خصوص گیاهان روغنی مطرح گردد. جستجوی راه کارها جهت گسترش کشت با کاهش مصرف و حفظ منابع آب به عنوان مهم ترین فاکتور کنترل کننده عملکرد محصولات، تقریباً بر تمام فرآیندهای رشد گیاه تأثیر گذار است. لذا پژوهش حاضر جهت تعیین اثرات روی و مقادیر مختلف اسیدسالیسیلیک بر عملکرد دانه و ارتباط آن با عملکرد روغن و پروتئین دانه سویا در شرایط کم آبی اجرا شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۲ در باغ کشاورزی استان لرستان واقع در شهر خرم آباد اجرا شد. طول جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۱ متر بود. متوسط بارندگی

جهت ارزیابی صفات در زمان رسیدن از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات کمی (تعداد دانه در متر مربع و عملکرد دانه) و کیفی (میزان روغن و پروتئین) دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه گیری میزان روغن و پروتئین دانه به ترتیب با دستگاه های سوکسله و کج دال انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil experimental site

بافت خاک Soil texture	اسیدیته خاک PH	Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	آهک Lime (%)	هدایت الکتریکی EC (mmhos cm ⁻¹)	کربن آلی O.C (%)
لوم رسی Clay loam	7.9	1.3	1.1	7.5	11	295	4.8	28.2	0.59	1.19

جدول ۲- آمار هواشناسی ایستگاه کشاورزی سال ۹۲ خرم آباد

Table 2- Meteorological data of the agriculture Khorramabad station in 2013

میزان تبخیر	حداکثر رطوبت نسبی	حداقل رطوبت نسبی	میزان بارش	حداکثر دما	حداقل دما	ماه	Month
Evaporation n (mm)	Max.RH (%)	Min.RH (%)	Precipitation (mm)	Max temp (°C)	Min temp (°C)		
8.9	46.483	8.87	0	34.27	14.07	خرداد	Jun.
11.767	36.58	6.645	0	40.483	18.522	تیر	Jul.
11.612	40.387	7.255	0	39.309	17.638	مرداد	Aug.
7.854	42.419	7.161	0	36.47	14.07	شهریور	Sep.
8.9	47.3	9.066	0	29.853	8.006	مهر	Oct.

با مصرف روی و یک میلی مولار SA بیشترین افزایش تعداد دانه (۳۴/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد) مشاهده گردید که این افزایش را می توان به تولید مواد فتوسنتزی بیش تر در اثر کاهش عوارض تنش خشکی به وسیله ی SA نسبت داد. در شرایط آبیاری کامل، گیاه با بهره گیری از کلیه شرایط محیطی، توسعه اندام های رویشی و تولید مناسب مواد فتوسنتزی بیشترین تعداد غلاف را تولید می کند و در نتیجه بیشترین تعداد دانه نیز از این سطح حاصل می شود و هر گونه تنشی باعث کاهش تعداد غلاف و دانه می شود (Imam and Zavareh, 2005). در تنش کم آبی، برخی از گل های تلقیح شده موفق به دریافت کربوهیدرات کافی برای توسعه و پر نمودن دانه نخواهند شد و ناچاراً تعداد دانه کمتر می شود که با گزارشات حاصل از آزمایش Mastrodomenico *et al.*, 2013 مطابقت دارد. کاربرد روی، تعداد دانه سویا را در مترمربع حدود ۱۵/۸ درصد افزایش داد. از آنجایی که عنصر روی در سنتز پروتئین لوله گرد شده شرکت کرده، منجر به افزایش گرده افشانی و تشکیل دانه می شود (Morshedi and Naghibi, 2004). محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر تعداد دانه اثر گذاشته و با اعمال تنش، بیشترین مقدار با ۲۳۱۴/۰۸ دانه در غلظت یک میلی مولار حاصل شد. در آبیاری مطلوب، غلظت ۰/۵ میلی مولار

پس از تعیین درصد روغن دانه از حاصل ضرب آن در عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. عملکرد پروتئین نیز به همین ترتیب محاسبه شد. داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه شده و میانگین ها با استفاده از آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند. برای محاسبه ضریب همبستگی از نرم افزار MSTAT-C استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر آبیاری برای تمام صفات، جز عملکرد پروتئین معنی دار شد. اثر روی و اسیدسالیسیلیک بر تمام صفات اندازه گیری شده معنی دار بود که این معنی دار شدن، بیانگر وجود اختلاف معنی دار در بین سطوح است (جدول ۳). تعداد دانه در مترمربع تحت تأثیر معنی دار برهم کنش روی و SA قرار گرفت. بیشترین تعداد دانه به تیمار روی در یک میلی مولار SA با ۲۸۷۵/۵ دانه، در مترمربع تعلق داشت و با تیمار روی در ۰/۵ میلی مولار SA در گروه آماری مشابهی قرار گرفت (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب، محلول پاشی روی و ۰/۵ میلی مولار اسیدسالیسیلیک با ۳۱۱۲/۴ دانه بالاترین میزان را داشت که با بقیه سطوح اختلاف معنی داری داشته است در صورتی که در شرایط تنش،

عملکرد دانه است، به همین دلیل کاهش یا افزایش این صفت بر عملکرد دانه نیز مؤثر خواهند بود (جدول ۴).

در اثرات متقابل روی و SA، بیشترین مقدار روغن در کاربرد روی و ۵/۰ میلی مولار SA به میزان ۲۶/۲۳ درصد به دست آمد. در غلظت یک میلی مولار SA، سطوح روی از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). در برهم کنش سه گانه، ۵/۰ میلی مولار SA و روی در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی حداکثر مقدار روغن در دانه تولید شده است. SA، باعث افزایش روغن دانه که مهم ترین ویژگی کیفی هر گیاه روغنی از جمله سویاست، شده و بیشترین مقدار در غلظت ۵/۰ میلی مولار اسیدسالیسیلیک به میزان ۲۵/۳۳ درصد ثبت شد، ولی با غلظت بیش تر SA در یک گروه آماری قرار داشت. کاربرد ۵/۰ میلی مولار SA در شرایط عدم تنش رطوبتی ۲/۱۷ درصد و در شرایط تنش پنج درصد میزان روغن را افزایش داد. محلول پاشی روی با مقدار ۲۵/۳۳ درصد موجب افزایش مختصری در میزان روغن دانه شده است (جدول ۳). که این نتایج با گزارشات Banks, 2004 مطابقت دارد. کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم های آنتی اکسیدانت شده و منجر به خسارات شدید و گسترده به غشای لیپیدی می شود از این رو کمبود عنصر روی می تواند باعث کاهش میزان روغن دانه شود (Yilmaz et al., 1997). گزارش شده است که محلول پاشی روی در مقایسه با شاهد ۳۸ درصد عملکرد دانه، ۹ درصد میزان روغن و شش درصد پروتئین دانه را افزایش می دهد (Morshedi and Naghibi, 2004). در تیمارهای آبیاری، کمترین میزان روغن دانه (۳/۳ درصد) به تیمار تنش تعلق داشت (جدول ۳). در واقع تنش خشکی درصد روغن را کاهش و درصد پروتئین را با توجه به همبستگی منفی با درصد روغن (جدول ۸)، افزایش می دهد که این حالت به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه می باشد. Bouchereau et al., 1996 اظهار داشتند که این امر ممکن است به علت اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذر و آسیب به انتقال آسمیلاتها به دانه باشد. Zahedi et al., 2009 نیز گزارش دادند که کاهش درصد روغن در تنش خشکی به احتمال زیاد به دلیل کاهش فتوسنتز و انتقال مجدد بوده است. در صورتی که در آزمایش Eslam et al., 2010 درصد روغن دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت. با کاربرد روی در آبیاری کامل، درصد روغن دانه روند افزایشی را دنبال کرد ولی این افزایش غیر معنی دار بود. ضرایب همبستگی ساده بین ویژگی های مورد بررسی نشان دادند که درصد روغن با تعداد دانه در مترمربع ($r=0.751^{**}$) و عملکرد دانه ($r=0.706^{**}$) همبستگی بالایی دارد (جدول ۸). ضمن این که با افزایش SA و کاربرد روی در شرایط تنش، عملکرد روغن روند صعودی را در پی داشت، اما تنها اثرات ساده و برهم کنش آبیاری در روی معنی دار شد. همان گونه که اشاره شد با افزایش SA، درصد روغن کاهش یافت، ولی این کاهش منجر به کاهش عملکرد روغن نشد. بنابراین، با مصرف کمتر اسیدسالیسیلیک

با اختلاف ۱۵ درصدی و با وقوع کم آبی، غلظت یک میلی مولار SA با اختلاف ۲۱ درصدی نسبت به شاهد حداکثر تعداد دانه را داراست. بنابراین، با افزایش اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش، تعداد دانه بیش تری نسبت به شرایط بهینه در مقایسه با تیمار شاهد تولید می شود (جدول ۵). کاربرد روی کاهش عملکرد را که در طول فصل رشد از آبیاری تأثیر می پذیرد، بهبود می بخشد و در شرایط بهینه به مراتب، عملکرد دانه بیش تری (۲۰۴۵/۹ کیلوگرم در هکتار) از شرایط تنش را باعث شد. کمبود روی موجب کاهش فتوسنتز، کاهش کربوهیدرات های محلول و پروتئین شده که متعاقب آن عملکرد و کیفیت دانه نیز کاهش می یابد (Efe and Yarpuz, 2011). نتایج این پژوهش با یافته های Pable and Patil, 2011 که نشان دادند استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه سویا می گردد، مطابقت دارد. تنش موجب کاهش ۱۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به آبیاری مطلوب شد (جدول ۳). این کاهش عملکرد دانه را می توان به کاهش فتوسنتز و ماده سازی در گیاه نسبت داد که احتمالاً به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی از خاک و مواد غذایی انتقال یافته از برگ به دانه که از پیامدهای تنش کمبود آب بوده، باشد. کاهش سرعت متابولیسم کربن، میزان هدایت روزنه ای و جذب آب در اثر کاهش رشد ریشه، از عوامل دخیل در کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی می باشند (Liu et al., 2004). Kobraee and Shamsi, 2012. کاهش ۲۴/۲ تا ۵۳/۴ درصدی عملکرد دانه سویا در شرایط تنش خشکی را در پژوهش خود بیان داشتند. هم چنین، در تحقیقی که توسط Mak et al., 2014 صورت گرفت کاهش رشد و عملکرد دانه گیاهان سویا در شرایط خشکی مشاهده شد. در آبیاری کامل، گیاه با برخورداری بیش تر تعداد دانه در مترمربع توانسته است عملکرد دانه (۱/۲ برابر بیش تر از شرایط تنش) بیش تری را تولید نماید که احتمالاً به علت دوره رشد طولانی تر، قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی و جذب بیش تر و در نهایت افزایش عملکرد شده است باشد. مصرف اسیدسالیسیلیک به خصوص در شرایط تنش نیز موجب بهبود عملکرد شد. بیش ترین عملکرد دانه در هر دو شرایط، مربوط به سطح یک میلی مولار SA بود. اثر تحریک کننده و مثبت SA توسط محققان دیگری از جمله Singh and Usha, 2003؛ El-Tayeb, 2005 گزارش شده است. با مصرف روی و افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک، افزایش ۳۰ درصدی عملکرد دانه سویا نسبت به تیمار شاهد ملاحظه شد (جدول ۶). با مصرف توام روی و یک میلی مولار SA در شرایط تنش، عملکرد دانه ۱/۴ برابر بیش تر از تیمار شاهد شده است. می توان گفت، قدرت تحمل به خشکی در این تیمار بیش تر بوده است شاید به دلیل تأثیر بیش تر بر رشد و فتوسنتز گیاه باعث افزایش انتقال مواد غذایی به دانه ها شده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد شده است. وجود همبستگی بالا بین عملکرد دانه و تعداد دانه در مترمربع ($r=0.958^{**}$) نشان می دهد که تغییرات آن هم جهت با تغییرات

($r^2=0.79^{**}$) آفتابگردان وجود دارد. با توجه به نتایج حاصله، عملکرد پروتئین تنها در اثرات ساده روی، SA و برهم کنش آن‌ها معنی دار شد. عدم وجود اختلاف معنی دار را می‌توان بر اثر عملکرد دانه و از طرفی درصد پروتئین دانست. بیشترین عملکرد پروتئین در غلظت ۵/۰ میلی مولار SA با اختلاف ۱۸/۷ درصدی نسبت به شاهد دیده شد که تفاوت معنی داری با غلظت یک میلی مولار نداشت. بنابراین، با افزایش مقادیر اسیدسالیسیلیک عملکرد پروتئین کاهش یافت. با مصرف روی توأم با غلظت‌های ۵/۰ و یک میلی مولار SA به ترتیب ۶/۸ و ۱۳/۹ درصد عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد. مشخص گردید که افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک به همراه محلول پاشی روی در گیاه سویا سبب حصول بیشترین میزان عملکرد پروتئین می‌شود (جدول ۶). مطالعات نشان داده‌اند که شرایط نامطلوب، به خصوص خشکی ممکن است ترکیب دانه و کیفیت مرتبط را تغییر دهد (Anwar et al., 2006). با توجه به این که در شرایط کمبود آب بیشترین افت عملکرد دانه و روغن سویا رخ می‌دهد، روی و اسیدسالیسیلیک نقش غیرقابل انکاری بر این صفات دارند و جهت به دست آوردن عملکرد مطلوب مقرون به صرفه خواهند بود.

نتیجه گیری

استفاده از عنصر روی در تغذیه گیاه سویا تحت شرایط تنش رطوبتی، نقش قابل ملاحظه‌ای را در کاهش اثرات سوء تنش آبی و بهبود عملکرد گیاه دارد. کاربرد روی و اسیدسالیسیلیک به ویژه غلظت یک میلی مولار به عنوان بهترین تیمار برای حصول حداکثر عملکرد دانه در شرایط تنش شناخته شد. اسیدسالیسیلیک تأثیرات تخریبی تنش بر دانه را نیز تعدیل می‌کند و غلظت یک میلی مولار به دلیل دارا بودن تعداد دانه بیش‌تر در مترمربع، عملکرد دانه بیش‌تری را تولید می‌نماید. در شرایط کم‌آبی، از درصد روغن و عملکرد دانه کاسته و به میزان پروتئین افزوده شد. با اعمال تنش کمترین میزان عملکرد دانه به دست آمد. علت این کاهش را می‌توان به کاهش زیاد تعداد دانه در متر مربع به عنوان یکی از اجزای مؤثر در عملکرد دانه گیاه دانست. در شرایط بهینه و تنش، حداکثر کیفیت دانه (درصد روغن و پروتئین) با کاربرد روی و ۵/۰ میلی مولار SA به دست آمد. محلول پاشی گیاه سویا با غلظت پایین‌تر اسیدسالیسیلیک موجب افزایش معنی دار مقدار روغن در مقایسه با عدم مصرف SA شد. عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری با تعداد دانه در متر مربع و عملکرد روغن دانه داشت. کاهش عملکرد روغن و پروتئین دانه در شرایط تنش به دلیل کاهش عملکرد دانه است.

ضمن افزایش درصد روغن، کاهش عملکرد روغن را نمی‌توان جبران کرد. همچنین، محلول پاشی روی دارای عملکرد روغن بیش‌تری بود (جدول ۳). طبق نتایج El-Habbasha, and Abd El-Salam, 2010، با افزایش تعداد دفعات محلول پاشی روی شاخ و برگ، عملکرد دانه و روغن افزایش یافت. پژوهشگران دیگری هم‌چون Kidman and Paul, 2001 نشان دادند که عملکرد روغن و پروتئین تحت تأثیر افزایش مقدار روی مصرفی قرار گرفت. در شرایط تنش، عملکرد روغن ۲۳ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت (جدول ۳). عملکرد روغن سویا تحت تأثیر برهم کنش آبیاری و روی قرار گرفت. بیش‌ترین مقدار در آبیاری مطلوب و محلول پاشی روی با ۵۱/۵۹۵ کیلوگرم در هکتار تعلق گرفت (جدول ۴). در این پژوهش رابطه مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه و عملکرد روغن ($r^2=0.99^{**}$) وجود دارد (جدول ۸). به نظر می‌رسد کاهش درصد روغن و عملکرد دانه از عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد روغن دانه به خصوص در شرایط کم‌آبی باشد. لذا تغییرات عملکرد روغن اساساً مربوط به تغییرات عملکرد دانه است که با نتایج Jackson, 2000 هم‌خوانی دارد. درصد پروتئین در تمام تیمارهای آزمایشی ساده، برهم کنش دو و سه جانبه غیر از تیمار SA در آبیاری معنی دار شد (جدول ۳). مصرف روی و ۵/۰ میلی مولار SA باعث حداکثر میزان پروتئین دانه (۴۲/۷۲ درصد) در شرایط کم‌آبی شد. در شرایط تنش رطوبتی و ۵/۰ میلی مولار SA، سطوح روی در یک گروه آماری قرار گرفتند. غلظت زیاد اسیدسالیسیلیک بیش‌تر شبیه یک عامل تنش‌زا عمل نموده که باعث کاهش مقدار پروتئین دانه می‌شود و غلظت کمتر موجب افزایش (۳۹/۶۳ درصد) آن شده است. کمترین میزان پروتئین دانه در شرایط تنش کم‌آبی ثبت شد. تنش موجب کوتاه شدن دوره رشد زایشی و کاهش زمان ذخیره نشاسته در دانه می‌شود که در نتیجه آن درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد (Sajedi and Rajali, 2011). طبق نتایج Roustae et al., 2012 با افزایش میزان تنش رطوبتی، درصد پروتئین دانه سویا افزایش می‌یابد که این افزایش در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی روی می‌دهد (Pour Mousavi, 2005). استفاده از روی باعث افزایش پروتئین به مقدار ۳۸/۷ درصد شده است. تأثیرگذاری روی در شرایط کم‌آبی بیش‌تر بوده به طوری که با محلول پاشی در شرایط عدم تنش و تنش، درصد پروتئین به ترتیب حدود یک و پنج درصد افزایش یافت. علت افزایش احتمالاً به فعالیت برخی آنزیم‌هایی که کاتالیزور ساخت پروتئین هستند مرتبط می‌شود و یا نتیجه فعالیت‌های متابولیکی و افزایش پروتئین‌های ذخیره‌ای باشد که با نتایج Banks, 2004 مبنی بر افزایش میزان پروتئین دانه سویا با مصرف عنصر روی مطابقت دارد. درصد پروتئین همبستگی منفی با درصد روغن و عملکرد دانه داشته است (جدول ۸). طبق گزارشات Naseri et al., 2010 همبستگی منفی و معنی دار بین میزان پروتئین و روغن دانه

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی بین سطوح مختلف تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و روی
Table 3- Main comparison of traits between the different levels of water stress and foliar application

آبیاری irrigation (mm evaporation)	روی zinc (l.ha ⁻¹)	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر Grain m ⁻²	عملکرد دانه grain yield (kg ha ⁻¹)	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha ⁻¹)
60			2816.808 a	2110.9 a	25.5 a	540.382 a	36.4 b	771.483 a
120			2114.393 b	1705.1 b	24.3 b	46 b 416.0	40.06 a	685.65 a
	0		2253.743 b	1770.2 b	24.55 b	436.337 b	37.8 b	670.551 b
	1		2677.458 a	2045.9 a	25.33 a	520.091 a	38.7 a	786.551 a
		0	2224.06 b	1725.3 b	24.44 b	424.661 b	36.72 c	632.37 b
		0.5	2642.205 a	1972.8 a	25.33 a	501.062 a	39.63 a	778.029 a
		1	2530.068 a	2025.9 a	25.06 a	508.92 a	38.42 b	775.254 a

در هر ستون و برای هر عامل میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means in each coulumn and factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

جدول ۴- برهم‌کنش تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی روی و zinc foliar application on measured traits of soybean
Table 4- Interaction effect of water deficit stress and zinc foliar application on measured traits of soybean

آبیاری irrigation (mm evaporation)	روی zinc (l.ha ⁻¹)	تعداد دانه در متر grain m ⁻²	عملکرد دانه grain yield (kg ha ⁻¹)	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha ⁻¹)
60	0	2626.59 b	1931.9 b	a 25.02	485.248 b	36.35 c	709.90 b
	1	3007.02 a	2290.4 a	a 25.99	595.517 a	36.57 c	833 a
120	0	1880.89 d	1608.5 d	c 24.09	387.426 d	39.06 b	631.20c
	1	2347.89 c	1801.7 c	b 24.68	447.666 c	41.06 a	740.10b

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means in each coulumn followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

جدول ۵- برهم کنش تیمارهای آبیاری و محلول پاشی اسیدسالیسیلیک بر صفات اندازه گیری شده سویا

Table 5- Interaction effect of irrigation and salicylic acid foliar application on measured traits of soybean							
آبیاری irrigation (mm evaporation)	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر مربع grain m ⁻²	عملکرد دانه grain yield (kg. ha ⁻¹)	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg. ha ⁻¹)	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg. ha ⁻¹)
60	0	2619.81 b	1920.2 b	abc 25.17	483.315 b	34.74 f	669.07 c
	0.5	3083.318 a	2193.6 a	a 25.73	564.43 a	37.83 d	829.83 a
	1	2747.288 b	2219.1 a	25.6 ab	569.04 a	36.8 e	819.07 a
120	0	1828.319 d	d 1530.5	d 23.71	362.22 d	38.7 c	592.32 d
	0.5	2200.78 c	1752.1 c	bc 24.93	c 437.10	41.44 a	726.08 bc
	1	2314.08 c	1832.7 bc	c 24.51	448.716 c	40.04 b	733.84 bc

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

جدول ۶- برهم کنش محلول پاشی روی و اسیدسالیسیلیک بر صفات کمی و کیفی دانه سویا

Table 6- Interaction effect of zinc and salicylic acid foliar application on quantitative and quality characteristics of soybean grain							
روی zinc(l.ha ⁻¹)	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر مربع grain m ⁻²	عملکرد دانه grain yield (kg ha ⁻¹)	درصد روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)	درصد پروتئین دانه Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha ⁻¹)
0	0	2071.36 d	1530.8 d	24.11 c	370.006 c	35.64 c	543.589 d
	0.5	2504.03 b	1913.5 bc	24.43 bc	468.626 b	a 39.28	22 bc 750.6
	1	2185.824 cd	1866.3 c	25.11 b	469.379 b	b 38.52	717.442 c
1	0	2376.77 bc	1919.9 bc	24.77 bc	478.316 b	b 37.8	721.15 c
	0.5	2780.06 a	2032.2 b	26.23 a	533.479 a	a 39.99	805.437 ab
	1	2875.54 a	2185.4 a	25 b	548.461 a	b 38.33	833.067 a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test

جدول ۷- برهم کنش سه گانه بر صفات کمی و کیفی دانه سویا

Table 7- Triple interaction effect on quantitative and quality characteristics of soybean grain									
آبیاری irrigation (mm evaporation)	روی zinc (Lha ⁻¹)	اسیدسالیسیلیک salicylic acid (mM)	تعداد دانه در متر مربع grain m ⁻²	عملکرد دانه grain yield (kg ha ⁻¹)	دانه روغن Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)	درصد پروتئین Protein content (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha ⁻¹)	
60	0	0	2369.103 c	1684.1 d	24.48 cde	416.005 ef	33.93 f	571.50 e	
		0.5	3054.204 ab	2079.6 c	25.13 bcd	522.437 bc	38.41 c	798.69 ab	
		1	2456.476 c	2032 c	25.44 abc	517.302 bc	37.37 cd	759.73 bcd	
		0	2870.532 ab	2156.2 bc	25.87 ab	558.086 b	35.55 e	767.99 bcd	
		0.5	3112.434 a	2307.5 ab	26.32 a	607.608 a	37.25 cd	859.62 a	
120	0	1	3038.101 ab	2406.2 a	25.77 ab	620.856 a	36.23 de	871.63 a	
		0	1773.63 d	1377.4 e	23.75 e	326.007 g	37.35 cd	515.76 e	
		0.5	1953.876 d	1747.3 d	23.74 e	414.816 ef	40.15 b	702.7 cd	
		1	1915.173 d	1700.7 d	24.78 cd	421.457 ef	39.67 b	675.25 d	
		0	1883.009 d	1683.6 d	23.67 e	398.547 f	40.05 b	674.40 d	
		0.5	2447.688 c	1757 d	26.13 ab	459.386 de	42.72 a	751.30 bcd	
		1	2712.989 bc	1964.7 c	24.24 de	476.066 cd	40.42 b	794.60 ab	

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range Test
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده بین صفات گیاهی سویا در تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی روی و اسیدسالیسیلیک

Table 8- Simple correlation coefficients between soybean plant characteristics in irrigation, zinc and salicylic acid foliar application treatments							
Plant characteristics	صفات گیاهی	تعداد دانه در متر مربع grain m ⁻²	عملکرد دانه grain yield	درصد روغن Oil content	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین Protein content	
Grain yield	عملکرد دانه	0.901**					
Oil content	درصد روغن دانه	0.751**	0.706**				
Oil yield	عملکرد روغن	0.911**	0.99**	0.796**			
Protein content	درصد پروتئین دانه	-0.306	-0.281	-0.211	-0.285		
Protein yield	عملکرد پروتئین	0.814**	0.918**	0.639*	0.905**	0.121	

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively
* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

می باشد. بر این اساس از روی و یک میلی مولار SA جهت بازدهی بالا و مصرف روی با ۵۰ میلی مولار اسیدسالیسیلیک برای حداکثر کیفیت می توان در شرایط تنش استفاده نمود.

با وجود این که تنش کم آبی توانست در برخی از صفات بررسی شده تغییرات بیش تری اعمال کند، اما در مجموع، تأثیر روی به مراتب بیش تر بود که این نشان دهنده اثر مستقیم روی در بالا بردن عملکرد

References

1. Akay, A. 2011. Effect of zinc fertilizer applications on yield and element contents of some registered chickpeas varieties. *African Journal of Biotechnology* 10(61): 13090-13096.
2. Anwar, F., Zafar, S. N., and Rashid, U. 2006. Characterization of Moringa oleifera seed oil from drought and irrigated regions of Punjab, Pakistan. *Grasas Y Aceites* 57(2):160-168.
3. Asadi, M. A., and Faraji, A. 2009. Applied principles of agriculture oilseeds (soybean, cotton, canola and sunflower). Agricultural Extension and Education Publications.
4. Ayad, H. S., Reda, F., and Abdalla, M. S. A. 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). *World Journal of Agricultural Sciences* 6(5): 601-608.
5. Azimi, M. S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., Zare, S. 2013. Evaluation of Amino Acid and Salicylic Acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(8): 816-819.
6. Bagci, S. A., Ekiz, H., Yilmaz, A., and Cakmak, I. 2007. Effect of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in central Anatolia. *Journal of Agronomy and Crop Sciences* 193(3): 189-206.
7. Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 22(17): 226-231.
8. Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W., and Djebali, W. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73(5): 1004-1011.
9. Bybordi, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of Application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae* 2(1): 94-103.
10. Bouchereau, A., Clossais, B. N., Bensoud, A., Beport, L., and Renard, M. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy* 5(1-2): 19-30.
11. Chandra, D., and Khandelwal, R. B. 2009. Effect of zinc and phosphorus on yield, nutrient uptake and oil content of mustard grown on the gypsum-treated sodic soil. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 57(1): 66-70.
12. Drazic, G., and Mihailovic, N. 2005. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. *Plant Science* 168(2): 511-517.
13. Efe, L., and Yarpuz, E. 2011. The effect of zinc application methods on seed cotton yield, lint and seed quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in east Mediterranean region of Turkey. *African Journal of Biotechnology* 10(44): 8782-8789.
14. El-Habbasha, S. F., and Abd El-Salam, M. S. 2010. Response of two canola varieties (*Brassica napus* L.) to nitrogen fertilizer levels and zinc foliar application. *International Journal of Academic Research* 2(2): 60-66.
15. El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul* 45(3): 215-225.
16. Eslam, B. P., Monirifar, H., and aher Ghassemi, M. T. 2010. Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 34: 373-380.
17. Farahbakhsh, H., and Shamsaddin Saiid, M. 2011. Effects of foliar application of salicylic acid on vegetative growth of maize under saline conditions. *African Journal of Plant Science* 5(10): 575-578.
18. Ghasemian, V., Ghalavand, A., Soroosh zadeh, A., and Pirzad, A. 2010. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. *Journal of Phytology* 2(11): 73-79.
19. Hayat, S., Ali, A., and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: Biosynthesis, Metabolism and Physiological Role in Plants. *Salicylic Acid: a Plant Hormone* 1-14.
20. Imam, Y., and Zavareh, H. 2005. Drought tolerance in higher plants (analysis of the physiological and molecular biology) (translation). Center for Academic Publication.
21. Jackson, G. D. 2000. Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal* 92(4): 644-649.
22. Kidman, F., and Paul, K. B. 2001. Effect of zinc fertilization on yield, protein and oil of canola. *Plant Soil* 112:

- 327-329.
23. Kobraee, S., and Shamsi, K. 2012. Effects of drought stress on dry matter accumulation and morphological traits in soybean. *International Journal of Biosciences* 10(2): 73-79.
24. 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 Crops Research* 85: 159-166.
25. Mak, M., Babla, M., Xu S-C., O'Carrigan, A., Liu, X-H., Gong, Y-M., Holford, P., and Chen, Z-H. 2014. Leaf mesophyll K⁺, H⁺ and Ca²⁺ fluxes are involved in drought-induced decrease in photosynthesis and stomatal closure in soybean. *Environmental and Experimental Botany* 98: 1-12.
26. Mastrodomenico, A. T., Purcellb, L. C., and King, C. A. 2013. The response and recovery of nitrogen fixation activity in soybean to water deficit at different reproductive developmental stages. *Environmental and Experimental Botany* 85: 16– 21.
27. Morshedi, A., and Naghibi, H. 2004. Effects of foliar application of Cu and Zn on yield and quality of canola grain (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 11(3): 15-22. (In Persian with English Abstract).
28. Naseri, R., Fasihi, K., Hatami, A., and Poursiahbidi, M. M. 2010. Effect of planting pattern on yield, yield components, oil and protein contents in winter safflower cv. Sina under rainfed conditions. *Iranian Journal Crop Sciences* 12(3): 227-238. (In Persian with English Abstract).
29. Pable, D., and Patil, D. B. 2011. Effect of sulphur and zinc on nutrient uptake and yield of soybean. *International Journal of Agricultural Sciences* 7(1): 129-132.
30. Popova, L. P., Maslenkova, L. T., Yordanova, R. Y., Ivanova, A. P., Krantev, A. P., Szalai, G., and Janda, T. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 47(3): 224-231.
31. Pour Mousavi, S. M. 2005. The impact of manure on indicators of growth, agronomic and physiological characteristics of soybean in conditions of water stress. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Zabol. (In Persian).
32. Rostaie, K. h., Movahhedi Dehnavi, M., Khadem, S. A., and Owliaie, H. R. 2012. Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the quantitative and qualitative characteristics of soybean under drought stress. *Journal of Crops Improvement* 14(1): 33-41. (In Persian with English Abstract).
33. Sajedi, N. A., and Rajali F. 2011. Effects of drought stress, zinc application and mycorrhizal inoculation on uptake of micronutrients in Maize. *Iranian Journal of Soil Research* 25(2):83-92. (In Persian with English Abstract).
34. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation* 39(2): 137-141.
35. Soja, E. 2011. *Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013*. Londrina: Embrapa Soja 261 p.
36. Wilkinson, S., and Davies, W. J. 2010. Drought, ozone, ABA and ethylene: new insights from cell to plant to community. *Plant, Cell & Environment* 33(4): 510–525.
37. Yasari, E., and Vahedi, A. 2012. Micronutrients Impact on Soybean (*Glycine max* (Merrill)) Qualitative and Quantitative Traits. *International Journal of Biology* 4(2): 112-118.
38. Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., and Bagci, S. A. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc-deficient calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition* 20(4): 461-471.
39. Zahedi, H., Noor-mohammadi, G. H., Shirani-Rad, A. H., Habibi, D., and Mashhadi- Akbar-Boojar, M. A. 2009. The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth, yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. *World Applied Sciences Journal* 7(2): 255-262.



