



نشریه علمی - پژوهشی پژوهشهای زراعی ایران

شماره ۴

جلد ۱۵

سال ۱۳۹۶

(شماره پیاپی: ۴۸)

شاپا: ۱۴۷۳-۲۰۰۸

عنوان مقالات

- ۷۲۱ بررسی اثر اسموپرایمینگ بذور، روش‌های کاشت و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی (*Citrullus lanatus*)
مسعود زرنادی - محمد خواجه حسینی - علی اصغر محمدآبادی
- ۷۳۵ اثر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی گیاهچه کنگد در شرایط تنش شوری
حسین صفری - شهاب‌مداح حسینی - آرمان آذری - محمد حشمتی رفسنجانی
- ۷۴۷ تحلیل شاخص‌های رشدی شبلیله تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته
لیلا لندکار خطیبانی - براتعلی فاضری
- ۷۶۱ بررسی شاخص‌های رشد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) تحت تأثیر تراکم و زمان سبزشدن علف‌هرز تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)
مجتبی اسدی - علیرضا بدوی - محمد عظیمی گندمانی
- ۷۷۶ بررسی مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی جای‌توش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد
پرویز رضوانی مقدم - قربانعلی اسدی - مه‌القصوانی شجری - فاطمه رنجبر - روشنگر شهرباری
- ۷۸۶ ارزیابی اثر زمان و غلظت محلول‌پاشی باکلوپترازول بر تولید و خصوصیات جوانه‌زنی ریزغده‌های سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)
بیژن سعادتیان - محمد کافی - محمد بشایان نول - جعفر تباتی
- ۷۹۸ بهینه‌سازی تراکم بوته و نیتروژن در زراعت ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از طرح مرکب مرکزی
علیرضا کوجکی - مهدی نصیری محلاتی - سرور خرم دل - سحر مرید احمدی
- ۸۱۱ بررسی اثر تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن بر رشد، عملکرد و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare*) در شرایط شوشتر
روزبه فرهودی - زهره اخذارحم پور
- ۸۲۳ تأثیر سطوح مختلف حاصلخیزکننده‌های آلی و شیمیایی بر عملکرد، شاخص برداشت و درصد عصاره گیاه دارویی شاه‌دانه (*Cannabis sativa* L.)
ممنانه لاله - مجید جاسمی الاحمدی - سهیل پارسا
- ۸۳۸ تأثیر دسرآبیسی بقایای گندم و جو بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) و کنترل علف‌های هرز
ملیحه شاه‌بیگی - حسن مکاریان - حمید عباس دخت
- ۸۵۱ بررسی اثر تاریخ کاشت در کاهش دوره رشد ارقام گلرنگ پیاره در اقلیم سرد و نیمه‌خشک تبریز
یمن پاسبان اسلام
- ۸۶۱ بررسی تأثیر سلنیوم و روش‌های مصرف کود مرکب آورده بر عملکرد دانه و اجزای آن و صفات کیفی گندم در شرایط دیم
محمد کونانی تورعلی ساجدی - محمد رضا سبحانی
- ۸۷۳ ارزیابی صفات مختلف زراعی و کیفی در ژنوتیپ‌های مختلف تربیتکاله
سیدالله انصاری - سیدعلی محمد میر محمدی میندی - احمد ارزانی - پورابحد گلکار

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

«نشریه علمی - پژوهشی قطب علمی گیاهان زراعی ویژه»

با شماره ثبت 124/7857 از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و
82/5/27

درجه علمی - پژوهشی شماره 3/11/74509 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
89/10/21

سال 1396

شماره 4

جلد 15

صاحب امتیاز:	دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول:	پرویز رضوانی مقدم
سر دبیر:	حمیدرضا خزاعی

اعضای هیئت تحریریه:

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)	یحیی امام
استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)	عبد الرضا باقری
استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)	محمدعلی بهدانی
استاد - مدلسازی سیستمهای کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)	محمد بنایان اول
دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)	مجید جامی الاحمدی
استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)	حمیدرضا خزاعی
استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)	حمید رحیمیان مشهدی
دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)	غلامرضا زمانی
استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی)	احمد زارع فیض آبادی
استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)	فرج اله شهریاری احمدی
استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)	محمد کافی
استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)	احمد نظامی
استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)	داریوش مظاهری

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: 20 نسخه

قیمت: 5000 ریال (دانشجویان 2500 ریال)

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، نشریه پژوهشهای زراعی ایران صندوق پستی 91775-1163

نمبر: 38787430

پست الکترونیک: cesc@um.ac.ir

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

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه می شود:

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 721 بررسی اثر اسمویرایمینگ بذور، روش‌های کاشت و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی (*Citrullus lanatus*)
مسعود زرنندی - محمد خواجه حسینی - علی اصغر محمدآبادی
- 735 اثر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی گیاهچه کنجد در شرایط تنش شوری
حسین صفری - شهاب مداح حسینی - آرمان آذری - محمد حشمتی رفسنجانی
- 747 تحلیل شاخص‌های رشدی شنبلله تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته
لیلا بذرکار خطیبانی - براتعلی فاخری
- 761 بررسی شاخص‌های رشد سیب‌زمینی (*Solanum tubersum* L.) تحت تأثیر تراکم و زمان سبزشدن علف‌هرز تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)
مجتبی اسدی - علیرضا یدوی - محمد عظیمی گندمانی
- 776 بررسی مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد
پرویز رضوانی مقدم - قربانعلی اسدی - مهسا اقحوانی شجری - فاطمه رنجبر - روشنگر شهریار
- 786 ارزیابی اثر زمان و غلظت محلول پاشی پاکلوبوترازول بر تولید و خصوصیات جوانه‌زنی ریزغده‌های سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)
بیژن سعادتیان - محمد کافی - محمد بنایان اول - جعفر نباتی
- 798 بهینه‌سازی تراکم بوته و نیتروژن در زراعت ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از طرح مرکب مرکزی
علیرضا کوچکی - مهدی نصیری محلاتی - سرور خرم دل - سحر مرید احمدی
- 811 بررسی اثر تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن بر رشد، عملکرد و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare*) در شرایط شوشتر
روزبه فرهودی - زهرا خدارحم پور
- 823 تأثیر سطوح مختلف حاصلخیزکننده‌های آلی و شیمیایی بر عملکرد، شاخص برداشت و درصد عصاره گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)
سمانه لاله - مجید جامی الاحمدی - سهیل پارسا
- 838 تأثیر دگرآسیمی بقایای گندم و جو بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) و کنترل علف‌های هرز
ملیحه شاه بیکی - حسن مکاریان - حمید عباس دخت
- 851 بررسی اثر تاریخ کاشت در کاهش دوره رشد ارقام گلرنگ بهاره در اقلیم سرد و نیمه‌خشک تبریز
بهمن پاسبان اسلام
- 861 بررسی تأثیر سلیوم و روش‌های مصرف کود سرک اوره بر عملکرد دانه و اجزای آن و صفات کیفی گندم در شرایط دیم
محمد کونانی - نورعلی ساجدی - محمدرضا سبحانی
- 872 ارزیابی صفات مختلف زراعی و کیفی در ژنوتیپ‌های مختلف تریکاله
سیف‌الله انصاری - سیدعلی محمد میرمحمدی میبدی - احمد ارزانی - پوران‌دخت گلکار

- 885 اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام مختلف ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط کرم‌آشاه
منصور احمدی - فرزاد مندنی - محمود خرمی وفا - غلامرضا محمدی - علی شیرخانی
- 901 روند توسعه سطح برگ، تجمع ماده خشک و پرشدن دانه باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تأثیر تاریخ کاشت و اندازه بذر
صفورا جعفرنوده - ابراهیم زینلی - افشین سلطانی - فاطمه شیخ
- 914 تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ‌های مختلف کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.)
رضا خانی - امیر رضا صادقی بختوری - بهمن پاسیان اسلام - وحید سرابی
- 925 تأثیر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی کاسنی (*Cichorium intybus*) در
واکنش به تنش خشکی
نوید رضایی نیا - محمود رمرودی - محمد گلوی - محمد فروزنده
- 939 اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر فنولوژی، شاخص‌های رشدی و عملکرد دو رقم عدس در شرایط دیم مشهد
محمد بنایان اول - فاطمه یعقوبی - زهرا رشیدی - سیاوش برده‌چی



بررسی اثر اسموپرایمینگ بذور، روش‌های کاشت و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی (*Citrullus lanatus*)

مسعود زرنندی¹ - محمد خواجه حسینی^{2*} - علی اصغر محمدآبادی³

تاریخ دریافت: 1393/03/21

تاریخ پذیرش: 1395/09/22

چکیده

به منظور ارزیابی اثر پرایمینگ بذور، روش‌های کاشت و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی (*Citrullus Lanatus*) آزمایشی در قالب طرح اسپلیت پلات بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال 1392 در دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. فاکتور اول شامل پرایمینگ بذور در دو سطح (بذور پرایم نشده و پرایم شده)، فاکتور دوم نشاءکاری که به صورت کشت مستقیم و نشائی و فاکتور سوم محلول پاشی کود بیولوژیک در دو سطح (بدون کود بیولوژیک و با کود بیولوژیک) بود. نتایج نشان داد که پرایمینگ بذور بر روی تعداد میوه در هر بوته، عملکرد دانه و وزن خشک کل اثر معنی‌داری نشان داد. نشاءکاری نیز باعث بهبود صفات (تعداد میوه در هر بوته، تعداد دانه در هر میوه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه) و کود بیولوژیک بر روی تمامی صفات مورد آزمایش اثر معنی‌داری نشان دادند. اثرات متقابل کود بیولوژیک با نشاءکاری نیز باعث افزایش صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر میوه شد که بیشترین وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر میوه به ترتیب با 163/3 گرم و 592/7 عدد دانه در تیمار نشائی در حضور کود و کمترین آن به ترتیب برابر با 144/7 گرم و 414/7 عدد دانه در تیمار کشت مستقیم بدون کود مشاهده شد. با توجه به نتایج، نشاءکاری هندوانه آجیلی حاصل از پرایمینگ بذور به همراه کودبیولوژیک بیشترین عملکرد دانه (2300 کیلوگرم در هکتار) را نسبت به تیمار شاهد بذری و نشائی داشت که به عنوان بهترین تیمار قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، پیش تیمار بذر، سودوموناس، عملکرد دانه، کشت نشائی

مقدمه

ایالات متحده آمریکا تولید می‌شود. ایران بعد از کشور چین از نظر تولید و سطح زیر کشت این محصول در مقام دوم جهانی قرار دارد و سطح زیر کشت آن در ایران حدود 136 هزار هکتار با میانگین تولید 24 تن در هکتار می‌باشد (FAO, 2009).

پژوهش‌های انجام گرفته در مناطق مختلف و همچنین اظهارات کشاورزان بیانگر آن است که جوانه‌زنی پایین و استقرار ضعیف گیاهچه‌ها در مزرعه، از دلایل اصلی کم بودن عملکرد گیاهان زراعی و به خصوص صیفی‌جات می‌باشد (Baalbaki et al., 1999). پیش تیمار بذور، علاوه بر افزایش جوانه‌زنی، استقرار بهتر گیاهچه در مزرعه و همچنین کاهش اثرات نامناسب شرایط محیطی در اوایل رشد، سبب زودرسی محصول و افزایش عملکرد می‌شوند. پرایمینگ بذور، به اعمال تیمارهای رطوبتی بذر (که گاهی مواد دیگری با آب همراه است) قبل از کاشت روی بذر به منظور افزایش جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار مطلوب گیاهچه اطلاق می‌شود (Basra, 2006). Nascimento (2003) گزارش کرد که پرایمینگ بذور اثر معنی‌داری بر بنیه گیاهچه، درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن

هندوانه آجیلی (*Citrullus lanatus*) از جمله گیاهان صیفی است که به عنوان کشت دوم بعد از محصولات زمستانه در بعضی از مناطق کشور کشت می‌شود. این محصول به دلایل زمان کوتاه کاشت تا رسیدگی، هزینه‌های تولید کم و سودآوری بیشتر نسبت به سایر گیاهان بهاره، امروزه مورد توجه بیشتر کشاورزان قرار گرفته است (Radmehr, 2010). مصرف هندوانه در دنیا بیش از سایر گیاهان تیره کدوسانان (*Cucurbitaceae*) بوده که 6/8٪ از تولید سبزی‌ها به این محصول اختصاص دارد. سطح زیر کشت هندوانه در دنیا 3/5 میلیون هکتار با تولید 96 میلیون تن می‌باشد. پنجاه درصد محصول هندوانه جهان، توسط چهار کشور چین، ایران، ترکیه و

1 و 2 - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگروکولوژی، دانشیار و مربی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) - نویسنده مسئول: (Email: Agr844@yahoo.com)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.36213

ضروری است (Jaskani et al., 2006).

در تولید هندوانه در شرایط کشت آبی، بعد از سبز شدن گیاه، از یک نیروی کمکی یا مکمل همانند انواع کودها به خصوص کودهای زیستی به عنوان روشی مکمل برای افزایش فراهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاه و در نهایت افزایش شاخص برداشت می توان استفاده کرد (Radmehr, 2010). کودهای زیستی در کشاورزی از قدمت بسیار زیادی برخوردار است ولی بهره برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. کاربرد کودهای زیستی به علل مختلفی در طی چند دهه ی گذشته کاهش یافته است ولی امروزه با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، استفاده از آن ها در کشاورزی مجدداً مورد توجه قرار گرفته است (Astarai, 1996 and Kochaki). استفاده از مواد آلی و زیستی راهکاری مؤثر در جهت افزایش عملکرد به ویژه در کشاورزی پایدار می باشد. استفاده از کودهای آلی و زیستی علاوه بر افزایش مواد آلی خاک، باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها شده و در نتیجه ساختمان خاک را بهبود می بخشد (Patidar and Mali, 2004). ازتوباکتر (*Azotobacter* sp)، آزسپریلیوم (*Azospirillum* sp) و سودوموناس (*Pseudomonas* sp) از جمله کودهای زیستی هستند که به عنوان باکتری های ریزوسفر محرک رشد گیاه مطرح بوده و امکان کاربرد گسترده آن ها برای انواع گیاهان زراعی مورد توجه و تأکید قرار گرفته است (Biari et al., 2011). در آزمایشی توسط Biari et al (2011) اثر تلقیح دو گونه باکتری ازتوباکتر و آزسپریلیوم بر خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این بررسی نشان داد که تلقیح ذرت با ازتوباکتر باعث افزایش وزن دانه در بوته، وزن کل بوته، مقدار نیتروژن و روی در دانه شد. هدف از این آزمایش بررسی اثر اسموپرایمینگ بذور (افزایش درصد و سرعت جوانه زنی)، نشاءکاری (برای زودرسی محصول) و کودهای زیستی (برای فراهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاه) و در نهایت بررسی اثرات این عوامل سه گانه بر افزایش عملکرد هندوانه آجیلی بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال 1392 در آزمایشگاه، گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب کرت های خرد شده نواری در پایه ی طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل پرایمینگ بذور (پلی اتیلن گلیکول 6000 با غلظت 1/5- مگاپاسکال به مدت 48 ساعت) در دو سطح (بذور پرایم نشده و پرایم شده)، فاکتور دوم نشاءکاری که به صورت کشت مستقیم و نشائی و فاکتور سوم محلول پاشی کود بیولوژیک حاوی باکتری سودوموناس (*Pseudomonas*) و ازتوباکتر

خریزه (*Cucumis melo* L.) در شرایط گلخانه و مزرعه داشت. (Jaskani et al, 2006) و Shahriari (2011) به ترتیب در گیاه هندوانه (*Citrullus lanatus*) و فلفل (*Capsicum frutescens*) گزارش کردند که پرایمینگ بذور باعث افزایش جوانه زنی، استقرار بهتر بوته ها و همچنین جداسازی بهتر پوسته بذر پس از سبز شدن در آن ها شد. دمیر و ماوی (Demir and Mavi, 2004) نیز گزارش کردند که پرایمینگ بذور هندوانه باعث بهبود درصد و سرعت سبز شدن می شود. در آزمایشی دیگر که روی گیاه کدو (*Cucurbita pepo* L.) به منظور بررسی اثر اسموپرایمینگ بذور بر گلدهی، زمان رسیدگی و عملکرد محصول انجام شد، مشاهده شده است که بذور پرایم شده گلدهی را 2/5 تا 7/5 روز در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است (Mauromicale et al., 1994). در گزارشات دیگر نیز اثرات مثبت پیش تیمار بذور بر خصوصیات عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) (Abotalebian, 2008)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Maghni-bashi and Razmjo, 2012)، زیره سبز (*Cuminum cimum* L.) (Rahimi, 2012) و سویا (*Glycine max* L.) (Rahchamandi, 2010) گزارش شده است. به طور کلی، اسموپرایمینگ بذور علاوه بر بهبود خصوصیات جوانه زنی بذور سبب افزایش کارایی نهاده ها با زودرسی محصول و افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول در مقایسه با تیمار شاهد می گردد. بنابراین، جهت افزایش جوانه زنی، سبز شدن و در نهایت استقرار مطلوب بوته ها در شرایط نامساعد می توان استفاده از انواع پرایمینگ ها به خصوص اسموپرایمینگ را توصیه نمود (Eisvand, 2008).

در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، از جمله ایران، نشاءکاری از اهمیت بالایی برخوردار است که می تواند در افزایش کارایی مصرف آب و صرفه جویی در آن نقش مهمی را ایفا کند. در شرایط کشت مستقیم بذور در مزرعه، دمای نامناسب خاک می تواند باعث تأخیر و یا سبز شدن غیر یکنواخت گردیده و احتمال تشکیل سله در سطح خاک نیز ممکن است باعث کاهش درصد سبز شدن و یا عدم سبز شدن یکنواخت گردد که در این شرایط احتمال آلودگی گیاهچه ها به عوامل بیماری زا نیز وجود دارد (Bar-tal and Bar-Yosef, 1990). (Choi et al, 1992) و (Ghamkhar et al, 2011) به ترتیب در گیاه پنبه (*Gossypium Barbadense*) و هندوانه (*Citrullus lanatus*) گزارش کردند که کشت نشائی در مقایسه با کشت مستقیم بذور عملکرد و اجزای عملکرد را در این دو گیاه افزایش داد. برای کاشت هندوانه در خزانه، خاک سبک (همانند خاک های شنی و رسی) مناسب بوده و عمق مناسب کاشت آن سه الی پنج سانتی متر می باشد و در مرحله سه الی 4 برگی که ارتفاعی حدود 15 تا 20 سانتی متری دارند به زمین اصلی انتقال داده می شوند. برای تولید نشاء، وجود بذرها با درصد سبز شدن بالا و نیز گیاهچه های طبیعی و یکنواخت

کمپوست و 20 درصد شن) بود، در دمای متوسط 22 تا 25 درجه سانتی گراد قرار داده شدند و بعد از یک ماه که گیاهچه های هندوانه آجیلی به مرحله 3 تا 4 برگه رسیدند به مزرعه انتقال داده شد و کشت مستقیم بذور نیز همزمان با انتقال نشاء صورت گرفت. قبل از انتقال نشاءها و کشت مستقیم بذور نمونه برداری خاک از عمق صفر تا 30 سانتی متری انجام شد. پس از انتقال به آزمایشگاه ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش تعیین شد (جدول 1).

جدول 1- مشخصات خاک مزرعه مورد آزمایش

اسیدیته	شوری	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن (ppm)
Acidity (pH)	Salt (dS m ⁻¹)	Potassium (K)	Phosphorus (P)	Nitrogen (N)
7.66	1.4	115	14.9	14.4

تمامی پارامترهای اندازه گیری شده تأثیر معنی داری داشت ولی پرایمینگ بذرها تنها روی صفات ماده خشک کل و عملکرد دانه تأثیر معنی دار داشت. اثر متقابل دوگانه این دو تیمار نیز تنها بر تعداد میوه در هر بوته تأثیر معنی دار داشت. تیمار نشاءکاری غیر از صفت ماده خشک کل روی دیگر صفات اندازه گیری شده تأثیر معنی دار داشت. اثر متقابل کاربرد کود و نشاءکاری تنها روی صفات تعداد دانه در هر میوه و وزن هزار دانه معنی دار بود ولی اثر متقابل تیمار پرایمینگ همراه با نشاءکاری روی هیچ کدام از صفات تأثیر معنی داری نداشت. اثر متقابل سه گانه نیز تنها روی عملکرد دانه تأثیر معنی دار داشت (جدول 2).

شاخص سطح برگ

سطح برگ یکی از شاخص های تعیین کننده برای رسیدن به حداکثر عملکرد می باشد که هر گیاهی که قبل از گلدهی از سطح برگ قابل توجهی برخوردار باشد، موفق تر عمل خواهد کرد (Welbaum et al., 1998). بررسی تغییرات و اختلاف شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف در روزهای مختلف پس از کاشت نشان داد که در هر کدام از مراحل اندازه گیری شاخص سطح برگ، تیمار کشت نشائی نسبت به کشت مستقیم شاخص سطح برگ بالایی برخوردار بوده است و در اکثر موارد اختلافها معنی دار بوده است. در روش های مختلف کاشت، بذور پرایم شده نسبت به بذوری که پرایم نشده بودند دارای شاخص سطح برگ بالاتری بودند. همین طور بررسی تفاوت شاخص سطح برگ در تیمارهای کودی (بدون کود بیولوژیک و تیمار همراه با کود بیولوژیک) نشان داد که در مراحل مختلف اندازه گیری، تیمار کوددهی سبب افزایش معنی داری در شاخص سطح برگ نسبت به عدم کاربرد کود شده است (جدول 3).

(Azotobacter) در دو سطح (بدون کود بیولوژیک و با کود بیولوژیک) بود. بذور هندوانه آجیلی (توده کلالة) ابتدا در محلول پلی اتیلن گلیکول با پتانسیل اسمزی 1/5- مگاپاسکال به مدت 48 ساعت قرار داده شد و سپس بلافاصله سه مرتبه با آب مقطر شستشو و در دمای اتاق نگهداری شده تا به رطوبت اولیه برگردند. سپس در گلخانه در گلدان های پلاستیکی (با قطر 10 سانتی متر و ارتفاع 20 سانتی متر) که ترکیبات خاک گلدان (50 درصد خاک، 30 درصد

قبل از کاشت، زمین مورد نظر با گاوآهن، دیسک و لولر آماده سازی شدند. تراکمی که بذور براساس آن کاشته شدند چهار بذر در هر کپه بود که بعد از رسیدن هندوانه ها به مرحله چهارالی شش برگه تنک شدند و به یک بوته در هر متر مربع (در هر کپه) رسانده شدند. ابعاد کرت نیز 4×6 متر بود که برای حذف اثر حاشیه بین دو کرت 0/5 متر و بین دو تکرار یک متر فاصله در نظر گرفته گرفت. در مراحل داشت نیز در چند مرحله مبارزه با علف های هرز به صورت وجین دستی انجام گردید. تیمار کودهای بیولوژیک به صورت محلول پاشی در طی سه مرحله به فاصله یک ماه انجام شد. در طی فصل رشد نیز صفات شاخص سطح برگ (LAI) طی هشت مرحله یک ماه بعد از کاشت و به فاصله هر هفت روز نمونه برداری گردیده که نمونه ها از تمامی کرت ها به صورت تصادفی از سطح یک مترمربع برداشت و بعد از انتقال به آزمایشگاه سطح برگ آن با دستگاه اندازه گیری سطح برگ (Leaf Area Meter) مدل LI-3100C تعیین شد. در زمان رسیدگی هندوانه ها ابتدا میوه برداشت شده و دانه های موجود در هر هندوانه به صورت دستی از گوشت آن جدا شده و پس از خشک کردن در سایه به آزمایشگاه انتقال داده شد. در زمان رسیدگی هندوانه ها صفاتی همچون ماده خشک کل، تعداد میوه در هر بوته، تعداد دانه در هر میوه، عملکرد دانه و وزن هزار دانه اندازه گیری و محاسبه گردید. در نهایت به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار Minitab 16 و SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای زیستی روی

جدول 2- تجزیه واریانس و میانگین مربعات صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی تحت تیمارهای مورد آزمایش
Table 2- Analysis of variance and mean of squares of treatments relevant to yield and yield components of seed of seedy watermelon under the effects of considered treatments

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	صفات Characteristics				
		ماده خشک کل Total dry mater	تعداد میوه در هر بوته Fruit number per plant	تعداد دانه در هر میوه Seed number per fruit	وزن هزار دانه 1000weight	عملکرد دانه Seed yield
تکرار (R) Replication	2	11456	1.54	71.83	5779	59.5
کود (A) Fertilizer	1	515387**	5.04**	132908**	459**	40672**
E ₁	2	507	1.04	10588	69.88	1.8
اسموپرایمینگ (B) Osmopriming	1	18095*	0.37 ^{ns}	726 ^{ns}	8238 ^{ns}	2904*
A*B	1	7315 ^{ns}	1.04**	1768 ^{ns}	9.37 ^{ns}	192.7 ^{ns}
E ₂	4	7333	0.416	490	175	138
نشاءکاری (C) Transplantation	1	3384 ^{ns}	1.04**	4161*	590.04**	7490**
A*C	1	425 ^{ns}	0.043 ^{ns}	5104**	222*	641 ^{ns}
E ₃	4	15821	0.582	8830	650	75.03
B*C	1	9009 ^{ns}	0.041 ^{ns}	641 ^{ns}	3.43 ^{ns}	352.7 ^{ns}
A*B*C	1	459 ^{ns}	0.041 ^{ns}	1040 ^{ns}	51.04 ^{ns}	2242.7*
E ₄	4	26.29	0.416	297	24.83	298.91

ns عدم معنی داری، ** معنی داری در سطح احتمال یک درصد و * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

Ns, and ** and * are indicative of non-significant, significant at the probability level of 1% and 5% respectively.

جدول 3- اثرات متقابل تیمارهای مورد آزمایش بر شاخص سطح برگ در مراحل مختلف رشد گیاه هندوانه آجیلی
Table 3- Interaction effects of treatments on LAI of seedy watermelon at different stages of growth

تیمارها		روزهای پس از کاشت Days after sowing									
Treatments		35	42	49	56	63	70	77	84		
کشت مستقیم Direct sowing	پرایم نشده Unprimed	بدون کود بیولوژیک Non- biofertilizer	0.066	0.413	1.55	2.05	2.34	2.55	2.55	2.34	
		با کود بیولوژیک With biofertilizer	0.099	0.31	1.59	3.08	3.2	3.22	3.23	2.003	
	پرایم شده Primed	بدون کود بیولوژیک Non- biofertilizer	0.1	0.43	0.77	2.78	3.11	3.28	3.78	3.29	
		با کود بیولوژیک With biofertilizer	0.094	0.48	2.85	3.83	3.86	3.86	3.98	2.69	
	کشت نشائی Transplanting sowing	پرایم نشده Unprimed	بدون کود بیولوژیک Non- biofertilizer	0.56	1.17	2.53	3.69	4	4.12	3.86	3.11
			با کود بیولوژیک With biofertilizer	0.56	2.03	3.29	4	4.49	4.55	3.95	3.43
پرایم شده Primed		بدون کود بیولوژیک Non- biofertilizer	0.58	1.36	3.12	3.89	4	4.23	3.48	3.1	
		با کود بیولوژیک With biofertilizer	0.56	1.58	3.34	4	4.34	4.66	4.43	3.98	
LSD (0.05)		0.46									

پرایمینگ همراه با کود بیولوژیک، تا روز 56 با شیب زیادی افزایش می یابد و پس از آن تا روز 77 تقریباً ثابت بوده و از روز 77 به بعد کاهش می یابد. این روند در تیمار عدم پرایمینگ همراه با کود بیولوژیک نیز مشاهده می گردد (جدول 3). به نظر می رسد در اوایل

در تیمار کشت مستقیم در مراحل اولیه رشد (35 و 42 روز پس از کاشت) اختلاف شاخص سطح برگ بین تیمارهای مختلف کم می باشد ولی با گذشت زمان اختلاف بین تیمارها افزایش می یابد و تفاوتها نیز معنی دار می باشد. در تیمار کشت مستقیم و اعمال تیمار

فصل که رشد گیاه کم است مواد فتوسنتزی بیشتری به ریشه اختصاص می یابد، اما در اواخر فصل رشد به دلیل سایه اندازی و پیر شدن برگ ها و ریزش آن ها، شاخص سطح برگ کاهش می یابد. در روش کشت مستقیم کمترین شاخص سطح برگ در طول رشد را تیمار عدم پرایمینگ و عدم کاربرد کود بیولوژیک دارا بود (جدول 3). در کشت نشائی، نکته قابل توجه نزدیک بودن مقادیر شاخص سطح برگ در بین تیمارها نسبت به کشت مستقیم می باشد. در این بین، تیمارهایی که کود بیولوژیک استفاده شده بود دارای بالاترین مقادیر شاخص سطح برگ بودند. در همه تیمارها بیشترین شاخص سطح برگ در 70 روز پس از کاشت دیده می شود و سپس کاهش رخ می دهد. در تیمار کشت نشائی برخلاف کشت مستقیم تا 70 روز پس از کشت روند افزایشی در شاخص سطح برگ مشاهده شد ولی در کشت مستقیم از روز 56 تا 77 این شاخص تقریباً ثابت بوده است و سپس کاهش یافته است (جدول 3). احتمالاً افزایش شاخص سطح برگ به سبب نشاء و نشاءکاری بوده که در شرایط ایده آل جوانه زنی و رشد اولیه خود را در شرایط محیطی و مواد غذایی پهنه های سپری کرده است. همچنین می تواند به این دلیل باشد که در مزرعه کشت مستقیم همزمان با کشت نشاءهای چند هفته ای انجام شده و چون کشت مستقیم بذور هنوز سبز نشده حال آن که نشاءها از حداقلی از سطح برگ برخوردارند بلافاصله فعالیت فتوسنتزی خود را شروع می کنند. کاربرد کودهای بیولوژیک نیز بر روی شاخص سطح برگ هندوانه آجیلی باعث افزایش این شاخص شده و نهایتاً دوام برگ در مقایسه با شاهد شده و از طرفی افزایش طول دوره فتوسنتزی و به تبع آن باعث افزایش تعداد دانه در میوه و عملکرد دانه می شود. Izad-Ghiasabadi and Khajeh-Hosseini, (2010) و khah et al, (2010)

طبق نتایج به دست آمده، تیمارهای اسموپرایمینگ بذور هندوانه، نشاءکاری و کودهای زیستی و اثرات متقابل کودهای زیستی با اسموپرایمینگ بذور اثر معنی داری بر تعداد میوه در هر بوته داشت (جدول 2). اسموپرایمینگ بذور باعث شد تا تعداد میوه در هر بوته نسبت به تیمار شاهد (عدم اسموپرایمینگ بذور) به میزان هشت درصد افزایش یابد (جدول 4). بین تعداد میوه در هر بوته با عملکرد دانه ($r=0/63^{**}$) و ماده خشک کل ($r=0/71^{**}$) همبستگی بالا و معنی داری وجود داشت (جدول 8). Rahchamandi et al, (2010) در بررسی اثر اسموپرایمینگ بذور و تاریخ کاشت بر عملکرد سه رقم سویا گزارش کردند که بذور پرایم شده نسبت به پرایم نشده در گیاه سویا تعداد نیام بیشتری در ساقه های اصلی و فرعی داشت. این محققین عامل اصلی این افزایش را سبز شدن، استقرار سریع تر بوته های ناشی از بذور پرایم شده بیان کردند. کشت نشائی با تعداد 2/9 میوه در هر بوته بیشترین تعداد میوه را در مقایسه با کشت مستقیم بذور (2/5 میوه در هر بوته) به خود اختصاص دادند (جدول 4). Rahnama and Bakhshande, (2005) گزارش کردند که

تعداد میوه در هر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اسموپرایمینگ بذور و کاربرد کودهای زیستی اثر معنی داری بر وزن خشک کل داشت، ولی نشاءکاری، اثرات متقابل بین تیمارها و اثرات سه گانه آنها تأثیر معنی داری بر وزن خشک کل نشان نداد (جدول 2). اسموپرایمینگ بذور موجب افزایش سبز شدن و استقرار بهتر گیاهچه، بهبود رشد قسمت های رویشی، اجزای عملکرد و نیز افزایش وزن خشک کل می شود. بسیاری از محققین اثرات معنی دار اسموپرایمینگ بذور در گیاهانی از جمله گوجه فرنگی (Barlow and Haigh, 1987)، کلزا (Zheng et al., 1994) و سه گونه علف های چمنی علف های

وزن خشک کل

تأثیر مثبت اسموپرایمینگ بذور را گزارش کردند. (2012) به ترتیب در گیاه پیاز (*Allium cepa* L.) و ذرت گزارش کردند که سطح برگ و شاخص سطح برگ در کشت نشائی 50 روز بعد از کاشت بیشتر از کشت مستقیم بوده است. Demir and Mavi, (2004) و Barlow and Haigh (1987) نیز به ترتیب در هندوانه و گوجه فرنگی تأثیر مثبت اسموپرایمینگ بذور را گزارش کردند.

مطالعه برخوردار بودند (جدول 5). Rezvani-Moghadam and Moradi, (2012) بیان کردند که کاربرد کودهای زیستی (سودوموناس و ازتوباکتر) در کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum*) با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) به ترتیب تعداد چتر در زیره سبز و تعداد غلاف در شنبلیله نسبت به تیمار بدون کود را افزایش داد. احتمالاً در شرایط کاربرد کودهای زیستی، رشد رویشی گیاه بهبود یافته و این امر منجر به افزایش تعداد اندامهای زایشی تبدیل شده به میوه در هندوانه آجیلی شده است.

نشاء کاری کلزا نسبت به کشت مستقیم تعداد خورجین بیشتری در هر بوته داشت. احتمالاً اثرات مثبت نشاء کاری به دلیل سپری نمودن مرحله گیاهچه‌ای، که مهمترین مرحله از رشد گیاهان می‌باشد، در شرایط ایده‌آل همراه با فراهمی بهتر مواد غذایی در اوایل فصل رشد، بوده است. بررسی اثر متقابل اسموپرایمینگ بذر و کودهای زیستی نشان داد که بذور پرایم شده به همراه محلول‌پاشی کودهای زیستی باعث افزایش تعداد میوه شد. به‌طوری‌که، در تیمارهای کودی حاصل از پرایم با 3/5 میوه در هر بوته بیشترین تعداد میوه و تیمار بدون کود و پرایم نشده با 2/2 میوه در هر بوته از کمترین میزان این صفت مورد

جدول 4- اثرات ساده، پرایمینگ، نشاء کاری و کود زیستی بر صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی

Table 4- Simple osmopriming, transplantation and bio-fertilizer effect on seed yield and yield components of seedy watermelon

تیمار Treatment		صفات Characteristics				
		ماده خشک کل Total dry matter (kg ha ⁻¹)	تعداد میوه در هر بوته Fruit number per plant	تعداد دانه در هر میوه Seed number per fruit	وزن هزار دانه 1000 Weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
اسموپرایمینگ بذر Osmo priming	پرایم نشده Non primed	6066 ^b	2.6 ^b	511.3 ^a	149.1 ^a	1553 ^b
	پرایم شده Primed	6615 ^a	208 ^a	522.3 ^a	152.8 ^a	1773 ^a
نشاء کاری Transplantation	کشت مستقیم Direct planting	6222 ^a	2.5 ^b	503.7 ^b	146 ^b	1487 ^b
	کشت نشانی Plantation	6459 ^a	2.9 ^a	530 ^a	155.9 ^a	1840 ^a
کودهای زیستی Bio-fertilizer	بدون کود Non bio-fertilizer	4875 ^b	2.3 ^b	442.4 ^b	146.6 ^b	1252 ^b
	با کود Bio-fertilizer	7806 ^a	3.2 ^a	591.3 ^a	155.3 ^a	2075 ^a

میانگین‌های که دارای حروف مشترکند از نظر صفت مورد مطالعه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have common alphabets don't have any significant difference in aspect of considered treatments based on LSD test in the level of 5 %.

جدول 5- اثرات متقابل اسموپرایمینگ بذر×کودهای زیستی بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی

Table 5- Interaction effects of seed osmopriming×bio-fertilizer on seed yield and yield components of seedy watermelon

		Characteristics صفات					
		کودهای زیستی Bio- fertilizers	ماده خشک کل Total dry matter (kg ha ⁻¹)	تعداد میوه در هر بوته Fruit number per plant	تعداد دانه در هر میوه Seed number per fruit	وزن هزاردانه 1000 Weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
اسموپرایمینگ بذر Seed osmopriming	پرایم نشده Non primed	بدون کود Non Bio- fertilizer	4775 ^b	2.2 ^c	439.2 ^b	145.3 ^b	1170 ^b
	پرایم شده Primed		4975 ^b	2.3 ^c	445.5 ^b	147.5 ^{ab}	1333 ^b
	پرایم نشده Non primed	با کود Bio-fertilizer	7357 ^a	2.8 ^b	577.2 ^a	152.8 ^{ab}	1937 ^a
	پرایم شده Primed		8255 ^a	3.5 ^a	605.3 ^a	157.8 ^a	2075 ^a

میانگین‌های که دارای حروف مشترکند از نظر صفت مورد مطالعه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have common alphabets don't have any significant difference in aspect of considered treatments based on LSD test in the level of 5 %.

تعداد دانه در هر میوه

به‌طور کلی، تعداد دانه در هر میوه در بین تیمارهای کودی، نشائی و اثرات متقابل بین کود و نشاء معنی‌دار بود (جدول 2). ولی اسموپرایمینگ بذور اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در هر میوه نداشت (جدول 2). در این آزمایش، بذور پرایم شده در مقایسه با بذور پرایم نشده تعداد دانه در میوه را بهبود بخشید ولی این افزایش معنی‌داری نبود (جدول 4). Welbaum et al, (1998) روی بذور سبزیجات نتایج مشابه با این آزمایش را گزارش کردند. Basra et al, (2006) در گیاه برنج (*Oryza sativa*) اثر مثبت اسموپرایمینگ بذور بر تعداد دانه در هر میوه را به سبز شدن، گلدهی و تشکیل کپسول زودتر نسبت به بذور پرایم نشده نسبت دادند. تعداد دانه در هر میوه در کشت نشائی نسبت به کشت مستقیم افزایش یافت و این افزایش معنی‌دار بود، به‌طوری‌که تعداد دانه در هر میوه از 503/7 در کشت مستقیم به 530 دانه در کشت نشائی افزایش یافت (جدول 4). در آزمایشی بر روی گیاه کلزا مشاهده شده است که نشاء‌کاری کلزا نسبت به کشت مستقیم آن در دو سال متوالی اثر معنی‌داری روی تعداد خورجین در بوته داشت (Rahnama and Bakhshande, 2005). محلول‌پاشی کودهای زیستی نیز در این آزمایش بر تعداد دانه در میوه اثر مثبتی گذاشت. به‌طوری‌که، تیمار کودهای زیستی با 591 دانه در هر میوه نسبت به تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی (442 دانه در هر میوه) عملکرد دانه بیشتری داشت (جدول 4). در بین اثرات متقابل نیز تیمار کشت مستقیم و نشائی محلول‌پاشی شده نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی نشده تعداد دانه بیشتری را داشتند (جدول 6). نتایج جدول 8 نیز نشان داد، این صفت همبستگی بالایی با عملکرد دانه ($r=0/67^{**}$) و ماده خشک کل ($r=0/78^{**}$) داشت. به‌طور کلی، در این آزمایش تیمارهای کشت نشائی و کشت مستقیم حاصل از اسموپرایمینگ بذور و محلول‌پاشی توسط کودهای زیستی باعث افزایش تعداد دانه در میوه شد. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی به دلیل افزایش سرعت و مدت فتوسنتز، باعث افزایش راندمان انتقال مواد به دانه و تجمع ماده خشک و در نهایت منجر به افزایش تعداد دانه و عملکرد دانه می‌گردد.

عملکرد دانه

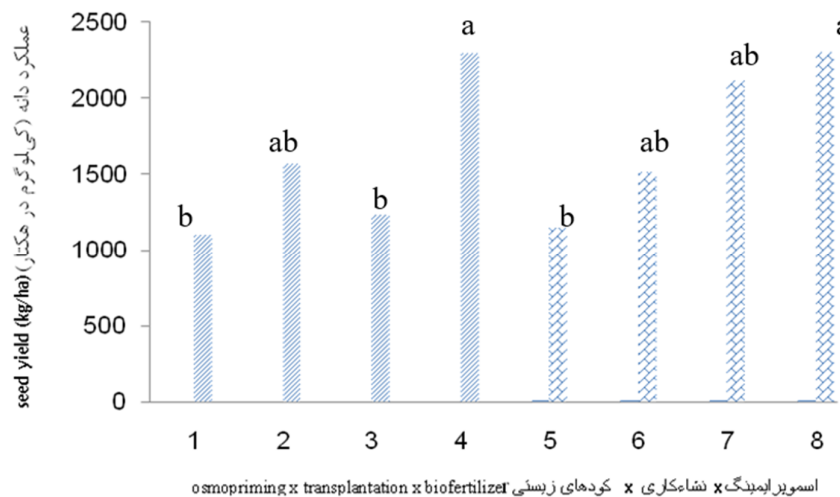
عملکرد دانه یکی از مهمترین شاخص‌های اقتصادی در گیاهان دانه‌ای محسوب می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر اسموپرایمینگ بذور (در سطح احتمال 5 درصد)، نشاء‌کاری، کودهای زیستی (در سطح احتمال 1 درصد) و اثر متقابل سه‌گانه بر عملکرد دانه (در سطح احتمال 5 درصد) معنی‌داری شد (جدول 2). همانگونه که نتایج نشان می‌دهد تیمارهای اسموپرایمینگ بذور، نشائی و کودی

نسبت به تیمارهای شاهد برتری داشتند. در این آزمایش، تیمار اسموپرایمینگ بذور 13 درصد، نشاء‌کاری 23 درصد و کودهای زیستی 65 درصد عملکرد دانه را افزایش داد (جدول 4). همانگونه که اسموپرایمینگ بذور بر صفات تعداد میوه در هر بوته و ماده خشک کل اثر معنی‌داری داشت بر عملکرد دانه نیز معنی‌دار بود (جدول 2). بذور پرایم شده نسبت به بذور پرایم نشده و کشت مستقیم، سریعتر و مطلوب‌تر استقرار یافته و در نتیجه از عناصر غذایی، رطوبت خاک و تشعشع خورشید بهتر استفاده شده و در نتیجه عملکرد آن افزایش یافته است. Barlow and Haigh, (1987) در بررسی اثر اسموپرایمینگ بذور بر گوجه‌فرنگی، گزارش کردند که اسموپرایمینگ بذور روی جوانه‌زنی و سرعت سبز شدن اثر معنی‌داری داشت، همچنین آن‌ها بیان کردند که سبز شدن زودتر، بدون تغییر در عملکرد، منجر به گلدهی، میوه‌دهی و رسیدگی زودتر گردید. Harris et al, (2004) نیز گزارش کردند که پرایمینگ بذور ذرت، جوانه‌زنی و سبز شدن را بهبود بخشیده و با تولید گیاهچه‌های با بنیه قوی باعث گلدهی زودتر و عملکرد بالاتر این تیمار شده است.

با کشت نشائی هندوانه آجیلی نسبت به کشت مستقیم آن عملکرد دانه به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (جدول 4). در کشت نشائی همراه با کودهای زیستی، به دلیل طی نمودن دوره حساس رشد گیاه در شرایط کنترل شده نسبت به کشت مستقیم، به اندازه کافی از شرایط محیطی و مواد غذایی در دسترس برای فتوسنتز و تولید شیره خام و پرورده استفاده کرده و در نتیجه باعث افزایش وزن میوه و عملکرد دانه شده است. در راستای این آزمایش Ghamkhar et al, (2011) در بررسی حجم و محیط کشت بر نشاء هندوانه گزارش کردند که نشاء‌کاری نسبت به کشت مستقیم باعث زودرسی و افزایش عملکرد این گیاه گردید. Olson et al, (1994) نیز اثر مثبت نشاء‌کاری بر عملکرد هندوانه را گزارش کردند. همچنین اثرات مثبت نشاء‌کاری نسبت به کشت مستقیم بذور در گیاهان پنبه (Javaheri, 2009) و پیاز (Izad-khah et al., 2010) را گزارش شده است. نشاء‌کاری به‌خصوص در کشت‌های دیر هنگام اهمیت بیشتری دارد و خسارت ناشی از عوامل محدودکننده عملکرد را به‌واسطه استقرار بهتر بوته‌ها و آمادگی بیشتر جهت رشد و نمو را به حداقل می‌رساند. عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای کودی و بدون کود برابر با 2075 و 1252 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 4). این افزایش عملکرد در تیمار کودی را به تعداد میوه در هر بوته، تعداد دانه در هر میوه و وزن هزار دانه بالاتر می‌توان نسبت داد. نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر معنی‌دار کودهای زیستی، مطابق با یافته‌های Sabeti-Amirhandeh et al, (2012) در گیاه توتون (*Nicotiana tabacum* L.)، Jafari et al, (2009) در گیاه جو رقم ریحان (*Hordeum vulgare*) (cv. Reyhan) و Saeidnejad et al, (2012) روی سورگوم علوفه‌ای

هکتار در مقایسه با شاهد 1103 کیلوگرم در هکتار داشت (شکل 1). آنچه در نتایج آزمایشات مشخص است در میان اجزای عملکرد، تعداد دانه در میوه و وزن هزاردانه بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت (جدول 8).

Amiri et al, و Zabihi et al, (2009) (*Sorghum bicolor*) در گندم (*Triticum aestivum*) می‌باشد. از نظر اثرات متقابل نیز تیمار کشت نشائی حاصل از اسموپرایمینگ بذر با کاربرد کودهای زیستی بیشترین عملکرد دانه را به میزان 2300 کیلوگرم در



شکل 1- اثرات متقابل، P اسموپرایمینگ بذر، T نشاءکاری و K کودهای زیستی بر عملکرد دانه هندوانه آجیلی

P اسموپرایمینگ بذر (1. پرایم نشده و 2. پرایم شده) T نشاءکاری (1. کشت مستقیم و 2. کشت نشائی) K کودهای زیستی (1. بدون زیستی و 2 با کودهای زیستی)،
(8=P2T2K2) (7=P2T2K1) (6=P2T1K2) (5=P2T1K1) (4= P1T2K2) (3= P1T2K1) (2=P1T1K2) (1= T1P1K1)

Figure 1- Interaction effects, P seed osmopriming, T transplanting and K bio-fertilizers on seed yield of seedy watermelon, P Osmopriming of seedy watermelon (unprimed and primed), T: planting style (1. Direct planting and 2. Transplanting), K: Bio-fertilizers (without biofertilizers and with biofertilizers)

جدول 6- اثرات متقابل نشاءکاری × کودهای زیستی بر صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی

Table 6- Interaction effects of transplanting × bio-fertilizers on treatment of seed yield and yield component of seedy watermelon

صفات Characteristics						
نشاءکاری Transplantation	کودهای زیستی Bio-fertilizers	ماده خشک کل Total dry matter (kg ha ⁻¹)	تعداد میوه در هر بوته Fruit number per plant	تعداد دانه در هر میوه Seed number per fruit	وزن هزاردانه 1000 Weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
کشت مستقیم Direct planting	بدون کود Non Bio-fertilizer	4798 ^b	2 ^c	414.17 ^c	144.7 ^b	1120 ^c
کشت نشائی Plantation	بدون کود Non Bio-fertilizer	4952 ^b	2.5 ^b	470.2 ^b	148.5 ^b	1377 ^{bc}
کشت مستقیم Direct planting	با کود Bio-fertilizer	7647 ^a	3 ^a	589.8 ^a	147.3 ^b	1840 ^{ab}
کشت نشائی Plantation	با کود Bio-fertilizer	7967 ^a	3.3 ^a	592.7 ^a	163.3 ^a	2303 ^a

میانگین‌های که دارای حروف مشترکند از نظر صفت مورد مطالعه براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند
Means which have common alphabets don't have any significant difference in aspect of considered treatments based on LSD test in the level of 5 %.

جدول 7- اثرات متقابل اسموپرایمینگ بذور × نشاءکاری بر صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد هندوانه آجیلی
Table 7- Interaction effects of osmopriming × transplantation on treatment of seed yield and yield component of seedy watermelon

اسمو پرایمینگ بذر Seed osmopriming	نشاءکاری Transplantation	صفات Characteristics				
		ماده خشک کل Total dry matter (kg ha ⁻¹)	تعداد میوه در هر بوته Fruit number per plant	تعداد دانه در هر میوه Seed number per fruit	وزن هزار دانه 1000 weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)
پرایم نشده Non primed	کشت مستقیم Direct planting	5753 ^a	2.3 ^b	493 ^a	144.5 ^b	1338 ^b
	کشت نشائی Plantation	6378 ^a	2.8 ^{ab}	529.7 ^a	147.5 ^{ab}	1635 ^{ab}
پرایم شده Primed	کشت مستقیم Direct planting	6540 ^a	2.7 ^{ab}	51403 ^a	153.7 ^{ab}	1768 ^{ab}
	کشت نشائی Plantation	6690 ^a	3 ^a	530.3 ^a	158.2 ^a	1912 ^a

میانگین‌های که دارای حروف مشترکند از نظر صفت مورد مطالعه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند
Means which have common alphabets don't have any significant difference in aspect of considered treatments based on LSD test in the level of 5 %.

وزن هزار دانه

اثر کودهای زیستی و نشاءکاری و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، ولی اسموپرایمینگ بذور روی وزن هزار دانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول 2). در نتایج مشابه با این آزمایش، (2012) Maghni-bashi and Razmjo در گیاه کنجد نیز عدم تأثیر معنی‌دار اسموپرایمینگ بذور بر وزن هزار دانه را گزارش کردند. (2010) Rahchamandi et al نیز گزارش کردند که اسموپرایمینگ بذور اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه سه رقم سویا نداشته است. ولی در آزمایشی بر روی ذرت، پرایمینگ بذور سبب افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه ذرت شده است (Moradie-Dezfoli et al., 2009). بر خلاف اسموپرایمینگ بذور، نشاءکاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد بر وزن هزار دانه داشت (جدول 2). کشت نشائی با 155/9 گرم بیشترین وزن هزار دانه و کشت مستقیم با 146/6 گرم وزن هزار دانه کمترین میزان را به خود اختصاص دادند. تیمار کودی نیز همانند نشاءکاری اثر قابل ملاحظه‌ای بر وزن هزار دانه داشت (جدول 4). باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس می‌توانند با تولید ترکیبات تنظیم‌کننده رشد گیاه و افزایش فراهمی عناصر برای گیاه باعث افزایش فتوسنتز، عملکرد، اجزای عملکرد و تولید ماده خشک در گیاه شوند. اثرات هم‌افزایی متقابل باکتری‌ها بر روی یکدیگر نیز عامل دیگری برای افزایش تولید ماده خشک در گیاه است (2012) Saeidnejad et al. اثرات متقابل نشاءکاری و کود زیستی در سطح 5 درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول 2). به‌طور کلی نشاءهای محلول‌پاشی شده با کودهای زیستی با وزن هزار

دانه 163 گرم نسبت به تیمار کشت مستقیم بذور (144 گرم)، کشت نشائی بدون محلول‌پاشی کودهای زیستی (148 گرم) وزن هزار دانه بیشتری داشتند (جدول 6). در نتایجی مشابه با این آزمایش Zabihi et al, (2009) در بررسی تأثیر کاربرد سویه‌های از سودوموناس فلورسنت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم در سطوح مختلف شوری اظهار داشتند که باکتری سودوموناس تأثیر مثبتی بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم داشت و علاوه بر آن این باکتری باعث کاهش اثرات شوری در این گیاه شد.

ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد در جدول 7 ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود بین عملکرد دانه با صفات تعداد میوه در هر بوته ($r = 0/63^{**}$)، تعداد دانه در هر میوه ($r = 0/67^{**}$)، وزن هزار دانه ($r = 0/50^{**}$) و وزن خشک کل ($r = 0/84^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. وجود رابطه مثبت بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه بیانگر این است که هر عامل که سبب افزایش اجزای عملکرد شود، عملکرد دانه را نیز افزایش خواهد داد. (2008) Khorramdel بر بررسی اثر کودهای زیستی نیتروژن و فسفر بر خصوصیات کمی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کرد که بین شاخه‌های جانبی، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه با عملکرد دانه همبستگی مثبت و بالایی وجود داشت.

جدول 8- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف هندوانه آجیلی تحت تأثیر (اسموپرایمینگ، نشاءکاری و کودهای زیستی)
Table 8- Simple correlation coefficients between different treatments of seedy watermelon in osmopriming, transplanting and bio-fertilizers treatments

صفات Treatment	تعداد میوه در هر بوته Fruit number per plant	تعداد دانه در هر میوه Seed number per fruit	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000 weight	ماده خشک کل Total dry matter
تعداد میوه در هر بوته Fruit number per plant	1				
تعداد دانه در هر میوه Seed number per fruit	0.369 ^{ns}	1			
عملکرد دانه Seed yield	0.634 ^{**}	0.677 ^{**}	1		
وزن هزار دانه 1000 Weight	0.331 ^{ns}	0.089 ^{ns}	0.500 ^{**}	1	
ماده خشک کل Total dry matter	0.712 ^{**}	0.780 ^{**}	0.840 ^{**}	0.348 ^{ns}	1

ns عدم معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال 5 درصد، ** معنی داری در سطح احتمال 1 درصد

ns, and ** and * are indicative of non significant, significant at the probability level of 1% and 5% respectively.

نتیجه گیری

سبزی شده اند به وسیله نشاءکاری هندوانه آجیلی واکاری نمود. همچنین کودهای زیستی نیز به عنوان تکمیل کننده فرآیند رشد و نمو گیاهان می تواند مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد را فراهم کند. نتایج این مطالعه نشان داد که کودهای زیستی اثرات معنی داری بر صفات مورد مطالعه داشته در نتیجه، کاربرد آنها می تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی بوده و قابل توصیه می باشد.