Effect of Zinc and Salicylic acid Foliar Application on Quantitative and Qualitative Characteristics of Soybean under Deficit Irrigation Conditions

Z. Zarei^{1*} - J. Daneshian² - A. Khorgamy³

Received: 10-05-2015

Accepted: 06-01-2016

Introduction

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a leguminous annual crop belonging to the Fabaceae family, that because an important source of food containing 20 to 28 grain oil percent and high protein is the most important oilseed of worldwide interest. Recently, cultivation of this plant is considered as a valuable oil plant in crop rotation. Drought, salinity, heat and freezing are environmental conditions that cause adverse effects on the growth of plants. Water deficit more than other stresses limits the growth of crops. Yield of soybean decreased due to drought stress. The consumption of fertilizers increases the quality of crops. According to the findings of Yasari and Vahedi (2012) use of Zn in soil and foliar application has an increasing effect on the percentage and the amount of oil and protein in soybean product. The role of salicylic acid (SA) is reducing the effects of environmental stresses. It appears that water stress impairs plants and zinc alleviates water stress injuries. Thus, the purpose of this study was to evaluate the effect of water stress, zinc and salicylic acid foliar application on oil and grain protein percentage and their relation with oil and protein yield of soybean.

Materials and Methods

This study was carried out in the agricultural garden of Lorestan-Iran, in 2013. The meteorological data of the region are representing in Table 2. The soil was clay-loam texture (Table 1). The experiment was performed using Split factorial in a randomized complete block design with four replications. In this study, main factor was two levels of irrigation regimes: after 60 (optimum irrigation) and 120 mm (stress) evaporation from evaporation pan class A and subplot were considered combination of zinc foliar application (Zero and 1 L/ha, in two levels) and salicylic acid (0, 0.5 and 1 mM). All statistical analyses were carried out using SAS software and the correlation was done using MSTAT-C program.

Results and Discussions

In the experiment, the traits were affected by the treatments. Water stress significantly decreased grain yield, the number of grains per m² and oil percent and grain yield. Higher number of grain per m² was at 0.5 mM (2642.2), while stress reduced the number of grains. Other studies reported similar results in agreement with this character (Banks, 2004). There were significant changes between the irrigation treatments in grain yield. Although the application of Zn and SA in all irrigation levels had desirable effects on grain yield, significant changes not observed in their interactions. However, these effects were significant at simple affects, the interaction irrigation in Zn and salicylic acid maximum amounts of grain yield were produced under stress conditions in plots that containing of Zn and 1 mM SA. Increased concentration of salicylic acid and stress has decreased the oil content (2/4 and 4.7%, respectively), while the protein (9.1%) was increased. Foliar application of zinc and 0.5 mM salicylic acid increased grain oil (26.23 percent) and protein (39.99 percent) content. Triple interactions had a significant effect on grain protein and oil content. In the present study, water stress had significant effect on grain oil content and decreased it by 4%. Zahedi *et al* (2009) reported that oil percent was decreased by drought stress, most likely because of a reduction by photosynthesis and assimilate remobilization. Trials have shown that unfavorable conditions, especially drought, might alter the grain composition and related qualities (Ayad *et al.*, 2010). Plants in complete irrigation gave a significantly higher oil yield (540/3 kg/ha). According to the correlation coefficients, oil yield is directly link with grain yield ($r=0.7^{**}$) and oil content ($r=$

1- Graduate student, Department of Agriculture, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

2- Professor, Agricultural Research, Education, Extension Organization, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

3- Assistant Professor of Crop Physiology, Department of Agriculture, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

(*- Corresponding Author Email: zareiz98@yahoo.com)

0.75^{**}). Zn and SA spraying had significant increase and positive effects on protein yield trait, as compared to non-application (Table 6). There were no significant interaction effects between irrigation with Zn and SA application. Irrigation did not significantly affect grain protein yield (Table3).

Conclusions

The results showed that water stress significantly decreased yield and grain quality. Grain yield, oil and protein yield were increased by using salicylic acid and zinc under stress conditions. The increase of salicylic acid concentration decreased oil and protein content. There was a strong correlation between grain yield and oil and protein yield. In general, the use of zinc and salicylic acid compensated yield reduction due to water stress and it increased grain quality in plant.

Keywords: Concentration, Drought stress, Grain quality



اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آبوهوایی جیرفت

بهاره پارسامطلق^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - رضا قربانی^۳ - ذبیح اله اعظمی ساردویی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۹

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش آزمایشی در سال ۱۳۹۲-۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت انجام شد. طرح آماری مورد استفاده کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اصلی شامل پنج تاریخ کاشت در زمان‌های ۲۰ اسفند ۱۳۹۲، ۱۰ و ۲۵ فروردین، ۱۵ اردیبهشت و یک خرداد ۱۳۹۳ و سه فاصله بین ردیف بوته ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر به عنوان فاکتور فرعی انتخاب شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه خشک در بوته، وزن کاسبرگ خشک در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد کاسبرگ، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت دانه و شاخص برداشت کاسبرگ بودند. نتایج نشان داد تاریخ کاشت و فاصله بین ردیف بوته بر اکثر صفات مورد مطالعه اثر معنی‌داری داشتند. تأخیر در کاشت سبب کاهش ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه خشک در بوته، وزن کاسبرگ خشک در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد کاسبرگ، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده کل گردید. شاخص برداشت کاسبرگ و شاخص برداشت دانه تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت قرار نگرفتند. با کاهش فاصله بین ردیف ارتفاع، عملکرد کاسبرگ، عملکرد دانه، وزن زیست‌توده کل افزایش و تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه، وزن خشک غوزه در بوته، وزن کاسبرگ خشک در بوته، وزن دانه در بوته و شاخص برداشت دانه روند کاهشی داشتند. اختلاف معنی‌داری بین فاصله ردیف بوته بر صفت شاخص برداشت کاسبرگ وجود نداشت. با توجه نتایج به دست آمده تاریخ کاشت گیاه چای ترش در نیمه دوم اسفند تا اواسط اردیبهشت با فاصله بین ردیف بوته ۵۰ سانتی‌متر با شرایط اقلیمی جیرفت مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، غوزه، فاصله بین ردیف، کاسبرگ

مقدمه

امروزه کشاورزان در هر شرایطی که زندگی می‌کنند لازم است چشم‌های خود را رو به فرصت‌های جدید باز نگه دارند. تغییرات در قیمت نهاده‌ها و ارزش فرصت‌های ایجاد شده، همراه با تغییر الگوی مصرف مواد غذایی در جهان، قدرت تصمیم‌گیری کشاورزان را از طریق وارد کردن گیاهان زراعی جدید به سیستم‌های کشاورزی افزایش خواهد داد. تنوع گیاهی از طریق افزایش کارکرد سیستم‌های زراعی در بازار تولید محصولات خود یک مدیریت ریسک را در سیستم‌های مدرن زراعی امروزه فراهم می‌سازد. به منظور پایداری و

اطمینان از تأمین نیازهای تغذیه‌ای بشر، لازم است سیستم‌های کشاورزی از طریق وارد کردن گونه‌های زراعی جدید و یا گیاهان فراموش‌شده در الگوهای مختلف کشت زمینه را برای اشتغال، ثبات تولید و امنیت غذایی بشر فراهم سازند (Rezvani Moghaddam, 2008). چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* از خانواده ختمی (Malvaceae)، بومی قاره آفریقا بوده به‌طوری‌که در تمام مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود. خاستگاه این گیاه ایران نیست، و به نام‌های چای مکی یا چای قرمز و چای ترش شناخته شده است (Torabi, 2004). چای ترش به عنوان یک گیاه جدید^۴ مطرح می‌باشد، گیاهی دو منظوره بوده و جهت استفاده خوراکی (دارویی)، لیاف و چوب، یا هر دو نوع، مورد کشت و زرع قرار می‌گیرد (Abid, 1995). چای ترش گیاهی است یک‌ساله، روز کوتاه، خودکشن و از نظر شرایط اقلیمی به سرما و یخبندان حساس است

۱- دانش‌آموخته دکتری اکروکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

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

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.47549

(Duke, 2006). گلدهی آن با ۱۲-۱۲/۵ ساعت/روز آغاز می‌شود و بهترین شرایط رشد و نمو در مناطق گرم با رطوبت بالا و متوسط دمای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد روی می‌دهد (Hacket and Carolene, 1982). این گیاه در ایران واقع در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری تا ارتفاع ۹۰۰ متری از سطح دریا بیش‌ترین رشد را دارد.

گیاهان دارویی یکی از منابع غنی کشور می‌باشند که امکان صادرات آن‌ها وجود دارد. ایران از نظر شرایط اکولوژیکی در زمینه رشد گیاهان دارویی یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌شود، به‌همین دلیل صادرات آن‌ها می‌تواند منبع ورود ارز برای کشور باشد (Samsam Shariat, 1995). اهمیت گیاهان دارویی سبب شده است که هر ساله تعداد بیش‌تری از کشاورزان با تغییر نوع کشت از زراعت‌های معمول به کشت گیاهان دارویی روی آورند، اما عدم آگاهی کافی از نیازهای اکولوژیک، مراحل کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی، کشاورزان را با مشکلات اساسی روبرو کرده است (Sharma, 2004).

برای زراعی کردن یک گیاه در یک منطقه جدید باید جزئیات اثر متقابل گیاه با عوامل زراعی، ژنتیکی و شرایط اقلیمی مشخص شود (ADAS, 2002). تصمیم‌گیری در مورد زمان کاشت مناسب یک گیاه زراعی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و جزء عوامل مهم جهت کسب حداکثر عملکرد در گیاهان زراعی می‌باشد. تأثیر عوامل محیطی بر مراحل فنولوژیکی گیاه باعث می‌شود که تاریخ کاشت از منطقه‌ای به منطقه دیگر و حتی در یک منطقه بین ژنوتیپ‌های یک گیاه متفاوت باشد (Hadley and Summer Field, 1983; Sandhu, 1984). هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن زمان کاشت مطلوب یک گیاه است، به‌طوری‌که مجموعه عوامل محیطی در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقاء گیاهچه و ادامه رشد و نمو گیاه مناسب باشد و گیاه با شرایط نامساعد محیطی مواجه نشود (Khajepoor, 2009).

تراکم گیاه از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رشد و تولید گیاهان دارویی (Omidbeigi and Hasani Malayeri, 2007) و عامل مؤثری در حصول عملکرد بهینه است. هدف از فاصله مناسب میان بوته‌ها آن است که ترکیبی مناسب از عوامل محیطی (آب، هوا، نور و خاک) برای تولید حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب فراهم گردد و به عوامل مختلفی مانند خصوصیات گیاه و طول دوره رویشی آن‌ها، زمان و نوع کاشت، وضعیت حاصل‌خیزی خاک، هدف کاشت، عملیات مدیریتی، در مزرعه و روش‌های برداشت بستگی دارد (Mazaheri and Majnoon Hosseini, 2002).

در تحقیقی بر روی تاریخ کاشت و تراکم گیاه چای ترش در منطقه بیرجند، با تأخیر کاشت از ۱۴ اردیبهشت تا ۲۴ خرداد و افزایش تراکم گیاه بیش از ۸۰۰۰ بوته در هکتار، موجب کاهش تعداد غوزه در گیاه، عملکرد کاسبرگ و عملکرد بیولوژیک شد (Moosavi,

2012). Mir et al, 2011 در زابل با تأخیر کاشت گیاه چای ترش از ۲۰ اسفند تا پنج اردیبهشت کاهش عملکرد کاسبرگ را ۳۰/۶۹ درصد گزارش کردند. Ahmad et al, 2009 در بررسی‌هایی بر روی فنوتیپ و ژنوتیپ‌های چای ترش در سودان تراکم مطلوب بوته را حدود ۲۷ هزار بوته (فاصله بین ردیف ۷۵ و بین بوته ۵۰ سانتی‌متر) در هکتار در نظر گرفتند. در یک آزمایش مزرعه‌ای بررسی اثر تراکم بر عملکرد گیاه بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) در هند بیش‌ترین ارتفاع، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و عملکرد تک بوته در کمترین فاصله بین گیاهان حاصل شد (Maurya et al., 2013). در مطالعه تأثیر ژنوتیپ و زمان برداشت بر عملکرد گیاه کنف (*Hibiscus cannabinus* L.) محققین گزارش کردند افزایش دوره کاشت تا برداشت ۱۳۵ روزه نسبت به ۸۵ و ۱۰۵ روزه، گیاهان ماده خشک و الیاف بیش‌تری تولید می‌کنند (Shakhes et al., 2009). Rassam et al, 2007 در پژوهش اثر تراکم و تاریخ کاشت گیاه انیسون (*Pimpinella anisum* L.) وقتی گیاهان را در تراکم‌های ۱۳/۳۳، ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع کشت کردند، اگرچه با بالاتر رفتن تراکم عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک افزایش یافت، ولی از تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه و شاخص برداشت کاسته شد. از آنجاکه تاریخ کاشت و تراکم از عوامل مهم تولید عملکرد مطلوب هر گیاهی است و تا کنون تحقیقاتی زیادی در این زمینه بر روی گیاه چای ترش انجام نگرفته است. این پژوهش با هدف تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت و تراکم بوته در منطقه جیرفت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جیرفت (عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۶۵۰ متری از سطح دریا) اجرا گردید. آزمایش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر-۳۰ سانتی‌متر نشان داد بافت خاک شنی لومی بوده که هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن $1/8 \text{ (ds m}^{-1}\text{)}$ ، pH خاک معادل $8/7$ ، میزان ماده آلی و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم به ترتیب ۴۰/۴ درصد، ۰/۰۴۶ درصد، ۲۲/۳ ppm، ۱۴۱ ppm می‌باشد. بر اساس گزارش آمار هواشناسی سیزده سال ایستگاه میانه جیرفت (۱۳۹۲-۱۳۷۹)، متوسط بارندگی سالیانه مکان مورد آزمایش ۱۳۱/۲۲ میلی‌متر، و متوسط حداکثر و حداقل دمای سالانه به ترتیب متوسط ۳۳/۶۴ و ۱۷/۳۲ بود (Research Station Agricultural Meteorology, Miandeh Jiroft, 2014). عملیات شخم و آماده‌سازی زمین در پاییز سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. کودهای سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت سرک در سه

نوبت به ترتیب ۱/۳ هم‌زمان با کاشت، ۱/۳ در مرحله رویشی و ۱/۳ در مرحله گلدهی مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از بذور چای ترش تهیه شده از مرکز جهاد کشاورزی چابهار، با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل پنج تاریخ کاشت در زمان‌های ۲۰ اسفند ۱۳۹۲، ۱۰ و ۲۵ فروردین، ۱۵ اردیبهشت و یک خرداد ۱۳۹۳ و سه فاصله بین ردیف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر با فاصله بین دو بوته ۲۵ سانتی‌متر (به ترتیب تراکم‌های ۸، ۵/۳ و ۴ بوته در مترمربع) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت آزمایشی سه در شش متر (مساحت ۱۸ مترمربع)، فاصله بین کرت‌ها، یک متر و بین تکرارها ۲ متر تعیین شد. بذور در تاریخ‌های موردنظر با دست در داخل شیارهای ایجاد شده به عمق دو-سه سانتی‌متری به صورت خطی ریخته شده و روی آن‌ها با خاک نرم پوشیده شد. در مرحله چهارشش برگی جهت دستیابی به تراکم‌های موردنظر بوته‌های سبز شده تنک گردیدند. طی فصل رشد به دفعات لازم وجین دستی انجام شد. آبیاری به صورت سیستم قطره‌ای تا استقرار بوته‌ها هر چهار روز یک‌بار و پس از آن تا زمان برداشت بسته به شرایط آب‌وهوایی و نیاز گیاه به فاصله هفت روز انجام گرفت. برداشت گیاهان در تاریخ ۱۰ آذر ۱۳۹۳ انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد کاسبرگ و عملکرد زیست‌توده، سطحی معادل ۲ در سه مترمربع از وسط هر کرت با حذف اثر حاشیه گیاهان از سطح خاک برداشت شدند. بعد از خشک کردن گیاهان در هوای آزاد و در سایه وزن شدند. همچنین صفات ارتفاع، تعداد غوزه در بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن غوزه خشک در بوته، وزن کاسبرگ خشک در بوته و وزن دانه در بوته در پنج بوته از خطوط مجاور ردیف‌های وسط هر کرت به صورت تصادفی برداشت و اندازه‌گیری شدند. شاخص برداشت کاسبرگ و شاخص برداشت دانه به ترتیب از نسبت عملکرد کاسبرگ و عملکرد دانه به زیست‌توده کل محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

تأثیر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در هر بوته معنی‌دار بود ($P \leq 0/01$) (جدول ۱). حداکثر ارتفاع بوته (۱۸۱ سانتی‌متر)، در تاریخ کاشت اول به‌دست آمد که با تاریخ کاشت دوم اختلاف معنی‌داری نداشت و حداقل آن (۱۲۲ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت پنجم مشاهده گردید. با تأخیر در کاشت از تعداد شاخه فرعی در هر بوته کاسته شد، تاریخ کشت‌های اول تا سوم نسبت به یک‌دیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند و کمترین تعداد شاخه فرعی

به ترتیب در تاریخ کشت پنجم و چهارم مشاهده شد (جدول ۲). کاهش ارتفاع بوته با تأخیر در کشت احتمالاً با کوتاه‌تر شدن دوره رشد رویشی گیاه به دلیل برخورد با گرما مرتبط است که کاهش ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته را به همراه داشته است. Faramarzi et al., 2012 در بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) بیش‌ترین ارتفاع بوته را در تاریخ ۱۰ اردیبهشت نسبت به ۲۰ خرداد مشاهده کردند. در تحقیق بررسی مناسب‌ترین تاریخ کاشت گیاه چای ترش جهت استفاده در فضای سبز شهری شهر کرمان تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت نسبت به ۲۰ فروردین و ۳۰ اردیبهشت به‌عنوان بهترین تاریخ کاشت از نظر ارتفاع بوته‌ی مناسب، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد گل در بوته و افزایش طول دوره گلدهی معرفی شد (Behzadi et al., 2014). عملکرد ساقه در دوره رشد گیاه کنف موجب افزایش طول ساقه و مناسب رشد رویشی جهت تولید ساقه و الیاف عنوان کردند (Bledsoe and Webber, 2001; Shakhsh et al., 2009).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد با کاهش فاصله بین ردیف، بر ارتفاع بوته افزوده گردیده و از تعداد شاخه فرعی در هر بوته کاسته شد. به‌طوری‌که حداکثر ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در هر بوته به ترتیب در تراکم سوم و اول مشاهده شد (جدول ۳).

Maurya et al., 2013 افزایش ارتفاع و کاهش تعداد شاخه فرعی گیاه بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) را در تراکم بالا نسبت به تراکم‌های پایین تر مشاهده کردند. برخی محققین در بامیه دلیل تعداد شاخه فرعی بیش‌تر در گیاهان با تراکم‌های کمتر را کاهش رقابت برای نور و سایر منابع رشدی بیان کردند، به‌طوری‌که گیاهان قادر به استفاده از حداکثر انرژی نورانی برای تولید تعداد شاخه فرعی و به‌دنبال آن سطح برگ بیش‌تر می‌باشند، که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت (Saha et al., 2005).

عملکرد و شاخصه‌های عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که اثر تاریخ کاشت و فاصله بین ردیف بوته بر تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه خشک در بوته، وزن کاسبرگ خشک در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد کاسبرگ معنی‌دار و اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نبود ($P \leq 0/01$) (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین تعداد غوزه (۱۰۵)، وزن خشک غوزه در بوته (۹۲/۲ گرم)، وزن کاسبرگ خشک در بوته (۲۲/۲۱ گرم)، وزن دانه در بوته (۲۶/۸ گرم)، عملکرد دانه (۱۳۵۱ کیلوگرم) و عملکرد کاسبرگ (۱۰۷۳ کیلوگرم) در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند حاصل شد، بجز صفت تعداد غوزه در بوته، مابقی صفات با تاریخ کاشت ۱۰ فروردین اختلاف معنی‌داری نداشتند و هم‌زمان با تأخیر در کاشت کاهش یافتند (جدول ۲ و ۳).

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثرهای ساده سطوح مختلف تاریخ کاشت و فاصله بین ردیف بر صفات مورد مطالعه گیاه چای ترش

Table 2- Means comparison of studied traits of Roselle by different sowing dates and intra-row		وزن غوزه خشک		وزن کاسبرگ خشک		وزن دانه	
تیمار	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد غوزه در بوته	تعداد غوزه خشک	Dry weight boll (g/plant)	Dry weight sepal (g/plant)	Seed weight (g/plant)
Treatment	Plant height(cm)	Number of branches	Number of bolls/plant	Dry weight boll (g/plant)	Dry weight sepal (g/plant)	Dry weight sepal (g/plant)	Seed weight (g/plant)
۳۰ اسفند							
11 th March	181	10.37	105.7	92.2	22.21		26.8
۱۰ فروردین							
30 th March	178	10.05	95.4	85.1	19.89		24.9
۲۵ فروردین							
14 th April	164	9.45	87.6	79.3	18.39		19.5
۱۵ اردیبهشت							
5 th May	153	5.82	71.9	64.5	15.89		17.1
۱ خرداد							
22 th May	121	5.03	52.3	56.5	13.42		15.3
LSD (5%)	13.62	1.82	9.08	9.90	2.33		2.93
فاصله بین ردیف							
Intra-row(cm)							
100(cm)	151	9	93.6	87.6	19.9		25.6
75(cm)	156	8.53	86.6	79.1	18.3		21.1
50(cm)	171	6.91	67.5	59.8	15.6		15.5
LSD (5%)	13.29	1.03	8.92	8.70	1.73		2.48

گیاه قرار گرفته باشد، از این رو سبب تشدید رقابت بین بوته‌ای شده تعداد غوزه، وزن غوزه، وزن کاسبرگ و دانه در تک‌بوته کاهش یافت. اما افزایش تعداد گیاهان در واحد سطح سبب افزایش عملکرد دانه و کاسبرگ کل شد. Mir et al., 2011 در تحقیق اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر گیاه چای ترش در منطقه زابل گزارش کردند اگرچه با افزایش تراکم گیاه تعداد غوزه، وزن غوزه و کاسبرگ تک بوته کاهش میابد ولی عملکرد کاسبرگ در واحد سطح روند افزایشی داشت و با تأخیر کاشت از ۱۲۰ اسفند تا پنج اردیبهشت عملکرد کاسبرگ کاهش یافت که با نتایج این تحقیق در یک راستا قرار دارد.

عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت دانه و شاخص برداشت کاسبرگ

تاریخ کاشت و فاصله بین ردیف بوته بر عملکرد زیست‌توده گیاه معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$) (جدول ۱). بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده به تاریخ کاشت اول با ۵۹/۹۰ درصد افزایش نسبت به تاریخ کاشت پنجم اختصاص داشت (جدول ۳). کاشت زودتر با افزایش دادن طول دوره رشد گیاه، توسعه زیادتر سطح برگ و تولید شاخه‌های فرعی فراوان افزایش عملکرد زیست‌توده را به‌همراه داشته است.

همچنین با افزایش تراکم گیاهی بر عملکرد زیست‌توده نیز افزوده شده به‌طوری‌که حداکثر عملکرد زیست‌توده در فاصله بین ردیف سوم و حداقل آن در فاصله بین ردیف اول به‌دست آمد (جدول ۳). اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت دانه و شاخص برداشت کاسبرگ معنی‌دار نبود، بین فاصله ردیف اول و سوم اختلاف معنی‌داری در شاخص برداشت دانه مشاهده شد ($P \leq 0.05$) (جدول ۱ و ۳). با افزایش تراکم گیاهی، رشد رویشی گیاه بیش‌تر شده و سهم کمتری به عملکرد اقتصادی اختصاص می‌یابد. از طرفی مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد کاهش فاصله بین ردیف بوته (افزایش تراکم) سبب افزایش عملکرد اقتصادی و عملکرد زیست‌توده کل شده است، در تیمار فاصله بین ردیف بوته با افزایش تراکم از شاخص برداشت دانه کاسته شد (جدول ۳). Shareh, 2000 گزارش کرد، افزایش تراکم انیسون (*Pimpinella anisum* L.) اگرچه موجب کاهش اجزای عملکرد انیسون و شاخص برداشت می‌شود، ولی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاه با افزایش تراکم گیاهی افزایش می‌یابند. در تحقیقی با افزایش تراکم آفتابگردان، عملکرد دانه و روغن افزایش ولی شاخص برداشت کاهش یافت، محققین دلیل این کاهش را افزایش ماده خشک در واحد سطح اعلام کردند (Daneshian et al., 2010).

در تاریخ کاشت اول بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه و کاسبرگ به‌ترتیب با ۱۳۵۱ و ۱۰۷۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با تاریخ کاشت دوم اختلاف معنی‌داری نداشت، در تاریخ کاشت یک خرداد کمترین میزان این صفات به‌دست آمد. کاهش تعداد غوزه، وزن خشک غوزه در بوته، وزن کاسبرگ خشک در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد کاسبرگ به موازات تأخیر در کاشت را میتوان به افزایش دما طی دوره رشد گیاه، کوتاه‌شدن دوره رشد رویشی، برخورد مراحل رشد زایشی گیاه با شرایط هوای گرم اوایل تابستان و تنش شدید رطوبتی، کاهش سطح برگ‌ها و کم شدن سطح فتوسنتزکننده گیاه نسبت داد که در نهایت سبب کاهش تولید اندام‌های زایشی گیاه از جمله تعداد گل و غوزه خواهد شد. در تحقیقی در شرایط آب‌وهوایی بیرجند بیش‌ترین عملکرد کاسبرگ در تاریخ ۱۴ اردیبهشت نسبت به تاریخ‌های کشت ۴ و ۲۴ خرداد حاصل شد و تأخیر ۴۱ روزه در تاریخ کاشت عملکرد کاسبرگ را ۴۴/۹ درصد کاهش داد (Moosavi, 2012). در مطالعه اثر تاریخ کاشت بر عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، بیش‌ترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آذر و ۱۰ اسفند به‌دست آمد و با به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، عملکرد دانه آن کاهش یافت (Ghorbani et al., 2009).

همچنین تأخیر در کاشت سبب کاهش عملکرد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و کاهش تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه و عملکرد و ش در گیاه پنبه شد (Luebs et al., 2002; Faramarzi et al., 2012). مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد با بالا رفتن تراکم گیاه تعداد غوزه در بوته، وزن خشک غوزه در بوته، وزن کاسبرگ خشک در بوته و وزن دانه در بوته کاهش، و عملکرد دانه و عملکرد کاسبرگ در واحد سطح افزایش یافت (جدول ۲ و ۳). عملکرد دانه و عملکرد کاسبرگ در فاصله بین ردیف بوته ۵۰ سانتی‌متر نسبت به فاصله بین ردیف بوته ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۹، ۱۹ و ۱۶/۵، ۵۰ درصد افزایش نشان داد.

در آزمایش اثر تراکم بر عملکرد گیاه چای ترش، کاهش تعداد کاسبرگ‌های هر گیاه با افزایش تراکم گیاهی مشاهده شد به‌عبارتی تراکم بالای گیاهان کاهش وزن کاسبرگ و تعداد دانه در هر کپسول را به دنبال داشت (El Naim et al., 2012). Shaker et al., 2014 در شرایط آب‌وهوای داراب گزارش کردند بیش‌ترین تعداد غوزه و عملکرد تر و خشک کاسبرگ چای ترش در تاریخ ۱۵ فروردین و فاصله کاشت ۵۰×۱۰۰ حاصل شد. در این تحقیق با توجه به مدت‌زمان رشد رویشی طولانی گیاه چای ترش، به‌نظر می‌رسد در فاصله بین ردیف بوته ۵۰ سانتی‌متر و با دو برابر شدن تراکم گیاه نسبت به فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر، فضا و مواد غذایی کمتری در اختیار

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرهای ساده سطوح مختلف تاریخ کاشت و فاصله بین ردیف بر عملکرد و شاخصه های عملکرد گیاه چای ترش

Table 3- Means comparison of yield and yield indexes of Roselle by different sowing dates and intra-row					
تیمار Treatment	عملکرد دانه Seed yield(kg ha ⁻¹)	عملکرد کاسبرگ Sepal yield(kg h ⁻¹)	عملکرد زیست توده Biomass yield(ton ha ⁻¹)	شاخص برداشت دانه Seed harvest index (%)	شاخص برداشت کاسبرگ Sepal harvest index (%)
۳۰ اسفند 11 th March	1351	1073	18.2	7.62	5.96
۱۰ فروردین 30 th March	1247	961	17.0	7.59	5.81
۲۵ فروردین 14 th April	1063	882	15.2	7.29	5.97
۱۵ اردیبهشت 5 th May	959	769	13.6	7.24	5.67
۱ خرداد 22 th May	823	635	11.4	7.49	5.66
LSD (5%)	120.6	129.0	2.45	1.32	1.30
فاصله بین ردیف Intra-row(cm)	100 75 50	995 1075 1185	12.1 14.3 18.8	8.33 7.63 6.38	5.77 6.20 5.48
LSD (5%)	131.3	100.1	1.55	1.34	0.95

مناسب اهمیت دارد.

نتیجه گیری

بر طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق میتوان اظهار داشت تأخیر در تاریخ کاشت سبب کاهش تعداد غوزه، وزن غوزه خشک و کاسبرگ و به موازات آن ها کاهش عملکرد دانه و کاسبرگ شد. کاهش فاصله بین ردیف بوته ها از ۱۰۰ به ۵۰ سانتی متر، سبب کاهش تعداد غوزه، وزن غوزه خشک، وزن کاسبرگ خشک و وزن دانه در تک بوته ولی عملکرد دانه و عملکرد کاسبرگ در واحد سطح را افزایش داد. اگرچه تاریخ کاشت ۲۰ اسفند بیشترین عملکرد دانه و کاسبرگ را تولید کرد ولی با توجه به عدم افزایش معنی داری این تاریخ کشت نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ فروردین میتوان بازه زمانی کوتاه تری به منظور کاهش هزینه های تولید عملکرد کاسبرگ از نیمه اول فروردین تا اواسط اردیبهشت با فاصله ردیف بوته ۵۰ سانتی متر با شرایط اقلیمی جیرفت در نظر گرفت.

بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق Mir et al, 2011 شاخص برداشت کاسبرگ گیاه چای ترش در بین تاریخ های مختلف کشت روند خاصی نداشت، بیشترین و کمترین شاخص برداشت در منطقه زابل را به ترتیب در تاریخ کشت های ۶ و ۲۱ فروردین و ۲۰ اسفند و ۵ اردیبهشت و تراکم ۵/۳ بوته در مترمربع نسبت به ۴ و ۸ بوته در مترمربع گزارش کردند. در آزمایشی مبنی بر اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته در منطقه بیرجند اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت کاسبرگ معنی دار نبود. در حالی که با افزایش تراکم گیاه از هشت به ۱۳/۳ بوته در مترمربع از میزان این صفت کاسته شد (Moosavi, 2012). در این تحقیق با افزایش تراکم از چهار به ۵/۳ و هشت بوته در مترمربع از شاخص برداشت دانه کاسته شد و بیشترین شاخص برداشت کاسبرگ در فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر به دست آمد، اما این تفاوت ها از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۳). با توجه به نتایج پژوهش های مختلف، رشد رویشی و عملکردهای متفاوت گیاه چای ترش در اقلیم های گوناگون به نظر می رسد به راحتی نمیتوان تراکم این گیاه در سطح را افزایش داد از این رو رعایت فاصله بین ردیف و روی ردیف بوته بمنظور حصول شاخص برداشت دانه و کاسبرگ

References

1. Abid-Askari, M., solangi S., and Ahmed, S. I. 1995. Autecological studies of exotic Roselle plant (*Hibiscus sabdariffa* L.), a multipurpose plant, for is introduction and culture. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research 38(1): 19-21.
2. ADAS consulting Ltd. 2002. Calendula as Agronomic Raw Material for Industrial Application (CARMINA). (Final project report). ADAS Terrington, King, Lynn, Norfolk, 50p.
3. Ahmad, A. S., Abdelrahman, M. K., and Abuelgasim, E. H. 2009. Some genotypic phenotypic of Roselle (*Hibiscus Subdariffa* Var. *Subdariffa*) and their practical implications. Journal of Science and Technology 10(2): 69-79.
4. Behzadi, M., Vakili Shahrabak, M. A., and Koduri, M. 2014. Study of the most appropriate sowing date of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as medicinal plant in urban green space in Kerman city. The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources, 30th Jan. 2014. IRAN. (In Persian).
5. Bledsoe, V. K., and Webber, C. L. 2001. Crop maturity and yield component. New Crops & New Uses: Strength in Diversity, conference. 10-13 Nov. Atlanta.
6. Daneshian, J., Jamshidi, A., Jonoobi, P., and Shirani Rad, H. 2010. Study of the changes oil yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by plant density and sowing date. Journal of Crop Sciences 2(1): 77-86. (In Persian).
7. Duke, J. A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research 17(3):91-110.
8. El Naim, A. M., Elhag, H. Kh., Khlid, A., Feisal, M. I., and Moayad, M. B. 2012. Growth and Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as Influenced by Plant Population in Arid Tropic of Sudan under Rain-fed. International Journal of Agriculture and Forestry 2(3): 88-91.
9. Faramarzi, A., Seyedin, S., Mohbali Poor, N., and Shahrokhi, Sh. 2012. Study of sowing date on yield and components of Cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L.) yield of in Miandeh region. Journal of Research in Agronomy Science 16(4): 27-38. (In Persian).
10. Ghorbani, R., Koocheki, A. R., Jahani, M., Hosseini, A., Mohammad-Abadi, A. A., and Sabet Teimouri, M. 2009. Effect of planting date, weed control time and method on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian journal of field crops research 7(1): 143-150. (In Persian with English Abstract).
11. Hacket, C., and Carolene, J. 1982. Edible Horticultural Crops: A compendium of information on fruits, vegetables, spice and nut spices. Academic Press. Australia. 17p.
12. Hadley, P., and Summer Field, R. J. 1983. Effect of temperature and photoperiod on reproductive development of selected seed legume. Field Crops Abstract 19- 43 pp.

13. Khajepoor, M. R. 2009. Principles and bases of Agriculture (Third edition). Publication by University Jahad of Isfahan. p 654.
14. Luebs, R. R. E., Yermanos, D. M., Laag, A. E., and Burge, W. D. 2002. Effect of sowing date on seed yield, oil content, and water requirement of sunflower. *Agronomy Journal* 57(2): 162-164.
15. Maurya, R P., Bailey, J. A., Jeff, S. T., and Chandler, A. 2013. Impact of plant spacing and picking interval on the growth, fruit quality and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *American Journal of Agriculture and Forestry* 1(4): 48-54.
16. Mazaheri, D., and Majnoon Hosseini, N. 2002. Introduction Basic and general agronomy. pp 280. Publication of Tehran University.
17. Mir, B.G., Ravan, S., and Asgharipour, M. 2011. Effects of plant density and sowing date on yield and yield components of *Hibiscus sabdariffa* in Zabol region. *Advances in Environmental Biology* 5(6): 1156-1161.
18. Moosavi, S. R. 2012. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of Roselle. *Journal of Medicinal Plants Research* 6(9) 1627-1632.
19. Omidbeigi, R., and Hasani Malayeri, S. 2007. The effect of Nitrogen and plant density on Reproductive properties Chamomile (*Tanacetum pathenium* L.). *Journal of Agricultural Sciences of Iran* 38(2): 303-3039. (In Persian).
20. Rassam, Gh., Naddaf, M., and Sefidkon, F. 2007. Effect of sowing date and plant density on yield and seed yield components of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Pajouhesh & Sazandegi* 75:127-133. (In Persian with English Abstract).
21. Research Station Agricultural Meteorology. 2014. Miandeh, Jiroft city.
22. Rezvani Moghaddam, P. 2008. New and forgotten crops. 446 p in: A. R. koocheki and M. khajeh Hosseini eds. *Modern Agronomy*. Publication by University Jahad of Mashhad.
23. Saha, P. K., Aditya, D. K., and Sharfuddin, A. F. M. 2005. Effect of plant spacing and picking interval on the growth and yield of okra cv. Pusa Sawani. *Bangladesh Horticulture* 17: 10-14.
24. Samsam Shariat, H. 1995. Breeding and propagation of medicinal plants. Publications of Mani. 420 p.
25. Sandhu, P. 1984. Effect of sowing dates, phosphorus, levels and herbicides on the response of Rhizobium inoculation in Lentil. *Lens Newsletter* 11: 35.
26. Shaker, R., Arouiee, H., and Azizi, M. 2014. The effect of sowing date and row spacing on growth and development, yield and some quality properties of medicinal plant Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Darab Weather conditions. MSC thesis. Faculty of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract).
27. Shakhsh, J., Dehghani Firouzabadi, M. R., Pahlavani, M. H., and Zeinali, E. 2009. Effect of genotype and harvest time on relative parameter to yield in kenaf (*Hibiscus cannabinus*). *Electronic Journal of Crop Production* 2(1): 91-103. (In Persian with English Abstract).
28. Shareh, M. 2000. The effect of plant density and frequency of weed control on yield anise (*Pimpinella anisum* L.). MSC thesis. College of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract).
29. Sharma, R. 2004. *Agro-Techniques of Medicinal Plants*. Daya Publishing House, Delhi, 264p.
30. Torabi A. 2004. Effect of planting date and row spacing on the yield of Sour tea. MSC thesis. Azad University of Jiroft. (In Persian with English Abstract).



The Effect of Sowing Date and Plant Density on Yield and Yield Components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Jiroft Climate Conditions

B. Parsa Motlagh¹- P. Rezvani Moghaddam^{2*}- R. Ghorbani²- Z. Azami Sardooei³

Received: 14-06-2015

Accepted: 31-10-2015

Introduction

Details of the mutual effect with the agronomic factors, genetic and climatic conditions should be identified to crop a plant in a new area. The purpose of sowing date determination is to find the desired planting time as environmental factors at the time that is suitable for growing, seedling and plant's survival and resume of growth and development and the plant does not meet unfavorable conditions. The plant density is the most important influencing factors on the development and production of medicinal plants and is an important factor in achieving optimal performance. This research has been conducted for determination of best sowing date and intra row Roselle cultivation in Jiroft area. The objectives of the study were to evaluate the effects of plant density and sowing date on yield, yield components and some of morphological traits on Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and also determine the optimum intra-row spacing and sowing date in order to obtain better yield in Jiroft environment conditions.

Materials and Methods

The field experiment was split plot in a randomized complete blocks design with three replications in agricultural research field (Long. 57°44' E., Lat. 28°40' N., Alt. 650 m) of Jiroft University at 2013-2014 growing season. Main plots were sowing date at five levels of 11th and 30th March, 14th April, 5th and 22th May and intra-rows were spaced of 100, 75 and 50 cm as sub plot. Each plot was 3×6 m. The spacing was 1 m between sub-plots, 2 m between main plots and replications. Traits such as plant height, the number of branches, the number of bolls per plant, boll dry weight of plant, sepal yield, seed yield, biomass yield, seed harvest index, and sepal harvest index were measured.

Plants were harvested on 1st December, 2014. An area equivalent to 2 × 3 square meters from the center of each plot was harvested by removing the effect of marginal plants from the soil surface to measure the yield of sepal and biomass. After drying the plants were weighed in open air and the shade. In addition, properties of the height, the number of bolls per plant, the number of branches per plant, sepal dry weight per plant and seed weight per plant, randomly were picked and measured by the five plants of adjacent lines of each plot middle rows. Sepal and seed harvest index, was calculated from the sepal and seed yield proportion to total biomass, respectively.

Results and Discussion

The results indicated that sowing date and intra- rows of plants had a significant effect on most of the studied traits. Delayed sowing date reduced plant height, the number of branches, the number of bolls per plant, dry boll weight per plant, sepal yield, seed yield and biomass yield. Sepal harvest index and seed harvest index were not affected by sowing date treatment. By reducing the distance between the row increased height, sepal yield, seed yield, biomass yield and the number of branches per plant, the number of bolls per plant, dry boll weight per plant, seed weight per plant and seed harvest index was decreased. The intra-row had not a significant effect on sepal harvest index. Yield of the seed and sepal in 50cm row spacing showed increment than 75 and 100 cm row spacing about 9%, 19% and 16.5%, 50%, respectively. In this study, according to long-term growth of Roselle plant, it seems that in the distance between 50 cm plant row and with doubling plant density than a distance of 100 cm, has been provided less space and food material for plant. Therefore it causes intensifying the Inter-specific competition and the number of bolls per plant, boll weight, seed weight and sepal weight per plant decreased. But increasing the number of plants per area unit led to increased seed and sepal yield.

Conclusions

1- Ph.D Graduated of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad.

2- Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

3- Assistant Prof., Department of Crop Protection, Faculty of Agriculture, University of Jiroft.

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

According to the obtained results of this study can be say that the delay in sowing date led to reduce the number of bolls, dry boll and sepal weight, as well as reduction of seed and sepal yield. Reduction the distance between rows of plants from 100 to 50 cm causes to reduce the number of bolls, dry boll weight, dry sepal weight and seed weight per single plant but increased seed and sepal yield per unit area. 11th March sowing date produced the highest seed and sepal yield. However, according to the no significant increase of the sowing date relative to 30th March sowing date in order to reduce production costs, Roselle sowing date in the first half of March to mid of May with plant row spacing of 50 cm, seems to be appropriate by the good climatic conditions of Jiroft.

Keywords: Boll, Harvest index, Intra-row, Sepal

بررسی اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک در شرایط کم آبیاری بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ذرت (*Zea mays* L.) به روش سطح پاسخ

محسن جهان^{۱*} - محمدبهزاد امیری^۲ - فرانک نوربخش^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۰۹

چکیده

امروزه مصرف متعادل و بهینه‌ی کود و آب از مهم‌ترین عوامل افزایش تولید و بهره‌وری کیفیت محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند. به‌منظور برآورد مقادیر بهینه‌ی سوپرجاذب رطوبت، اسیدهیومیک و آب آبیاری در زراعت ذرت (*Zea mays* L.) آزمایشی با استفاده از روش سطح پاسخ، در قالب طرح باکس-بنکن طراحی و در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایشی با توجه به سطوح پایین و بالای سوپرجاذب رطوبت (۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار)، اسیدهیومیک (چهار و هشت کیلوگرم در هکتار) و حجم آب آبیاری (۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی) با استفاده از نرم‌افزار مشخص شدند که با در نظر گرفتن سه تکرار برای نقطه‌ی مرکزی، در مجموع ۱۵ ترکیب تیماری حاصل شد. نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اسیدهیومیک و آبیاری از جزء خطی مدل رگرسیونی و اثرات درجه دو سوپرجاذب و آبیاری از جزء درجه دو مدل رگرسیونی قرار گرفت، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه (۲۴۴۸۹ کیلوگرم در هکتار) زمانی حاصل شد که به‌ترتیب از ۱۲۰ و هشت کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک استفاده شد و در طول فصل رشد ۳۰۰ مترمکعب در هکتار آب در اختیار گیاه قرار گرفت. بیش‌ترین تأثیرگذاری اسیدهیومیک در بهبود عملکرد ماده‌ی خشک در سطح میانی این کود (شش کیلوگرم در هکتار) حاصل شد، ضمن این‌که افزایش دو برابری اسیدهیومیک مصرفی از چهار به هشت کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش هفت درصدی میزان پروتئین دانه شد. در سناریوی اقتصادی با مصرف به‌ترتیب ۱۲۶/۰۶ و ۷/۱۹ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک و ۳۴۷/۴۷ مترمکعب در هکتار آبیاری عملکرد دانه‌ای معادل ۲۶۷۰۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در سناریوی اقتصادی-زیست‌محیطی دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه (۲۶۳۰۹ کیلوگرم در هکتار) و حداکثر کارایی مصرف آب (۵/۲۳) زمانی محقق شد که از ۱۲۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، ۷/۱۹ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و ۳۳۳/۲۳ مترمکعب در هکتار آبیاری استفاده شد و از آنجایی‌که از دیدگاه اکولوژیکی، سناریوی اقتصادی-زیست‌محیطی نسبت به دو سناریوی دیگر دارای اولویت است، به‌نظر می‌رسد با استفاده از مقادیر بهینه‌ی منابع در این سناریو می‌توان ضمن دست‌یابی به تولید پایدار ذرت، آلودگی‌های زیست‌محیطی را به حداقل رساند.

واژه‌های کلیدی: باکس‌بنکن، تلفات نیتروژن، تنش آبی، تابع درجه دو، سناریوی اقتصادی-زیست‌محیطی

مقدمه

به‌نحوی است که در سطوح تجاری برداشت ۱۵ تا ۳۰ تن دانه در هکتار دور از تصور نیست (Emam, 2004) و به‌دلیل استعداد زیاد ذرت در تولید دانه، این گیاه به پادشاه غلات معروف شده است (Peoples et al., 1980). در بین غلات، ذرت دارای بیش‌ترین تنوع مصرف است، زیرا افزون بر مصرف به‌عنوان غذای انسان، به‌عنوان علوفه برای دام و همچنین در صنایع تخمیر و تهیه‌ی فرآورده‌های متنوع صنعتی از جمله اتانل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Emam, 2004).

اساسی‌ترین مشکل کشاورزی به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک، کمبود منابع آب است، چراکه در این مناطق نه‌تنها مقدار کل نزولات جوی کم است، بلکه توزیع آن در طول فصل رشد نیز غیریکتواخت بوده و منطبق بر نیاز آبی محصول نمی‌باشد، در نتیجه به‌دلیل بحران فزاینده‌ی کمیت و کیفیت منابع آبی، بهینه‌سازی

ایران با داشتن شرایط آب‌وهوایی ویژه، بستر مناسبی را برای تولید انواع محصولات کشاورزی فراهم آورده است و در این میان زراعت غلات به‌خصوص گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و ذرت (*Zea mays* L.)، بخش اصلی فعالیت کشاورزان مناطق خشک و نیمه‌خشک را تشکیل می‌دهد. ذرت پس از گندم و برنج (*Oryza sativa*)، مهم‌ترین محصول غذایی جهان محسوب می‌شود (Poehlman, 1959). پتانسیل عملکرد ذرت

۱- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار مجتمع آموزش عالی گناباد

۳- دانش‌آموخته دکتری اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: Jahan@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

تلفات آب در خاک (Xie *et al.*, 2011)، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک (Nykanen *et al.*, 2011) و کاهش تلفات ناشی از مصرف کودها (Zheng *et al.*, 2009) منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات مختلف می‌شوند. در بررسی اثر سطوح مختلف سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گزارش شد که با افزایش مقادیر مصرفی سوپر جاذب، عملکرد دانه و علوفه‌ی ذرت به میزان قابل توجهی در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Karimi *et al.*, 2006). همچنین گزارش شد که کاربرد سوپر جاذب ضمن کاهش تنش خشکی در ذرت، منجر به افزایش ۱۶ درصدی عملکرد این گیاه در مقایسه با شاهد شد (Khadem *et al.*, 2011). در پژوهشی دیگر گزارش شد که استفاده از هیدروژل‌های سوپر جاذب به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را در پی داشت، به طوری که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف در هر دو شرایط تنش و غیر تنش نسبت به شاهد افزایش یافت (Kuhestani *et al.*, 2009).

طی چند دهه اخیر تلاش برای افزایش تولید در واحد سطح از یک سو و مصرف بیش از حد و نامتعادل کودهای شیمیایی از سوی دیگر، پیامدهای زیست محیطی منفی و افزایش هزینه‌های تولید را به همراه داشته است و این امر بر ضرورت تجدیدنظر در روش تولید و جستجو برای شیوه‌های جدید و ایمن افزایش تولید محصول تأکید دارد (Wu *et al.*, 2005). مواد هیومیکی مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از منابع مختلفی نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و غیره استخراج می‌شوند و از نظر اندازه‌ی مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت هستند (Puglisi *et al.*, 2012; Rezazadeh *et al.*, 2009). مقادیر اندک اسیدهای آلی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش حاصل خیزی خاک می‌شود (Natesan *et al.*, 2007). از دیگر مزایای اسید هیومیک می‌توان به خاصیت کلات کنندگی عناصر غذایی (Verlinden *et al.*, 2009)، افزایش ظهور ریشه‌های جانبی، افزایش رشد اندام‌های هوایی و محتوای نیتروژن، رفع کلروز برگ‌ها (Maccarthy, 2001)، بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف (Puglisi *et al.*, 2009)، افزایش فعالیت‌های شبه هورمونی (Samavat and Malakuti, 2006) و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (Tahir *et al.*, 2011) اشاره کرد. در یک پژوهش، اثر اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی فلفل (*Capsicum frutescens* L.) مطالعه و گزارش شد که سطوح ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک، افزایش طول هیپوکوتیل، قطر و طول ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد گیاه را به همراه داشت (Turkmen *et al.*, 2005). در پژوهشی دیگر، اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای

مصرف آب از اهمیت زیادی برخوردار است (Islam *et al.*, 2012). تعیین میزان بهینه‌ی آب آبیاری همواره یکی از اهداف محققان بوده است و همواره سعی بر این بوده که از روش‌هایی برای تعیین میزان مناسب آبیاری استفاده شود. استفاده‌ی بی‌رویه، سبب تلفات منابع آب شده و کمبود آب به‌ویژه در مراحل حساس، به محصول تنش وارد می‌کند. از جمله مشکلات آبیاری بیش از حد می‌توان به شستشوی عناصر غذایی از خاک و به دنبال آن آلودگی آب‌های زیرزمینی و در نهایت آلودگی زیست‌بوم و همچنین کاهش کارایی مصرف کود به‌ویژه کودهای محلول در آب و ایجاد شرایط نامطلوب فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اشاره کرد (Rong and Xuefeng, 2011). برای روشن شدن اهمیت آبیاری در کشت غلات، گزارش شده است که تنها یک‌بار آبیاری گندم بلافاصله بعد از کاشت، منجر به افزایش عملکرد به میزان ۱۳ درصد نسبت به شرایط دیم گردید و همچنین یک‌بار آبیاری در مرحله‌ی تشکیل تورم غلاف برگ پرچم، افزایش ۲۳ درصدی عملکرد دانه را سبب شد (Caliandro and Boari, 1992). نتایج تحقیقات Randy and Maranvill, 2000 در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت نشان داد که اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بالال، وزن صد دانه، کاهش قطر ساقه و کاهش ارتفاع گیاه شد. دسترسی ناکافی به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، افزایش کارایی مصرف آب را به عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در این مناطق مطرح کرده است. تنش آب از یک سو از خصوصیات کمی و کیفی گیاه کاسته و از سوی دیگر به دلیل بالا بودن قیمت آب، خرید آب توسط کشاورزان را به یک معضل بزرگ تبدیل کرده است (Rosales *et al.*, 2012)، از این رو در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی به منظور افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته است که در این مسیر، بهره‌گیری از نهاده‌های سازگار با محیط نظیر سوپر جاذب‌ها و اسیدهای آلی به عنوان راهکارهایی اساسی جهت صرفه‌جویی و استفاده‌ی بهینه از آب مورد توجه قرار گرفته‌اند (Islam *et al.*, 2012). امروزه از پلیمرهای سوپر جاذب به طور قابل توجهی در کشاورزی استفاده می‌شود و نقش آن‌ها در کاهش شدت تنش خشکی و میزان مرگ و میر گیاهان و همچنین افزایش تولید محصولات زراعی در پژوهش‌های متعددی به اثبات رسیده است (Abedi-Koupai *et al.*, 2012; Zhong *et al.*, 2008). این پلیمرها قادرند مقدار زیادی آب جذب و آن را در ساختمان خود حفظ کنند و در صورت نیاز در شرایط خشکی آن را در اختیار گیاه قرار دهند (Natesan *et al.*, 2013; Wang and Wang, 2010; Zhong *et al.*, 2007). سوپر جاذب‌ها از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و ساختمان خاک، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (Abedi-Koupai *et al.*, 2008)، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی (Eneji *et al.*, 2013)، افزایش جوانه‌زنی و سبز شدن بذر (Eneji *et al.*, 2013)، کاهش

عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) بررسی و گزارش شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و تعداد گل و برگ در بوته در اثر کاربرد تیمار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک به دست آمد (Mohammadipour et al., 2012).

فراهمی آب و عناصر غذایی، عامل‌های کلیدی در تولید آگرواکوسیستم‌های واقع در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند (Zhou et al., 2007) و بهینه‌سازی این دو عامل با هم مرتبط است، به طوری که استفاده‌ی بهینه از کود در شرایطی امکان پذیر است که مدیریت بهینه‌ی آبیاری وجود داشته باشد (Mahajan et al., 2012). آب آبیاری ممکن است سبب نفوذ عمقی و آبشویی عناصر غذایی موجود در کودهای مصرفی به پایین تر از محدوده‌ی توسعه‌ی ریشه گیاهان شود. برای به حداقل رساندن آبشویی عناصر غذایی، مدیریت مصرف کود باید با مدیریت صحیح مقدار و زمان آبیاری همراه باشد. با دانستن مقدار آب مورد نیاز محصول و ظرفیت نگهداری آب توسط خاک، می‌توان مدیریت مناسب آبیاری را اعمال کرد به طوری که از آبشویی عناصر غذایی اجتناب گردد (Sanchez-Martin, 2006).

برای تعیین حد بهینه‌ی آب آبیاری و کود، استفاده از مدل‌ها و روابط تجربی-ریاضی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. یکی از معمول ترین روش‌های مورد استفاده برای بهینه‌سازی این عوامل و تخمین مدل رگرسیون درجه دو، طرح مرکب مرکزی^۱ است (Wu and Hamada, 2000). این طرح روشی جایگزین و مناسب برای طرح فاکتوریل می‌باشد که اولین بار در سال ۱۹۵۱ توسط باکس و ویلسون ارائه گردید و توسط باکس و هانتز اصلاح شد. مزیت استفاده از طرح مرکب مرکزی نسبت به آزمایشات فاکتوریل، امکان استخراج اطلاعات بیش تر از تحلیل این طرح و تعداد کمتر تیمار و تکرارهای مورد نیاز جهت انجام آزمایش می‌باشد که اجرای این طرح را آسان تر می‌کند، همچنین امکان تعیین ترکیب‌های مختلف متغیر مستقل را در آزمایش فراهم می‌آورد (Aslan, 2007). در یک پژوهش Koocheki et al., 2015 با استفاده از طرح مرکب مرکزی، مقادیر بهینه‌ی مصرف کود نیتروژن و آبیاری را در زراعت گندم تعیین و گزارش کردند که در سناریوی اقتصادی به منظور دستیابی به ۴۰۴۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، مقدار بهینه‌ی کود و آب به ترتیب ۲۷۴ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۳۹۶۴ مترمکعب در هکتار آب به دست آمد. در پژوهشی دیگر، Jahan et al., 2017 پس از بررسی مقادیر بهینه‌ی کودهای نیتروژن، فسفر و دامی در زراعت گندم گزارش کردند که در سناریوی اقتصادی، مصرف ۱۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۱۸ تن در هکتار کود دامی، منجر به تولید ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد و در سناریوی

زیست محیطی با مصرف ۲۱ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، بدون کاربرد فسفر و مصرف ۱۶ تن در هکتار کود دامی، عملکرد دانه‌ای معادل با ۳۱۶۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد.

علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد اثر سطوح مختلف آبیاری و کود بر روی گیاهان مختلف صورت گرفته است، اطلاعات موجود در زمینه‌ی بهینه‌سازی هم‌زمان این عوامل با استفاده از تکنیک‌های آماری اندک است، لذا این تحقیق با هدف بهینه‌سازی میزان مصرف سوپرجاذب رطوبت، اسید هیومیک و آب آبیاری در زراعت ذرت با استفاده از تکنیک سطح-پاسخ و طرح مرکب مرکزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال ۱۳۹۳ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در زمینی به مساحت ۱۵۰ مترمربع اجرا شد. این پژوهش با استفاده از طرح مرکب مرکزی طراحی شد تا حداکثر اطلاعات با کمترین تعداد اجرا از طریق توزیع نقاط آزمایشی در محدوده‌ی مورد نظر استخراج شود. مبنای انتخاب سطوح سوپرجاذب رطوبت و اسید هیومیک، نتایج پژوهش‌های قبلی نگارندگان مقاله بود (Jahan et al., 2013; Jahan et al., 2015a; Jahan et al., 2015b). به منظور محاسبه‌ی نیاز آبی ذرت در شرایط مشهد، از نرم افزار OPTIWAT استفاده شد. با اطلاع از طول فصل رشد ذرت، داده‌های مربوط به تبخیر و تعرق روزانه و فاصله‌ی آبیاری هفت روز، حجم آب مورد نیاز در هر بار آبیاری برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۴۰۰ مترمکعب در هکتار و برای ۵۰ درصد نیاز آبی ۲۰۰ مترمکعب در هکتار محاسبه شد. تیمارهای آزمایشی با توجه به سطوح پایین و بالای سوپرجاذب رطوبت (با نام تجاری کلوفونی) (۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار)، اسید هیومیک (با نام تجاری پوهوموس ۸۵ درصد) (چهار و هشت کیلوگرم در هکتار) و حجم آب آبیاری (۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی) با استفاده از نرم افزار مشخص شدند که با در نظر گرفتن سه تکرار برای نقطه‌ی مرکزی، در مجموع ۱۵ ترکیب تیماری برای مطالعه لحاظ گردید. مقادیر بیشینه، مرکزی و کمینه‌ی فاکتورها به ترتیب با +۱، ۰ و -۱ در جدول ۱ نشان داده شده است. قبل از انجام آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری نمونه برداری انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه‌ی فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. برای آماده‌سازی زمین عملیات دیسک‌زنی و تسطیح زمین توسط تراکتور انجام شد. سپس مقادیر مختلف سوپرجاذب برای هر یک از کرت‌های مربوطه محاسبه و به‌طور یکنواخت در سطح

هفت روز یک بار اعمال و برای کنترل حجم آب ورودی از کنتور استفاده شد.

اعمال سطوح مختلف اسیدهیومیک در دو نوبت به صورت محلول پاشی روی برگ ها در مراحل شش تا هفت برگه و قبل از گلدهی در کرت های مربوطه انجام گرفت. محلول پاشی به هنگام غروب آفتاب و توسط پمپ دستی با حجم پاشش ۴۰۰ لیتر در هکتار به صورت یکنواخت در سطح کرت های مورد نظر انجام شد.

کرت های مورد نظر پخش و بلافاصله با خاک مخلوط شدند. بذور ذرت از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و در کرت هایی به ابعاد ۳×۲ متر و ردیف هایی به فواصل ۵۰ سانتی متر بر مبنای تراکم مطلوب ذرت (هفت بوته در مترمربع) کشت و بلافاصله آبیاری شدند. به واسطه ی ماهیت طرح آماری، کلیه ی تیمارها در یک بلوک اعمال شدند. به منظور اجتناب از مخلوط شدن آب کرت ها با یکدیگر، برای هر تکرار و هر کرت لوله ی آبیاری جداگانه در نظر گرفته شد. تیمارهای آبیاری بعد از عملیات تنک، به صورت هر

جدول ۱- مقادیر و ضرایب تیمارها با توجه به طرح باکس- بنکن

Table 1- Values and coefficients of treatments based on the Box-Benken design

شماره تیمارها Number of treatments	ضرایب* Coefficients			مقادیر تیمارها Amounts of treatments		
	سوپرجاذب رطوبت Water super absorbent	اسیدهیومیک Humic acid	حجم آبیاری Volume of irrigation	سوپرجاذب رطوبت Water super absorbent	اسیدهیومیک Humic acid	حجم آبیاری Volume of irrigation
	(Kg ha ⁻¹)	(ha ⁻¹ Kg)	(m ³ ha ⁻¹)	(Kg ha ⁻¹)	(Kg ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)
1	0	0	0	120	6	300
2	-1	0	-1	80	6	200
3	0	0	0	120	6	300
4	0	+1	-1	120	8	200
5	+1	-1	0	160	4	300
6	+1	0	+1	160	6	400
7	-1	+1	0	80	8	300
8	+1	0	-1	160	6	200
9	-1	-1	0	80	4	300
10	+1	+1	0	160	8	300
11	0	-1	-1	120	4	200
12	0	0	0	120	6	300
13	-1	0	+1	80	6	400
14	0	+1	+1	120	8	400
15	0	-1	+1	120	4	400

* +۱، -۱ و ۰ به ترتیب سطوح بالا، پایین و میانگین هر فاکتور می باشد.

* +1, -1 and 0 are high, low and average levels of each factor, respectively.

عملیات برداشت انجام شد. پروتئین دانه و میزان نیتروژن خاک به روش (AOAC Official Method 968.06 (4.2.04) بر اساس تعیین نیتروژن به روش کجلدال و با استفاده از دستگاه Semi-Automated Distillation Unit انجام شد (Horwitz and Latimer, 2005).

جهت محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری (WUE) ^۱ (kg Grain.m³ Water⁻¹) از معادله ۱ استفاده شد (Koocheki et al., 2015):

به منظور کنترل علف های هرز، ۲ نوبت وجین دستی به ترتیب در مراحل چهار برگه و ۱۰ برگه انجام شد. در کلیه ی مراحل آماده سازی زمین، کاشت و هم چنین در طول دوره ی رشد، از هیچ گونه علف کش، آفت کش و قارچ کش شیمیایی استفاده نشد.