نشاءکاری نسبت به کشت مسقیم باعث بهبود بسیاری از خصوصیات رشدی هندوانه آجیلی، صرفه جویی در آب و نهاده ها و به ویژه باعث افزایش عملکرد گردیده است که در صورت اقتصادی بودن هزینه تولید و انتقال نشاء، نشاءکاری هندوانه آجیلی نسبت به کشت مسقیم برتری داشته و قابل توصیه است. با توجه به نتایج این آزمایش می توان نقاط آسیب دیده مزرعه را که به هر دلیلی دچار بد

References

1. Abotaleblian, M. A., Sharifazadeh, F., Jahansour, M. R., Ahmadi, A., and Naghavi, M. R. 2008. Effect of seed priming on wheat cultivars (*Triticum aestivum*) of three different climates on germination, seedling establishment and yield. Iranian Journal of Agricultural Research 39 (1): 145-154. (in Persian).
2. Amiri, A., Tohidi, A., Javaheri, M., and Mohamadizadeh, Gh. 2010. Study the effect of planting time, cultivar and azetobacter on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield at Bardsir region. Journal of Crops Improvement 12 (1): 11-19. (in Persian with English abstract).
3. Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223-271.
4. Astaraei, A., and Kochaki, A. 1996. Biofertilizers application in sustainable agriculture. Mashhad Jihad Daneshgahi Publication, Mashhad. P168. (in Persian).
5. Baalbaki, R. Z., Blel, R. A., and Tahouk, S. N. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat (*Triticum aestivum*) under moisture stress. Seed Science and Technology 27: 291-302.
6. Barlow, E. W. R., and Haigh, A. M. 1987. Effect of seed priming on the emergence, growth and yield of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) in the field. Acta Horticulture 200: 153-164.
7. Bar-tal, A., and Bar-Yosef, B. 1990. Pepper transplant response to root volume and nutrition in the nursery. Agronomy Journal 82: 989-995.
8. Basra, S. M. A., Farooq, M., Tabassum, R., and Ahmad, N. 2006. Evaluation of seed vigour enhancement techniques on physical and biochemical basis in coarse rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology 34: 719-728.
9. Biari, A., Gholamali, A., and Rahmani, H. 2011. Effect of Different Plant Growth Promotion Bacteria (*Azotobacter*, *Azospirillum*) on Growth Parameters and Yield of Field Maize. Journal of Water and Soil 25 (1): 1-10. (in Persian).
10. Bina, Gh. 1995. Effect of plant density on yield and yield components of three species of millet (*Panicum*

- miliaceum* L.). M.Sc thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
11. Choi, B. H., Kac, B. M., and Chung, K. Y. 1992. Optimum transplanting date, fertilizer application rate and planting density for upland cotton. *Korean Journal of Crop Science* 37: 217-223.
 12. Demir, I., and Mavi, K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus Lanatus* (Thunb.) Mastum and Nakai) seeds. *Scientia Horticulturae* 102: 467-473.
 13. Eisvand, H. R., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, F., Maddah-Arefi, H., and Hesamzadeh-Hejazi, S. M. 2008. Improvement of physiological quality of deteriorated tall wheat grass (*Agropyron elongatum* Host) seeds by hormonal priming for non-stress and drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 39 (1): 53-65. (in Persian).
 14. FAO. 2009. Production Yearbook, no. 52. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.
 15. Ghaderi, F., Kamkar, B., and Soltani, A. 2011. Seed Science and Technology. Mashhad Jihad Daneshgahi Publications, Mashhad. (in Persian).
 16. Ghamkhar, F., Hasanpour, A., Bagheri, S., and Mohamadi, A. 2011. Effect of medium composition and volume of seed bed on production and establishment of watermelon seedling (*Citrullus lanatus*) Sweet Cremcion cultivar. National conference of advances in agricultural. (in Persian).
 17. Ghiasabadi, M., and Khajeh-Hosseini, M. 2012. Maize Transplanting (*Zea mays* L.) strategy to extend the growth season. M.Sc thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
 18. Haj-Alibabaei, M., Hashemie-Dezfoli, A., and Nemati, N. 1998. Evaluation of different planting dates on yield and growth of cotton (*Gossypium Barbadense*) Varamin cultivar. Fifth Congress of Iranian Agronomy and Plant Breeding. (in Persian).
 19. Harris, D., Rashid, A., Ali, S., and Hollinton, P. A. 2004. "On farm" seed priming in maize (*Zea mays*) in Pakistan. In "Proceeding of the 8th Asian Regional Maize Work shop: New Technologies for the New Millennium, pp. 316-324
 20. Izad-khah, M., Tajbakhsh, M., and Amirnia, R. 2010. The effect of different seedlings sizes and age on economic and biological yield, harvest index and some qualitative characteristics of long-day and medium-day varieties of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Horticultural Science* 24 (2): 203 -215. (in Persian).
 21. Jafari, A., Rezvani-Moghadam, P., and Ghorbani, R. 2009. Evaluation of the beneficial level of Azetobacter and Azespirillum bacteria on growth index, yield and root system of barely (*Hordeum vulgare*) Reiham cultivar. *Iranian Journal of Field Crops Research* 10 (2): 277-283. (in Persian).
 22. Jahan, M., Nasiri-Mohalati, M., and Dehghanpour, F. 2007. The effects of different manure levels and two branch management methods on organic production of *Cucurbita pepo*. L. *Iranian Agricultural Research* 5 (2): 281-289. (in Persian).
 23. Jahan, M., Nasiri-Mohalati, M., Amiri, P., and Nahami, M. K. 2011. The effect of biofertilizers on essential oil production and some qualitative and quantitative properties of basil (*Ocimum basilicum*) in the planting condition of winter cover crops. National Conference of Sustainable Agriculture, Islamic Azad University of Varamin. (in Persian).
 24. Jaskani, M. J., Kwon, S. W., Kim, D. H., and Abbas, H. 2006. Seed treatment and orientation affects germination and seedling emergence in tetraploid watermelon (*Citrullus lanatus* thumb). *Pakistan Journal of Botany* 38 (1): 89-98.
 25. Javadi, H., Rashed-Mohasel, M. H., and Azari-Nasrabad, A. 2006. Effect of plant density on agronomic characteristics chlorophyll content and stem remobilization percentage in four grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Monech) varieties. *Iranian Journal of Agricultural Research* 5 (2): 271-279. (in Persian).
 26. Javaheri, A. 2009. Evaluation of the benefits of transplanting cultivation of cotton (*Gossypium Barbadense*) compared to direct planting. M.Sc thesis. Islamic Azad University of Dezfoul. (in Persian).
 27. Javanmardi, J. 1999. Scientific and practical basis of vegetable seedlings production. Mashhad Jihad Daneshgahi Publications, Mashhad. (in Persian).
 28. Khorramdel, S. 2008. The effect of nitrogen and phosphorus biofertilizers on quatitative properties of Nigella (*Nigella sativa* L.). M.Sc thesis, Agriculture faculty, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
 29. Kochaki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Agricultural Research* 6 (1): 127-137. (in Persian with English abstract).
 30. Korkmaz, A., and Korkmaz, Y. 2009. Promotion by 5-aminolevulenic acid of pepper (*Capsicum frutesens*) seed germination and seeding emergence under low-temperature stress. *Scientia Horiticulturae* 119 (2): 98-102.
 31. Maghni-bashi, M., and Razmjo, J. 2012. Effect of seed treatment with polyethylene glycol and irrigation regime on yield, yield component and grain oil of sesame (*Sesamum indicum*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 10 (1): 91-99. (in Persian).
 32. Patidar, M., and Mali, A. L. 2004. Effect of farmyard manure, fertility levels and bio-fertilizers on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*). *Indian Journal of Agronomy* 49 (2): 117-120.

33. Mauromicale, G., Cavallaro, V., and Ierna, A. 1994. Effects of seed osmoconditioning on emergence characteristics of the summer squash (*Cucurbita pepo* L.). In International Symposium on Agrotechnics and Storage of Vegetable and Ornamental Seeds, Italy. 362: 221-228.
34. Moradie-Dezfoli, P., Sharifzadeh, F., Bankehsaz, A., and Janmohammadi, M. 2009. Effect of priming treatment and sowing date on synchronization of developmental stages and yield of maize inbred lines for hybrid seed production. *Electronic Journal of Crop production* 1 (4): 79-98. (in Persian with English abstract).
35. Nascimento, W. M. 2003. Muskmelon (*Cucumis melo* L.) seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agricola* 60 (1): 71-75.
36. Olson, S. M., Hochmuth, G. J., and Hochmuth, R. C. 1994. Effect of transplanting on earliness and total yield of watermelon (*Citrullus lanatus* thumb). *Hort Technology* 4 (2): 141-143.
37. Radmehr, A. 2010. Visual identification of watermelon (*Citrullus lanatus*). Mashhad Jihad Daneshgahi publications, 45p. (in Persian).
38. Rahchamandi, H., Abotalebian, M. A., Ahmadvand, G., and Jahedi, A. 2010. Effects of on-farm seed priming and sowing date on yield and yield components of three soybean cultivars (*Glycine max* L.) in Hamedan. *Journal of Plant Production Technology* 10 (2): 17-29. (in Persian with English abstract).
39. Rahimi, A. 2012. Effect of osmopriming and irrigation regime on yield quantity and essential oil content of Cumin (*Cuminum cuminum* L.). *Iranian Journal of Medicinal Plants* 28 (1): 131-141. (in Persian with English abstract).
40. Rahnama, A., and Bakhshande, A. 2005. Effect of sowing dates and direct seeding and transplanting methods on agronomic characteristics, and grain yield of canola (*Brassica napus* L.) under Ahvaz conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 7 (4): 324-336. (in Persian with English abstract).
41. Rezvani-Moghadam, P., and Moradi, R. 2012. Evaluation of sowing date, bio-fertilizers and intercropping on yield and essential oil content of Cumin (*cuminum cuminum* L.) and Trigonella (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Iranian Crop science* 43 (2): 217-230. (in Persian with English abstract).
42. Richer, J., Stutzer, M., and Schellnberg, I. 2005. Effects of mycoriza on the essential oil content and composition of aroma component of marjoram (*Marjorana nortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and caraway (*Carum carril* L.). 36th International Symposium on Essential oils 4-7 September, Budapes, Hungary.
43. Sabeti-Amirhandeh, M. A., Nosratabadi, A. F., Norouzi, M., Amiri, E., and Azarpour, E. 2012. Effect of nitrogen fertilizer and azetobacter on some qualitative and quantitative characteristics of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Journal of Soil and water Science* 22 (2): 135-149. (in Persian with English abstract).
44. Saeidnejad, A., Khazaei, H. R., and Rezvani-Moghadam, P. 2012. Study of the effect of organic matter, biofertilizer and chemical fertilizer on some morphological properties, yield and yield components of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Iranian Journal of Agricultural Research* 10 (3): 503-510. (in Persian).
45. Salarmohamadi, H., Arvin, M. J., Naghavi, H., and Maghsoudi, K. 2011. Effect of salicylic acid application on growth and fruit yield of two watermelon varieties (*Citrullus lanatus*) cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Sciences and Technology* 11 (4): 337-346. (in Persian with English abstract).
46. Shahidi, M., and Forouzan, K. 1997. Rapeseed (*Brassica napus* L.). Private Joint Stock Company Development and Agro-industrial Oilseed Crops Publication. (in Persian).
47. Shahriari, R. 2011. Investigate the causes of poor emergence of some varieties of pepper in terms of mass production of seedlings. M.Sc thesis. Ferdowsi. University of Mashhad, Mashhad. (in Persian with English abstract).
48. Tahmasbi, Z., Kordi, M., Neamati, N., and Baniyani, E. 2000. Evaluation of Cotton (*Gussypium barbadense*) transplanting in salty soils. *Iranian Journal of Agricultural Science* 2 (4): 57-66. (in Persian).
49. Welbaum, G. E., Shen, Z., Oluoch, M. O., and Jett, L. W. 1998. The evaluation and effects of priming vegetable seeds. *Seed Technology* 20 (2): 209-235.
50. Zabihi, H. R., Savagebi, G. R., Khavazi, K., and Ganjali, A. 2009. Effect of Application of pseudomonas fluorescents on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum*) under different soil salinity levels. *Journal of Water and Soil* 23 (1): 199-208. (in Persian).
51. Zheng, G. H., Wilen, R. W., Slinkard, A. E., and Gusta, L. V. 1994. Enhancement of canola (*Brasica napus* L.) seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. *Crop Science* 34 (6): 1589-1593.



Effect of Seed Priming, Sowing methods and Bio-fertilizers on Yield and Yield Components of Seedy Watermelon (*Citrullus Lanatus*)

M. Zarandi¹- M. Khajeh-hosseini^{2*} - A. Mohammadabadi³

Received: 11-06-2014

Accepted: 12-12-2016

Introduction

Watermelon (*Citrullus Lanatus*) is one of the most important fresh fruits in Iran particularly during summer. After China, in terms of production and cultivation area, Iran placed second in the world. Research conducted in different regions (especially in arid and semi-arid regions, like Iran) indicated that poor germination and establishment of seedlings in the field causes low yield, particularly in vegetables. Seed priming, (to increase the percentage and rate of germination) and transplanting to increase plant establishment and use of bio-fertilizers to increase food availability during the growing season are inevitable to transfer to ecological agriculture. The purpose of this research was to evaluate the effect of seeds osmopriming, transplanting and bio-fertilizers on watermelon grain yield.

Materials and Methods

This experiment was conducted at split plot based on complete block design with three replications in the Laboratory, Greenhouse and the Farm of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad in 2013. First factor was seed priming in two levels (unprimed and primed), the second factor was transplanting in two levels (direct sowing and transplantation) and the third factor was bio-fertilizers containing *pseudomonas* and *Azotobacter* in two levels (non bio-fertilizers and bio-fertilizers). Leaf area index (LAI), number of fruits per plant, number of seeds per fruit, 1000 seed weight, grain yield and total dry matter were determined.

Results and Discussion

Transplants produced using osmoprimed seeds that had been sprayed with bio-fertilizers on the field ($T_2P_2K_2$) had higher LAI than the other treatments (Table 3). Bio-fertilizers in both transplanting and direct sowing produced more LAI, but osmopriming of seeds with PEG 6000 had little impact on LAI (Table 3). LAI is one of the growth parameters which had a great effect to achieve maximum yield that needs to be at higher level before flowering. Izadkhah *et al.* (2010) and Ghiasabadi (2012) reported that onion and corn leaf area and LAI 50 days after transplanting were higher than the direct sowing. According to the results, osmoprimed seeds of watermelon, transplanting and bio-fertilizers and interactions of bio-fertilizers with osmopriming treatment had significant effect on the number of fruits per plant (Table 2). Osmopriming of seeds increased (8%) the number of fruits per plant compared to the control (unprimed seeds) (Table 4). The number of fruits per plant with grain yield ($r = 0.63^{**}$) and total dry matter ($r = 0.71^{**}$) had a significant correlation. Mature plants resulted from transplanting produced 2.9 fruits per plant, compared to direct sowing, with 2.5 fruits per plant (Table 4). Rahnama and Bakhshande (2005) reported that oilseed rape transplants produced higher numbers of pods per plant in compare with direct sowing. Primed seeds with application of bio-fertilizers caused an increase in the number of fruits per plant. Fertilizer treatments in the primed seeds, with 3.5 fruits, and primed seeds without fertilizer treatment, with 2.2 of fruits per plant, had the highest and lowest fruits per plant, respectively (table 5). Seed yield per plant is one of the most important economic indexes. The results showed that the effect of osmo-priming (at %5 level), transplanting, fertilizers and bio (at 1% level) and the triple interactions on grain yield (at 5% level) were significant (Table 2). As the results, osmo-priming of seeds, transplanting and fertilizer were superior compared to control treatments (table 4). In this study osmopriming, transplanting and bio-fertilizers increased grain yield up to 13%, 23% and 65%, respectively (Table 4).

1, 2 and 3- MSc. Student, Associate Professor and Lecturer, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively

(*- Corresponding Author Email: Agr844@yahoo.com)

Conclusions

Resowing generally is one of the major problems of farmers in direct sowing of seedy watermelon due to poor germinability and establishment, sowing at heavy soil, low rainfall, irrigation water shortages conditions or lack of ability to absorb water and fertilizers. Osmopriming with saving inputs will lead to an early and ultimately increase performance. To face this, transplanting using primed seeds alongside of application of organic fertilizers is recommended.

Keywords: Azotobacter, Grain yield, Pseudomonas, Seed priming, Transplanting



اثر پیش تیمار با اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی گیاهچه کنجد در شرایط تنش شوری

حسین صفری^{1*} - شهاب مداح حسینی² - آرمان آذری² - محمد حشمتی رفسنجانی³

تاریخ دریافت: 1393/06/03

تاریخ پذیرش: 1395/10/05

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و پیش تیمار با اسید سالیسیلیک (SA) بر برخی شاخص‌های رشد و جذب عناصر غذایی کنجد (*Sesamum indicum* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و چهار تکرار در گروه زراعت دانشگاه ولی عصر رفسنجان اجرا شد. عامل‌های آزمایش پیش تیمار بذر در سه سطح (آب مقطر، اسید سالیسیلیک 1 میلی مولار و اسید سالیسیلیک 2/5 میلی مولار) و شوری در سه سطح (2/5، 6 و 9 دسی‌زیمنس بر متر) بودند. یک تیمار بذر خشک هم برای مقایسه با دیگر سطوح پیش تیمار در آزمایش در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد در شوری 9 دسی‌زیمنس بر متر پیش تیمار با هر دو غلظت SA، سبب افزایش معنی‌دار درصد سبز نسبت به بذر خشک و آب مقطر شد. سطح برگ بوته و شاخص سبزیگی آن نیز در اثر افزایش شوری در بذر خشک و پیش تیمار با آب مقطر کاهش یافتند اما با کاربرد 2/5 میلی مولار SA مقدار این دو صفت در شوری‌های 6 و 9 دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شوری شاهد نداشت. از سوی دیگر، پیش تیمار با SA سبب کاهش محتوای سدیم و افزایش محتوای پتاسیم اندام هوایی شد. با این حال غلظت منیزیم اندام هوایی در پیش تیمار با 1 و غلظت فسفر در غلظت 2/5 میلی مولار SA بیشتر از بقیه تیمارها بود. اثر پیش تیمار با SA بر وزن خشک گیاهچه چندان روشن نبود. در تیمارهای بذر خشک، آب مقطر و 2/5 میلی مولار SA بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ریشه و گیاهچه به سطح شاهد شوری تعلق داشت و با افزایش شوری مقدار آن کاهش یافت. تنها در غلظت 1 میلی مولار و در شوری 9 دسی‌زیمنس بر متر، وزن خشک نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نداشت. به طور کلی در این آزمایش اثرات مثبت پیش تیمار با SA بیشتر بر بقای گیاهچه و جذب بهتر برخی عناصر غذایی بود.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، کلرید سدیم، هورمون

مقدمه

می‌گیرد (Mass, 1986). شور و سدیمی بودن خاک، یکی از مشکلات مهم خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک است. در این مناطق به دلیل کمبود بارندگی و بالا بودن تبخیر و تعرق، املاح در سطح خاک تجمع پیدا می‌کنند (Heidary sharif abad, 2001). جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه، یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گیاه است و پدیدار شدن هریک از تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، سرما و گرما) در این مرحله می‌تواند اثر کاهنده جدی بر تراکم و عملکرد نهایی گیاه بگذارد. یکی از روش‌های نسبتاً کارآمد و نو در کاهش اثرهای منفی شوری بر جوانه‌زنی و افزایش کارایی استقرار گیاهان، استفاده از پیش تیمار بذر⁴ می‌باشد. پیش تیمار روشی است که در آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خود با مواجه شدن با شرایط اکولوژیکی ویژه، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند (Foroodel et al., 2011). از سوی

کنجد (*Sesamum indicum* L.) از گیاهان روغنی مهم و سازگار به مناطق خشک و نیمه خشک دنیا است که دانه آن دارای ارزش تغذیه‌ای خوب با پروتئین بالا و ترکیب تقریباً کامل غذایی می‌باشد (Dalia, 2001). با وجود تحمل بالا به گرما و تحمل نسبی به خشکی، این گیاه در دسته گیاهان نسبتاً حساس به شوری قرار

1- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
2- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
3- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: safari4141@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.38712

کشت، پرلیت ریز بود که در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه 7/5cm و ارتفاع 15cm ریخته شد. در آغاز، 25 عدد بذر در پتری‌دیش‌های اتوکلاو شده درون کاغذ صافی واتمن قرارداده شدند. آن‌گاه بسته به تیمار مورد نظر محلول‌های پیش‌تیمار مورد نظر هریک به میزان 10 میلی‌لیتر اضافه شدند. پس از هشت ساعت درب پتری‌دیش‌ها برداشته شد و پس از خشک شدن، تعداد پنج عدد بذر سالم و به‌خوبی جوانه‌زده در گلدان‌ها کشت شدند و گلدان‌ها به اتاقک رشد با دوره نوری 14 ساعت روشنایی و 10 ساعت تاریکی با دمای شبانه‌روزی 27 درجه سلیسیوس ($\pm 0/5$) منتقل شدند. زمان پرایمینگ در منابع مختلف بسیار متفاوت بوده است، برای نمونه 48 ساعت (Khan et al., 2009)، 12 ساعت (Afzal et al., 2006) و شش ساعت (El-Tayeb, 2005; Guatam and Singh, 2009) به‌نظر می‌رسد زمان پرایمینگ تا حدودی تجربی است. در این آزمایش با توجه به اندازه کوچک بذر کنبج از هشت ساعت استفاده شد.

اعمال شوری در روز سوم پس از کاشت، بسته به تیمار مورد نظر انجام شد بدین صورت که به گلدان‌ها محلول غذایی استاندارد هوگلند (جدول 1) همراه با میزان محاسبه شده کلرید سدیم اضافه شد. برای شوری‌های 6 و 9 dS m^{-1} مقدار تقریبی کلرید سدیم مورد نیاز با استفاده از معادله وانت هوف (vant Hoff) (معادله 1) محاسبه شد

$$\Psi_s = -RTCS \quad \text{معادله (1)}$$

Ψ_s : پتانسیل اسمزی محلول (مگاپاسکال)، R: ثابت عمومی گازها، 0/008 (مگاپاسکال لیتر / مول درجه کلونین)

T: دما (درجه کلونین)، C: غلظت ماده حل‌شونده (مول بر لیتر)، S: ضریب تفکیک ماده

با توجه به رابطه فوق (دما: 278 درجه کلونین، ضریب مشخص R و ضریب تفکیک 2 برای NaCl) و همچنین معادله تجربی 2 غلظت تقریبی نمک مورد نیاز برای حصول به شوری مورد نظر (6 و یا 9 دسی‌زیمنس بر متر) محاسبه شد.

$$\text{EC (dS/m}^{-1}\text{)} = \Psi_s / 0.036 \quad \text{معادله (2)}$$

دیگر مشخص شده است که در شرایط نامساعد محیطی سطوح درون‌زای هورمون‌های گیاهی دچار تغییرات اساسی می‌شوند. هورمون‌های گیاهی نقش‌های مهمی در پاسخ به تنش و سازگاری به آن بازی می‌کنند (Sharma et al., 2005) و عقیده کلی بر این است که اثر شوری در ممانعت از جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه می‌تواند وابسته به کاهش در سطح هورمون‌های طبیعی باشد (Khan et al., 1992). یکی از ترکیبات مؤثری که می‌تواند در تیمار بذر مورد استفاده قرار گیرد، سالیسیلیک اسید است. سالیسیلیک اسید (SA)، یک تنظیم‌کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی است که در بسیاری از پدیده‌های فیزیولوژیکی گیاه از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، افزایش میزان آسبیزیک اسید و ایندول استیک اسید، مهار سنتز اتیلن، افزایش تقسیم سلولی، تمایزبایی و ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی و پاتوژن مؤثر است و برخی گزارش‌ها حاکی از اثر مثبت آن بر القاء تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی برخی گیاهان است (Wang et al., 2006). با این حال پژوهش‌های بسیار اندکی در مورد اثر این تنظیم‌کننده و غلظت مناسب آن در مورد کنبج وجود دارد. در این پژوهش اثر سطوح مختلف شوری و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید بر برخی شاخص‌های رشد و جذب عناصر کنبج در شرایط کنترل‌شده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در اتاقک رشد گروه زراعت دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان در سال 1392 به‌اجرا درآمد. عامل اول پیش‌تیمار در سه سطح شامل: پیش‌تیمار با آب مقطر، پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار (1mM SA)، پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک 2/5 میلی‌مولار (2/5mM SA) و عامل دوم شوری در سه سطح شاهد (محلول غذایی هوگلند استاندارد با هدایت الکتریکی dS m^{-1} 2/5)، 6 و 9 dS m^{-1} بود. همچنین یک تیمار بذر خشک (به‌عنوان شاهد) برای مقایسه با پیش‌تیمار به آزمایش اضافه شد. بستر

جدول 1- ترکیبات مورد استفاده و مقدار آنها در محلول غذایی هوگلند

Table 1- Compounds and values of nutrients used in Hoagland solution

ترکیب	میزان	ترکیب	میزان
Compound	Concentration (g L ⁻¹)	Compound	Concentration (g L ⁻¹)
MnSO ₄ -H ₂ O	1.18	KN ₃ O	101
ZnSO ₄ -7H ₂ O	0.25	Ca(NO ₃) ₂ -4H ₂ O	236.1
CuSO ₄ -5H ₂ O	0.07	NH ₄ H ₂ PO ₄	136.1
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ *4H ₂ O	0.25	MgSO ₄ -7H ₂ O	246.5
Fe-EDDHA	10	H ₃ B ₃ O ₃	0.6

اولیه بذر کاشته شده و تعداد گیاهچه سبز شده درصد سبز محاسبه شد. سه هفته پس از نمونه‌برداری اول، نمونه‌برداری دوم انجام شد که

با این حال در حین اضافه کردن نمک، EC محلول تا رسیدن به عدد مورد نظر کنترل گردید. یک هفته پس از کاشت با توجه به تعداد

(El-Tayeb, 2005).

سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های سطح برگ نشان داد که اثر غلظت، شوری و برهم‌کنش غلظت و شوری بر سطح برگ معنی‌دار بود (جدول 2). در سطح شوری شاهد ($EC=2/5 \text{ dS m}^{-1}$)، تیمارهای بذر خشک و پیش تیمار با آب مقطر بیشترین سطح برگ را داشتند و تفاوت آنها با دو غلظت دیگر SA معنی‌دار بود (جدول 3). با افزایش شوری تا سطح 9 dS m^{-1} ، سطح برگ در این دو تیمار کاهش یافت هرچند تفاوت 6 و 9 dS m^{-1} در تیمار بذر خشک معنی‌دار نبود. با این حال، نتایج در مورد پیش تیمار با غلظت 1 و $2/5 \text{ mM SA}$ متفاوت بود. سطح برگ در اثر این دو تیمار در سطح شوری شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای پیش تیمار با آب مقطر و بذر خشک بود که به نوعی نشان از بازدارندگی این ماده بر رشد و نمو سلولی دارد اما با افزایش شوری تا سطح 6 و 9 dS m^{-1} تغییر معنی‌داری در سطح برگ این دو تیمار به‌وجود نیامد. به‌نظر می‌رسد پیش تیمار، چه با آب مقطر و چه با دو غلظت SA به‌کار رفته، می‌تواند تا حدودی از کاهش سطح برگ در شوری شدید جلوگیری کند. در همین رابطه گزارش شده است کاربرد شوری (200 - 50 mM NaCl) سبب کاهش شدید سطح برگ ذرت می‌شود در حالی که پیش تیمار با $0/5 \text{ mM}$ سالیسیلیک اسید سبب افزایش دو تا چهار برابری سطح برگ نسبت به شاهد بدون پیش تیمار شد (Gautam and Singh, 2009). همچنین در آزمایش دیگر روی گیاهچه‌های ذرت مشاهده شد که محلول پاشی SA با غلظت 10 میلی‌مولار سبب افزایش سطح برگ گیاهچه‌های در معرض تنش شوری به‌ویژه در سطوح بالا (150 میلی‌مولار کلرید سدیم) می‌شود (Khodary, 2004).

شاخص کلروفیل برگ (عدد اسپد)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت، شوری و برهم‌کنش غلظت در شوری بر این صفت معنی‌دار بود (جدول 2). همانند سطح برگ، اثر دو غلظت SA بر شاخص سبزیگی برگ کنجد در شرایط شوری شاهد، نسبت به پیش تیمار آب مقطر و بذر خشک به‌صورت کاهنده بود، با این حال در شوری 6 dS m^{-1} تفاوت‌ها کاهش یافت و در شوری 9 dS m^{-1} شاخص سبزیگی در پیش تیمار با آب مقطر به‌طور معنی‌داری کمتر از بقیه تیمارها بود (جدول 3). با مقایسه داده‌های سطح برگ و عدد اسپد می‌توان دریافت که در تیمار بذر خشک شدت کاهش در سطح برگ در اثر افزایش شوری از $2/5$ به 9 dS m^{-1} حدود 300 درصد بوده است ($18/1$ در برابر $6/6$ سانتی‌متر مربع بر بوته) اما این کاهش برای شاخص SPAD تنها حدود 13 درصد بوده است ($26/9$ در برابر $23/3$).

در آن، سطح برگ، شاخص اسپد، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای پتاسیم، سدیم (هر دو به روش فلیم فتومتر)، فسفر (به روش اولسن و با دستگاه جذب اتمی) و منیزیم (به روش تیتراسیون) اندام هوایی اندازه‌گیری شد. همچنین با توجه به داده‌ها، نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی نیز محاسبه و یادداشت گردید.

در پایان آزمایش، از نرم‌افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده شد. در رویه تجزیه واریانس عامل پیش تیمار در سه سطح (آب مقطر، $1/5$ و $2/5$ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) در نظر گرفته شد. در آزمون مقایسه میانگین، که با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد، تیمار بذر خشک به مجموع تیمارهای آزمایش اضافه شد و معنی‌دار بودن یا نبودن تفاوت این تیمار با دیگر تیمارها هم بررسی شد.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت، شوری و برهم‌کنش غلظت و شوری بر درصد سبز شدن معنی‌دار بود (جدول 2). در شرایط شاهد (بدون پیش تیمار) با افزایش شوری درصد سبز گیاهچه کنجد کاهش یافت (جدول 3) به‌طوری‌که در شوری‌های 6 و 9 dS m^{-1} ، درصد سبز در شرایط بدون شوری به‌ترتیب 64 و 48 درصد بود که به‌طور معنی‌داری از سطح شاهد ($86/3$ درصد) کمتر بود. پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک 1 و $2/5 \text{ mM}$ در شرایط بدون شوری موجب کاهش درصد سبز نسبت به شاهد (بدون SA) شد اما با افزایش شوری تا 6 و 9 dS m^{-1} ، درصد سبز در اثر پیش تیمار با هر دو غلظت SA به‌طور معنی‌داری از پیش تیمار صفر (آب مقطر) و بذر خشک بالاتر بود. به‌نظر می‌رسد که پیش تیمار با SA در شرایط بدون شوری اثر کاهنده بر درصد سبز بذر کنجد دارد اما در شوری 9 dS m^{-1} سبب افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد و بذر خشک می‌شود. کاهش جوانه‌زنی و در نتیجه سبز شدن بذور در اثر افزایش سطوح شوری ممکن است به دلیل کاهش شیب پتانسیل آب بین بذور و محیط اطراف باشد که در نتیجه سبب اختلال در سنتز آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی می‌شود (Kaya et al., 2006). سالیسیلیک اسید یک مولکول علامتی مهم برای میانجی‌گری پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. گزارش‌هایی وجود دارند که نشان می‌دهند SA و ترکیبات وابسته به آن بر جوانه‌زنی بذور و رشد و نمو گیاهان در شرایط تنش و غیر تنش تأثیر دارند (Hayate et al., 2007). گزارش شده است پیش تیمار با $0/1 \text{ mM}$ سالیسیلیک اسید سبب بهبود جوانه‌زنی بذر برنج در شرایط تنش خشکی شده است (Farooq et al., 2009). با این حال نتیجه پژوهشی دیگر نشان داده است غلظت‌های بیش از 1 mM این ماده اثر بازدارنده داشته‌است.

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و شوری بر برخی ویژگی‌های رشد گیاه

Table 2- Summarized ANOVA results of effect of SA concentration and salinity on some sesame growth characteristics

منبع تغییر S, O, V	درجه آزادی d.f	درصد سبز شدن Emergence percentage	سطح برگ Leaf area	اسپد SPAD value	غلظت سدیم Na concentration	غلظت پتاسیم K concentration	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K ratio	غلظت منیزیم Mg conc.	غلظت فسفر P conc.
غلظت Concentration (C)	2	320.1**	84.4**	5.7**	0.348**	1.124**	0.051**	4.41**	0.0003 ^{ns}
شوری Salinity (S)	2	560.7**	35.6**	6.9**	0.267**	0.335 ^{ns}	0.055**	0.06**	0.001**
غلظت × شوری S × C	4	982.4**	34.5**	14.4**	0.350**	0.372 ^{ns}	0.103**	0.09**	0.001**
خطا Error	24	18.3	3.8	0.5	0.004	0.201	0.002	0.009	0.0002
ضریب تغییرات C.V (%)		6.7	17.0	3.5	15.8	22.3	21.4	13.8	19.1

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد ns عدم تفاوت معنی‌دار
** , * : significant at 0.01 and 0.05, respectively. ns: non-significant

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش تیمار با اسید سالیسیلیک (SA) و سطوح مختلف شوری بر برخی شاخص های رشد و جذب عناصر در گیاهچه کنجد
 Table 3- Mean comparison of interaction effect of seed priming with salicylic acid (SA) and salinity on some growth characteristics and element uptake of sesame seedlings

تیمار SA Treatment	شوری Salinity (dS m ⁻¹)	درصد سبز Emergence (%)	سطح برگ cm ² per (plant)	عدد اسپد SPAD	محتوای سدیم Na content (%)	محتوای پتاسیم K content (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K ratio	محتوای منیزیم Mg content (mg g ⁻¹ Dw)	محتوای فسفر P content (mg g ⁻¹ Dw)
بذر خشک dry seed	2.5	86.3 ^a	18.1 ^a	26.9 ^a	0.13 ^f	3.04 ^a	0.043 ^f	0.55 ^{cd}	0.083 ^{bc}
	6	64.6 ^{bc}	9.3 ^{cd}	22.3 ^{bc}	0.74 ^b	2.73 ^b	0.271 ^c	0.37 ^e	0.068 ^{cd}
	9	48.8 ^d	6.6 ^d	23.3 ^b	0.85 ^a	2.52 ^c	0.336 ^c	0.14 ^f	0.063 ^{cd}
آب مقطر Distilled water	2.5	91.5 ^a	18.8 ^a	22.7 ^b	0.14 ^f	1.81 ^f	0.075 ^{ef}	0.61 ^c	0.088 ^{bc}
	6	63.2 ^c	15.1 ^b	21.8 ^{bcd}	0.62 ^c	1.53 ^h	0.410 ^a	0.44 ^{de}	0.090 ^{bc}
	9	45.4 ^d	9.4 ^{cd}	17.4 ^g	0.675 ^{bc}	1.79 ^f	0.375 ^{ab}	0.38 ^e	0.068 ^{cd}
1 mM SA	2.5	48.5 ^d	10.9 ^c	18.2 ^{fg}	0.37 ^d	1.60 ^{gh}	0.227 ^c	1.43 ^b	0.090 ^{bc}
	6	64.3 ^c	9.2 ^{cd}	19.8 ^{ef}	0.12 ^f	2.20 ^d	0.052 ^f	1.39 ^b	0.095 ^{ab}
	9	59.0 ^c	9.4 ^{cd}	20.2 ^e	0.15 ^f	1.38 ⁱ	0.106 ^{de}	1.65 ^a	0.077 ^{bc}
2.5 mM SA	2.5	64.5 ^{bc}	9.5 ^{cd}	20.6 ^e	0.40 ^d	1.64 ^g	0.240 ^c	0.47 ^{de}	0.093 ^{abc}
	6	70.5 ^a	7.7 ^{cd}	20.3 ^{de}	0.26 ^e	2.05 ^e	0.130 ^d	0.41 ^{de}	0.117 ^a
	9	62.6 ^c	10.3 ^c	20.7 ^{cde}	0.37 ^d	1.63 ^g	0.231 ^c	0.48 ^{cde}	0.045 ^d

در هر ستون، میانگین های دارای یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

In each column, means with similar letters are not significantly different (Duncan, $P = 0.05$)

مشاهده شد اما وزن خشک اندام هوایی در شوری 6 به طور معنی داری بیش از 9 dS m^{-1} بود. اما در پیش تیمار با 1 mM SA وزن خشک اندام هوایی در همین شوری (6 dS m^{-1}) به طور معنی داری بیش از دو شوری دیگر بود و به طور کلی اثر مثبتی از SA بر وزن خشک اندام هوایی به جز در $\text{EC} = 6 \text{ dS m}^{-1}$ و 1 mM SA مشاهده نشد. به همین ترتیب، اثر روشن و مشخصی از پیش تیمار SA بر ماده خشک ریشه مشاهده نشد. روند تغییرات وزن خشک ریشه با افزایش شوری تا 6 و 9 dS m^{-1} به طور کلی کاهشی بود و تنها در پیش تیمار با 1 mM SA ، وزن خشک ریشه در شوری 6 dS m^{-1} با شاهد تفاوتی نداشت. به طور کلی بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به شوری شاهد در هر پیش تیمار بود (به جز تیمار بذر خشک). بیشترین وزن خشک بوته (اندام هوایی + ریشه) نیز از پیش تیمار با 0 (آب مقطر) و $2/5 \text{ mM SA}$ در شرایط شوری شاهد به دست آمد و در مورد وزن خشک بوته نیز اثر SA روشن نبود.

به طور کلی در گیاهان غیر هالوفیت، شوری از طریق کمبود آب در باخته‌های در حال توسعه (Mirmohammadi and Ghareiazai, 2002) و همچنین کاهش سرعت فتوسنتز (Ashraf and Foolad, 2007) باعث کاهش رشد گیاه می‌شود. گزارش شده است که کاربرد SA به صورت پیش تیمار بذر یا محلول پاشی برگی سبب افزایش ماده خشک بوته برنج در شرایط تنش خشکی می‌شود (Farooq et al., 2009). همچنین در آزمایشی دیگر، روش‌های گوناگون پیش تیمار بذرهای چند ژنوتیپ کنگد از جمله پیش تیمار با آب مقطر سبب بهبود تمام ویژگی‌های رشدی گیاهچه از جمله وزن تر و خشک شده است (Shabbir et al., 2014).

غلظت سدیم اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت سدیم گیاهچه کنگد نشان داد که اثر شوری و برهمکنش شوری و SA بر غلظت سدیم معنی دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمار شاهد (بذر خشک) و پیش تیمار با آب مقطر با افزایش شوری غلظت سدیم به شدت و به طور معنی داری افزایش پیدا کرد، به طوری که در شوری 9 dS m^{-1} ، غلظت سدیم در بذر خشک و آب مقطر به ترتیب به $0/85$ و $0/675$ درصد وزن خشک رسید. در پیش تیمار با آب مقطر (SA صفر)، غلظت سدیم در سطوح شوری 6 و 9 dS m^{-1} تفاوتی با هم نداشتند اما به طور معنی داری از سطح شاهد بیشتر بودند (جدول 3). اما در پیش تیمار با 1 و $2/5 \text{ mM SA}$ غلظت سدیم اندام هوایی در شوری‌های 6 و 9 dS m^{-1} کمتر از شاهد ($\text{EC} = 2/5 \text{ dS m}^{-1}$) بود و تنها در شوری 9 و پیش تیمار $2/5$ میلی مولار SA این تفاوت معنی دار نبود. به نظر می‌رسد پیش تیمار بذر

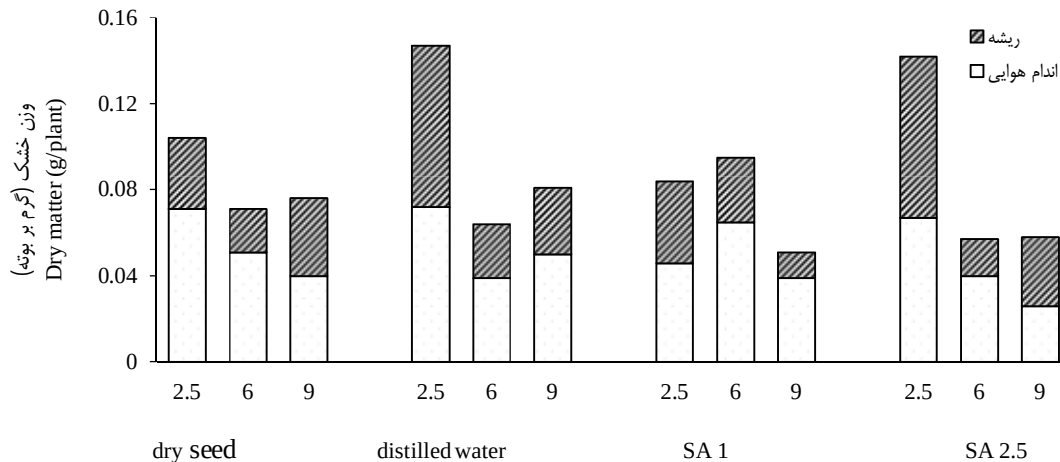
شدت کاهش در پیش تیمار با آب مقطر به ترتیب 50 و 23 درصد برای سطح برگ و SPAD بود اما در هر دو غلظت SA (1 و $2/5$ میلی مولار) افزایش شوری اثر کاهنده مشخصی بر سطح برگ و شاخص سبزیگی برگ نداشت. کاهش بسیار شدید سطح برگ در اثر افزایش شوری در تیمار بذر خشک و کاهش بسیار کمتر SPAD نشان می‌دهد که احتمالاً تقسیم و گسترش سلولی در مقایسه با سنتز کلروفیل حساسیت بیشتری به اثرات سمی و یا اسمزی شوری دارد. به نظر می‌رسد پیش تیمار با 1 و $2/5$ میلی مولار SA سبب حفظ نسبی دو شاخص مهم قدرت منبع یعنی سطح برگ و غلظت کلروفیل آن از اثرات کاهنده شوری شده است و بنابراین ممکن است در بقا و تولید گیاه در شوری‌های شدید مؤثر باشد. تیمار بذر خشک اگرچه بالاترین عدد اسپد را دارد اما احتمالاً به سبب داشتن پایین‌ترین سطح برگ از دیدگاه قدرت منبع در کنار پیش تیمار با آب مقطر قرار می‌گیرد. گزارش شده است که در شوری‌های بالا، به سبب آسیبی که یون‌هایی مانند سدیم و کلر به پروتئین‌ها وارد می‌سازند، اتصال بین کلروفیل و پروتئین‌های کلروپلاستی سست شده و کلروفیل‌ها تخریب می‌شوند (Misra and Sricastatva, 2000). همچنین ممکن است کاهش محتوای کلروفیل به دلیل عدم سنتز این ماده در اثر افزایش اتیلن در شرایط تنش باشد (Khan, 2003). از سوی دیگر، فعالیت آنزیم کلروفیلز با کاربرد تنش شوری افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت کاهش کلروفیل در شرایط تنش شوری، هم به دلیل کاهش سنتز آن و هم افزایش تجزیه و تخریب کلروفیل می‌باشد (Singh and Jain, 1981). در پژوهشی بر روی گیاه تربچه با چهار سطح شوری (0 ، $4/7$ ، $9/4$ و $14/1$ دسی‌زیمنس بر متر) مشخص شد که با افزایش شوری محتوای کلروفیل کاهش یافت به طوری که کمترین آن در شوری $14/1$ بود (Jamil et al., 2007). با این حال نتیجه پژوهشی دیگر نشان داده است که پیش تیمار بذر جو با محلول $0/01$ مولار SA محتوای کلروفیل را افزایش می‌دهد (El-Tayeb, 2005). به اعتقاد لی و همکاران (Li et al., 1992)، SA مانع فعالیت آنزیم ACC سنتتاز شده و از تشکیل اتیلن و به دنبال آن کاهش کلروفیل جلوگیری می‌کند.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت، شوری و برهمکنش شوری و غلظت بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهچه کنگد معنی دار بود (جدول 2). در شرایط بدون پیش تیمار (بذر خشک) و پیش تیمار با آب مقطر، با افزایش شوری ماده خشک اندام هوایی کاهش یافت اما تفاوت معنی داری بین سطوح 6 و 9 dS m^{-1} مشاهده نشد (شکل 1). همین روند کاهشی در پیش تیمار با $2/5 \text{ mM SA}$ هم

et al., 2007). همچنین کاربرد SA در گیاه جو در شرایط تنش شوری موجب کاهش سدیم و افزایش میزان پتاسیم شد. به نظر می‌رسد کاهش جذب سدیم در کاهش آسیب به غشاء و افزایش ماده خشک مؤثر است (El-Tayeb, 2005).

با SA در هر دو غلظت 1 و 2/5 mM SA توانسته است تا حد زیادی مانع از افزایش انباشتگی سدیم در اندام هوایی گیاهچه کنجد شود. نتیجه پژوهشی نشان داده است کاربرد SA موجب کاهش غلظت سدیم و کلر و افزایش کاتیون‌ها از جمله پتاسیم در بوته‌های ذرت در تنش‌های مختلف گردیده است (Hussein et al., 2007; Guness).



شکل 1- تغییرات وزن خشک اندام هوایی گیاهچه کنجد در تیمارهای مختلف شوری (2/5، 6 و 9 دسی‌زیمنس بر متر) و پیش تیمارهای مختلف با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (1 و 2/5 میلی‌مولار) به همراه پیش تیمار با آب مقطر (SA0) و بذر خشک حروف مقایسه میانگین برای مقایسه میانگین‌های اندام هوایی و ریشه به صورت جداگانه است (Duncan, $p \leq 0.05$).

Table 1- Shoot and root dry matter changes of sesame seedlings along with salinity (2.5, 6 and 9 dS m⁻¹) and SA seed priming (dry seed, distilled water, 1 and 2.5 mM)

Mean comparison letters are to compare root and shoot values, separately.

اندام‌های گیاه می‌شود (Ashraf and Oleary, 1996). با این حال، نتایج آزمایش ما با آزمایش گونزو همکاران (Gunes et al., 2007)، که در آن گزارش شده است غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (0/5، 0/1 و 1 میلی‌مولار) غلظت پتاسیم را در ذرت، چه در شرایط شور (40 NaCl mM) و چه در شرایط غیر شور کاهش داد، همخوانی دارد.

نسبت سدیم به پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نسبت غلظت سدیم به پتاسیم اندام هوایی گیاهچه کنجد نشان داد که اثر شوری، غلظت و اثر متقابل شوری و غلظت بر نسبت غلظت سدیم به پتاسیم معنی‌دار بود (جدول 2). نتایج صفت نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی شباهت زیادی با غلظت سدیم دارد. در شوری‌های 6 و 9 dS m⁻¹ نسبت سدیم به پتاسیم در تیمارهای 1 و 2/5 mM سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری از تیمارهای بذر خشک و پیش تیمار آب مقطر کمتر بود (جدول 3). با مقایسه با غلظت‌های

غلظت پتاسیم اندام هوایی

غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاهچه کنجد نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری و اثر متقابل شوری و SA قرار گرفت (جدول 2). نتیجه مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش شوری، محتوای پتاسیم اندام هوایی در سطح شاهد (بذر خشک) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (به ترتیب 10 و 17 درصد نسبت به شاهد برای شوری‌های 6 و 9 dS m⁻¹) (جدول 3). پیش تیمار، چه با آب مقطر و چه با هر دو غلظت SA، اثر مثبتی بر محتوای پتاسیم اندام هوایی نداشت و در همه موارد سبب کاهش معنی‌دار محتوای پتاسیم نسبت به بذر خشک شد. با این حال، در شوری 6 dS m⁻¹، پیش تیمار با 1 و 2/5 mM SA سبب افزایش محتوای پتاسیم اندام هوایی نسبت به شوری شاهد در هریک از این دو پیش تیمار شد (برای نمونه، 2/20 در برابر 1/60 درصد به ترتیب برای شوری‌های 6 و 2/5 dS m⁻¹ و پیش تیمار با 1 میلی‌مولار SA). به‌طور کلی تنش شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به وسیله ریشه، باعث کاهش غلظت پتاسیم

غلظت فسفر اندام هوایی

غلظت فسفر گیاهچه کنگد به طور معنی داری تحت تأثیر تیمار شوری و اثر متقابل تیمار شوری و غلظت قرار گرفت، اما اثر غلظت معنی دار نبود (جدول 1). با افزایش شوری از سطح شاهد تا 9 dS m^{-1} ، در تیمار بذر خشک و پیش تیمار با آب مقطر، تغییر معنی داری در غلظت فسفر مشاهده نشد (جدول 3). پیش تیمار با $2/5$ میلی مولار SA در شوری 6 dS m^{-1} سبب افزایش معنی دار و تقریباً 72 و 30 درصدی غلظت منیزیم نسبت به تیمارهای بذر خشک و آب مقطر شد ($0/117$ در برابر $0/068$ و $0/090$ میلی گرم بر گرم وزن خشک) اما در شوری 9 dS m^{-1} اثر مثبتی از هیچ یک از دو غلظت SA دیده نشد.

نتایج متفاوتی از اثر SA بر جذب فسفر در شرایط شوری گزارش شده است. نتیجه یک آزمایش نشان داده است که شوری حاصل از کلرید سدیم در هر سه غلظت SA ($0/1$ ، $0/5$ و 1 mM) به صورت محلول پاشی سبب کاهش غلظت فسفر در گیاهچه ذرت شده است (Gunes et al., 2007) در حالی که پرایمینگ بذر ذرت با mg/Lit SA 20 در شرایط تنش سرمایی سبب افزایش غلظت فسفر اندام هوایی و ریشه گیاهچه ذرت شد (Ahmad et al., 2015). یکی از دلایل احتمالی کاهش جذب فسفر در شرایط شوری، وجود مقدار زیادی از یون های کلسیم و منیزیم در محیط است که موجب غیر فعال شدن فسفر در خاک می شود. بالا بودن قدرت یونی محیط های شور نیز عامل دیگری برای کاهش فعالیت فسفر در خاک می باشد (Awad et al., 1990). همچنین پاپادوپولوس و رندینگ (Papadopoulos and Rendig, 1983) معتقدند که در خاک های شور، آنیون های Cl^- و H_2PO_4^- برای جذب توسط گیاه با یکدیگر رقابت می کنند و در نتیجه جذب فسفر و تجمع آن در اندام هوایی سیب زمینی کاهش می یابد.

همبستگی

نتیجه آزمون همبستگی (جدول 4) نشان داد که سطح برگ بوته های کنگد با هیچ یک از صفات اندازه گیری شده در این پژوهش همبستگی معنی داری نداشت. این مشاهده ممکن است به سبب سن کم گیاهچه و عدم گسترش کافی آن تا زمان اندازه گیری (یک ماه پس از کاشت) باشد و بدین ترتیب تغییرات آن چندان تعیین کننده نبوده است. برخلاف آن، بررسی ضرایب همبستگی شاخص کلروفیل برگ (SPAD) حاکی از رابطه مثبت و معنی دار آن با وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل و محتوای پتاسیم اندام هوایی است. از آنجا که محتوای کلروفیل برگ رابطه نزدیکی با سرعت فتوسنتز آن دارد می توان چنین فرض کرد که توان فتوسنتزی برگ و نه مساحت سطح آن، اثر مشخصی بر تولید ماده خشک داشته است.

سدیم و پتاسیم می توان دریافت کم بودن این نسبت در دو تیمار SA به سبب جذب کمتر سدیم بوده است نه جذب بیشتر پتاسیم. نتایج پیشنهاد می کنند که پیش تیمار با 1 و $2/5 \text{ mM}$ SA سبب کاهش نسبت سدیم به پتاسیم و احتمالاً بهبود رشد گیاهچه های کنگد می شود. در همین رابطه گزارش شده است کاربرد SA نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی گندم را در شرایط شوری کاهش می دهد (Hamada and Al-Hakimi, 2001). به طور کلی، یکی از مکانیسم های مؤثر در مقاومت به شوری نسبت سدیم به پتاسیم پایین در اندام های گیاه تحت تیمار شوری می باشد که از طریق توانایی گیاهچه در جذب فعال پتاسیم و جلوگیری از ورود سدیم به ریشه حاصل می شود. به گونه ای که در ارقام مقاوم به شوری در مقایسه با ارقام حساس به شوری نسبت سدیم به پتاسیم پایین تری دارند (Khan et al., 1992).

غلظت منیزیم اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری، غلظت هورمون و اثر متقابل شوری و غلظت بر غلظت منیزیم اندام هوایی گیاهچه کنگد معنی دار بود (جدول 1). با افزایش شوری در بذر خشک و پیش تیمار با آب مقطر، غلظت منیزیم نسبت به شاهد به ترتیب حدود 75 و 38 درصد کاهش یافت ($0/14$ در برابر $0/55$ میلی گرم بر گرم برای بذر خشک و $0/38$ در برابر $0/61$ میلی گرم بر گرم برای پیش تیمار با آب مقطر) (جدول 3). در تیمار 1 mM سالیسیلیک اسید در هر سه سطح شوری غلظت منیزیم به طور معنی داری از دیگر سطوح پیش تیمار بالاتر بود. اما در تیمار $2/5 \text{ mM}$ تفاوت قابل توجهی بین سطوح شوری وجود نداشت و همچنین غلظت منیزیم به طور معنی داری کمتر از تیمار 1 mM سالیسیلیک اسید بودند. به طور کلی به نظر می رسد کاربرد سالیسیلیک اسید توانسته از اثر منفی شوری بر جذب منیزیم جلوگیری کند اگرچه غلظت 1 mM آن در مجموع بهتر از mM بوده است. گرجی (Gorji, 2008) گزارش کرد که با افزایش شوری محتوای منیزیم اندام هوایی و ریشه گلرنگ کاهش یافت. در آزمایش بورسی یو و همکاران (Boursier et al., 1987) نیز کاهش غلظت منیزیم در اثر تنش شوری در سورگوم مشاهده شد. همچنین دیوید و گوسوامی (Dravid and Goswami, 1986) دریافتند افزایش شوری در سویا منجر به کاهش جذب عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر گردید. نتیجه آزمایشگونز و همکاران (Gunes et al., 2007) و کارلیداک و همکاران (Karlidag et al., 2009) نیز نشان داد که با افزایش غلظت SA محلول پاشی شده بر بوته های ذرت از $0/1$ تا 1 میلی مولار محتوای منیزیم اندام هوایی بوته های ذرت و توت فرنگی در شرایط تنش شوری افزایش یافت.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، سطح برگ، عدد اسپد، محتوای سدیم و محتوای پتاسیم اندام هوایی، نسبت سدیم به پتاسیم و محتوای منیزیم و فسفر اندام هوایی

Table 4- Covariance coefficients of root dry weight, shoot DW, plant DW, leaf area, SPAD value, shoot Na content, shoot K content, Na/K ratio and shoot Mg and P content

صفت Trait	وزن خشک ریشه Root DW	وزن خشک اندام هوایی Shoot DW	وزن خشک کل Plant DW	سطح برگ Leaf area	عدد اسپد SPAD	غلظت سدیم Na content	غلظت پتاسیم K content	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	غلظت منیزیم Mg content
وزن خشک اندام هوایی Shoot DW	0.42 **								
وزن خشک کل Plant DW	0.83 **	0.84 **							
سطح برگ Leaf area	-0.24 ns	-0.09 ns	0.21 ns						
عدد اسپد SPAD	0.25 ns	0.31 *	0.37 **	0.15 ns					
سدیم Na content	-0.03 ns	-0.08 ns	-0.10 ns	-0.18 ns	0.12 ns				
پتاسیم K content	0.08 ns	0.41 **	0.30 *	0.07 ns	0.67 **	0.08 ns			
نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	-0.28 ns	-0.22 ns	-0.39 **	0.06 ns	0.10 ns	-0.19 ns	-0.01 ns		
منیزیم Mg content	-0.18 ns	-0.11 ns	-0.17 ns	-0.07 ns	-0.32 *	-0.58 **	-0.34 **	0.07 ns	
فسفر P content	0.08 ns	0.17 ns	-0.17 ns	-0.11 ns	-0.29 *	-0.91 **	-0.27 ns	-0.17 ns	0.46 **

*, **, ns و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۵ درصد معنی دار و غیر معنی دار
*, **, ns and ns : significant at 0.01, 0.05 and non-significant

نتیجه گیری

استفاده از پیش تیمار سالیسیلیک اسید سبب افزایش درصد سبز شد و این اثر به ویژه در شوری های بالا بسیار روشن بود. اما برخی از شاخص های مرتبط با رشد رویشی مانند سطح برگ و عدد اسید در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد کاهش یافت که احتمالاً به سبب ویژگی بازدارندگی این هورمون بوده است. با این حال در شوری 9 دسی زیمنس بر متر اثر مثبتی از کاربرد این تنظیم کننده بر حفظ شاخص کلروفیل برگ و سطح برگ مشاهده شد. همچنین جذب کمتر سدیم و جذب بیشتر پتاسیم از دیگر اثرهای کاربرد سالیسیلیک اسید بوده است. به نظر می رسد کاربرد سالیسیلیک اسید اثر قابل توجهی بر القا تحمل تنش شوری در مرحله جوانه زنی داشته باشد اما اثر آن بر رشد گیاهچه ای در شوری های شدید، بیشتر در جهت بقا آن است.

از سوی دیگر، غلظت سدیم اندام هوایی با هیچ یک از پارامترهای رویشی گیاه (وزن خشک، سطح برگ و شاخص SPAD) رابطه همبستگی نداشت در حالی که با محتوای منیزیم و به ویژه فسفر همبستگی منفی معنی داری داشت که نشان از کاهش جذب منیزیم و فسفر در شرایط افزایش محتوای سدیم خاک دارد. در مقابل، محتوای پتاسیم اندام هوایی با وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل و شاخص SPAD همبستگی مثبت معنی دار و با محتوای منیزیم اندام هوایی همبستگی منفی معنی داری داشت. به نظر می رسد جذب منیزیم با سدیم و پتاسیم حالت رقابتی¹ دارد. در نهایت، وزن خشک کل تقریباً به یک اندازه با وزن خشک ریشه و اندام هوایی همبستگی مثبت معنی دار دارد (ضرایب همبستگی به ترتیب 0/83 و 0/84). بدین ترتیب می توان حدس زد که در دروه رشد یک ماهه گیاهچه های کنجد، رشد ریشه و اندام هوایی تقریباً به یک اندازه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفته است.

References

1. Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. *Environmental and Experimental Botany* 59: 206-16.
2. Ashraf, M., and Oleary, W. 1996. Response of some newly developed salt tolerant genotypes of spring wheat to salt stress, I. Yield components and ion distribution. *Journal of Agronomy and Crop Science* 176: 91-101.
3. Awad, A. S., Edward, D. G., and Campbell, L. C. 1990. Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. *Crop Science* 30: 123-128.
4. Boursier, P., Lynch, J., Lauchli, A., and Epstein, E. 1987. Chloride partitioning in leaves of salt-stressed sorghum, maize, wheat and barley. *Functional Plant Biology* 14: 463-473.
5. Dalia, M. N. 2001. Studies for improving yield potential of some sesame genotypes. PhD dissertation, Cairo University, Cairo, Egypt.
6. Dravid, M. S., and Goswami, N. N. 1986. Significance of leaf phosphorus remobilization in yield production in soybean. *Crop Science* 32: 420-424.
7. El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-224.
8. Farooq, M., Basra, S., Wahid, A., Ahmad, N., and Saleem, B. 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195: 237-246.
9. Foroodel, S., Sadrabadi Haghighi, R., and Nabavi Kalat, S. M. 2011. Effect of seed priming on seedling growth of sesame under salinity stress. *Iranian Journal of Field Crop Research* 9: 535-543. (in Persian with English abstract).
10. Gautam, S., and Singh, P. K. 2009. Salicylic acid – induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. *Acta Physiologia Plantarum* 31: 1185-1190.
11. Gorji, M. 2008. Effect of Ca and K concentration in hydroponic solution on safflower response to salinity. MSc dissertation, Industrial University of Isfahan, Iran. (in Persian with English abstract).
12. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri Bagci, E., and Cicek, N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology* 164: 728-736.
13. Hamada, A. M., and Al-Hakimi, A. M. A. 2001. Salicylic acid versus salinity – drought -induced stress on wheat seedlings. *Plant, Soil and Environment* 47: 444-450.
14. Hayat, S., Ali, B., and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. Springer, Netherlands.