در اواخر فصل رشد، با آغاز مرحله ی رسیدگی دانه ها، زرد شدن بوته ها و خشک شدن بلال ها، ۵/۰ مترمربع از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر تعداد دانه در بوته و میزان پروتئین دانه اندازه گیری شدند. برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد ماده ی خشک، پس از حذف اثر حاشیه ای، سطح سه مترمربع از هر کرت انتخاب و

نتایج تجزیه واریانس مدل رگرسیونی درجه دو کامل^۲ در جدول ۳ نشان داده شده است بر این اساس عملکرد دانه به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات اسیدهیومیک و آبیاری از جزء خطی مدل رگرسیونی و اثرات درجه دو سوپرچاذب و آبیاری از جزء درجه دو مدل رگرسیونی قرار گرفت. آزمون عدم برازش برای عملکرد دانه غیرمعنی دار بود که قابلیت بالای مدل برازش شده را نشان می دهد (جدول ۳). همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، بیشترین میزان عملکرد دانه زمانی حاصل شد که به ترتیب از ۱۲۰ و ۸ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب رطوبت و اسیدهیومیک استفاده شد و در هر آبیاری ۳۰۰ مترمکعب در هکتار در هر نوبت آب در اختیار گیاه قرار گرفت. با افزایش مقادیر مصرفی سوپرچاذب از ۸۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه افزایش یافت، ولی افزایش بیش از ۱۲۰ حد سوپرچاذب کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب منجر به کاهش عملکرد دانه شد (شکل ۱). لازم به ذکر است که علی رغم کاهش عملکرد دانه در سطوح بالای سوپرچاذب، عملکرد دانه در بالاترین سطح این کود (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب) بیش تر از مقدار این صفت در پایین ترین سطح سوپرچاذب مصرفی (به ترتیب ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب) بود (شکل ۱).

$$WUE = \frac{Y_s}{W_I + W_P} \quad (۱)$$

که در این معادله، Y_s عملکرد دانه ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)، مقدار آب آبیاری ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) و W_P میزان بارندگی (mm) می باشد. مقادیر بهینه ی سوپرچاذب رطوبت، اسیدهیومیک و حجم آب آبیاری با توجه به سه سناریوی اقتصادی، زیست محیطی و اقتصادی-زیست محیطی تعیین گردید، بدین ترتیب که در سناریوی اقتصادی، عملکرد دانه ی ذرت، در سناریوی زیست محیطی، کارایی مصرف آب و در سناریوی اقتصادی-زیست محیطی، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به عنوان مبنای بهینه سازی در نظر گرفته شدند. در ادامه، سطوح بهینه ی فاکتورها برای حصول هر یک از سناریوهای تعریف شده بر اساس الگوریتم محاسباتی بهینه سازی تعیین گردید.

در نهایت نتایج برازش شده با داده های مشاهده شده مقایسه شدند و اعتبار مدل های رگرسیون با استفاده از آزمون های آماری جذر میانگین مربعات خطا^۱ (معادله ی ۲) و رگرسیون خطی یک به یک ارزیابی شدند.

$$RMSE (\%) = \frac{100}{O} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (۲)$$

که در این معادله O_i میانگین مشاهدات، P_i مقادیر برازش شده و O_i مقادیر مشاهده شده می باشد.

RMSE به صورت درصد اختلاف نسبی مقادیر پیش بینی شده در برابر مقادیر واقعی بیان می شود و بر اساس تعریف، قدرت پیش بینی مدل در صورتی که مقدار RMSE کمتر از ۱۰ درصد باشد، عالی، اگر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد باشد، خوب، اگر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد باشد، متوسط و اگر بالاتر از ۳۰ درصد باشد، ضعیف برآورد می شود (Myers and Montgomery, 1995). همچنین، برای ارزیابی مدل می توان از نمودار مقادیر مشاهده شده در برابر مقادیر برازش شده استفاده کرد. بر این اساس، معادله خط راست مقادیر مشاهده شده و برازش شده با توجه به مدل های نهایی که در هر یک از صفات انتخاب شدند رسم شد (معادله ی ۳).

$$P_i = a + b O_i \quad (۳)$$

تجزیه واریانس و تحلیل رگرسیونی داده های حاصل از آزمایش و رسم شکل ها با استفاده از نرم افزارهای Minitab Ver. 17، MS EXCEL Ver. 11 و Write Ver. 2 انجام گرفت.

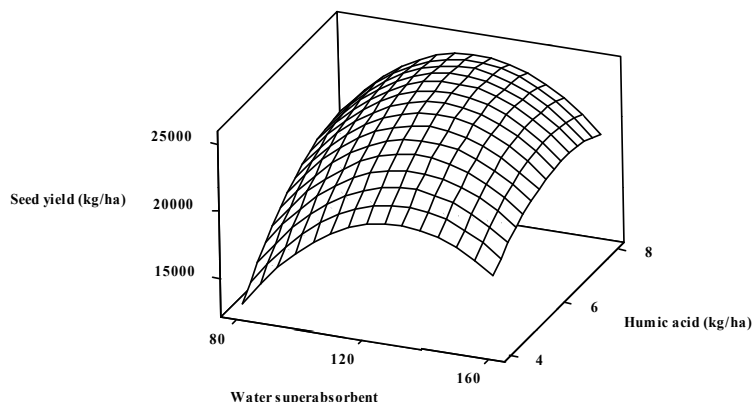
نتایج و بحث

عملکرد دانه

جدول ۲- خصوصیات خاک، اسیدهیومیک و سوپرجاذب مورد استفاده

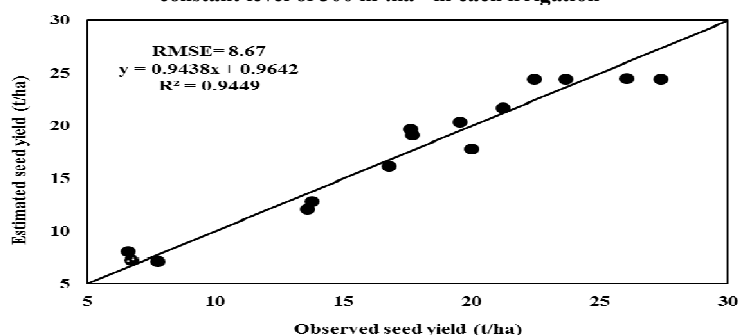
Table 2- Characteristics of used soil, humic acid and super absorbent

خصوصیات سوپرجاذب مورد استفاده Characteristics of used polymer super absorbent		خصوصیات اسیدهیومیک مورد استفاده Characteristics of used humic acid		خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک Physiochemical characteristics of soil	
پودر سفید رنگ White powder	ظاهر Appearance	پوهوموس ۸۵ درصد WGS 85%	نام تجاری Trade name	لوم سیلتی Silty loam	بافت خاک Soil texture
Less than 5	مقدار رطوبت (درصد) Moisture content	85	اسیدهیومیک (درصد) Humic acid (%)	0.061	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
0	بو و سمیت Odor and toxicity	12	اکسید پتاسیم (درصد) Potassium oxid (%)	11.4	فسفر قابل دسترس (mg.kg ⁻¹) Available phosphorus (mg.kg ⁻¹)
0.8	چگالی توده‌ای (g.cm ⁻³) Mass density (g.cm ⁻³)	1	آهن (درصد) Fe (%)	468	پتاسیم قابل دسترس (mg.kg ⁻¹) Available potassium (mg.kg ⁻¹)
6-7	pH	0.8	نیتروژن آلی (درصد) Organic nitrogen (%)	1.1	نسبت آب به خاک (dS.m ⁻¹) Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)
		9-10	pH	0.54	کربن آلی خاک (درصد) Soil organic carbon (%)
				8.23	اسیدیته خاک pH



شکل ۱- سطح- پاسخ عملکرد دانه ذرت نسبت به سطوح مختلف سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک در سطح ثابت ۳۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری

Figure 1- Response surface of maize grain yield affected by different levels of water superabsorbent and humic acid in constant level of 300 m³.ha⁻¹ in each irrigation



شکل ۲- نمودار و معادله خط رگرسیون مقادیر برازش داده شده و مشاهده شده برای عملکرد دانه و مقدار RMSE با توجه به مدل رگرسیونی درجه دو کامل

Figure 2- Graph and regression line equation of the fitted and observed values for grain yield and the RMSE values based on model of full quadratic regression

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مدل رگرسیونی درجه دو کامل اثر سوپرچاذب رطوبت و اسیدهیومیک و کم آبیاری بر برخی ویژگی‌های رشدی ذرت

Table 3- Analysis of variance (mean squares) of full quadratic regression						
منابع تغییر	درجه آزادی	Grain yield	عملکرد ماده خشک	عملکرد دانه در بوته	تعداد دانه در بوته	پروتئین دانه
Source of variation	Df	Grain yield	Dry matter yield	Grain number per plant	Grain protein	WUE
مقدار ثابت		**	**	**	**	**
Constant						
مدل رگرسیون	9	64785781*	99083176n.s	45649*	8.05n.s	1.66*
Regression model						
خطی	3	112519668**	140592408n.s	55835*	2.27n.s	1.07n.s
Linear						
سوپرچاذب	1	16824640n.s	18483200n.s	9905n.s	1.32n.s	0.54n.s
superabsorbent						
اسیدهیومیک	1	43897326*	81856013n.s	26912*	2.31n.s	2.20n.s
Humic acid						
آبیاری	1	276837038**	321438013*	130688**	3.18n.s	0.47n.s
Irrigation						
درجه ۲	3	77651454*	136266444n.s	78961**	20.19*	3.69*
Square						
سوپرچاذب×سوپرچاذب	1	85848811*	76118339n.s	115078**	32.12*	4.00*
Superabsorbent×Superabsorbent						
اسیدهیومیک×اسیدهیومیک	1	14262055n.s	116844231n.s	63283*	11.99*	0.51n.s
Humic acid×Humic acid						
آبیاری×آبیاری	1	158757681**	270733078*	93982**	25.12*	7.73**
Irrigation×Irrigation						
اثر متقابل	3	4186221n.s	20390675n.s	2150n.s	1.70n.s	0.21n.s
Interaction effect						
سوپرچاذب×اسیدهیومیک	1	4646094n.s	20611600n.s	14n.s	0.52n.s	0.20n.s
Superabsorbent×Humic acid						
سوپرچاذب×آبیاری	1	7444385n.s	17472400n.s	6084n.s	4.55n.s	0.25n.s
Superabsorbent×Irrigation						
اسیدهیومیک×آبیاری	1	468184n.s	23088025n.s	352n.s	0.04n.s	0.19n.s
Humic acid×Irrigation						
عدم برازش	3	6885371n.s	46842308n.s	7161n.s	2.21n.s	0.42n.s
Lack of fit						

***، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار. **، * and n.s are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level and non-significant, respectively.

به منظور تخمین عملکرد دانه با استفاده از مدل رگرسیونی درجه دو کامل از اطلاعات جدول ۴ استفاده شد. ضرایب تبیین (R^2) نشان دهنده درصد تغییرات هر یک از متغیرهای وابسته تحت تأثیر

جدول ۴- ضرایب رگرسیون و تبیین معادله رگرسیونی درجه دو برای صفات مختلف مورد مطالعه در ذرت
Table 4- Regression coefficients and coefficients of determination of regression equation fitted for corn studied traits.
 $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_1^2 + a_5X_2^2 + a_6X_3^2 + a_7X_1X_2 + a_8X_1X_3 + a_9X_2X_3$

متغیرهای پاسخ Response variables					
ضرایب Coefficients	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد ماده‌ی خشک Dry matter yield	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	پروتئین دانه Grain protein	کارایی مصرف آب WUE
a_0	-64995	-91020	-2495	-21.70	-13.59
a_1	806	837	26.25	0.399	0.17
a_2	8513	20679	424	5.08	1.83
a_3	925	666	23.90	0.15	0.20
a_4	-3.01	-2.84	-0.11	-0.0018	-0.0006
a_5	-491	-1406	-32.73	-0.45	-0.09
a_6	-29.14	-38.10	-0.70	-0.01	-0.006
a_7	-13.50	-28.40	0.02	0.004	-0.002
a_8	2.27	3.48	0.06	0.001	0.0004
a_9	11.40	80.10	-0.31	0.003	-0.007
R^2	94.49	85.21	94.77	88.05	88.90

X_1 , X_2 و X_3 به ترتیب متغیرهای مستقل سوپرجاذب رطوبت، اسیدهیومیک و آبیاری هستند.

X_1 , X_2 and X_3 are independent variables of water superabsorbent, humic acid and irrigation, respectively.

ایرانی (*Echium amoenum*) بررسی و گزارش شد که اسیدهیومیک و اسید فولیک به ترتیب منجر به افزایش ۳۲ و ۲۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند (Amiri, 2015). در پژوهشی دیگر، اثر سطوح مختلف اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت مطالعه و گزارش شد که بیش‌ترین و کمترین مقدار عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای ۳۵۰۰ گرم در هکتار و شاهد با میانگین‌های ۱۰۴۶۸ و ۸۰۰۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (Ghorbani et al., 2009).

عملکرد ماده‌ی خشک

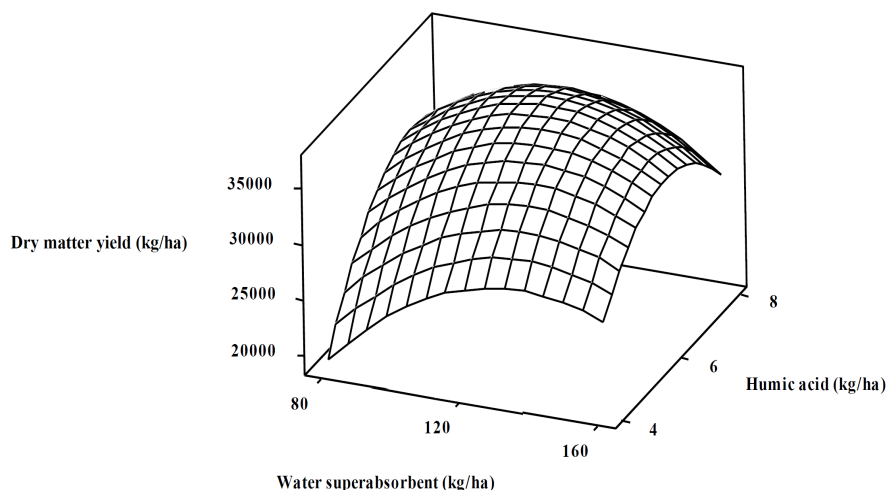
اثر آبیاری از جزء خطی و درجه دو مدل رگرسیونی بر عملکرد ماده‌ی خشک معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار عملکرد ماده‌ی خشک در سطح متوسط آبیاری (۳۰۰ مترمکعب در هکتار در هر نوبت) به دست آمد و عملکرد ماده‌ی خشک در شرایط ۳۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری به ترتیب ۴۶ و پنج درصد بیش‌تر از سطوح ۲۰۰ و ۴۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری بود. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش سوپرجاذب تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد ماده‌ی خشک افزایش یافت، ولی افزایش بیش‌تر سوپرجاذب کاهش عملکرد ماده‌ی خشک را در پی داشت. عملکرد ماده‌ی خشک در شرایط کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به ترتیب از افزایش ۱۸ و هفت درصدی نسبت به کاربرد سطوح ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار برخوردار شد. بیش‌ترین تأثیرگذاری

مقدار پایین RMSE (۶۷/۸ درصد) و مقدار بالای ضریب تبیین ($R^2 = ۰/۹۴$) نشان دهنده ی برازش عالی مدل است (شکل ۲)، ضمن این‌که بین عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون و شیب و عرض از مبدأ معادله‌ی خط ۱:۱ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

به نظر می‌رسد که کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (Abedi-Koupai et al., 2008) منجر به افزایش عملکرد دانه شد. در یک بررسی اثر سطوح مختلف سوپرجاذب و اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) مطالعه و گزارش شد که بیش‌ترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به علاوه‌ی اسیدهیومیک و عدم کاربرد سوپرجاذب بدون اسیدهیومیک بدست آمد، ضمن این‌که در تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه، کاربرد اسیدهیومیک منجر به افزایش عملکرد دانه شد (Jahan et al., 2011). Yazdani et al., 2012 اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب و مدار آبیاری را بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب، عملکرد دانه به میزان قابل توجهی نسبت به شاهد افزایش یافت. به نظر می‌رسد که اسید هیومیک مورد مطالعه از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی (Puglisi et al., 2009) شرایط مساعدی را برای رشد مطلوب‌تر گیاه فراهم کرد، لذا افزایش عملکرد دانه در شرایط کاربرد این کودها منطقی به نظر می‌رسد. در یک پژوهش، اثر اسیدهای آلی هیومیک و فولویک بر عملکرد گل و دانه گاوزبان

خشک را در مقایسه با کاربرد سطح چهار کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به همراه داشت (شکل ۳).

اسیدهیومیک در بهبود عملکرد ماده‌ی خشک در سطح میانی این کود (شش کیلوگرم در هکتار) حاصل شد، ضمن این‌که کاربرد هشت کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک افزایش ۲۳ درصدی عملکرد ماده‌ی



شکل ۳- سطح- پاسخ عملکرد ماده‌ی خشک ذرت نسبت به سطوح مختلف سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک در سطح ثابت ۳۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری

Figure 3- Response surface of maize dry matter yield affected by different levels of water super absorbent and humic acid in constant level of $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ irrigation

$R^2 =$ در عملکرد ماده‌ی خشک، برازش خوب مدل را مورد تأیید قرار داد (جدول ۵).

مقادیر جذر میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین توابع برازش شده برای متغیرهای پاسخ در جدول ۵ نشان داده شده است. مقدار پایین RMSE (۱۲/۱۱ درصد) و مقدار بالای ضریب تبیین (۰/۸۵)

جدول ۵- جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین توابع برازش شده برای متغیرهای پاسخ در ذرت
Table 5- Root mean square error and defining coefficients of fitted equations for response variables in maize

متغیرهای پاسخ Response variables			
	عملکرد ماده‌ی خشک Dry matter yield	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	پروتئین دانه Grain protein
RMSE (%)	12.11	8.07	4.92
R^2	0.85	0.94	0.88

آبیاری مختلف بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) مطالعه و گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در نتیجه‌ی کاربرد سوپرجاذب و محلول‌پاشی اسیدهیومیک و دور آبیاری هفت روز به‌دست آمد. در یک بررسی گزارش شد که کاربرد پنج تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت نداشت، در حالی‌که مصرف مقادیر بیش‌تر سوپرجاذب (۱۵ کیلوگرم در هکتار و بالاتر) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را به‌میزان قابل‌توجهی افزایش داد (Moa et al., 2011). در پژوهشی اثر هیدروژل‌های سوپرجاذب بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت در

به‌نظر می‌رسد که اسیدهیومیک احتمالاً از طریق بهبود فعالیت‌های آنزیمی در محیط ریشه (Samavat and Malakuti, 2006)، کارایی گیاه را در جذب آب افزایش داده و در نتیجه عملکرد ماده‌خشک افزایش یافت. Mohammadipour et al, 2012 اثر سطوح مختلف اسیدهیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) را بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه‌بهار مطالعه و گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک حاصل شد. Jahan et al, 2015a اثر سطوح سوپرجاذب و اسیدهیومیک را در مدارهای

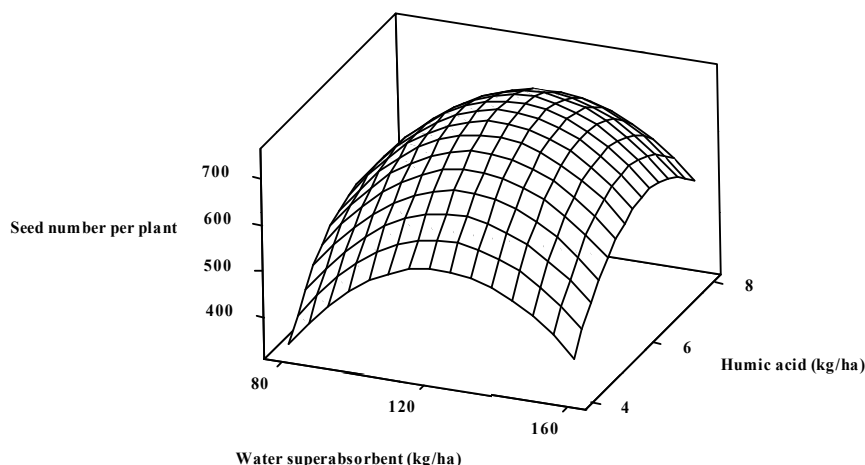
کاهش ۲۱ درصدی تعداد دانه در بوته را در پی داشت (شکل ۴). کاربرد شش کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به ترتیب منجر به افزایش ۳۶ و ۱۶ درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به کاربرد سطوح چهار و هشت کیلوگرم در هکتار شد (شکل ۴). ۳۰۰ مترمکعب در هکتار در هر مرتبه آبیاری در طول فصل رشد، بیشترین تولید تعداد دانه در بوته را در مقایسه با سایر سطوح آبیاری مورد مطالعه سبب شد، به طوری که تعداد دانه در بوته در این شرایط به ترتیب ۴۸ و ۲ درصد نسبت به اعمال سطوح آبیاری ۲۰۰ و ۴۰۰ مترمکعب در هکتار افزایش یافت (شکل ۴).

با توجه به $RMSE$ و R^2 محاسبه شده برای متغیر پاسخ تعداد دانه در بوته (به ترتیب ۸/۰۷ درصد و ۰/۹۴)، برازش مدل در این صفت در کلاس عالی قرار گرفت (جدول ۵).

شرایط تنش خشکی بررسی و گزارش شد که کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، کاهش شستشوی مواد غذایی، رشد سریع و مطلوب ریشه و تهویه بهتر خاک باعث افزایش عملکرد ماده خشک گیاه شد (Kuhestani *et al.*, 2009).

تعداد دانه در بوته

اثرات خطی اسیدهیومیک و آبیاری و همچنین اثرات درجه دو سوپرجاذب، اسیدهیومیک و آبیاری بر تعداد دانه در بوته معنی دار بود (جدول ۳). با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب از ۸۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در بوته ۳۴ درصد افزایش یافت، در حالی که افزایش بیش تر سوپرجاذب از ۱۲۰ به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار



شکل ۴- سطح - پاسخ تعداد دانه در بوته ذرت نسبت به سطوح مختلف سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک در سطح ثابت ۳۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری

Figure 4- Response surface of grain number per plant in maize affected by different levels of water super absorbent and humic acid in constant level of $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ irrigation

و ۱۱ درصد نسبت به کاربرد جداگانه‌ی آن‌ها افزایش یافت (Jahan *et al.*, 2011). در پژوهشی دیگر، اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار بررسی و گزارش شد که بیشترین تعداد گل و دانه در بوته در اثر کاربرد تیمار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک به دست آمد (Mohammadipour *et al.*, 2012). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر سطوح مختلف اسید فولیک (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago avate*) گزارش شد که کاربرد اسید فولیک ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه، خسارات ناشی از تنش شوری را کاهش داد (Gholami *et al.*,

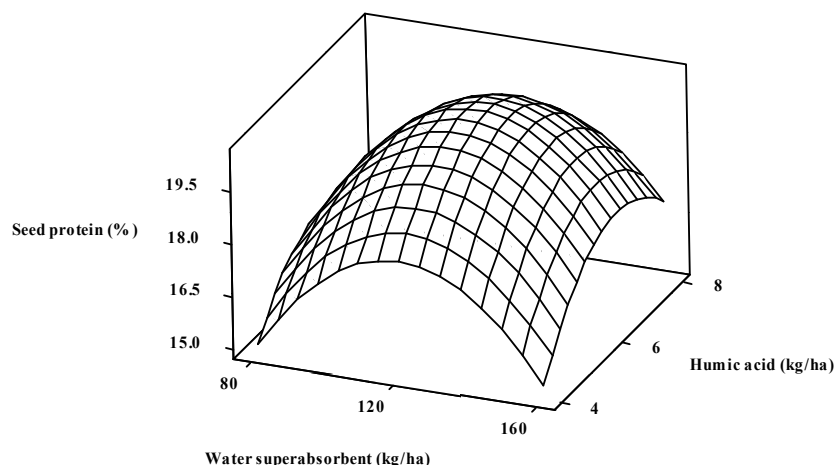
به نظر می‌رسد که سطوح مختلف سوپرجاذب از طریق بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو (Eneji *et al.*, 2013) توسط گیاه منجر به بهبود خصوصیات کمی گیاه شدند. در یک پژوهش گزارش شد که کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، موجب افزایش تعداد خوشه و بذر در بوته‌ی یولاف (*Avena sativa*) شد (Islam *et al.*, 2011). در پژوهشی با بررسی اثر سطوح سوپرجاذب و اسیدهیومیک در مدارهای آبیاری مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز گزارش شد که کارایی تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه در شرایط استفاده از اسیدهیومیک بهبود یافت، بدین ترتیب که در شرایط کاربرد اسیدهیومیک کارایی سطوح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به ترتیب ۱۸، ۱۹

سوپرجاذب مصرفی تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار افزایش و سپس با افزایش بیش تر سوپرجاذب به شدت کاهش یافت. پروتئین دانه در سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به ترتیب ۱۷ و ۱۲ درصد بیش تر از سطوح ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۵). سطح میانی اسیدهیومیک (شش کیلوگرم در هکتار) بیش ترین تأثیرگذاری را در بهبود میزان پروتئین دانه داشت (با میزان پروتئین ۱۷ درصد) و پروتئین دانه را به ترتیب ۱۱ و پنج درصد نسبت به سطوح چهار و هشت کیلوگرم در هکتار افزایش داد (شکل ۵). لازم به ذکر است که افزایش دو برابری اسیدهیومیک مصرفی از چهار به هشت کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش هفت درصدی میزان پروتئین دانه شد (شکل ۵). افزایش میزان آب آبیاری از ۲۰۰ به ۳۰۰ و از ۳۰۰ به ۴۰۰ مترمکعب در هکتار، میزان پروتئین دانه را به ترتیب با افزایش و کاهش مواجه ساخت (شکل ۵)، به طوری که میزان پروتئین دانه در شرایط آبیاری متوسط (۳۰۰ مترمکعب در هکتار) به ترتیب ۱۶ و ۹ درصد بیش تر از سطوح ۲۰۰ و ۴۰۰ مترمکعب در هکتار بود (شکل ۵).

(2013). همسو با نتایج این پژوهش، Ghorbani *et al.*, 2009 گزارش کردند که کاربرد ۳۵۰۰ گرم در هکتار اسیدهیومیک، موجب افزایش قابل توجه تعداد بذر در ردیف و طول بلال ذرت شد. در یک پژوهش گزارش شد که استفاده از نهاده های اکولوژیک مختلف (اسیدهیومیک، نیتروکسین، میکوریزا و استفاده ی ترکیبی این کودها) منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی و به ویژه وزن و تعداد دانه در بوته ی گندم شد (Massoud *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر، گزارش شد که کاربرد ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم در هکتار اسیدهیومیک، عملکرد دانه و عملکرد ماده ی خشک تولیدی ذرت را به ترتیب ۲۵ و ۲۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد، ضمن این که در شرایط استفاده از این اسید آلی، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته نیز در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Sarir *et al.*, 2005).

پروتئین دانه

اثرات درجه دو سوپرجاذب، اسیدهیومیک و آبیاری بر پروتئین دانه معنی دار بود (جدول ۳). روند تغییرات میزان پروتئین دانه با افزایش



شکل ۵- سطح- پاسخ پروتئین دانه ذرت نسبت به سطوح مختلف سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک در سطح ثابت ۳۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری

Figure 5- Response surface of maize grain protein affected by different levels of water super absorbent and humic acid in constant level of $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ irrigation

بر خصوصیات کمی و کیفی گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) گزارش کرد که اسیدهای آلی هیومیک و فولویک روغن دانه را به ترتیب ۱۱ و هشت درصد و پروتئین دانه را به ترتیب ۲۱ و ۲۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. در پژوهشی گزارش شد که اسیدهیومیک در افزایش جذب فسفر، افزایش مقادیر رنگدانه های فتوسنتزی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای ترش (*Hisbiscus sabdariffa* L.) مؤثر بود (Heidari and Khalili, 2006).

RMSE پایین (۴/۹۲ درصد) و ضریب تبیین بالا ($R^2 = ۰/۸۸$) در متغیر پاسخ پروتئین دانه نشان دهنده ی برازش عالی مدل در صفت فوق بود.

تأثیر اسیدهیومیک بر رشد گیاه ممکن است به صورت مستقیم (افزایش کل وزن خشک گیاه) و یا به صورت غیرمستقیم (افزایش راندمان مصرف کود و کاهش فشردگی خاک) باشد (Samavat and Amiri, 2015). پس از بررسی اثر اسیدهای آلی

افزایش هیومیک مصرفی از چهار به شش و از شش به هشت کیلوگرم در هکتار به ترتیب افزایش ۱۹ و هشت درصدی کارایی مصرف آب را سبب شد (شکل ۶). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در سطح میانی آبیاری (۳۰۰ مگکب در هکتار) به دست آمد، به عنوان مثال کارایی مصرف آب در این سطح ۲۶ درصد بیش تر از سطح ۴۰۰ مگکب در هکتار بود (شکل ۶).

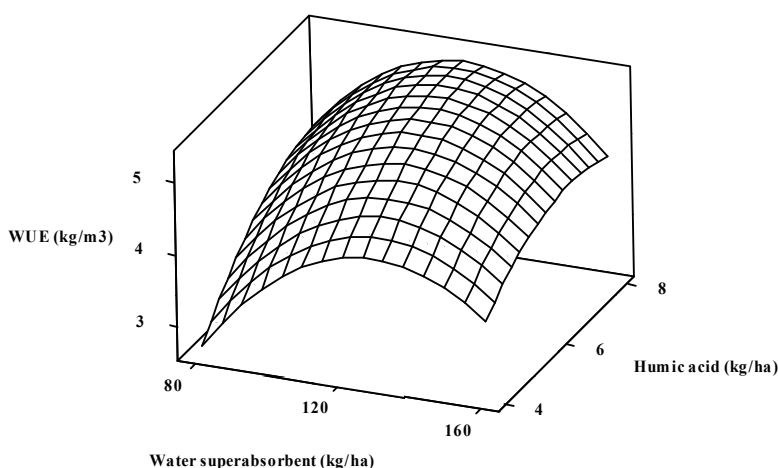
مقدار پایین RMSE (۹/۹۰ درصد) و مقدار بالای ضریب تبیین ($R^2 = 0/88$) حاکی از برازش عالی مدل بود (شکل ۷).

در مطالعات مختلف نشان داده شده است که تعدیل در مصرف آب آبیاری می تواند منجر به بهبود کارایی مصرف آب توسط گیاه شود (Koocheki et al., 2015; Mansoori et al., 2014). در یک پژوهش اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و آبیاری بر کارایی مصرف آب گندم بررسی و گزارش شد که کمترین میزان کارایی مصرف آب در بالاترین سطح آبیاری (۵۰۰ مگکب در هکتار) و در تیمار عدم کوددهی نیتروژن مشاهده شد (Koocheki et al., 2015). (Jahan et al., 2015b) گزارش کردند که کارایی مصرف منابع (نیتروژن) در گندم با افزایش سطوح مصرف کود نیتروژن کاهش یافت. Mansoori et al., 2014 گزارش کردند که بیشترین کارایی مصرف آب در گیاه دارویی موسیر (*Allium hirtifolium*) در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۵۰۰ مگکب در هکتار آبیاری و در تراکم ۱۸ بوته در مترمربع به دست آمد.

(2014). در پژوهش دیگری، اثر محلول پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد گل، عملکرد زیست توده و نیز غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و کلسیم اندام های گل و برگ گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) مثبت گزارش شد (Heidari and Minayee, 2014). به نظر می رسد که سطوح مختلف سوپرچاذب از طریق کاهش تلفات آب (Xie et al., 2011) و کاهش تیخیر آب از سطح خاک (Nykanen et al., 2011)، منجر به کاهش شدت تنش خشکی شدند و در نتیجه میزان پروتئین دانه افزایش یافت. در آزمایشی، اثر مقادیر مختلف سوپرچاذب و مدار آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که با افزایش مقادیر مصرفی سوپرچاذب، عملکرد بذر، وزن صد بذر، تعداد غلاف در بوته و عملکرد روغن به میزان قابل توجهی نسبت به شاهد افزایش یافت (Yazdani et al., 2012).

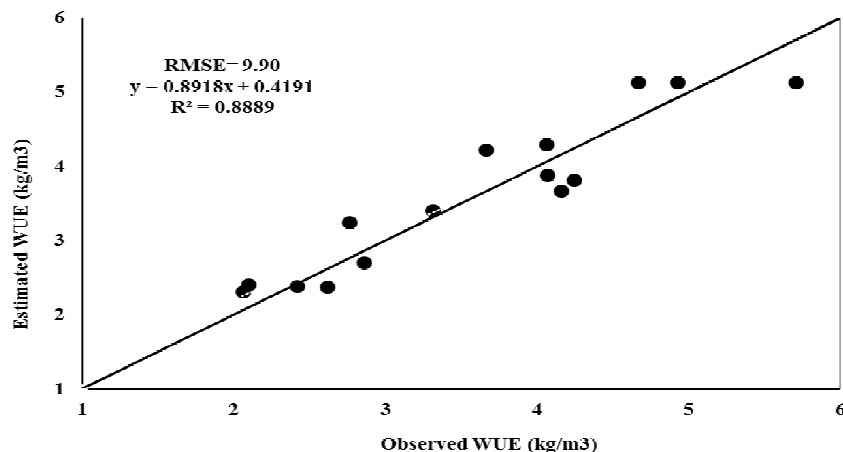
کارایی مصرف آب

اثرات درجه دو سوپرچاذب و آبیاری بر کارایی مصرف آب معنی دار بود (جدول ۳). عدم وجود اختلاف معنی دار در آزمون عدم برازش از نظر کارایی مصرف آب، بیان گر قابلیت بالای برازش مدل در صفت فوق بود (جدول ۳). با افزایش مقادیر سوپرچاذب مصرفی از ۸۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کارایی مصرف آب افزایش یافت، ولی افزایش بیش از حد سوپرچاذب منجر به کاهش کارایی مصرف آب شد (شکل ۶). تغییرات کارایی مصرف آب با افزایش اسیدهیومیک مصرفی، دارای روندی صعودی بود، به این ترتیب که



شکل ۶- سطح پاسخ کارایی مصرف آب در ذرت نسبت به سطوح مختلف سوپرچاذب رطوبت و اسیدهیومیک در سطح ثابت ۳۰۰ مگکب در هکتار آبیاری

Figure 6- Response surface of WUE in maize affected by different levels of water superabsorbent and humic acid in constant level of 300 m³.ha⁻¹ irrigation



شکل ۷- نمودار و معادله خط رگرسیون مقادیر برازش داده شده و مشاهده شده برای کارایی مصرف آب و مقدار RMSE با توجه به مدل رگرسیون درجه دو کامل

Figure 7- Graph and regression line equation of the fitted and observed values for WUE and the RMSE values based on model of full quadratic regression

۳۶۲۴۲ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در بوته ۷۲۲ عدد و میزان پروتئین دانه ۱۹/۹۶ درصد برآورد شد (جدول ۶).

در سناریوی اقتصادی-زیست‌محیطی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده در بهینه‌سازی منابع مورد توجه قرار گرفتند. با توجه به این سناریو، دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه (۲۶۳۰۹ کیلوگرم در هکتار) و حداکثر کارایی مصرف آب (۵/۲۳) زمانی محقق می‌شود که از ۱۲۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب، ۷/۱۹ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و ۳۲۳/۲۳ مترمکعب در هکتار آبیاری استفاده گردد، ضمن این‌که در شرایط استفاده از مقادیر بهینه‌ی منابع در سناریوی اقتصادی-زیست‌محیطی (مقادیر فوق) می‌توان به ۳۷۶۹۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد ماده‌ی خشک، ۷۴۸ دانه در بوته و ۲۰/۱۳ درصد پروتئین دانه دست یافت (جدول ۶).

از آنجایی‌که در تولید پایدار محصولات کشاورزی توجه به جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی از اهمیت یکسانی برخوردار است، به‌نظر می‌رسد که می‌توان استفاده از مقادیر بهینه‌ی منابع در سناریوی اقتصادی-زیست‌محیطی (۱۲۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب، ۷/۱۹ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و ۳۲۳/۲۳ مترمکعب در هکتار آبیاری) را به‌عنوان مناسب‌ترین سطوح مصرفی منابع در نظر گرفت.

در پژوهش Koocheki et al, 2015 با استفاده از طرح مرکب مرکزی، مقادیر بهینه‌ی مصرف کود نیتروژن و آبیاری را در زراعت گندم تعیین و گزارش کردند که در سناریوی اقتصادی، مقدار بهینه‌ی کود و آب به‌منظور دست‌یابی به ۴۰۴۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در شرایط کاربرد ۲۷۴ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۳۹۶۴ مترمکعب در هکتار آب به‌دست آمد.

بهینه‌سازی منابع

در این پژوهش بهینه‌سازی منابع از سه منظر اقتصادی، زیست‌محیطی و اقتصادی-زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گرفت. در سناریوی اقتصادی عملکرد دانه ذرت به‌عنوان عامل اصلی تعیین‌کننده‌ی مقادیر بهینه منابع در نظر گرفته شد. در این سناریو برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه (۲۶۷۰۸ کیلوگرم در هکتار) باید به‌ترتیب ۱۲۶/۰۶ و ۷/۱۹ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب رطوبت و اسیدهیومیک مصرف نمود و در طول فصل رشد ۳۴۷/۴۷ مترمکعب در هکتار آب در اختیار گیاه قرار داد. بر اساس مقدار بهینه‌ی منابع در این سناریو، عملکرد ماده‌ی خشک ۳۸۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه در بوته ۷۵۲ عدد، پروتئین دانه ۱۹/۹۰ درصد، تلفات نیتروژن ۴۷/۵۷ کیلوگرم در هکتار و کارایی مصرف آب ۵/۰۶ برآورد شد (جدول ۶).

در سناریوی زیست‌محیطی افزایش کارایی مصرف آب به‌عنوان عامل اصلی در بهینه‌سازی منابع در نظر گرفته شد. بر این اساس، بیش‌ترین کارایی مصرف آب (۵/۲۹ کیلوگرم دانه در مترمکعب آب) در شرایط کاربرد ۱۲۲/۰۲ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب، ۷/۳۵ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و ۳۰۳/۰۳ مترمکعب در هکتار آبیاری به‌دست آمد (جدول ۶). استفاده از مقادیر بهینه‌ی منابع در سناریوی زیست‌محیطی افزایش چهار درصدی کارایی مصرف آب را در مقایسه با سناریوی اقتصادی در پی داشت (جدول ۶). از آنجایی‌که در این سناریو، عملکرد اقتصادی از اهمیت کمتری در مقایسه با سناریو اقتصادی برخوردار است، در شرایط استفاده از مقادیر بهینه‌ی منابع در سناریوی زیست‌محیطی عملکرد دانه ۲۴ درصد نسبت به سناریوی اقتصادی کاهش یافت، ضمن این‌که در این سناریو، عملکرد ماده‌ی خشک

در پژوهشی دیگر، Jahan *et al*, 2015b پس از بررسی مقادیر بهینه‌ی کودهای نیتروژن، فسفر و دامی در زراعت گندم گزارش کردند که در سناریوی اقتصادی، مصرف ۱۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۱۸ تن در هکتار کود دامی، منجر به تولید ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد و در سناریوی زیست‌محیطی با مصرف ۲۱ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، بدون کاربرد فسفر و مصرف ۱۶ تن در هکتار کود دامی، عملکرد دانه‌ای معادل با ۳۱۶۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. Mansoori *et al*, 2014 گزارش کردند که در سناریوی اقتصادی- زیست‌محیطی مقدار بهینه‌ی کود نیتروژن، آبیاری و تراکم بوته‌ی موسیر به‌ترتیب معادل ۱۶۹ کیلوگرم کود اوره در هکتار، ۲۰۲۵ مترمکعب در هکتار آبیاری و ۱۷/۷ بوته در مترمربع برآورد شد. Mokhtari *et al*, 2013؛ Jalilian *et al*, 2010 و Karimi *et al*, 2006 کارایی مصرف آب را در ذرت به‌ترتیب ۱/۸۴ گرم بر کیلوگرم، ۲/۴۵ و ۲/۲۵ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که اثر سوپر جاذب بر تمامی صفات مورد بررسی (به‌جز عملکرد ماده‌ی خشک) از جزء درجه دو مدل رگرسیونی معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین تأثیرگذاری سوپر جاذب در بهبود صفات مورد مطالعه در سطح میانی آن (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. مقایسه‌ی شکل‌های ۱ و ۳ نشان می‌دهد که با افزایش سوپر جاذب مصرفی از ۱۲۰ به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد ماده‌ی خشک با شیب ملایم‌تری نسبت به عملکرد دانه کاهش یافت، در نتیجه به‌نظر می‌رسد استفاده بیش از حد سوپر جاذب تأثیر منفی بیش‌تری بر عملکرد زایشی داشت، از طرفی تعداد دانه در بوته در سطح بالای سوپر جاذب (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سطح میانی آن (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به‌شدت با کاهش مواجه شد، بنابراین به‌نظر می‌رسد که کاهش عملکرد دانه در سطوح بالای سوپر جاذب به‌دلیل کاهش تعداد دانه در بوته باشد. عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته تحت تأثیر اثرات خطی اسید هیومیک قرار گرفتند و اثرات درجه دو اسید هیومیک بر تعداد دانه در بوته و میزان پروتئین دانه معنی‌دار بود. عملکرد دانه در حالی با افزایش سطوح اسید هیومیک روندی صعودی داشت که عملکرد ماده‌ی خشک در سطح بالای اسید هیومیک (هشت کیلوگرم در هکتار) نسبت به سطح میانی آن (شش کیلوگرم در هکتار) کاهش نشان داد. اثرات خطی و درجه دو آبیاری بر تمامی صفات مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری تأثیر داشت، به‌طوری‌که بهترین وضعیت صفات در شرایط آبیاری ۳۰۰ مترمکعب در هکتار بروز یافت. از آنجایی‌که در دیدگاه اکولوژیک، سناریوی اقتصادی-زیست‌محیطی نسبت به دو سناریوی

جدول ۶- مقادیر بهینه‌سازی شده‌ی سوپر جاذب رطوبت، اسید هیومیک و آبیاری به‌منظور دستیابی به متغیرهای وابسته مورد انتظار در سناریوهای مختلف
Table 6- Optimized values of water superabsorbent, humic acid and irrigation in order to achieve expected dependent variables in different scenarios

سناریوهای مختلف Different scenarios	متغیرهای مستقل (X) Independent variables (X)			متغیرهای وابسته (Y) Dependent variables (Y)			
	سوپر جاذب Superabsorbent (kg ha ⁻¹)	اسید هیومیک Humic acid (kg ha ⁻¹)	آبیاری Irrigation (m ³ ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد ماده‌ی خشک Dry matter yield (kg ha ⁻¹)	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	پروتئین دانه Grain protein (%)
اقتصادی Economic	126.06	7.19	347.47	26708	38150	752	19.90
زیست‌محیطی Environmental	122.02	7.35	303.03	20240	36242	722	19.96
اقتصادی-زیست‌محیطی Eco-Environmental	123.63	7.19	323.23	26309	37693	748	20.13
							کارایی مصرف آب WUE (kg m ⁻³)
							5.06
							5.29
							5.23

سیاسگزاری

بودجه‌ی این طرح (مصوب ۱۳۹۳/۳/۳۰ به شماره ۲/۳۰۷۵۳) از محل اعتبار پژوهش معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سیاسگزاری می‌شود.

دیگر دارای اولویت است، به نظر می‌رسد که با استفاده از مقادیر بهینه‌ی منابع در این سناریو (۱۲۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب، ۷/۱۹ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و ۳۲۳/۲۳ مترمکعب در هکتار آبیاری) می‌توان ضمن دستیابی به تولید پایدار ذرت، آلودگی‌های زیست‌محیطی را به حداقل رساند.

References

1. Abedi-Koupai, J., Sohrab, J., and Swarbrick, G. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. *Journal of Plant Nutrition* 31: 317-331.
2. Amiri, M. B. 2015. Study of ecological and agronomic characteristics of *Echium amoenum* in Mashhad conditions. Ph.D thesis of Agroecology, Faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract).
3. Aslan, N. 2007. Application of response surface methodology and central composite rotatable design for modeling the influence of some operating variables of a multi-gravity separator for chromite concentration. *Powder Technology* 86: 769-776.
4. Caliendo, A., and Boari, F. 1992. Supplementary irrigation in arid and semi-arid regions. In: International Conference on Supplementary Irrigation and Drought Water Management. Sep 27- Oct 2. 1992. Italy.
5. Emam, Y. 2004. Cereal production. Shiraz University Press. (In Persian with English Abstract).
6. Eneji, A. E., Islam, R., An, P., and Amalu, U. C. 2013. Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Journal of Cleaner Production* 52: 474-480.
7. Gholami, H., Samavat, S., and Ardebili, Z. O. 2013. The alleviating effects of humic substances on photosynthesis and yield of *Plantago ovate* in salinity conditions. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 4: 1683-1686.
8. Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M., and Banayan Aval, M. 2009. Effect of humic acid application in water of irrigation on yield and yield components of *Zea mays* L. *Agroecology* 2: 123-131. (In Persian with English Abstract).
9. Heidari, M., and Khalili, S. 2014. Effect of humic acid and phosphorous fertilizer on flower and seed yield, photosynthetic pigments and amounts of minerals in *Hibiscus sabdariffa* L. *Iranian Journal of crops of Iran* 45: 191-199. (In Persian with English Abstract).
10. Heidari, M., and Minayee, A. 2014. Effect of drought stress and humic acid on flower yield and the concentration of macro nutrients in *Borago officinalis* L. *Iranian Journal of Plant Production* 21: 167-183. (In Persian with English Abstract).
11. Horwitz, W., and Latimer, G. W. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 18th Edition. Maryland, USA.
12. Islam, M. R., Eneji, A. E., Ren, C., Li, J., and Hu, Y. 2011. Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (*Avena* spp.) yield and quality in an arid sandy soil. *Scientific Research and Essays* 6: 720-728.
13. Islam, M. R., Garcia, S. C., and Horadagoda, A. 2012. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and in vitro gas production characteristics of whole crop maize silage. *Animal Feed Science and Technology* 172: 125-135.
14. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., and Amiri, M. B. 2011. Effect of superabsorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). *Iranian Journal of Ecological Agriculture* 2: 71-90. (In Persian with English Abstract).
15. Jahan, M., Kamayestani, N., and Ranjbar, F. 2013. Assay for applying super absorbent polymer in a low input corn (*Zea mays* L.) production system aimed to reduce drought stress under Mashhad conditions. *Agroecology* 5: 272-281. (In Persian with English Abstract).
16. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Ranjbar, F., Aryaee, M., and Kamayestani, N. 2015a. The effects of super absorbent polymer application into soil and humic acid foliar application on some agrophysiological criteria and quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under Mashhad conditions. *Agroecology* 6: 753-766. (In Persian with English Abstract).
17. Jahan, M., Nasiri Mahallati, M., Khalilzade, H., Bigonah, R., and Razavi, A. R. 2015b. Using response-surface methodology for optimizing nitrogen, phosphorus and cattle manure fertilizers application in winter wheat production. *Iranian Journal of Field Crops Research*, In Press. (In Persian with English Abstract).
18. Jalilian, A., Ghobadi, R., and Farnia, A. 2010. A study effects of different nitrogen fertilizer levels on yield, harvest index and water use efficiency of the corn in different water condition. 5th National Conference New Ideas in Agriculture, 16-17 February, Esfahan. (In Persian).

19. Karimi, A., Homaei, M., Moezardalan, M., Liyaghat, A. M., and Raiesi, F. 2006. Effect of Fertigation on yield and water use efficiency on corn in a tape irrigation system. *Journal of Agricultural sciences* 3: 561-575. (In Persian).
20. Karimi, A., and Naderi, M. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced superabsorbent polymer application in soils with different textures. *Pajouheshe Keshavarzi* 3: 187-198. (In Persian with English Abstract).
21. Khadem, S. A., Ghalavio, M., Ramroodi, S. R., Mousavi, M. J., and Rezvani-Moghadam, P. 2011. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on yield and yield components on corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 1: 115-123. (In Persian with English Abstract).
22. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Fallahpoor, F., and Amiri, M. B. 2015. Optimization of nitrogen fertilizer and irrigation in wheat cultivation by central composite design. *Journal of Agroecology*, In Press. (In Persian with English Abstract).
23. Kuhestani, Sh., Askari, N., and Maghsudi, K. 2009. Assessment effects of super absorbent hydrogels on corn yield (*Zea mays* L.) under drought stress condition. *Iranian Water Research Journal* 3(5): 71-78. (In Persian with English Abstract).
24. Maccarthy, P. 2001. The principles of humic substances. *Soil Science* 166: 738-751.
25. Mahajan, G., Chauhan, B. S., Timsina, J., Singh, P. P., and Singh, K. 2012. Crop performance and water-and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. *Field Crops Research* 134: 59-70.
26. Mansoori, H., Banayan Aval, M., Rezvani Moghaddam, P., and Lakzian, A. 2014. Management of nitrogen fertilization, irrigation and planting density in *Allium hirtifolium* by using central composite optimizing method. *Iranian Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 24: 40-60. (In Persian with English Abstract).
27. Mao, S., Islam M. R., Xue, X., Yang, X., Zhao, X., and Hu, Y. 2011. Evaluation of a water-saving superabsorbent polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Northern China. *African Journal of Agricultural Research* 6: 4108-4115.
28. Massoud, O. N., Afifi, M. M. I., El-Akshar, Y. S., and El-Sayed, G. A. M. 2013. Impact of biofertilizers and humic acid on the growth and yield of wheat grown in reclaimed sandy soil. *Journal of Agriculture and Biological Research* 9: 104-113.
29. Mohammadipour, E., Golchin, A., Mohammadi, J., Negahdar, N., and Zarchini, M. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Annals of Biological Research* 3: 5095-5098.
30. Mokhtari, V., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Jahan, M. 2013. Comparison of water use efficiency in some crop and medicinal species. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3: 401-407. (In Persian with English Abstract).
31. Myers, R. H., and Montgomery, D. C. 1995. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. John Wiley & Sons, New York, USA.
32. Natesan, R., Kandasamy, S., Thiyageshwari, S., and Boopathy, P. M. 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. *Science World Journal* 7: 1198-1206.
33. Nykanen, V. P. S., Nykanen, A., Puska M. A., Goulart-Silva, G., and Ruokolainen, J. 2011. Dual-reponsive and super absorbing thermally cross-linked hydrogel based on methacrylate substituted polyphosphazene. *Soft Matter* 7: 4414-4424.
34. Pandey, R. K., and Maranvill, J. W. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management* 46: 15-27.
35. Peoples, M. B., Beilharz, V. C., Waters, S. P., Simpson, R. J., and Dalling, M. J. 1980. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Planta* 149: 241-251.
36. Poehlman, J. M. 1959. Breeding field crops. Henry Holt and Company, New York.
37. Puglisi, E., Fragoulis, G., Ricciuti, P., Cappa, F., Spaccini, R., Piccolo A., Trevisan, M., and Crecchio, C. 2009. Effects of a humic acid and its size-fractions on the bacterial community of soil rhizosphere under maize (*Zea mays* L.). *Chemosphere* 77: 829-837.
38. Rezazadeh, H., Khrasani, S. K., and Haghighi, R. S. A. 2012. Effects of humic acid on decrease of phosphorus usage in forage maize var. KSC704 (*Zea mays* L.). *Australian Journal of Agricultural Engineering* 3: 34-38.
39. Rong, Y., and Xuefeng, W. 2011. Effects of nitrogen fertilizer and irrigation rate on nitrate present in the profile of a sandy farmland in Northwest China. *Procedia Environmental Sciences* 11: 726-732.
40. Rosales, M. A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J., and Covarrubias, A. A. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiology and Biochemistry* 56: 24-34.
41. Samavat, S., and Malakuti, M. 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Water and Soil Researchers Technical* 463: 1-13.
42. Sanchez-Martin, L., Mejjide, A., Garcia-Torres, L., and Vallejo, A. 2010. Combination of drip irrigation and organic fertilizer for mitigating emissions of nitrogen oxides in semiarid climate. *Agriculture, Ecosystems and*

- Environment 137: 99-107.
43. Sarir, M. S., Sharif, M., Zeb, A., and Akhlaq, M. 2005. Influence of different levels of humic acid application by various methods on the yield and yield components of maize. *Sarhad. Journal of Agriculture* 21: 75-81.
44. Tahir, M. M., Khurshid, M., Khan, M. Z., Abbasi, M. K., and Kazmi, M. H. 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere* 21: 124-131.
45. Turkmen, O., Demir, S., Sensoy, S., and Dursun, A. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *Journal of Biological Sciences* 5: 565-574.
46. Verlinden, G., Pycke, B., Mertens, J., Debersaques, F., Verheyen, K., Baert, G., Bries, J., and Haesaert, G. 2009. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. *Journal of Plant Nutrition* 32: 1407-1426.
47. Wang, W., and Wang, A. 2010. Nanocomposite of carboxymethyl cellulose and attapulgite as a novel pH-sensitive superabsorbent: Synthesis, characterization and properties. *Carbohydrate Polymers* 82: 83-91.
48. Wu, C. F. J., and Hamada, M. 2000. Experiments: planning, analysis, and parameter design optimization. New York.
49. Wu, S. C., Caob, Z. H., Lib, Z. G., Cheunga, K. C., and Wong, M. H. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixers, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.
50. Xie, L., Liu, M., Ni, B., Zhang, X., and Wang, Y. 2011. Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgite. *Chemical Engineering Journal* 167: 342-348.
51. Yazdani, F., Allahdadi I., and Akbari, G. A. 2012. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10: 4190-4196.
52. Zheng, T., Liang, Y. H., Ye, S. H., and He, Z. Y. 2009. Superabsorbent hydrogels as carriers for the controlled-release of urea: experiments and a mathematical model describing the release rate. *Biosystems Engineering* 102: 44-50.
53. Zhong, K., Zheng, X. L., Mao, X. Y., Lin, Z. T., and Jiang, G. B. 2012. Sugarcane bagasse derivative-based superabsorbent containing phosphate rock with water-fertilizer integration. *Carbohydrate Polymers* 90: 820-826.
54. Zhong, K., Lin, Z. T., Zheng, X. L., Jiang, G. B., Fang, Y. S., Mao, X. Y., and Liao, Z. W. 2013. Starch derivative-based superabsorbent with integration of water-retaining and controlled-release fertilizers. *Carbohydrate Polymers* 92: 1367-1376.
55. Zhou, X., Wang, H., Chen, Q., and Ren, J. 2007. Coupling effects of depth of film-bottomed tillage and amount of irrigation and nitrogen fertilizer on spring wheat yield. *Soil and Tillage Research* 94: 251-261.



Evaluation of the Increased Rates of Water Super Absorbent and Humic Acid Application under Deficit Irrigation Condition on Some Agroecological Characteristics of *Zea Mays* Using Response Surface Methodology

M. Jahan^{1*} - M. B. Amiri² - F. Noorbakhsh³

Received: 13-06-2015

Accepted: 28-02-2016

Introduction

Water super absorbents are water absorbing natural or synthetic polymers (they may contain over 99% water). They have been defined as polymeric materials which exhibit the ability of swelling in water and retaining a significant fraction (> 20%) of water within their structure, without dissolving in water content. The applications of hydrogels are grown extensively. These materials do not have any harm to the environment. Development of using super absorbent hydrogels to reduce crises such as soil erosion, frequent droughts or providing food security requires knowledge of their behaviors and performances in the soil.

Humic substances are a mixture of different organic compounds that extract from various sources such as soil, humus, peat, oxidized lignite and coal. They are different in molecular size and chemical structure. A little amount of humic acid increase soil fertility by improving the physical, chemical and biological characteristics of soil.

Increase in agricultural production and productivity depends, to a large extent, on the availability of water. Hence, the importance of irrigation is however, the availability of irrigation facilities which is highly inadequate in Iran. Determining the optimal amount of irrigation water has always been a main goal of researchers. Among the problems of excessive irrigation can be pointed to leach the nutrients especially nitrogen from the soil, the pollution of groundwater and environment and reduce fertilizer use efficiency, especially water-soluble fertilizers.

To determine the optimal irrigation water and fertilizer, the use of mathematical models is inevitable. One of the most common methods used to optimize these factors is the central composite design. A central composite design is an experimental design, useful in response surface methodology, for building a second order (quadratic) model for the response variable without needing to use a complete three-level factorial experiment.

Despite of many researches on the effect of water super absorbent, humic acid and irrigation on different crops, information on simultaneous optimization of these factors for many crops is scarce, therefore, in this study optimum levels of water super absorbent, humic acid and irrigation in maize were determine.

Materials and Methods

In order to estimate the optimized application rates of water superabsorbent, humic acid and irrigation in cultivation of maize (*Zea mays* L.), an experiment as Box-Behnken design using Response Surface Methodology, was conducted at Research Farm of Ferdowsi University of Mashhad, during 2013-14 growing season. The experimental treatments were designed considering of the high and the low levels of water superabsorbent (80 and 160 kg ha⁻¹), humic acid (4 and 8 kg ha⁻¹) and irrigation (200 and 400 m³ ha⁻¹ in each irrigation) using Minitab 17 statistical software, as the central point in every treatment replicated 3 times, so 15 treatment combinations were provided totally.

Results and Discussion

The results showed that linear effects of humic acid and irrigation and quadratic effects of superabsorbent and irrigation were significant on seed yield, as the highest grain yield obtained in treatments of 120 kg ha⁻¹ super absorbent, 8 kg ha⁻¹ humic acid and 300 m³ ha⁻¹ irrigation. The middle level of humic acid (6 kg ha⁻¹) led

1- Associate Prof., Dep. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Assistant Prof. of Gonabad Center of Higher Education

3- Ph.D. student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

to the highest dry matter yield and increase of humic acid from 4 to 8 kg ha⁻¹ improved grain protein by 7%. In economic scenario, using 126.06 kg ha⁻¹ superabsorbent, 7.19 kg ha⁻¹ humic acid and 347.47 m³ ha⁻¹ irrigation, resulted in 26710 kg ha⁻¹ grain yield. In eco-environmental scenario, using 123.63 kg ha⁻¹ superabsorbent, 7.19 kg ha⁻¹ humic acid and 323.23 m³ ha⁻¹ irrigation, resulted in the highest grain yield (26309 kg ha⁻¹) and the highest water use efficiency (5.23).

It seems that application of 120 kg ha⁻¹ water super absorbent increased grain yield by improving soil physical properties. Jahan *et al.*, (2011) reported that the highest and the lowest grain yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) obtained in treatments of 80 kg ha⁻¹ water super absorbent + humic acid and Non-application of water super absorbent and humic acid, respectively. Yazdani *et al.*, (2012) evaluated effect of different amounts of water super absorbent and irrigation on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.) and reported that with increasing amounts of water super absorbent, grain yield was increased.

Conclusions

According to the ecological perspective, eco-environmental scenario is a priority compared two other scenarios, therefore by using the optimized values of resources in this scenario can be achieved to the sustainable production of maize, meanwhile can be minimized environmental pollutions.

Keywords: Box-Behnken, Eco-Environmental Scenario, Nitrogen Losses, Quadratic Equation, Water Stress



بررسی روند بهبود عملکرد دانه‌ی جو دیم در طی نیم قرن اخیر در استان گلستان

معصومه حاجی پور^۱ - علی راحمی کاریزکی^{۲*} - حسین صبوری^۳ - حسین علی فلاحی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۱

چکیده

به منظور بررسی تغییرات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جدید و قدیمی جو در گنبد کاووس آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش، ۹ رقم جو شامل صحرا، دشت، ترکمن، گرگان ۴، نیمروز، ماهور، خرم، ریحان و یوسف بودند. نتایج نشان داد که ارقام از نظر صفات مورد مطالعه با هم اختلاف معنی‌داری دارند. بیش‌ترین وزن دانه مربوط به رقم ماهور، ۳۷/۳۳ میلی‌گرم و کم‌ترین رقم ترکمن با ۲۲/۶۶ میلی‌گرم در مترمربع بود، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به رقم ترکمن و کم‌ترین رقم ماهور بود، رقم ماهور بیش‌ترین و یوسف کم‌ترین تعداد سنبله را در مترمربع به خود اختصاص دادند، نتایج نشان داد که در ارقام ۲ ردیفه مانند رقم ماهور، طی روند اصلاح تعداد پنبه در بوته افزایش یافته است و در ارقام جدید شش ردیفه تلاشی در این جهت صورت نگرفته است. بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم یوسف با ۳۸/۳۳ گرم در مترمربع بود و کم‌ترین عملکرد مربوط به رقم ترکمن با ۲۴۳/۳۳ گرم در مترمربع بود. بیش‌ترین شاخص برداشت در رقم صحرا ۳۲/۶۶ درصد و کم‌ترین آن در رقم ترکمن با ۲۰/۳۳ درصد مشاهده شد. افزایش عملکرد در ارقام جدید دوردیفه مثل ماهور را می‌توان افزایش وزن دانه و تعداد پنبه در مترمربع نسبت به ارقام قدیم ۲ ردیفه دانست و در ارقام شش ردیفه مثل یوسف در مقایسه با ارقام قدیم شش ردیفه مثل ترکمن تنها افزایش وزن دانه باعث افزایش عملکرد گردیده است. هم‌چنین تجزیه مسیر نشان داد که تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد مربوط به ارقام جدید بوده و شاخص برداشت طی زمان افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، ژنوتیپ‌های جو، عملکرد و اجزای عملکرد، وزن هزاردانه

مقدمه

فرآورده‌ها در سطوح مورفولوژیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی تجلی یافته و اغلب توسط ژن‌های زیادی کنترل می‌شوند (Malek et al., 2012). عملکرد یک گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی (شاخص برداشت) یا هر دو بالا برد. امکان افزایش عملکرد از هر دو طریق وجود دارد. در طی سال‌های گذشته مشخص شده است که در گیاهانی مانند گندم، برنج و جو افزایش پتانسیل عملکرد با افزایش شاخص برداشت همراه بوده و همبستگی شاخص برداشت و عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی نیز بالا است (Morinaka et al., 2006). در جوهای کشت شده در شمال سوریه، ماده خشک و عملکرد دانه بالا مطلوب است، این هدف با توجه به شرایط محیطی و فنولوژیکی رشد و عملکرد جو امکان‌پذیر است (Rafischer and Kohn, 2002).