1- Antagonistic

15. Heidary sharif abad, H. 2001. Plant and salinity. Research Institute of Forests and Grasslands Publication.199 P. (in Persian).
16. Hussein, M. M., Balbaa, L. K., and Gaballah, M. S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Journal of Agriculture and Biological Sciences 3: 321-328.
17. Jamil, M., Rehman, S., Lee, K. J., Man Kim, J., Kim, H. S. E., and Rhal, S. 2007. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. Scientia Agricola 64: 111-118.
18. Karlidag, H., Yildirim, E., and Turan, M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Scientia Agricola 66: 180-187.
19. Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y., and Kolsarıcı, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy 24: 291-295.
20. Khan, H. A., Pervez, M. A., Ayub, C. M., Ziaf, K., Bilal, R. M., Shahid, M. A., and Akhtar, N. 2009. Hormonal priming alleviates salt stress in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Soil and Environment 28: 130-135.
21. Khan, M. Y., Rauf, A., Makhdoom, I., Ahmad, A., and Shah, S. M. 1992. Effect of saline sodic soils on mineral composition of eight wheat cultivars under field conditions. Sarhad Journal of Agriculture 8: 477-486.
22. Khan, N. A. 2003. NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzyme activities in wheat. Plant Biology 47: 437-440.
23. Khodary, A. S. E. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 226: 1560-8530.
24. Li, N., Parsons, B. L., Liu, D. R., and Mattoo, A. K. 1992. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. Plant Molecular Biology 18: 477-487.
25. Maas, E. V. 1986. Crop tolerance to saline soil and water. Prospects for Biosaline Research Workshop. Karachi. Pakistan, 205.
26. Mirmohammadi Meibodi, S. A. M., and Gharehiazzi, B. 2002. Physiological and breeding aspects of salinity stress in field crops. Industrial University of Isfahan, Iran. (in Persian).
27. Misra, A., and Sricastva N. K. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 7: 51-58.
28. Shabbir, I., Ayub, M., Tahir, M., Bilal, M., Tanveer, A., Hussain, M., and Afzal, M. 2014. Impact of priming techniques on emergence and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. Scientia Agricola 1: 92-96.
29. Sharma, N., Abrams, S. R., and Waterer, D. R. 2005. Uptake, movement, activity, and persistence of an abscisic acid analog (80 acetylene ABA methyl ester) in marigold and tomato. Journal of Plant Growth Regulation 24: 28-35.
30. Singh, G., and Jain, S. 1981. Effect of some growth regulators on certain biochemical parameters during seed development in chickpea under salinity. Indian Journal of Plant Physiology 20: 167-179.
31. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S., and Archbold, D. D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology 41: 244-251.



Effects of Pretreatment with Salicylic Acid on Growth and Nutrient Uptake of Sesame Seedlings under Salt Stress

H. Safari^{1*} - Sh. Madah Hosseini² - A. Azari² - M. Heshmati Rafsanjani³

Received: 25-08-2014

Accepted: 25-12-2016

Introduction

Salinity stress is regarded as one of the most important abiotic factors limiting plant growth and agricultural products, particularly in arid and semi-arid regions. Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an important oilseed crop rated moderately salt tolerant and capable of producing profitable crops in saline conditions. Germination and seedling establishment are critical stages in the life cycle of plants especially under stress conditions. Different methodologies have been adopted by plant physiologists in different crops to alleviate salt stress. Seed priming has proven beneficial in this regard in many important agricultural crops. Salicylic acid is one of the physiological processes regulators that it increases resistant of plants to environmental stresses such as salinity stress.

Materials and Methods

To evaluate the effect of different levels of salinity and seed pretreatment with salicylic acid (SA), on some growth indices and nutrient uptake of sesame (*Sesamum indicum* L.) seedling, a factorial experiment with completely randomized design and four replicates was conducted in Department of Agronomy, Rafsanjan University of Vali-e- Asr. Factors were seed pretreatment with three levels including, distilled water, 1 mM salicylic acid and 2.5 mM salicylic acid and salinity at three levels: control (Hoagland standard solution, 2.5 dS.m⁻¹), 6 and 9 dS.m⁻¹. A dry seed treatment (no pretreatment) was also added and considered as control.

Results and Discussion

Results showed that at 9 dS/m⁻¹ both SA concentrations caused significant increase in emergence percentage compared to dry seed and distilled water. Plant leaf area and SPAD values decreased along with salinity in dry seed and distilled water, nevertheless, at 2.5 mM SA, values were not significantly different between 6 and 9 dS.m⁻¹. On the other hand, SA seed pretreatment decreased shoot Na and increased K content, although shoot Mg and P contents were the highest at 1 and 2.5 mM SA, respectively. The effects of SA pretreatment on shoot dry mass was not clear. The highest shoot, root and seedling dry weights were observed at control salinity in dry seed, distilled water and 2.5 mM SA and decreased with salinity level. Seedling dry weight was not significantly lower than control only in 1 mM SA and 9 dS.m⁻¹ salinity.

Conclusions

Generally, in this experiment ameliorative effects of SA pretreatment were more pronounced on seedling survival and some nutrient uptake.

Keywords: Hormon, Priming, Sodium Chloride

1- MS.c. Agriculture College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan

2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Agriculture College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan

3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan

(*- Corresponding Author Email: safari4141@yahoo.com)



تحلیل شاخص‌های رشدی شنبلیله تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته

لیلا بذرکار خطیبانی^{*1} - براتعلی فاخری²

تاریخ دریافت: 1393/06/26

تاریخ پذیرش: 1395/09/03

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیک شنبلیله، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی 91-90 در استان گیلان (شهرستان شفت) به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. کود نیتروژن در چهار سطح (شاهد، 25، 50 و 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به عنوان عامل اصلی و تراکم بوته شامل (60، 80، 100 و 120 بوته در متر مربع) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های فیزیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای مذکور قرار گرفتند. بالاترین شاخص سطح برگ با کاربرد 50 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و در تراکم 120 بوته در متر مربع به دست آمد. بیشترین تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول مربوط به تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار و تراکم 120 بوته در متر مربع بود. حداکثر سرعت رشد نسبی پس از دریافت 294/3 درجه روز رشد در تیمار 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تراکم 80 بوته در متر مربع مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، شاخص‌های فیزیولوژیک، شنبلیله، کود نیتروژن

مقدمه

اندازه‌گیری دو پارامتر شاخص سطح برگ (LAI)³ و وزن خشک کل (TDM)⁴ الزامی است و سایر شاخص‌های رشد با انجام برخی محاسبات حاصل می‌گردند (Bavec et al., 2008). شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد. در یک مطالعه کارایی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده را وابسته به سطح برگ دانسته‌اند (Yano et al., 2007). پتانسیل فتوسنتزی و توان رشدی، همبستگی بالایی با میزان سطح برگ دارند و میزان ماده خشک کل نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تابش نور خورشید در طول فصل رویشی است که در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد که با پوشش یکنواخت و کامل، حداکثر جذب نوری را فراهم آورد (Lebaschy and Sharifi, 2003). سرعت رشد نسبی (RGR)⁵ بیان‌کننده مقدار ماده خشک تجمع‌یافته در گیاه در واحد زمان است و واحد آن گرم بر گرم در روز است. سرعت رشد نسبی در سیکل زندگی گیاه روند کاهشی دارد (Sadeghi and Bahrani, 2001). سرعت رشد محصول (CGR)⁶ به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت

گیاهان دارویی در طول تاریخ همیشه با انسان قرابت خاصی داشته و آثار دارویی و موارد مورد استفاده آن بر هیچ کس پوشیده نیست. ایران از لحاظ آب و هوا، موقعیت جغرافیایی و زمینه رشد گیاهان دارویی یکی از بهترین مناطق جهان محسوب می‌گردد (Yano et al., 2007). شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) متعلق به تیره بقولات جزء گیاهان دارویی ارزشمند می‌باشد. این گیاه دارای خواص متعدد دارویی مانند اثر تقویتی، ملین، اشتهاآور، خلط‌آور، ضد تب، افزایش‌دهنده میزان شیر در دوران شیردهی و کاهنده قند خون است (Samsam-Shariat, 2007; Zandi et al., 2013).

تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد به منظور تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی حائز اهمیت زیادی است. به منظور تجزیه و تحلیل روابط خاص و انجام آنالیز رشد،

1 و 2- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد اصلاح نباتات (ژنتیک بیومتری)،

دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(*) - نویسنده مسئول: (Email: l_bazrkar2004@yahoo.com)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.39505

3- Leaf Area Index

4- Total Dry Matter

5- Relative Growth Rate

6- Crop Growth Rate

تولید را در واحد سطح زمین در زمان، مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (Karimi and Siddique, 1991). هر گیاهی برای تکمیل نمو خود به مجموع درجه حرارتی نیاز دارد که به ضریب حرارتی مشهور است. برای تعیین ضریب حرارتی از روش درجه - روزهای رشد (GDD)¹ استفاده می‌شود.

کود نیتروژن و تراکم بوته اثرات قابل توجهی بر شاخص‌های رشد دارند. با انتخاب میزان مناسب کود نیتروژن و تراکم بوته می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی دست یافت و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد. در هر منطقه شاخص سطح برگ که بتواند حداکثر عملکرد را تولید نماید متفاوت است و بایستی از طریق پژوهش‌های محلی به دست آید (Khiriya et al., 2001).

این پژوهش برای اولین بار شاخص‌های رشد شنبليله را تحت تأثیر کود نیتروژن و تراکم بوته مورد مطالعه قرار داده است که فیزیولوژیست‌های گیاهی می‌توانند این شاخص‌ها را به عنوان ابزارهای مفیدی جهت تجزیه و تحلیل کمی رشد شنبليله به کار برند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از شالیزارهای شهرستان شفت (49 درجه و 26 دقیقه طول شرقی و 37 درجه و 16 دقیقه عرض شمالی با ارتفاع 11 متر از سطح دریا و اقلیم معتدل) پس از برداشت برنج، در آبان ماه سال زراعی 90-91 اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی با pH=4/46 بود. استفاده بهینه از زمین‌های شالیزاری و انجام کشت دوم (Double Cropping) بعد از برداشت برنج از اهمیت خاصی برخوردار است. کشت زمستانه شنبليله به منظور مصارف مختلف (غذایی، دارویی، علوفه‌ای و کود سبز) با هدف افزایش درآمد خانوار روستایی مربوط به زمانی است که شالیکاران منطقه، فارغ از فعالیتهای زراعی می‌باشند، بر این اساس این آزمایش در راستای تعیین مقدار مناسب کود نیتروژن و تراکم مطلوب گیاهی جهت کشت شنبليله در تناوب با برنج تحت شرایط دیم، اجرا گردید. در این بررسی کود نیتروژن به عنوان عامل اصلی در چهار سطح (شاهد، 25، 50 و 75 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)² و تراکم بوته به صورت عامل فرعی (60، 80، 100 و 120 بوته در متر مربع)³ با آزمایش کرت‌های خرد شده و طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. کود نیتروژن طی دو تقسیم در مزرعه به کار رفت. تقسیم اول (1/3) در زمان کاشت به عنوان کود پایه و تقسیم دوم (2/3)، یک ماه پس از کاشت قبل از تشکیل گره روی ریشه اعمال گردید. هر کرت آزمایشی

دارای 8 خط کاشت به فاصله 30 سانتی‌متر از یکدیگر و به طول 4 متر بود. به منظور انجام آنالیزهای رشدی گیاه و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، نمونه‌برداری 42 روز پس از کاشت طی 12 مرحله به فاصله زمانی 15 روز یکبار با استخراج 6 نمونه از هر کرت با رعایت حاشیه انجام گرفت. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ⁴ محاسبه گردید. نمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک به طور جداگانه درون پاکت کاغذی قرار گرفته و پس از قرارگیری در آن به مدت 24 الی 48 ساعت در دمای 75 درجه سانتی‌گراد، توزین گردیدند. روند رشد گیاه براساس درجه روز رشد تجمعی (GDD) با استفاده از معادله (1) تعیین گردید. پس از برآورد ماده خشک تولیدی (معادله 2)، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول با استفاده از معادلات (3) و (4) محاسبه گردید. در نهایت تغییرات شاخص‌های مذکور با استفاده از نرم‌افزار STATGRAPH برآورد گردید و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. حداکثر شاخص‌های رشد با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$GDD = \sum Hi, Hi = [T_{max} + T_{min}/2] - Tb \quad (1)$$

$$DM = EXP(a \cdot bH \cdot cH^2) \quad (2)$$

$$RGR = b + 2cH \quad (3)$$

$$CGR = DM \times RGR \quad (4)$$

در این معادله‌ها GDD شاخص درجه حرارت تجمعی ($GDD = \sum Hi$)، Hi شاخص درجه حرارت روزانه، T_{max} حداکثر درجه حرارت روزانه با حد بالایی 30 درجه سانتی‌گراد، T_{min} حداقل درجه حرارت روزانه با حد پایینی 5 درجه سانتی‌گراد، Tb دمای پایه برابر 5 درجه سانتی‌گراد (14)، DM وزن خشک بخش هوایی برحسب گرم بر متر مربع، RGR سرعت رشد نسبی برحسب گرم بر گرم بر درجه روز رشد، CGR سرعت رشد محصول برحسب گرم بر مترمربع بر درجه روز رشد و a ، b ، c ضرایب رگرسیون می‌باشند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

شکل‌های 2 تا 5 اثر متقابل تیمار تراکم بوته و نیتروژن روی تغییرات شاخص سطح برگ را نشان می‌دهند. در کلیه مقادیر اثر متقابل، بیشترین شاخص سطح برگ در درجه روز رشد معادل 1043 به دست آمد و پس از آن به دلیل افزایش سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها روند کاهشی را شاهد هستیم. بالاترین شاخص سطح برگ با تراکم 120 بوته در متر مربع و کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست

1- Growth Degree Days

2- $N_1=0$ kg/N ha (Control), $N_2=25$ kg/N ha, $N_3=50$ kg/N ha and $N_4=75$ kg/N ha

3- $D_1=60$ plants/m², $D_2=80$ plants/m², $D_3=100$ plants/m² and $D_4=120$ plants/m²

4- LI-3100 area meter (LI-COR, Lincoln, NB, USA)

آمد.

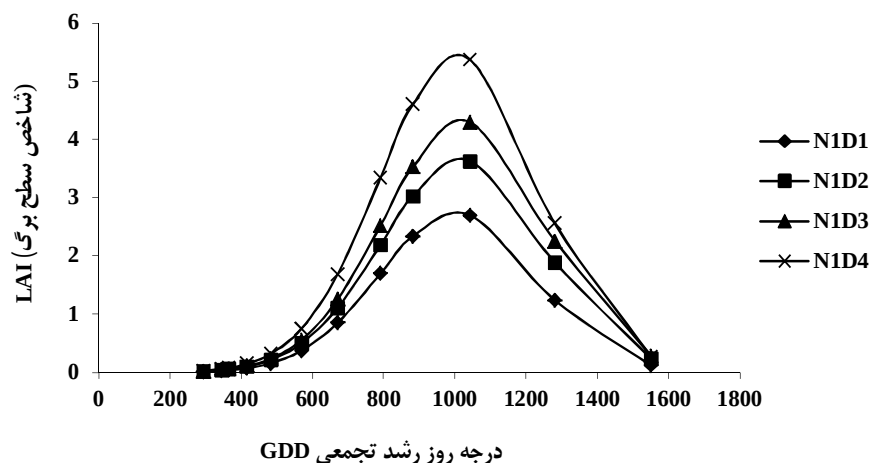
فعالیت فتوسنتزی همراه با افزایش سایه‌اندازی، روند نزولی در منحنی شاخص سطح برگ قابل ملاحظه است (Mirhashemi *et al.*, 2009). در مطالعه دیگری نیز کاهش شدید سطح برگ در زمان گلدهی مورد تأیید قرار گرفت و دلیل آن افزایش سطح خورجین‌ها بیان گردید (Dipenbrock, 2000). شاخص سطح برگ می‌تواند با افزایش سطح برگ در هر گیاه و یا با افزایش تعداد گیاه در واحد سطح افزایش یابد (Bazzazi *et al.*, 2013; Petropoulos, 2002).

ماده خشک کل

روند تغییرات ماده خشک در کلیه سطوح تیماری مشابه بود که با نتایج به‌دست آمده توسط میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi *et al.*, 2009) مطابقت دارد. همانطور که در شکل‌های 5 تا 8 ملاحظه می‌گردد، بالاترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار و تراکم 120 بوته در متر مربع بود. در کلیه سطوح تیماری نیز کاهش وزن خشک پس از دریافت حدود 1280/9 درجه روز رشد حاصل شد. در گیاه دارویی شنبليله هم‌زمان با شروع رشد زایشی، رشد رویشی هم ادامه دارد به‌عبارتی شنبليله دارای عادت رشدی نامحدود است.

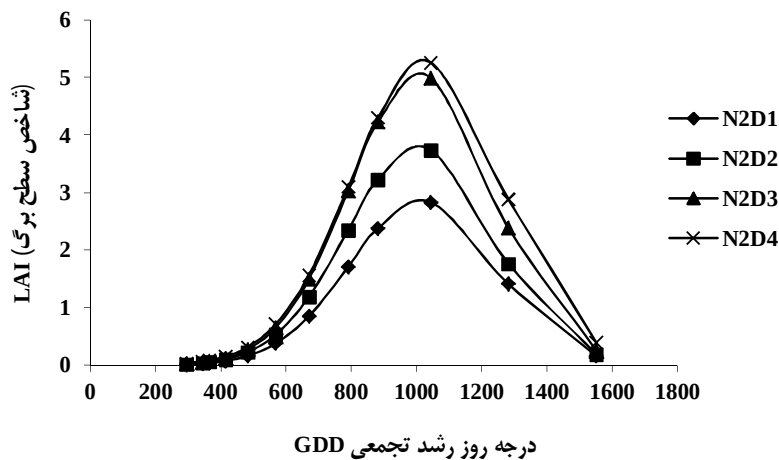
سرعت تجمع ماده خشک در ابتدای رشد کم و تدریجی است و با گذشت زمان و افزایش شاخ و برگ، میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرده و شیب تجمع ماده خشک مثبت تر می‌شود به‌طوری‌که در نقطه اوج منحنی به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن به دلیل افزایش سن و پیری برگ‌ها از مقدار ماده خشک کاسته شده و درنهایت متوقف می‌شود (Mehta *et al.*, 2010; Petropoulos, 2002).

شاخص سطح برگ که عبارت است از نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده به‌وسیله گیاه، در تراکم‌های بالا خیلی زودتر از تراکم‌های پایین به حداکثر می‌رسد (Sadeghi and Bahrani, 2001). از آنجایی که بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در مراحل اولیه پرشدن دانه‌ها به‌وجود می‌آید، بنابراین هرچه اندازه سطح برگ گیاه در این مرحله بیشتر باشد، به همان اندازه گیاه قادر به استفاده بهینه از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی را پیدا می‌کند و درنهایت بر تعداد بالقوه خورجین‌ها و عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد (Mousavi *et al.*, 2013). در اوایل دوره رشد به علت شرایط نامطلوب محیطی و پایین بودن دما، گیاهان با سطح برگ کمتر، وارد مرحله رزت شدند لذا در کلیه شکل‌ها روند تغییرات سطح برگ در اوایل رشد به‌صورت بطئی بود. این کندی رشد، ناشی از سطح پایین برگ‌ها و کم بودن سطح فعال فتوسنتزی در مرحله گیاهچه‌ای بود. در اوایل بهار به‌تدریج با افزایش تدریجی دما، گیاهان شروع به رشد نموده اما به‌دلیل کوچکی سطح برگ، رشد در اوایل فصل زراعی کند بوده و با افزایش سطح برگ رشد سریع‌تر شده و در حدود چند هفته بعد از گلدهی به حداکثر مقدار خود رسید و سپس بر اثر سایه‌اندازی گل‌ها، غلاف‌ها و شاخه‌ها به‌ویژه در تراکم‌های بالاتر، شاخص سطح برگ به علت پیری برگ‌ها به سرعت کاهش یافت. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیز شاخص سطح برگ به حداقل میزان خود رسید. در پژوهشی پیرامون بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زینان و شنبليله در کشت‌های خالص و مخلوط مبتنی بر اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک) این نتیجه حاصل گردید که با کاهش



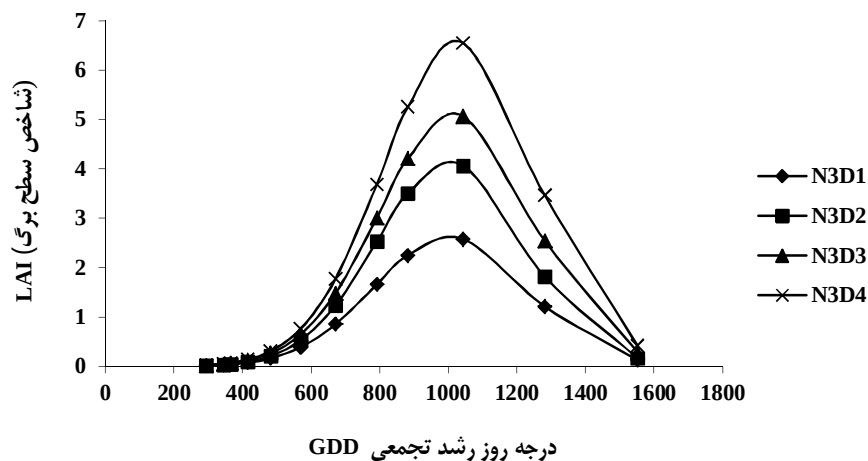
شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد، در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N₁ (شاهد - بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 1- Changing trend of leaf area index (LAI) during the growing season in different plant density (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants m⁻²) in main treatment N₁ (Control- no nitrogen application)



شکل 2- روند تغییرات شاخص برگ در طی فصل رشد، در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N2)

Figure 2- Changing trend of leaf area index (LAI) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 25 kgN ha⁻¹ (N2)



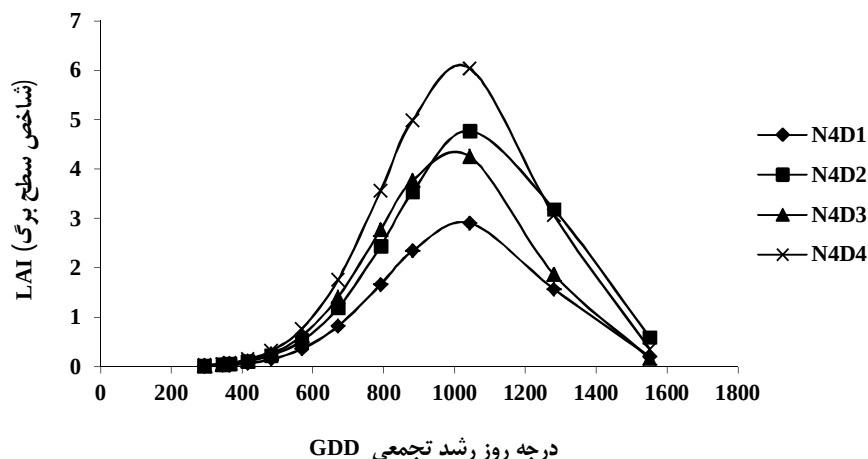
شکل 3- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد، در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

Figure 3- Changing trend of leaf area index (LAI) in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 50 kg N/ ha (N3)

قوی‌تری را تولید نمودند و چون به شکل کامل‌تری به حالت رزت رفتند قادر به تحمل شرایط دشوار محیطی در زمستان تحمل گردیدند. بنابراین در اوایل رشد تا اول بهار آهنگ رشد وزن خشک کل به صورت بطئی بود. با مناسب شدن شرایط محیطی در بهار و افزایش تدریجی دما، گیاهان شاخص سطح برگ و توان فتوسنتزی بالاتر یافته و در نتیجه این مسأله باعث افزایش ماده خشک کل شد. در

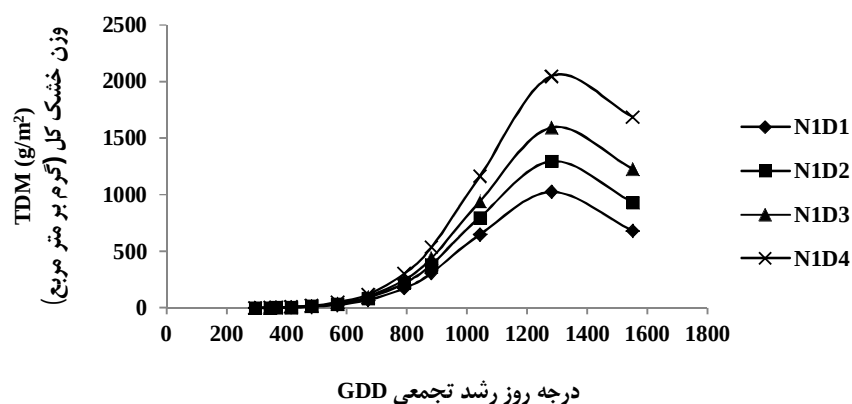
معادلات رگرسیونی تغییرات ماده خشک کل نسبت به درجه - روزهای رشد در تیمارهای مختلف نشان داد که مدل برازش شده برای کلیه تیمارها به صورت معادله نمایی درجه دوم بوده و کلیه معادلات برای کلیه سطوح از نظر آماری قابل قبول می‌باشد. از آنجایی که تاریخ کاشت یازدهم آبان انتخاب گردید (Petropoulos, 2002)، بنابراین بذور کاشته شده به موقع جوانه زده و گیاهچه‌های

مراحل انتهایی رشد نیز شاهد کاهش وزن خشک کل بودیم که ناشی از ریزش شدید برگ‌ها بود. این مسأله به دلیل افزایش دما در مراحل نهایی رشد و همچنین عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کشت دیم بود.



شکل 4- روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

Figure 4- Changing trend of leaf area index (LAI) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 75 kg N/ ha (N4)



شکل 5- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N₁ (شاهد- بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 5- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) in main treatment N₁ (Control- no nitrogen application)

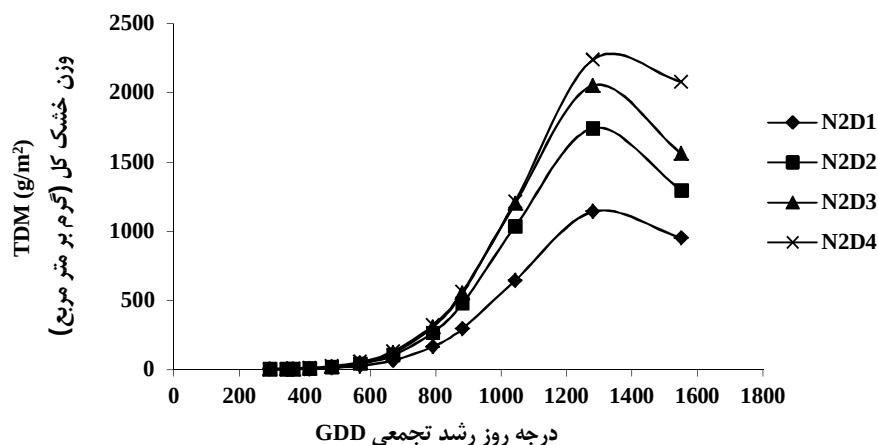
50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین سرعت رشد نسبی را در مقایسه با سایر سطوح نیتروژن در این تراکم داشته و اوج سرعت رشد نسبی در مرحله ظهور اولین برگ ساده با دریافت 294/3 درجه روز رشد بود، ولی در آخرین مرحله نمونه‌برداری به دلیل کاهش محسوس

سرعت رشد نسبی

اثر متقابل تیمارهای تراکم بوته و نیتروژن روی تغییرات سرعت رشد نسبی در شکل‌های 10 تا 13 به نمایش درآمده است. همانطور که در شکل‌ها مشخص است اثر متقابل تراکم 80 بوته در متر مربع و

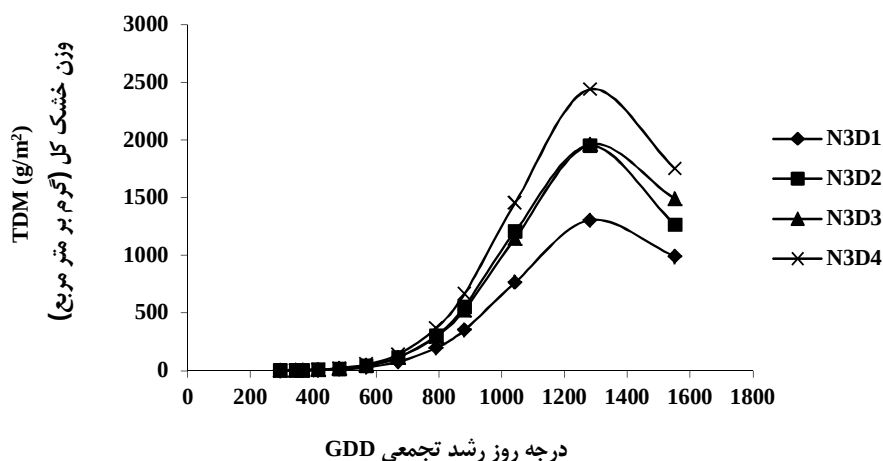
بوته در واحد سطح و در نتیجه افزایش وزن خشک کل نسبت به تراکم 60 بوته در متر مربع بود و از طرفی در زمان رسیدن غلاف‌ها سیر نزولی نمودار شدیدتر و مقدار آن منفی‌تر بود که علت این موضوع کاهش تعداد برگ در بوته می‌باشد.

تر وزن خشک در مقایسه با سایر سطوح اثر متقابل در این تراکم شیب منفی‌تری داشت. لازم به توضیح است ضمن اینکه حداکثر سرعت رشد نسبی در سطح نیتروژن 50 کیلوگرم در هکتار در زمان اولین برگ ساده حادث گردید مقدار آن در تراکم 80 بوته در متر مربع نیز بیشتر از سایر سطوح تراکم بود که علت این موضوع افزایش تعداد



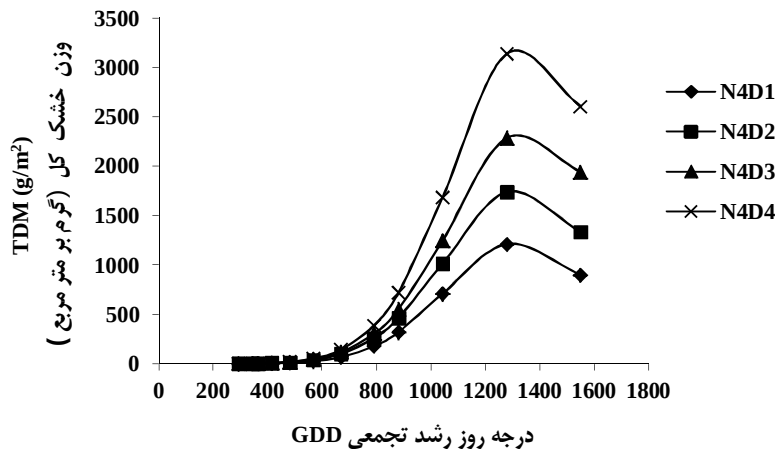
شکل 6- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) و کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N2)

Figure 6- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) and application of 25 kg N/ha (N2)



شکل 7- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، ۱۰۰، ۱۲۰ بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

Figure 7- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) and application of 50 kg N/ha (N3)



شکل 8- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

Figure 8- Changing trend of total dry matter (TDM) accumulation during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2:80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) and application of 75 kg N/ ha (N4)

سرعت رشد محصول

در شکل‌های 14 تا 17 اثر متقابل تیمارهای تراکم بوته و نیتروژن روی تغییرات سرعت رشد محصول نشان داده شده است. در تمام مقادیر اثر متقابل بین دو مرحله غلاف‌دهی و رسیدگی کامل غلاف‌ها، سرعت رشد محصول با دریافت 1043 درجه روز رشد در حداکثر مقدار خود بود و روندی تقریباً خطی داشت و به تدریج به دلیل انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها روند نزولی پیدا کرد و در آخر فصل به علت از بین رفتن برگ‌ها و کاهش وزن خشک کل اندام رویشی منفی گردید که با نتایج محققان دیگر (Lebaschy and Sharifi, 2003; Mehta et al., 2010) مطابقت دارد. همانطور که در شکل‌ها مشخص است اثر متقابل تراکم 120 بوته در متر مربع و تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار بیشترین سرعت رشد را در مقایسه با سایر سطوح نیتروژن در این تراکم داشته و اوج سرعت رشد محصول در این تراکم در مرحله قبل از رسیدگی غلاف‌ها (دانه‌ها) با دریافت 1087/6 درجه روز رشد بود.

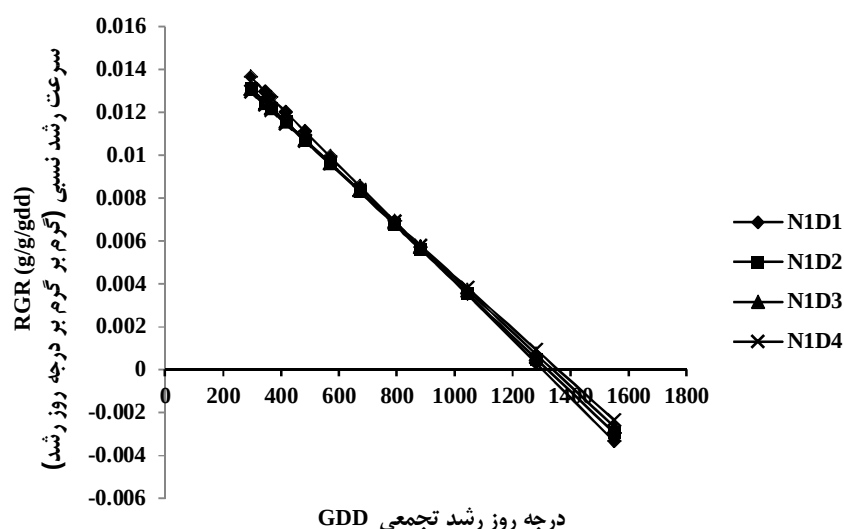
سرعت رشد محصول نشان‌دهنده میزان افزایش ماده خشک گیاه در واحد سطح زمین در واحد زمان است که معمولاً واحد آن به صورت گرم بر متر مربع در روز و یا گرم بر متر مربع در درجه روز رشد بیان می‌شود. در اوایل فصل رشد به دلیل نبودن پوشش گیاهی کامل روی سطح زمین و هدر رفتن مقدار زیادی از تشعشع خورشید، سرعت رشد محصول پایین است ولی با افزایش سطح برگ گیاه، مقدار سرعت رشد محصول نیز افزایش یافته و معمولاً در مرحله گلدهی و شروع

علت بیشتر بودن سرعت رشد نسبی در تراکم‌های پایین بوته در این آزمایش، بزرگ بودن جثه گیاه در تراکم پایین بوته می‌باشد. افزایش جثه گیاه، افزایش وزن خشک را در پی خواهد داشت، ولی قسمتی از این افزایش وزن مربوط به بافت‌های مسن، بالغ و حتی مرده‌ای است که فقط ماده خشک داشته و نقشی در تولید ندارند و لذا تغییرات وزن خشک کل گیاه نسبت به وزن خشک اولیه با بزرگ شدن گیاه و افزایش وزن خشک اولیه آن کاهش نشان می‌دهد.

سرعت رشد نسبی مقدار افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن اولیه در واحد زمان است که براساس افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن گیاه در واحد زمان بیان می‌گردد و واحد آن گرم بر گرم بر درجه روز رشد می‌باشد. مقدار سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل به دلیل رشد سریع گیاهان، وجود بافت‌های جوان و وزن اولیه کم گیاه نسبت به زمان‌های دیگر بیشتر است، با گذشت زمان و افزایش بافت‌های غیر زنده و مسن و سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و در نتیجه غیر فعال شدن بعضی برگ‌ها، مقدار سرعت رشد نسبی روند نزولی پیدا می‌کند تا اینکه به مقدار منفی در زمان برداشت می‌رسد. دلیل کاهش و منفی شدن سرعت رشد نسبی را می‌توان به سایه‌اندازی پوشش برگ‌ها و افزایش برگ‌های مسن و از بین رفتن یک سری از برگ‌های مسن در پایین بوته در گیاه ارتباط داد (Bazzazi et al., 2013). در این تحقیق نیز میزان سرعت رشد نسبی در تیمارهای مورد مطالعه در ابتدا بالا بود و سپس در طی رشد و انتهای دوره رشد به دلیل افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها کاهش پیدا کرد.

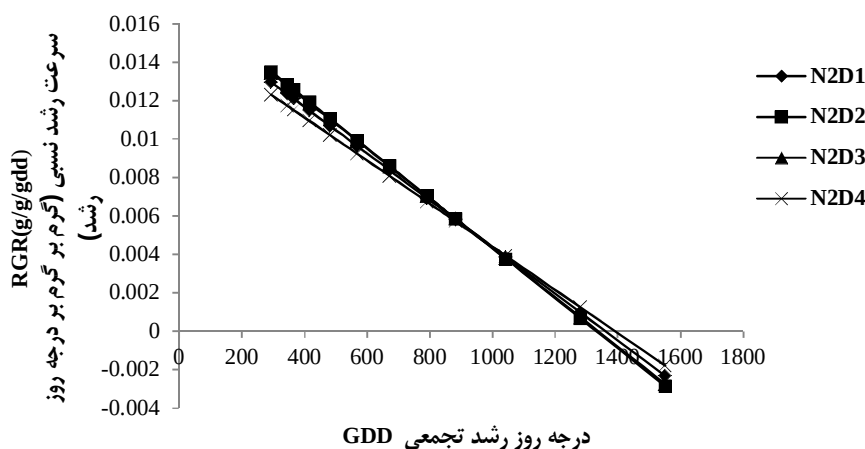
فتوستتزی از اندامهای مختلف به دانه پرداخته و لذا وزن کل تقریباً ثابت می‌ماند. با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، به واسطه خشک شدن و ریزش برگ‌ها، سطح فتوستتزی کاهش می‌یابد و به همین خاطر سرعت رشد محصول به مقادیر منفی نیز می‌رسد.

میوه‌دهی به حداکثر مقدار خود می‌رسد. پس از این مرحله به دلیل کاهش روند ماده‌سازی در گیاه، مقدار سرعت رشد محصول ثابت شده و به تدریج سیر نزولی پیدا می‌کند. کاهش سرعت رشد در زمانی اتفاق می‌افتد که گیاه به جای تولید مواد جدید، بیشتر به انتقال مواد



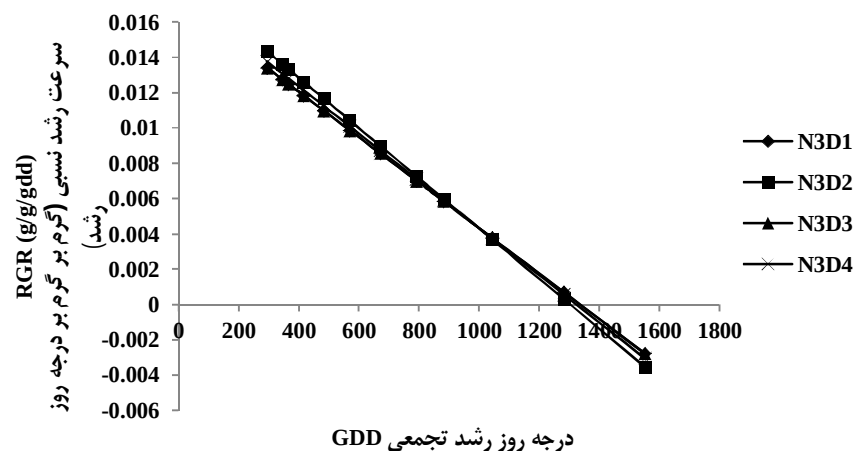
شکل 9- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N_1 (شاهد - بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 9- Changing trend of relative growth rate (RGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) in main treatment N_1 (Control- no nitrogen application)



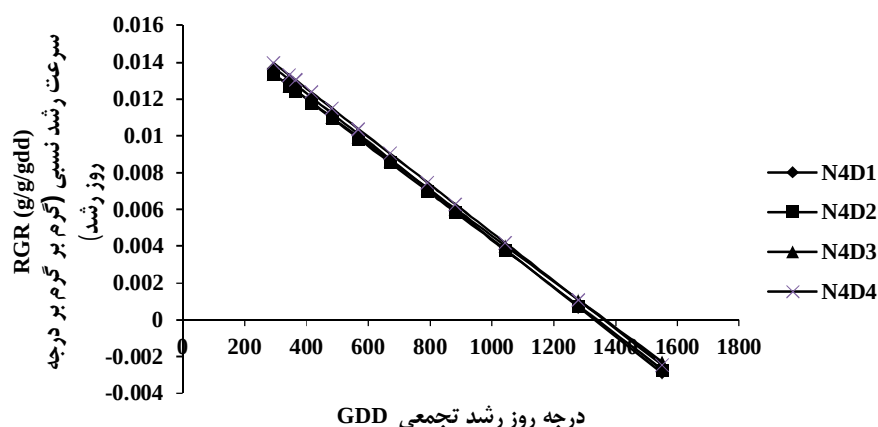
شکل 10- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در مترمربع) با کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N_2)

Figure 10- Changing trend of relative growth rate (RGR) in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 25 kg N/ ha (N_2)



شکل 11- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

Figure 11- Changing trend of relative growth rate (RGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 50 kg N/ ha (N3)

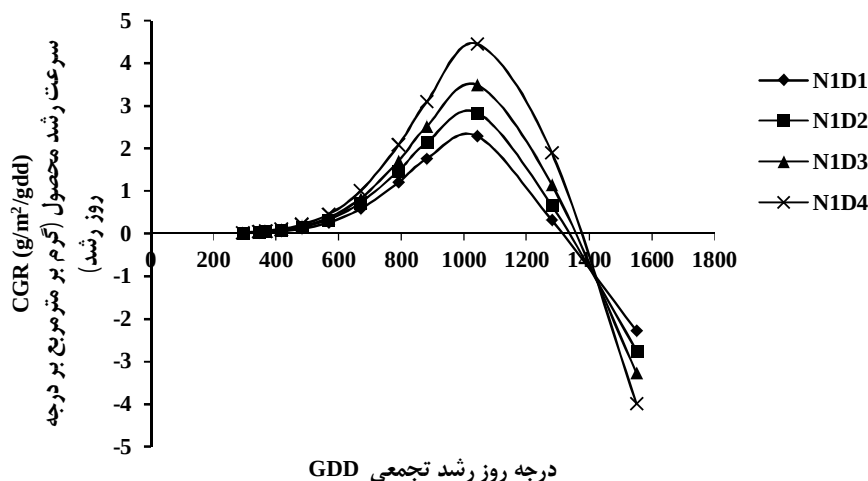


شکل 12- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

Figure 12- Changing trend of relative growth rate (RGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 75 kg N/ ha (N4)

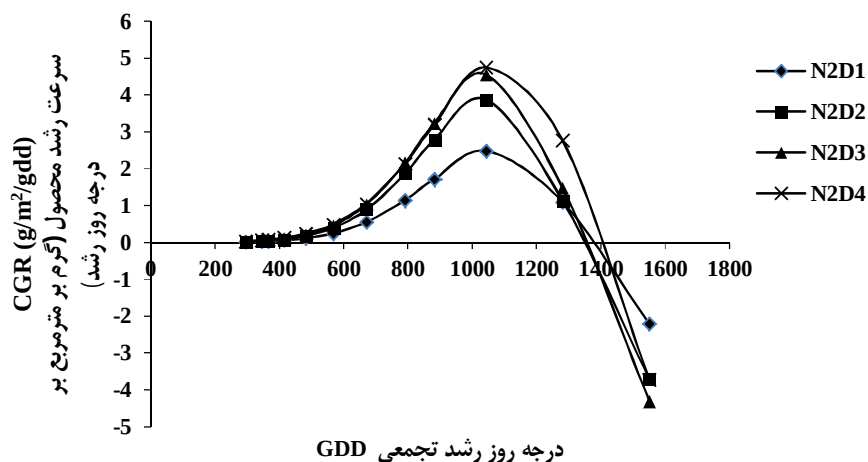
برگ بود. به عبارت دیگر بیشترین مقدار سرعت رشد محصول با دریافت 1043 درجه روز رشد به دست آمد و سپس سیر نزولی پیدا کرد. در اواخر دوره رشد به دلیل سایه اندازی اندام‌های فوقانی مثل غلاف‌ها، شاخه‌ها و برگ‌های انتهایی روی برگ‌های پایین‌تر، گیاه با کمبود شدت نور در کانوبی مواجه شد و قدرت فتوسنتزی گیاه افت نمود و با ریزش برگ‌ها، سرعت رشد محصول به شدت کاهش نشان داد و در زمان رسیدگی غلاف‌ها، این مقدار منفی شد.

در این آزمایش سرعت رشد محصول در مراحل گیاهچه‌ای و رزت به دلیل پایین بودن سطح کانوبی، کمی جذب تشعشع خورشیدی، دمای پایین و کوتاه بودن طول روز روند بطئی نشان داد. با آغاز رشد مجدد، سطح برگ افزایش یافته و در نتیجه با جذب تشعشع خورشیدی بیشتر، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح بالا رفته و به تبع آن سرعت رشد محصول نیز روندی افزایشی به دنبال داشت. سرعت رشد محصول در مراحل پر شدن دانه به حداکثر میزان خود رسید. حداکثر سرعت رشد محصول مصادف با حداکثر شاخص سطح



شکل 13- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) در تیمار اصلی N₁ (شاهد-بدون کاربرد نیتروژن)

Figure 13- Changing trend of crop growth rate (CGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) in main treatment N₁ (Control: no nitrogen application)



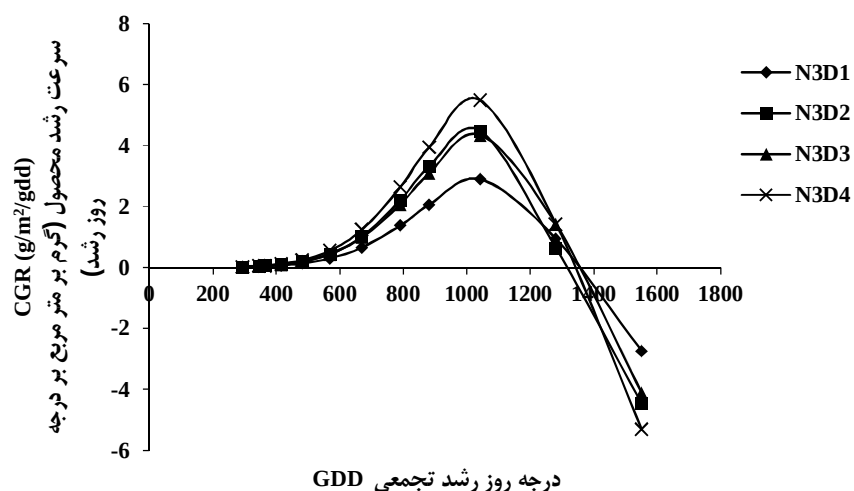
شکل 14- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N₂)

Figure 14- Changing trend of crop growth rate (CGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 25 kg N/ha (N₂)

سرعت رشد محصول مربوط به تیمار نیتروژن 75 کیلوگرم در هکتار و تراکم 120 بوته در متر مربع بود. حداکثر سرعت رشد نسبی پس از دریافت 294/3 درجه روز رشد در تیمار 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تراکم 80 بوته در متر مربع مشاهده شد.

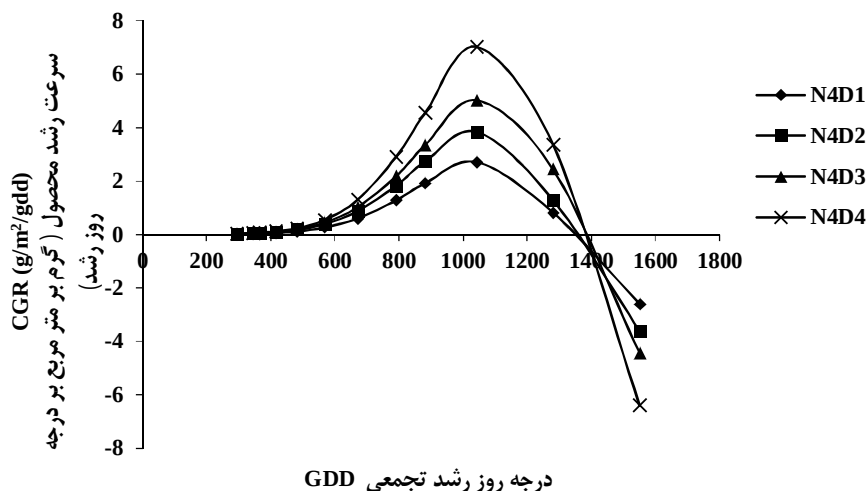
نتیجه گیری

به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ با کاربرد 50 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و در تراکم 120 بوته در متر مربع حاصل می گردد. بیشترین تجمع ماده خشک و



شکل 15- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N3)

Figure 15- Changing trend of crop growth rate (CGR) in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 50 kg N/ha (N3)



شکل 16- روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در سطوح مختلف تراکم بوته (60، 80، 100، 120 بوته در متر مربع) با کاربرد 75 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (N4)

Figure 16- Changing trend of crop growth rate (CGR) during the growing season in different planting densities (D1: 60, D2: 80, D3: 100, D4: 120 plants/m²) with application of 75 kg N/ha (N4)

References

1. Bavec, M., Vuković, K., Grobelnik, S., Rozman, Č., and Bavec, F. 2008. Leaf area index in winter wheat: response on seed rate and nitrogen application by different varieties. *Journal of Central European Agriculture* 8 (3): 342-377.
2. Bazzazi, N., Khodambashi, M., and Mohammadi, S. 2013. The Effect of Drought Stress on Morphological Characteristics and Yield Components of Medicinal Plant Fenugreek. *Journal of Crop Production and Processing* 3 (8): 11-23.

3. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus*): a review. *Field Crops Research* 67 (1): 35-49. doi: 10.1016/S0378-4290(00)00082-4.
4. Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research* 42 (1): 13-20.
5. Khiriya, K. D., Sheoran, R. S., and Singh, B. P. 2001. Growth analysis of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under various levels of farmyard manure and phosphorous. *Journal of Spices and Aromatic Crops* 10 (2): 105-110.
6. Lebaschy, M. H., and Sharifi, E. 2003. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. *Pajouhesh & Sazandegi* 65: 65-75.
7. Mehta, R. S., Patel, B. S., Singh, R. K., Meena, S. S., and Malhotra, S. K. 2010. Growth and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as influenced by irrigation levels and weed management practices. *Journal of Spices and Aromatic Crops* 19 (1&2): 14-22.
8. Mirhashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 685-694. (in Persian with English abstract).
9. Mousavi Boogar A. A., Jahansou, M., Mehrvar, M., Sadeghi Shoaee, M., and Hosseini, R. 2013. The study of growth analysis in irrigated wheat cultivars under different tillage systems. *Iranian Journal of Agronomy and Plant breeding* 9 (3): 15-23.
10. Petropoulos, G. A. 2002. Fenugreek—the genus *Trigonella*. Taylor & Francis, London.
11. Sadeghi, H., and Bahrani, M. G. 2001. Effect of plant density and nitrogen rates on physiological indices of corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 3 (1): 13-25.
12. Samsam-Shariat, H. 2007. Collection of Medicinal Plants, Mani Publication, Tehran, Iran.
13. Yano, T., Aydin, M., and Haraguchi, T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. *Sensors* 7 (10): 2297-2315. doi: 10.3390/s7102297.
14. Zandi, P., Basu, S. K., Bazrkar Khatibani, L., Balogun, M. O., Aremu, M. O., Sharma, M., Kumar, A., Sengupta, R., Li, X., Li, Y., Tashi, S., Hedi, A., and Cetzel-Ix, W. 2015. Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed: a review of physiological and biochemical properties and their genetic improvement. *Acta Physiologiae Plantarum* 37: 1714. doi: 10.1007/s11738-014-1714-6.
15. Zandi, P., Shirani Rad, A. H., Daneshian, J., and Bazrkar Khatibani, L. 2013. Evaluation of nitrogen fertilizer and plant density effects on yield and yield components of Fenugreek in double cropping. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)* 35 (4): 85-91.



Growth Analysis of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under Various Levels of Nitrogen and Plant Density

L. Bazrkar-Khatibani^{1*} - B. A. Fakheri²

Received: 17-09-2014

Accepted: 23-11-2016

Introduction

Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) is a specific condiment crop mostly grown for its edible parts, and is used as a green fodder and fresh vegetable. The seeds have medicinal value solely against digestive disorders, whereas its leaves are rich source of minerals and nutrients. The growth and yield of fenugreek is particularly affected by the application of nitrogen fertilizer and planting arrangement. Plant growth is a process of biomass accumulation which in turn is derived out of the interaction of the respiration, photosynthesis, water relations, long-distance transport, and mineral nutrition processes. Growth is the most important process in predicting plant reactions to environment. Irradiance, temperature, soil-water potential, nutrient supply and enhanced concentrations of atmospheric carbon dioxide are among some external components influencing crop growth and development. Growth analysis is a useful tool in studying the complex interactions between plant growth and the environment, clarifying and interpreting physiological responses. Plants total dry matter (TDM) production and accumulation can be appraised via relative growth rate (RGR) and crop growth rate (CGR) which are the most important growth indices. Leaf area index (LAI) is a factor of crop growth analysis that accounts for the potential of the crop to assimilate light energy and is a determinant component in understanding the function of many crop management practices.

Materials and Methods

A field investigation was conducted in a paddy field at Shaft County (Guilan Province) for eight consecutive months (from November 2009 to June 2010), to study the effect of four levels of nitrogen fertilizer (0, 25, 50 and 75 Kg N ha⁻¹) and four levels of planting density (60, 80, 100, and 120 plants m⁻²) on the growth indices of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) crop. The soil for the experiment was loam in texture and strongly acidic in reaction (pH 4.5). Sixteen treatment combinations, keeping nitrogen levels in main plots and levels of planting density in sub-plots, were replicated four times in a split-plot experiment on the basis of randomized complete block design (RCBD). Hand-sowing was done in lines (30 cm apart) as per experimental treatment. Weeds were controlled regularly during the whole study. All other recommend management practices were followed. Observations on leaf area and dry matter accumulation were recorded from all subplots (6 plants per subplot) with 15 day intervals up to crop maturity, initiating at 42 days after planting. Harvested plants were separated into remaining leaves, pods, and stems in the crown. The fresh weight of each sample was determined and the green leaf area of the remaining leaves was also measured immediately after harvest using a LI-3100 area meter (LI-COR, Lincoln, NB, USA). Shoot tissues were then oven-dried at 75°C for 24-48 h and dry weights were calculated. STATGRAPH software was employed to find the best mathematical model to describe the relationship between total dry matter (TDM) accumulation, leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR) and growing degree-days (GDD).

Results and Discussion

Result indicated that the physiological indices were wholly influenced by applied treatments. The highest leaf area index was recorded in plots containing 120 plants m⁻² while receiving 50 kg pure N ha⁻¹. Combined treatments of 120 plants m⁻² × 75 kg N ha⁻¹ and 80 plants m⁻² × 50 kg N ha⁻¹ resulted in highest TDM and RGR rates, respectively. In all the applied interactions, among the podding and fully ripened pod stages, the CGR reached to its maximum rate (peak point) at around 1043 GDD from sowing and almost had a steady and linear trend which then slowly declined down turn to reach zero value at about 1400 GDD and thereafter to negative values. CGR was the highest in combined treatment of 120 plants m⁻² × 75 kg as compared to other nitrogen levels in this plant population.

1 and 2- PhD student and Professor, Respectively, Plant Breeding and Biotechnology Department, Zabol University, Iran
(* - Corresponding Author Email: l_bazrkar2004@yahoo.com)

Conclusions

Result showed that the physiological indices were all were affected by applied treatments. The highest leaf area index was recorded in plots containing 120 plants m^{-2} while receiving 50 kg N ha^{-1} . Combined treatments of 120 plants $\text{m}^{-2} \times 75$ kg N ha^{-1} and 80 plants $\text{m}^{-2} \times 50$ kg N ha^{-1} resulted in highest DMW and CGR rates, respectively. RGR was the highest in combined treatment of 120 plants $\text{m}^{-2} \times 75$ kg as compared to other nitrogen levels in this plant population after receiving 294.3 GDD.

Keywords: Growth indices, Nitrogen fertilization, Plant density, *Trigonella foenum L.*



بررسی شاخص‌های رشد سیب‌زمینی (*Solanum tubersum* L.) تحت تأثیر تراکم و زمان سبز شدن علف‌هرز تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)

مجتبی اسدی¹ - علیرضا یدوی² - محمد عظیمی گندمانی^{3*}

تاریخ دریافت: 1393/08/30

تاریخ پذیرش: 1395/07/06

چکیده

یکی از عوامل محدودکننده در تولید سیب‌زمینی، علف‌های هرز می‌باشند. مدیریت علف‌های هرز نیازمند اطلاعات جامع و دقیقی از رفتار علف‌های هرز و اثرات آنها در سیستم‌های زراعی می‌باشد. بدین منظور آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی شهرستان بروجن استان چهارمحال و بختیاری به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار به‌اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از تراکم تاج‌خروس (پنج، 10 و 15 بوته تاج‌خروس در متر مربع) و زمان سبز شدن تاج‌خروس (چهار و هشت روز قبل از سبز شدن سیب‌زمینی، همزمان با سبز شدن سیب‌زمینی و چهار روز پس از سبز شدن سیب‌زمینی) بود. صفات مورد ارزیابی تاج‌خروس شامل ارتفاع بوته و وزن خشک کل و همچنین صفات مورد ارزیابی سیب‌زمینی شامل شاخص سطح برگ، وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و عملکرد غده بود. نتایج نشان داد که اثر زمان سبز شدن و تراکم تاج‌خروس بر ارتفاع بوته و وزن خشک تاج‌خروس معنی‌دار بود. هرچه تاج‌خروس نسبت به سیب‌زمینی دیرتر سبز شد، ارتفاع بوته و وزن خشک کمتری داشت. با افزایش تراکم تاج‌خروس ارتفاع بوته و وزن خشک تاج‌خروس افزایش یافت. برهمکنش آنها فقط برای صفات عملکرد غده سیب‌زمینی معنی‌دار شد. ظهور نسبی زودتر تاج‌خروس و افزایش تراکم تاج‌خروس باعث کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی شد. بیشترین و کمترین عملکرد غده به‌ترتیب مربوط به تیمارهای تراکم پنج بوته تاج‌خروس و سبز شدن چهار روز بعد از سبز شدن سیب‌زمینی (39800 کیلوگرم در هکتار) و تراکم 15 بوته تاج‌خروس و سبز شدن هشت روز قبل از سبز شدن سیب‌زمینی (18400 کیلوگرم در هکتار) بودند. به‌طور کلی نتایج نشان داد که تاج‌خروس به دلیل ارتفاع بالاتر نسبت به سیب‌زمینی و همچنین C₄ بودن آن در صورت ظهور نسبی زودتر حتی در تراکم کمتر نیز رقابت‌کننده قوی برای جذب نور می‌باشد و می‌تواند خسارت زیادی به تولید سیب‌زمینی وارد کند.

واژه‌های کلیدی: رقابت، ظهور نسبی، علف‌هرز، عملکرد

مقدمه

دارد (Sobhani, 1995; Trehan and Singh, 2013). یکی از عوامل محدودکننده در تولید سیب‌زمینی علف‌های هرز می‌باشند. سیستم‌های مدیریت علف‌های هرز نیازمند اطلاعات جامع و دقیقی از رفتار علف‌های هرز و اثرات آنها در سیستم‌های زراعی می‌باشد. این مسأله شامل شناخت اثرات متقابل گیاه زراعی علف‌هرز در طی فصل رشد و همچنین پویایی جمعیت علف‌های هرز بعد از فصل رشد می‌باشد (Rahimian and Shariati, 1999; Kolodziejczyk, 2015). تاج‌خروس سومین علف‌هرز غالب دو لپه‌ای در سطح جهان است که به دلیل دارا بودن طبیعت رشد نامحدود و مسیر فتوسنتزی C₄، در دمای بالا و نور شدید به‌ویژه در مزارع گیاهان زراعی تابستانه و گرما دوست نظیر ذرت و آفتابگردان قدرت رقابتی بیشتری از خود نشان می‌دهد (Ronald, 2000). توان بالای رقابتی در گونه‌های

با افزایش جمعیت، نیاز بشر به مواد غذایی و تولیدات گیاهی در حال افزایش است. سیب‌زمینی (*Solanum tubersum* L.) بعد از گندم، برنج و ذرت مقام چهارم سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده و از نظر تعداد کشورهای تولیدکننده در مقام دوم بعد از ذرت قرار

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

2- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

3- عضو هیأت علمی، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: Azimi_3563@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.41505

با سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، میزان جذب خالص، شاخص سطح برگ و عوامل محیطی را بررسی و عنوان داشتند که شرایط محیطی از طریق تأثیر بر شاخص‌های رشد عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر تراکم و زمان سبز شدن علف‌هرز تاج‌خروس بر شاخص‌های رشد و عملکرد سیب‌زمینی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 93 در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام‌نور واحد گندمان استان چهارمحال و بختیاری (مکان آزمایش دارای موقعیت 51 درجه و نه دقیقه شرقی طول جغرافیایی و 31 درجه و 52 دقیقه شمالی عرض جغرافیایی و با ارتفاع 2270 متر از سطح دریا می‌باشد) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از تراکم تاج‌خروس (سه، شش و نه بوته تاج‌خروس در هر متر ردیف برابر با پنج، 10 و 15 بوته در مترمربع) و زمان سبز شدن تاج‌خروس (چهار و هشت روز قبل از سبز شدن سیب‌زمینی، هم‌زمان با سبز شدن سیب‌زمینی و چهار روز پس از سبز شدن سیب‌زمینی) بود. جهت ایجاد تیمارهای زمان سبز شدن تاج‌خروس به ترتیب بذور تاج‌خروس در زمان‌های دو، شش، 10 و 14 روز پس از کاشت سیب‌زمینی کشت گردید.

عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق در پاییز، افزودن 20 تن در هکتار کود دامی پوسیده، دیسک‌زنی، شخم سطحی در اوایل بهار، اضافه کردن 72 کیلوگرم در هکتار از هریک از عناصر غذایی فسفر و پتاسیم و به ترتیب از منابع فسفات آمونیم و سولفات پتاسیم، دیسک‌زنی دوم و بالاخره فاروژزنی بود. همچنین کود نیتروژنه به مقدار 59/8 کیلوگرم در هکتار در دو نوبت مساوی به هنگام کاشت و زمان تنک به خاک اضافه خواهد شد که از کود اوره با 46 درصد نیتروژن تأمین گردید.

مختلف تاج‌خروس (*Amaranthus spp.*) موجب گردیده تا ارزیابی تأثیر منفی تداخل گونه‌های مختلف آن بر روی عملکرد گیاهان زراعی تابستانه مورد توجه محققین علم علف‌های هرز واقع شود (Dieleman et al., 1995; Ronald, 2000). تراکم علف‌هرز یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی است (Blackshaw et al., 2003) و بخشی از افت عملکرد گیاه زراعی را در رقابت با علف‌هرز تعیین می‌کند (Abbas-Dokht, 2003). تأثیر زمان سبز شدن و طول دوره رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی دو جنبه مهم هستند که در اغلب مطالعات رقابتی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی است برای توجیه و تفسیر عکس‌العمل گیاه نسبت به شرایط محیطی که گیاه در طول دوره حیات خود با آنها مواجه می‌شود (Evans, 1972; Blackshaw et al., 2003). آنالیزهای رشد گیاه می‌تواند به عنوان عاملی برای نشان دادن توانایی رقابت در بین گیاهان زراعی و علف‌های هرز استفاده شود (Dunan and Zimdahl, 1991). شاخص‌های رشد مثل تجمع ماده خشک، سرعت جذب خالص سرعت رشد گیاه و شاخص سطح برگ جهت ارزیابی میزان تأثیر رقابت علف‌های هرز بر روی عملکرد دانه مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Malik et al., 1993).

یکی از ویژگی‌هایی که تحت تأثیر تداخل علف‌هرز قرار می‌گیرد شاخص سطح برگ است. تداخل تمام فصل علف‌هرز باعث حداکثر کاهش سطح برگ در هر گیاه می‌شود (Blackshaw et al., 2003). هرچه سطح برگ گیاه زراعی بیشتر باشد، میزان تابش فعال فتوسنتزی دریافتی توسط علف‌های هرز کاهش می‌یابد و در نتیجه بر قابلیت رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز افزوده می‌شود (Croster and Witt, 2000). درخصوص تأثیر عوامل محیطی بر شاخص‌های رشد، بورگو و همکاران (Borrego et al., 2000) سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی را در ارقام مختلف سیب‌زمینی مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که بین ارقام برای صفات مورد بررسی اختلاف وجود داشت. نگانگا (Nganga, 1982) رابطه بین عملکرد سیب‌زمینی

جدول 1- نتایج آنالیز خاک منطقه مورد آزمایش

Table 1- The results of soil testing

بافت خاک Soil pattern	اسیدیته PH	پتاسیم (ppm) K	فسفر (ppm) P	نیتروژن % N	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	کربن آلی % C
لومی رسی شنی Sandy clay loam	7.6	337	37.5	12	0.9	1

در عمق 17 سانتی‌متری در 20 فروردین ماه به صورت هیرم‌کاری با دست‌کشت گردید. آبیاری براساس نیاز گیاه، درجه حرارت و شرایط جوی هر هفت تا نه روز یکبار انجام گردید. کلیه علف‌های هرز به جز

کرت‌هایی به ابعاد 15 متر مربع و با چهار خط کاشت به فاصله 70 سانتی‌متر، مهیا گردید و غده سیب‌زمینی رقم بورن که رقمی متوسط زودرس می‌باشد با فاصله 20 سانتی‌متر از هم، روی ردیف‌های کاشت

شدند. در مرحله‌ی بعد برای به‌دست آوردن عملکرد بیولوژیک کل، وزن خشک غده‌ها با وزن اندام هوایی جمع شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9/1) و برای مقایسه میانگین عوامل آزمایشی معنی‌دار از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته تاج‌خروس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان نسبی سبز شدن در سطح احتمال پنج درصد و اثر تراکم تاج‌خروس در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته تاج‌خروس معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین اثرات زمان نسبی سبز شدن (جدول 3) نشان داد که هرچه تاج‌خروس نسبت به سیب‌زمینی دیرتر سبز شد، ارتفاع بوته کمتری داشت. به‌طوری‌که در تیمار هشت روز قبل از سبز شدن سیب‌زمینی، ارتفاع بوته علف هرز به 96 سانتی‌متر رسید و در تیمار چهار روز بعد از سیب‌زمینی، ارتفاع 76 سانتی‌متر، به‌دست آمد (جدول 3). با افزایش تراکم تاج‌خروس ارتفاع بوته افزایش یافت. تیمار 15 و پنج بوته در مترمربع به‌ترتیب بیشترین (97 سانتی‌متر) و کمترین (76 سانتی‌متر) ارتفاع بوته را داشتند؛ که البته بین تیمارهای پنج و 10 بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 3).

نتایج این تحقیق نشان داد که علف هرز تاج‌خروس بیشترین ارتفاع خود را زمانی نشان داد که یا زودتر از سیب‌زمینی سبز شده بودند و یا دارای تراکم‌های بالاتری بودند. به نظر می‌رسد در تراکم بالا شدت رقابت درون گونه‌ای هنوز در حدی نیست که مانع از اثرات منفی بر روی خود گونه‌ها شود. مطالعه‌های انجام شده بر رقابت گیاه زراعی و علف هرز برای نور گویای آن است که ارتفاع بیشتر می‌تواند مشکل سطح برگ کمتر را جبران کند به نحوی که علف‌های هرز با ارتفاع بیشتر و سطح برگ کمتر قدرت رقابت بیشتری برای جذب نور در مقایسه با یک گیاه زراعی با ارتفاع کمتر و سطح برگ بیشتر دارد (Nassiri-Mahallati and Kropff, 1992; Ahmadvand et al., 2009).

ماده‌ی خشک کل تاج‌خروس

با توجه به شکل‌های الف و ب که روند تجمع ماده خشک را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهند، مشاهده می‌شود که در تمام آنها از یک روند تبعیت می‌کنند و حالت سیگموئیدی دارد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای زمان نسبی سبز شدن و تراکم تاج‌خروس در سطح یک درصد بر ماده‌ی خشک کل تاج‌خروس معنی‌دار بود، ولی برهمکنش آنها معنی‌دار نبود (جدول 2).

تاج‌خروس در دو نوبت وجین شدند. عملیات برداشت در زمان رسیدن محصول با دست انجام گرفت. برداشت سیب‌زمینی در تاریخ 20 تیر از هریک از کرت‌ها به‌صورت جداگانه انجام شد.

صفات مورد ارزیابی تاج‌خروس شامل ارتفاع بوته و وزن خشک کل در واحد سطح و همچنین صفات مورد ارزیابی سیب‌زمینی شامل شاخص سطح برگ، وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و عملکرد غده بود. جهت تجزیه‌ی مراحل رشد در فواصل زمانی مشخص وزن خشک گیاه و سطح برگ آن اندازه‌گیری شده و سپس با استفاده از روابط ریاضی شاخص‌های رشد محاسبه گردیدند. بدین منظور دو خط کاشت میانی هر کرت و با حذف اثرات حاشیه‌ای (نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط) در نظر گرفته شد. اولین نمونه‌برداری برای سیب‌زمینی به دلیل تأخیر در سبز شدن 30 روز پس از کاشت صورت گرفت و نمونه‌برداری‌های بعدی با فواصل هر 15 روز یکبار تا مرحله‌ی رسیدگی صورت پذیرفت. در هر مرحله اندازه‌گیری برداشت از هر کرت، سه بوته را از سطح خاک برداشت نموده و جهت تعیین وزن خشک در دمای 75 درجه سانتی‌گراد در آون به مدت 48 ساعت قرار داده شد و سپس توزین شدند. همچنین سطح برگ نیز جهت محاسبه شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد. برای پیش‌بینی تغییرات وزن خشک کل گیاه (TDM) و شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به روزهای بعد از کاشت به‌ترتیب از مدل لجستیک و مدل لجستیک پیک به شرح زیر استفاده شد (Notghi-Taheri, 1997):

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

$$LAI = a + \frac{4 \times b \times \exp\left(\frac{-(t-c)}{d}\right)}{(1+\exp\left(\frac{-(t-c)}{d}\right))^2} \quad (2) \text{ معادله}$$

که در آن a ، b ، c و d ضرایب معادله می‌باشند. برای برازش این معادلات و به‌دست آوردن ضرایب آنها از نرم‌افزار Slidewrite استفاده شد. سرعت رشد محصول (CGR) از مشتق اول معادله برازش شده به داده‌های ماده خشک و سرعت رشد نسبی (RGR) که از مشتق دوم معادله برازش شده به ماده خشک به‌دست آمد (Notghi-Taheri, 1997):

$$CGR = \frac{dy}{dt} = \frac{a \times b \times c \times \exp(-c \times t)}{(1+b \times \exp(-c \times t))^2} \quad (3) \text{ معادله}$$

$$RGR = \frac{d2y}{dt} = \frac{b \times c \times \exp(-c \times t)}{(1+b \times \exp(-c \times t))^3} = \frac{CGR}{TDM} \quad (4) \text{ معادله}$$

عملیات برداشت نهایی برای سیب‌زمینی در انتهای فصل و پس از خشک شدن حدود 50 درصد اندام هوایی برای کلیه تیمارها صورت گرفت. برای این منظور، پس از حذف حاشیه هر کرت و 50 سانتی‌متر از هر طرف کرت، سطحی معادل دو مترمربع جهت مقایسه عملکرد، برداشت گردید. در این سطح پس از برداشت اندام هوایی بوته‌ها و توزین آنها، غده‌ها با بیل از زمین بیرون آورده و جمع‌آوری

جدول 2- جدول تجزیه واریانس برای برخی صفات تاج خروس

Table 2- Analysis of variance for some traits of Pigweed

میانگین مربعات MS			
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع تاج خروس Pigweed height	ماده خشک کل تاج خروس Pigweed total dry matter
بلوک (Block)	2	16.86 ^{ns}	785 ^{ns}
زمان نسبی سبز شدن (A) Time of emergence	3	666*	40398**
تراکم تاج خروس (B) Pigweed density	2	1276**	32345**
A*B	6	12.25 ^{ns}	435 ^{ns}
B Error b خطای	22	194.5	4250
ضریب تغییرات CV		16.2	15.1

** : معنی دار در سطوح احتمال 1٪، * : معنی دار در سطوح احتمال 5٪، ns : عدم معنی داری

** : Significant at the 1% level, * : Significant at the 5%, ns: not significant

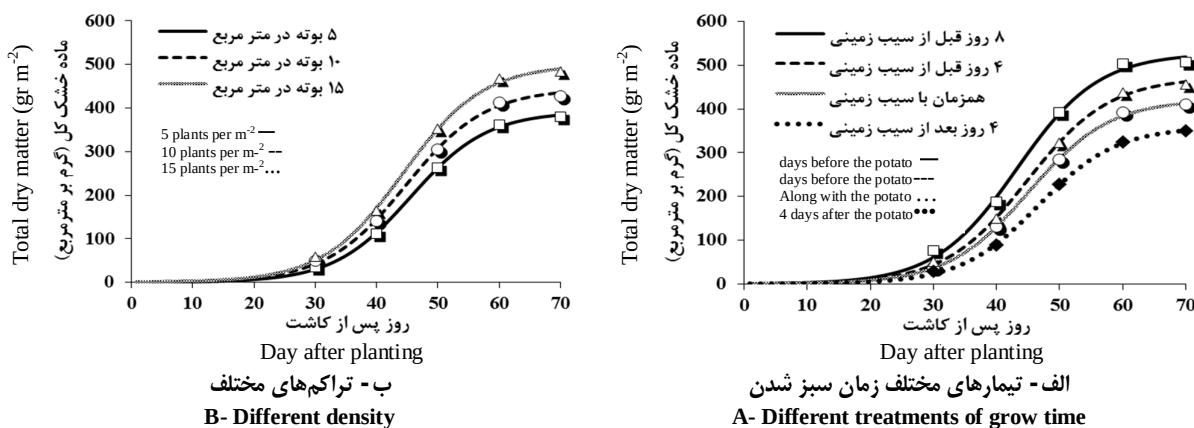
جدول 3- مقایسه میانگین‌های اثرات زمان نسبی سبز شدن و تراکم تاج خروس برای برخی صفات تاج خروس

Table 3- Comparison of mean effects of relative grow time and Pigweed density to some characters of Pigweed

صفات Characteristics تیمار Treatment		ارتفاع تاج خروس Pigweed height (cm)	ماده خشک کل تاج خروس Pigweed total dry matter (g m ⁻²)
Grow the Pigweed			
8 days before the Potato	8 روز قبل از سیب زمینی	96 ^a	507 ^a
4 days before the Potato	4 روز قبل از سیب زمینی	89 ^{ab}	456 ^{ab}
Along with the Potato	همزمان با سیب زمینی	82 ^b	409 ^{bc}
4 days after the Potato	4 روز بعد از سیب زمینی	76 ^b	350 ^c
Pigweed density تراکم تاج خروس			
5		76 ^b	380 ^b
10		84 ^b	428 ^b
15		97 ^a	483 ^a

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

* : Numbers followed by the same letter are not significantly different



شکل 1- روند تغییرات ماده خشک کل تاج خروس در تیمارهای مختلف زمان سبز شدن و در تراکم‌های مختلف

Figure 1- Trend changes in the total dry matter of Pigweed in different treatments of grow time and in different density

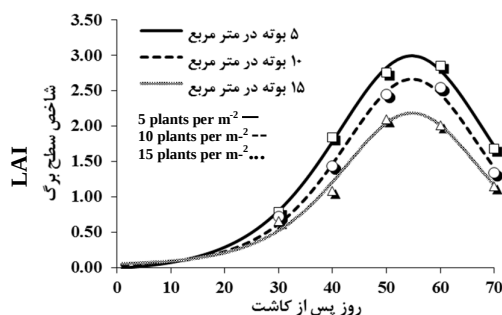
جدول 4- ضرایب معادلات برازش یافته برای روند تغییرات تجمع ماده خشک تاج خروس

Table 4- Fitted equation coefficients for dry matter accumulation trend of Pigweed

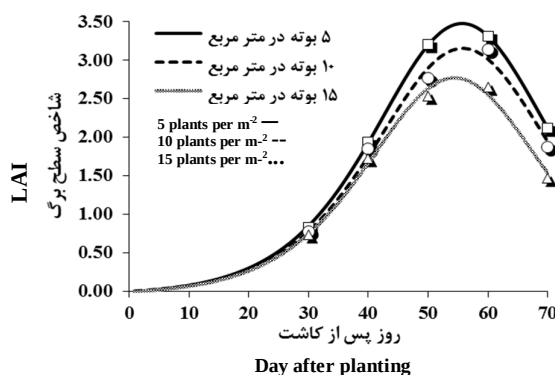
Table 4. Fitted equation coefficients for dry matter accumulation trend of Pigweed						
Treatment	تیمار	coefficients معادله			R ²	p-value
		a	b	c		
Grow the Pigweed زمان سبز شدن تاج خروس						
8 days before the Potato	8 روز قبل از سیبزمینی	527.1188	792.857	0.154438	0.99718	<.0001
4 days before the Potato	4 روز قبل از سیبزمینی	471.693	963.8327	0.153289	0.999148	<.0001
Along with the Potato	همزمان با سیبزمینی	422.2009	1155.29	0.156351	0.999416	<.0001
4 days after the Potato	4 روز بعد از سیبزمینی	359.4141	1878.806	0.16169	0.999669	<.0001
Pigweed density تراکم تاج خروس						
5		391.6709	1452.235	0.159947	0.999361	<.0001
10		443.4934	971.2977	0.153798	0.998866	<.0001
15		500.4586	886.1452	0.153263	0.998853	<.0001

مربع ماده خشک کل افزایش یافت. بیشترین ماده خشک (483 گرم بر مترمربع) در هنگام برداشت مربوط به تیمار 15 بوته در متر مربع بود (جدول 3 و شکل 1 ب).

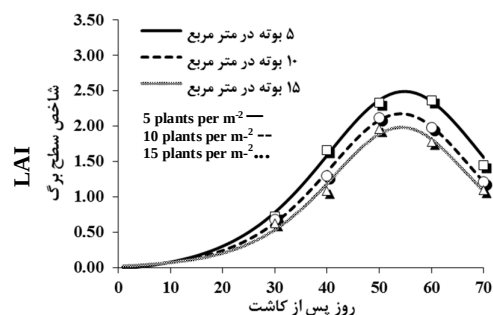
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هرچه زمان ظهور نسبی تاج خروس زودتر باشد ماده خشک تولیدی افزایش می‌یابد (جدول 3 و شکل 1 الف). همچنین با افزایش تراکم از پنج به 15 بوته در متر



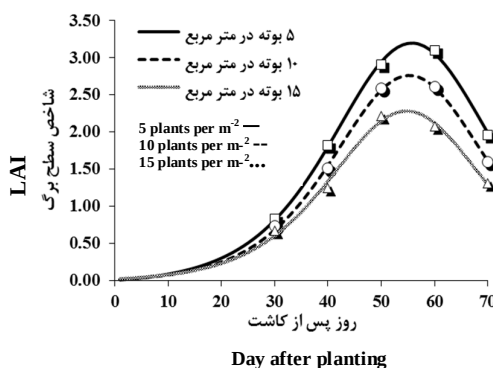
ب- تیمار زمان سبز شدن 4 روز قبل از سیب‌زمینی
B- Treatments of grow time, 4 days before the Potato



د- تیمار زمان سبز شدن 4 روز بعد از سیب‌زمینی
D- Treatments of grow time, 4 days after the Potato



الف- تیمار زمان سبز شدن 8 روز قبل از سیب‌زمینی
A- Treatments of grow time, 8 days before the Potato



ج- تیمار زمان سبز شدن همزمان با سیب‌زمینی
C- Treatments of grow time, along with the Potato

شکل 2- روند تغییرات شاخص سطح برگ سیب‌زمینی در تراکم‌های مختلف تاج خروس در تیمارهای مختلف زمان سبز شدن
Figure 2- Trend changes in the leaf area index (LAI) of potato in different treatments of pigweed density and different treatments of grow time

جدول 5- ضرایب معادلات برازش یافته برای روند تغییرات شاخص سطح برگ سیبزمینی

Table 5- Fitted equation coefficients for leaf area index (LAI) trend of Potato

تیمار Treatment		ضرایب معادله coefficients			R ²	p-value
زمان سبز شدن تاجخروس Grow the Pigweed	تراکم تاجخروس Pigweed density	a	b	c		
8 روز قبل از سیبزمینی 8 days before the Potato	5	-0.08096	2.574145	54.84124	10.87869	0.997077
	10	-0.0224	2.200441	54.12404	9.958244	0.997416
	15	0.002198	1.984823	54.26741	9.55865	0.990227
4 روز قبل از سیبزمینی 4 days before the Potato	5	-0.0552	3.051317	54.72689	9.917823	0.997632
	10	0.010338	2.66026	54.72954	9.045422	0.994507
	15	0.03301	2.156587	54.71166	9.009792	0.986751
همزمان با سیبزمینی Along with the Potato	5	-0.04339	3.241947	55.74011	10.02632	0.99937
	10	-0.01729	2.782674	55.24092	9.628843	0.998897
	15	-0.00714	2.289301	54.73341	9.666693	0.993454
4 روز قبل از سیبزمینی 4 days after the Potato	5	-0.05399	3.53244	55.695	9.857171	0.999978
	10	-0.04455	3.203264	55.75063	9.910542	0.993321
	15	-0.0485	2.817914	54.37889	9.790506	0.99495

شاخص سطح برگ

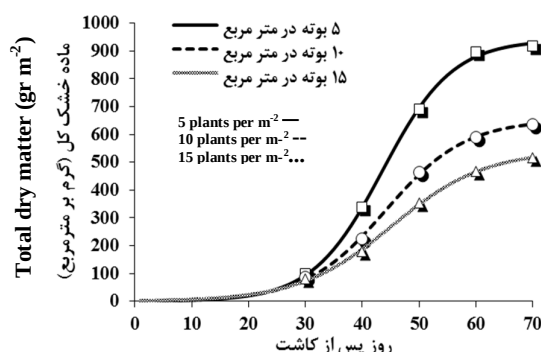
لینچ و راثویری (Lynch and Rowberry, 1977) در مطالعه روند تغییرات شاخص سطح برگ سیبزمینی دریافتند که مقدار این شاخص تا 47 روز پس از ظهور گیاهچه‌ها افزایش می‌یابد. اندازه این افزایش با تراکم بوته رابطه معکوسی داشته و حداکثر مقدار آن معادل 4/25 می‌باشد. مطالعه‌ها نشان داده‌اند که علف‌های هرز می‌توانند از راه کاهش سطح برگ گیاه زراعی و روند تغییرات آن فرآیند رقابت را به نفع خود تغییر دهند (Robert, 1993; Ahmadvand *et al.*, 2009; Kolodziejczyk, 2015). رقابت گیاهان زراعی و علف‌های هرز منجر به کاهش شاخص سطح برگ گیاه زراعی در اثر افزایش تراکم و دوره تداخل علف‌های هرز شده است (Aghabeigi, 2003; Aghaalikhani, 2001; Izadi-Darbandi, 2002; Hasanzadeh-Delooi, 2002; Khaleghi, 2004; Najafi, 2002). به نظر می‌رسد استقرار سریع کانوپی تاجخروس بر فراز سیبزمینی و همچنین ساختار کانوپی آن، عامل کلیدی در این جنبه از رقابت می‌باشد و همچنین آرایش افقی برگ‌ها در تاجخروس یکی از عوامل برتری آن نسبت به سویا می‌باشد (Peterson *et al.*, 1995; Toller, 1996).

ماده‌ی خشک کل

تجمع ماده‌ی خشک، شاخص مناسبی از الگوی رشد است. نحوه‌ی تجمع ماده‌ی خشک در طول زمان یا واحد گرمایی متأثر از عوامل اقلیمی و مزرعه‌ای می‌باشد. تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است. ماده خشک تولیدی یا به مصرف رشد گیاه رسیده و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد، که می‌تواند تعیین‌کننده‌ی عملکرد گیاهان زراعی باشد. بنابراین افزایش وزن در اثر تولیدات فتوسنتزی، ماده‌ی خشک نامیده می‌شود (Keshiri *et al.*, 2003; Ahmadvand *et al.*, 2009).

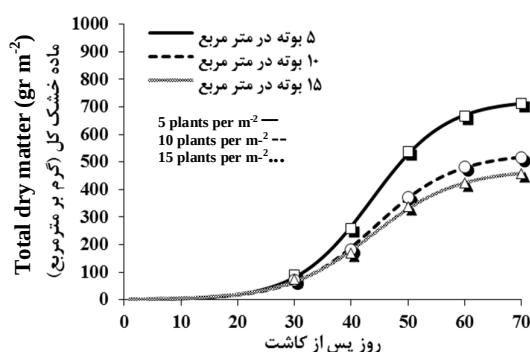
برگ‌ها اندام اصلی دریافت‌کننده نور و مهمترین محل انجام فتوسنتز در گیاهان زراعی هستند. با افزایش سطح برگ میزان دریافت تشعشع هم افزایش می‌یابد (Koochaki and Sarmadnia, 2008). نشان داده‌اند که هرچه سطح برگ گیاه زراعی بیشتر باشد، میزان تابش فعال فتوسنتزی دریافتی توسط علف‌های هرز کاهش می‌یابد و در نتیجه بر قابلیت رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز افزوده می‌شود (Croster and Witt, 2000; Ahmadvand *et al.*, 2009). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که شاخص سطح برگ می‌تواند به‌عنوان یک شاخص در ارزیابی تأثیر رقابت علف‌هرز بر رشد و نمو لوبیا مورد استفاده قرار گیرد (Malik *et al.*, 1993; Steinmaus and Norris, 2002).

شکل 2، روند تغییرات شاخص سطح برگ سیبزمینی در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهند. روند کلی تغییر شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف مشابه است و در حدود 55 روز پس از کاشت به حداکثر میزان خود رسیده و پس از آن در اثر سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها شروع به زرد شدن و کاهش سطح برگ در موقع برداشت شد. در این بررسی حداقل شاخص سطح برگ سیبزمینی (1/99)، در تیمار تراکم 15 بوته در مترمربع تاجخروس و زمان سبز شدن هشت روز قبل از سیبزمینی مشاهده شد و حداکثر آن (3/48) در تیمار تراکم پنج بوته در مترمربع تاجخروس و زمان سبز شدن چهار روز بعد از سیبزمینی حاصل شد (شکل 2 الف و د). در کلیه تیمارهای زمان ظهور نسبی تاجخروس، با افزایش تراکم تاجخروس شاخص سطح برگ سیبزمینی کاهش یافت. به‌طور کلی ظهور نسبی زودتر تاجخروس نسبت به تراکم آن اثر بیشتری بر کاهش شاخص سطح برگ سیبزمینی داشت (شکل 2 الف تا د).



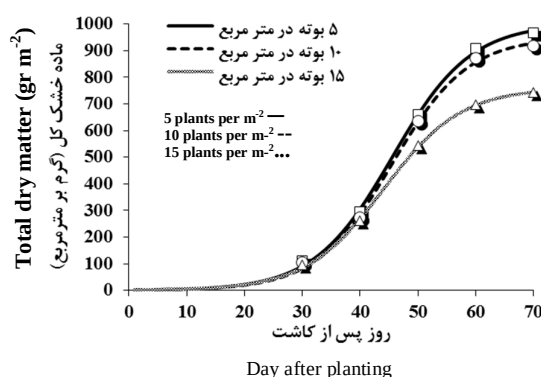
ب- تیمار زمان سبز شدن 4 روز قبل از سیب‌زمینی

B- Treatments of grow time, 4 days before the Potato



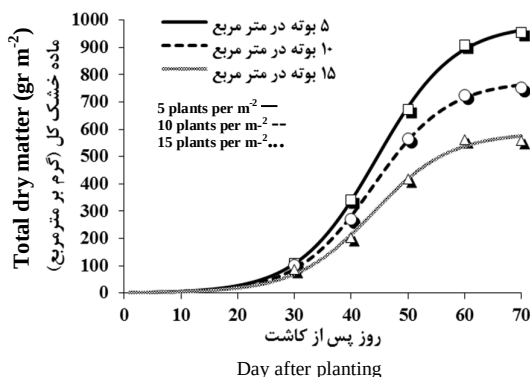
الف - تیمار زمان سبز شدن 8 روز قبل از سیب‌زمینی

A- Treatments of grow time, 8 days before the Potato



د- تیمار زمان سبز شدن 4 روز بعد از سیب‌زمینی

D- Treatments of grow time, 4 days after the Potato



ج- تیمار زمان سبز شدن همزمان با سیب‌زمینی

C- Treatments of grow time, along with the Potato

شکل 3- روند تغییرات ماده خشک کل سیب‌زمینی در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس در تیمارهای مختلف زمان سبز شدن

Figure 3- Trend changes in the total dry matter of potato in different pigweed density and different treatments of grow time

و حداقل آن (460 گرم بر مترمربع) در تیمار تراکم 15 بوته در مترمربع تاج‌خروس و زمان سبز شدن هشت روز قبل از سیب‌زمینی حاصل شد.

سایر مطالعه‌ها نیز گویای کاهش ماده خشک گیاه زراعی در اثر افزایش تراکم علف‌های هرز می‌باشند (Ghosheh et al., 1996; Lindquist et al., 1996; Massinga et al., 2001; Ahmadvand et al., 2009). کاهش ماده خشک سیب‌زمینی در اثر سبز شدن سریع‌تر علف‌های هرز در مقایسه با سیب‌زمینی نیز در سایر تحقیقات مورد تأیید قرار گرفته است (Vangessel and Renner, 1990; Kolodziejczyk, 2015).

با توجه به شکل 3 که روند تجمع ماده خشک تراکم‌ها را در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهند، مشاهده می‌شود که در تمام تراکم‌ها از یک روند تبعیت می‌کنند. در تیمار زمان سبز شدن هشت روز قبل از سیب‌زمینی با افزایش تراکم تاج‌خروس از پنج به 15 بوته، ماده خشک کل سیب‌زمینی 35 درصد کاهش یافت (شکل 3 الف). این کاهش در تیمار زمان سبز شدن چهار روز قبل از سیب‌زمینی 44 درصد (شکل 3 ب)، در تیمار زمان سبز شدن همزمان با سیب‌زمینی 40 درصد (شکل 3 ج) و در تیمار زمان سبز شدن چهار روز بعد از سیب‌زمینی 24 درصد (شکل 3 د) بود. تیمار تراکم پنج بوته در مترمربع تاج‌خروس و زمان سبز شدن چهار روز بعد از سیب‌زمینی دارای حداکثر ماده خشک کل سیب‌زمینی (975 گرم بر مترمربع) بود

جدول 6- ضرایب معادلات برازش یافته برای روند تغییرات تجمع ماده خشک سیب زمینی
Table 6- Fitted equation coefficients for dry matter accumulation trend of Potato

Treatment تیمار	ضرایب معادله	coefficients			R ²	p-value
زمان سبزشدن تاج خروس Grow the Pigweed	تراکم تاج خروس Pigweed density	a	b	c		
8 روز قبل از سیب زمینی 8 days before the Potato	5	724.6499	780.1215	0.152937	0.998677	<.0001
	10	531.7075	503.8348	0.140942	0.997947	<.0001
	15	473.8927	339.5488	0.133343	0.997053	<.0001
4 روز قبل از سیب زمینی 4 days before the Potato	5	940.5937	1179.622	0.162371	0.999053	<.0001
	10	651.6486	527.9491	0.142244	0.998386	<.0001
	15	542.1931	245.6977	0.121842	0.998017	<.0001
همزمان با سیب زمینی Along with the Potato	5	986.4343	638.1189	0.145315	0.999154	<.0001
	10	777.0599	718.4922	0.150452	0.998265	<.0001
	15	589.2818	612.1833	0.146632	0.994747	<.0001
4 روز قبل از سیب زمینی 4 days after the Potato	5	1001.771	838.816	0.147772	0.99875	<.0001
	10	951.6757	1041.745	0.152752	0.998157	<.0001
	15	760.0752	691.4317	0.148589	0.99878	<.0001

سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول با معناترین واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی می باشد، که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح خاک در یک واحد زمان مشخص است (Keating and Cooper, 1983). بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول نشان داد که منحنی تغییرات سرعت رشد محصول از موقع کاشت تا برداشت به شکل زنگوله ای است. در ابتدای فصل رشد با افزایش رشد رویشی و همچنین افزایش سطح برگ مقدار آن افزایش یافت، تا به یک حد نهایی رسید. پس از آن به دلیل رقابت بیشتر بوته های سیب زمینی با هم و همچنین با تاج خروس، کاهش نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاهی و همچنین پیر شدن اندام های فتوسنتز کننده و انتقال مواد غذایی به غده ها، میزان سرعت رشد محصول کاهش یافت.

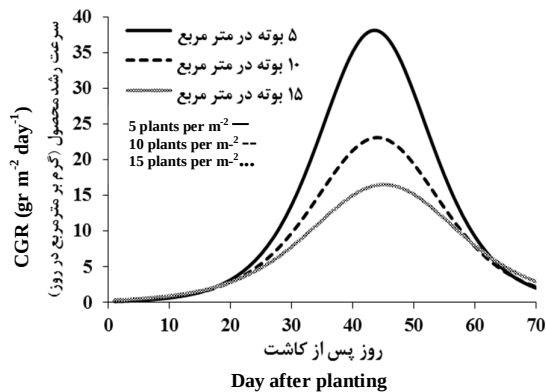
نتایج به دست آمده در شکل های الف تا د، تغییرات سرعت رشد تراکم های کاشت را نسبت به تعداد روزهای پس از کاشت در تیمارهای مختلف نشان می دهد. زمان ظهور تاج خروس نسبت به سیب زمینی تأثیر معنی داری بر CGR سیب زمینی داشت، به طوری که هرچه ظهور تاج خروس به تعویق افتاد CGR سیب زمینی افزایش یافت. با افزایش تراکم بوته تاج خروس در تمام سطوح زمان سبز شدن CGR کاهش یافت ولی روند این کاهش با هم متفاوت بود. با افزایش تراکم تاج خروس بیشترین کاهش در CGR در تیمار چهار روز قبل از سبز شدن (شکل 4 ب) و کمترین کاهش در تیمار چهار روز بعد از سبز شدن سیب زمینی مشاهده شد (شکل 4 د).

در رابطه عملکرد سیب زمینی با سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی بیان شده است که 70 روز بعد از کاشت، بین شاخص های مورد بررسی و عملکرد همبستگی نزدیکی وجود داشت (Patil et al., 1990). همچنین در برخی از تحقیقات مشخص گردید که حضور تاج خروس کاهش معنی داری در عملکرد ماده خشک، شاخص سطح

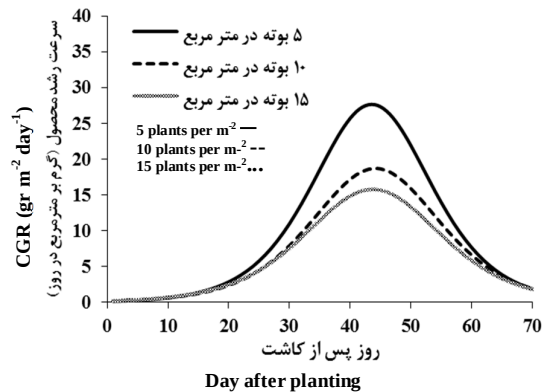
برگ، دوام شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی سویا ایجاد کرد (Samaee et al., 2003). بیشترین مقدار عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، دوام شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی در هر سه رقم سویا مربوط به تیمار شاهد بود که با افزایش تراکم تاج خروس از مقدار آنها کاسته شد. کاهش سرعت رشد محصول (CGR) گندم در رقابت با علف های هرز شب بو (Najafi, 2002)، گندم در رقابت با شلمی و یولاف (Hasanzadeh-Delooi, 2002)، لوبیا در رقابت با تاج خروس و سوروف (Izadi-Darbandi, 2002)، رقابت ذرت و سلمه تره (Aghabeigi, 2003)، رقابت ذرت با تاج خروس (Aghaaliikhan, 2001)، رقابت علف های هرز با سیب زمینی (Khaleghi, 2004; Notghi-Taheri, 1997) گزارش شده است.

سرعت رشد نسبی

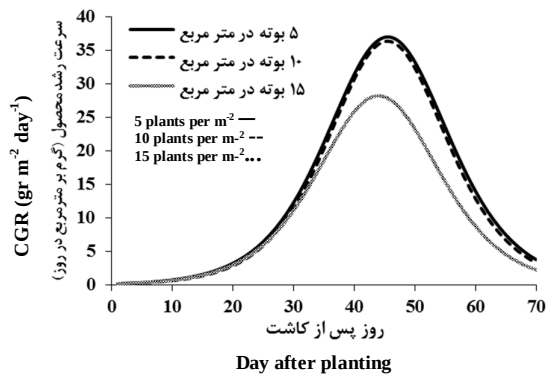
روند تغییرات سرعت رشد نسبی در همه تیمارها تقریباً مشابه بود. حداکثر سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد حاصل شد و پس از مدتی ثابت و سپس روند کاهشی پیدا کرد (شکل 5 الف تا د). کاهش سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه به این دلیل است که قسمت های افزوده شده به گیاه، بافت های ساختمانی بوده و بافت های فعال متابولیکی نبودند؛ لذا چنین بافت هایی، سهمی در رشد ندارند (Koochaki and Sarmadnia, 2008). همچنین ظاهراً با گذشت زمان، به دلیل ایجاد رقابت بین گیاهان برای کسب آب و مواد غذایی و دریافت نور و همچنین در سایه قرار گرفتن برگ های پایینی بوته و کاهش توانایی فتوسنتزی آن ها، سرعت تجمع ماده ی خشک اولیه نقصان یافت و این امر سبب کاهش سرعت رشد نسبی گردید. نتایج مشابهی در سایر بررسی ها (Board and Harville, 1996; Ahmadvand et al., 2009) به دست آمده است.



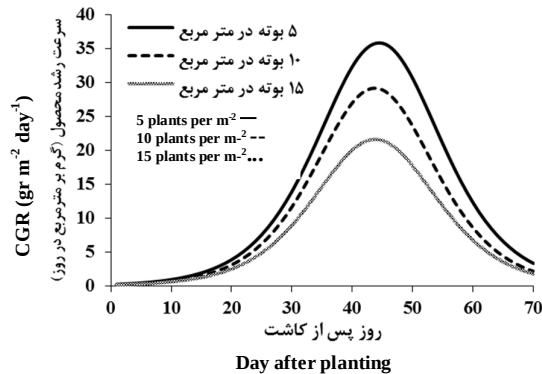
ب - تیمار زمان سبز شدن 4 روز قبل از سیب‌زمینی
B- Treatments of grow time, 4 days before the Potato



الف - تیمار زمان سبز شدن 8 روز قبل از سیب‌زمینی
A- Treatments of grow time, 8 days before the Potato



د - تیمار زمان سبز شدن 4 روز بعد از سیب‌زمینی
D- Treatments of grow time, 4 days after the Potato



ج - تیمار زمان سبز شدن همزمان با سیب‌زمینی
C- Treatments of grow time, along with the Potato

شکل 4- روند تغییرات سرعت رشد محصول سیب‌زمینی در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس در تیمارهای مختلف زمان سبز شدن
Figure 4- Trend changes in the crop growth rate (CGR) of Potato in different Pigweed density and different treatments of grow time

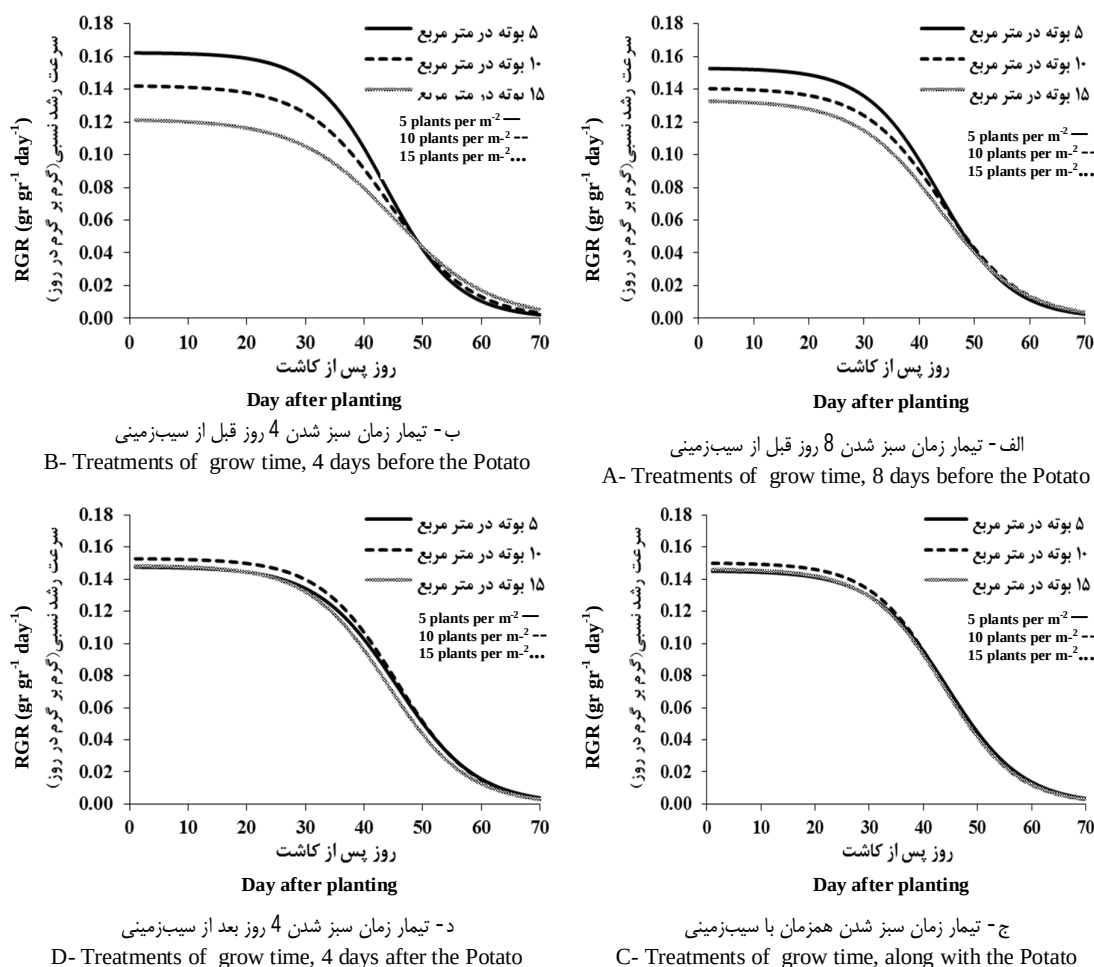
در شرایط تداخل علف هرز است (Aghaaliikhani, 2001; Hasanzadeh-Delooi, 2002; Najafi, 2002) که این موضوع در تحقیق حاضر نیز قابل مشاهده می‌باشد.

عملکرد غده سیب‌زمینی

اثر تیمارهای زمان سبز شدن و تراکم تاج‌خروس در سطح یک درصد و برهمکنش آنها در سطح پنج درصد بر عملکرد غده سیب‌زمینی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهمکنش زمان نسبی سبز شدن و تراکم تاج‌خروس بر عملکرد غده سیب‌زمینی نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین عملکرد غده به‌ترتیب مربوط به تیمارهای تراکم 5 بوته تاج‌خروس و سبز شدن چهار روز بعد از سیب‌زمینی (39800 کیلوگرم در هکتار) و تراکم 15 بوته تاج‌خروس و سبز شدن هشت روز قبل از سیب‌زمینی (18400 کیلوگرم در هکتار) بودند (شکل 6).

در تیمارهای ظهور نسبی هشت و چهار روز زودتر تاج‌خروس نسبت به سیب‌زمینی، با افزایش تراکم تاج‌خروس، RGR سیب‌زمینی کاهش یافت (شکل 5 الف و ب). ولی در تیمارهای ظهور نسبی همزمان و چهار روز بعد از سیب‌زمینی، تراکم‌های مختلف تاج‌خروس از لحاظ تفاوتی با هم نداشتند (شکل 5 ج و د).

به‌طور کلی سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد به علت نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی و سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها بر روی یکدیگر و در نتیجه تنفس کمتر، بالاتر می‌باشد؛ ولی با گذشت زمان، افزایش اندام‌های رویشی، گسترش بوته، رقابت درون و برون گونه‌ای و سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر، آن را کاهش می‌دهد. کاهش میزان سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه توسط سایر محققین نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Talei et al., 2000; Sivakumar and Shaw, 1978). نتایج تحقیقات انجام شده نشان‌دهنده کاهش RGR



شکل 5- روند تغییرات سرعت رشد نسبی سیبزمینی در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس در تیمارهای زمان مختلف سبز شدن
Figure 5- Trend changes in the relative growth rate (RGR) of Potato in different Pigweed density and different treatments of grow time

(and Friesen, 1990; Ahmadvand *et al.*, 2009).

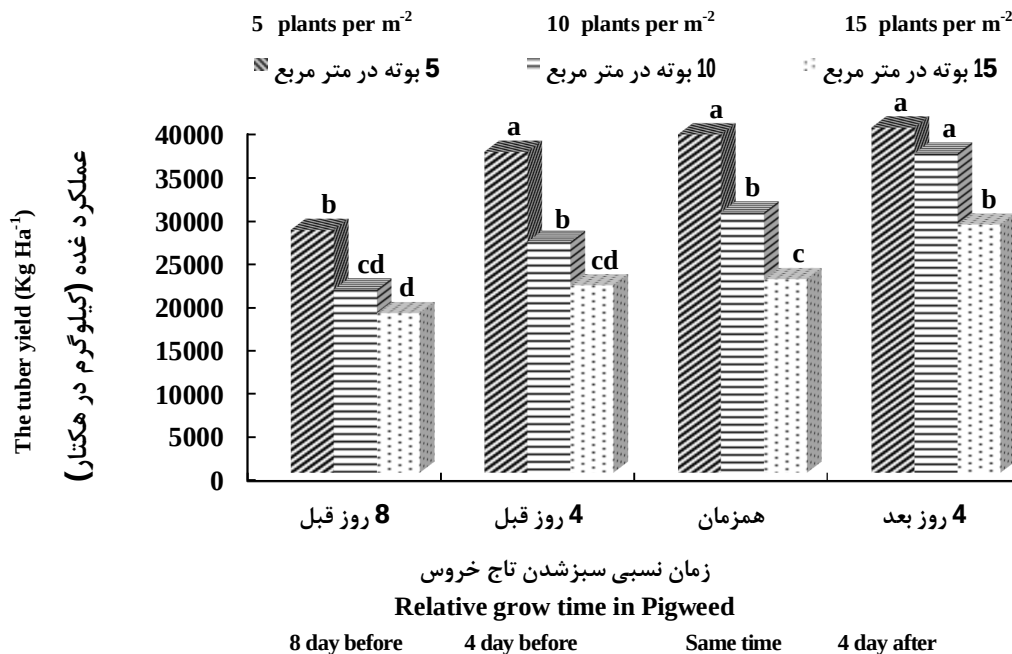
نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده چنین می‌توان استنباط نمود که ظهور نسبی زودتر و افزایش تراکم تاج‌خروس از طریق حصول ارتفاع و وزن خشک بیشتر، باعث کاهش عملکرد غده سیبزمینی می‌گردد. علاوه بر آن تاج‌خروس به دلیل ارتفاع بالاتر نسبت به سیبزمینی و همچنین C_4 بودن آن در صورت ظهور نسبی زودتر، حتی در تراکم کمتر نیز رقابت‌کننده قوی برای جذب نور می‌باشد و می‌تواند خسارت زیادی به تولید سیبزمینی وارد کند. با توجه به اینکه مدت زمان خروج سیبزمینی از خاک پس از کاشت،

در تیمار ظهور تاج‌خروس هشت روز قبل از سیبزمینی تراکم کم تاج‌خروس نیز باعث خسارت به محصول می‌شود و هرچه ظهور علف‌هرز به تأخیر بیفتد تعداد بوته علف‌هرز بیشتری لازم هست تا به محصول خسارت وارد شود و در نتیجه ظهور علف‌هرز به اندازه تراکم علف‌هرز دارای اهمیت است که بایستی در مدیریت علف‌های هرز به این نکته توجه جدی داشت. سایر مطالعات نیز نشان می‌دهند که با تسریع در سبز شدن علف‌های هرز، ماده خشک و عملکرد سیبزمینی کاهش بیشتری می‌یابد (Notghi-Taheri, 1997; Love *et al.*, 1995; Ahmadvand *et al.*, 2009; Kolodziejczyk, 2015). البته با افزایش تراکم علف‌های هرز نیز میزان ماده خشک غده‌ها و عملکرد سیبزمینی کاهش می‌یابد (Khaleghi, 2004; Vangessel and Renner, 1990; Wall)

عملکرد سیب‌زمینی خواهد شد. پس کنترل علف‌هرز تاج خروس در زراعت سیب‌زمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و باید در اولین فرصت صورت گیرد.

حدود 15 روز است؛ در این فاصله علف‌های هرز از جمله تاج‌خروس قبل از ظهور سیب‌زمینی جوانه خواهند زد. لذا ظهور نسبی زودتر این علف‌هرز در مزارع سیب‌زمینی بنا به دلایل ذکر شده موجب کاهش



میانگین‌های دارای حروف مشترک، در آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت آماری معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد نداشته‌اند.
Averages with common letters, in Duncan's multiple range tests had no significant differences in the levels of five percent probability.

شکل 6- مقایسه میانگین برهمکنش زمان نسبی سبز شدن و تراکم تاج‌خروس بر عملکرد غده سیب‌زمینی
Figure 6- Comparison of mean the interaction relative grow time and Pigweed density on the tuber yield of Potato

References

1. Abbasdokht, H. 2003. Ecophysiological Study of Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and Soybean (*Glycine max* L.) Competition. Agronomy Ph.D Thesis, Tehran University.
2. Aghabeigi, M. 2001. The ecophysiological aspects of competition in Pigweed and corn. Agronomy Ph.D Thesis, Tarbiat Modares University.
3. Aghabeigi, M. 2003. Study the ecophysiological aspects of Faten competition with Corn. Agronomy Master's thesis, Mazandaran University.
4. Ahmadvand, G., Mondani, F., and Golzardi, F. 2009. Effect of crop plant density on critical period of weed competition in potato. *Scientia Horticulturae* 121 (3): 249-254.
5. Blackshaw, R. E. 1993. Safflower (*Carthamus tinctorius*) density and row spacing effects on competition whit Green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science* 41: 403-408.
6. Blackshaw, R. E., Brandt, R. N., Janzen, H. H., Entz, T. C., Grant, C. A., and Derksen, D. A. 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. *Weed Science* 51: 532-539.
7. Board, J. E., and Harville, B. G. 1996. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow-row soybean. *Agronomy Journal* 88: 567-572.
8. Borrego, F., Fernández, J. M., López, A., Parga, V. M., Murillo, M., and Carvajal, A. 2000. Growth analysis in seven varieties of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Mexico Journal of Agronomía Mesoamericana* 11 (1): 145-149.
9. Croster, M. P., and Witt, W. W. 2000. Effect of Glycine max canopy characteristics, Glycine max intereference and weed-free period on *Solanum ptycanthum*. *Weed Science* 48: 20-26.
10. Dieleman, A., Hamill, A. S., Weise, S. F., and Swanton, C. J. 1995. Empirical models of Pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in Soybean (*Glycine max* L.). *Weed Science* 43: 612-618.