Naghavi et al, 2002 به منظور بررسی تنوع ژنتیکی گندم دوروم (*Triticum durum*) مربوط به کشورهای مکزیک، ایتالیا و ترکیه تعداد ۱۰۸ ژنوتیپ را بررسی و صفات مختلف را مورد مطالعه قرار

جو با نام علمی *Hordeum vulgar* چهارمین غله مهم دنیا است. یعنی پس از گندم، ذرت و برنج مهم‌ترین ماده غذایی است و جزء ۱۰ محصول مهم دنیا به شمار می‌رود (Akar et al., 2004). عملکرد در اکثر محصولات نتیجه ترکیب تعداد زیادی از فرآورده‌های فیزیولوژیکی است که در طی رشد و نمو به‌وقوع می‌پیوندد. این

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

۲- استادیار و عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

۳- دانشیار و عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

۴- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

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

DOI: 10.22067/gsc.v14i4.48516

منطقه گلستان مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند، بنابراین نکته مهم این است که بدانیم در منطقه گلستان چه ویژگی‌هایی به همراه عملکرد دانه تغییر پیدا کرده است، این ویژگی‌ها تا چه حد ممکن است در برنامه‌های آبی به‌نژادی موجب بهبود بیشتر عملکرد شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش با استفاده از رقم جو شامل صحرا، دشت، ترکمن، گرگان ۴ نیمروز، ماهر، خرم، ریحان، یوسف (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در آذرماه ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. از آنجایی که برای هر رقم باید تاریخ کاشت و تراکم مناسب در نظر گرفته می‌شد و از طرفی چون این ارقام از مرکز تحقیقات گنبد کاووس تهیه گردید و محققین آن مرکز برای تمام ارقام یک تاریخ کاشت و تراکم پیشنهاد دادند به‌ناچار به توصیه آن‌ها میزان بذر برای کاشت بر اساس ۲۷۰ دانه در مترمربع و با توجه به وزن هزاردانه رقم تنظیم شد. تعداد خطوط کشت در هر کرت ۱۰ خط، به طول پنج متر و فاصله بین خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، همچنین فاصله بین کرت‌ها ۰/۶ متر بود. جهت آماده‌سازی زمین در آذرماه سال مورد آزمایش شخم به‌وسیله گاواهن برگردان‌دار و سپس دو مرتبه دیسک زده شد و قبل کاشت بذر در زمین با سم رورال-تی-اس ضد عفونی شدند. بر اساس آزمایش تجزیه خاک، میزان کود توصیه شده کود نیتروژن به‌میزان ۱۸۰ کیلو گرم در هکتار و کود فسفره ۹۰ کیلو گرم در هکتار در نظر گرفته شد، که ۱/۲ کود نیتروژن و کل کود فسفره هم‌زمان با کاشت به زمین داده شد و ۱/۲ کود نیتروژن باقی‌مانده در مرحله پنجه‌زنی به زمین داده شد. کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل استفاده شد. چون این آزمایش در شرایط مطلوب دیم و عاری از آفات، علف‌های هرز و بیماری‌های جو انجام شد، در فروردین ماه طی دو مرحله گیاهان با قارچ‌کش تیلت (۱۷ سی‌سی در ۵۰۰ سی‌سی آب) سم‌پاشی شد، جهت مبارزه با علف‌های هرز مزرعه چندین مرحله وجین دستی در مراحل مختلف رشدی گیاهان انجام شد. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد پس از رسیدگی فیزیولوژیک، ابتدا با حذف حاشیه‌ها ۱۰ سانتی‌متر از هر خط مشخص و تعداد سنبله در این مساحت مشخص تعیین شد سپس ۲۰ سنبله از هر کرت انتخاب شد و در این ۲۰ سنبله، ارتفاع سنبله، تعداد سنبله، تعداد دانه، وزن دانه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی با حذف حاشیه‌ها و در سطح یک مترمربع، جوها با داس کف‌بر و در گونی‌های مشخص ریخته شدند. سپس توزین شده و با خرمن‌کوب دانه از کاه جدا شد و وزن دانه اندازه‌گیری شد. از هر رقم ۱۰۰ گرم دانه جهت اندازه‌گیری درصد رطوبت در آون با دمای ۷۴ درجه به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. در نهایت عملکرد بر اساس ۱۴ درصد رطوبت

دادند، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر اکثر صفات اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. نتیجه به‌دست آمده نشان داد که اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بر عملکرد سنبله مثبت و بالا بود. با این وجود، تعداد روز تا ظهور سنبله فقط اثر غیر مستقیم منفی از طریق تعداد دانه در سنبله بر میانگین عملکرد سنبله داشت. نام‌برندگان نتیجه گرفتند که خصوصياتی مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه را می‌توان به‌عنوان شاخص‌هایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد سنبله در گندم دوروم توصیه کرد. Peyghambari et al, 2005 در مطالعه‌ای بر روی ۷۲ لاین جو بیان داشتند که همبستگی عملکرد با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه در بوته و وزن هزاردانه مثبت و معنی‌دار بود. همچنین نتایج تجزیه علیت نشان داد که اثر مستقیم متوسط تعداد پنجه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله بر متوسط عملکرد دانه، مثبت و بالا بود. Guarda et al, 2004 با بررسی واریته‌های قدیمی و جدید گندم نان (*Triticum aestivum*) دریافتند که افزایش عملکرد با تغییراتی اساسی هم در اجزای عملکرد و هم در خصوصیات مورفولوژیکی گیاه همراه بوده است، به‌عبارتی دیگر، با گذشت زمان واریته‌ها با سرعت بیش‌تری رشد کردند، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه کاهش پیدا کرد و تعداد دانه در واحد سطح و شاخص برداشت در مقایسه با واریته‌های قدیمی افزایش یافت. عملکرد دانه‌ی جو و سایر غلات از سه جزء تشکیل می‌یابد، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه و هیچ‌یک از اجزای عملکرد به‌تنهایی عامل تنوع موجود در عملکرد نیست. تعداد سنبله در واحد سطح اولین جزء مؤثر بر عملکرد دانه است. تعداد سنبله اغلب با عملکرد دانه همبستگی نشان می‌دهد (Behzad, 2008). وزن هزاردانه بر خلاف تعداد دانه در واحد سطح، ارتباط اندکی با عملکرد دانه در گندم دارد و معمولاً کم‌تر تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی و زراعی واقع می‌شود (Wood et al., 2003). Khan and Dar, 2010 نیز در بررسی رابطه عملکرد دانه و اجزای آن در گندم نان، تعداد پنجه بارور و وزن صدانه را از اجزای مهم افزایش‌دهنده عملکرد دانه بیان کردند.

نتایج آزمایش Etesami et al, 2008 که به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه و ارتباط آن با اجزای عملکرد، تغییرات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک در جو در استان گلستان انجام شده بود، نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه و شاخص برداشت مربوط به ارقام جدید بود. در بیش‌تر پژوهش‌هایی که بر روی مبانی فیزیولوژیکی افزایش عملکرد صورت گرفته است، ارتباط بین عملکرد دانه و شاخص برداشت مثبت بوده، اما بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک یا ارتباطی وجود نداشته یا این ارتباط بسیار ضعیف بوده است Morgounova et al, 2010. در خصوص بررسی نقش به‌نژادی بر افزایش عملکرد دانه جو در کشورهای مختلف فعالیت‌های تحقیقاتی زیادی انجام شده است. از آنجاکه تاکنون ارقام جو از این دیدگاه در

نتایج و بحث

شرایط آب‌وهوایی

مقایسه پارامترهای اقلیمی در دوره آزمایش با آمار بلندمدت شهر گنبد کاووس نشان داد که میانگین دمای حداقل طی دوره آزمایش نسبت به آمار بلندمدت در ماه‌های دی، بهمن و فروردین کمتر بوده است، همچنین در مورد دماهای حداکثر، طی دوره آزمایش در ماه‌های بهمن، فروردین و اردیبهشت بیش‌تر از آمار بلندمدت آن بود. بیش‌ترین اختلافات بین این دوره برای حداکثر و حداقل دما به‌ترتیب، مربوط به ماه‌های اردیبهشت که طی دوره آزمایش میانگین دما ۵/۵ درجه سانتی‌گراد بیش‌تر از آمار بلندمدت و اسفند که دمای حداقل طی دوره آزمایش چهار درجه سانتی‌گراد کمتر از آمار بلندمدت بوده است.

مقایسه میزان بارندگی در ماه‌های دوره آزمایش و بارندگی بلندمدت نشان داد که در ماه آذر میزان بارندگی طی دوره آزمایش بیشتر از آمار بلندمدت بوده است و در سایر ماه‌ها کم‌تر از آمار بلندمدت بوده است. بیش‌ترین اختلاف در بارندگی مربوط به دی‌ماه بود که ۵۰/۴ میلی‌متر کمتر از آمار بلندمدت در این ماه بارندگی رخ داده است (جدول ۲).

محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و آنالیز آن‌ها با برنامه‌ی SAS و همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده شد. جهت گزینش متغیرهای استفاده شده در تجزیه مسیر از روش STEPWISE استفاده گردید و تجزیه مسیر با کمک رویه proc reg در محیط SAS انجام شد.

جدول ۱- سال آزاد سازی ارقام جو مورد مطالعه

Table 1- Release year of barley genotypes

رقم Genotype	سال آزادسازی Release year
گرگان 4	1341
ترکمن	1371
دشت	1372
ریحان	1373
صحرا	1382
نیمروز	1387
ماه‌ور	1388
یوسف	1389
خرم	1390

جدول ۲- میانگین دمای حداکثر و حداقل، مجموع بارندگی در ماه‌های مربوط به دوره رشد گیاه جو در مقایسه با آمار بلندمدت، در شرایط آب و هوایی شهر گنبد کاووس

Table 2- The average maximum and minimum temperatures, total rainfall during barley growing season compare with the long-term statistics, in Gonbad Kavos

ماه Month		بارندگی (mm) Rainfall		حداقل دما (°C) Minimum Temperature		حداکثر دما (°C) Maximum Temperature	
		دوره آزمایشی Trial	بلندمدت Long term	دوره آزمایشی Trial	بلندمدت Long term	دوره آزمایشی Trial	بلندمدت Long term
آذر	Nov-Dec	70.8	52.3	6.0	6.3	15.7	16.0
دی	Dec-Jan	6.5	56.9	1.6	3.8	12.8	12.9
بهمن	Jan-Feb	25.7	57.6	0.0	3.4	13.0	12.4
اسفند	Feb-Mar	46.8	73.3	9.2	5.2	14.0	14.5
فروردین	Mar-Apr	54.7	60.3	7.2	9.0	21.5	19.3
اردیبهشت	Apr-May	28.4	47.2	15.3	13.8	30.4	24.9

۳۷/۰۰ میلی‌گرم در مترمربع و کم‌ترین رقم ترکمن با ۲۲/۶۶ میلی‌گرم بود. با توجه به این‌که هر چه تعداد ردیف در سنبله ارقام جو بیشتر باشد، دانه‌ها به هم نزدیک‌تر بوده و فضای کمتری برای رشد و ذخیره مواد فتوسنتزی دارند. همچنین، کل مواد پرورده برای پُرشدن دانه ارقامی که تعداد دانه بیش‌تری در سنبله دارند، کافی نیست. در نتیجه، وزن تک‌دانه آن‌ها کمتر می‌شود. عملکرد دانه وابسته به تعادل بین

وزن دانه

یکی از اجزای عملکرد دانه در جو، وزن دانه است که به‌عنوان یک جزء مهم تعیین‌کننده عملکرد می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام از نظر وزن دانه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که بیش‌ترین وزن دانه مربوط به رقم ماه‌ور، ۳۷/۳۳ میلی‌گرم و گرگان ۴ با

بیشتر در سنبله خود، طبیعی است که تعداد دانه بیش‌تری نسبت به ارقام ۲ ردیفه در سنبله داشته باشند. هم‌چنین از آنجایی‌که در استان گلستان بیش از ۲۰ سال است که جو به‌صورت دیم کشت می‌شود، مسلماً ارقام ۲ ردیفه که تعداد دانه کمتری داشته باشند نسبت به ارقام شش ردیفه موفق‌تر هستند. با این‌حال مشخص است که تلاشی جهت بهبود این صفت در ارقام جدید صورت نگرفته است.

تعدادی از محققین از جمله *Miralles et al., 2000* بر این باورند که یکی از مهم‌ترین عامل‌های افزایش‌دهنده عرضه آسمیلات برای رشد سنبله و بنابراین افزایش عملکرد دانه، طولانی بودن مرحله‌ی ساقه‌دهی تا گرده‌افشانی است. افزایش طول مرحله یادشده باعث افزایش اندازه سنبله، بالا رفتن تعداد دانه در سنبله و بهبود عملکرد دانه و شاخص برداشت خواهد شد. علیرغم این *Gonzalez et al., 2002* گزارش کردند که طولانی‌شدن ساقه‌دهی تا گرده‌افشانی همواره تضمین‌کننده افزایش اندازه و وزن سنبله نیست. کمبود آب و دمای بالا در مرحله ظهور سنبله علاوه‌بر تأثیر منفی بر روی وزن دانه‌های تازه تشکیل شده، موجب کاهش تعداد دانه در پنجه‌ها نیز می‌شود.

تجمع مواد به‌وسیله‌ی منبع و تجزیه و مصرف آن‌ها توسط مخزن می‌باشد که ممکن است به‌وسیله هر دوی آن‌ها محدود گردد (Kazi *et al.*, 2014; Trebbi *et al.*, 2011). بنابراین، رقم ترکمن (شش ردیفه) نسبت به ارقام ماهور و گرگان ۴ (۲ ردیفه) وزن هزاردانه کمتری خواهد داشت. با این‌حال بین رقم ماهور از ارقام جدید و رقم گرگان ۴ از ارقام قدیم از نظر وزن دانه تفاوتی ملاحظه نشد. بنابراین، نشان از آن دارد که در طی روند اصلاح افزایش وزن دانه هدف نبوده است. اگرچه وزن هزاردانه از جمله اجزای اصلی عملکرد دانه در گندم با وراثت‌پذیری بالا است، ولی تحت تأثیر اجزای دیگر از قبیل تعداد و اندازه سنبله می‌باشد (Zhang *et al.*, 2009).

نتایج نشان داد که ارقام از نظر تعداد دانه در سنبله با هم تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند (جدول ۳). طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به رقم ترکمن با ۴۳/۰۰ عدد و کم‌ترین رقم ماهور با ۳۴/۳۳ دانه بود و سایر ارقام مورد آزمون با اثر معنی‌دار نسبت به یکدیگر در فاصله‌ی این دو طیف قرار گرفته‌اند (جدول ۴). ارقام شش ردیفه به‌دلیل داشتن تعداد ردیفه‌های

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو

Table 3- Results of analysis of variance of barley yield and its components

میانگین مربعات								
وزن هزار دانه 1000-Kernel weight	تعداد دانه در سنبله Grains per spike	سنبله در مترمربع Spike.m ²	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درجه آزادی df	Sources of variation	منابع تغییرات
16.44	2.37	4695.4	4223.1	5318.2	34.70	2	Block	بلوک
62.33**	193.84**	7938.8**	6138.4**	47443*	3834*	8	Cultivar	رقم
10.65	1.53	980.3	960.6	15000.4	11.70	16	Error	خطا
10.19	3.77	7.46	9/08	9.57	12.74	-	CV	ضریب تغییرات

اجزاء اصلی عملکرد گندم عبارتند از تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه که نقش به‌سزایی در عملکرد دانه دارند. اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط همواره از مشکلات اصلاح‌گران و تولیدکنندگان محصولات زراعی است، زیرا عملکرد در محیط‌های مختلف تغییر می‌یابد و این امر موجب دشواری برنامه‌های انتخاب می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) حاکی از آن است که ارقام از نظر عملکرد دانه در سطح یک درصد با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به ارقام یوسف، صحرا و ماهور به‌ترتیب با ۳۸۸/۳۳، ۳۸۵/۶۱ و ۳۷۶/۰۰ گرم در مترمربع بودند و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم قدیمی ترکمن با ۲۴۳/۳۳ گرم در مترمربع

بر طبق نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۳)، ارقام از نظر تعداد سنبله در مترمربع با هم تفاوت خیلی معنی‌داری داشتند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین رقم ماهور با ۴۹۲/۶۷ عدد بیش‌ترین و یوسف با ۳۷۰/۳۳ کم‌ترین تعداد سنبله را در مترمربع به‌خود اختصاص دادند، و سایر ارقام مورد آزمون در فاصله‌ی این دو طیف قرار گرفته‌اند (جدول ۴). در آزمایش ما تمامی ارقام شش ردیفه نسبت به ۲ ردیفه‌ها تعداد سنبله در مترمربع کمتری داشتند. با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود که در ارقام ۲ ردیفه در طی روند اصلاح تعداد پنجه در بوته در ارقام جدید مثل ماهور افزایش یافته است و در ارقام جدید شش ردیفه تلاشی در این جهت صورت نگرفته است.

عملکرد دانه

باعث افزایش عملکرد گردیده است. ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ‌های جدید عملکردهای بالایی داشته و می‌توان آن‌ها را از ژنوتیپ‌های پُرمحصول و مناسب منطقه به‌شمار آورد، که با نتایج Fischer *et al*, 1998، Jodi, 2002، Sinebo, 2002، Zahed *et al*, 2011 و Etesami *et al*, 2008 مطابقت داشت.

بود (جدول ۴)، که نشان‌دهنده پتانسیل‌های متفاوت ارقام جو ایران از نظر عملکرد دانه می‌باشد. افزایش عملکرد در ارقام جدید دوردیفه مثل ماهور را می‌توان افزایش وزن دانه و تعداد پنجه در مترمربع نسبت به ارقام قدیم ۲ ردیفه دانست و تنها افزایش وزن دانه در ارقام شش ردیفه مثل یوسف در مقایسه با ارقام قدیم شش ردیفه مثل ترکمن

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو

Table 3- Results of barley average yield and yield components comparison

فاکتور	Factor	شاخص برداشت (%) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک Biological Yield (gr)	عملکرد دانه Grain Yield (gr)	سنبله در مترمربع Spike.m ²	تعداد دانه در سنبله Grains per spike	وزن دانه Kernel weight (g)
ریحان	Reyhan	28.00 ^{ab}	1155.7 ^c	321.3 ^b	362.3 ^d	40.33 ^b	29.66 ^c
خرم	Khoram	29.33 ^{ab}	1187.0 ^c	346.6 ^{ab}	472.0 ^{ab}	26.00 ^{de}	30.66 ^{bc}
نیم‌روز	Nimrus	25.00 ^{bc}	1255.3 ^{bc}	313.0 ^b	450.0 ^{ab}	25.00 ^{de}	31.00 ^{bc}
گرگان ۴	Gorgan4	24.33 ^{bc}	1440.7 ^{ab}	353.6 ^{ab}	431.7 ^{bc}	28.33 ^c	37.00 ^a
دشت	Dasht	27.33 ^{ab}	1259.3 ^{bc}	343.3 ^{ab}	450.6 ^{ab}	27.00 ^{cd}	36.00 ^{ab}
ماهور	Mahoor	29.33 ^{ab}	1288.7 ^{bc}	376.0 ^a	492.6 ^a	24.33 ^c	37.33 ^a
صحرا	Sahra	32.66 ^a	1192.7 ^c	385.6 ^a	394.3 ^{cd}	40.66 ^b	31.00 ^{bc}
ترکمن	Torkaman	20.33 ^c	1205.7 ^c	343.3 ^c	351.0 ^d	43.00 ^a	22.66 ^d
یوسف	Yousef	25.33 ^{bc}	1529.7 ^a	388.3 ^a	370.3 ^d	40.66 ^b	32.66 ^{abc}
LSD _{0.05}	LSD _{0.05}	5.92	211.99	53.64	54.19	2.14	5.64

مترمربع کم‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۴). نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک طی سال‌های آزداسازی روند افزایشی نشان داد که با نتایج Abdel Ghani *et al*, 2005 مطابقت داشت.

عموماً ارقام با عملکرد بالا و پایین به‌ترتیب دارای عملکرد بیولوژیک بالا و پایین بودند. برخی از ارقام از این قاعده مستثنی بودند (جدول ۴). افزایش در عملکرد بیولوژیک زمانی موثر خواهد بود که کربن تولید شده در طی فتوسنتز به طرف اندام‌های اقتصادی یا دانه‌ها تخصیص یابد (Reynolds *et al*, 2011). به‌عبارت دیگر، ارقامی از جو که هم دارای عملکرد بیولوژیک بالا و هم دارای شاخص برداشت بالا باشند به احتمال زیاد دارای عملکرد دانه بالا خواهند بود. در ژنوتیپ‌هایی که تیپ رشد بهاره دارند، رشد رویشی اوایل فصل آن‌ها زیاده‌تر و در نتیجه عملکرد علوفه سبز بیش‌تری داشته است در صورتی که جوهای تیپ رشد زمستانه حداقل رشد را در زمستان داشته و عملکرد علوفه کمتری تولید می‌نمایند.

شاخص برداشت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، ارقام از نظر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد باهم تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقدار شاخص برداشت از ۲۰/۳۳ درصد (مربوط به رقم ترکمن) تا ۳۲/۶۶ درصد (رقم صحرا) متغیر بود (جدول ۴). ارقام جدید شاخص

عملکرد بالا در شرایطی حاصل می‌شود که در ابتدای رویش دمای پایین و در مرحله‌ی رشد دما متوسط و دما در مرحله‌ی رسیدن بالا باشد. بدیهی است، میزان عملکرد را باید در ارتباط با تمامی عوامل و فرآیندهایی در نظر گرفت که مرتبط با تولید ماده‌ی خشک هستند (Fathi *et al*, 2011).

Pandey *et al*, 1944 گزارش کرده‌اند که عوامل محیطی مانند بارندگی، رطوبت نسبی، دما، نور و عوامل زراعی مانند تاریخ کاشت، کوددهی، روش کاشت و تراکم در عملکرد ژنوتیپ‌ها در درجه اول اهمیت قرار دارند. افزایش عملکرد ممکن است ناشی از افزایش عملکرد بیولوژیک (معمولاً کل ماده خشک بالایی سطح خاک) یا شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) یا هر دوی آن‌ها باشد. سه عامل وزن هزاردانه، شاخص برداشت و سرعت پُرشدن دانه عوامل توجیه‌کننده عملکرد دانه بودند. Jalal Kamali and Boyd, 2000 تفاوت در عملکرد دانه و اجزاء عملکرد را به تفاوت‌های ژنتیکی سازگاری آن‌ها به شرایط اقلیمی و تغییرات مراحل فنولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم در پاسخ به شرایط محیطی نسبت دادند.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک در ارقام مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری از خود نشان داد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین رقم یوسف با ۱۵۲۹/۷ گرم در مترمربع بیش‌ترین و ریحان با ۱۱۵۵/۷ گرم در

هم داشتند. اثر غیرمستقیم تعداد دانه در سنبله با تعداد سنبله در مترمربع منفی و بالا و همبستگی آن‌ها با هم منفی و بسیار معنی‌دار بود (-0.958^{**}). در آزمایش Fallahi *et al.*, 2012 چهار صفت وزن دانه، دوره پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله و دوره رویش گیاه به‌عنوان برترین صفات در توجیه متغیرهای وابسته عملکرد دانه، وزن دانه، تعداد دانه در سنبله و دوره پر شدن دانه شناخته شدند. Seyed agha miri *et al.*, 2011 نیز در بررسی خود روی ارقام جو دریافتند که صفت عملکرد بیولوژیک اثر مستقیم و مثبت بالایی بر عملکرد دانه دارد.

جدول ۵- رگرسیون گام به گام

Table 5- Results of step by step Regression

مدل	model	F	R2
شاخص برداشت	Harvest Index	9.54 [*]	0.57
عملکرد بیولوژیک	Biological yield	311.03 ^{**}	0.99

به‌دلیل این‌که تنها دو صفت نقش مؤثری بر عملکرد داشتند. بنابراین، به‌منظور شناسایی اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد بر روی عملکرد دانه تجزیه علیت صورت گرفت، نتایج تجزیه علیت (جدول ۶) نشان داد که وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع به‌ترتیب دارای اثرهای مستقیم ۰/۹۴۸، ۰/۰۲۹ و ۱/۶۲۴ روی عملکرد دانه بودند و از بین این سه عامل تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته است. اثر غیرمستقیم وزن هزاردانه از طریق تعداد دانه در سنبله منفی و بالا و نتایج همبستگی هم نشان داد که این دو صفت روی هم اثر منفی دارند.

برداشت بالایی را به ثبت رسانده‌اند که با نتایج Rahemi Karizaki *et al.*, 2013 و Jodi, 2012 و Ramazani and Tghi Assad, 2008 هم‌سو بود. به‌نظر می‌رسد که ارقام جدید مورد مطالعه مواد فتوسنتزی بیش‌تری را به‌سمت دانه‌ها اختصاص داده‌اند. دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط دمای بالای هوا عمدتاً به حساسیت بیش‌تر رشد زایشی در مقایسه با رشد رویشی نسبت داده شده است (Pandey *et al.*, 1944). در مطالعات مختلف ارقام غله جدید و قدیم شامل گندم‌های نان بهاره و زمستانه (Austin *et al.*, 1989; Cox *et al.*, 1988) گندم دوروم (Waddington *et al.*, 1987) جو و یولاف (Wych and Rasmusson, 1983) مورد مقایسه قرار گرفته‌اند، غالب مطالعات نشان داده‌اند که افزایش عملکرد در جو به‌مقدار زیادی با تسهیم بیشتر ماده خشک کل به دانه، با عدم تغییر در تولید ماده خشک کل، یا تغییر اندک آن مرتبط می‌باشند. یعنی به‌طور کلی، شاخص برداشت افزایش پیدا کرده است (Boukerrou and Rasmusson, 1990).

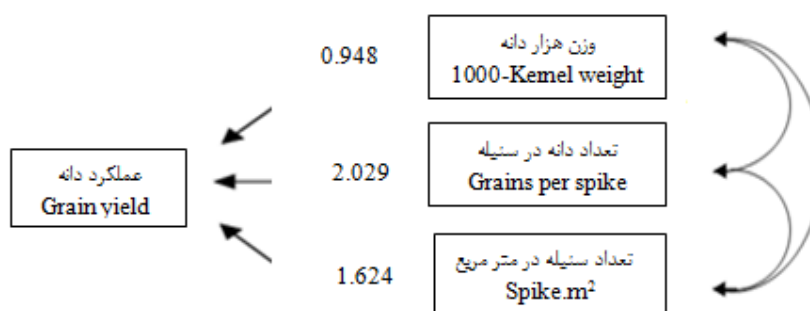
تجزیه علیت و رگرسیون گام به گام

برای تعیین سهم اثرات تجمعی صفات در تعیین عملکرد دانه از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد و عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات قرار گرفت، صفت شاخص برداشت اولین صفتی بود که وارد مدل شد و به‌تنهایی ۵۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود، پس از این صفت عملکرد بیولوژیک وارد مدل شد و در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند (جدول ۵). در سنبله منفی و بالا و نتایج همبستگی هم نشان داد که این دو صفت روی هم اثر منفی دارند (جدول ۶)، اما اثر آن از طریق تعداد سنبله در مترمربع مثبت و بالا بود و با توجه به نتایج همبستگی ارتباط مثبتی با

جدول ۶- تجزیه علیت عملکرد و اجزای عملکرد

Table 6- Path Analysis of yield and its components

صفت Trait	3	2	1	همبستگی با عملکرد Correlation function
۱. وزن هزاردانه 1.1000 Kernel weight	0.977	-1.233	0.948	0.691
۲. تعداد دانه در سنبله 2. Grains per Spike	-1.555	2.029	-0.577	-0.103
۳. تعداد سنبله در مترمربع 3. Spike . m ²	1.623	-1.943	0.567	0.249



شکل ۱- تصویر تجزیه علیت عملکرد دانه و اجزای آن
Figure 1- Path Analysis diagram of yield and its components

نتیجه‌گیری

در گیاه با توجه به نتایج این تحقیق بررسی شود. شاخص برداشت به‌عنوان مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد، در طول زمان افزایش داشته است. از بین اجزاء عملکرد دانه، عامل تعداد دانه در سنبله بیش‌ترین همبستگی مثبت را با عملکرد دانه داشت.

بیش‌ترین عملکردها در این مطالعه مربوط به ژنوتیپ‌های جدید و اصلاح شده بودند (یوسف با ۳۸۸/۳۳ گرم در مترمربع) لذا توصیه می‌شود، با استفاده از تحقیقات اصلاحی امکان بالابردن پتانسیل تولید

References

1. Abdel-Ghani, H.A., Parzies, K., Ceccarelli, S., Grando, S., and Geiger, H.H. 2005. Estimation of Quantitative Genetic Parameters for out crossing-Related Traits in Barley. *Crop Science* 45: 98-105
2. Akar, T., Avci, M., and Dusunceli, F. 2004. Barley; Post-harvest operations - Accessed on 15 August 2007.
3. Austin, R. B., Ford, M. A., and Morgan, C. I. 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: A further evaluation. *Journal of Agricultural Science* 112:295-301.
4. Behzad, A. 2008. Investigating salinity tolerance of different lines of barley in golestan.
5. Boukerrou, L., and Rasmusson, D. D. 1990. Breeding for high biomass yield in spring barley. *Crop Science* 30:31-35.
6. Cox, T. S., Shoryer, J. P., Ben-hui, L., Searsand, R. A. G., and Martin, T. A. J. 1988. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. *Crop Science* 28: 756-768.
7. Etesami, m., Galeshi, S., Soltani, A., and Noorinai, A. 2008. Investigation of changes harvest index, yield and grain yield components in modern and old barley genotype. (*Hordeum vulgare* L). *Journal of Agricultural Science* 15(5) Special issue (In Persian).
8. Fallahi, H. A., Ghazvini, H., Lakzadeh, A., jabbari, M., Kohkan, SH., and Jafar bay, J. 2012. Advanced lines of barley yield trial uniformly heated area. First International Congress of the Thirteenth National Congress of Agronomy and Plant Breeding and Seed Science and Technology's Third Conference (In Persian).
9. Fathi, R., Reza, T. and Farzad, F. 2011. Characterization of Iranian landrace wheat accessions by inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *Journal of Applied Environment, Biological Science* 1 (10): 432-436.
10. Fischer, R. A., Rees, D. and Sayer, K.D. 1998. Wheat yield progress associated whit higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science* 38: 1467-1475
11. Gonzalez, F.G., Slafer, G.A., and Miralles, D. J. 2002. Verbalization and photoperiod responses in wheat pre-flowering reproductive phases. *Field Crops Research* 74: 183-195.
12. Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy* 21: 141-142.
13. Jalal Kamali, M. R., and Boyd, W. R. 2000. Quantifying growth and development of commercial barley cultivars over two contrasting seasons in Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 481-501
14. Jodi, M., 2012. The relationship between timing and duration of phenological events and grain yield in Iranian wheat cultivars. *Electronic Journal of Crop Production* 6(4): 99-116 (In Persian)
15. Kazi, A. G., Amir, R. and Minha, M. 2014. Phenotypic and genotypic characterization of wheat landraces of Pakistan Emir. *Journal of Food and Agriculture* 26(2): 157-163.
16. Khan, M.H., and Dar, A.N. 2010. Correlation and path analysis of some quantitative traits in wheat. *African Crop Science Journal* 18: 9-14.