11. Dunan, M. C., and Zimdahl, R. L. 1991. Competitive ability of wild Oats (*Avena fatua*) and Barley (*Hordeum vulgare*). Weed Science 39: 558-563.
12. Evans, G. C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. University of California press, Berkley.
13. Ghosheh, H. Z., Holshouser D. L., and Chandler, J. M. 1996. Influence of density of Johnson grass (*Sorghum halepense*) interference in field Corn. Weed Science 44: 879-883.
14. Hasanzadeh Delooi, M. 2002. Wheat Aydyutyp designed to compete with Weeds. Agronomy Ph.D Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.
15. Holt, J. S. 1995. Plant response to light: a potential tool for weed management. Weed Science 43: 474-482.
16. Izadi Darbandi, A. 2002. Study of the competitive effects of Pigweed and Redroot pigweed on yield and physiomorphological characteristics of Beans. Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
17. Keating, J. D., and Cooper, P. J. 1983. Kabuli chickpea as a winter-sown crop in Northern Syria: Moisture relations and crop productivity. Journal of Agricultural Science Cambridge 100: 667-680.
18. Keshiri, M., Latifi, N., and Ghasemi, M. 2003. Growth analysis of safflower with different arrangements planting under dryland conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 10 (4): 85-94.
19. Khaleghi, F. 2004. Ecophysiological characteristics of potato varieties in terms of yield and power to compete with Weeds. Agronomy Master's thesis, Tehran University.
20. Kolodziejczyk, M. 2015. The effect of living mulches and conventional methods of weed control on weed infestation and potato yield. Scientia Horticulturae 191 (6): 127-133.
21. Koochaki, A., and Sarmadnia, Gh. H. 2008. Crop physiologh (translation). Published XIV. Mashhad University Jihad Publications.
22. Lindquist, J. L., Mortensen, D. A., Clay, S. A., Schmenk, R., Kells, J. J., Howatt, K., and Westra, P. 1996. Stability of corn-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. Weed Science 44: 309-313.
23. Love, S. L., Eberlein, C. V., Stark, J. C., and Bohl, W. H. 1995. Cultivar and seed piece spacing effects on Potato competitiveness with Weeds. American Potato Journal 72: 194-213.
24. Lynch, D. R., and Rowberry, R. G. 1977. Population density studies with Russet Burbank II. The effect of fertilization and plant density on growth, development and yield. American Potato Journal 54: 57-71.
25. Malik, V. S., Swanton, C. J., and Michaels, T. E. 1993. Interaction of white Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing, and seeding density with annual Weeds. Weed Science 41: 62-68.
26. Massinga, R. A., Currie, R. S., Horak, M. J., and Boyer, J. 2001. Interference of palmer amaranth in corn. Weed Science 49: 202-208.
27. Najafi, H. 2002. Evaluation of the competition of three species of weed densities, Wallflower family on wheat. Agronomy Ph.D Thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.
28. Nassiri Mahallati, M., and Kropff, M. J. 1997. Simulation model for crop-weed competition, modified for LAD distribution function and extinction coefficient based on leaf dispersion. Agricultural Wageningen University. Netherlands.
29. Nganga, S. 1982. Physiological basis of Potato crop yield. Pp.: 13-16. In principles of Potato seed production for tropical Africa. International Potato Center (CIP), Lima. Peru.
30. Notghi Taheri, H. 1997. Investigation of weed competition in Potatoes. Agronomy Master's thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
31. Patil, Y. B., Patil, A. A., Madalgeri, B. B., and Patil, V. S. 1990. Correlation studies in sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Poir) as influenced by varying levels of nitrogen, potassium and inter-row spacing. Journal of Root Crops 16 (2): 98-102.
32. Peterson, C. T., Jorgensen, U., Svendsen, H., Hansen, H., Jensen, H. E., and Nilsen, N. E. 1995. Parameter assessment for simulation of biomass production and N uptake in winter rapeseed. European Journal of Agronomy 4: 77-89.
33. Rahimian, H., and Shariati, Sh. 1999. The modeling of weed competition and crop. Publish Agricultural Education.
34. Robert, G. W. 1993. Wild prosomillet (*Panicum milliaceum*) interference in dry bean. Weed Science 33: 654-657.
35. Ronald, A. E. 2000. *Amaranthus retroflexus* / Pigweed. U.S. Department of Agriculture press.
36. Samaee, M., and Daneshian, J. 2003. Study of Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) interference effects on Soybean growth index. Iranian Journal of Agriculture Science 42 (2): 127-139.
37. Sivakumar, M. V., and Shaw, R. H. 1978. Methods of growth analysis in field grown Soybean (*Glycin max* L.). Annual Botany 42: 213-222.
38. Sobhani, A. 1995. The planting date and seed tubers before germination on growth indices and yield of potato cultivars. Agronomy Master's thesis, Tarbiat Modares University, Iran.
39. Steinmaus, S. J., and Norris, R. F. 2002. Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. Weed Science 50: 42- 53.
40. Talei, A., Poostini, K., and Davazdah Emami, S. 2000. Planting pattern effects on physiological characteristics of several varieties of Bean. Iranian Journal of Agriculture Science 31 (3): 477-487.

41. Toller, J. E., Guice, J. B., and Murkdoch, E. 1996. Interference between Johnson grass (*Sorghum halepense*), Smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and Soybean. Weed Science 44: 331-338.
42. Trehan, S. P., and Singh, B. P. 2013. Nutrient efficiency of different crop species and potato varieties – in retrospect and prospect. Potato Journal 40 (1): 1-21.
43. Vangessel, M. J., and Renner, K. A. 1990. Red root Pigweed (*Amarantus retroflexus*) and Barnyard grass (*Echinochola crusgalli*) interference in Potatoes (*Solanum tuberosum*). Weed Science 38: 338-343.
44. Wall, D. A., and Friesen, G. H. 1990. Green foxtail (*Setaria viridis*) competition in potato. Weed Science 38: 396-400.



Evaluation of Growth Indices of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Affected by Density and Time of Emergence Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.)

M. Asadi¹- A. Yadavi²- M. Azimi Gandomani^{3*}

Received: 21-11-2014

Accepted: 27-09-2016

Introduction

Weed is one of limiting factors in potato production. Weed management systems require comprehensive and accurate data on behavior of weeds and their impacts on the farming systems. Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) is third dicotyledonous weeds in the world that due to photosynthetic pathway of C_4 and indeterminate, in high temperature and high light intensity conditions particularly in the fields of summer crops such as corn (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) shows more competitive. Weed density is the most important factor affecting on crop by weed competition and defines part of the decline in crop by weed competition. The emergence time of weed and competition period with crop are two important aspects that are often considered in competitive studies. Quantitative analysis of growth is a method for interpretation of plant response to environmental conditions that plant is encountered during its life. Plant growth analysis can be used as a factor to illustrate the competitiveness of the crop and weeds. Growth indices such as dry matter accumulation, crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), and leaf area index (LAI) have been used for assessing the effects of weed competition on crop yield. The aim of this study was the evaluation of growth indices of potato affected by density and time of emergence pigweed.

Materials and Methods

The experiment was conducted as a factorial based on randomized complete block design (RCBD) with two factors and three replications at the experimental station of Borujen city in Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. Treatments were included a combination of pigweed density (5, 10, 15 pigweed plants m^{-2}) and time of emergence pigweed (four and eight days before potato emergence, coincided with the potato emergence, and four days after potato emergence). Pigweed evaluated traits were included as plant height, and total dry weight as well as potato evaluated traits were included as LAI, total dry matter (TDM), (CGR), relative growth rate (RGR), and tuber yield. Plot size was 15 m^2 with four lines of 60 cm. Potato cv. was Bourne which is an early ripening cultivar was planted at 10 April. Irrigation was performed based on requirement of the plants, temperature and environmental conditions in 7 to 9 days. Potato tuber harvested at 20 June. Data were analyzed by SAS software and the mean data were compared according to least significant difference (LSD) Test at 5% probability level.

Results and Discussion

Results showed that the relative time of emergence and Pigweed plant density were significant on plant height and TDM of pigweed. Pigweed plant height and dry weight decreased, when pigweed emergence was later than potato. Pigweed plant height and TDM increased with increasing density of pigweed. Their interaction was significant only for potato tuber yield. Earlier relative emergence and increasing density of pigweed was reduced potato tuber yield. Five pigweed per m^2 at emergence of four days after potato and 15 pigweed per m^2 at emergence of eight days before potato had the highest (39800 $kg\ ha^{-1}$) and the lowest (18400 $kg\ ha^{-1}$) tuber yield, respectively. Also low density of pigweed in treatment of emergence at eight days before potato was caused more economic losses. Whatever emergence of weed delayed, more number of weed plants is needed to economic losses causes. Therefore emergence of weeds is important equally that weed density is important and should pay attention to the fact in Weed management. In general, the results showed that the pigweed can damage to potato production because its height is higher than potato and it also is C_4 , when relative appearance is earlier can be strong competitor to absorb light even in the less dense. Previous researches about crop-weed competition for light, have revealed that higher plant with lower LAI could overcome the plants with lower

1- M.Sc. student, Islamic Azad University of Shiraz Branch, Shiraz, Iran

2- Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran

3- Scientific Member, Department of Agriculture, Payamanoor University (PNU), Tehran, Iran

(*- Corresponding Author Email: Azimi_3563@yahoo.com)

height and higher LAI. These findings showed that plant height have a main role in competition and height is one of the determinant factors for light competition. Therefore, it seems that pigweed which has this feature by itself, is a strong competitor for potato plant. This study concluded that because of that pigweed is C_4 and its plant height is more than potato, so pigweed is superior competitor for light even in lower population.

Conclusions

Generally, according to the results it can be concluded that the relative earlier rise and increasing pigweed density through height gain and dry matter further, reduced tuber yield of potato. Furthermore, pigweed, due to a higher height than the potato as well as its C_4 the if a relative early rise occurs, even at low density for absorb light, is still a strong competitor and can cause heavy damage to potato production. The relative earlier rise of this weed in potato fields can reduce the potato yield. After amaranth weed control in potato farming is very important and should be done as soon as possible.

Keywords: Competition, Relative Appearance, Weed, Yield



بررسی مدیریت تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

پرویز رضوانی مقدم^{1*} - قربانعلی اسدی² - مهسا اقحوانی شجری³ - فاطمه رنجبر⁴ - روشنک شهریار³

تاریخ دریافت: 1394/08/07

تاریخ پذیرش: 1395/09/03

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد منفرد و تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای ترش، آزمایشی در سال زراعی 1392-93 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و 11 تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از 1- کود زیستی میکوریزا، 2- کود دامی (منبع گاوی)، 3- کود شیمیایی، 4- ورمی کمپوست، 5- شیمیایی + دامی، 6- شیمیایی + ورمی کمپوست، 7- شیمیایی + میکوریزا، 8- دامی + میکوریزا، 9- ورمی کمپوست + میکوریزا، 10- دامی + ورمی کمپوست + میکوریزا، 11- شاهد. نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی در اغلب صفات مورد بررسی بود. حداکثر ارتفاع گیاه (138 سانتی‌متر) در تیمار تلفیقی کود شیمیایی + کود دامی و بیشترین عملکرد خشک کاسبرگ مربوط به تیمار کود میکوریزا (854/1 کیلوگرم در هکتار) و پس از آن کاربرد تلفیقی کود شیمیایی + کود گاوی (791/6 کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین مقادیر عملکرد تر و خشک کاسبرگ (به ترتیب 3202/1 و 420/8 کیلوگرم در هکتار) در صورت استفاده منفرد از کود گاوی به دست آمد. علاوه بر این، کاربرد تلفیقی تیمارهای کودی در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها، توانست تعداد شاخه‌های فرعی را 12 درصد افزایش دهد. استفاده از تیمار میکوریزا نیز در مقایسه با تیمار شاهد اثر مثبتی (افزایش 12 درصدی) بر تعداد کاسبرگ در شاخه اصلی داشت. به طور کلی، علاوه بر کود زیستی میکوریزا، مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی از طریق بهبود پارامترهای رشدی، توانست عملکرد کمی گیاه چای ترش را در مقایسه با کاربرد جداگانه آن‌ها افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: چای ترش، شاخص برداشت، عملکرد کاسبرگ، نشاء کاری، ورمی کمپوست

مقدمه

می‌شود (Duke, 2006): نوشیدنی حاصل از کاسبرگ‌های قرمز آن منبع مهمی از ویتامین C می‌باشد (Babajide et al., 2004). این گیاه بومی غرب آفریقا است اما امروزه بیش از 300 گونه از این گیاه در سطح وسیعی در غرب آفریقا، آسیا، استرالیا از هند تا مالزی و بسیاری از کشورهای مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود (Purseglove, 1968; Omidbaigi, 2005; Akanbi et al., 2009). این گیاه بومی ایران نیست و کشت و کار این گیاه به صورت گسترده در سیستان و بلوچستان در حدود 80 هکتار گزارش شده است. از جمله خواص دارویی این گیاه می‌توان به کاهش‌دهنده فشارخون، خنک‌کننده بدن، تصفیه‌کننده خون، کاهش کلسترول بدن، کنترل‌کننده اختلالات کبد و صفرا و آرام‌بخشی اشاره کرد (Omidbaigi, 2005).

یکی از مهمترین اهداف جهت حصول عملکرد کمی و کیفی بالا، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه برای گیاهان است. با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ

امروزه گیاهان دارویی دارای جایگاه ویژه‌ای در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی برخوردار می‌باشند و از آن‌جا که کشور ایران به عنوان یکی از منابع اصلی گیاهان دارویی محسوب می‌شود، می‌تواند یکی از مهمترین صادرکنندگان این گیاهان باشد (Omidbaigi, 2005). چای مکی یا چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* از خانواده ختمی (Malvaceae)، گیاهی یک‌ساله با ارتفاع حدود 64 تا 429 سانتی‌متر، روز کوتاه و خودگشن که به سرما و یخبندان حساس است. از اجزای مختلف این گیاه به ویژه از کاسبرگ‌ها در صنایع غذایی و دارویی و همچنین از الیاف و چوب آن در صنایع کاغذسازی استفاده

1، 2، 3 و 4- به ترتیب استاد، دانشیار، دانش‌آموخته و دانشجوی دکتری
اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: Rezvani@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.50956

hirsutum) شد (Karamanos et al., 2004). از طرفی استفاده توأم از کودهای آلی و معدنی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد بلکه به ذخیره انرژی و کاهش آلودگی محیط کمک خواهد کرد (Belde et al., 2000).

گیاهان در شرایط مختلف اقلیمی و خاکی، تفاوت‌هایی در کمیت نشان می‌دهند. هرگونه گیاهی، در شرایط مطلوب حداکثر پتانسیل تولید را دارا بوده که ممکن است در شرایط طبیعی دیگر یا در شرایط زراعی عملکرد متفاوتی داشته باشد. لذا شناخت تأثیر تغییرات عوامل اقلیمی و زراعی در گیاهان دارویی و بررسی سیستم‌های تغذیه‌ای مختلف در اکوسیستم‌های زراعی، برای تولید گیاهان دارای با کمیت و کیفیت بالا لازم و ضروری است. با توجه به اینکه گیاه چای ترش برای اولین بار در منطقه مشهد کشت می‌گردد و هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد نحوه رشد و سازگاری این گیاه در این منطقه وجود ندارد؛ لذا این آزمایش به‌منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه در پاسخ به کاربرد جداگانه و توأم منابع تغذیه‌ای صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 93-1392 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک مزرعه از عمق 0-30 سانتی‌متر صورت گرفت و همراه با کودهای آلی مورد استفاده، مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول 1 و 2).

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: 1- کود زیستی میکوریزا (*Glomus intraradices*)، 2- کود گاوی، 3- کود شیمیایی، 4- ورمی‌کمپوست، 5- کود شیمیایی + کود دامی، 6- کود شیمیایی + ورمی‌کمپوست، 7- کود شیمیایی + میکوریزا، 8- کود دامی + میکوریزا، 9- ورمی‌کمپوست + میکوریزا، 10- کود دامی + ورمی‌کمپوست + میکوریزا، 11- شاهد.

محیط‌زیست و تنوع زیستی، کارایی نهاده‌ها را افزایش داد؛ ازطرفی می‌توان با اجتناب از کاربرد بی‌رویه عناصرغذایی هزینه‌ها را کاهش داد و به این روش به سوی کشاورزی پایدار گام برداشت (Akbarinia et al., 2003). بررسی‌های مختلف نشان داده است که کاربرد منابع تغذیه‌ای باعث بهبود رشد و نمو گیاهان می‌گردد. کودهای آلی مانند کمپوست‌ها از جهت بهبود باروری خاک به‌عنوان یکی از منابع مهم غذایی جهت افزایش تولید ماده خشک و عملکرد میوه گیاهان محسوب می‌شوند (Abou El-Seoud et al., 1997; Parr and Hornick, 1990). گزارش شده است که استفاده از کمپوست آلی باعث افزایش وزن خشک گل، عملکرد دانه و روغن گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گردید (Sowicki, 2003). احمد و همکاران (Ahmed et al., 1998) اثر توأم کود مرغی و دامی را بر عملکرد کاسبرگ گیاه چای ترش مثبت ارزیابی کردند. نبیلا و آلی (Nabila and Aly, 2002) نیز بیان کردند که استفاده تلفیقی از کود مرغی و دامی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد میوه، زیست‌توده گیاه و وزن تازه و عملکرد کاسبرگ گیاه چای ترش را افزایش داد. محققان دیگری دریافتند که کاربرد کبالت به‌همراه کود آلی کمپوست باعث بهبود خصوصیات کمی لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) شد (Abd El-Moez and Gad, 2002). مالانگودا (Mallanagouda, 1995) در پژوهش خود بر گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) مشاهده کرد که عملکرد دانه این گیاه در صورت کاربرد توأم کود دامی با کود شیمیایی NPK بیشتر از کاربرد جداگانه آن‌ها بود؛ او دلیل این افزایش را به نقش کود دامی در بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش جذب عناصرغذایی توسط گیاه و افزایش فتوسنتز ذکر کرد. محققان دیگری نیز افزایش رشد و عملکرد گیاهان را با کاربرد تلفیقی مقادیر کودهای شیمیایی با دامی به علت افزایش NPK قابل دسترس گیاه گزارش کرده‌اند (Mallanagouda, 1995). از طرفی کودهای آلی با بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش نگهداری آب در خاک و فراهمی آن برای گیاه باعث بهبود وزن تر و خشک کاسبرگ، برگ، ریشه و ساقه‌ها، تعداد کاسبرگ و سطح برگ گیاه پنبه (*Gossypium*)

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش
Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental location

هدایت الکتریکی	اسیدیته خاک	پتاسیم	فسفر	نیترोजن کل	کربن آلی	بافت خاک
EC (dS.m ⁻¹)	pH	Potassium (ppm)	Phosphorus (ppm)	Total Nitrogen (%)	Organic Carbon (%)	Soil texture
3.21	7.24	135	13.2	0.063	0.59	لومی

جدول 2- نتایج تجزیه شیمیایی کودهای گاوی و ورمی کمپوست

Table 2- Chemical properties of cow manure and vermi compost

نوع کود Fertilizer	نیترोजن Total Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم Potassium (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
کود گاوی Cow manure	0.57	0.09	1.1	6.1	6.8
ورمی کمپوست Vermi compost	1.3	1.3	1.2	5	6.9

بیولوژیک میکوریزا، (قارچ میکوریزا آربوسکولار گونه‌ی *Glomus intraradices*) همزمان با کشت، 30 گرم به‌ازای هر بذر، در زیر بذر و براساس مقدار توصیه شده استفاده شد. وجین علف‌های هرز در یک نوبت، 90 روز پس از کشت به‌صورت دستی توسط کارگر انجام شد. لازم به ذکر است که آلوده بودن مزرعه به کنه تار عنکبوتی (*Tetranychusurticae*) سبب استفاده از سمفن پروپاترین (Danitol EC10%)، به میزان دو در هزار شد.

برداشت این گیاه قبل از فرا رسیدن اولین سرمای پاییزه در مشهد در تاریخ 20 مهرماه 1393 صورت گرفت. قبل از برداشت تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد کاسبرگ روی شاخه اصلی و فرعی و تعداد کل کاسبرگ در بوته محاسبه شد. پس از حذف دو ردیف کناری هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، زیست‌توده گیاهی کل برداشت و سپس عملکرد کاسبرگ، عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تعیین گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار آماری Minitab Ver. 16 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار تیمارهای تغذیه‌ای بر ارتفاع گیاه چای ترش بود (جدول 3). بیشترین میزان ارتفاع (138 سانتی‌متر) در تیمار تلفیقی کود شیمیایی به‌همراه کود گاوی و کمترین آن (84/9 سانتی‌متر) با کاربرد کود گاوی به‌دست آمد. نتایج بیانگر آن بود که استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای به‌صورت تلفیقی باعث افزایش 9 درصدی ارتفاع گیاه چای ترش در مقایسه با استفاده منفرد آن‌ها گردید؛ همچنین استفاده تلفیقی منابع تغذیه‌ای نسبت به تیمار شاهد برتری نشان داد (جدول 4).

در طی پژوهشی مشاهده شد که حداکثر ارتفاع گیاه چای ترش (189 سانتی‌متر) با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی حاصل شد (Akanbi et al., 2009). در تحقیقی دیگر دهمرده (Dahmardeh, 2013) طی آزمایشی، کاربرد کودهای آلی و معدنی را بر رشد و

به‌منظور اجرای این آزمایش بذور مورد نیاز از منطقه سراوان استان سیستان و بلوچستان تهیه و در 8 اسفند 1392 در داخل سینی‌های نشا حاوی کوکوپیت و ماسه در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد کشت شدند و پس از آن هر هفته سه بار آبیاری صورت گرفت. بعد از 3-5 روز، بذور به‌طور کامل سبز شدند. یک هفته قبل از کاشت در زمین اصلی، در تاریخ 26 فروردین 1393 گیاهچه‌ها به‌منظور سازگار شدن به شرایط محیطی به فضای آزاد مزرعه منتقل و سپس در تاریخ 31 فروردین ماه 1393 کاشت نشاءها در مزرعه صورت گرفت. جهت اجرای این آزمایش در مزرعه زمینی که طی دو سال گذشته آیش بود انتخاب و مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک‌زنی در اوایل فروردین 1393 انجام شد. کودهای مورد استفاده در کرت‌های مورد نظر به‌طور یکنواخت پخش و بلافاصله توسط بیل وارد خاک شدند. سپس با استفاده از شیارساز، جوی و پشته‌هایی به عمق 30 سانتی‌متر و فاصله 75 سانتی‌متر ایجاد گردید. ابعاد کرت‌ها 3/75×4 متر، فاصله دو کرت اصلی و فاصله بلوک‌ها نیز یک متر در نظر گرفته شد. همچنین نشاءها به فاصله 25 سانتی‌متر از یکدیگر روی ردیف کشت شدند. توصیه کودی براساس نمونه خاک ارسالی به آزمایشگاه 150 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، 100 کیلوگرم سولفات پتاسیم و 200 کیلوگرم اوره برای این گیاه ارائه گردید. سپس مقدار نیترोजن توصیه شده به‌عنوان معیار تعیین مقادیر تیمارهای کودی ورمی کمپوست و کود گاوی قرار داده شد. بر این اساس مقدار نیترोजن تیمار کود شیمیایی، 200 کیلوگرم در هکتار، مقدار تیمار کود ورمی کمپوست 8 تن در هکتار و مقدار تیمار کود گاوی 16 تن در هکتار محاسبه گردید. لازم به توضیح است که براساس منابع موجود عناصر غذایی کود گاوی تماماً در سال اول آزاد نمی‌شود و تنها به میزان 40 تا 50 درصد آن در سال اول کاربرد، برای گیاه قابل استفاده است (Pimentel, 1993). لذا مقدار کود گاوی به میزان دو برابر معادل نیترोजن کود شیمیایی لحاظ شد (32 تن در هکتار). تمامی کودهای فسفر و پتاسیم و یک سوم از نیترोजن (کود شیمیایی) همزمان با کشت به کرت‌های مربوط به تیمار کود شیمیایی اضافه شد و باقی‌مانده کود نیترोजن 90 روز پس از کشت بعد از اولین وجین همراه با آب آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. کود

عملکرد کمی چای ترش بررسی کرد و مشاهده کرد که کاربرد تلفیقی کود مرغی به همراه کود شترمرغ بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته و عملکرد کمی این گیاه داشت. گد (2011) در مطالعه‌ای بر روی گیاه چای ترش دریافت که مصرف 20 تن در هکتار کود مرغی، ارتفاع گیاه را به حداکثر رساند. سانوسی و همکاران (Sanoussi *et al.*, 2011) نیز طی مطالعه‌ای بر ویژگی‌های عملکردی اکوتیپ‌های مختلف گیاه چای ترش بیان کردند که در شرایط عدم استفاده از کود، آب و آفت‌کش‌ها؛ اکوتیپ‌های مختلف این گیاه ارتفاعی بین 170-110 سانتی‌متر را دارا بودند. در مطالعات بسیاری اثرات قابل توجه کاربرد تلفیقی کودهای آلی و بیولوژیک بر ارتفاع بوته گیاهان دارویی گزارش شده است (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007; Duke, 2006). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای حیوانی و ورمی‌کمپوست، از طریق بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، فراهمی عناصر غذایی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه از جمله ارتفاع بوته می‌شود (Darzil *et al.*, 2009).

تعداد شاخه فرعی

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر تعداد شاخه فرعی گیاه چای ترش معنی‌دار نبود (جدول 3)؛ با این وجود مشاهده شد که استفاده از هر نوع تیمار تغذیه‌ای باعث کاهش تعداد شاخه فرعی در مقایسه با تیمار شاهد شد؛ به‌طوری‌که بین تیمار شاهد و سایر تیمارهای تغذیه‌ای 24 درصد تفاوت وجود داشت. کمترین تعداد شاخه فرعی (6/3) در بوته با استفاده از تیمار کود گاوی به‌دست آمد. کاربرد تلفیقی تیمارهای کودی در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها، توانست تعداد شاخه‌های فرعی را 12 درصد افزایش دهد (جدول 4). در طی پژوهشی بر روی گیاه چای ترش گزارش شد که استفاده تلفیقی از منابع کودی تعداد شاخه‌های گیاه را افزایش داد (Aknabi *et al.*, 2009). نیبلا و آلی (Nabila and Aly, 2002) نیز بیان کردند که استفاده تلفیقی از کود مرغی و دامی باعث حصول حداکثر تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه چای ترش گردید. در پژوهش دیگری بر روی این گیاه مشاهده شد که حداکثر شاخه‌های فرعی با کاربرد 20 تن کود مرغی در هکتار حاصل شد (Gad, 2011).

جدول 3- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای ترش تحت تأثیر تیمارهای مختلف

Table 3- Analysis variance (mean square) of yield components and yield of Roselle affected by different treatments

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد کل میوه Total number of fruits	تعداد شاخه فرعی Numbers of lateral branch	تعداد میوه روی شاخه اصلی Fruits number of the main branch	تعداد میوه روی شاخه فرعی Fruits number of the lateral branch	عملکرد خشک کاسبرگ Sepal dry yield	عملکرد تر کاسبرگ Sepal fresh yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replicate	2	6.81 ^{ns}	65.7 ^{ns}	0.093 ^{ns}	17.96 ^{**}	3.623 ^{ns}	2566 ^{ns}	305251 ^{ns}	2281097 ^{ns}	2.111 ^{ns}
تیمار Treatment	10	611.46 ^{**}	251.7 ^{ns}	2.717 ^{ns}	9.795 ^{**}	10.99 ^{**}	444832 [*]	3791150 ^{**}	4039026 ^{**}	4.211 [*]
خطا Error	20	57.18	207.2	1.574	1.807	2.647	13669	1026032	1213274	1.447
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	7.20	26.60	92.16	10.56	18.86	18.63	20.36	12.55	16.76

***, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

***, * and ns significant difference over control at P< 0.01 and P< 0.05 and not significantly, respectively.

تعداد کل میوه و تعداد میوه روی شاخه اصلی و فرعی

نتایج بیانگر عدم اثر معنی‌دار تیمارهای کودی بر تعداد کل میوه

در گیاه چای ترش بود (جدول 3). بین تیمارهای مختلف، بیشترین تعداد کل میوه با مصرف کود شیمیایی (67/9) و پس از آن با کاربرد

این وجود، تمامی تیمارهای تغذیه‌ای در مقایسه با تیمار شاهد باعث کاهش تعداد میوه روی شاخه‌های فرعی شدند؛ به‌طوری‌که اختلاف بین آن‌ها 25 درصد بود. حداکثر تعداد میوه روی شاخه فرعی، بعد از تیمار شاهد (11/1) با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی به همراه کود گاوی (11) و حداقل آن با استفاده از کود گاوی (5/7) به‌دست آمد (جدول 4). گد (Gad, 2011) در پژوهشی بر روی گیاه چای ترش دریافت که استفاده از 20 تن کود مرغی باعث حصول حداکثر تعداد میوه گیاه چای ترش شد. محققان دیگری چون نبیلا و آلی (Nabila and Aly, 2002) نیز گزارش کردند که استفاده تلفیقی از کود مرغی و دامی، تعداد میوه گیاه چای ترش را افزایش داد.

تلفیقی کود شیمیایی + کود گاوی (67/7) به‌دست آمد، با این وجود بین استفاده منفرد با تلفیقی تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از طرفی کمترین تعداد میوه (40/2) در بوته) در تیمار کود گاوی مشاهده شد (جدول 4). اثر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر تعداد میوه روی شاخه اصلی و فرعی اثر معنی‌داری را نشان داد (جدول 3). بیشترین و کمترین تعداد میوه (15/9 و 10/5 در بوته) به‌ترتیب در تیمار میکوریزا و کود گاوی + ورمی‌کمپوست + میکوریزا مشاهده شد. کاربرد منفرد تیمارهای تغذیه‌ای نسبت به کاربرد تلفیقی آن‌ها 17 درصد برتری نشان داد؛ از طرفی تیمار میکوریزا در مقایسه با تیمار شاهد توانست تعداد میوه را در شاخه اصلی 12 درصد افزایش دهد. با

جدول 4- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی چای ترش تحت تأثیر تیمارهای مختلف

Table 4- Results of mean comparisons of yield components and yield of Roselle affected by different treatments

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد کل غوزه Total number of fruits (number per shrub)	تعداد شاخه فرعی Numbers of lateral branch (number per shrub)	تعداد غوزه روی شاخه اصلی Fruits number of the main branch	تعداد غوزه روی شاخه فرعی Fruits number of the lateral branch	عملکرد خشک کاسبرگ Sepal dry yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد تر کاسبرگ Sepal fresh yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
شاهد Control	99.7bcd	58.3a	9.4a	14.1abc	11.1a	664.9ab	7219.6a	9334.6ab	7.2ab
شیمیایی Chemical fertilizer	118.2ab	67.9a	6.5a	15.4ab	10.5ab	557.6ab	4240.3ab	8717.0ab	6.4b
کود گاوی Cow manure	84.9d	40.2a	6.3a	11.9abc	5.7b	420.8b	3202.1b	6096.7b	6.8ab
ورمی‌کمپوست Vermi compost	90.9cd	52.5a	7.3a	12.6abc	8.0ab	502.5ab	3822.4b	8839.4ab	5.7b
میکوریزا Mycorrhiza	105.3bcd	56.0a	6.7a	15.9a	7.4ab	854.1a	5898.4ab	8561.9ab	10.3a
شیمیایی + کود گاوی Chemical fertilizer + Cow manure	138a	67.7a	7.9a	12.5abc	11.0a	791.6ab	6022.8ab	9887.2a	8.0ab
شیمیایی + ورمی‌کمپوست Chemical fertilizer + Vermi compost	112.5bc	48.3a	6.9a	10.7c	9.5ab	627.1ab	4771.7ab	9137.8ab	6.9ab
شیمیایی + میکوریزا Chemical fertilizer + Mycorrhiza	102.2bcd	50.2a	8.1a	11.4bc	7.8ab	611.9ab	5244.1ab	9285.9ab	6.57ab
کود گاوی + میکوریزا Cow manure + Mycorrhiza	101.3bcd	43.1a	7.3a	13.5abc	6.1ab	599.6ab	4561.9ab	8573.4ab	7.0ab
ورمی‌کمپوست + میکوریزا Vermi compost + Mycorrhiza	104.5bcd	61.5a	8.4a	11.6abc	10.0ab	687.3ab	5229.2ab	10482.9a	6.6ab

کود گاوی + ورمی کمپوست + Cow manure + Vermicompost + Mycorrhiza	96.7bcd	49.6a	6.9a	10.5c	7.8ab	583.3ab	4437.9ab	7618.8ab	7.6ab
--	---------	-------	------	-------	-------	---------	----------	----------	-------

در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

کاربرد جداگانه آن‌ها گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند که استفاده تلفیقی از منابع کودی با ایجاد اثر تحریک‌کنندگی عناصر معدنی بر آلی باعث تعادل بهتر عناصر موجود در خاک و در نتیجه استفاده مناسب‌تر گیاه از آن‌ها و بهبود رشد آن‌ها می‌گردد؛ که این نتیجه با گزارش‌های اکنابی (Akanbi, 2002) بر بامیه (*Abelmoschus esculentus*) و ذرت (*Zea mays*) و استفانو و همکاران (Stefano et al., 2004) بر گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) مطابقت داشت. در مطالعه دیگری بر روی گیاه چای ترش کاربرد توأم استفاده از کود دامی به همراه کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی و عملکرد کاسبرگ این گیاه مثبت ارزیابی شد (Gendy et al., 2012). گد (Gad, 2011) گزارش کرد که حداکثر عملکرد کاسبرگ چای ترش با کاربرد 20 تن کود مرغی در هکتار حاصل شد. نبیلا و آلی (Nabila and Aly, 2002) نیز بیان کردند که استفاده تلفیقی از کود مرغی و دامی، زیست‌توده گیاه و عملکرد تر و خشک کاسبرگ گیاه چای ترش را افزایش داد. مطالعات مختلف نشان داد که کاربرد همزمان کودهای دامی و شیمیایی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی باعث بهبود کارایی جذب مواد غذایی و در نتیجه عملکرد گیاهان مورد مطالعه شد (Mallanagouda, 1995).

عملکرد بیولوژیک

براساس نتایج تجزیه واریانس مشاهده شد که استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک گیاه چای ترش داشت (جدول 3). حداکثر عملکرد بیولوژیک گیاه مورد مطالعه با استفاده از کود ورمی‌کمپوست + کود میکوریزا (10482/9 کیلوگرم در هکتار) و پس از آن در تیمار کود شیمیایی + کود گاوی (9887/2 کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار کود گاوی (6096/7 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد؛ به‌طوری‌که بین بیشترین و کمترین تیمارها به‌طور متوسط 41 درصد تفاوت وجود داشت. استفاده تلفیقی از منابع کودی نسبت به کاربرد منفرد آن‌ها 13 درصد برتری داشت (جدول 4).

اکنابی و همکاران (Akanbi et al., 2009) در طی پژوهش خود بر گیاه چای ترش دریافتند که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، به‌نظر می‌رسد استفاده از منابع کودی احتمالاً از طریق بهبود خواص فیزیکی خاک، افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و بهبود فتوسنتز باعث ارتقای برخی پارامترهای مربوط به اجزای عملکرد و در نهایت افزایش عملکرد گیاه چای ترش گردیده است.

عملکرد تر و خشک کاسبرگ

نتایج بیانگر اثر معنی‌دار تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد تر و خشک کاسبرگ گیاه چای ترش بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده این موضوع بود که استفاده از تمامی تیمارهای تغذیه‌ای باعث کاهش عملکرد تر کاسبرگ گیاه مورد نظر نسبت به تیمار شاهد شد؛ به‌طوری‌که بین آن‌ها به‌طور متوسط اختلاف 35 درصدی وجود داشت. بعد از تیمار شاهد (7219/6 کیلوگرم در هکتار)، حداکثر مقدار عملکرد تر کاسبرگ به‌ترتیب با استفاده کود شیمیایی + کود گاوی (6022/8 کیلوگرم در هکتار) و کود میکوریزا (5898/4 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. با این وجود بیشترین عملکرد خشک کاسبرگ مربوط به تیمار کود میکوریزا (854/1 کیلوگرم در هکتار) و پس از آن تیمار تلفیقی کود شیمیایی + کود گاوی (791/6 کیلوگرم در هکتار) بود و کمترین مقادیر عملکرد تر و خشک کاسبرگ (به‌ترتیب 3202/1 و 420/8 کیلوگرم در هکتار) در تیمار منفرد کود گاوی مشاهده شد. با استفاده تلفیقی از منابع کودی در قیاس با مصرف منفرد آن‌ها، عملکرد خشک کاسبرگ 11 درصد افزایش پیدا کرد (جدول 4).

سانوسی و همکاران (Sanoussi et al., 2011) بیان کردند که در شرایط عدم استفاده از کود، آب و آفت‌کش‌ها برای گیاه چای ترش؛ حداکثر عملکرد کپسول بین 123-766 کیلوگرم در هکتار بود. اکنابی و همکاران (Akanbi et al., 2009) با بررسی تأثیر کودهای آلی و معدنی بر عملکرد کاسبرگ گیاه چای ترش بیان کردند که بیشترین عملکرد کاسبرگ در تیمارهای تلفیقی کمپوست و کود شیمیایی حاصل شد. همچنین میزان عملکرد کاسبرگ در تیمار پنج تن کمپوست به همراه 150 کیلوگرم نیتروژن به میزان 45 درصد به نسبت تیمار کود شیمیایی (300 کیلوگرم در هکتار) افزایش داشت. به‌طور کلی این محققان استفاده تلفیقی از منابع کودی را بهتر از

مناسب‌تر عناصر غذایی و آب برای گیاه، محیط بهتری را جهت رشد گیاه ایجاد کرده و در نتیجه تخصیص مواد فتوسنتزی به بخش زایشی بیشتر از رویشی بوده و باعث حصول حداکثر شاخص برداشت در این تیمار شده است. فراهمی نیتروژن برای گیاه از طریق تأثیر بر تجمع کربوهیدرات‌ها بر مخازن میوه گیاهان مختلف نیز بسیار حائز اهمیت است (Gyllapsy, 1993). تهمامی زرندی و همکاران (TahamiZarandi et al., 2000) نیز در تحقیق خود بیان کرد که تأثیر کودهای آلی و بیولوژیک بر شاخص برداشت گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) مثبت بود. همچنین اقحوانی شجری (Aghhavanishajari, 2012) حداکثر شاخص برداشت گیاه گشنیز را تحت تأثیر تیمار تلفیقی کود میکوریزا به همراه کود شیمیایی گزارش کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش حاکی از برتری استفاده از تیمارهای کودی به‌صورت تلفیقی در مقایسه با تیمارهای منفرد بود؛ به‌طوری‌که در بین تیمارهای تلفیقی بیشترین مقادیر اکثر شاخص‌ها با مصرف توأم کود شیمیایی به همراه کود گاوی به‌دست آمد. لذا استفاده تلفیقی از منابع تغذیه‌ای ضمن اثری که در فراهمی عناصر غذایی برای گیاه دارد، می‌تواند باعث کاهش هزینه‌های تولید و همچنین کاهش آلودگی‌های محیط شود. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، به‌نظر می‌رسد که در تاریخ کشت زود هنگام (کشت نشایی) گیاه از شرایط محیطی به نحو بهتری استفاده نموده و با تولید بهتر مواد فتوسنتزی توانسته ساختار رویشی و زایشی گیاه را افزایش دهد؛ لذا در منطقه مشهد که معمولاً با سرماهای زودرس پاییزه همراه است، کشت گیاه چای ترش به‌صورت نشاءکاری در گلخانه سه ماه زودتر از فصل کشت توصیه می‌گردد.

در مقایسه با کاربرد منفرد آن‌ها تأثیرات به مراتب بهتری بر عملکرد کمی و کیفی این گیاه داشت. محققان در طی پژوهشی بر گیاه ختمی (*Althaea officinalis*) مشاهده کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست به میزان 10 تن در هکتار تأثیرات معنی‌داری را در افزایش سطح برگ و وزن گل در بوته به همراه داشت (Sadeghi et al., 2014). نتایج رضوانی‌مقدم و همکاران (RezvaniMoghaddam et al., 2015) بیانگر همبستگی مثبت بین عملکرد گیاه چای ترش با ارتفاع بود؛ لذا به‌نظر می‌رسد در تیمارهایی که ارتفاع بیشتر بوده، گیاه از توزیع برگ مناسب‌تری برخوردار بوده و از فضای موجود جهت تولید کاسبرگ بیش‌تر استفاده خواهد کرد، لذا عملکرد گیاه نیز بیشتر شده است. در این آزمایش گزارش کردند حداکثر ماده خشک چای ترش در بین تیمارهای تلفیقی در تیمار کود دامی + شیمیایی به‌دست آمد؛ همچنین از طرفی کاربرد تلفیقی کودهای آلی، زیستی و شیمیایی به‌دلیل حضور متعادل‌تر نیتروژن در محیط باعث بهبود تمامی شاخص‌های رشدی گیاه چای ترش گردید؛ لذا به‌نظر می‌رسد این موضوع باعث افزایش عملکرد بیولوژیک این گیاه در تیمارهای تلفیقی شده است (جدول 4).

شاخص برداشت

نتایج حاکی از اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت گیاه چای ترش بود (جدول 3). حداکثر میزان این شاخص با مصرف میکوریزا (10/29 درصد) و پس از آن کود شیمیایی + گاوی (7/97 درصد) و کمترین آن با مصرف ورمی‌کمپوست (5/71 درصد) حاصل گردید. به‌طور کلی، نتایج بیانگر اختلاف چندانی بین منابع تغذیه‌ای تلفیقی و منفرد نبود (جدول 4).

شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت تخصیص بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک می‌باشد، بنابراین شاخص برداشت حاکی از توانایی گیاه برای اختصاص منابع بین ساختار رویشی و زایشی گیاه است. به‌نظر می‌رسد، کود زیستی میکوریزا با فراهم کردن

References

1. AbdEl-Moez, M. R., and Gad, N. 2002. Effect of organic cotton compost and cobalt application on cowpea. Egyptian journal of applied science 17 (1): 426-440.
2. Abou El-Seoud, M. A. A., AbdEl-Sabour, M. F., and Omer, E. A. 1997. Productivity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Plants as affected by organic waste composts addition to sandy soil. Bull. of the National Research Centre, Cairo, 22 (4): 495-505.
3. Aghhavanishajari, M. 2012. Effects of single and combined application of nutrients on quantitative and qualitative indices of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
4. Ahmed, S. K., El-Ghawas, E. O., and Aly, A. F. 1998. Effect of dry yeast and organic manure on Roselle plant. Egypt. Journal of Agriculture and Reclamation 76 (3): 1115-1142.
5. Akanbi, W. B. 2002. Growth, Nutrient uptake and yield of maize and okra as influenced by compost and Nitrogen fertilizer under different cropping systems. Ph.D. Thesis, University of Ibadan, Nigeria. pp, 228.
6. Akanbi, W. B., Olaniyan, A. B., Togun, A. O., Ilupeju, A. E. O., and Olaniran, A. 2009. The effect of organic and inorganic fertilizer on growth, calyx yield and quality of Roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 3: 652-657.

7. Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F., Rezaei, M. B., and SharifiAshoorabadi, A. 2003. Study on the effect of different rates of chemical fertilizer, manure and mixture of them on seed yield and main, compositions of essential oil of Ajowan (*Trachyspermum copticum*). Pajouhesh and Sazandegi 61: 32-41. (in Persian).
8. Babajide, J. M., Bodunde, J. G., and Salami, A. A. 2004. Quality and sensory evaluation of processed calyces of six varieties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Nigerian Journal of Horticultural Science 9: 110-115.
9. Belde, M., Matteis, A., Sprengle, B., Albrecht, B., and Hurle, H. 2000. Long term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming. In Proceeding 20 German Conference on Weed Biology and Weed Control. 17: 291-301.
10. Dahmardeh, M. 2013. Effect of mineral and organic fertilizers on the growth and calyx yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Biotechnology 11: 10899-10902. (in Persian with English abstract).
11. Darzi1, M. T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertilizers application on N,P,K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25 (1): 1-19. (in Persian with English abstract).
12. Duke, J. A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research 17: 91-110.
13. Gad, N. 2011. Productivity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Plant as affected by Cobalt and organic fertilizers. Journal of Applied Sciences Research 7 (12): 1785-1792.
14. Gendy, A. S. H., Said-Al Ahl, H. A. H., and Abeer, M. 2012. Growth, productivity and chemical constituents of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6: 1-12.
15. Gyllapsy, E., Bergervoel, C. K., and Jullien, D. 1993. Sink-source relation in fruit vegetables as affected by N fertilizer. Scientia Horticulture 58: 87-94.
16. Karamanos, A. J., Bilalis, D., and Sidiras, N. 2004. Effects of reduced tillage and fertilization practices on soil characteristics, plant water status, growth and yield of upland cotton. Journal of Agronomy and Crop Science 190 (4): 262-276.
17. Mahfouz, S. A., and Sharaf-Eldin, M. A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21: 361-366.
18. Mallanagouda, B. 1995. Effects of N. P. K. and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. Journal of Medic and Aromatic Plant Science 4: 916-918.
19. Nabila, Y. N., and Aly, M. S. 2002. Variations in productivity of (*Hibiscus sabdariffa* L.) in response to some agricultural supplementation. Annals of Agricultural Science 47 (3): 875-892.
20. Omidbaigi, R. 2005. Production and Processing of Medicinal Plants. vol: 1. Tehran, AstaneGhodseRazavi Publication. pp, 69-100. (in Persian).
21. Parr, J. F., and Hornick, S. B. 1990. Recent development in alternative agricultural in the United States. Proc. Of Inter. Conference. On Kyusse Nature Farming, October 17-21, 1989. Khomein University, Thailand.
22. Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agriculture and Environment Ethics 6: 53-60.
23. Purseglove, J. W. 1968. Tropical Crops: Dicotyledons. Longman Scientific and Technical Press, Harlow, England.
24. RezvaniMoghaddam, P., Asadi, G. A., Ranjbar, F., AghavaniShajari, M., and Shahriari, R. 2015. Effect of integrated organic and chemical fertilizer on growth indices of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) as a medicinal plant in Mashhad condition. Journal of Agroecology. (in Press).
25. Sadeghi, A. A., AkhshKelarestaghi, K., and HajmohammadniaGhalibaf, K. 2014. The effects of vermicompost and chemical fertilizers on yield and yield components of marshmallow (*Althea officinalis* L.). Journal of Agroecology 6: 42-50.
26. Sanoussi, A., Hadiara, H. S., Yacoubou, B., Benoît, S., Issaka, L., and Mahamane, S. 2011. Yield character variability in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Agricultural Research 6: 1371-1377.
27. Sowicki, B. 2003. The influence of cobalt fertilization on quantity and quality of hay from dried meadow using various NPK doses. Annals Universitatis Mariae Curie Skłodowska Section-E. Agriculture 54: 97-104.
28. Stefano, P., Dris, R., and Rapparini, F. 2004. Influence of growing conditions on yield and quality of cherry. II: Fruit quality. Journal of Food, Agriculture and Environment 2 (1): 307-309.
29. TahamiZarandi, M. K., RezvaniMoghaddam, P., and Jahan, M. 2000. Comparison of the effects of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil content of basil. Journal of Agroecology 2 (1): 63-74. (in Persian with English abstract).



Effect of Nutritional Management on Yield and Yield Components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) as a Medicinal Plant in Mashhad Condition

P. Rezvani Moghaddam^{1*} - Gh. A. Asadi² - M. Aghavani Shajari³ - F. Ranjbar⁴ - R. Shahriari³

Received: 29-10-2015

Accepted: 23-11-2016

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) is an annual plant with a height of about 64 to 429 cm belongs to Malvaceae family. Roselle is self-pollinated and sensitive to cold. Sepals of Roselle are used in food and pharmaceutical industries. It has been reported that Roselle is not native to Iran but it is cultivated extensively in Sistan and Baluchistan province, Iran. In order to achieve high quality and quantity yield of Roselle sepal it is necessary to improve nutritional systems of plant. Proper management of soil fertility and plant nutrition can preserve environment, improve biodiversity and also increase inputs efficiency. Results showed that use of nutritional resources will improve plant growth. Organic fertilizers such as compost can improve soil fertility as an important source of food that increase yield of plants. Nabila and Aly (2002) observed that use of hen and cow manure increased plant height, number of lateral branches, numbers of fruit and sepal yield of Roselle. Each plant species has the maximum potential in favorable conditions. Therefore, evaluation the effect of climatic and agronomic factors and nutritional management for plants is essential. This experiment was conducted to evaluate the yield and yield components of Roselle in response to use of single and combined nutritional resources.

Materials and Methods

In order to study the effects of single and combined organic, biological and chemical fertilizers on yield and yield components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*), a field experiment was conducted with 12 treatments based on a Randomized Complete Block Design with three replications at Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in 2013-2014. Treatments included: 1- mycorrhiza (*Glomus intraradices*), 2- cow manure, 3- chemical fertilizer, 4- vermicompost, 5- chemical fertilizer + cow manure, 6- chemical fertilizer + vermicompost, 7- chemical fertilizer + mycorrhiza, 8- cow manure + mycorrhiza, 9- vermicompost + mycorrhiza, 10- cow manure + vermicompost + mycorrhiza, 11- control. Roselle seeds were planted in seedling trays at greenhouse in mid-March 2014. Then seedlings transferred to field in last April 2014. The distance between rows and plants were 75 and 25 cm, respectively. Chemical fertilizer (200 kg ha⁻¹), vermicompost (8 ton ha⁻¹) and cow manure (32 ton ha⁻¹) were put at the depth of 30 cm soil. Along with the cultivation *Glomus intraradice* was used 30 g per seedling. Roselle was harvested in mid-October before the arrival of the first winter cold in Mashhad. Statistical analysis of the data was performed by using of Minitab Ver.16. Also, means comparison were compared by Duncan multiple range test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results indicated significant effect of treatments on most of the traits of Roselle. The maximum plant height (138 cm) was obtained in chemical fertilizer + cow manure. The combined use of fertilizers increased plant height by 9% compared with using of single it. Results showed that the maximum height was observed by combined using of organic and chemical fertilizers. The highest sepal yield was observed in mycorrhiza (854.1 kg ha⁻¹) and then chemical fertilizer + cow manure (791.6 kg ha⁻¹) and the lowest sepal fresh weight and yield (3202.1 and 420.8 kg ha⁻¹, respectively) were obtained in cow manure treatment. Combined use of fertilizer improved sepal yield 11% compared with using of single it. Researchers concluded that combined use of fertilizers by creating a stimulatory effect on the balance of elements in the soil can be improved growth of plants. Also, the maximum amount of biological yield was obtained in vermicompost + mycorrhiza (10482.9 kg ha⁻¹) and then chemical fertilizer + cow manure (9887.2 kg ha⁻¹). Several studies showed that the combined

1, 2, 3 and 4- Professor, Associate Professor, Ph.D. Graduated and Ph.D. Students of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.

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

application of manure and chemical fertilizers by improving soil physical properties and increasing the availability of nutrients, improve the efficiency of nutrient uptake and yield of plants.

Conclusions

Generally, combined application of organic and chemical fertilizers through improvement of growth indices, increased quantity yield of Roselle compared with single application. As well as, transplanting of this plant had a positive effect on sepal and biological yield. Therefore, with the advent of early winter cold in Mashhad, recommended that Roselle cultivated three month earlier as transplanting in the greenhouse.

Keywords: Harvest index, Mycorrhiza, Sepal yield, Transplanting, Vermicompost



ارزیابی اثر زمان و غلظت محلول پاشی پاکلوبوترازول بر تولید و خصوصیات جوانه زنی ریزغده‌های سیب زمینی (*Solanum tuberosum*)

بیژن سعادتیان¹ - محمد کافی^{2*} - محمد بنایان اول² - جعفر نباتی³

تاریخ دریافت: 1394/11/03

تاریخ پذیرش: 1395/03/29

چکیده

یکی از راه‌های افزایش تولید ریزغده‌های سیب زمینی استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد است که نقش مؤثری نیز بر خواب غده‌ها دارند. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1393 اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی پاکلوبوترازول در دو مرحله آغازش استولون و آغازش غده و شش سطح غلظت (صفر، 20، 40، 60، 80 و 100 میلی گرم در لیتر) بود. نتایج بیانگر تأثیر منفی غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول بر صفات تعداد، طول، قطر و وزن ریزغده‌های سیب زمینی بود. در تیمار محلول پاشی غلظت 20 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول در زمان آغازش استولون، بیشترین تعداد ریزغده در بوته به دست آمد، اما در سایر سطوح تأثیر پاکلوبوترازول بر صفات یاد شده منفی بود. به طور کلی تأثیر تیمارهای محلول پاشی مرحله آغازش غده بر صفات تعداد، طول، قطر و وزن ریزغده‌های سیب زمینی، کمتر از آغازش استولون بود. افزایش غلظت پاکلوبوترازول خواب ریزغده‌های سیب زمینی را طولانی‌تر و سرعت جوانه زنی را کاهش داد. کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده بازدارندگی بیشتری بر جوانه زنی ریزغده‌ها داشت. به طوری که در بالاترین غلظت پاکلوبوترازول، مدت زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد جوانه زنی در تیمار محلول پاشی آغازش غده نسبت به آغازش استولون به ترتیب 11، 13، 17، 19 و 17 درصد افزایش نشان داد. به طور کلی محلول پاشی پاکلوبوترازول، تأثیر منفی بر تولید ریزغده‌های سیب زمینی و جوانه زنی آنها داشت.

واژه‌های کلیدی: اندازه غده، تنظیم‌کننده‌ی رشد، خواب غده، رقم اگریا

مقدمه

کشت بافت در شرایط کنترل شده یک روش بسیار موفق در این زمینه است (Ozturk and Yildirim, 2010; Struik, 2007). از مزایای این روش می‌توان به انعطاف پذیری و راندمان بالای تولید در واحد سطح و زمان، قابلیت تولید در طول سال و ضریب اطمینان بالا از نظر سلامت بذر اشاره کرد (Kanwal et al., 2006; Ozturk and Yildirim, 2010; Vreugdenhil, 2007; Saadatian and Kafi, 2015). در این روش ابتدا بافت مرستمی از غده‌های مادری سالم در محیط کشت پرورش و تمایز یافته و در نهایت گیاهچه‌های عاری از بیماری تولید شده به بسترهای کشت گلخانه‌ای جهت تولید ریزغده‌های سیب زمینی منتقل می‌گردند (Ritter et al., 2001; Farran and Mingo-Castel, 2006) و در سراسر جهان به عنوان پل ارتباطی بین تکثیر سریع گیاهچه‌های درون شیشه‌ای براساس قلمه‌های گرهی و تکثیر مزرعه‌ای غده‌های بذری سیب زمینی به شمار می‌رود (Struik, 2007). ریزغده‌ها برای تولید بذر کلاس برتر (Super) سیب زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ozturk and Yildirim, 2010; Saadatian and Kafi, 2015).

امروزه آلودگی غده‌های سیب زمینی به انواع ویروس و بیماری‌ها، خطر کاهش انبارداری و عدم امکان استفاده از محصول به منظور کشت بعدی را سبب شده است (Ozturk and Yildirim, 2010). از این رو توجه به تکنیک‌های نوین به منظور تولید غده‌های بذری عاری از ویروس و سایر عوامل بیماری‌زا جهت افزایش سلامت غده، افزایش تولید و بهره‌وری از شرایط محیطی و قابلیت انبارداری در سیب زمینی بیش از پیش ضروری است (Saadatian Vreugdenhil, 2007; and Kafi, 2015).

تولید غده‌های بذری سالم سیب زمینی از طریق ریز ازدیادی و

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

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

3- استادیار، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.53270

در مزرعه در غالب موارد زمان محدودی وجود دارد، اطلاع از دوره خواب امری ضروری خواهد بود (Alexopoulos *et al.*, 2007). خواب غده‌های بذری سیب‌زمینی عدم یکنواختی در جوانه‌زنی و سبز شدن را نیز به همراه دارد (Lim *et al.*, 2004). نتایج برخی مطالعات از تأثیر کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد از جمله پاکلوبوترازول در فرآیند تولید ریزغده بر خواب آن حکایت دارد (Bandara and Tanino, 1995; Lim *et al.*, 2004; Tekalign and Hames, 2004; Tekalign and Hames, 2005).

با توجه به مطالب بیان شده، لزوم استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد برای تغییر در تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی امری اجتناب‌ناپذیر است. از سویی دیگر کاربرد مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی امکان تأثیر بر فرآیندهای مرتبط با خواب و جوانه‌زنی ریزغده‌ها را داراست. لذا در این تحقیق ضمن بررسی اثر غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول در مراحل رشدی مختلف بر تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی رقم آگریا، فرآیند جوانه‌زنی و طول دوره خواب آنها نیز مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1393 اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی پاکلوبوترازول در دو مرحله آغازش استولون (35 روز پس از انتقال گیاهچه‌ها) و آغازش غده (50 روز پس از انتقال گیاهچه‌ها) و سطوح غلظت آن (شاهد (بدون محلول پاشی)، 20، 40، 60، 80 و 100 میلی گرم در لیتر) بود. به‌منظور افزایش کارایی محلول پاشی از مویان سیتوگیت با غلظت دو در هزار (Rashed Mohassel *et al.*, 2011) استفاده شد. هر تکرار شامل چهار گیاهچه بود.

گیاهچه‌های مورد نیاز از طریق کشت بافت با استفاده از کشت گره از رقم آگریا در محیط کشت موراشیک اسکوگ (MS) و شرایط درون شیشه‌ای، تهیه شد. پس از 25 روز گیاهچه‌های عاری از عوامل بیماری‌زا و یک اندازه انتخاب و پس از زدودن بقایای محیط کشت از ریشه‌ها با شستشو توسط آب، به گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه 12 سانتی متر و ارتفاع 30 سانتی متر انتقال یافتند. بستر مورد استفاده شامل پرلیت، کوکوپیت و ماسه به نسبت‌های 4:3:3 بود. نیمی از بستر در زمان انتقال و نیم دیگر آن در دو مرحله 15 و 30 روز پس از انتقال، به‌منظور خاک‌دهی بوته استفاده شد. در طول دوره آزمایش گیاهچه‌های سیب‌زمینی با محلول غذایی هوگلند تصحیح شده (جدول 1) تغذیه شدند. محلول دهی هر هفته یک بار و با حجم 100 میلی لیتر به‌ازای هر گلدان انجام شد. به غیر از محلول دهی، هفته‌ای دو بار نیز گیاهچه‌ها با آب مقطر و به مقدار 100 میلی لیتر با فاصله دو

اگرچه تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی در شرایط کشت هیدروپونیک و با استفاده از محلول‌های غذایی به‌عنوان یک روش مطلوب برای تولید غده‌های بذری به‌شمار می‌رود (Lim *et al.*, 2015; Saadatian and Kafi, 2004). اما با توجه به هزینه‌های اولیه بسیار بالای آن، افزایش راندمان تولید در واحد سطح و زمان مورد توجه است (Lim *et al.*, 2004; Bandara *et al.*, 1998; Saadatian and Kafi, 2015). یکی از روش‌های پیش‌رو جهت تحقق اهداف یاد شده، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است. این مواد با تأثیر بر تعادل هورمونی گیاه و تغییر در تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف، نقش تعیین‌کننده‌ای در تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی دارند (Bandara and Tanino, 1995; Bandara *et al.*, 1998; Lim *et al.*, 2004; Alexopoulos *et al.*, 2007). اما در کاربرد این مواد پارامترهای بسیاری از قبیل نوع ماده، غلظت، زمان و رقم بسیار تعیین‌کننده است (Bandara and Tanino, 1995; Harvey *et al.*, 1991; Bandara *et al.*, 1998; Lim *et al.*, 2004; Alexopoulos *et al.*, 2007).

در بین تنظیم‌کننده‌های رشد تریازول پاکلوبوترازول در غده‌زایی سیب‌زمینی مورد استفاده قرار گرفته است (Balamani and Poovaiah, 1985; Lim *et al.*, 2004). ملکی لجایر و همکاران (Maleki Lajayer *et al.*, 2011) در کشت درون شیشه‌ای سیب‌زمینی به‌منظور تولید میکروتیوبر دریافتند که غلظت‌های چهار میکرومول پاکلوبوترازول و یک میکرومول آبسزیک اسید تشکیل غده را در شرایط نوری فراهم نمود و مقدار آن را افزایش داد. تحقیقات دیگر نیز نشان داده که پاکلوبوترازول به‌طور معنی‌داری موجب بهبود غده‌زایی سیب‌زمینی در محیط آزمایشگاهی (Harvey *et al.*, 1991; Simko, 1993) و گلخانه‌ای (Balamani and Poovaiah, 1985; Bandara and Tanino, 1995; Lim *et al.*, 2004) شده است.

خواب بذری یکی از عوامل محدودکننده جوانه‌زنی و رشد گیاه و سازوکاری برای حفظ بقا به‌شمار می‌رود، اما شکستن آن برای ادامه نسل ضروری است. خواب غده سیب‌زمینی مانند سایر گیاهان یک فرآیند طبیعی در سیب‌زمینی به‌شمار می‌رود (Lim *et al.*, 2004). دوره خواب غده‌های سیب‌زمینی از چند هفته تا چندین ماه متغیر است و بستگی به رقم، شرایط کشت مانند تناوب نوری، دما و مواد غذایی و شرایط انبارداری (Claassens and Vreugdenhil, 2000) و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد (Bandara and Tanino, 1995; Bandara *et al.*, 1998; Claassens and Vreugdenhil, 2000; Lim *et al.*, 2004; Alexopoulos *et al.*, 2007; Tekalign and Hames, 2004; Tekalign and Hames, 2005) دارد. زمانی که غده‌ها برای مصرف خوراکی در نظر گرفته می‌شوند یک دوره طولانی خواب برای افزایش عمر انبارداری مناسب است. اما در مورد ریزغده‌ها که به‌عنوان بذری مصرف می‌شوند و بین تولید آن‌ها در گلخانه و کاشت

پاکلوبوترازول در ساعات پایانی روز و در داخل محفظه تهیه شده با استفاده از اسپری به صورت دستی انجام شد. محلول پاشی به گونه‌ای صورت گرفت که تمامی سطح گیاه خیس شده و قطرات آب از برگ‌های آن جاری شود.

روز یکبار و توسط بشر مدرج آبیاری شدند اسیدیته محلول در حد 5/6 تنظیم گردید. دمای روز و شب گلخانه به ترتیب 24 ± 2 و 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی در حدود 40 درصد تنظیم شده بود (Haghighi and Pessarakli, 2013). در هر دو مرحله از رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی، محلول پاشی غلظت‌های مختلف

جدول 1- ترکیبات شیمیایی و غلظت‌های مورد استفاده برای محلول غذایی هوگلند تصحیح شده
Table 1- Chemical component and concentrations used for corrected Hoagland solution

ترکیب شیمیایی Chemical component	نام ماده Material name	گرم برای 100 لیتر g for 100 liter
NH ₄ NO ₃	نیتрат آمونیوم	80
Ca (NO ₃) ₂	نیتрат کلسیم	118
KNO ₃	نیتрат پتاسیم	49
MgSO ₄	سولفات منیزیم	50.5
KH ₂ PO ₄	پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات	6.8
H ₃ BO ₃	اسید بوریک	0.286
MnCl ₂	کلرید منگنز	0.181
ZnSO ₄	سولفات روی	0.022
CuSO ₄	سولفات مس	0.005
Na ₂ MoO ₄	سدیم مولیبدات	0.012
Na-Fe-EDTA	کلات آهن	4.2

برنامه در محیط Excel و توسط ابزار macro نوشته شده است. این برنامه پارامترهای یاد شده را برای هر تکرار و هر تیمار غده‌های بذری از طریق درون‌یابی معالات تعریف شده، منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان را محاسبه می‌کند و نقاط مورد نظر را در خروجی برنامه ارائه می‌دهد. سرعت جوانه‌زنی از طریق معادله (1) به دست آمد (Soltani et al., 2002).

$$R50 = 1 / D50 \quad \text{معادله (1)}$$

در این معادله R50: سرعت جوانه‌زنی (ساعت/1) و D50: زمان رسیدن به 50 درصد حداکثر جوانه‌زنی است.

تجزیه واریانس داده‌ها و همبستگی بین صفات توسط نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده (FLSD) و در سطح پنج درصد صورت گرفت. رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر غلظت و زمان محلول پاشی پاکلوبوترازول بر تعداد ریزغده در بوته

تأثیر غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول و اثرات متقابل غلظت و مرحله رشدی در صفت تعداد غده در بوته معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود. درحالی‌که اثر اصلی مرحله رشدی بر صفت یاد شده تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول 2). تیمار کاربرد غلظت 20 میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در مرحله آغازش استولون، موجب تولید بالاترین تعداد

پس از طی 95 روز از انتقال گیاهچه‌ها به محیط گلخانه، برداشت اندام هوایی و ریزغده‌های سیب‌زمینی انجام گرفت. سپس وزن ریزغده‌های به دست آمده با ترازوی دارای دقت در حد یک هزارم گرم تعیین گردید. طول و قطر ریزغده‌ها نیز توسط کولیس اندازه‌گیری شد. در ادامه ریزغده‌ها به داخل پاکت‌های کاغذی منتقل و در دمای اتاق 20 ± 2 به مدت دو هفته قرار گرفت تا ترمیم زخم‌های ایجاد شده در طی برداشت انجام گیرد. سپس ریزغده‌ها به محیط خنک با دمای 8 ± 2 و رطوبت نسبی 10 درصد انتقال یافتند. پس از طی دو ماه به منظور بررسی شکستن خواب، جوانه‌زنی ریزغده‌ها هر دو روز یک بار مورد بررسی قرار گرفت. از زمان مشاهده اولین جوانه‌زنی (سه ماه پس از برداشت)، ثبت تعداد ریزغده‌های جوانه‌زده آغاز و به عنوان مبنای زمانی آغاز آزمایش تست جوانه‌زنی ریزغده‌های سیب‌زمینی در نظر گرفته شد. آزمایش پس از جوانه‌زنی تمام ریزغده‌ها پایان یافت. معیار شکستن خواب ظهور یک جوانه بلندتر از دو میلی‌متر در ریزغده بود (Lim et al., 2004).

به منظور تعیین صفات زمان رسیدن به پنج درصد حداکثر جوانه‌زنی (D05)، زمان رسیدن به 10 درصد حداکثر جوانه‌زنی (D10)، زمان رسیدن به 50 درصد حداکثر جوانه‌زنی (D50)، زمان رسیدن به 90 درصد حداکثر جوانه‌زنی (D90) و زمان رسیدن به 95 درصد حداکثر جوانه‌زنی (D95) از برنامه Germin¹ استفاده شد. این

1- این برنامه توسط دکتر افشین سلطانی عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان نوشته شده است.

اثر غلظت و زمان محلول پاشی پاکلوبوترازول بر وزن ریزغده

هرچند تیمار مرحله رشدی تأثیر معنی‌داری بر وزن ریزغده‌های سیب‌زمینی نداشت، اما اثر اصلی غلظت‌های پاکلوبوترازول معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود. همچنین اثرات متقابل مرحله رشدی و غلظت نیز معنی‌دار ($p \leq 0/05$) شد (جدول 2). کاربرد غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول در هر مرحله رشدی تأثیر منفی بر میانگین وزن ریزغده‌های سیب‌زمینی داشت. در هریک از سطوح 20 و 40 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول، میانگین وزن ریزغده‌های حاصل از محلول پاشی در مرحله آغازش غده به‌طور معنی‌داری بالاتر از آغازش استولون بود. اما در سایر سطوح تفاوتی بین تیمارهای دو مرحله پاشش مشاهده نشد. با کاربرد پاکلوبوترازول در هر دو مرحله رشدی، کمترین مقادیر میانگین وزن ریزغده‌ها در غلظت‌های 80 و 100 میلی گرم در لیتر به‌دست آمد (جدول 3).

در آزمایش حاضر پاکلوبوترازول تأثیر معنی‌داری بر صفات تعداد، طول، قطر و وزن ریزغده‌های سیب‌زمینی داشت و در غالب تیمارها سبب کاهش صفات یاد شده گردید. در ادامه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات یاد شده مشاهده شد (جدول 4). به‌عبارت دیگر به‌طور کلی، صفات تعداد، طول، قطر و وزن ریزغده‌های سیب‌زمینی روند کاهشی مشابهی با افزایش غلظت کاربرد پاکلوبوترازول داشتند. برخلاف نتایج حاضر، در سایر مطالعات با کاربرد سطوح مختلف غلظت‌های پاکلوبوترازول حتی در سطوح بین 150 الی 450 میلی گرم در لیتر در هر دو مرحله آغازش استولون و غده، تعداد ریزغده‌های سیب‌زمینی افزایش نشان داد (Balamani and Poovaiah, 1985; Lim et al., 2004; Bandara and Tanino, 1995). یافته‌های آزمایشگاهی نیز مؤید تأثیر مثبت پاکلوبوترازول بر غده‌زایی سیب‌زمینی بوده است (Harvey et al., 1991; Simko, 1993; Maleki Lajayer et al., 2011). در حالی که در این آزمایش چنین نتایجی مشاهده نشد. به اعتقاد محققان تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد به عوامل متعددی از جمله رقم و شرایط رشدی از جمله محیط کشت و حجم فضای در دسترس اندام زیرزمینی بستگی دارد (Bandara et al., 2004; Lim et al., 1998). لذا به‌نظر می‌رسد احتمالاً هر یک از این عوامل به‌تنهایی یا به‌صورت توأم بر تیمار پاکلوبوترازول اثرگذار بوده و در نهایت نتایج متناقض با مطالعات پیشین به‌دست آمده است. از سویی دیگر، غده‌زایی سیب‌زمینی توسط توازن مثبت یا منفی ایجاد شده بین تنظیم‌کننده‌های رشد کنترل می‌گردد (Lim et al., 2004). همچنین عنوان شده که پاکلوبوترازول با توقف مرحله اول بیوسنتز جیبرلیک اسید که نقش منفی بر غده‌زایی دارد، موجب افزایش تعداد ریزغده‌های سیب‌زمینی می‌گردد (Tekalign and Hames, 2004; Tekalign and Hames, 2005).

ریزغده شد (جدول 3). اما با افزایش غلظت از 20 میلی گرم در لیتر به‌تدریج تأثیر منفی محلول پاشی پاکلوبوترازول مشاهده شد. به‌طوری‌که در غلظت‌های 60، 80 و 100 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول، تعداد غده در بوته نسبت به شاهد به‌ترتیب 35، 42 و 42 درصد کاهش نشان داد (جدول 3). اگرچه کاربرد تیمارهای 20 و 40 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول نسبت به شاهد در مرحله آغازش غده تأثیر معنی‌داری بر تعداد ریزغده تولیدی نداشت، اما با افزایش غلظت پاکلوبوترازول در این مرحله رشدی، تولید ریزغده‌های سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری نقصان یافت (جدول 3). بین غلظت‌های پاکلوبوترازول در دو مرحله رشدی اختلاف وجود داشت. به‌طوری‌که تیمارهای 60، 80 و 100 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول به‌کار رفته در مرحله آغازش استولون، نسبت به کاربرد این تیمارها در مرحله آغازش غده به‌ترتیب 34/6، 24/9 و 16/3 درصد ریزغده کمتری تولید کردند (جدول 3).

اثر غلظت و زمان محلول پاشی پاکلوبوترازول بر طول و قطر ریزغده

اثر اصلی غلظت پاکلوبوترازول و مرحله رشدی و اثرات متقابل آنها در صفات طول و قطر ریزغده‌های سیب‌زمینی معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول 2). بیشترین مقادیر صفات طول و قطر ریزغده‌ها در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول 2). با افزایش غلظت پاکلوبوترازول در هر مرحله رشدی، طول و قطر ریزغده‌های سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول 3). محلول پاشی غلظت‌های 20، 40، 60، 80 و 100 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول در مرحله آغازش استولون در مقایسه با شاهد میانگین طول ریزغده سیب‌زمینی را به‌ترتیب 10/4، 22/1، 25، 28/2 و 26/6 درصد کاهش داد. تأثیر منفی کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده بر طول ریزغده‌ها کمتر از آغازش استولون بود. به‌طوری‌که اثر کاهشی محلول پاشی غلظت‌های 20، 40، 60، 80 و 100 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده بر میانگین طول ریزغده‌ها به‌ترتیب 5/9، 12/9، 20/3 و 16/5 درصد بود (جدول 3). قطر ریزغده نیز همچون طول آن با افزایش غلظت پاکلوبوترازول در هر مرحله رشدی کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول 3). در هر یک از سطوح غلظت 20 و 40 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول، قطر ریزغده‌های حاصل از کاربرد در مرحله آغازش غده به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله آغازش استولون بود (جدول 3). اما در سایر سطوح، تفاوت آماری بین میانگین‌ها وجود نداشت (جدول 3).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد غلظت‌های مختلف پاکلوترازول در مراحل مختلف رشدی بر تعداد، طول، قطر، وزن و خصوصیات جوانه‌زنی ریزه‌های سیب‌زمینی

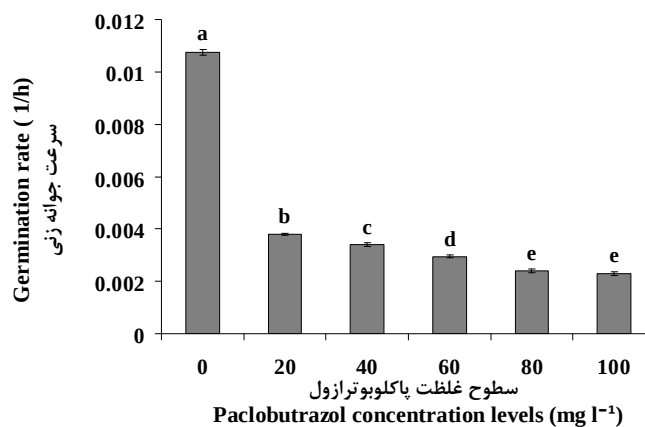
Table 2- Analyze of variance (Mean squares) of paclobutrazol and growth stage effect on number, length, diameter, weight and germination characters of potato minitubers											
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	تعداد ریزه‌ده Number of minituber per plant	طول ریزه‌ده Minituber length	قطر ریزه‌ده Minituber diameter	وزن ریزه‌ده Mean of minituber weight	سرعت جوانه زنی Germination rate	میانگین مربعات Mean squares				
							D05	D10	D50	D90	D95
تکرار Replication	3	0.171 ^{ns}	0.073 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.378 [*]	0.000000003 ^{ns}	71 ^{ns}	64 ^{ns}	250 ^{ns}	127 ^{ns}	118.9 ^{ns}
مرحله رشد Growth stage	1	0.293 ^{ns}	0.401 ^{ns}	0.189 ^{ns}	0.279 ^{ns}	0.000000064 ^{ns}	10674 ^{ns}	9339 ^{ns}	10442 ^{ns}	20750 ^{ns}	22205 ^{ns}
پاکل‌بوترازول Paclobutrazol	5	8.729 ^{ns}	0.812 ^{ns}	0.453 ^{ns}	14.4 ^{ns}	0.00008314 ^{ns}	57015 ^{ns}	67159 ^{ns}	125886 ^{ns}	119603 ^{ns}	122845 ^{ns}
(P)	5	0.721 ^{ns}	0.043 ^{ns}	0.063 ^{ns}	0.28 [*]	0.000000004 ^{ns}	477 ^{ns}	472 ^{ns}	1601 ^{ns}	2669 ^{ns}	2440 ^{ns}
S×P	33	0.099	0.010	0.012	0.088	0.000000003	145.4	117	119	171	173
خطا Error											
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	7.0	3.7	5.8	4.1	4.0	6.9	5.5	3.6	3.1	3.0

ns, * and ** not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.
* و ** ترکیب غیر معنی‌دار معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

افزایش تعداد و کاهش وزن غده می‌گردد (Bandara and Tanino, 1995). لذا به‌نظر می‌رسد که کاهش وزن غده تحت تأثیر پاکلوبوترازول یک امر اجتناب‌ناپذیر بوده و قابلیت تأثیر بر درصد غده‌های بازارپسند را نیز داراست (Lim et al., 2004).

اثر محلول پاشی پاکلوبوترازول بر سرعت جوانه‌زنی ریزغده

اثرات اصلی مرحله رشدی و سطوح مختلف غلظت پاکلوبوترازول بر سرعت جوانه‌زنی ریزغده‌ها معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود. اما اثرات متقابل آنها بر صفت یاد شده معنی‌دار نشد (جدول 2). کاربرد پاکلوبوترازول حتی در پایین‌ترین غلظت نیز تأثیر منفی شدیدی بر سرعت جوانه‌زنی ریزغده‌های سیب‌زمینی داشت (شکل 1). با افزایش غلظت پاکلوبوترازول از 20 تا 80 میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی کاهش نشان داد. اما بین دو سطح 80 و 100 میلی‌گرم در لیتر تفاوت آماری وجود نداشت (شکل 1).



شکل 1- اثر محلول پاشی سطوح مختلف غلظت‌های پاکلوبوترازول بر سرعت جوانه‌زنی ریزغده‌های سیب‌زمینی
Figure 1- Effect of paclobutrazol concentration levels on potato minituber germination

درصد جوانه‌زنی در هریک از تیمارهای 20، 40، 60، 80 و 100 میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در مرحله آغازش استولون در مقایسه با تیمارهای مشابه مرحله آغازش غده به‌ترتیب 15/5، 17/1، 18، 10 و 11/2 درصد کمتر بود (جدول 3). در هریک از سطوح غلظت پاکلوبوترازول، مدت زمان رسیدن به 10 درصد جوانه‌زنی در مرحله آغازش غده به‌طور معنی‌داری بیشتر از مرحله آغازش استولون بود (جدول 3). به‌طوری‌که بیشترین زمان لازم برای رسیدن به 10 درصد جوانه‌زنی در تیمار 100 میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول و در مرحله

در ادامه نیز نتایج مؤید نقش مؤثر جیبرلیک اسید در رشد و ایجاد اندام‌های هوایی تولیدکننده مواد فتوسنتزی است (Balamani and Poovaiah, 1985; Tekalign and Hames, 2005). لذا با توجه به این مطالب، احتمالاً در گیاهچه‌های رقم آگریا که در این آزمایش استفاده شده، محتوای جیبرلیک اسید و سایر تحریک‌کننده‌های رشد گیاهی در سطح پایینی قرار داشته است. لذا پاکلوبوترازول با برهم زدن بیش از حد توازن تنظیم‌کننده‌های رشد و تأثیر منفی بسیار زیاد بر محتوای هورمون‌های رشد از جمله جیبرلیک اسید، بسیاری از فعالیت‌های بیوشیمیایی مانند تولید مواد پرورده گیاهی و نقل و انتقالات آنها را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت گیاه به دلیل ضعف در تأمین انرژی مورد نیاز برای اندام‌های مختلف، قادر به تولید غده نبوده است. در مطالعات پیشین، کاربرد سطوح مختلف پاکلوبوترازول در شرایط مختلف وزن، طول و قطر ریزغده‌های تولیدی را کاهش داده است (Harvey et al., 1991; Simko, 1993; Bandara et al., 1998; Lim et al., 2004) که با نتایج به‌دست آمده در آزمایش حاضر مطابقت دارد. به اعتقاد محققان، حتی در شرایط مطلوب پاکلوبوترازول تأثیری بر عملکرد کل غده نداشته و تنها موجب

اثر غلظت و زمان محلول پاشی بر مدت زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد حداکثر جوانه‌زنی

اثرات اصلی مرحله رشدی و غلظت پاکلوبوترازول بر صفات مدت زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد حداکثر جوانه‌زنی معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود. همچنین اثرات متقابل آنها نیز بر صفات یاد شده معنی‌دار شد (جدول 2). در هر دو مرحله رشدی، با افزایش غلظت پاکلوبوترازول زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول 3). زمان رسیدن به پنج

داشت (جدول 4). لذا غده‌های بزرگتر خواب کمتری داشته و در مقابل غده‌های کوچکتر که تحت تأثیر پاکلوبوترازول به‌دست آمده بودند، دارای خواب بیشتر و سرعت جوانه‌زنی کمتری بودند. همچنین سرعت جوانه‌زنی با زمان‌های رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد جوانه‌زنی همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول 4). به عبارت دیگر، کاهش سرعت جوانه‌زنی زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد جوانه‌زنی را افزایش داده است. همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین طول، قطر و وزن ریزغده‌ها با صفات زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد جوانه‌زنی وجود داشت (جدول 4). از این نتایج می‌توان دریافت که مراحل جوانه‌زنی ریزغده‌های بزرگتر سریعتر بوده است.

در این آزمایش به‌طور کلی اثر بازدارندگی غلظت‌های پاکلوبوترازول به‌کار رفته در مرحله آغازش استولون در مقایسه با تیمارهای مشابه مرحله آغازش غده بر صفات تعداد و طول ریزغده بیشتر بود. در مقابل، افزایش بیشتر صفات مدت زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد جوانه‌زنی بر اثر کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده نسب به مرحله آغازش استولون به‌خصوص در غلظت‌های بالا کاملاً مشهود بود (جدول 3). لذا با توجه به یافته‌های حاضر و مطالبی که پیشتر عنوان شد، می‌توان اینگونه بیان داشت که مرحله استولون‌دهی به‌دلیل تعیین پتانسیل بالقوه تولید ریزغده از طریق استولون‌زایی نقش بسیار مهمی بر تعداد ریزغده‌های تولیدی خواهد داشت. لذا تأثیر بازدارندگی پاکلوبوترازول بر سیب‌زمینی در این مرحله، امکان کاهش قدرت استولون‌زایی و به دنبال آن تعداد ریزغده بالفعل را فراهم می‌نماید. اما در مرحله آغازش غده به جهت تعیین بخش اعظمی از مکان‌های بالقوه تولید ریزغده در مرحله استولون-دهی، تأثیر منفی پاکلوبوترازول بر تعداد ریزغده کمتر خواهد بود. در مورد اختلاف مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی ریزغده‌های سیب‌زمینی حاصل از محلول‌پاشی در دو مرحله رشدی، می‌توان این‌گونه بیان داشت که کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده، به‌دلیل وجود مخازن ذخیره مواد پرورده و افزایش جریان مواد از بخش هوایی به سمت غده‌ها، موجب افزایش تجمع پاکلوبوترازول در ریزغده سیب‌زمینی شده است (Harvey et al., 1991; Simko, 1994; Vreugdenhil and Sergeeva, 1999; Tekalign and Hames, 2005). همچنین فاصله زمانی کمتر بین اعمال تیمار تا برداشت احتمالاً موجب کاهش متابولیسم پاکلوبوترازول در غده‌ها و سایر اندام‌های گیاهی نسبت به تیمار آغازش استولون شده است و از آن‌جا که پاکلوبوترازول به‌عنوان ممانعت‌کننده بیوسنتز جیبرلیک اسید و تحریک جوانه‌زنی به‌شمار می‌رود (Simko, 1994; Vreugdenhil and Sergeeva, 1999; Tekalign and Hames, 2004; Vreugdenhil, 2007)، لذا افزایش بیشتر مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی ریزغده‌های حاصل از مرحله آغازش غده نسبت به مرحله آغازش استولون دور از انتظار نخواهد بود.

آغازش غده به‌دست آمد (جدول 3). زمان رسیدن به 50 درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر غلظت‌های 20، 40، 60، 80 و 100 میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در مرحله آغازش استولون نسبت به شاهد به‌ترتیب 1/8، 2، 2/6، 3/2 و 3/4 برابر افزایش نشان داد (جدول 3). اما تأثیر محلول‌پاشی تیمارهای یاد شده در مرحله آغازش غده بیشتر بود، به‌طوری‌که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب رشدی 1/8، 2/3، 2/7، 3/7 و 4 برابری مشاهده شد (جدول 3). هرچند در اثر پاشش غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول در هر دو مرحله رشدی زمان رسیدن به 90 درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت، اما در هر سطح غلظت تفاوت معنی‌داری بین دو مرحله رشدی مشاهده شد و بیشترین مقادیر صفت یاد شده در مرحله آغازش غده به‌دست آمد (جدول 3). زمان رسیدن به 95 درصد حداکثر جوانه‌زنی در غلظت‌های پاکلوبوترازول به‌کار رفته در مرحله آغازش استولون نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. اما تأثیر سطوح مشابه پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده بر زمان رسیدن به 95 درصد جوانه‌زنی بیشتر بود. به‌طوری‌که در هریک از سطوح 20، 40، 60، 80 و 100 میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول، صفت یاد شده در مرحله آغازش غده نسبت به آغازش استولون به‌ترتیب 4، 11، 6، 15 و 16 درصد افزایش نشان داد (جدول 3).

براساس یافته‌های این آزمایش، پاکلوبوترازول علاوه بر افزایش طول دور خواب ریزغده‌های سیب‌زمینی مدت زمان شکستن خواب را افزایش و سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد. مشابه نتایج به‌دست آمده، گزارش لیم و همکاران (Lim et al., 2004) نیز نشان داد که دوره خواب در ریزغده‌های به‌دست آمده از تیمار محلول‌پاشی پاکلوبوترازول در ارقام سیب‌زمینی بین 10 الی 20 درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. در آزمایشی دیگر نیز دوره خواب ریزغده‌های سیب‌زمینی حاصل از تیمار پاکلوبوترازول 22 درصد بیشتر شد (Bandara and Tanino, 1995). از مهمترین دلایل افزایش دوره خواب بر اثر کاربرد تیمارهای مختلف پاکلوبوترازول، توقف مسیر سنتز جیبرلیک اسید (Vreugdenhil and Sergeeva, 1999; Tekalign and Hames, 2005) و کاهش کاتابولیسم آبسزیک اسید در غده‌ها عنوان شده است (Tekalign and Hames, 2005). با توجه به مطالب بیان شده، به‌نظر می‌رسد در این آزمایش نیز پاکلوبوترازول از طریق انتقال به غده‌های در حال تشکیل باعث برهم خوردن توازن هورمون‌های بازدارنده و تحریک‌کننده به نفع بازدارنده‌های رشد و جوانه‌زنی مانند آبسزیک اسید شده و از این طریق طول دوره خواب ریزغده‌های سیب‌زمینی را افزایش داده است (Vreugdenhil and Sergeeva, 1999; Tekalign and Hames, 2004).

همان‌طور که نتایج نشان داده، سرعت جوانه‌زنی با هریک از صفات وزن، طول و قطر ریزغده‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری

جدول ۳- مقایسه میانگین کاربرد غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول در مراحل رشدی مختلف سبزی‌مینی بر تعداد، طول، قطر، وزن و خصوصیات جوانه‌زنی ریزغده‌ها
Table 3- Means comparison of interaction paclobutrazol concentration and growth stage of potato on number, length, diameter, weight and germination characters of minitubers

مرحله رشد Growth stage	غلظت پاکلوبوترازول paclobutrazol concentration (mg l ⁻¹)	صفات Trials								
		تعداد ریز غده در بوته Number of minituber per plant	طول ریز غده Minituber length	قطر ریز غده Minituber diameter	میانگین وزن غده Mean of minituber weight	D05	D10	D50	D90	D95
آغازش Stolon initiation	Zero	5.50	3.44	2.27	9.54	48.55	53.4	92.2	210.2	227.1
	20	6.00	3.08	2.03	7.67	106.8	134.1	263.0	398.4	427.2
	40	5.50	2.68	1.67	6.88	135.3	161.4	282.9	415.2	441.6
	60	3.56	2.58	1.63	6.68	178.2	202.8	328.0	462.0	493.8
	80	3.19	2.47	1.71	6.10	222.6	246.6	391.0	483.2	502.6
آغازش غده Tuber initiation	100	3.19	2.56	1.64	6.09	296.4	295.2	403.5	508.2	529.2
	Zero	5.50	3.40	2.13	9.45	48.45	53.5	94.2	208.8	226.4
	20	5.12	3.20	2.30	8.47	143.9	158.7	262.5	419.2	443.7
	40	5.44	2.96	2.04	7.25	170.1	194.7	308.0	456.0	489.6
	60	4.25	2.71	1.66	6.76	222.0	247.4	352.8	482.0	522.0
	80	3.81	2.84	1.80	6.04	257.1	274.2	447.0	557.4	581.4
	100	3.75	2.81	1.78	5.90	298.2	332.4	473.0	603.3	616.5
LSD (0.05)		0.45	0.15	0.16	0.43	17.3	15.5	15.7	18.8	18.9

جدول ۴- همبستگی صفات عملکرد و جوانه‌زنی ریزغده‌های سبزی‌مینی

Table 4- Correlation of between yield trials and germination of potato minituber

صفات Trials		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	تعداد ریزغده در بوته Number of minituber per plant	1									
2.	طول ریزغده Minituber length	0.64**	1								
3.	قطر ریزغده Minituber diameter	0.61**	0.88**	1							
4.	میانگین وزن ریزغده Mean of minituber weight	0.67**	0.90**	0.81**	1						
5.	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	0.53**	0.76**	0.62**	0.88**	1					
6.	D05	-0.79**	-0.72**	-0.65**	-0.89**	-0.82**	1				
7.	D10	-0.77**	-0.74**	-0.66**	-0.91**	-0.85**	0.99**	1			
8.	D50	-0.71**	-0.75**	-0.66**	-0.93**	-0.91**	0.96**	0.97**	1		
9.	D90	-0.64**	-0.71**	-0.61**	-0.90**	-0.94**	0.94**	0.95**	0.98**	1	
10.	D95	-0.63**	-0.72**	-0.62**	-0.90**	-0.95**	0.93**	0.94**	0.98**	0.99**	1

ns, * and ** not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.
ns و * به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که کاربرد غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول در دو مرحله رشدی آغازش استولون و غده تأثیر منفی بر صفات تعداد، طول، قطر و میانگین وزن ریزغده‌های سیب‌زمینی داشت. تنها تیمار 20 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول در مرحله آغازش استولون صفت تعداد ریزغده در بوته را به طور معنی‌داری افزایش داد که آن هم با کاهش معنی‌دار میانگین وزن ریزغده‌های سیب‌زمینی تولید شده همراه بود. در صفات میانگین وزن و قطر ریزغده‌های سیب‌زمینی، تأثیر تیمارهای 80 و 100 میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول به کار برده شده در هر دو مرحله رشد یکسان بود و بیشترین کاهش را نشان داد. اما در سطوح پایین‌تر غلظت، در غالب موارد برتری با تیمارهای اعمال شده در مرحله آغازش غده بود. کاربرد غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول در مرحله آغازش استولون نسبت به آغازش غده به خصوص در غلظت‌های بالا بیشترین تأثیر منفی را بر صفات تعداد و طول ریزغده در پی داشت.

اگرچه به طور کلی تأثیر تیمارهای کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده بر عملکرد غده کمتر بود، اما سبب افزایش صفات مدت زمان رسیدن به 5، 10، 50، 90 و 95 درصد جوانه‌زنی ریزغده‌های سیب‌زمینی نسبت به مرحله آغازش استولون شد و تأثیر آن به خصوص در صفات 50، 90 و 95 درصد جوانه‌زنی بیشتر آشکار گردید. این نتایج نشان‌دهنده اثر بیشتر کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله آغازش غده بر خواب ریزغده‌های سیب‌زمینی است. با توجه به نتایج به‌دست آمده کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت‌های مورد استفاده و مراحل رشدی مختلف نتوانست به نحو مطلوب سبب افزایش عملکرد ریزغده‌های سیب‌زمینی رقم آگria گردد و حتی بر فرآیند شکستن خواب آن نیز تأثیر منفی داشت. لذا توصیه می‌شود در آزمایشات بعدی مراحل رشدی استفاده از پاکلوبوترازول تغییر یابد و غلظت‌های بسیار پایین آن نیز مورد مطالعه قرار گیرد و یا از بازدارنده‌های رشدی ضعیف‌تر با اثرات جانبی کمتر برای افزایش تولید ریزغده‌ها استفاده شود.

References

- Alexopoulos, A. A., Akoumianakis, K. A., Vemmos, S. N., and Passam, H. C. 2007. The effect of postharvest application of gibberellic acid and benzyl adenine on the duration of dormancy of potatoes produced by plants grown from TPS. *Postharvest Biology and Technology* 46: 54-62.
- Balamani, V., and Poovaiah, B. W. 1985. Retardation of shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. *American Potato Journal* 62: 333-338.
- Bandara, P. M. S., and Tanino, K. K. 1995. Paclobutrazol enhances minituber production in norland potatoes. *Journal of Plant Growth Regulator* 14: 151-155.
- Bandara, M. S., Tanino K. K., and Waterer, D. R. 1998. Effect of pot size and timing of plant growth regulator treatments on growth and tuber yield in greenhouse-grown norland and russet burbank potatoes. *Journal of Plant Growth Regulator* 17: 75-79.
- Claassens, M. M. J., and Vreugdenhil, D. 2000. Is dormancy breaking of potato tubers the reverse of tuber initiation?. *Potato Research* 43: 347-369.
- Farran, I., and Mingo-Castel, A. M. 2006. Potato minituber production using aerophonics: effect of plant density and harvesting intervals. *American Journal Potato Research* 83: 47-53.
- Haghighi, M., and Pessarakli, M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Scientia Horticulture* 161: 111-117.
- Harvey, B. M. R., Crothers, S. H., Evans, N. E., and Selby, C. 1991. The use of growth retardants to improve microtuber formation by potato (*Solanum tuberosum*). *Plant Cell Tissue Organ Culture* 27: 59-64.
- Kanwal, A., Ali, A., and Shoaib, K. 2006. *In Vitro* Microtuberization of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivar Kuroda- A New Variety in Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology* 8 (3): 337-340.
- Lim, T. H., Cheol, S. Y., Choi, S. P., and Dhital, S. 2004. Application of giberelic acid and paclobutrazol for efficient production of potato (*Solanum tuberosum* L.) minitubers and their dormancy breaking under soilless culture system. *Journal of Korea Society Horticulture Science* 45 (4): 189-193.
- Maleki Lajayer, H., Esmaelpour, B., and Chamani, E. 2011. Hinokitiol and activated charcoal influence the microtuberization and growth of potato (*solanum tuberasum* cv. Agria) plantlets *in vitro*. *Australian Journal of Crop Science* 5 (11): 1481-1485.
- Ozturk, G., and Yildirim, Z. 2010. A Comparison of field performances of minitubers and micro tubers used in seed potato production. *Turkish Journal of Field Crops* 15 (2): 141-147.
- Rashed Mohassel, M. H., Aliverdi, A., and Rahimi, S. 2011. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl with adjuvants to control wild oat. *Industrial Crops and Products* 34: 1583-1587.
- Ritter, E., Angulo, B., Riga, P., Herran, C., Rellosand J., and San Jose, M. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Research* 44: 127-135.

15. Saadatian, B., and Kafi, M. 2015. Study of nutritional role of silicon nano-particles on physiological characteristics of minituber potato production. *Journal of Plant Production Research* 22: 173-189. (in Persian with English abstract).
16. Simko, I. 1993. Effects of kinetin, paclobutrazol and their interactions on the microtuberization of potato stem segments cultured in vitro in the light. *Plant Growth Regulator* 12: 23-27.
17. Simko, I. 1994. Effects of paclobutrazol on in vitro formation of potato micro-tubers and their sprouting after storage. *Biology of Plant* 36 (1): 15-20.
18. Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science Technology* 30: 51-60.
19. Struik, P. C. 2007. The canon of potato science: 25, Minituber. *Potato Research* 50: 305-308.
20. Vreugdenhil, D., and Sergeeva, L. I. 1999. Gibberellins and tuberization in potato. *Potato Research* 42: 471-481.
21. Vreugdenhil, D. 2007. The canon of potato science. 39. Dormancy. *Potato Research* 50: 371-373.
22. Tekalign, T., and Hames, P. S. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality and dormancy. *Plant Growth Regulate* 43: 227-236.
23. Tekalign, T., and Hames, P. S. 2005. Response of potato grown in a hot tropical lowland to applied paclobutrazol. II: Tuber attributes. *New Zealand Journal of Crop Horticultural Science* 33:43-51.



Assessment of Paclobutrazol's Time and Concentration of Foliar Application on Production and Germination of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Mini-tube

B. Saadatian¹- M. Kafi^{2*}- M. Banayan aval²- J. Nabati³

Received: 23-01-2016

Accepted: 18-06-2016

Introduction

Health and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) seeds are important in the potato seed production technology. Moreover, the basic seed materials must be free of pathogens. Therefore tissue culture techniques are used at this stage in the laboratory to produce disease free seeds. Mini-tubers can be produced after acclimatization from plantlets as tissue culture which are planted at high densities in the greenhouse in beds or containers using different substrate mixtures, or even in hydroponic culture. Foliar application of growth regulators is a way to increase potato mini-tuber production. Growth regulators influence on potato mini-tuber dormancy. Triazoles, a family which Paclobutrazol belongs to them, have both fungitoxic and plant growth regulatory effects. In addition, they can also protect plants against various stresses. Therefore, the triazoles have been characterized as plant multi-protectors. Paclobutrazol changes the relationship between source and sink and by this way, affects plant production. Also, it can inhibit gibberellic acid biosynthesis. Some morphological changes observed in paclobutrazol-treated plants include the inhibition of plant growth, decreased inter-nodal elongation and increased root to shoot ratios. Time of paclobutrazol foliar application is an important factor which changes plant characters (Lim *et al.*, 2004). This study implemented to evaluate foliar application of paclobutrazol concentrations at different time on production and mini-tuber dormancy.

Materials and Methods

The factorial experiment based on randomized complete block design with four replications was conducted at the faculty of agriculture's research greenhouse, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in 2013. Plantlets of Agria cv. produced from nodal tissue culture in Murashige and Skoog (MS) medium. After 25 days, plantlets of free disease and uniform exported to plastic pots with 12 cm diameter and 30 cm height. Perlite, cocopite and sand with 3:3:4 ratios, formed the substrate. Potato plantlets were fed with corrected Hoagland solution. Treatments were foliar application of paclobutrazol at two growth stages (stolen initiation and tuber initiation) and six concentrations (control, 20, 40, 60, 80 and 100 mg l⁻¹). Foliar application of mentioned concentrations implemented in the final hours of day. After 95 days from transplanting, number of mini-tuber in plant, mini-tuber length, mini-tuber diameter and mean of mini-tuber weight were measured. Then, mini-tubers saved to fridge with 8±2°C and 10% relative humidity. Two months later, mini-tuber's germination was measured. Finally, time of achievement to 5, 10, 50, 90 and 95 germination percentage was measured with Germin program. Beside that, rate of germination was calculated with equation 1:

$$R50 = 1 / D50 \quad (1)$$

R50 and D50: rate of germination (1/h) and time of achievement to 50% germination, respectively.

Analysis of variance and correlation between trials was done with SAS 9.1 Software. Means comparison measured with least significant difference test (LSD) at 5% probability level.

Results and Discussion

The main effects and interactions of paclobutrazol foliar application and growth stages, on number of mini-tuber in plant, mini-tuber length, mini-tuber diameter, mean of mini-tuber weight and time of achievement to 5, 10, 50, 90 and 95 germination percentage trials were significant. But interaction between foliar application and growth stages was not significant at germination rate trial. The effect of foliar application on maintained trials in tuber initiation stage was lower than stolen initiation. Increase in paclobutrazol concentration increased mini-tuber dormancy and reduced germination rate. Paclobutrazol application in tuber initiation stage had more inhibition on mini-tuber germination. With increase in paclobutrazol concentration, time of achievement to 5, 10,

1- Ph.D Student of Crop physiology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

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

3- Assistant Professor, Research Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

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

50, 90 and 95% germination were 11, 13, 17, 19 and 17% in comparison between foliar application growth stages (tuber initiation compared to stolen initiation). Significant negative correlation obtained between number of mini-tuber in plant, mini-tuber length, mini-tuber diameter, mean of mini-tuber weight trials with time of achievement to 5, 10, 50, 90 and 95 germination percentage..

Conclusions

Application of 20 mg l⁻¹ paclobutrazol at stolen initiation, produced highest number of mini-tuber. But, maximum amount of mini-tuber length, mini-tuber diameter and mean of mini-tuber weight obtained in control treatment. Overall, in most cases paclobutrazol application had negative effect on production and germination of mini-tuber potatoes.

Keywords: Agria cv, Growth regulator, Tuber dormancy, Tuber size



بهینه‌سازی تراکم بوته و نیتروژن در زراعت ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از طرح مرکب مرکزی

علیرضا کوچکی^{1*} - مهدی نصیری محلاتی¹ - سرور خرم دل² - سحر مرید احمدی³

تاریخ دریافت: 1394/12/10

تاریخ پذیرش: 1395/06/09

چکیده

یکی از معمول‌ترین روش‌های مورد استفاده جهت بهینه‌سازی عوامل مختلف و تخمین مدل رگرسیونی چندجمله‌ای، استفاده از طرح مرکب مرکزی است که روشی جایگزین و مناسب برای آزمایشات فاکتوریل می‌باشد. به منظور تعیین میزان بهینه نیتروژن و تراکم بوته ذرت و اثر متقابل این عوامل بر عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن آزمایشی در قالب طرح مرکب مرکزی با 13 تیمار و دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 95-1394 اجرا شد. سطوح بالا و پایین تراکم به ترتیب 7 و 10 بوته در متر مربع و سطوح بالا و پایین نیتروژن به ترتیب صفر و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در نظر گرفته شدند. عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، کارایی بهره‌وری نیتروژن، کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن به عنوان متغیرهای وابسته مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند و با استفاده از مدل رگرسیونی، تغییرات این متغیرها تحت تأثیر تیمارها بررسی شد. مقدار بهینه تراکم بوته و نیتروژن براساس سناریوهای اقتصادی، زیست محیطی و اقتصادی-زیست محیطی برای حصول مقادیر مورد انتظار عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن محاسبه شد. نتایج نشان داد که اثر جزء خطی بر عملکرد بیولوژیکی و دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن ذرت، اثر جزء درجه دو بر تمام صفات به جز عملکرد دانه و کارایی جذب نیتروژن و اثر متقابل درجه دو کامل بر عملکرد بیولوژیکی و کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار بود. آزمون عدم برازش در مورد هیچ‌یک از صفات به جز کارایی مصرف نیتروژن مورد بررسی معنی‌دار نشد. بیشترین عملکرد دانه مشاهده شده برای تراکم 7 بوته در متر مربع و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (11/71 تن در هکتار) و بالاترین عملکرد برازش شده برای تراکم 10 بوته در متر مربع و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (12/22 تن در هکتار) به دست آمد. بالاترین کارایی جذب نیتروژن مشاهده شده و برازش شده به ترتیب برای تراکم 10 بوته در متر مربع و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (86/45 درصد) و تراکم 10 بوته در متر مربع و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (90/14 درصد) تعیین گردید. مقدار بهینه تراکم و نیتروژن در سناریوهای اقتصادی، زیست محیطی و اقتصادی-زیست محیطی به ترتیب 8/12 بوته در متر مربع و 225/27 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، 7 بوته در متر مربع و 46/95 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و 7 بوته در متر مربع و 69/42 کیلوگرم نیتروژن در هکتار محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی: عدم برازش، کارایی مصرف نیتروژن، کارایی بهره‌وری نیتروژن، مدل رگرسیون درجه دو کامل

مقدمه

مرکزی⁴ است (Wu and Hamada, 2000). این طرح روشی جایگزین و مناسب برای آزمایشات فاکتوریل می‌باشد که اولین بار در سال 1951 میلادی توسط باکس و ویلسون ارائه و توسط باکس و هانت (Box and Hunter, 1957) اصلاح گردید. مزیت استفاده از طرح مرکب مرکزی نسبت به آزمایشات فاکتوریل، امکان استخراج اطلاعات بیشتر از تحلیل این طرح و تعداد کمتر تیمار و تکرارهای مورد نیاز می‌باشد که اجرای آن را آسان‌تر می‌کند. این طرح همچنین امکان تعیین ترکیب‌های مختلف متغیر مستقل را فراهم می‌آورد (Aslan, 2007). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) با

جهت تعیین حد بهینه عوامل بهینه کنترل‌کننده رشد، استفاده از مدل‌ها و روابط تجربی ریاضی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. یکی از معمول‌ترین روش‌های مورد استفاده جهت بهینه‌سازی عوامل مختلف و تخمین مدل رگرسیونی چندجمله‌ای، استفاده از طرح مرکب

1. 2 و 3- به ترتیب استاد، دانشیار و دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (*- نویسنده مسئول):
(Email: akooch@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.54235

زیرزمینی می‌شود. حدود 40 تا 60 درصد کود نیتروژن اضافه شده از خاک خارج می‌شود و این مقدار با افزایش کاربرد کود افزایش می‌یابد (Wenxue *et al.*, 2005) که در نتیجه باقی‌مانده کود در خاک افزایش یافته و باعث تشدید بروز آلودگی‌های منابع آبی می‌شود (Timsina *et al.*, 2001).

بنابراین توسعه سیستم‌های زراعی که نیتروژن را به‌طور مؤثری مصرف می‌کنند، جهت کاهش تلفات نیتروژن، به حداقل رسانیدن آلودگی‌های نیتراتی، کاهش هزینه‌های مصرفی و به تبع آن افزایش کارایی مصرف این عنصر پرمصرف حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر نیتروژن عوامل مدیریتی متعدد دیگری نظیر تراکم بوته نیز می‌تواند بر ارتباط بین رشد گیاه و میزان کلروفیل برگ مؤثر باشد (Barraclough and Kyle, 2001).

تعیین تراکم بهینه و الگوی مناسب کاشت برای استفاده مطلوب از نهاده‌ها مانند زمین، آب، نور و عناصر غذایی نقش مؤثری دارد و موجب افزایش کمی و کیفی محصول می‌شود. ذرت گیاهی است که نسبت به تراکم بوته بسیار حساس می‌باشد؛ به‌طوری‌که در تراکم‌های کم، از عوامل تولید، بهره‌برداری بهینه نمی‌شود، از سوی دیگر، افزایش بیش از حد تراکم، با تشدید رقابت، باعث عقیمی گل‌ها و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Harper, 1983). هاشمی - دزفولی و هربرت (Hashemi-Dezfouli and Herbert, 1992) گزارش کردند که کاهش میزان مواد پرورده قابل دسترس در سطوح بالای تراکم بوته به‌واسطه کاهش نور، موجب کاهش تعداد دانه در ردیف بالال و سقط دانه‌ها در انتهای بالال می‌شود. جنتر و کمپر (Genter and Camper, 1993) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، رقابت جهت دریافت نور بیشتر شده که در نتیجه طول میانگره‌ها و ارتفاع ساقه اصلی افزایش می‌یابد و از قطر ساقه نیز کاسته می‌شود. با افزایش تراکم بوته و کاهش فواصل ردیف، ارتفاع گیاه و قطر ساقه تغییر می‌کند و هرچه تعداد بوته افزایش و فاصله ردیف کاهش یابد نور رسیده به کف کانوبی کاهش یافته و رقابت بین اندام‌های گیاه برای جذب بیشتر تشعشع زیاد می‌شود. از طرف دیگر، تخریب نوری اکسین صورت نمی‌گیرد که مجموعه این عوامل می‌توانند باعث افزایش طول میانگره، کاهش قطر ساقه و افزایش ارتفاع بوته گردد (Tetio-Kagho and Gardner, 1988).

بر این اساس، از آن‌جا که کمی کردن نیاز کودی گیاهان به‌منظور بهبود مدیریت نیتروژن و همچنین انتخاب تراکم بوته مناسب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک امری ضروری در تولید گیاهان محسوب می‌شود، این مطالعه با هدف تعیین میزان بهینه نیتروژن و تراکم مطلوب بوته ذرت و اثر متقابل این عوامل جهت تولید بالاترین عملکرد دانه و پایین‌ترین آلودگی‌های زیست‌محیطی در شرایط آب و هوایی مشهد با استفاده از طرح مرکب مرکزی اجرا شد.

برآورد مقادیر بهینه مصرف منابع آب و نیتروژن در زراعت گندم در قالب طرح مرکب مرکزی اظهار داشتند که افزایش مصرف کود نیتروژن و آبیاری اثر مثبتی بر افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب داشت؛ در حالی‌که افزایش آبیاری منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن و افزایش تلفات نیتروژن شد. این محققان در سناریوی اقتصادی، مقدار بهینه کوددهی و آبیاری را به‌منظور دستیابی به 4045 کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه و 9908 کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب 274 کیلوگرم اوره در هکتار و 3964 مترمکعب آب در هکتار تعیین کردند. آنها در سناریوی زیست‌محیطی، مقدار بهینه این منابع را به‌منظور کاهش تلفات نیتروژن برای کوددهی و آبیاری به‌ترتیب 64 کیلوگرم در هکتار و 2651 مترمکعب در هکتار محاسبه نمودند. همچنین در سناریوی اقتصادی - زیست‌محیطی عملکرد دانه و کاهش تلفات نیتروژن همزمان مورد نظر قرار گرفت، در نتیجه مقادیر بهینه سطوح کوددهی و آبیاری به‌ترتیب معادل 153 کیلوگرم در هکتار و 3030 مترمکعب به‌دست آمد. نتایج دیگر مطالعه این محققان (Koocheki *et al.*, 2015b) روی تعیین میزان بهینه مصرف منابع آب، نیتروژن و همچنین تراکم بهینه کلزا با استفاده از طرح مرکب مرکزی نشان داد که افزایش سطوح آبیاری و کود باعث افزایش عملکرد دانه و تلفات نیتروژن گردید، در صورتی‌که افزایش تراکم باعث افزایش عملکرد و کاهش تلفات نیتروژن شد. در سناریوی اقتصادی، مقدار بهینه آب، کود و تراکم کلزا به‌ترتیب برابر با 3643 متر مکعب، 186 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و 149 بوته در متر مربع برآورد شد. این محققان مقادیر بهینه این تیمارها در سناریوی زیست‌محیطی را به‌ترتیب 1813، 12 و 150 و در سناریوی اقتصادی - زیست محیطی به‌ترتیب معادل 2639، 105 و 144 گزارش نمودند. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati *et al.*, 2015) با بررسی اثر متقابل تراکم و اندازه بنه زعفران با استفاده از طرح مرکب مرکزی بیان داشتند که افزایش اندازه بنه و تراکم اثر مثبتی بر افزایش عملکرد اقتصادی، قطر بنه، تعداد بنه دختری، تعداد بنه اصلی، تعداد گل و وزن تر گل داشت. آنها همچنین اظهار داشتند که کاشت بنه‌هایی با وزن متوسط در تراکم بالا مناسب‌تر بوده و بر این اساس، مقدار بهینه اندازه بنه و تراکم زعفران را به‌ترتیب با 7 گرم و 250 بنه در متر مربع برآورد کردند.

نیتروژن یکی از عناصر ضروری برای رشد و افزایش عملکرد تمامی گیاهان از جمله ذرت می‌باشد (Zhao *et al.*, 2003). یوهارت و آندره (Uhart and Andrade, 1995) اظهار داشتند که کمبود نیتروژن در ذرت باعث کاهش تعداد و وزن دانه شد که این امر منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. اگرچه نیتروژن نقشی اساسی در دستیابی به عملکرد بالایی کمی و کیفی در محصولات زراعی دارد، ولی به آسانی از خاک شسته شده و باعث بروز آلودگی آب‌های

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 38 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا با استفاده از طرح مرکب مرکزی با دو تکرار در سال زراعی 95-1394 اجرا شد. تعداد تیمارها با استفاده از معادله (1) محاسبه شد.

$$t = 2^k + 2k + r \quad (1)$$

در این فرمول، k: نشان‌دهنده تعداد فاکتورهای تحت بررسی و r: تعداد تکرار برای نقطه مرکزی می‌باشد (Box and Hunter, 1957; Wu and Hamada, 2000). بر این اساس، ترکیب تیمارهای آزمایشی با توجه به سطوح بالا و پایین تراکم (7 و 10 بوته در متر مربع) و سطوح بالا و پایین نیتروژن (صفر و 300 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به شرح زیر تعیین شدند (جدول 1):

جدول 1- مقادیر و ضرایب تیمارها بر مبنای طرح مرکب مرکزی
Table 1- Amounts and coefficients for treatments based on central composite design

مقادیر تیمارها*		x ₂	x ₁	Runs
تراکم بوته Plant density (No m ⁻²)	نیتروژن Nitrogen (kg ha ⁻¹)			
7	0	-1	-1	1
10	0	-1	+1	2
7	300	+1	-1	3
10	300	+1	+1	4
7	150	0	-1	5
10	150	0	+1	6
8.5	0	-1	0	7
8.5	300	+1	0	8
8.5	150	0	0	9
8.5	150	0	0	10
8.5	150	0	0	11
8.5	150	0	0	12
8.5	150	0	0	13

X₁ و X₂: به ترتیب نشان‌دهنده متغیرهای مستقل نیتروژن و تراکم بوته هستند.

X₁ and X₂: indicate independent variables of nitrogen and plant density, respectively.

عمق 30 سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش به صورت تصادفی تهیه شد و به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد آزمایش قرار گرفت (جدول 2).

همان‌گونه که در جدول 1 مشاهده می‌شود به دلیل اصول اجرای بالاترین تعداد تکرار به دلیل نیاز به دقت بالاتر برای نقطه عطف در طرح‌های بهینه‌سازی برای نقطه عطف در نظر گرفته شده است. در مرحله آماده‌سازی زمین و پیش از کاشت، نمونه‌ای مرکب از

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 2- Physical and chemical properties of soil

بافت Texture	نیتروژن N (%)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	آهک T.N.V (%)	اشباع SP (%)
لومی - سیلتی Loamy-silt	0.067	37	234	8.13	0.78	1.71	16.45	38.3

تیمارها انتهای کرت‌ها به‌طور کامل بسته و آبیاری کرت‌ها به‌طور کاملاً جداگانه انجام گردید. کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد انجام گرفت. در مرحله 4-6 برگ گیاهان برای رسیدن به تراکم مورد نظر تنک شدند. اعمال سطوح مختلف نیتروژن به‌صورت سرک در سه نوبت همزمان با کاشت، یک ماه پس از سبز شدن و همزمان با

بذر ذرت هیبرید 704 S.C. در نیمه دوم اردیبهشت ماه روی چهار ردیف سه متری با فاصله 75 سانتی‌متر به روش خشکه‌کاری و با دست کاشته شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهان، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار به شیوه نشتی انجام شد. جهت جلوگیری از اختلاط اثر

گلدھی همراه با آبیاری انجام شد.

برداشت در مرحله رسیدگی کامل و پس از زرد شدن بوته‌های ذرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گردید. پس از آن، نمونه‌ای از عمق 0 تا 30 سانتی متری خاک برداشت و میزان نیتروژن به روش AOAC Official Method 968.06 (4.2.04) براساس تعیین نیتروژن به‌طریق هضم تر و با استفاده از دستگاه Semi-Automated Distillation Unit اندازه‌گیری شد (Horwitz and Latimer, 2005).