17. Malek, M.M., Galeshi, S., Zeinali, A., Ajamnorazi, H., and Malek, M. 2012. Investigation of leaf area index, dry matter and crop growth rate on the yield and yield components of soybean cultivars. *Electronic Journal of Crop Production* 5(4): 1-17 (In Persian).
18. Miralles, D.F., Richards, R.A., and Slafer, G.A. 2000. Duration of the stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 27: 931-940.
19. Morgounova, A., Zykinb, V., Belanb, I., Roseevab, L., Zelenskiyc, Yu., Budakd, H., and Bekese, F. 2010. Genetic gains for grain yield in high latitude spring wheat grown in Western. Siberia in 1900-2008. *Field Crops Research* 117: 101-112.
20. Morinaka, Y., Sakamoto, T., Inukai, Y., Agetsuma, M., Kitano, H., Ashikari, M., and Matsuoka, M. 2006. Morphological Alteration Caused by Brassinosteroid Insensitivity Increases the Biomass and Grain Production of Rice. *Plant Physiology* 141: 924-931
21. Naghavi, M. R., Shahbaze Poorshahbazi, A., and Talei, A. 2002. Study of genetic variation in durum wheat germplasm for some morphological and agronomic characteristics. *Iranian Journal of Crop Sciences* 4(2): 81-86.
22. Normohammadi, Gh., and Siyadat, A. 2001. Cereals cultivation .Published Shahid Chamran University.446 p. (In Persian).
23. Pandey, R. K., Herrera, W. A. T., Viuegas, A. N., & Pendleton, J. W. 1944. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: III. Plant growth. *Agronomy Journal* 76: 557-560.
24. Peyghambari, S. A., B. Yazdisamadi, S. Abdmishani, A. Sarafi, A. Taleiand M. Bihamta. 2005. Evaluation of drought resistance and yield related traits in double haploid barley. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 36(4): 955-967. (In Persian with English Abstract).
25. Rafischer, D., and kohn, G. D. 2002. The relationship of grain yield to vegetative growth and post-flowering leaf area in wheat crop under conditions of limited soil moisture. *Australian Journal of Agricultural Research* 17(3) 281 - 295
26. Rahemi-Karizaki, A., Galeshi, S., and Soltani, A. 2013. Evaluation of wheat yield and related traits variation in temperate semi-humid conditions. *Electronic Journal of Crop Production* 6 (2): 17-33 (In Persian).
27. Ramazani, H., and Taghi Assad, M. 2008. Genetic changes in grain yield and associated traits in improved barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi* No:79 pp: 2-9.(In Persian)
28. Reynolds, M., Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Berry, P., Parry, M. A. J., Snape, J. W. and Angus, W. J. 2011. Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany* 60: 1899-1918.
29. Seyed agha miri, S. M. M., Mostafavi, KH., and Mohammadi, A. 2011. *Journal of Agricultural Research*. 10(2): 421-427. (In Persian).
30. Sinebo, W. 2002. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. *Crop Science* 42: 428-437.
31. Trebbi, D., Maccaferri, M., De Heer, P., Sorensen, A., and Giuliani, S. 2011. Highthroughput SNP discovery and genotyping in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Theory and Applied Genetics* 123: 555-569.
32. Waddington, S. B., Osmanzai, M., Yoshida, M., and Ransom, J. K. 1987. The yield of durum wheat released in Mexico between 1960 and 1984. *Journal of Agricultural Science* 108: 469-477.
33. Wood, G. A., Welsh, J. P., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R., and Knight, S. M. 2003. Real-time measures of canopy size as basisfor spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. *Journal of Biosystem. Engineering* 84: 513-531.
34. Wych, R. D., and Rasmusson, D. C. 1983. Genetic improvement in malting barley cultivars since 1920. *Crop Science* 23:1037-1040.
35. Zahed, M., Galeshi, S., Latifi, N., A. Soltani, A., and Calate, M. 2011. The effect of plant density on seed yield and yield components in modern and old wheat cultivars. *Electronic Journal Crop Production* 4 (1): 201-215. (In Persian).
36. Zhang L, Y., Liu, D. C., Guo X. L., Yang, WL., Sun, JZ., Wang, D., and Zhang, A. 2009. Distribution in genome of quantitative trait loci (QTL) for yield and yield-related traits in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 119: 43-52.



Investigation of Barely Grain Yield Improvement during the Last Half Century across Golestan Province

M. Hajipoor¹- A. Rahemi Karizaki^{2*}- H. Sabori³- H. A. Fallahi⁴

Received: 19-07-2015

Accepted: 11-01-2016

Introduction

Barely (*Hordeum vulgare*) is the fourth most important cereal after wheat, corn and rice. Regarding the role of breeding to increase barley grain yield a large number of studies have been done in different countries. However, a few studies have been performed across Golestan Province, in Iran. Therefore, this study was conducted to know what barley traits have changed with grain yield during recent years. How these traits will further improve the barley grain yield in the future breeding programs?

Materials and Methods

In order to study barely grain yield improvement during the last half century across Golestan Province, this experiment carried out at randomized complete block design with 4 replications in Gonbad Kavous university research field in 2013-2014. Treatments were included nine barley cultivars: Sahra, Dasht, Torkaman, Gorgan4, Nimruz, Mahoor, Khoram, Reyhan and Yousef. We analysed the results using ANOVA in the statistical software package SAS. Step by step regression analysis and pathway analysis was done to evaluate the relative proportion of different traits on yield and direct and indirect impacts of yield components on grain yield, respectively.

Results and Discussion

The results showed that the values of the studied parameters were significantly different in different cultivars. Results illustrated that the highest and the lowest grain weight were related to Mahoor (37.33 mg) and Torkaman (22.66 mg), respectively. Due to the high number of rows per spike in barely cultivars, grains are closer together and there are less space for growth and photosynthetic material storage. In addition, total assimilation was not enough to fill the grain of cultivars which have the more grain numbers per spike and it caused low grain weight. Although thousand grain weight is among the main grain yield components with high heritability, it influenced by other components such as the number of spikes and its length. The highest and the lowest grain number per spike were related to Torkaman and Mahoor cultivar, respectively. Mahoor and Yousef had the highest and the lowest spike numbers per square meter, respectively. Six-row cultivars had more number of grains per spike compare with two- rows cultivars due to more rows per spike. Yousef cultivar with 1529.7 gr.m⁻² had the highest biological yield and Reyhan had the lowest biological yield with 1155.7 gr.m⁻². Results indicated that biological yield was increased during released years. If carbon produced during photosynthesis, allocate on economic parts or grains, rising of biological yield would be an effective parameter. In other words, barely cultivars with high biological yield and harvest index, would be likely to have a high grain yield. The highest and the lowest of grain yield with 388.33 gr.m⁻² and 243.33 gr.m⁻² were obtained at Yousef and Torkaman cultivar, respectively. The results indicated that the potential of grain yield is different among various barely cultivars. Results revealed that new cultivars had high grain yield. The highest and the lowest of harvest index with 32.66% and 20.33% were observed at Sahra and Torkaman, respectively. It seems that new cultivars allocate more photosynthetic material to grains. Path way analysis showed that thousand grain weights, the number of grains per spike and the number of spikes per square meters had direct effects on grain yield, respectively. Furthermore, among these three factors, the number of grains per spike had the highest direct effect on grain yield. The indirect effect of thousand grain weights on grain yield through number grains per spike was high and negative. moreover, correlation results showed that these two traits had negative effect

1- MSc student, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University

2- Assistance Professor of Plant Production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University

3- Associate Professor of Plant Production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University

4- Assistant Professor of Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization

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

together.

Conclusions

In summary, the results suggested that the highest yields were related to new cultivars and harvest index was increased during released years of cultivars. New cultivars had higher grain yield than the old cultivars. In addition, path analysis results showed that the number of grains per spike had a major effect on grain yield.

Keywords: Barley cultivars, Path way, 1000 grain weight, Yield and yield components



تأثیر مصرف کود شیمیایی نیتروژنه و نانوکود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

سمیه خوش‌پیک^۱ - رضا صدرآبادی حقیقی^{۲*} - احمد احمدیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹

چکیده

استفاده از فناوری نانو در کشاورزی ابعاد جدیدی یافته است. به‌طوری که می‌توان از فناوری نانو در تولید کودهای آلی نانو استفاده نمود. این نوع کود شاید بتواند جایگزین کودهای شیمیایی و آلی سنتی گردد. به‌منظور مقایسه مصرف سطوح مختلف انواع کودهای دامی نانو و شیمیایی، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده زعفران دانشگاه تربت حیدریه انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل مصرف نانوکود دامی در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و مصرف کود نیتروژن در چهار سطح (شاهد (عدم مصرف کود)، مقادیر ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده معادل صفر، ۲۵ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) بود. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، وزن تر و خشک بوته، عملکرد دانه، کاه و بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد اسانس تحت تأثیر مصرف نانوکود آلی قرار گرفتند. کود نیتروژن نیز بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، وزن تر و خشک بوته، عملکرد دانه، کاه، بیولوژیک و عملکرد اسانس اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت و بر تعداد ساقه فرعی، تعداد چتر در بوته، وزن هزاردانه و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری نداشت. مصرف ۱۰ تن نانوکود دامی و ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن هر کدام به‌تنهایی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک، دانه، کاه و اسانس رازیانه گردید. در حالی که مقادیر بالاتر از هر کدام از این تیمارها تأثیری بر عملکرد نداشت. مصرف ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن از طریق افزایش عملکرد بیولوژیک باعث افزایش عملکرد دانه و همچنین باعث افزایش عملکرد اسانس دانه و پیکره شد. کود آلی نانو با افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه باعث افزایش عملکرد دانه گردید. با توجه به این که اثر متقابل تیمارها در صفات مورد مطالعه در این آزمایش معنی‌دار نشد، می‌توان عدم مصرف توأم کودهای نانو دامی با کود شیمیایی نیتروژن را توصیه نمود. همچنین می‌توان نتیجه گرفت مصرف ۱۰ تن نانوکود دامی عملکرد کمی و کیفی قابل قبولی در گیاه دارویی رازیانه تولید می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: تعداد چتر، تعداد دانه در چتر، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

ایفا می‌کنند (Omidbaigi, 2007). اگرچه مصرف گیاهان دارویی با توسعه و پیشرفت داروهای صنعتی و شیمیایی محدود شد، اما امروزه با توجه به گسترش فرهنگ، حفظ سلامتی در میان اقشار مردم و هویدا شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی، در تمام دنیا توجه خاصی به گیاهان دارویی و داروهای حاصل از آن‌ها جهت درمان بیماری‌ها به‌وجود آمده است، به گونه‌ای که بزرگان علم داروسازی، قرن بیست و یکم را به نام قرن بازگشت به طبیعت و قرن استفاده از داروهای گیاهی نام نهاده‌اند (Manafi Molayosefi and Hayati, 2010). در بین گیاهان دارویی، رازیانه با نام علمی (*Foeniculum vulgare* Mill.) به‌طور سنتی برای درمان بیماری‌هایی نظیر نفخ و دل پیچه به‌کار می‌رفت. این گیاه از جمله گیاهانی است که از قدیم در ایران کشت می‌شده، ولی به‌علت عدم رعایت موارد لازم برای کشت مفید و اقتصادی آن، در حال حاضر کشت این گیاه در منطقه

بشر از همان ابتدای خلقت ضمن تلاش برای تامین خوراک، پوشاک و سرپناه به فکر بهبود آلام جسمی خود نیز افتاد و بر حسب تجربه گیاهان سمی را از غیر سمی و گیاهان دارویی را از غیر دارویی تفکیک نمود. به‌طوری که در حال حاضر گیاهان دارویی جزو محصولات کشاورزی بوده که نقش بسیار مهم در سلامت افراد جامعه

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۳- استادیار تولیدات گیاهی، پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه، ایران
(*) نویسنده مسئول: (Email : rsadarabadi@mshdiau.ac.ir)

مرسوم نمی‌باشد (Darzi and Hadj Seyed Hadi, 2003). خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور ما که بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهد از نظر مواد آلی فقیر هستند. برای بهبود باروری و حاصل‌خیزی خاک‌های کشاورزی، افزودن مواد آلی به آن‌ها ضروری است، اما منابع محدود سنتی مواد آلی هم‌چون کود حیوانی به‌تنهایی جوابگوی نیاز روزافزون بخش کشاورزی به کود آلی نیست (Baybordi et al., 2000). کودهای شیمیایی در ۳۰ سال اخیر نقش مهمی در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی داشته است و هزینه کودهای شیمیایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین هزینه‌های کشت‌وکار محسوب می‌شود (Black and Dyson, 2008). از طرفی کشاورزی در تولید ۱۶ درصد گازهای گلخانه‌ای سهیم می‌باشد (Fitzgerald et al., 2011). اکنون یکی از اهداف اصلی در کشاورزی امروزی کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده بیشتر از کودهای آلی به‌ویژه کودهای دامی است (Picard et al., 2010). استفاده از کودهای آلی در ابعاد نانو می‌تواند در جذب مواد غذایی مورد نیاز گیاه کمک مؤثری باشد. به‌عبارت بهتر استفاده از فناوری نانو در تولید کودهای آلی مناسب برای جذب توسط گیاه می‌تواند در شرایط مختلف محیطی به کمک گیاه آمده و در رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی مؤثر واقع گردد (Sumner, 2000). در همین‌راستا مدیریت مصرف انواع کودهای آلی و شیمیایی به‌ویژه کودهای آلی نانو حائز اهمیت بوده و لزوم تحقیق و بررسی بیشتر در انواع گیاهان به‌ویژه گیاهان دارویی و معطر را اثبات می‌کند. Akbarinia et al., 2003 با بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر خواص خاک، جذب و غلظت عناصر توسط گیاه دارویی زنیان (*Ajowan caraway*) به‌این نتیجه رسیدند که مقدار عناصر غذایی جذب شده توسط گیاه با نوع و میزان کوددهی رابطه مستقیمی دارد. آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار تلفیقی کود دامی و شیمیایی شامل ۲۵ تن کود دامی، ۴۰ کیلوگرم فسفر و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. Abdallah et al., 1978 کود نیتروژنه را عاملی جهت افزایش تعداد چتر مرکب و درصد اسانس در رازیانه گزارش نموده‌اند. هم‌چنین بیان کرده‌اند که عملکرد دانه و عملکرد اسانس با افزایش نیتروژن افزایش یافته است. در تحقیقی دیگر توسط Wagner, 1993 استفاده از کود نیتروژنه باعث افزایش میزان عملکرد بذر و اسانس گیاه رازیانه شده است. Moradi et al., 2010 نتیجه گرفتند که استفاده از کودهای آلی و بیولوژیکی مختلف موجب بهبود شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه و اسانس رازیانه شد. Sharif Ashor Abadi, 2002 با بررسی مقادیر کود دامی، کودهای شیمیایی و یا به‌کارگیری توأم آن‌ها در مورد گیاه دارویی رازیانه اظهار داشت کاربرد کود دامی موجب افزایش ۷۸ درصد و کودهای شیمیایی NPK، ۶۹ درصد افزایش محصول رازیانه گردیدند. در حالی‌که به‌کارگیری مخلوط آن‌ها تولید را ۱۲۲ درصد افزایش داد. هم‌چنین

تیمار ۴۰ تن کود دامی در هکتار عملکرد دانه‌های معادل ۹۴۷ کیلوگرم در هکتار داشت که بیش از عملکرد حاصل از کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۲۸ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بود. به‌طور کلی تعداد آزمایش‌هایی که تأثیر کود دامی و به‌خصوص کودهای آلی نانو را به‌صورت جداگانه و یا مخلوط با کودهای شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی بررسی کرده‌اند اندک است. با توجه به اهمیت و جایگاه رازیانه به‌عنوان یک گیاه دارویی و هم‌چنین اهمیت مصرف نانو کودها این آزمایش جهت بررسی عملکرد کمی و کیفی این گیاه به کودهای نیتروژن و نانو کود دامی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی شماره چهار پژوهشکده زعفران شهرستان تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۴۵۰ متری از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل مصرف نانو کود دامی در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) به‌عنوان عامل اول و کود نیتروژن در چهار سطح (شاهد (عدم مصرف کود) و مقادیر ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد مقدار نیتروژن توصیه شده معادل صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) به‌عنوان عامل دوم بود. نمونه‌برداری از خاک محل آزمایش قبل از کشت انجام شد. پس از انجام مراحل مقدماتی از قبیل خشک‌کردن، کوبیدن و الک کردن به آزمایشگاه خاک انتقال داده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نتایج آنالیز نانو کود دامی قبل از اجرای آزمایش در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. در قطعه زمینی که برای کشت در نظر گرفته شد، پس از انجام شخم، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲ متر آماده گردید. فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. از سیستم آبیاری قطره‌ای با کمک لوله‌های تیپ جهت آبیاری مزرعه استفاده شد. مقدار آب مصرفی با کمک کنتور و بر اساس نیاز آبی خاک محاسبه و کنترل گردید. عملیات کاشت رازیانه در اوایل اردیبهشت ۱۳۹۳ انجام شد. قبل از کاشت، بذور جهت افزایش درصد جوانه‌زنی به مدت ۴۸ ساعت در آب خیسانده شد تا مواد بازدارنده جوانه‌زنی که در پوسته بذور وجود دارد، حل شده و از بین برود (Ahmadian, 2006). کودهای نانو جهت کشت بذور با خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متری مخلوط شد. نصف کود نیتروژن به نسبت‌های مختلف و طبق تیمارهای مربوطه، قبل از کاشت و نصف دیگر کودهای نیتروژن به‌صورت سرک هنگامی که ارتفاع بوته‌ها به ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری (چهار تا شش برگ) رسید به مزرعه داده شد. کاشت به روش دستی و به‌صورت

از هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای به‌طور تصادفی انتخاب و برداشت گردید. برای تعیین عملکرد بیولوژیک سطح یک مترمربع از هر کرت را با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت و بوته‌ها قبل و بعد از خشک کردن توزین گردید. پس از جدا کردن دانه‌ها از کاه و کُلش، برای محاسبه عملکرد دانه و عملکرد کاه به‌ترتیب دانه‌ها و کاه به‌صورت جداگانه توزین گردیدند و عملکرد هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. جهت تعیین خصوصیات کیفی، از بذور و کاه حاصل از هر تیمار بطور جداگانه نمونه‌برداری تصادفی انجام گردید، که برای تعیین درصد و عملکرد اسانس رازیانه به روش تقطیر با آب‌مقطر به‌وسیله دستگاه کلونجر به آزمایشگاه انتقال داده شد. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS ver 9.2 و آزمون دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین قرار گرفتند.

هیرم کاری انجام گردید. عمق کاشت سطحی حدود ۱/۵-۱ سانتی‌متر بود. فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بنابراین گیاه با تراکمی حدود ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار کشت گردید. اولین آبیاری ۱۰ روز بعد از کاشت که جوانی‌زنی و سبز شدن انجام شده بود، صورت گرفت. آبیاری‌های بعدی به‌طور متوسط هر پنج روز به‌صورت قطره‌ای و به‌مدت ۲ ساعت داده شد. بعد از سبز شدن، عملیات تنک کردن در مرحله سه-چهار برگی به‌منظور تراکم نهایی صورت گرفت. هم‌چنین در طی دوران رشد و نمو، عملیات وجین و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در سه مرحله صورت پذیرفت. برداشت رازیانه در زمان رسیدگی دانه‌ها در اوایل شهریور با دست انجام گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، وزن تر و خشک تک بوته، تعداد پنج بوته

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of soil in experimental site

بافت خاک Soil texture	شن Sand	رس Clay	لای Silt	کربن آلی OC	منگنز (Mn)	روی (Zn)	آهن (Fe)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	نیتروژن (N)	pH	هدایت الکتریکی Ec (dS m ⁻¹)
	درصد (%)				mg. kg ⁻¹							
لومی شنی Sandy loam	41	30	29	1.2	3.9	4.1	2.0	172	16	7.3	7.4	1.5

جدول ۲- آنالیز نانوکود دامی
Table 2- Nano-organic manure analysis

سدیم Na	1.505 %	کلسیم Ca	5.604 %	مس Cu	0.003 %	روی Zn	0.009 %	سرب Pb	0.001 %
منیزیم Mg	1.310 %	تالیوم Ti	0.100 %	ژرمانیوم Ge	0.000 %	گالیوم Ga	0.001 %	جیوه Hg	0.000 %
آلمینیوم Al	1.444 %	وانادیم V	0.003 %	آرسنیک As	0.000 %	زیرکونیوم Zr	0.005 %	ید I	0.000 %
سیلیسیم Si	7.915 %	کروم Cr	0.004 %	سلنیوم Se	0.000 %	نیوبیوم Nb	0.000 %	سزیوم Cs	0.001 %
فسفر P	0.327 %	منگنز Mn	0.039 %	برم Br	0.005 %	مولیبدن Mo	0.000 %	باریم Ba	0.018 %
گوگرد S	0.583 %	آهن Fe	1.483 %	رابیدیوم Rb	0.003 %	نقره Ag	0.000 %	لاتتان La	0.000 %
کلر Cl	1.306 %	کوبالت Co	0.000 %	استرانسیوم Sr	0.026 %	کادمیم Cd	0.000 %	اورانیوم U	0.000 %
پتاسیم K	3.498 %	نیکل Ni	0.002 %	ایتريوم Y	0.001 %	قلع Sn	0.000 %		

تر و خشک بوته، عملکرد دانه، کاه و بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد اسانس تحت تأثیر مصرف نانوکود قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، وزن

جدول ۳ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات مصرف کودهای نانودامی و نیتروژن بر صفات کمی و کیفی رازیانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد ساقه فرعی	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	وزن تر بوته	وزن خشک تک بوته
Source of variation	df	Height	No. of lateral branch	No. of umbel per plant	No. of seed per umbel	No. of seed per plant	Weight of 1000 seed	Fresh weight of plant	Dry weight of plant
تکرار	2	6.102	1.39	23.20	27.29	4733.37	0.06	119.21	6.76
کود نانودامی	3	74.57 **	19.87 **	13.97 *	9.46 ^{ns}	16564.01 **	3.66 **	12748.84 **	722.79 **
Nano organic manure									
نیتروژن	3	33.42 **	3.13 ^{ns}	4.31 ^{ns}	29.20 **	29792.50 **	0.06 ^{ns}	2607.13 **	147.82 **
Nitrogen									
کود نانودامی در نیتروژن	9	3.29 ^{ns}	2.11 ^{ns}	0.22 ^{ns}	6.66 ^{ns}	3555.29 ^{ns}	0.005 ^{ns}	103.21 ^{ns}	5.86 ^{ns}
Nitrogen * Nano organic manure									
خطا	30	5.99	2.87	3.11	5.59	2167.75	0.04	173.10	9.81
Error									
ضرب تغییرات	3.0	18.0	7.0	11.1	8.6	6.2	9.5	9.5	9.5
CV									

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

ادامه جدول ۳ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات مصرف کودهای نانودامی و نیتروژن بر صفات کمی و کیفی رازیانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد کاه	شاخص برداشت	عملکرد اسانس دانه	عملکرد اسانس پیکره	عملکرد اسانس کل
Source of variation	df	Seed yield	Straw yield	Harvest index	Seed essence yield	Straw essence yield	Total essence yield
تکرار	2	4337.44	37915.50	0.07	4.24	6.92	21.83
Replication							
کود نانودامی	3	542089.97 **	3815129.04 **	4.81 **	530.10 **	1102.15 **	3122.35 **
Nano organic manure							
نیتروژن	3	124765.62 **	743987.11 **	0.04 ^{ns}	230.28 **	128.07 **	692.45 **
Nitrogen							
کود نانودامی در نیتروژن	9	5330.49 ^{ns}	29029.12 ^{ns}	0.11 ^{ns}	14.45 ^{ns}	13.04 ^{ns}	42.68 ^{ns}
Nitrogen * Nano organic manure							
خطا	30	7267.12	52870.81	0.60	5.64	6.97	24.83
Error							
ضرب تغییرات	8.9	9.5	9.8	2.7	8.7	9.7	9.1
CV							

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

تعداد چتر در بوته

اثر مصرف نانوکود دامی بر تعداد چتر در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد. مصرف کود نیتروژن و اثر متقابل آن با نانوکود بر تعداد چتر از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین کمترین تعداد چتر در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود آلی نانو مشاهده شد (جدول ۴). البته بین کاربرد ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود دامی نانو از نظر این صفت اختلاف آماری وجود نداشت، که با نتایج Mahfouz and Sharaf Eldin, 2007 و Badran and Safwat, 2004 مطابقت داشت. مناسب بودن شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، وجود عناصر غذایی کافی، در دسترس بودن آب در مراحل حساس و مناسب برای گیاه به ویژه در دوران رویشی باعث افزایش رشد سبزیگی گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد چتر در بوته می گردد (Ahmadian, 2006).

تعداد دانه در چتر

تجزیه واریانس نشان داد که تعداد دانه در چتر به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن در هکتار قرار گرفت. اما نانوکود دامی و اثر متقابل نانوکود و نیتروژن بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۳). افزودن ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن باعث افزایش ۱۴/۹ درصد تعداد دانه در چتر نسبت به شاهد گردید و سایر سطوح کود نیتروژن با تیمار ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن اختلاف آماری نداشتند (جدول ۴). آزمایشات Ehsanipour et al, 2013 در رازیانه و Chandhary, 1989 در زیره سبز (*Cuminum cyminum*) نشان داد که تعداد دانه در چتر با افزایش کود نیتروژن افزایش یافت. تعداد دانه در چتر از خصوصیات مهم گیاه است که به طور مستقیم با پتانسیل عملکرد آن در ارتباط است (Ahmadian, 2006).

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن و نانوکود دامی قرار گرفت. اما اثر متقابل نانوکود و نیتروژن اثر معنی داری بر تعداد دانه در بوته رازیانه نداشت (جدول ۳). با افزودن ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن افزایش ۱۷/۸ درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد مشاهده شد. بین تیمار ۲۵ کیلوگرم و سایر تیمارهای کود نیتروژن اختلاف آماری وجود نداشت. کود نیتروژن با افزایش تعداد دانه در چتر باعث افزایش تعداد دانه در بوته گیاهان خانواده چتریان شده و در افزایش عملکرد مؤثر است (Akbarinia et al., 2004). مصرف نانوکود دامی باعث افزایش تعداد دانه در بوته رازیانه گردید (جدول ۴).

کود نیتروژن نیز بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، وزن تر و خشک بوته، عملکرد دامی، کاه و بیولوژیک و عملکرد اساس اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشت. در حالی که بر تعداد ساقه فرعی، تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت تأثیر معنی داری نداشت. اثر متقابل نانوکود دامی و نیتروژن بر صفات فوق معنی دار نبود.

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین ها نشان داد که کمترین ارتفاع بوته متعلق به تیمار شاهد و بیشترین آن متعلق به تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار است (جدول ۳). ارتفاع بوته در تیمار ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن ۴/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد و ۲/۷ درصد نسبت به تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن افزایش نشان داد. البته بین تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و همچنین ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف آماری وجود نداشت. مقایسه میانگین ارتفاع بوته های رازیانه در تیمارهای مختلف نانوکود دامی نشان دهنده افزایش ارتفاع بوته با افزایش میزان مصرف نانوکود دامی بود. کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار ۳۰ تن نانوکود دامی در هکتار مشاهده شد که ۷/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد و ۴/۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰ تن نانوکود افزایش داشت. تیمارهای ۱۰ و ۲۰ تن نانوکود حدواسط دو تیمار شاهد و ۳۰ تن در هکتار قرار گرفتند (جدول ۴). از آنجایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین اندازه ارتفاع بوته است (Singh and Chauhan, 1994)، لذا رشد کمتر تیمار شاهد دور از انتظار نیست. Ehsanipour et al, 2013 و Mahfouz and Sharaf Eldin, 2007 نیز مشاهده کردند که با افزایش کود نیتروژن و کود دامی ارتفاع بوته رازیانه افزایش یافت.

تعداد ساقه فرعی

تعداد ساقه های فرعی در گیاه به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای نانوکود دامی قرار گرفت، اما کودهای نیتروژنه و اثر متقابل نانوکود و کود نیتروژنه بر تعداد شاخه های فرعی رازیانه معنی دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش کود نانو تعداد ساقه فرعی افزایش یافت (جدول ۴). افزایش ۱۰ تن کود دامی در هکتار باعث افزایش ۲۱/۸ درصد ساقه فرعی نسبت به شاهد گردید. البته بین کاربرد ۱۰ و ۲۰ تن نانوکود دامی در هکتار اختلاف آماری وجود نداشت. Movaghathian and Siahposh, 2011 نیز بیان نمودند که شاخه فرعی در رازیانه هیچ گونه تغییر معنی داری را تحت تأثیر تیمارهای کود شیمیایی و آلی و اثر متقابل آن ها نداشته است.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی رازیانه تحت تأثیر کودهای نانو دامی و نیتروژن
Table 4- Means comparison of quantitative and qualitative traits of fennel affected by nano-organic manure and nitrogen fertilizers

ارتفاع Height (cm)	تعداد ساقه فرعی No. of lateral branch	تعداد چتر در بوته No. of umbel per plant	تعداد دانه در چتر No. of seed per umbel	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن هزار دانه Weight of 1000 Seed (g)	وزن تر تک بوته Fresh weight of plant (g)	وزن خشک تک بوته Dry weight of plant (g)
کود نانو دامی Nano organic manure (ton ha ⁻¹)							
0	77.95c	8.02c	24.13b	20.15	486.53b	89.89 b	21.40b
10	80.35 b	9.77 ab	25.03b	22.13	522.48 a	150.91 a	35.93 a
20	81.16 b	8.79 bc	25.57 ab	21.91	557.99 a	154.20 a	36.71 a
30	84.00 a	11.00 a	26.71 a	21.43	568.47a	159.09a	37.88 a
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)							
0	78.76c	9.09	24.54	19.09b	468.56 b	117.12 b	27.89 b
25	80.46 bc	8.86	25.28	21.93 a	552.16a	141.22 a	33.62 a
50	81.59 ab	9.67	25.81	22.09 a	565.04 a	145.47 a	34.64 a
75	82.66 a	9.97	25.81	22.51 a	579.71 a	150.29 a	35.78 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

In each column means with same letter according to Duncan test are not significantly different at 5% level of probability.

ادامه جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی رازایانه تحت تأثیر کودهای نانوکود دامی و نیتروژن

Continued table 4 - Means comparison of quantitative and qualitative traits of fennel affected by nano-organic manure and nitrogen fertilizers

عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Seed essence yield	عملکرد اسانس پیکره Straw essence yield	عملکرد اسانس کل Total essence yield
کیلوگرم در هکتار (kg ha ⁻¹)						
درصد						
کود نانوکود دامی Nano organic manure (ton ha ⁻¹)						
0	641.12b	2140.3 b	30.04 a	17.45 c	12.91b	30.36b
10	1049.08a	3593.2 a	29.22 b	28.65b	32.41a	61.06a
20	1067.41 a	3671.3a	29.09 b	31.51a	31.61a	63.11a
30	1079.87a	3788.0a	28.51 c	31.29a	32.19a	63.48a
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)						
0	811.50 b	2788.7 b	29.30	21.13c	22.72c	43.85c
25	977.93 a	3362.3 a	29.16	27.24b	27.12b	54.37b
50	1006.42 a	3463.6 a	29.15	29.27a	29.82a	59.09a
75	1041.63 a	3578.2 a	29.22	31.25a	29.46a	60.70a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند.
In each column means with same letter according to Duncan test are not significantly different at 5% level of probability.

افزودن ۱۰ تن نانوکود باعث افزایش ۱۳/۵ درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد شد. بین این تیمار و سایر تیمارهای نانوکود دامی اختلاف آماری وجود نداشت. نانوکود دامی باعث تغذیه مناسب ریشه‌ها شده و رشد سبزیگی و تولید را در گیاه افزایش می‌دهد. یافته‌های آزمایشات Krishnamoorthy et al., 2000 بر گیاه دارویی زنیان (*Ajowan caraway*) و Salem and Awad, 2005 روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum*) که هر دو از خانواده چتریان و هم‌خانواده با رازیانه هستند نشان داد که تعداد دانه در بوته با افزودن کود نیتروژن و کود دامی افزایش یافت.

وزن هزاردانه

وزن هزاردانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی گیاه است. از بین اجزاء عملکرد، وزن هزاردانه خصوصیتی ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل زراعی و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Sarmadnia and Kochaki, 1999). وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای نانوکود دامی قرار گرفت. مصرف کود نیتروژنه به‌تنهایی و همچنین مصرف توأم آن با نانوکود اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه نداشت (جدول ۳). جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش نانوکود وزن هزاردانه افزایش یافت. افزایش ۱۰ تن نانوکود باعث ۴۳/۴ درصد افزایش در وزن هزاردانه رازیانه نسبت به شاهد گردید. مصرف ۲۰ و ۳۰ تن نانوکود دامی تأثیری در افزایش وزن هزاردانه نسبت به تیمار ۱۰ تن نانوکود نداشت. Moradi et al, 2010 بیان داشتند که احتمالاً به دلیل کوچک بودن بذر رازیانه افزایش جزئی در وزن هزاردانه چندان محسوس نیست. Jamshidi et al, 2010 مشاهده نمودند که بین تیمار تغذیه با کود شیمیایی و کود آلی از نظر وزن هزاردانه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. Akbarinia et al, 2004 نیز تأثیر کود شیمیایی را بر وزن هزاردانه زنیان بی‌اثر دانستند.