کارایی جذب نیتروژن $^{1}(\text{NUpE})$ براساس نسبت بین عملکرد نیتروژن در گیاه (کیلوگرم نیتروژن جذب شده در هکتار) بر کل مقدار نیتروژن در خاک (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد (معادله 2) (Hatermink et al., 2000).

$$\text{NUpE} = \text{plant N content / available N} \quad (2)$$

کارایی بهره‌وری نیتروژن $^{3}(\text{NUeE})$ براساس نسبت بین عملکرد دانه (کیلوگرم دانه در هکتار) بر عملکرد نیتروژن در خاک (کیلوگرم نیتروژن خاک در هکتار) محاسبه شد (معادله 3) (Cassman et al., 2003).

جهت محاسبه کارایی مصرف نیتروژن $^{4}(\text{NUE})$ (kg grain.kg Nitrogen⁻¹) از معادله (3) استفاده شد (Hatermink et al., 2000):

$$\text{NUE} = \frac{Y_s}{N_{\text{initial}} + N_{\text{fertilizer}}} \quad (3)$$

در این معادله، Y_s : عملکرد دانه (kg ha^{-1})، N_{initial} : نیتروژن موجود در خاک در ابتدای فصل رشد (کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و $N_{\text{fertilizer}}$: نیتروژن مصرفی از طریق کود اوره (کیلوگرم نیتروژن در هکتار) می‌باشد.

به‌منظور انتخاب مدل مناسب، مدل درجه دو کامل⁵ با اثرات متقابل بین فاکتورها برازش داده (معادله 4) و سپس براساس معیارهای آماری تجزیه رگرسیون (مقادیر F ، P value و R^2) و آزمون عدم برازش⁶ بهترین مدل انتخاب و از این مدل برای بهینه‌سازی استفاده گردید.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1^2 + a_4x_2^2 + a_5x_1x_2 \quad (4)$$

در این معادله، Y : متغیر وابسته بوده و با توجه به عملکرد دانه ذرت و یا کارایی بهره‌وری نیتروژن به‌صورت جداگانه محاسبه شد؛ x_1 : متغیر مستقل کود نیتروژن و x_2 : متغیر مستقل تراکم و a_1 تا a_5

ضرایب معادله می‌باشند.

عملکرد دانه، کارایی بهره‌وری نیتروژن و کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن به‌عنوان اصلی‌ترین متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی تعیین‌کننده میزان بهینه تراکم بوته و نیتروژن مصرفی منابع مورد استفاده تنها بر مبنای یک سناریوی اقتصادی- زیست‌محیطی در نظر گرفته شدند (Koocheki et al., 2014; Koocheki et al., 2015b).

برای برازش معادلات و انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار Minitab ver. 17 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مدل رگرسیونی درجه دو کامل به همراه اجزای آن (شامل جزء خطی، درجه 2 و اثر متقابل) برای هریک از متغیرهای وابسته شامل عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن ذرت در جدول 3 ارائه شده است.

نتایج نشان داد که اثر جزء خطی بر تمام صفات مورد مطالعه شامل عملکرد بیولوژیکی و دانه، کارایی جذب نیتروژن، کارایی بهره‌وری نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن ذرت معنی‌دار بود. اثر جزء درجه دو کامل تمام صفات به‌جز عملکرد دانه و کارایی جذب نیتروژن ذرت را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل دو عامل نیتروژن و تراکم بوته تنها بر عملکرد بیولوژیکی و کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار بود. آزمون عدم برازش در مورد هیچ‌یک از صفات به‌جز کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار نشد که این امر نشان‌دهنده برازش مطلوب مدل رگرسیون درجه 2 کامل بود (جدول 3).

آنالیز رگرسیون و ضریب تبیین برای برازش روابط بین متغیرهای نیتروژن و تراکم بوته با هریک از متغیرهای مستقل عملکرد دانه و بیولوژیکی و شاخص‌های کارایی نیتروژن ذرت در جدول 4 ارائه شده است که نمودارهای سطح پاسخ بر اساس این ضرایب به‌دست آمده است.

بر اساس این نتایج، مدل درجه دو کامل بین 55 تا 97 درصد از تغییرات کارایی جذب نیتروژن، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، کارایی بهره‌وری نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن را توصیف کرد (جدول 4). به‌نظر می‌رسد که کارایی جذب نیتروژن نیتروژن، علاوه بر مقدار نیتروژن مصرفی و تراکم بوته به موارد دیگری نظیر خصوصیات خاک و سایر روش‌های مدیریتی همچون روش آبیاری، حجم آب مورد استفاده، تاریخ کاشت، زمان برداشت و غیره نیز بستگی دارد. هالورسون و همکاران (Halvorson et al., 2008) گزارش کردند که افزایش سطوح آبیاری منجر به افزایش تلفات نیتروژن و کاهش کارایی جذب شد.

- 1- N recovery
- 2- N uptake efficiency
- 3- N utilization efficiency
- 4- Nitrogen use efficiency
- 5- Full quadratic regression
- 6- Lack of-fit

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس مدل رگرسیونی درجه دو کامل

Table 3- Analysis of variance of the full quadratic regression model

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	کارایی جذب نیترژن N recovery	کارایی بهره‌وری نیترژن N utilization efficiency	کارایی مصرف نیترژن N use efficiency
مدل Model	6	177.291**	22.222**	374.85*	2209.3**	565.63**
تکرار Replication	1	20.548**	0.683ns	61.90ns	1.5ns	77.12ns
خطی: Linear:	2	497.124**	65.264**	684.38**	5099.7**	1200.34**
نیترژن Nitrogen	1	7.579ns	0.017ns	247.41ns	8.0ns	0.23ns
تراکم Density	1	986.67**	130.51**	1121.35**	10191.3**	2400.46**
درجه 2 Square:	2	12.483*	0.896ns	69.54ns	1527.6**	407.67**
نیترژن × نیترژن Nitrogen × Nitrogen	1	0.217ns	1.722ns	12.10ns	43.1ns	132.58ns
تراکم × تراکم Density × density	1	22.82**	0.554ns	137.93ns	2327.2**	390.97*
اثر متقابل Interaction	1	23.983**	0.33ns	517.32*	0ns	100.63ns
تراکم × نیترژن Density × Nitrogen	1	23.983**	0.33ns	517.32*	0ns	100.63ns
خطا Error	19	2.274	0.489	89.40	16.8	50.05
عدم برازش Lack of-fit	11	3.086ns	0.654ns	114.66ns	21.5ns	82.74**
خطای خالص Pure error	8	1.159	0.276	54.66	10.3	5.09
کل Total	25	-	-	-	-	-

جدول 4- ضرایب رگرسیون و ضریب تبیین برای مدل درجه دو کامل: $y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_1^2+a_4x_2^2+a_5x_1x_2$

Table 4- Regression coefficients and R^2 for full quadratic model: $y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_1^2+a_4x_2^2+a_5x_1x_2$

	مقادیر ضرایب Coefficient values						R^2
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	
عملکرد بیولوژیکی Biological yield	-81.3	0.0628	20.25	0.000009	-0.903	0.0077	96.10
عملکرد دانه Grain yield	-18.76	-0.0149	4.46	0.000025	-0.141	0.0009	93.48
کارایی جذب نیترژن N recovery	-101	-0.293	38.8	0.000066	-2.22	0.0357	55.13
کارایی بهره‌وری نیترژن N utilization efficiency	864.7	-0.0443	-174.5	0.000124	9.123	0.00019	97.65
کارایی مصرف نیترژن N use efficiency	400.5	-0.198	75.4	0.000218	3.74	0.0158	78.11

X_1 و X_2 : به ترتیب نشان‌دهنده متغیرهای مستقل نیترژن و تراکم بوته هستند.

X_1 and X_2 : indicate independent variables of nitrogen and plant density, respectively.

جدول ۵ - مقایسه مقادیر مشاهده شده و برازش شده عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن ذرت تحت تأثیر سطوح نیتروژن و تراکم بوته

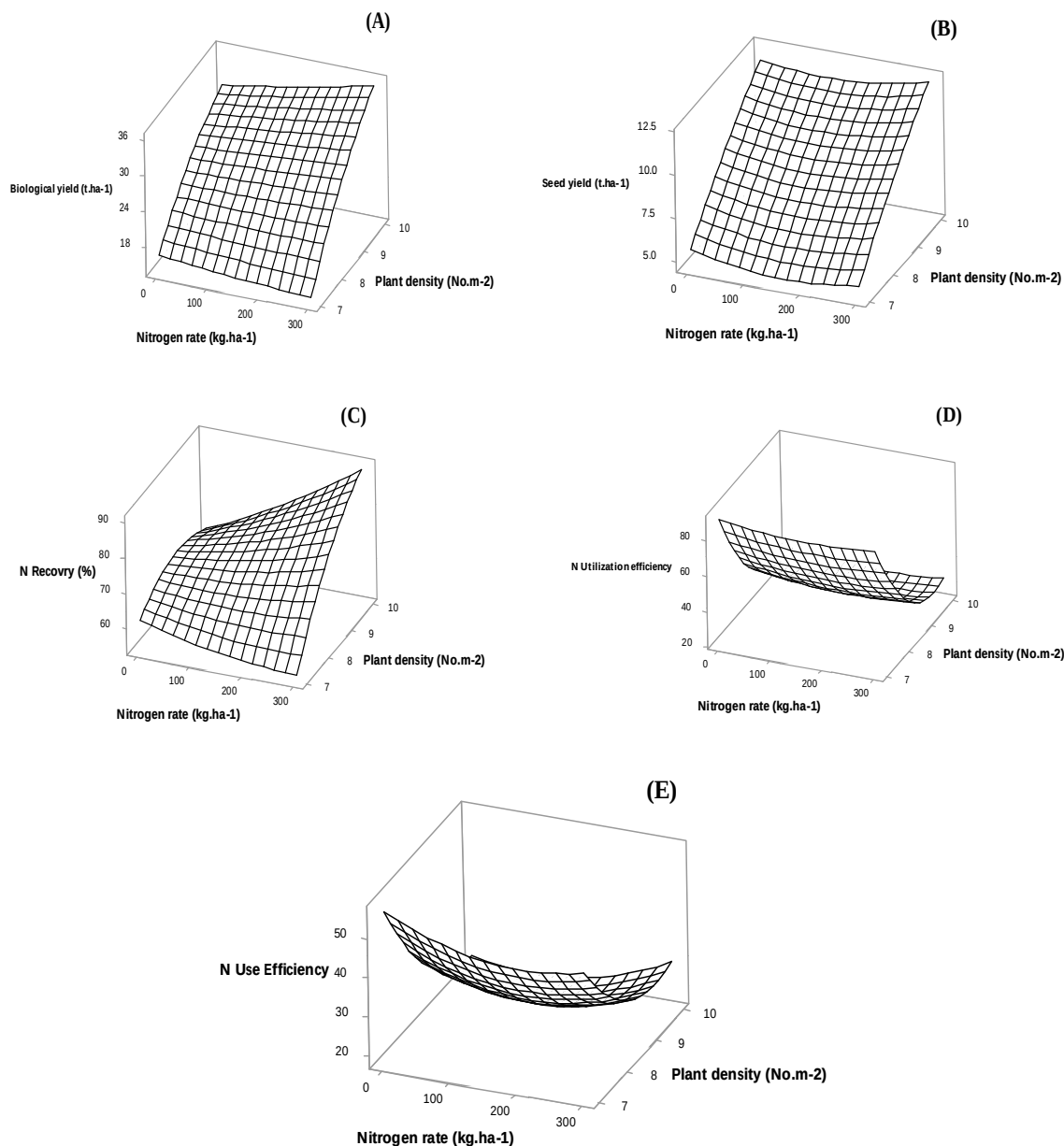
Table 5- Comparison of observed and predicted values of corn yield and nitrogen efficiency indices as affected by nitrogen and plant density levels												
ردیف No.	تیمار Treatment		عملکرد بیولوژیکی Biological yield (ton ha ⁻¹)		عملکرد دانه Grain yield (ton ha ⁻¹)		کارایی جذب نیتروژن N recovery (%)		N utilization efficiency (kg grain on kg N in soil)		کارایی مصرف نیتروژن N use efficiency (kg grain on kg N in plant)	
	X ₂	X ₁	مشاهده شده Observed	پیش‌بینی شده Predicted	مشاهده شده Observed	پیش‌بینی شده Predicted	مشاهده شده Observed	پیش‌بینی شده Predicted	مشاهده شده Observed	پیش‌بینی شده Predicted	مشاهده شده Observed	پیش‌بینی شده Predicted
1	-1	-1	16.90	16.20	5.50	5.55	77.27	61.82	96.92	90.23	74.89	55.96
2	-1	+1	15.64	25.58	6.32	8.96	73.51	68.40	87.19	40.59	64.09	29.81
3	+1	-1	30.10	30.90	10.55	11.74	63.04	65.00	29.60	32.00	18.66	20.50
4	+1	+1	34.05	33.91	11.71	4.82	83.29	56.84	30.04	86.57	25.02	47.76
5	0	-1	27.45	45.02	8.74	8.44	58.54	71.46	42.60	36.97	24.94	25.16
6	0	+1	30.18	45.02	9.61	8.44	79.04	71.46	40.74	36.97	32.20	25.16
7	-1	0	14.97	45.02	4.66	8.44	47.22	71.46	91.51	36.97	43.21	25.16
8	+1	0	35.27	45.02	11.30	8.44	72.72	71.46	30.43	36.97	22.13	25.16
9	0	0	26.51	45.02	7.13	8.44	67.86	71.46	31.33	36.97	21.26	25.16
10	0	0	27.12	52.07	8.66	11.42	78.86	76.09	34.38	28.43	27.11	19.41
11	0	0	29.00	52.02	8.23	5.22	73.65	54.83	32.98	88.50	24.29	49.36
12	0	0	26.10	64.87	7.99	9.04	64.17	77.48	39.32	38.94	25.23	30.33
13	0	0	27.23	73.65	8.46	12.22	86.45	90.14	32.47	30.44	28.07	28.12

X₁ و X₂: به ترتیب نشان‌دهنده متغیرهای مستقل نیتروژن و تراکم بوته هستند.

X₁ and X₂: indicate independent variables of nitrogen and plant density, respectively.

مقادیر برآزش شده و مشاهده شده عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، کارایی جذب نیتروژن، کارایی بهره‌وری نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن ذرت در جدول 5 نشان داده شده است.

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که آبشویی نیترات در روش آبیاری قطره‌ای به مراتب کمتر از آبیاری جوی پشته‌ای بود. بر این اساس، این محققین مدیریت آبیاری را به‌عنوان یکی از عوامل مدیریتی مؤثر در کاهش تلفات نیتروژن معرفی کردند.



شکل 1- سطح پاسخ عملکرد بیولوژیکی (الف)، عملکرد دانه (ب)، کارایی جذب نیتروژن (ج)، کارایی بهره‌وری نیتروژن (د) و کارایی مصرف نیتروژن (ه) ذرت تحت تأثیر سطوح تراکم بوته و کود نیتروژن

Figure 1- Response surface for biological yield (A), grain yield (B), N recovery (C), N utilization efficiency (D) and N use efficiency (E) of corn as affected by plant density and nitrogen fertilizer

بالاترین عملکرد بیولوژیکی مشاهده شده و برآزش شده به‌ترتیب برای تراکم 8/5 بوته در متر مربع و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و 10 بوته در متر مربع و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با 35/27 و 73/65 تن در هکتار حاصل گردید. بیشترین عملکرد دانه مشاهده شده برای تراکم 7 بوته در متر مربع و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (11/71 تن در هکتار) و بالاترین عملکرد برآزش شده برای تراکم 10 بوته در متر مربع و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (12/22 تن در هکتار) مشاهده شد (جدول 5). نتایج سطح پاسخ تراکم بوته و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیکی و دانه ذرت نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن این صفات کاهش یافت و به‌واسطه افزایش تراکم بوته مقادیر این صفات افزایش یافت. همچنین شیب افزایش مقادیر صفات عملکرد ذرت تحت تأثیر افزایش تراکم بوته بیشتر از شیب کاهش این صفات تحت تأثیر کاربرد سطوح نیتروژن بود. شیب افزایش عملکرد بیولوژیکی با افزایش تراکم بوته، در سطوح پایین نیتروژن کمتر از سطوح بالای آن بود که این موضوع نشان‌دهنده تأثیر بیشتر تراکم بر عملکرد دانه در سطوح بالای نیتروژن بود (شکل 1- الف و ب). نتایج سطح پاسخ تراکم بوته و نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت نشان داد که در کلیه سطوح تراکم، با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه احتمالاً به دلیل تحریک رشد رویشی و اختلال در نسبت رشد رویشی به زایشی کاهش یافت. با این‌وجود، شیب افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر افزایش تراکم بوته، در سطوح پایین نیتروژن کمتر از سطوح بالای آن بود که این موضوع نشان‌دهنده تأثیر بیشتر تراکم بوته بر عملکرد دانه در سطوح بالای نیتروژن به دلیل وجود نیتروژن کافی برای رشد و تولید دانه بود (شکل 1- الف).

مصرف نیتروژن از طریق تحریک تولید اندام‌های رویشی و بهبود دوام سطح برگ، سنتز پروتئین‌ها و همچنین اثر روی فعالیت آنزیم رایبوسکو، فتوسنتز را تحریک نموده و به دلیل بهبود ظرفیت فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد شده است (Wolton, 2005). تحقیقات وست (West, 2006) نیز مؤید وجود همبستگی بسیار بالا بین سرعت فتوسنتز و غلظت نیتروژن در هر واحد سطح برگ است. نونز و کمپرات (Nunez and Kamprath, 1969) دلیل اصلی اثر مصرف نیتروژن بر افزایش عملکرد را به تحریک رشد اندام‌های رویشی و به‌ویژه سطح برگ نسبت دادند. این محققین رابطه خطی را بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ گزارش نمودند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015a) نیز با بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و عملکرد دو گونه زراعی پنبه و ذرت اظهار داشتند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا 300 کیلوگرم در هکتار، بیوماس هر دو گیاه افزایش یافت. آنها دلیل این امر را به تأثیر مثبت نیتروژن بر گسترش سطح برگ و تداوم بهتر آنها نسبت به عدم مصرف کود نسبت دادند.

بیشترین مقدار کارایی جذب نیتروژن مشاهده شده برای تراکم 10 بوته در متر مربع و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با 86/45 درصد به‌دست آمد. بالاترین مقدار برآزش شده این شاخص برای تراکم 10 بوته در متر مربع و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با 90/14 درصد برآورد گردید (جدول 5). نتایج سطح پاسخ تراکم بوته و نیتروژن بر کارایی جذب نیتروژن ذرت نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن این شاخص کاهش یافت. در حالی که به‌واسطه افزایش تراکم بوته مقدار این صفت افزایش یافت (شکل 1- ج). افزایش تراکم بوته احتمالاً به دلیل افزایش سطح تماس ریشه در واحد سطح باعث کاهش تلفات و جذب بیشتر نیتروژن از خاک شده و کارایی جذب را افزایش داده است. افزایش مصرف کود نیتروژنه به دلیل افزایش فراهمی نیتروژن برای آبشویی، باعث افزایش تلفات و کاهش کارایی جذب نیتروژن گردید. به نظر می‌رسد اگرچه کارایی جذب نیتروژن افزایش یافته، ولی الزاماً عملکرد به‌ازای واحد نیتروژن جذب شده افزایش نیافته است (Sadras and Lawson, 2013). استفاده بهینه از نیتروژن در افزایش بهره‌وری و سودمندی بوم‌نظام‌های زراعی و همچنین کاهش خطرات ناشی از اثرات آلاینده‌ی نیتروژن بر محیط زیست نقش مهمی ایفا می‌کند (Dobermann and Cassman, 2004). اتلاف مستقیم کودها زمانی رخ می‌دهد که این عنصر متحرک بیش از نیاز گیاه زراعی، در زمان و به شکل نامناسب به‌کار برده می‌شود (Dawson et al., 2008). از طرف دیگر، افزایش مصرف نیتروژن به دلیل افزایش بروز تلفات باعث عدم کارایی مصرف کود شده و تولید را کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که علت کارایی پایین جذب نیتروژن در شرایط کاربرد زیاد کود نیتروژن تا حد زیادی ناشی از تفاوت در عملکرد دانه تولیدی تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی است. در نتیجه اگرچه با افزایش کاربرد کود نیتروژن عملکرد افزایش یافت، ولی توانایی گیاه در جذب نیتروژن هم‌راستا با افزایش میزان مصرف کود نمی‌باشد، در حقیقت در سطوح بالای کاربرد نیتروژن، نیتروژن تجمع‌یافته در اندام‌ها هم‌راستا با مصرف آن نیست. کاهش کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر افزایش کاربرد کود نیتروژن توسط اکثر پژوهشگران تأیید شده است (Dawson et al., 2008; Huggins and Pan, 1993; Lopez-Bellido et al., 2001; Slafer et al., 1990; Sowers et al., 1994).

بالاترین مقادیر شاخص‌های کارایی بهره‌وری نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن مشاهده شده برای تراکم 7 بوته در متر مربع و بدون مصرف نیتروژن در هکتار به‌ترتیب 96/92 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک و 74/89 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن گیاه حاصل گردید. بالاترین کارایی بهره‌وری نیتروژن و مصرف نیتروژن برآزش شده برای تراکم 7 بوته در متر مربع و صفر کیلوگرم نیتروژن در

هکتار به ترتیب با 90/23 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک و 55/96 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن گیاه برآورد شد (جدول 5). با افزایش تراکم بوته، کارایی بهره‌وری نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. در حالی که با افزایش مصرف نیتروژن، این صفات ابتدا کاهش یافت. همچنین شیب تغییرات این شاخص‌ها تحت تأثیر تراکم بوته به مراتب بالاتر از مصرف نیتروژن بود (شکل 1-د و ه). بدین ترتیب، به نظر می‌رسد افزایش نیتروژن مصرفی نقش مهمی در کاهش بهره‌وری این نهاده داشته است. همچنین با افزایش میزان مصرف نیتروژن در تراکم‌های مختلف بوته، کارایی مصرف نیتروژن با شیب تندی کاهش یافت، در حالی که در سطوح بالای کودی این روند شیب کمتری داشت. به نظر می‌رسد که در سطوح بالای کودی، افزایش عملکرد موجب بهبود کارایی مصرف نیتروژن شده است. همچنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم بوته علاوه بر افزایش عملکرد ذرت، باعث کاهش تلفات نیتروژن نیز شده که در نتیجه افزایش کارایی مصرف نیتروژن را به دنبال دارد. کارایی استفاده نیتروژن بیانگر عملکرد دانه به‌ازای مقدار نیتروژن جذب شده است (Moll et al., 1982) که نشان‌دهنده توانایی گیاه در استفاده از نیتروژن موجود در اندام‌های مختلف برای تولید دانه می‌باشد. به عقیده مونتمورو و همکاران (Montemuro et al., 2006) دو عامل اساسی در افزایش کارایی مصرف نیتروژن شامل جذب از خاک تا قبل از گلدهی گیاه و همچنین جذب در طی مراحل انتهایی رشد می‌باشند. نتایج مطالعه رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimzadeh et al., 2010) نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن کارایی مصرف آن کاهش یافت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015a) نیز بیان داشتند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا 150 کیلوگرم، کارایی مصرف نیتروژن دو گیاه ذرت و پنبه به ترتیب 55 و 35 درصد کاهش یافت. هاگینز و پان (Huggins and Pan, 1993) اظهار داشتند اگر خاک به لحاظ نیتروژن آلی و بیوماس میکروبی غنی باشد، بدون مصرف نیتروژن عملکرد بالایی حاصل خواهد شد. علاوه بر این، مصرف مقدار کمی نیتروژن کارایی آن را افزایش خواهد داد. در این حالت، کاربرد بیشتر کود شیمیایی نیتروژن موجب کاهش کارایی مصرف آن خواهد شد. این محققان اظهار داشتند که علت این پدیده به این موضوع مربوط نیست که گیاه زراعی کود نیتروژن را با کارایی کمتری مصرف می‌کند، بلکه مربوط به کم‌رنگ شدن نقش نیتروژن آلی در حصول عملکرد دانه می‌باشد (Huggins and Pan, 1993). ارتیز و همکاران بیان کردند که به موازات افزایش کاربرد کود نیتروژن، کارایی جذب و بهره‌وری نیتروژن کاهش یافت که در نهایت، منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن گردید (Ortiz et al., 2002). هاگینز و پان (Huggins and Pan, 1993) دریافتند که در سطوح بالای مصرف

کود نیتروژن، جذب آهسته این عنصر افزایش یافت که باعث کاهش کارایی مصرف آن گردید. هالورسون و همکاران (Halvorson et al., 2008) نیز بیان نمودند که تلفات نیتروژن در سطوح بالای مصرف کود افزایش قابل توجهی در مقایسه با سطوح پایین کاربرد کود نشان داد. سایر بررسی‌ها نیز نشان داده است که کاربرد مقدار بیشتر کود نیتروژن از طریق کاهش کارایی جذب نیتروژن به دلیل افزایش تلفات نیتروژن از طریق دنتریفیکاسیون، تبخیر آمونیومی، رواناب و آبشویی موجب کاهش کارایی مصرف این عنصر می‌گردد (Akintoye et al., 1999).

نتایج برخی آزمایش‌ها در مورد غلات مؤید این مطلب است که تعدیل در کاربرد مقادیر کود شیمیایی نیتروژن و یا تقسیم آن راهکار مناسبی برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن هستند (Gan et al., 1993; Alcoz et al., 2008). کارایی پایین کود شیمیایی به دلیل کاربرد مقادیر بالای کود شیمیایی است، خصوصاً زمانی که نیتروژن معدنی موجود در خاک قبل از کشت و یا نیتروژن معدنی شده در طول فصل رشد نادیده گرفته شود (Arregui and Quemada, 2008). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2012) با بررسی جریان نیتروژن و کارایی مصرف آن در چرخه تولید و مصرف گندم و ذرت در ایران نشان دادند که کل نیتروژن برداشت شده توسط دو گیاه گندم و ذرت به ترتیب 387 و 81/7 هزار تن، با کارایی 25 و 60 درصد بود. براساس مطالعه نصیری محلاتی و کوچکی (Nassiri Mahallati and Koocheki, 2015) کارایی بهره‌وری نیتروژن در نظام‌های تولید گندم ایران در طی چهار دهه گذشته سالانه برابر با 0/17 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده افزایش یافته است. ایکهورت و همکاران (Eickhout et al., 2006) نیز بیان داشتند که کارایی جذب منابع مختلف نیتروژن اعم از شیمیایی و آلی در فاصله سال‌های 1970 تا 1995 میلادی در جهان از 46 به 42 درصد، در خاورمیانه از 54 به 47 درصد و در کشورهای در حال توسعه از 53 به 43 درصد کاهش یافته است.

بهبودسازی منابع

مقدار بهینه تراکم بوته و سطوح نیتروژن در ذرت براساس سناریوی‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اقتصادی - زیست‌محیطی برای حصول مقادیر مورد انتظار متغیرهای وابسته شامل عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن در جدول 6 نشان داده شده است.

نتایج بهینه‌سازی مقدار نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن نشان داد که کاربرد 225/27 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم 8/12 بوته در متر مربع موجب حصول بالاترین عملکرد دانه (10 تن در هکتار) در سناریوی اقتصادی شد.

جدول 6- مقادیر بهینه عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن ذرت تحت تأثیر سطوح تراکم بوته و نیتروژن در سناریوهای مختلف
Table 6- Optimization of grain yield and nitrogen efficiency indices of corn based on plant density and nitrogen levels in different scenarios

متغیر Variable	اقتصادی Economic scenario	زیست‌محیطی Environmental scenario	اقتصادی - زیست‌محیطی Economic- environmental scenario
عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton ha ⁻¹)	10.00	-	7.19
کارایی بهره‌وری نیتروژن (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم N خاک) N utilization efficiency (kg grain on kg N in soil)	-	69.99	61.86
کارایی جذب نیتروژن (%) N recovery (%)	-	64.75	65.91
تراکم بوته (No m ⁻²) Plant density (No m ⁻²)	8.12	7.0	7.0
نیتروژن (kg ha ⁻¹) Nitrogen (kg ha ⁻¹)	225.27	46.95	69.42
شاخص مطلوبیت Desirability index	0.99	0.90	0.71

نتیجه‌گیری

به‌منظور دستیابی به تولید پایدار محصولات زراعی، از جمله اصول اولیه بهبود کارایی مصرف منابع و جلوگیری از هدررفت نهاده‌های کشاورزی است. به بیان دیگر، تعیین مقدار بهینه منابع از قبیل تراکم بوته و نیتروژن و واکنش گیاه نسبت به این نهاده‌ها برای کاهش تلفات و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و از طرف دیگر، حصول عملکرد مناسب، امری مهم و ضروری است.

نتایج مطالعات مختلف نشان داده‌است که با وجود افزایش بیش از اندازه مصرف نهاده‌ها در بخش کشاورزی به‌ویژه افزایش مصرف کودهای نیتروژنه، عملکرد گیاهان زراعی به همان نسبت افزایش نیافته است. لذا بهبود مدیریت نظام‌های زراعی و استفاده بهینه از منابع همچون انتخاب تراکم مطلوب امری ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه مقادیر بهینه کود نیتروژن و تراکم بوته به‌صورت همزمان در زراعت ذرت محاسبه شدند. بر این اساس، به نظر می‌رسد مصرف منابع با توجه به مقادیر بهینه‌سازی شده می‌تواند به‌عنوان مناسب‌ترین سطوح مصرف کود نیتروژن و تراکم بوته به‌منظور نیل به حصول عملکرد قابل قبول به همراه کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی با توجه به شرایط مطالعه انجام شده در نظر گرفته شوند.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل پژوهش شماره 37623/2 مورخ 1394/03/09 معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

در حالی‌که در سناریوی زیست‌محیطی بالاترین مقادیر شاخص‌های نیتروژن شامل کارایی استفاده و کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر کاربرد 46/95 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم 7 بوته در متر مربع (به‌ترتیب برابر با 69/99 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک و 64/75 درصد) محاسبه گردید. بیشترین مقادیر این صفات شامل عملکرد دانه، کارایی بهره‌وری نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن در سناریوی اقتصادی زیست‌محیطی تحت تأثیر مصرف 69/42 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم 7 بوته در متر مربع (به‌ترتیب برابر با 7/19 تن در هکتار، 86/61 کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک و 65/91 درصد) به‌دست آمد (جدول 6). با توجه به میزان کود مصرفی (65/42 کیلوگرم در هکتار) برای حصول بالاترین عملکرد، به نظر می‌رسد که کاربرد سطوح بالاتر از این میزان، تأثیر معنی‌داری در عملکرد دانه ذرت ندارد و به‌صورت آبشویی یا تصعید از دسترس گیاه خارج شود که این امر علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید می‌تواند منجر به افزایش بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی گردد. سایر بررسی‌ها نیز نشان داده است که توجه به میزان مصرف بهینه کود نیتروژن و عدم کاربرد کود مازاد که تغییری در افزایش عملکرد گیاهان ندارد، می‌تواند علاوه بر کاهش بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی، شرایط رشدی گیاهان را بهبود و عملکرد را افزایش دهد (Ozer, 2003).

References

1. Akintoye, H. A., Klinga, J. G., and Lucas, E. O. 1999. N-use efficiency of single, double and synthetic maize lines grown at four N levels in three ecological zones of West African. *Field Crops Research* 60: 189-199.
2. Alcoz, M. M., Homs, F. M., and Haby, V. A. 1993. Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual nitrogen. *Agronomy Journal* 85: 1198-1203.
3. Arregui, L. M., and Quemada, M. 2008. Strategies to improve nitrogen use efficiency in winter cereal crops under rain fed conditions. *Agronomy Journal* 100: 277-284.
4. 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.
5. Barraclough, P. B., and Kyle, J. 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter reading in winter wheat. P. 722-723. Horst, W.J. (Ed.). In: *Plant nutrition-Food security and sustainability of agro-ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
6. Box, G. E. P., and Hunter, J. S. 1957. Multi-factor experimental designs for exploring response surfaces. *The Institute of Mathematical Statistics*, p. 195-241.
7. Cassman, K. G., Dobermann, A., Walters, D. T., and Yang, H. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 315-358.
8. Dawson, J. C., Huggins, D. R., and Jones, S. S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agriculture systems. *Field Crops Research* 107: 89-101.
9. Dobermann, D. I., and Cassman, K. G. 2004. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production of United States and Asia. *Plant and Soil* 247: 153-175.
10. Eickhout, B., Bouwman, A. F., and van Zeijts, H. 2006. The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 4-14.
11. Gan, Y., Malhi, S. S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., and Stevanson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of juncea Canola under diverse environments. *Journal of Agronomy* 100: 285-295.
12. Genter, C. F., and Camper, H. M. 1993. Component plant part development in maize as affected by hybrids and population density. *Agronomy Journal* 65: 669-671.
13. Halvorson, A. D., Bartolo, M. E., Reule, C. A., and Berrada, A. 2008. Nitrogen effects on onion yield under drip and furrow irrigation. *Agronomy Journal* 100 (4): 1062-1069.
14. Harper, J. L. 1983. Approaches to the study of plant competition. Pp. 1-39. In: F.L. Milthorpe (Ed.), *Mechanisms in Biological Competition*. 15th Symposium of Society of Experimental Biology.
15. Hashemi-Dezfouli, A., and Herbert, S. J. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal* 84: 547-551.
16. Hatermink, A. E., Johnston, M. O., Sullivan, J. N., and Poloma, S. 2000. Nitrogen use efficiency of taro and sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79: 271-280.
17. Horwitz, W., and Latimer, G. W. 2005. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 18th Edition. Maryland, USA.
18. Huggins, D. R., and Pan, W. L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *Journal of Agronomy* 85: 898-905.
19. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M. B., and Fallapoor, F. 2014. Optimization of nitrogen fertilizer and irrigation in wheat cultivation by central composite design. *Journal of Agroecology*. (in Press). (in Persian with English abstract).
20. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mansory, A., and Moradi, R. 2012. Investigation of flow and nitrogen use efficiency in wheat production and consumption cycles (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in Iran. *Journal of Agroecology* 4 (3): 192-200. (in Persian with English abstract).
21. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2015a. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13 (1):1-13. (in Persian with English abstract).
22. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansori, H. 2015b. Optimization of water, nitrogen and density in canola cultivation by central composite design. *Journal of Agroecology* 1 (3):1-16. (in Persian with English abstract).
23. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., Castillo, J. E., and Lopez-Bellido, F. J. 2001. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Research* 42: 197-210.
24. Moll, R. H., Kamprath, E. J., and Jackson, W. A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal* 74: 562-564.

25. Montemuro, F., Maiorana, M., Ferri, D., and Convertini, G. 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. *Field Crops Research* 99: 114-421.
26. Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2015. Trend analysis of nitrogen use and productivity in cereal production systems of Iran. *Journal of Agroecology*. (in Press). (in Persian with English abstract).
27. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Amin Ghafouri, A., and Mahluji Rad, M. 2015. Optimizing corm size and density in saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation by central composite design. *Journal of Saffron Agronomy and Technology* 3 (3): 161-177. (in Persian with English abstract).
28. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, S. A. R. 2001. *Agroecology*. Ferdowsi University of Mashhad Press 459 pp. (in Persian).
29. Nunez, R., and Kamprath, E. J. 1969. Relationships between N response, plant population. And row width on growth and yield of corn. *Agronomy Journal* 61: 279-282.
30. Ortiz, R., Nurminen, M., Madsen, S., Rognil, O. A., and Bjornstad, A. 2002. Genetic gains in Nordic spring barley breeding over sixty years. *Euphytica* 126: 283-289.
31. Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agronomy* 19: 453-463.
32. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Faizabadi, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigation of nitrogen use efficiency in wheat-based double cropping systems under different rate of nitrogen and return of crop residue. *Gorgan University of Agricultural Science and natural Research* 3 (3): 125-142. (in Persian with English abstract).
33. Sadras, V. O., and Lawson, C. 2013. Nitrogen and water-use efficiency of Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. *European Journal of Agronomy* 46: 34- 41.
34. Slafer, G. A., Andrade, F. H., and Feingold, S. E. 1990. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in Argentina: Relationship between nitrogen and dry matter. *Euphytica* 50: 63-71.
35. Sowers, K. E., Pan, W. L., Miller, B. C., and Smith, J. L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen application in soft white winter wheat. *Agronomy Journal* 86: 942-948.
36. Tetio-Kagho, F., and Gardner, F. P. 1988. Response of maize to plant population density. II. Reproductive development yield and yield adjustments. *Agronomy Journal* 80: 935-940.
37. Timsina, T., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M. R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. *Field Crops Research* 72:143-161.
38. Uhart, S. A., and Andrade, F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science* 35: 1384-1389.
39. Waner, L. A., and Junttila, O. 1999. Cold-induced freezing tolerance in *Arabidopsis*. *Journal of Plant Physiology* 120 (2): 391-400.
40. Wenxue, L., Long, L., Jianhao, S., Tianwen, G., Fusuo, Z., Xingguo, B., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an Orthic Anthrosol in Northwest China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105: 483-491.
41. West, M. L. 2006. Response of corn hybrids to varying plant population densities. *Field Crops Abstract*, 42:8569.
42. Wolton, W. 2005. Leaf area index and radiation as related to corn yield. *Agronomy Journal* 65: 459-461.
43. Wu, C. F. J., and Hamada, M. 2000. *Experiments: planning, analysis, and parameter design optimization*. New York.
44. Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G., Read, J. J., and Carter, G. A. 2003. Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. *Plant and Soil* 257 (1): 205-218.



Optimization of Plant Density and Nitrogen Use in Corn (*Zea mays* L.) by Central Composite Design

A. Koocheki^{1*} - M. Nassiri Mahallati¹ - S. Khorramdel² - S. Morid Ahmadi³

Received: 29-02-2016

Accepted: 30-08-2016

Introduction

Response Surface Methodology (RSM) is a statistical tool for modelling and optimization of multiple factors which determine optimum process conditions by combining experimental designs with interpolation by first- or second degree polynomial equations in a sequential testing format. Nitrogen (N) and plant density are two factors crucial to the successful implementation of crop management practices used in corn production systems. Numerous studies have reported the effects of N fertilization on yield of corn. The optimum resource level in agro-ecosystems should be determined to decrease production costs, conserve resources and reduce environmental pollution which occurs as a result of excessive use of these resources. In this work, optimization of nitrogen fertilizer and plant density of corn using central composite design for RSM was done.

Materials and Methods

An experiment was conducted using central composite design with 13 treatments and two replications at the Research Field of Ferdowsi University of Mashhad during the growing season of 2015-2016. The treatments were allocated based on low and high levels of plant density (7 and 10 plants m⁻², respectively) and nitrogen (0 and 300 kgN ha⁻¹, respectively). Biological yield, grain yield, N utilization efficiency, N recovery and N use efficiency were calculated as independent variables and changes of these variables were evaluated by a regression model. Optimum levels of nitrogen and plant density were proposed to obtain the expected level of these traits based on economic, environmental and economic-environmental scenarios.

Results and Discussion

The results showed that the effect of linear component was significant on biological and grain yield and nitrogen efficiency indices of corn. Effect of square component was significant on all studied traits except for biological yield and N recovery. Interaction effect of full quadratic was significant on biological yield and N recovery. Lack of fit test had no significant effect on the studied traits except for NUE. The highest observed and predicted values of grain yield were obtained in 7 plants.m⁻² with 150 kg N per ha (11.71 ton ha⁻¹) and 10 plants m⁻² with 300 kg N per ha (12.22 ton ha⁻¹), respectively. The maximum observed and predicted values of N recovery were obtained in 10 plants.m⁻² with 300 kg N per ha (86.45%) and 10 plants.m⁻² with 300 kgN ha⁻¹ (90.14%), respectively. The optimum levels of nitrogen fertilizer and density were 8.12 plants.m⁻² with 225.27 kg N per ha, 7 plants.m⁻² with 46.95 kg N per ha and 7 plants.m⁻² with 69.42 kg N per ha for economic, environmental economic-environmental scenarios, respectively.

Conclusions

Increasing nitrogen fertilizer led to an increase in grain yield and a decrease in nitrogen use efficiency whereas increasing density caused an increase in grain yield and nitrogen use efficiency.

Keywords: Lack of fit, Full quadratic regression model, N use efficiency, N utilization efficiency

1, 2 and 3- Professor, Associate Professor and PhD Student in Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.

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



بررسی اثر تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن بر رشد، عملکرد و ترکیبات تشکیل دهنده اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare*) در شرایط شوشتر

روزبه فرهودی^{*1} - زهرا خدارحم پور¹

تاریخ دریافت: 1394/12/16

تاریخ پذیرش: 1395/08/19

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر رشد، درصد اسانس و عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی 90-89 در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. تیمار تاریخ کاشت در 15 آبان و اول آذر در کرت اصلی و مصرف 100، 125 و 150 کیلوگرم کود اوره در هکتار در کرت فرعی قرار گرفت. تاریخ کاشت و نیتروژن رشد و عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی رازیانه را تحت تأثیر قرار داد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و کود نیتروژن نشان داد که تاریخ کاشت 15 آبان نسبت به اول آذر با مصرف 125 و 150 کیلوگرم کود اوره سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی (به ترتیب 442/5 و 438/9 گرم در مترمربع)، درصد اسانس بذر (2/9 و 2/8 درصد)، درصد اسانس اندام هوایی (3/14 و 3/12 درصد)، عملکرد اسانس بذر (2/2 گرم در متر مربع) و عملکرد اسانس اندام هوایی (13/9 و 13/6 گرم در متر مربع) گردید. می‌توان گفت بهترین تیمار جهت افزایش عملکرد و کیفیت اسانس بذر و اندام هوایی گیاه رازیانه در شمال خوزستان تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: استراگول، آنتول، تعداد چتر، وزن خشک

مقدمه

کامفور، آنتول و استراگول اشاره نمود (Ahvazi et al., 2010). تاریخ کاشت با تأثیر بر رشد، فعالیت‌های متابولیکی، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گیاهان دارویی تأثیر به‌سزایی بر عملکرد و ترکیبات دارویی دارد. مدیریت مناسب تاریخ کاشت که وابسته به شرایط آب و هوایی به‌ویژه درجه حرارت هوا و خاک هر منطقه متغیر می‌باشد، بر روی عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی و به‌طور موردی در گیاهان دارویی مؤثر می‌باشد. تاریخ مناسب کاشت زمانی است که گیاه فرصت کافی برای رشد سبزینه‌ای و رویشی تا قبل از به گل رفتن داشته باشد. عدم رشد رویشی مناسب منجر به کاهش تعداد گل‌ها، کوچکی دانه و افت عملکرد کمی و کیفی می‌گردد (Baydar and Baydar, 2005). بررسی واکنش گیاه دارویی بادرشوبیه (*Dracocephalum moldavica*) به تغییرات تاریخ کاشت نشان داد تاریخ کاشت با تأثیر بر طول روز، رطوبت نسبی هوا و مقدار نور دریافتی بر عملکرد ماده خشک و اسانس گیاه بادرشوبیه تأثیر گذاشت (Davazdahemami et al., 2008). در شرایط آب و هوایی مشهد تغییر تاریخ کاشت بابونه (*Matricaria chamomilla*) از پاییز به ابتدای بهار سبب افزایش درصد اسانس بابونه شد اما وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با کشت پاییزه کاهش یافت (Ebadi et al., 2009). تاریخ کاشت گیاه

استفاده از گیاهان و فرآورده‌های حاصل از آن‌ها در صنایع دارویی و بهداشتی در سال‌های اخیر گسترش زیادی داشته است. اگرچه عوامل ژنتیکی نقش به‌سزایی در رشد گیاهان دارویی و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس آن‌ها دارند، اما نباید از نقش عوامل اقلیمی و زراعی در این زمینه غافل ماند. بنابراین تولید ماده خشک و اسانس گیاهان دارویی تحت تأثیر عوامل محیطی، شرایط کاشت، تاریخ کاشت، کوددهی و زمان برداشت می‌باشد (Ahmadi and Mirza, 2009). رازیانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* گیاه دارویی مهمی از خانواده چتریان است که اسانس آن کاربرد گسترده‌ای در صنایع دارویی و بهداشتی دارد. این گیاه در ایران در نواحی شمالی کشور و ارتفاعات 500 تا 700 متری پراکندگی دارد و قسمت مورد استفاده آن عبارت است از دانه، ریشه و برگ. از مهمترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه رازیانه می‌توان به دی فنکون، سابینین،

1- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

(*) - نویسنده مسئول: (Email: rfarhoudi@gmail.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.54396

شوید (*Anethum graveolens*) (Bist et al., 2000) و رازیانه (Khan and Azam, 1999) شد.

با توجه به اهمیت گیاه دارویی رازیانه در صنایع آرایشی و بهداشتی و عدم وجود تحقیقی جامع پیرامون تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر رشد و عملکرد اسانس این گیاه در شمال خوزستان این تحقیق انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی 90-89 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. شوشتر واقع در شمال استان خوزستان و دارای آب و هوای بیابانی و خشک است. شهر شوشتر در عرض جغرافیایی 48 درجه و 5 دقیقه طول شرقی و 32 درجه و 3 دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا حدود 150 متر می‌باشد. بارندگی متوسط سالانه در این شهرستان 317/2 میلی‌متر، متوسط دمای حداقل 18/4 درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای حداکثر 33/2 درجه سانتی‌گراد گزارش شده است بارندگی در شهر شوشتر عموماً در فصل زمستان به‌خصوص در ماه‌های دی و بهمن صورت می‌گیرد و از اواسط فصل بهار تا اواسط پاییز بارندگی وجود ندارد. میانگین حداکثر و حداقل دما و بارندگی شهرستان شوشتر در سال زراعی 90-89 (از مهر 1389 الی پایان تیر 1390) به ترتیب 41 درجه سانتی‌گراد، 9/5 درجه سانتی‌گراد و 190 میلی‌متر بود (Anonymous, 2010). خصوصیات خاک مزرعه آزمایش در عمق 0-30 سانتی‌متر در جدول 1 آورده شده است.

دارویی بابونه بر رشد و عملکرد اسانس این گیاه تأثیر معنی‌داری داشت (Letchamo and Marquard, 1993).

بررسی نیازهای تغذیه‌ای گیاهان دارویی در رسیدن به عملکرد مناسب و اقتصادی این گیاهان نقش به‌سزایی دارد. از جمله این عناصر غذایی مورد نیاز این گیاهان می‌توان به نیتروژن اشاره نمود. عناصر غذایی معدنی از جمله نیتروژن و فسفر نقش مهمی در بهبود عملکرد کمی و کیفی دانه رازیانه دارند (Kapoor et al., 2004). بررسی تأثیر کود نیتروژن بر رشد رویشی بابونه نشان داد افزایش مصرف کود نیتروژن منجر به افزایش وزن خشک گیاه بابونه و تحریک رشد رویشی این گیاه شد (Omid beigi and Hassani, 2009; Malayeri, 2007; Rahmati et al., 2009). مصرف کود نیتروژن در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum*) نیز سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس این گیاه شد زیرا میان افزایش نیتروژن قابل دسترس و افزایش غلظت ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گشنیز رابطه مستقیمی مشاهده گردید (Zheljazkov et al., 2008) در حالی‌که افزایش مصرف کود نیتروژن به میزان 150 کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد ماده خشک و اسانس گیاه دارویی بابونه در مقایسه با مصرف 75 کیلوگرم در هکتار نداشت (Bagheri et al., 2008). بررسی تأثیر کود اوره بر عملکرد دانه و اسانس دانه زنیان (*Trachyspermum ammi*) نشان داد مصرف کود شیمیایی عملکرد دانه زنیان را افزایش داد اما تأثیری بر درصد اسانس دانه نداشت. مصرف کود شیمیایی اوره سبب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و در نتیجه افزایش عملکرد گل بابونه شد (Akbari Niya et al., 2003). علی‌رغم این موضوع بعضی از تحقیقات نشان داده که مصرف کود شیمیایی دارای نیتروژن سبب تغییر در ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس

جدول 1- نتایج تجزیه خاک

Table 1- Results of analysis of soil

نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (mg kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (mg kg ⁻¹ soil)	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته خاک pH	بافت خاک Soil texture
0.08	11	510	0.81	4.2	7.3	لومی رسی Clay Loam

اول آبان ماه 1389 به عمق 30 سانتی‌متر شخم زده شد و سه روز قبل از هر تاریخ کاشت عملیات دیسک‌زنی انجام شد. مساحت هر کرت فرعی شش متر مربع بود. در زمان عملیات شخم 70 کیلوگرم در هکتار کود فسفات تریپل با خاک مخلوط شد. نیمی از کود اوره به هنگام کاشت و نیم دیگر آن در مرحله 6-8 برگی گیاه (کود سرک) به‌صورت نواری داده شد. بذر رازیانه توده اصفهان که از مرکز

این تحقیق به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در کرت‌های اصلی تاریخ کاشت (15 آبان و اول آذر) و در کرت‌های فرعی مقادیر نیتروژن (100، 125 و 150 کیلوگرم در هکتار) با منبع کود اوره قرار داشت. فاصله کرت‌های فرعی از یکدیگر یک متر و فاصله تکرارها از یکدیگر دو متر بود. زمین محل آزمایش در سال قبل آیش بود و در

فاکتور قرار گرفتند اما تعداد چتر در بوته تنها تحت تأثیر کود نیتروژن و اثر متقابل کود نیتروژن و تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول 2). گیاهان کاشته شده در تاریخ 15 آبان به طور معنی داری ارتفاع بوته بیشتری داشتند (92/7 سانتی متر) در حالی که مصرف 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن سبب افزایش معنی دار ارتفاع بوته رازیانه (95/9) در مقایسه با سطوح 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار شد (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و کود نیتروژن نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 و 150 کیلوگرم کود نیتروژن به میزان 97/3 و 96/7 سانتی متر و تاریخ کاشت اول آذر و مصرف 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 95/1 سانتی متر حاصل شد. این نتایج بیانگر آن است که در هر دو تاریخ کاشت افزایش مصرف کود نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته رازیانه شد (جدول 5). نتایج جدول 4 حاکی از آن است که مصرف 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن سبب افزایش معنی دار تعداد چتر در بوته (23 چتر) شد. اثر متقابل کود نیتروژن و تاریخ کاشت نشان داد که بیشترین تعداد چتر تحت تأثیر تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 150 کیلوگرم کود نیتروژن به میزان 24 عدد چتر در بوته حاصل شد. نتایج نشان داد که طول دوره رویشی گیاه رازیانه و فاصله کاشت تا آغاز گلدهی در گیاهانی که در 15 آبان کاشته شدند به طور معنی داری بیش از تاریخ کاشت اول آذر بود. همچنین مصرف 125 و 150 کیلوگرم کود نیتروژن طول دوره رویشی رازیانه را در مقایسه با مصرف 100 کیلوگرم در هکتار افزایش داد (جدول 5). نتایج اثر متقابل بیانگر آن است که بیشترین تعداد روز بین کاشت تا گلدهی در تیمار تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 و 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به مدت 160 و 164 روز و تیمار تاریخ کاشت اول آذر و مصرف 150 کیلوگرم کود نیتروژن به مدت 158 روز وجود داشت (جدول 5). این نتایج نشان می دهد که افزایش مصرف کود نیتروژن در هر دو تاریخ کاشت سبب افزایش طول دوره رویشی شد.

وزن خشک اندام هوایی و بذر رازیانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که وزن خشک بذر رازیانه تحت تأثیر تاریخ کاشت، کود نیتروژن و اثر متقابل این دو فاکتور قرار گرفت اما وزن خشک اندام هوایی تحت تأثیر تاریخ کاشت و اثر متقابل کود نیتروژن و تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول 2). نتایج جدول 3 نشان می دهد که وزن خشک بذر و اندام هوایی رازیانه در تاریخ کاشت 15 آبان به طور معنی داری بیش از تاریخ کاشت اول آذر بود (82/5 گرم در متر مربع). همچنین وزن خشک اندام هوایی رازیانه در تاریخ کاشت 15 آبان به طور معنی داری بیش از تاریخ کاشت اول آذر بود (483/6 گرم در متر مربع).

تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی کرج تهیه شده بود در ردیف هایی به فاصله 50 سانتی متر و فاصله بوته 15 سانتی متر روی ردیف با دست کشت شد. مبارزه با علف های هرز در دو مرحله و با دست انجام شد. آبیاری مزرعه با توجه به نیاز گیاه و به صورت بارانی انجام شد. صفات مورد بررسی در این آزمایش عبارت بودند: از ارتفاع بوته در زمان رسیدگی، تعداد روز تا گلدهی، تعداد چتر در بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک بذر، درصد اسانس بذر و اندام هوایی، عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی و ترکیبات استراگول (Estragol)، دی - فنکون (D-Fenchone) و آنتول (Anethole) در بذر و اندام هوایی بود. البته بیش از 23 ترکیب در اسانس بذر و اندام هوایی رازیانه شناسایی شد، اما مجموع سه ترکیب بالا بیش از 60 درصد ترکیبات اسانس بذر یا اندام هوایی را تشکیل می داد لذا از ذکر نام سایر ترکیبات در این مقاله خودداری شد. برداشت بوته ها در تاریخ دوم تیر ماه 1390 انجام شد. به منظور برداشت بوته ها (بعد از حذف حاشیه) از هر کرت پنج بوته به صورت تصادفی جهت اندازه گیری ارتفاع بوته و تعداد چتر انتخاب شدند. جهت اندازه گیری اسانس، وزن خشک دانه و وزن خشک بوته، گیاهان برداشت شده از یک متر مربع به مدت سه هفته در سایه خشک شدند. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت چهار ساعت و در شرایط کاملاً یکسان انجام شد. جهت شناسایی اجزای تشکیل دهنده اسانس استخراج شده از رازیانه از گاز کروماتوگراف (مدل Varian star 3400cx) با طول ستون 30 متر و گاز هلیوم با سرعت 2 میلی متر در دقیقه استفاده شد. در هر مورد پس از تزریق مقادیر بسیار جزئی اسانس، کروماتوگرام به دست آمده و طیف های جرمی ترکیب های مختلف موجود در آن بررسی شد. شناسایی طیف ها به کمک بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، مطالعه طیف های جرمی هر یک از اجزای اسانس و بررسی الگوهای شکست آنها، مقایسه آنها با طیف های استاندارد و استفاده از منابع معتبر انجام شد (Adams, 2001).