وزن تر و خشک بوته

تأثیر نانوکود و کود نیتروژنه بر عملکرد وزن تر و خشک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر متقابل آن‌ها بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۳). افزایش ۲۰/۵ و ۲۰/۶ درصدی وزن خشک و تر بوته نسبت به شاهد با افزودن ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد. بین تیمار ۲۵ کیلوگرم و سایر تیمارهای کود نیتروژن اختلاف آماری وجود نداشت. مصرف نانوکود دامی باعث افزایش وزن خشک و تر بوته رازیانه گردید. افزودن ۱۰ تن نانوکود باعث افزایش ۶۷/۹ و ۶۷/۸ درصدی وزن خشک و تر بوته نسبت به شاهد شد. بین این تیمار و سایر تیمارهای نانوکود دامی اختلاف آماری وجود نداشت. افزودن ۱۰ تن نانوکود و ۲۵ کیلوگرم نیتروژن هر کدام به‌تنهایی باعث افزایش وزن خشک و تر تک بوته رازیانه شد و مصرف بیش‌تر هر کدام

تأثیر چندانی بر این صفت نداشت (جدول ۴). به‌طور کلی افزایش تجمع ماده خشک نشان‌دهنده توانایی سایه‌انداز گیاهی در استفاده از عوامل محیطی نظیر نور، مواد غذایی و آب برای تولید ماده خشک می‌باشد. نتایج تحقیق Mirshekari and Farahvash, 2009 نشان داد که افزایش وزن خشک بوته می‌تواند ناشی از افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول باشد.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر کود دامی و کود نیتروژن قرار گرفت، اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن باعث افزایش ۲۰/۵ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. بین تیمار ۲۵ کیلوگرم و سایر تیمارهای کود نیتروژن اختلاف آماری وجود نداشت. مصرف ۱۰ تن نانوکود دامی باعث افزایش ۶۷/۸ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. بین تیمار ۱۰ تن و سایر تیمارهای نانوکود دامی اختلاف آماری وجود نداشت (جدول ۴). نتایج آزمایشات Moradi et al, 2010 و Sharifi and Haghnia, 2008 در گیاه رازیانه و Akbarinia et al, 2003 در زنیان و Ahmadian, 2006 در زیره سبز (*Cuminum cyminum*) نشان داد که با افزایش کود دامی عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. این مسئله نشان می‌دهد که مناسب بودن شرایط محیطی باعث رشد رویشی بیشتر و تولید تعداد چتر بیشتر و به‌دنبال آن افزایش عملکرد بیولوژیک گردید.

عملکرد کاه

عملکرد کاه از اختلاف عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به‌دست آمده و بیان‌گر میزان کاه و کلش تولید شده (برگ و شاخه) یا قسمت غیر اقتصادی گیاه می‌باشد که شاید رقیبی برای تولید دانه محسوب شود (Ahmadian, 2006). عملکرد کاه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن و نانوکود دامی قرار گرفت، اما اثر متقابل این دو کود تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کاه نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن باعث افزایش ۲۰/۶ درصدی عملکرد کاه نسبت به شاهد شد. بین تیمار ۲۵ کیلوگرم و سایر تیمارهای کود نیتروژن اختلاف آماری وجود نداشت. مصرف ۱۰ تن نانوکود دامی باعث افزایش ۶۹/۷ درصدی عملکرد کاه نسبت به شاهد شد. بین تیمار ۱۰ تن و سایر تیمارهای نانوکود دامی اختلاف آماری وجود نداشت (جدول ۴). کود دامی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه نیز گردید. بنابراین، افزایش تولید دانه مستلزم رشد بیشتر اندام‌های رویشی است که عملکرد کاه بیش‌تری را به‌وجود خواهد

آزمایش نشان داد که با مصرف کود نیتروژن عملکرد دانه و بیولوژیک افزایش معنی داری یافته است، اما شاخص برداشت تحت تأثیر قرار نگرفت.

عملکرد اسانس رازیانه

نانوکود دامی و کود نیتروژنه بر عملکرد اسانس رازیانه تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشت، اما اثر متقابل نانوکود و نیتروژن بر عملکرد اسانس رازیانه معنی دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش نیتروژن سبب افزایش عملکرد اسانس دانه و پیکر رویشی رازیانه به ترتیب ۲۹ و ۱۹/۴ درصد نسبت به شاهد شد. بین تیمارهای ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن اختلاف آماری وجود نداشت. مقایسه میانگین عملکرد اسانس رازیانه در تیمارهای مختلف نانوکود دامی نشان دهنده افزایش عملکرد با افزایش میزان مصرف نانوکود دامی بود. مصرف نانوکود باعث افزایش عملکرد اسانس دانه و پیکر رویشی رازیانه به ترتیب ۶۴/۲ و ۱۵۱ درصد نسبت به شاهد شد. افزایش ۲۵ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ تن نانوکود دامی هر کدام به تنهایی باعث افزایش عملکرد اسانس رازیانه گردید و مقادیر بالاتر هر کدام تأثیر معنی داری بر افزایش عملکرد اسانس نداشت (جدول ۴). در برخی از گزارش‌هایی توسط Khan *et al*, 1999 به افزایش میزان اسانس رازیانه تحت تأثیر کودهای شیمیایی اشاره شده است. Kapoor *et al*, 2004 و Mona *et al*, 2008 نیز گزارش کردند که کودهای آلی سبب افزایش عملکرد اسانس رازیانه می‌شود که با نتایج به دست آمده از مصرف نانوکود و کود نیتروژن در این آزمایش مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

مصرف ۱۰ تن نانوکود دامی و ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن هر کدام به تنهایی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، کاه و عملکرد اسانس رازیانه گردید. مقادیر بالاتر از هر کدام از این تیمارها تأثیری بر عملکرد نداشت. مصرف ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن از طریق بهبود اجزای عملکرد و افزایش عملکرد بیولوژیک باعث افزایش عملکرد دانه شد. کود نانو با افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه باعث افزایش شاخص برداشت گردید. با توجه به این که اثر متقابل تیمارها در صفات مورد مطالعه در این آزمایش معنی دار نشد، می‌توان عدم مصرف توأم کودهای نانو دامی با کود شیمیایی نیتروژن را توصیه نمود. هم‌چنین می‌توان نتیجه گرفت مصرف ۱۰ تن نانوکود دامی عملکرد کمی و کیفی قابل قبولی در گیاه دارویی رازیانه تولید می‌نماید که می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی نیتروژنه شده و مصرف مقادیر بیش‌تر از ۱۰ تن نانوکود دامی در هکتار به منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت

آورد. آزمایشات Sharif Ashor Abadi, 2002 بر رازیانه، Akbarinia *et al*, 2004 بر زنیان و Salem and Awad, 2005 بر گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) نیز افزایش عملکرد کاه را با افزایش کود نیتروژن و کود دامی نشان داد.

عملکرد دانه

نانوکود دامی و کود نیتروژنه بر عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشت. اما اثر متقابل نانوکود و نیتروژن بر عملکرد دانه معنی دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن باعث افزایش ۲۰/۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. بین تیمار ۲۵ کیلوگرم و سایر تیمارهای کود نیتروژن اختلاف آماری وجود نداشت. مصرف ۱۰ تن نانوکود دامی باعث افزایش ۶۳/۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. بین تیمار ۱۰ تن و سایر تیمارهای نانوکود دامی اختلاف آماری وجود نداشت (جدول ۴). کودهای دامی و نیتروژن با افزایش تعداد دانه در بوته و به دنبال آن افزایش عملکرد بیولوژیک توانسته‌اند باعث افزایش عملکرد دانه شوند. کود دامی ضمن در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر ضروری و غیر ضروری برای گیاه با بهبود شرایط رشد ریشه و در نتیجه افزایش رشد، تعداد چتر بیش‌تر را در پی خواهد داشت. این افزایش رشد سبزیگی گیاه باعث تولید دانه‌های بیش‌تر و باروری موفق‌تر آن‌ها شده و در مجموع عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج حاصل با نتایج Krishnamoorthy and Madalager, 2000 بر زنیان، Sharif Ashor Abadi, 2002 بر رازیانه و Tabrizi, 2005 بر گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium*) مطابقت داشت. Ahmadian, 2006 نیز با بررسی روی زیره سبز بیان نمود که کود دامی بر عملکرد دانه تأثیر گذاشته و باعث افزایش معنی داری به میزان ۱۵ درصد می‌شود. Mirshekari and Farahvash, 2009 نیز بیان نمود با افزایش نیتروژن عملکرد دانه گیاه رازیانه افزایش می‌یابد.

شاخص برداشت

نانوکود دامی تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت داشت، در حالی که شاخص برداشت تحت تأثیر مصرف کود نیتروژن و اثر متقابل آن با نانوکود قرار نگرفت (جدول ۳). با توجه به این که شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارها و اثر متقابل آن‌ها قرار نگرفته است، نشان می‌دهد که گیاه رازیانه در شرایط متفاوت تغذیه‌ای سهم تقریباً ثابتی از مواد فتوسنتزی خود را به عملکرد دانه و بیولوژیک اختصاص داده و تناسب دانه به سایر اندام‌های گیاه تغییر چندانی نمی‌کند. برخی محققین گزارش کرده‌اند که شاخص برداشت گیاهان تحت تأثیر ژنتیک بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Ahmadian, 2006). نتایج

توصیه نمی‌شود.

پژوهشکده زعفران دانشگاه تربت‌حیدریه که این پژوهش با حمایت
مادی و معنوی پژوهشکده زعفران دانشگاه تربت‌حیدریه انجام شده
است، صمیمانه تشکر می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از ریاست و کارشناسان مزرعه و آزمایشگاه‌های

References

1. Abdallah, N., El-Gengaihi, S., and Sedrak, E. 1978. The effect of fertilize treatment on yield of seed and volatile of fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal of Medicinal and Aromatic Plants 33(9): 607-608.
2. Ahmadian, A. 2006. Effect of irrigation frequency and manure on the quality and quantity of cumin. MSc thesis. Zabol University. (In Persian with English Abstract).
3. Akbarinia, A., and Tahmasbi sarvestani, A. 2003. Effect of different feeding systems on yield and essential oil content of seeds Ajowan. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 18:79-89. (In Persian with English Abstract).
4. Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidkan, F., Rezayi, M., and Sharifi Ashorabadi, A. 2004. The effect of chemical fertilizer, manure on yield and essential oil content of seeds Ajowan modulator. Research and Development 16(4): 32- 42. (In Persian with English Abstract).
5. Badran, F. S., and Safwat, M. S. 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. Egyptian Journal of Agricultural Research 82: 247-256.
6. Baybordi, Y., Malakoti, J., Amirmakri, H., and Nafisi, M. 2000. Production and consumption of chemical fertilizers in line with the objectives of sustainable agriculture. Publish Agricultural Education 97 PP.
7. Black, I., and Dyson, C. 2008. Thirty years of change in South Australian broadacre agriculture. In Global Issues, Paddock Action Proc. 14th Australian Agronomic Conference Adelaide. South Australia, Australian Societa Agronomic. 21-25 September.
8. Chandhary, G. R. 1989. Effect of nitrogen level and weed control on weed competition, nutrient uptake of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Indian Journal of Agricultural Science 59(6): 397-399.
9. Darzi, M. T., and Hadj Seyed Hadi, M. R. 2003. Evaluation of agronomic and ecological issues of chamomile and fennel. Olive magazine 152: 42-49. (In Persian with English Abstract).
10. Ehsanipour, A., Razmjoo, K., and Zeinali, H. 2013. Effect of nitrogen rates on yield, yield components and essential oil content of several fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28 (4) 579-593. (In Persian with English Abstract).
11. Fitzgerald, G., Rodriguez, D., and Leary, G. O. 2010. Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index. The canopy chlorophyll content index (CCCI). Field Crops Research 116: 318-324.
12. Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Goltapeh, A. 2010. Positive effect of fungi *Piriformospora Indica* on fennel yield, yield components under effect organic matter. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 7-14. (In Persian with English Abstract).
13. Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K. G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.
14. Khan, M. M., and Azam, Z. M. 1999. Change in the essential oil constituents of *Foeniculum vulgare* in relation of basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. Journal Plant Nutrition 11: 2205-2515.
15. Krishnamoorthy, V., and Madalager, M. B. 2000. Effect of interaction of nitrogen and phosphorus on seed and essential oil of Ajowan (*Trachypernum ammi*). Journal of Spices and Aromatic Crops 9(2): 137- 149.
16. Mahfouz, S. A., and Sharaf Eldin, M. A. 2007. Effect of mineral biofertilizer on growth, yield and essential oil content of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21(4): 361-366.
17. Manafi Molayosefi, M., and Hayati, B. 2010. Production and export of medicinal plants, advantages, problems and solutions. Proceedings of the First Regional Conference on Marketing Medicinal Plants Kurdistan. 145-156 (In Persian with English Abstract).
18. Mirshekari, B., and Farahvash, F. 2009. Irrigation management and Nitrogen fertilization in Fennel in a semi-arid climate quarterly. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 27(4): 541-550. (In Persian with English Abstract.)
19. Mona, Y., Kandil, A. M., and Swaefy Hend, M. F. 2008. Effect of three different compost levels on Fennel and Salvia growth character and their essential oils. Biological Sciences 4: 34-39.
20. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel).

- Journal of Agricultural Research 7(2): 625-635. (In Persian with English abstract).
21. Movaghatian, A., and Siahposh, A. 2011. Effect of integrated nutrient management and yield components of Fennel. Journal of Agriculture 37(2): 113-126. (In Persian with English Abstract).
22. Omidbaigi, R. 2007. Production and processing of medicinal plants. Volume 2. 4th. Edition. Astan Qods Razavi Publications, Beh Nashr. 438 pp.
23. Picard, D., Ghiloufi, M., Saulas, P., and Tourdonnet, S. 2010. Does undersowing winter wheat with a cover crop increase competition for resources and is it compatible with high yield? Field Crops Research 115: 9-18.
24. Salem, A. G., and Awad, A. M. 2005. Response of Coriander plants to organic and mineral fertilizers fertigated in sandy soils. Egyptian Journal Agricultural Research 83(2): 829-858.
25. Sarmadnia, GH. H., and Kochaki, A. 1999. Crop Physiology. Press Mashhad University Jihad. 400 PP
26. Sharifi, Z., and Haghnia, GH. 2008. Effect Nitroxin biological fertilizer on yield and yield components wheat Sabalan. The National Conference of Ecological Agriculture. Iran. Gorgan.104-108. (In Persian with English Abstract).
27. Sharif Ashor Abadi, A. 2002. Effect of organic and chemical fertilizers on yield Fennel. Journal of Medicinal and Aromatic Plants in Iran.7: 1-26. (In Persian with English Abstract).
28. Singh, R. V., and Chauhan, S. P. S. 1994. Response of barley to the levels and sources of nitrogen with and without zinc in relation to yield and water use under dryland conditions. Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika. 6: 43-48.
29. Soltaninejhad, F., Fallah, S., and Heidari, M. 2014. Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). Journal of Crop Production 6(3): 125-143. (In Persian with English abstract).
30. Sumner, M. E. 2000. Beneficial use of effluents, waste and biosolids. Communication in Soil and Plant Analyses 31:1701-1715.
31. Tabrizi, L. 2005. The effect of moisture and manure on quantitative and qualitative characteristics of Fleawort. MSc thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad.
32. Wagner, H. 1993. Maximizing seed yield and important components of Fennel (*Foeniculum vulgare*). Seed Science Journal 95: 114-117.



The Effect of Application of Nitrogen Fertilizer and Nano-Organic Manure on Yield, Yield Components and Essential Oil of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

S. Khoshpeyk¹- R. Sadrabadi Haghighi^{2*} - A. Ahmadian³

Received: 24-11-2015

Accepted: 09-01-2016

Introduction

Since discovery of food, clothing and shelter, human wanted to improve their physical sufferings, and using experience separated toxic plants from non – toxic ones and medicinal herbs from non – medicine. Medicinal herbs are agricultural products which have a very important role in the health of people in society. Among the medicinal herbs, fennel with scientific name (*Foeniculum vulgare* Mill.) traditionally was used for treating problems such as Inflammation and Cramping. Now, one of the main objectives of the modern agriculture is decreasing the consumption of fertilizers and greater the use of organic fertilizers especially livestock fertilizers. The use of organic fertilizers in nano-dimensions can absorb the nutrients needed to plant. Better use of nano-technology for producing organic fertilizers, suitable for recruiting plant can help plants in variable environmental conditions and be effective in the growth, quantity and quality performance (Sumner, 2000). By the considering the same management of organic and chemical fertilizers consumption especially nano-organic fertilizers, is of great importance and necessitate further research and consideration in all kinds of plants, medical and aromatic herbs and plants in particular.

Materials and Methods

A factorial experiment, arranged in a randomized complete blocks design with three replications, was conducted in the Saffron Research Institute at Torbat - Heydarieh University in 2014. The geographical location of the experimental station was 35° 20' N and 59° 13' E with the altitude of 1450 m. Factors, including utilization of nano-organic fertilizer in four levels (zero, 10, 20 and 30 tons per hectare) and nitrogen fertilizers application in four levels (0, 25, 50 and 75 kg per hectare). Each experimental plot was 3 m long and 2 m wide and contained 4 rows with 50 cm distance. Seeds were directly sown by hand in late May. First irrigation was done 10 days after seedling emergence. The rest of irrigation was done every 5 days. The spacing between plants were 20 cm that was achieved by thinning plants in 3-4 leaves stage. Weeding was done manually tree times. Fennel harvesting was done in early September at the time of physiological maturity. At the first five plants harvested randomly from each plot for measurement of plant height, the number of lateral branches per plant, the number of umbels per plant, the number of seeds per umbel, the number of seeds per plant, weight of 1000 seed and fresh and dry weight of plant. Then for measurement of biomass, grain yield and harvest index, one m² of center of each plot was harvested. Seed and straw essence were measured using distillation method with distilled water by Clevenger apparatus. The data was analyzed using the SAS software. Means comparisons were done with Duncan's multiple rang test at 5% probability.

Results and Discussion

Results showed that height, the number of lateral branches, the number of umbels per plants, the number of seeds per plant, 1000 seed weight, dry weight, seed yield, straw yield, biological yield, harvest index, and essence yield were affected by nano-organic manure. Nitrogen fertilizers had significant effect on height, the number of seeds per umbrella, the number of seeds per plant, plant fresh and dry weight, seed yield, straw yield, biological yield and essence yields while the number of lateral branches, umbels per plant, seed weight and harvest index was not affected by this factor. The interaction of nano- organic manure and nitrogen fertilizer had not significant effect on the measurement characteristics. While the application of 10 ton ha⁻¹ of nano-organic manure or 25 kg ha⁻¹ of nitrogen fertilizer could increase biological, seed, straw and essential oil yield, higher amount utilization values of each treatment had no effect. Consumption of 25 kg ha⁻¹ of nitrogen fertilizer increased seed yield by increasing the biological yield, while 10 tons ha⁻¹ nano-organic manure increased yield by increasing the number of umbrellas per plant, number of seeds per plant and seed weight.

1- Agronomy MSc. Student, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

2- Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

3- Assistant Professor, Department of Plant Production, Saffron Institute, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran

(*- Corresponding Author Email: rsadarabadi@mshdiau.ac.ir)

Conclusions

In general it can be concluded that consumed 10 ton ha⁻¹ of nano-organic manure can be an appropriate alternative for nitrogen fertilizers in fennel and probably has less adverse effects on environment.

Keywords: Biological yield, Harvest index, Number of seeds per umbel, Number of umbel per plant



زراعت کم آب در ایران : راهبردها و کاربردها

تهیه و تدوین : دکتر علیرضا کوچکی ، دکتر محمد خواجه حسینی
اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد



تو بر کنار فراتی ، ندانی این معنی

به راه بادیه داند قدر آب زلال

کمبود آب واقعی است انکارناپذیر و همچنین اجتناب ناپذیر ولی بی آبی حقیقتی است کاملاً اجتناب ناپذیر که البته اجتناب از آن جز در سایه تدبیر و دوراندیشی و با اتکا به مبانی علمی و بهره گیری از خرد جمعی و عزم ملی در جهت مدیریت یکپارچه آب میسر نخواهد شد . راهکارها و راهبردها برای حصول چنین هدفی می تواند با بستر سازی فرهنگی ، جامعه شناسی و گفتگوی ملی آغاز شده و متعاقب آن رهیافتهای فنی به اجرا گذاشته شود .

در دنیای کنونی تامین امنیت بدون دسترسی به آب کافی میسر نیست و امنیت آب حیاتی تر از امنیت غذایی است . امروز مناسبات جدید بین المللی با محوریت آب در حال شکل گیری است و این مایه حیاتی می رود که به عنوان ابزاری برای پیشبرد مقاصد سیاسی کشورهای سیراب در آورده شود و بدون تردید در آینده آب به عنوان کالایی اساسی در فرمول ها و معادلات اقتصادی و محاسبات مربوط به تولید ناخالص ملی و بالاخره در شاخص های توسعه یافتگی کشورها در خواهد آمد و در نتیجه آنانی که سیراب ترند توسعه یافته تر نیز تلقی می شوند . این نوشتار بر محوریت کم آبی استوار است و برای آن دو محور در نظر گرفته شده است که در محور نخست



راهبردها و رهیافتها و مبانی نظری و در محور دوم کاربردها و کاربری ها و مبانی تجربی و کاربردی مربوط به آب آورده شده است . هر فصل از کتاب توسط یک یا چند نفر نگارش شده و در جمع 16 فصل آن در 599 صفحه توسط 21 نفر از اساتید دانشگاه و پژوهشگران مراکز پژوهشی کشور به رشته تحریر درآمده است . هدف ویراستاران کتاب بر چند اصل مهم زیر استوار بوه است : (1) دیدگاه های جامع و فراگیر در مدیریت آب در زنجیره ای طولانی از محل شکل گیری آن به شکل باران با تجزیه و تحلیل های اقلیمی تا محل مصرف آن در قالب آب مجازی در سفره ها و میزهای غذا (2) تاکید هرچه بیشتر بر یافته ها و نتایج پژوهشهای ملی و محلی (3) تاکید بر مدیریت آب در مقیاس های خرد و کلان از حوضه های آبخیز تا مزرعه (4) تاکید ویژه بر مدیریت آب در مقیاس بوم نظامهای زراعی با نگاهی خاص به افزایش کارآیی و بهره وری آب (5) ارائه روش ها و الگوهای نوین موجود در مدیریت آب برای انواع قابل استفاده آن شامل سبز ، آبی ، خاکستری . باید اذعان نمود که علیرغم آنچه ذکر شد در این نوشتار جای خالی تجزیه و تحلیل های جامعه شناختی و اجتماعی در مدیریت آب به آن گونه که شایسته و بایسته است همچنان خالی است و بدون تردید در چاپ های بعدی این موضوع بسیار مهم مدنظر قرار داده خواهد شد . امید است نوشتار حاضر بتواند در جهت اطلاع رسانی و آگاهی بخشیدن به همه ذینفعان که در واقع کل جامعه را در بر می گیرد و به خصوص سیاست گزاران و مدیران حوزه آب ، جامعه علمی و پژوهشگران مثر ثمر واقع افتد . این کتاب توسط جهاد دانشگاهی مشهد منتشر شده است .

Contents

Evaluation of Yield and Radiation Use Efficiency of Winter Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) and Sugar beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) in Relay Intercropping	557
A. Koocheki- M. Nasiri Mahallati- H. Zarghani- A. Norooziyan	
Effect of Three Species of Mycorrhiza Inoculation on Yield and Some Physiological properties of Two Potato Cultivars under Drought Stress in Controlled Conditions	573
S. Khaninejad- H. R. Khazaie- J. Nabati- M. Kafi	
Effect of Soil Salinity, Type and Amount of Nitrogen Fertilizer on Yield and Biochemical Properties of Mustard (<i>Brassica rapa</i> L.)	585
S. Tandisseh- A. R. Astaraei- H. Emami	
Study on Replacement Probability of Organic with Chemical Fertilizers in Canola (<i>Brassica napus</i>) under Two Deficit and Full Irrigation Conditions	597
S. J. Azimzadeh- M. Nassiri Mahallati- A. Koocheki	
Effect of Moisture Stress on Agronomic and Morphological Characteristics of Recombinant Inbred Lines in Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	616
H. Nourizadeh- M. H. Ehtemam- A. Arzani- M. Esmailzadeh-Moghadam	
Investigation of Casual Relationships between Effective Morphophysiological Traits of Spring Bread Wheat Cultivars Tolerance to Wild Oat	629
S. H. Mousavi- S. A. Siadat- Kh. Alami-Saeid- E. Zand- A. M. Bakhshandeh	
Assessing Some of Growth Indices in Safflower Using Regression Analysis	644
F. Khatib- B. Torabi- A. Rahimi	
Genotypic Correlation and Path Analysis of Some Traits related to Oil Yield and Grain Yield in Canola (<i>Brassica napus</i> L.) under Non-stress and Water Deficit Stress Conditions	663
A. Ismaili- S. S. Sohrabi- S. Z. Hosseini- R. Namdarian- D. Godarzi	
The Effect of Drought Stress and Plant Density on Biochemical and Physiological Characteristics of Two Garlic (<i>Allium sativum</i> L.) Ecotypes	673
Sh. Akbari- M. Kafi- Sh. Rezvan Beidokhti	
Effects of Chemical and Organic Fertilizers on Growth, Yield and Yield Component of Tomato (<i>Lycopersicon sculentum</i> L.)	684
R. Mirzaei Talarposhti- M. Rostami	
Effect of Irrigation and Nitrogen on Agronomic Parameters, Yield, Grain Quality and Agronomic Nitrogen Use Efficiency of Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.)	697
J. Hamzei- H. Nejafi- M. Babaei	
The Effects of Biological Fertilizers, Chemical Fertilizers and Manure Application on Some Qualitative Characteristics of <i>Vicia villosa</i> Roth Forage under Greenhouse Condition	709
R. Kamaei- M. Parsa- M. Jahan- H. Rajari Sharifabadi- A. A. Naserian	
Simulation of Rice Water Productivity via CropSyst Model under Low Irrigation and Nitrogen Fertilizer	722
M. Mirakhori- B. Mirshekari- E. Amiri- F. Paknejad- M. Yarnia	
Effect of Zinc and Salicylic acid Foliar Application on Quantitative and Qualitative Characteristics of Soybean under Deficit Irrigation Conditions	733
Z. Zarei- J. Daneshian- A. Khorgamy	
The Effect of Sowing Date and Plant Density on Yield and Yield Components of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) under Jiroft Climate Conditions	744
B. Parsa Motlagh- P. Rezvani Moghaddam- R. Ghorbani- Z. Azami Sardooei	
Evaluation of the Increased Rates of Water Super Absorbent and Humic Acid Application under Deficit Irrigation Condition on Some Agroecological Characteristics of <i>Zea Mays</i> Using Response Surface Methodology	763
M. Jahan- M. B. Amiri- F. Noorbakhsh	
Investigation of Barely Grain Yield Improvement during the Last Half Century across Golestan Province	773
M. Hajipoor- A. Rahemi Karizaki- H. Sabori- H. A. Fallahi	
Effect of Application of Nitrogen Fertilizer and Nano-Organic Manure on Yield, Yield Components and Essential Oil of Fennel (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.)	786
S. Khoshpeyk- R. Sadrabadi Haghighi- A. Ahmadian	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 14

No. 4

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., Birjand University
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	Assoc. Prof., Birjand University
Rahimian-Mashhadi, H.	Crop Physiology	Prof., Tehran University
Zamani, Gh.R.	Crop Physiology	Assoc. Prof., Birjand University
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
Nassiri-Mahalati, M.	Crop Modeling	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://jcesc.um.ac.ir>

Contents

Evaluation of Yield and Radiation Use Efficiency of Winter Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) and Sugar beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) in Relay Intercropping.....	557
A. Koocheki- M. Nasiri Mahallati- H. Zarghani- A. Norooziyan	
Effect of Three Species of Mycorrhiza Inoculation on Yield and Some Physiological properties of Two Potato Cultivars under Drought Stress in Controlled Conditions	573
S. Khaninejad- H. R. Khazaie- J. Nabati- M. Kafi	
Effect of Soil Salinity, Type and Amount of Nitrogen Fertilizer on Yield and Biochemical Properties of Mustard (<i>Brassica rapa</i> L.).....	585
S. Tandisheh- A. R. Astaraei- H. Emami	
Study on Replacement Probability of Organic with Chemical Fertilizers in Canola (<i>Brassica napus</i>) under Two Deficit and Full Irrigation Conditions	597
S. J. Azimzadeh- M. Nassiri Mahallati- A. Koocheki	
Effect of Moisture Stress on Agronomic and Morphological Characteristics of Recombinant Inbred Lines in Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	616
H. Nourizadeh- M. H. Ehtemam- A. Arzani- M. Esmailzadeh-Moghadam	
Investigation of Casual Relationships between Effective Morphophysiological Traits of Spring Bread Wheat Cultivars Tolerance to Wild Oat.....	629
S. H. Mousavi- S. A. Siadat- Kh. Alami-Saeid- E. Zand- A. M. Bakhshandeh	
Assessing Some of Growth Indices in Safflower Using Regression Analysis.....	644
F. Khatib- B. Torabi- A. Rahimi	
Genotypic Correlation and Path Analysis of Some Traits related to Oil Yield and Grain Yield in Canola (<i>Brassica napus</i> L.) under Non-stress and Water Deficit Stress Conditions.....	663
A. Ismaili- S. S. Sohrabi- S. Z. Hosseini- R. Namdarian- D. Godarzi	
The Effect of Drought Stress and Plant Density on Biochemical and Physiological Characteristics of Two Garlic (<i>Allium sativum</i> L.) Ecotypes	673
Sh. Akbari- M. Kafi- Sh. Rezvan Beidokhti	
Effects of Chemical and Organic Fertilizers on Growth, Yield and Yield Component of Tomato (<i>Lycopersicon sculentum</i> L.).....	684
R. Mirzaei Talarposhti- M. Rostami	
Effect of Irrigation and Nitrogen on Agronomic Parameters, Yield, Grain Quality and Agronomic Nitrogen Use Efficiency of Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.).....	697
J. Hamzei- H. Nejafi- M. Babaei	
The Effects of Biological Fertilizers, Chemical Fertilizers and Manure Application on Some Qualitative Characteristics of <i>Vicia villosa</i> Roth Forage under Greenhouse Condition	709
R. Kamaei- M. Parsa- M. Jahan- H. Rajari Sharifabadi- A. A. Naserian	
Simulation of Rice Water Productivity via CropSyst Model under Low Irrigation and Nitrogen Fertilizer	722
M. Mirakhori- B. Mirshekari- E. Amiri- F. Paknejad- M. Yarnia	
Effect of Zinc and Salicylic acid Foliar Application on Quantitative and Qualitative Characteristics of Soybean under Deficit Irrigation Conditions	733
Z. Zarei- J. Daneshian- A. Khorgamy	
The Effect of Sowing Date and Plant Density on Yield and Yield Components of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) under Jiroft Climate Conditions	744
B. Parsa Motlagh- P. Rezvani Moghaddam- R. Ghorbani- Z. Azami Sardooei	
Evaluation of the Increased Rates of Water Super Absorbent and Humic Acid Application under Deficit Irrigation Condition on Some Agroecological Characteristics of <i>Zea Mays</i> Using Response Surface Methodology	763
M. Jahan- M. B. Amiri- F. Noorbakhsh	
Investigation of Barely Grain Yield Improvement during the Last Half Century across Golestan Province.....	773
M. Hajipour- A. Rahemi Karizaki - H. Sabori- H. A. Fallahi	
Effect of Application of Nitrogen Fertilizer and Nano-Organic Manure on Yield, Yield Components and Essential Oil of Fennel (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.).....	786
S. Khoshpeyk- R. Sadrabadi Haghighi- A. Ahmadian	