محاسبات آماری داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد و برای رسم شکل ها از نرم افزار Excel و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن (در سطح احتمال 1 درصد) استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته، تعداد روز تا گلدهی و تعداد چتر در بوته رازیانه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که ارتفاع بوته و تعداد روز تا گلدهی تحت تأثیر تاریخ کاشت، کود نیتروژن و اثر متقابل این دو

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر رشد، عملکرد دانه و اسانس گیاه رازیانه

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد پتپر Umbrella number	وزن خشک بوته Seed dry weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد روز تا گلدهی Day to flowering	درصد اسانس بذر Seed essential oil percentage	درصد اسانس بذر Shoot essential oil percentage	عملکرد اسانس بذر Seed essential oil yield
Block	بلوک	2	440.1**	0.59 ^{ns}	12.3 ^{ns}	235.6 ^{ns}	339.1**	11.4 ^{ns}	15.4 ^{ns}	112.3 ^{ns}
Sowing Date	تاریخ کاشت	1	580.8**	2.5 ^{ns}	79.7**	2677.2**	584.2**	17.1 ^{ns}	16.1**	179.7**
Error	خطا	2	210.5	4.6	11.4	286.7	110.6	18.7	19.7	11.4
Nitrogen	نیتروژن	2	426.8**	5.2**	17.2**	92.8 ^{ns}	6.8 ^{ns}	31.8**	39.5**	257.2**
Date×Nitrogen	تاریخ×نیتروژن	2	362.1**	1.6**	31.5**	1356.7**	377.1**	28.2**	37.2**	111.5**
Error	خطا	8	42.7	0.21	7.1	100	15.5	2.3	6.2	7.1
C.V (%)			13.73	15.52	6.73	16.11	9.05	5.41	6.05	12.0

ns و **: non-significant and significant at 1% probability level
 ns and **: non-significant and significant at 1% probability level

ادامه جدول ۲
Continued table 2

منابع تغییرات S.O.V		عملکرد اسانس بذر Shoot essential oil yield	درصد استراگل بذر Seed estragal percentage	درصد استراگل بذر Shoot estragal percentage	درصد دی فنکون بذر Seed D-fenchone percentage	درصد دی فنکون بذر Shoot D-fenchone percentage	درصد آنثول بذر Seed anethole percentage	درصد آنثول بذر Shoot anethole percentage
Block	بلوک	12.3 ^{ns}	7.1 ^{ns}	18.4 ^{ns}	102.1**	92.1**	132.2 ^{ns}	102.1 ^{ns}
Sowing Date	تاریخ کاشت	709.6**	956.1**	187.4 ^{ns}	652.1**	327.3**	872.1**	902.2**
Error	خطا	11.4	114.5	174.1	32.5	11.8	133.8	201.6
Nitrogen	نیتروژن	298.3**	583.1**	303.5 ^{ns}	411.1**	119.2**	544.1**	609.5**
Date×Nitrogen	تاریخ×نیتروژن	301.4**	401.9**	28.2**	71.4**	56.4**	106.4**	456.1**
Error	خطا	7.1	5.9	2.3	8.9	6.2	26.8	43.1
C.V (%)		7.51	3.84	9.10	4.12	5.06	3.68	7.01

ns و **: non-significant and significant at 1% probability level
 ns and **: non-significant and significant at 1% probability level

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر رشد، عملکرد دانه و اسانس گیاه رازیانه

Table 3- Mean comparison of the main effects of sowing date and nitrogen fertilizer on growth, seed yield and essential oil of fennel

فاکتور Factor	تاریخ کاشت Sowing date	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد چتر Umbrella number	وزن خشک بذر Seed dry weight (g m ⁻²)	وزن خشک بوته Plant dry weight (g m ⁻²)	تعداد روز تا گلدهی day to flowering	درصد اسانس بذر Seed essential oil percentage	درصد اسانس اندام هوایی Shoot essential oil percentage	عملکرد اسانس بذر Seed essential oil yield (g m ⁻²)	عملکرد اسانس اندام هوایی Shoot essential oil yield (g m ⁻²)
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)	6 November	92.7a	15.8a	80.01a	483.6a	161a	2.9a	3.35a	2.3a	16.1a
	22 November	82.25b	15.1a	61.5b	378.2b	142b	2.86a	2.8b	1.7b	10.5b
	100	83b	15b	60.24b	390a	153b	2.4b	2.4b	1.3b	9.3b
	125	94a	15.6b	68.9b	410.06a	160a	3.2a	3.2a	2a	13.5a
	150	95.9a	23.2a	82.5a	412.2a	164a	3.33a	3.33a	2.3a	13.7a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح پنج درصد نمی‌باشند.
Mean in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر درصد مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده اسانس گیاه رازیانه

Table 4- Mean comparison of the main effects of sowing date and nitrogen fertilizer on the most important compounds of the essential oil of fennel

فاکتور Factor	تاریخ کاشت Sowing date	درصد استراگول بذر Seed estragal (%)	درصد استراگول اندام هوایی Shoot estragal (%)	درصد دی فنکون اندام هوایی Shoot De- fenchone (%)	درصد آنتول بذر Seed anthole (%)	درصد آنتول اندام هوایی Shoot anthole (%)
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)	6 November	14.4a	17.4a	7.5a	36.3a	44.7a
	22 November	14a	17.1a	6.1b	31.4b	39.9b
	100	13.85b	17.25a	6.45b	30.6b	40.1b
	125	14.5a	17.15a	6.95a	36.2a	43.6a
	150	14.3a	17.25a	7a	34.8a	43.3a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح پنج درصد نمی‌باشند.
Mean in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر متقابل تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر رشد، عملکرد دانه و اسانس گیاه رازیانه^۱
Table 5- Mean comparison of the interaction effects of sowing date and nitrogen fertilizer on growth, seed yield and essential oil of fennel¹

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد چتر Umbrella number	وزن خشک بذر Seed dry weight (g m ⁻²)	وزن خشک Plant dry weight (g m ⁻²)	تعداد روز تا گلدهی day to flowering	درصد اسانس بذر Seed essential oil percentage	درصد اسانس اندام Shoot essential oil percentage	عملکرد اسانس بذر Seed essential oil yield (g m ⁻²)	عملکرد اسانس اندام هوایی Shoot essential oil yield (g m ⁻²)
Date1×Nitrogen1 تاریخ ۱×نیتروژن ۱	89b	15.2b	64.4b	380.2b	153b	2.1b	2.84b	1.3b	10.7b
Date1×Nitrogen2 تاریخ ۱×نیتروژن ۲	97.3a	15.7b	70.2b	442.5a	160a	2.9a	3.14a	2.2a	13.9a
Date1×Nitrogen3 تاریخ ۱×نیتروژن ۳	96.7a	24.5a	81.2a	438.9a	164a	2.8a	3.12a	2.2a	13.6a
Date2×Nitrogen1 تاریخ ۲×نیتروژن ۱	84c	14.8b	52.1c	307.7d	143c	2.2b	2.11d	1.1c	6.4e
Date2×Nitrogen2 تاریخ ۲×نیتروژن ۲	90.7b	15.5b	55.9c	348.5c	152b	2.2b	2.34c	1.2c	8.1d
Date2×Nitrogen3 تاریخ ۲×نیتروژن ۳	91.1b	17.6b	62.6b	357.4c	153b	2.3b	2.75b	1.4b	9.8c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح پنج درصد نمی‌باشند.

Mean in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

۱: تاریخ ۱ و ۲ به ترتیب ۱۵ آبان و ۱ آذر می‌باشد نیتروژن ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۱۵۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار است.

1: Date 1 and 2 are 6 November and 22 November. N1, 2 and 3, respectively 100, 125 and 150 kg urea per hectare.

تاریخ کاشت و کود نیتروژن را نشان می‌دهد. آنتول بیشترین درصد اجزای تشکیل دهنده اسانس را به خود اختصاص داد. بیشترین درصد آنتول بذر و اندام هوایی در تاریخ کاشت 15 آبان و تحت تأثیر مصرف 125 کیلوگرم بر هکتار کود اوره به میزان بیش از 39 درصد (بذر) و 45 درصد (اندام هوایی) به دست آمد. بیشترین درصد استراگول بذر در تاریخ کاشت 15 آبان و تحت تأثیر مصرف 125 و 150 کیلوگرم بر هکتار کود اوره به میزان بیش از 14 درصد به دست آمد. تغییرات درصد استراگول اندام هوایی رازیانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. بیشترین درصد دی فنکول بذر و اندام هوایی در تاریخ کاشت 15 آبان و تحت تأثیر مصرف 125 و 150 کیلوگرم بر هکتار کود اوره مشاهده شد (جدول 6).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن با تأثیرگذاری بر صفاتی مانند طول دوره رویشی، عملکرد بذر و اندام هوایی و تغییرات درصد اسانس منجر به تغییر در درصد و عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی رازیانه شد. نتایج بیانگر آن است که تأخیر در کاشت رازیانه سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد روز تا گلدهی و وزن خشک اندام هوایی رازیانه شد. مصرف کود نیتروژن به مقدار 125 و 150 کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت اول آذر هرچند سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی رازیانه شد. اما بیشترین مقدار ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی در تاریخ کاشت 15 آبان مشاهده شد. محققین گزارش نمودند که رعایت تاریخ کاشت در گیاه بادرسوبیه سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی این گیاه می‌شود زیرا فرصت کافی برای استفاده از عوامل محیطی برای گیاه فراهم است (Davazdahemami et al., 2008).

مطالعه تأثیر تاریخ کاشت بر رشد و گلدهی بابونه نشان داد تأخیر در کشت بابونه با تأثیر منفی بر رشد و کاهش طول دوره رشد بابونه سبب کاهش رشد رویشی و وزن خشک اندام هوایی بابونه شد (Ejadi et al., 2009; Haj Seyed Hadi et al., 2002). نتایج آزمایش حاضر بیانگر آن است که افزایش مصرف کود نیتروژن در تاریخ کاشت 15 آبان سبب افزایش تعداد چتر در بوته رازیانه شد که دلیل این امر افزایش رشد رویشی و تعداد شاخه‌های جانبی در مقایسه با هنگامی است که مقادیر کمتری از کود نیتروژن مصرف شد.

افزایش مصرف کود نیتروژن در تاریخ کاشت اول آذر تأثیری بر تعداد چتر در بوته نداشت. افزایش منابع نیتروژن قابل دسترس گیاه رازیانه سبب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های فرعی و در نتیجه تعداد چتر در گیاه شد (Moradi et al., 2009). افزایش مصرف کود نیتروژن سبب افزایش رشد رویشی و عملکرد کمی گشنیز شد (Zheljazkov et al., 2008).

نتایج جدول 4 حاکی از آن است که وزن خشک بذر در مترمربع تحت تأثیر مصرف کود نیتروژن افزایش یافت. اثر متقابل تاریخ کاشت و مصرف نیتروژن نشان داد بیشترین وزن خشک دانه تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (81/2 گرم در متر مربع) و کمترین وزن خشک بذر در تاریخ کاشت اول آذر و مصرف 125 و 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (به ترتیب 52/1 و 55/9 گرم در متر مربع) دیده شد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی رازیانه در تیمارهای تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 و 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان 442 و 438 گرم در متر مربع دیده شد (جدول 5).

درصد و عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که درصد و عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی رازیانه تحت تأثیر تاریخ کاشت، نیتروژن و اثر متقابل تاریخ کاشت و نیتروژن قرار گرفت (به جز تأثیر تاریخ کاشت بر درصد اسانس بذر رازیانه که معنی‌دار نشد). تاریخ کاشت تأثیری بر درصد اسانس بذر رازیانه نداشت اما تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد اسانس بذر معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین عملکرد اسانس بذر، درصد اسانس اندام هوایی و عملکرد اسانس اندام هوایی در تاریخ کاشت 15 آبان به ترتیب به میزان 2/3 گرم در متر مربع، 3/3 درصد و 16/1 گرم در متر مربع دیده شد. نتایج جدول 3 بیانگر آن است که افزایش مصرف کود نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس و عملکرد اسانس بذر رازیانه شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و تاریخ کاشت نشان داد بیشترین درصد اسانس بذر رازیانه در تیمارهای تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به میزان 2/9 درصد دیده شد. بیشترین میزان عملکرد اسانس بذر رازیانه نیز در همین تیمار به میزان 2/2 گرم در متر مربع دیده شد (جدول 4). بیشترین عملکرد اسانس اندام هوایی رازیانه در تیمارهای تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان 13/9 گرم در متر مربع دیده شد. کمترین عملکرد اسانس اندام هوایی رازیانه تحت تأثیر تاریخ کاشت اول آذر و مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن به میزان 6/4 گرم در مترمربع دیده شد (جدول 4).

تغییرات ترکیبات استراگول (Estragol)، دی - فنکون (D-Fenchone) و آنتول (Anethole) در بذر و اندام هوایی

نتایج جدول 2 نشان دهنده تأثیر تاریخ کاشت و مصرف کود نیتروژن بر تغییرات درصد استراگول، دی - فنکون و آنتول بذر و اندام هوایی رازیانه است. نتایج جدول 6 تغییرات درصد ترکیبات استراگول، دی - فنکون و آنتول عصاره بذر و اندام هوایی رازیانه تحت تأثیر

جدول 6- مقایسه میانگین اثر متقابل تأثیر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر درصد مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده اسانس گیاه رازیانه¹
Table 6- Mean comparison of the interaction effects of sowing date and nitrogen fertilizer on the most important compounds of the essential oil of fennel¹

تیمار Treatment	درصد استراگول Seed estragol (%)	درصد استراگول اندام Shoot estragol (%)	درصد دی فنکون بنر Seed De- fenchone (%)	درصد دی فنکون اندام هوایی Shoot De- fenchone (%)	درصد آنتول بنر Seed anthole (%)	درصد آنتول اندام هوایی Shoot anthole (%)
Date1×Nitrogen1 تاریخ 1 نیتروژن 1	13.6b	17.4a	10.7b	6.8b	32.1b	43b
Date1×Nitrogen2 تاریخ 1 نیتروژن 2	14.9a	17.3a	12.9a	7.9a	39.7a	45.9a
Date1×Nitrogen3 تاریخ 1 نیتروژن 3	14.7a	17.4a	12.2a	7.9a	37.1a	45.1a
Date2×Nitrogen1 تاریخ 2 نیتروژن 1	14.1b	17.1a	9.3c	6.1c	29.1c	37.1d
Date2×Nitrogen2 تاریخ 2 نیتروژن 2	14.1b	17.1a	9.1c	6.0c	32.7b	41.3c
Date2×Nitrogen3 تاریخ 2 نیتروژن 3	13.9b	17.1a	10.1b	6.1c	32.5b	41.5c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح پنج درصد نمی‌باشند.

Mean in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

1: تاریخ 1 و 2 به ترتیب 15 آبان و 1 آذر می‌باشد. نیتروژن 1، 2 و 3 به ترتیب 100، 125 و 150 کیلوگرم کود اوره در هکتار است.

1: Date 1 and 2 are 6 November and 22 November. N1, 2 and 3, respectively 100, 125 and 150 kg urea per hectare

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که در هر دو تاریخ کاشت مصرف 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد بذر رازیانه در متر مربع در مقایسه با سطوح کمتر نیتروژن شد و بیشترین وزن خشک بذر در تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به میزان 81/2 گرم در متر مربع به دست آمد (جدول 5).

افزایش وزن خشک بذر در نتیجه اثر تیمار را می‌توان ناشی از فرصت کافی برای رشد رویشی و تشکیل تعداد شاخه‌های فرعی ایجادکننده چتر در مقایسه با تاریخ کاشت اول آذر ماه دانست. همچنین گیاهانی که در 15 آبان کاشته شدند قبل از فرارسیدن سرمای دی ماه تا اوایل بهمن ماه خوزستان رشد رویشی کافی داشتند و با مناسب شدن دمای هوا از اواسط بهمن رشد رویشی خود را از سر گرفتند و از منابع کود نیتروژن که در اختیارشان قرار گرفت استفاده بهتری نمودند در حالی که گیاهانی که در اول آذر ماه کاشته شدند رشد رویشی کمتری داشتند و تعداد شاخه جانبی و در نتیجه چتر کمتری تولید نمودند. در واقع تأخیر در کاشت رازیانه موجب می‌شود که گیاه قبل از آن که فرصت کافی برای رشد رویشی داشته باشد وارد دوره زایشی شود و نتواند از عوامل محیطی به نحو مناسبی استفاده نماید. محققین بیان نمودند کشت گیاه بابونه در ابتدای پاییز در شرایط آب و هوایی مشهد منجر به رشد رویشی کافی و گلدهی مناسب این گیاه شد اما گیاهان کاشته شده در بهار هرچند رشد رویشی کمتری داشتند اما از درصد اسانس بیشتری برخوردار بودند (Ebadi et al., 2009). بررسی تأثیر مصرف نیتروژن بر عملکرد گل گیاه دارویی همیشه بهار

نشانی داد مصرف نیتروژن عملکرد گل خشک را بیش از 100 کیلوگرم در هکتار در مقایسه با عدم کاربرد کود نیتروژن افزایش داد زیرا منجر به افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و وزن گل شد (Pop et al., 2007).
بیشترین درصد و عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی رازیانه در تاریخ کاشت 15 آبان و تحت تأثیر مصرف 125 و 150 کیلوگرم بر هکتار کود اوره به دست آمد. البته تفاوت معنی‌داری میان این دو سطح نیتروژن دیده نشد. این موضوع نشان می‌دهد که فرصت کافی برای رشد گیاه رازیانه در کنار مصرف مقادیر مناسب کود نیتروژن در افزایش عملکرد اقتصادی این گیاه در خوزستان نقش به‌سزایی دارد. محققین رعایت تاریخ کاشت و تغذیه مناسب با منابع نیتروژن را در افزایش درصد اسانس و عملکرد گیاهان دارویی مؤثر دانستند (Davazdahemami et al., 2008; Ebadi et al., 2009).
تحقیق حاضر افزایش مصرف کود اوره سبب افزایش درصد اسانس در دانه و اندام هوایی شد که با نتایج سایر محققان روی رازیانه و نعنای فلفلی (*Mentha piperita*) همخوانی دارد (Khan and Azam, 1999; Jeliazkova, 1999). افزایش عملکرد اسانس بذر و اندام هوایی رازیانه در تاریخ کاشت 15 آبان در مقایسه با اول آذر را می‌توان وجود فرصت کافی برای رشد، تولید شاخه‌های فرعی و تعداد چتر (برای تولید دانه)، افزایش وزن خشک اندام هوایی و افزایش درصد اسانس بذر و اندام هوایی دانست. افزایش نیتروژن قابل دسترس گیاه رازیانه سبب افزایش عملکرد کمی بذر این گیاه و

همخوانی دارد (Jamshidi *et al.*, 2004). مصرف کود اوره سبب افزایش آنتول و کاهش دی فنکون رازیانه شد (Khan and Azam, 1999). افزایش مقدار اسانس بذر انیسون تحت تأثیر مصرف کود نیتروژن گزارش شده است (Iran Nejad and Resam, 2002). بررسی تأثیر کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر اجزای اسانس زنیان نشان داد که واکنش اجزای اسانس زنیان به مقادیر کم کود اوره واکنش نشان می‌دهد و افزایش می‌یابد اما مصرف بیشتر کود اوره تأثیری بر این ترکیبات ندارد (Akbari Niya *et al.*, 2003).

با توجه به نتایج آزمایش حاضر می‌توان گفت تأخیر در کشت گیاه رازیانه در شرایط آب و هوایی شمال خوزستان احتمالاً منجر به کاهش رشد و عملکرد اسانس این گیاه دارویی می‌شود. با توجه به اینکه در زمینه گیاهان دارویی عملکرد اسانس در واحد سطح و اجزای تشکیل دهنده اسانس مهم می‌باشند می‌توان گفت بهترین تیمار جهت افزایش عملکرد و کیفیت اسانس بذر و اندام هوایی گیاه رازیانه در شمال خوزستان تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن می‌باشد. با توجه به متغیر بودن شرایط آب و هوایی، پیشنهاد می‌گردد این تحقیق حداقل در یک دوره سه ساله و با تغییر منابع تأمین نیتروژن انجام گردد تا نتایج جامع‌تری حاصل گردد.

در نتیجه افزایش عملکرد اسانس در واحد سطح شد (Moradi *et al.*, 2009). افزایش مصرف کود نیتروژن هرچند تغییرات کمی در مقادیر اسانس شویید داد اما در مجموع سبب افزایش درصد اسانس و در نتیجه عملکرد اسانس شویید شد (Bist *et al.*, 2000). افزایش مصرف کود اوره در زراعت گیاه دارویی بابونه منجر به افزایش درصد اسانس، عملکرد رویشی و عملکرد اسانس گیاه بابونه شد (Omid beigi and Hassani Malayeri, 2007).

از نتایج این آزمایش بر می‌آید که هم تاریخ کاشت و هم مقدار نیتروژن بر اجزای تشکیل دهنده اسانس رازیانه تأثیرگذار بودند. نتایج بررسی اجزای تشکیل دهنده اسانس بذر و اندام هوایی گیاه رازیانه نشان داد بیشترین درصد استراگول، دی فنکون و آنتول بذر و اندام هوایی رازیانه (به استثنای استراگول اندام هوایی) در تاریخ کاشت 15 آبان و مصرف 125 و 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره به دست آمد که البته بین این دو سطح کود تفاوت معنی‌داری دیده نشد. در تاریخ کاشت اول آذر نیز افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار مقادیر دی فنکون بذر و آنتول بذر و اندام هوایی رازیانه شد. در زراعت گیاهان دارویی علاوه بر درصد اسانس، کیفیت اسانس و ترکیبات تشکیل دهنده آن نیز اهمیت خاصی دارند. محققین با بررسی اسانس رازیانه مشاهده نمودند آنتول، دی فنکون و استراگول بیشترین بخش اجزای اسانس رازیانه را به خود اختصاص دادند که با تحقیق حاضر

References

- Adams, R. P. 2001. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy carol stream, Allured publishing crop pp: 465-456.
- Ahmadi, L., and Mirza, M. 2009. The effect of the different stages of growth and harvest time on the chemical composition of essential oil of *Salvia nemorosa* L. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 3 (2): 93-99. (in Persian with English abstract).
- Ahvazi, M., Rezvani Aghdam, A., and Habibi Khaniani, B. 2010. Seed of medical plants (morphology, physiology and medicinal properties). Vol 1. Jahad Daneshgahi Press. 228 p. (in Persian).
- Akbari Niya, A., Ghalavand, A., Sefidkan, F., Rezaei, M. B., and Sharifi Ashorabadi, A. 2003. The effect of chemical fertilizers, manure and combination of yield and essential oil compounds Bishop. Research and development 61: 32-42. (in Persian with English abstract).
- Anonymous, 2010. Meteorological data, Meteorological station, Shoushtar.
- Bagheri, M., Golparvar, A., Shirani Rad, A. H., Zeinali, H., and Jafarpour, M. 2008. Effects of sowing date and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics German chamomile in Isfahan condition. Journal of Agricultural Sciences 4 (1): 12-20. (in Persian with English abstract).
- Baydar, H., and Baydar, N. G. 2005. The effects of harvest date, fermentation duration and Tween treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.). Industrial Crops and Products 21: 251-255.
- Bist, L. D., Kewaland, C. S., and Pandey, S. 2000. Effect of planting geometry and N levels on growth yield and quality of European oil, Inian J. hart. 57 (4): 351-355.
- Davazdahemami, S., Sefidkon, F., Jahansooz, M. R., and Mazaheri, D. 2008. Comparison of biological yield, essential oil content and composition and phenological stages of moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) in three planting dates. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24 (3): 263-270. (in Persian with English abstract).
- Ebadi, M., Azizi, M., Omidbaigi, R., and Hassanzadeh Khayat, M. 2009. The effect of sowing date and seeding levels on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita* L.) CV. Presov. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25 (3): 296-308. (in Persian with English abstract).

11. Haj Seyed Hadi, M. R., Khodabande, N., Yasa, N., and Darzi, M. T. 2002. The effect of planting date and plant density on yield and amount of active ingredient of chamomile flowers. Iranian Journal of Crop Sciences 4 (3): 208-217. (in Persian with English abstract).
12. Iran Nejad, H., and Resam, Gh. 2002. The effect of different amounts of nitrogen and phosphorus on yield and seed oil Anise. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 9 (1): 93-101. (in Persian with English abstract).
13. Jamshidi, A. H., Shams Ardakani, M., Haji Akhondi, A., and Abdi, H. 2004. The effect of time on volatile oil extraction plant fennel. Journal of Medicinal Plants 11: 68-73. (in Persian with English abstract).
14. Jeliaskova. 1999. NPK fertilizer and yield of peppermint. Acta Horticulture 505: 231-236.
15. 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.
16. 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 of Plant Nutrition 11: 2205-2515.
17. Letchamo, W., and Marquard, R. 1993. The pattern of active substances accumulation in chamomile genotypes under different growing condition and harvesting frequencies. Acta Horticulture 331: 357- 361.
18. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Journal of Agricultural Research 7 (2): 625-635. (in Persian with English abstract).
19. Omid beigi, R., and Hassani Malayeri, S. 2007. Effects of nitrogen fertilization and planting density on the bull's eye chamomile cultivar Zardband. Journal of Agricultural Sciences of Iran 38 (2): 303-309. (in Persian with English abstract).
20. Pop, G., Pirsan, P., Mateoc-sirb, N., and Mateoc, T. 2007. Influence of technological elements on yield quantity and quality in marigold (*Calendula officinalis* L.) cultivated in cultural conditions of Timisoara. 1st International Scientific Conference on Medicinal, Aromatic and Spice Plants: Nitra, 20-23.
21. Rahmati, M., Azizi, M., Hassanzadeh Khayat, M., and Nemati, H. 2009. The effect of different levels of density and nitrogen on morphological traits, yield, chamomile essential oil and chamazulene. Agricultural Sciences and Technology 23 (1): 27-35. (in Persian with English abstract).
22. Zheljazkov, L., Pickett, K., Caldwell, C., Pincock, J., Roberts, J., and Mapplebeck, L. 2008. Cultivar and sowing date effects on seed yield and oil composition of coriander in Atlantic Canada. Industrial Crops and Products 28 (1): 88-94.



The Effect of Sowing Date and Nitrogen fertilizer on Growth, Essential Oil and Essential Oil Compounds of Fennel (*Foeniculum vulgare*) under Shoushtar Condition

R. Farhoudi^{1*} - Z. Khodarahmpour¹

Received: 06-03-2016

Accepted: 09-11-2016

Introduction

Nowadays, the phytochemical constituents of medicinal plants have received much attention due to their potential use in nutraceuticals and drug industries. Spices and herbs are part of daily food intake across many regions of the world. They have been used as natural sources of flavorings and preservatives. Recently the use of medicinal plants and their derived products in the pharmaceutical and healthcare industry has seen rapid development in recent years. As the other crops, the increase in seed and active ingredient yield of medicinal herbs is influenced by genetic and environmental parameters. Although genetic factors play a significant role in the development of the essential oil of medicinal plants, should also be aware of the role of climatic factors and crops in the field. Therefore, medicinal plants dry matter production and its essential oils are controlled by environmental factors, conditions, sowing date, planting? fertilizing and harvesting time. Researches indicated stated that nitrogenous fertilization and sowing time increased yield by increasing hydrocarbon production owing to the development of shoots and the expansion of carbon-absorbing surface. Therefore to determine the effective N-fertilization level and plant sowing date for Fennel (*Foeniculum vulgare*) an experiment was carried out to increase the yield of anethodium flowers and content of essential oil.

Materials and Methods

Field experiment was carried out at the research farm of Islamic Azad University, Shoushtar branch (Shoushtar located in the north of Khuzestan), in Iran during 2010-2011. The experiment was conducted on a split plot design based on randomized completely block design with three replications. The plant sowing date (November, 6 and 22) and UreaTM fertilizer (%46) (100, 125 and 150 kg ha⁻¹) allocated to main plot and sub plot, respectively. For identification of components, Agilent gas chromatography model 6890 N, equipped with MSD model 5973 N and fused silica capillary column (HP-5MS, 30m- 0.25mm) were used for qualitative and quantitative analysis of oils. The GC oven temperature was held at 50 °C for 5 min, then programmed from 50 °C to 240 °C at a rate of 3 °C min⁻¹ and from 240 °C to 290 °C at a rate of 5 °C min⁻¹, held for 2 min at 290 °C, using the gas as the carrier (1.0 ml min⁻¹). The temperature of injector and detector were 240 °C and 280 °C, respectively. The percentage composition of the essential oils was computed from GC peak areas without using any correction factors. Qualitative analysis was based on comparison of retention times and indices on both columns and mass spectra using computer mass spectra libraries model Agilent Technologies 5973 Network and corresponding data available in the literature.

Results and Discussion

Growth and essential oil yield of Fennel seed and shoot significantly influenced by sowing date and N fertilizer. Results of interaction the effect of sowing date and nitrogen fertilizer showed 6 November sowing date and 125 and 150 Urea fertilizer increase shoot dry weight (442.5 and 438.9 g m⁻²), seed essential oil percentage (2.9 and 2.8%), shoot essential oil percentage (3.14 and 3.12%), seed essential oil yield (2.2 g m⁻²) and shoot essential oil yield (13.9 and 13.6 g m⁻²). Anatole had the highest percentage of essential oil components. Highest percentage of seed and shoot of anatole obtained from samples from plants sowing on November 6th and fertilized with Urea 125kg per hectare under the influence of urea fertilizer by more than 39 percent of (seed) and 45% (shoots), respectively. The highest percentage of seed estragole obtained from plants sowing on 22November and under 125and150 Urea kg per hectare, respectively. Fennel shoot estragole percentages were

1- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Shoushtar Branch, Shoushtar, Iran

(*- Corresponding Author Email: rfarhoudi@gmail.com)

not affected by various treatments. Highest of seed and shoot De-fench one percentages were observed.in planting of 6 November and 125 and 150kg per hectare under the influence of urea.

Conclusions

The results of these experiment revealed that the sowing date and nitrogen content affected the constituents of the essential oil of fennel. Results showed that delaying sowing date under the North of Khuzestan weather conditions leading to reduced growth and yield of essential oil. According to the results, the most suitable sowing date and N fertilizer for Fennel under north of Khuzestan province condition are 6 November and 125 kg ha⁻¹ UreaTM fertilizer.

Keywords: Anethole, Dry weight, Estragol, Umbrellanumber



تأثیر سطوح مختلف حاصلخیزکننده‌های آلی و شیمیایی بر عملکرد، شاخص برداشت و درصد عصاره گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)

سمانه لاله¹- مجید جامی الاحمدی^{2*} - سهیل پارسا³

تاریخ دریافت: 1394/12/17

تاریخ پذیرش: 1395/07/06

چکیده

یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به منظور حصول عملکرد بالاتر گیاهان دارویی، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر گیاه دارویی شاهدانه آزمایشی در سال 1394 به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام گرفت. فاکتورهای مورد آزمایش شامل: کود دامی (صفر، 10، 20 و 30 تن در هکتار کود گاوی پوسیده شده) به عنوان کرت اصلی و کود نیتروژن (صفر، 50 و 100 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره) به همراه کود فسفر (صفر و 80 کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع کود سوپرفسفات تریپل) به عنوان کرت فرعی و به صورت فاکتوریل بودند. اعمال کودهای دامی، فسفر و نیمی از کود نیتروژن قبل از کاشت و نیمی دیگر از کود نیتروژن به صورت سرک انجام شد. صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل درصد بوته‌های ماده، ارتفاع و قطر ساقه، عملکردهای ساقه، برگ، دانه و بیولوژیک، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و درصد عصاره گیاه بودند. نتایج نشان داد که نوع مدیریت حاصلخیزی خاک تأثیر معنی‌داری بر درصد بوته‌های ماده شاهدانه نداشت. با افزایش سطوح کود دامی و کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر، ارتفاع و قطر ساقه، عملکرد ساقه و برگ و میزان عصاره برگ افزایش یافت. فسفر وزن هزاردانه را به میزان 11/18 درصد افزایش داد. تیمار 20 تن کود دامی به همراه 100 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار بالاترین عملکرد ساقه و برگ را به ترتیب به میزان 2541/83 و 7001/6 کیلوگرم در هکتار تولید نمود. تیمار 30 تن کود دامی به همراه 50 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار نیز در افزایش عملکرد ساقه مؤثر بود. در این آزمایش، مقادیر 20 تن کود دامی به همراه 100 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار و همچنین مقادیر 30 تن کود دامی به همراه 50 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار تیمارهای مطلوب برای افزایش عملکرد شاهدانه بودند. لذا استفاده تلفیقی از کودهای دامی و شیمیایی در مقایسه با کاربرد هریک از آن‌ها به تنهایی، تأثیر مثبت بیشتری بر رشد و عملکرد شاهدانه دارد. همچنین در تغذیه این گیاه باید به هدف تولید از شاهدانه توجه داشت.

واژه‌های کلیدی: اوره، سوپرفسفات تریپل، کود گاوی

مقدمه

ویژه‌ای می‌باشند (Rezaei et al., 2014)، این موضوع سبب ترغیب و توجه به کشت و تولید این گیاهان در سطح جهانی گردیده است و وجود ارزش و اهمیت آن در زمینه‌های مختلف، کمتر مورد توجه قرار گرفته است شاهدانه می‌باشد.

گیاه دارویی شاهدانه یا بنگ (*Cannabis sativa* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کاشته شده توسط بشر و متعلق به خانواده‌ی Cannabaceae، بومی ایران است که جهت استفاده از لیاف، ساخت کاغذ، استخراج روغن، تولید ترکیبات دارویی و مخدر در مناطق گرم کاشته می‌شود. این گیاه علفی، یکساله و دوپایه می‌باشد. جنس نر و ماده شاهدانه مخصوصاً در زمان گلدهی خصوصیات رشدی متفاوتی

در فلور غنی ایران که بیش از 7500 گونه گیاهی را در برمی‌گیرد، تعداد بسیار زیادی گیاه وجود دارند که به دلایلی دارویی نامیده می‌شوند (Eslami khalili et al., 2014). امروزه گیاهان دارویی بخش مهمی از طب سنتی بسیاری از کشورها را تشکیل می‌دهند که در رویکردهای جدید درمانی دارای ارزش و جایگاه

1- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند

2- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند

3- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند

(*)- نویسنده مسئول: Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.54427

کیلوگرم فسفر در هکتار بیشترین عملکرد دانه را در کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) تولید کرد. زارع زاده و همکاران (Zare-Zadeh et al., 2012) میزان 100 کیلوگرم کود فسفر را در تولید عملکرد بذر گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum*) به میزان 811/1 کیلوگرم در هکتار مؤثر دانستند.

کاربرد کودهای آلی و دامی در کشاورزی پایدار، می‌تواند باعث افزایش باروری و حاصلخیزی خاک، افزایش ماده‌ی آلی (Aghhavan-Shajari et al., 2014)، افزایش تنوع میکروبی خاک، بهبود ساختمان فیزیکی خاک و جلوگیری از فرسایش آن، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک، کاهش اثرات سوء تنش‌ها از جمله تنش خشکی (Jahanban and Lotfifar, 2011)، کاهش غلظت سدیم در گیاه در خاک‌های شور و افزایش کیفیت و سلامت محصول شود (Bigonah et al., 2015). با این وجود کاربرد کودهای شیمیایی نیز برای تولید حداکثر عملکرد در مزرعه اهمیت دارد (Shankarrao, 2012). برآوردها نشان می‌دهد که بیش از 50 درصد افزایش تولید در کشاورزی به کاربرد کودهای شیمیایی مربوط می‌شود (Jahanban and Lotfifar, 2011). نتایج مطالعات محققان نیز نشان می‌دهد که کاربرد همزمان ماده آلی و کودهای شیمیایی به میزانی که نیاز گیاهی را تأمین کند، در تولید کمی و کیفی گیاهان دارویی مؤثر است. در گیاه دارویی آب بشقابی (*Centella asiatica*) کاربرد 50 درصد کود اوره به همراه 50 درصد کود آلی در مقایسه با کاربرد 100 درصد کود آلی، باعث افزایش 5 برابری و در مقایسه با کاربرد کود غیر آلی (100 درصد اوره)، باعث افزایش 1/5 برابری تولید بیومس این گیاه شد (Devkota and Kumar-Jha, 2013). در گیاه رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.) تمامی صفات اندازه‌گیری شده مانند ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک برگ و عملکرد گیاه از تیمار ترکیبی کود شیمیایی و دامی متأثر شد و کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی تأثیر بیشتری بر این صفات داشت (Hosseini-Valiki and Ghanbari, 2015). کاربرد نیتروژن همراه با کود آلی در زیره سبز (*Cuminum cyminum*) نیز اثر کاربرد کودهای آلی را بهبود بخشید (Seghatoleslami, 2013). محققان با بررسی مقادیر مختلف کود دامی، کودهای شیمیایی و نیز کاربرد تلفیقی آن‌ها در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) اظهار داشتند که مصرف کود دامی و شیمیایی (NPK) به ترتیب موجب افزایش 78 و 69 درصدی محصول رازیانه گردید، در حالی که کاربرد تلفیقی آنها تولید را تا 122 درصد افزایش داد (Eslami-Khalili et al., 2014). پوریوسف و همکاران (Pouryousef et al., 2010) اظهار داشتند که مصرف تیمارهای کود دامی و تلفیق کودهای دامی و شیمیایی در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی از تأثیر بیشتری برخوردار بوده و عملکرد دانه‌ی اسفرزه (*Plantago psyllium*) را به طور معنی‌داری افزایش داد. در گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum ammi*) بیشترین عملکرد

نشان می‌دهند. گل‌های نر خوشه‌هایی هستند که پس از گرده‌افشانی از بین می‌روند. گل‌های ماده در مریستم انتهایی بوته یا در زوایای برگ‌ها جای دارند (Zaman, 2003). گیاه ماده ساقه‌ای ضخیم‌تر، کوتاه‌تر و سیکل زندگی طولانی‌تری نسبت به گیاه نر دارد (Mansouri and Asrar, 2013). دانه گیاه ماده شاهدانه در تغذیه انسان به دلیل کاهش کلسترول و فشار خون اهمیت دارد (Oomah et al., 2002). از دانه شاهدانه در تغذیه پرندگان نیز استفاده می‌شود. امروزه با وجود شناسایی بیش از 500 ترکیب طبیعی در گیاه شاهدانه (Khan et al., 2014)، این گیاه در افزایش اشتها، احساس آرامش و خواب‌آلودگی، درمان افسردگی، میگرن، سرفه‌های آسمی، کاهش لرزش‌های ناشی از بیماری ام اس و درمان آلزایمر کاربرد دارد (Tehrani-pour et al., 2012).

یکی از نکات مهم در زمینه‌ی کاشت گیاهان دارویی توجه به تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک است. با روش صحیح تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک، می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، کاهش آلودگی منابع آب زیرزمینی، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارایی نهاده‌ها را نیز افزایش داد (Akbarinia et al., 2003). نیتروژن عنصری ضروری و اساسی است که در ترکیب با سایر عناصر، مواد بسیار ارزشمندی نظیر آمینواسیدها، نوکلئیک اسیدها، کلروفیل، آلکالوئیدها و بازهای پورینی را تولید می‌کند (Zaman, 2003). اگر نیتروژن مورد استفاده کم‌تر یا بیشتر از حد نیاز گیاه باشد، اختلالاتی را در فرآیندهای گیاه موجب می‌شود که ممکن است به صورت‌های مختلفی نظیر تغییر غیرطبیعی در رشد و نمو و حتی توقف رشد زایشی و زردی گیاه بروز کند (Hoffman and Cleemput, 2004). اصغری‌پور و همکاران (Asghari-Pour et al., 2006) تأثیر کود نیتروژن را در مقایسه با کودهای فسفر و پتاسیم بر عملکرد دانه و الیاف شاهدانه بیشتر دانستند و با افزایش فراهمی نیتروژن، افزایش عملکرد ماده خشک و الیاف، ارتفاع و قطر ساقه، همچنین وزن ساقه، برگ و گل آذین شاهدانه را گزارش کردند. آن‌ها همچنین با افزایش فراهمی نیتروژن اختلافی بین میانگین‌های جمعیت بوته‌های نر و ماده گزارش نکردند. در مطالعه پویسا و آداموویکس (Poisa and Adamovics, 2010) افزایش میزان کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد بذر شاهدانه شد، در حالی که محتوای روغن بذر کاهش یافت. فسفر بعد از نیتروژن یکی از عناصر اصلی مورد استفاده در گیاهان است که در تجمع و تولید اسیدهای چرب، گسترش ریشه، فتوسنتز، گل‌دهی و گرده‌افشانی تأثیر دارد. این عنصر با دخالت در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، در ترکیبات انرژی‌زا و در مکانیسم‌های انتقال انرژی نقش دارد. تأثیر فسفر در تولید محصول بیشتر و با کیفیت بهتر، تشکیل و پایداری گلدهی، مقاومت به ورس و در نهایت بالابردن عملکرد دانه نیز تأیید شده است (Valadabadi et al., 2007). در بررسی موزن و همکاران (Moazzen et al., 2006) تیمار 100

اعمال تمامی کود سوپر فسفات تریپل و نیمی از کود اوره بعد از آماده‌سازی ردیف‌های کاشت توسط فاروئر و قبل از کاشت به‌صورت خطی با روش کود کاری دستی انجام شد. تنک اول در مرحله‌ی دو تا چهار برگ‌ی و تنک دوم دو هفته پس از تنک اول انجام گرفت. پس از اتمام تنک نیز نیمی دیگر از تیمارهای کود اوره به‌صورت سرک (به‌جز شاهد) اعمال شد. وجین علف‌های هرز در دو مرحله همزمان با تنک گیاه صورت گرفت و پس از گسترش کانوپی به علت سایه‌اندازی گیاه شاهدانه نیازی به وجین علف‌های هرز نبود. در طی آزمایش هیچ نوع کود شیمیایی دیگری به‌جز تیمارهای کودی و یا علف کش و قارچ کش مصرف نشد.

دانه از کاربرد 90 کیلوگرم فسفر+ 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌همراه 15 تن در هکتار کود دامی حاصل شد (Akbarinia et al., 2003). رشد و عملکرد گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در تیمار تلفیقی کود شیمیایی (NPK) و کود دامی بیشتر از کاربرد جداگانه هریک از آن‌ها بود، دلیل این افزایش به نقش کود دامی در بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داده شد (Mallanagouda, 1995). در تحقیقی بر روی شاهدانه، 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با 80 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در افزایش نسبت بوته‌های ماده به نر مؤثر بود (Van der Werf and Van den Berg, 1995). هسلوپ هاریسون (Heslop-Harrison, 1957) نیز افزایش سطح کود نیتروژن را در افزایش بوته‌های ماده و کاهش بوته‌های نر شاهدانه مؤثر دانست. باوجود قدمت کشت و کار طولانی شاهدانه، به‌دلیل ممانعت‌های قانونی، این گیاه هنوز جایگاه اصلی خود را در بین گیاهان زراعی به‌ویژه در ایران پیدا نکرده است. از این‌رو تحقیقات زیادی هم بر روی ویژگی‌های زراعی و تغذیه‌ای آن صورت نگرفته است. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و کود دامی بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و شاخص برداشت گیاه دارویی شاهدانه در شرایط آب و هوای سبزانداز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار 1394 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی 53 درجه و 32 دقیقه شمالی، طول جغرافیایی 13 درجه و 55 دقیقه شرقی با ارتفاع 1480 متر از سطح دریا) بر روی گیاه دارویی شاهدانه انجام گرفت. آب و هوای منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیم دومارتن با ضریب خشکی 6/4 جزء اقلیم‌های خشک با تابستان‌های گرم می‌باشد (Khamchin-Moghaddam and Rezaee-Pajand, 2099). محل اجرای آزمایش در سال قبل از اجرای آزمایش آیش بود. خصوصیات فیزیکی

Table 1- Physical and chemical properties of the soil and animal manure before the start of the experiment

عمق	بافت	شن	رس	سیلت	فسفر	نسبت کربن به نیتروژن	نیتروژن کل	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته
depth (cm)	Texture	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	Phosphorus (ppm)	C/N	Total nitrogen (%)	Organic carbon (%)	EC (dS m ⁻¹)	pH
رسی لومی شنی Loamy sandy clay	0-20	52	22	26	5.8	7.75	0.04	0.31	7.48	7.79
رسوب دامی (Animal manure)	-	-	-	-	1180	21.15	0.58	12.4	6.03	8.01

آبیاری اول به صورت سنگین بلافاصله پس از کاشت اعمال شد و آبیاری دوم به فاصله چهار روز پس از آبیاری اول جهت تسهیل جوانه زنی انجام گرفت و پس از آن تا زمان رسیدگی دانه ها دور آبیاری 10 روز تنظیم شد.

در مرحله رسیدگی دانه ها (همزمان با مرحله رشدی سخت شدن 50 درصد دانه ها) (Mediavilla et al., 1998) در 20 آبان ماه، نمونه گیری از کرت های آزمایشی در سطح یک متر مربع برای بوته ماده انجام گرفت. پس از اندازه گیری ارتفاع و قطر ساقه، بوته های ماده هر کرت از ارتفاع پنج سانتی متری خاک بریده و در سایه و هوای آزاد خشک شدند و سپس جداسازی ساقه، برگ و دانه انجام گرفت. عملکرد ساقه، عملکرد برگ، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه به همراه وزن هزار دانه، شاخص برداشت دانه، درصد عصاره برگ های بوته ماده و تعداد بوته های ماده در هر کرت مورد ارزیابی قرار گرفت. عصاره گیری (جداسازی ترکیبات زیستی فعال از ترکیبات غیرفعال یا بی اثر گیاه) (Khan et al., 2014) با استفاده از اتانول 70 درصد به عنوان حلال آلی انجام شد (Ameri et al., 2007). بدین منظور 25 گرم از برگ های پودر شده در اتانول 70٪ به مدت 48 ساعت در انکوباتور شیکردار با دمای 25 درجه سانتی گراد و 100 دور در دقیقه قرار گرفتند. در پایان این دوره محلول از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد. به منظور حذف حلال از عصاره، نمونه ها به مدت 48 ساعت در آن 40 درجه قرار داده شدند و پس از این مرحله توزین عصاره ها انجام گرفت.

بررسی نرمال بودن داده ها و همچنین همبستگی صفات مورد ارزیابی توسط IBM SPSS Statistics 22 انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از برنامه آماری SAS (V.9.1) و مقایسه میانگین ها توسط آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد بوته های ماده

با وجود افزایش درصد بوته های ماده با افزایش مصرف کود دامی و همچنین بالا بودن آن در تیمار 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تیمارهای کودی اثر معنی داری بر درصد بوته های ماده نداشتند (جدول 2 و 3). در مطالعه ی اصغری پور و راشد محصل (Asghari-Pour and Rashed-Mohassel, 2007) با افزایش میزان نیتروژن تا 150 کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی داری بین بوته های نر و ماده گزارش نشد و از مجموع 65/3 بوته، 32/7 بوته ماده و 32/6 بوته نر بودند. آن ها همچنین مصرف بسیار بالای کود نیتروژن را در افزایش خود تنکی گیاه مؤثر دانستند. ون در ورف و ون دنبرگ (Van der Werf and Van den Berg, 1995) در سطح بالای کود نیتروژن (200 کیلوگرم در هکتار) نیز افزایش گیاهان ماده را گزارش کردند. به نظر می رسد که در تحقیق حاضر با توجه به کاربرد سطوح کود نیتروژن پایین تر از 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تغذیه بر جنسیت شاهدانه تأثیر معنی داری نداشته باشد.

ارتفاع ساقه

کود دامی و نیتروژن با احتمال 99٪ بر ارتفاع ساقه مؤثر بودند (جدول 2). میانگین ارتفاع ساقه شاهدانه در این بررسی 129/96 سانتی متر بود (جدول 3). با افزایش مصرف کود دامی ارتفاع گیاه افزایش داشت، به طوری که با مصرف 20 و 30 تن در هکتار، ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد به ترتیب 16/27 و 18/04 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). با افزایش سطوح کود نیتروژن نیز ارتفاع گیاه افزایش یافت. تیمارهای 50 و 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد ارتفاع گیاه را به ترتیب 12/05 و 21/7 درصد افزایش دادند (جدول 3). دلیل این افزایش را می توان به افزایش در تعداد و طول میانگره ها نسبت داد که منتج به افزایش ارتفاع گیاه می شود. از آنجایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین اندازه ارتفاع گیاه است (Singhand and Chauhan, 1994)، به نظر می رسد که گیاهان تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بوده اند، چراکه دسترسی گیاه به عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر تقسیم و بزرگ شدن سلول ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می باشد (Pouryousef et al., 2010). کود فسفر تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول 2). این موضوع با نتایج بررسی اثر کود فسفر بر ارتفاع گیاهان دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (Aliabadi and Valadabadi, 2010) و کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) (Moazzen et al., 2006) مطابقت داشت.

قطر ساقه

مصرف کود دامی در افزایش قطر ساقه مؤثر بود (جدول 2). میانگین قطر ساقه شاهدانه در بالای پنج سانتی متری خاک (محل قطع گیاه) در این بررسی 3/21 سانتی متر بود (جدول 3). سطوح 30، 20 و 10 تن کود دامی در هکتار در مقایسه با شاهد به ترتیب سبب افزایش 15/7، 13/31 و 8/87 درصدی قطر ساقه شدند (جدول 3). کود نیتروژن با احتمال 99٪ بر قطر ساقه مؤثر بود (جدول 2). سطوح 50 و 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد به ترتیب سبب افزایش 11/68 و 18/9 درصد قطر ساقه شدند (جدول 3). به نظر می رسد که با افزایش سطح کود نیتروژن ارتفاع و قطر ساقه هر دو افزایش یافته اند. وجود همبستگی مثبت بین ارتفاع و قطر

تجزیه مواد آلی تسریع می‌یابد و با تسریع این روند، منجر به افزایش آزادسازی مواد مورد نیاز گیاه به سیستم خاک - گیاه می‌شوند (Jahanban and Lotfifar, 2011). کاربرد کود دامی به‌همراه کود شیمیایی نیتروژن با افزایش قابلیت دسترسی گیاه به مواد غذایی و همچنین بهبود معدنی شدن نیتروژن توسط کود دامی و تطابق بیشتر نیتروژن قابل دسترس با نیاز گیاه (Mooleki et al., 2004) موجب شده تا عملکرد ساقه افزایش یابد.

عملکرد برگ

با افزایش میزان نیتروژن از صفر به 100 کیلوگرم در هکتار، در تیمارهای صفر، 10، 20 و 30 تن در هکتار کود دامی، عملکرد برگ به ترتیب 45/5، 59/05، 88/98 و 39/27 درصد افزایش یافت (جدول 4). این مورد به‌خوبی نشان می‌دهد که کاربرد کود دامی تا سطح 20 تن در هکتار، موجب افزایش بهره‌وری از کود نیتروژن شده، اما کاربرد بیشتر کود دامی سبب افت این شاخص شده است. کود دامی در افزایش نیتروژن و کارایی جذب فسفر مؤثر است (Ahmadian et al., 2010). احتمال می‌رود که افزایش زیاد نیتروژن خاک توسط تیمار تلفیقی 30 تن در هکتار کود دامی به‌همراه 100 کیلوگرم نیتروژن، در کاهش عملکرد برگ شاهدانه مؤثر بوده است.

نتایج همچنین نشان داد که هرچند با افزایش سطح کود گاوی به‌تنهایی عملکرد برگ افزایش یافت اما در مقایسه با تیمارهای تلفیقی کود دامی و شیمیایی نیتروژن نتوانستند عملکرد برگ را افزایش دهند (جداول 4 و 5). پورعزیزی و فلاح (Pourazizi and Fallah, 2013) بیان کردند که کاربرد کودهای دامی به‌تنهایی احتمالاً سبب محدودیت دسترسی گیاه به نیتروژن می‌شود. در این آزمایش بیشترین عملکرد برگ در تیمار 20 تن کود دامی به‌همراه 100 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار به‌دست آمد که با سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری (با احتمال 95٪) اختلاف داشت (جداول 2 و 5). بنابراین کاربرد کود دامی به‌تنهایی مؤثر نیست و بایستی موازنه مناسبی بین کود دامی و نیتروژن مصرفی برقرار شود. در تیمار تلفیقی اثر مفید کود دامی به‌همراه کودهای شیمیایی در افزایش عرضه و تعادل عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد موجب شده است که سطح سبز فتوسنتزکننده افزایش یابد. افزایش سطح سبز فتوسنتزکننده و در نتیجه مصرف بیشتر نیتروژن و مواد غذایی آزاد شده از کود دامی موجب تولید و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به بخش‌های مرستمی گیاه شده که خود در افزایش عملکرد برگ‌های گیاه مؤثر است (Moradi, 2015). جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل رشد نظام ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک به‌ویژه در فراریشه (ریزوسفر) است.

ساقه^{**} (0/391) نیز گواه این موضوع می‌باشد (جدول 6). ساقه شاهدانه یک بخش چوبی در برگرفته شده با کامبیوم آوندی (بافت رویشی) و یک حلقه بیرونی از سلول‌های آبکشی، بافت اپیدرمی و کورتکس دارد (Saadati et al., 2015). لذا احتمال می‌رود که افزایش قطر ساقه مرتبط با افزایش رشد سلول‌های اپیدرمی و کامبیوم آوندی و یا افزایش هر دو باشد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار قطر ساقه با عملکرد ساقه^{**} (0/485) نشان از وجود ذخایر بیشتر مواد غذایی در ساقه و پتانسیل بالای گیاه جهت تولید بود (جدول 6). با توجه به اینکه نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارد و از طرفی مهم‌ترین عنصر در سنتز پروتئین‌ها می‌باشد و افزایش آن در شرایط مطلوب تا حد مشخصی موجب افزایش میزان پروتئین می‌گردد، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش پروتئین‌ها، گیاه به توسعه قطر ساقه و سطح برگ می‌پردازد که افزایش این صفات افزایش مواد فتوسنتزی را نیز به‌دنبال خواهد داشت (Mediavilla et al., 1998).

عملکرد ساقه

در شاهدانه، عملکرد ساقه صفت مهمی برای به‌دست آوردن عملکرد الیاف می‌باشد که روند مشابهی با هم دارند (Asghari-Pour and Rashed-Mohassel, 2007). در تیمار 20 تن کود دامی به‌همراه 100 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار، بیشترین عملکرد ساقه به میزان 2541/83 کیلوگرم در هکتار تولید شد که با تیمار 30 تن کود دامی به‌همراه 50 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول 5). لذا با وجود عدم اختلاف معنی‌دار دو تیمار فوق می‌توان بیان نمود که با افزایش سطح کود زیستی دامی، نیاز به استفاده از کود شیمیایی نیتروژن کاهش یافته است. به‌نظر می‌رسد تلفیق کودهای دامی و نیتروژن از طریق هم‌افزایی دو منبع کودی سبب مصرف میزان کمتری از نهاده نیتروژن شده که این می‌تواند در استقرار کشاورزی کم‌نهاده مؤثر باشد (Pourazizi and Fallah, 2013). اگرچه کودهای شیمیایی عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشند، اما منجر به افزایش شوری و آلودگی خاک و آب نیز می‌شوند و به سبب استفاده از مواد شیمیایی خارج از مزرعه، از پایداری سیستم زراعی می‌کاهند (Jahanban and Lotfifar, 2011). لذا کاهش مصرف کودهای شیمیایی علاوه بر حفظ سلامت محصول، کاهش اثرات مخرب آن بر محیط زیست، پایداری سیستم زراعی را تقویت خواهد نمود.

کم بودن میزان کربن، نیتروژن و فسفر در خاک نشانگر حاصلخیزی کم آن برای تولید مطلوب گیاه می‌باشد (جدول 1). کودهای دامی با تأمین مواد آلی مورد نیاز میکروارگانیسم‌های خاک سبب تکثیر آن‌ها شده و با افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، روند

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده در شاهدانه
Table 2- Summary of analysis of variance of data for measured traits in hemp

میانگین مربعات Mean square												
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	بوتنه ماده female plant	ارتفاع ساقه Stem height	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد ساقه Stem yield	عملکرد برگ Leaf yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	نسبت عملکرد برگ به ساقه Leaf to stem yield ratio	شاخص برداشت Harvest index	درصد عصاره الکلی Ethanol extract percentage
تکرار Replication	2	53.74 ^{ns}	322.66 ^{ns}	0.21 ^{ns}	92981.29 ^{ns}	512758.14 ^{ns}	9147.12 ^{ns}	0.22 ^{ns}	50184.82 ^{ns}	0.88 ^{ns}	2.23 ^{ns}	0.056 ^{ns}
کود دامی Animal manure	3	7.93 ^{ns}	1888.43 ^{**}	0.72 [*]	768912.72 ^{**}	8627078.69 ^{**}	474035.01 [*]	18.49 ^{ns}	19583456.36 ^{**}	0.39 ^{ns}	40.16 ^{ns}	13.93 [*]
خطای اصلی Error A	6	25.88 ^{ns}	277.71	0.29	139404.44	385613.92	39190.39	13.03	499753.76	0.97	19.75	5.86
نیترژن Nitrogen fertilizer	2	27.63 ^{ns}	3870.71 ^{**}	1.84 ^{**}	2654365.94 ^{**}	18685517.38 ^{**}	1344263.65 ^{**}	19.76 ^{ns}	49863792.82 ^{**}	0.15 ^{ns}	98.97 ^{**}	62.81 ^{**}
فسفر Phosphorus Fertilizer	1	8.10 ^{ns}	494.44 ^{ns}	0.04 ^{ns}	826898 ^{**}	6949302.67 ^{**}	819946.83 [*]	70.01 ^{**}	19811414.22 ^{**}	0.001 ^{ns}	6.95 ^{ns}	1.43 ^{ns}
ا × ب a × b	6	52.75 ^{ns}	93.81 ^{ns}	0.24 ^{ns}	58771.07 ^{ns}	998768.64 ^{**}	263710.15 ^{ns}	1.8 ^{ns}	1871289.61 [*]	0.20 ^{ns}	30.75 ^{ns}	1.41 ^{ns}
ا × ج a × c	3	72.75 ^{ns}	449.02 ^{ns}	0.15 ^{ns}	123937.12 ^{ns}	349836.29 ^{ns}	169700.67 ^{ns}	0.97 ^{ns}	386016.68 ^{ns}	0.34 ^{ns}	21.92 ^{ns}	12.21 ^{ns}
ب × ج b × c	2	1.05 ^{ns}	286.57 ^{ns}	0.15 ^{ns}	72330.07 ^{ns}	313594.43 ^{ns}	135801.48 ^{ns}	0.18 ^{ns}	524138.80 ^{ns}	0.32 ^{ns}	31.84 ^{ns}	2.08 ^{ns}
ا × ب × ج a × b × c	6	58.23 ^{ns}	189.20 ^{ns}	0.33 ^{ns}	161911.80 [*]	6187396.41 [*]	154057.95 ^{ns}	2.47 ^{ns}	1359276.17 ^{ns}	0.36 ^{ns}	33.52 ^{ns}	9.23 ^{ns}
خطای فرعی Error B	40	38.59	249.83	0.80	69088.97	261523.41	136629.08	6.71	595670.5	0.44	15.64	4.60
ضریب تغییرات CV (%)	11	12.2	13.9	19.1	13	20.10	13.9	10.8	22.6	15.1	10.6	

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد
ns: Non-significant, * and ** significant at 1% and 5% levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده کود دامی، نیتروژن و فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده در شاهدانه
Table 3- Mean comparisons of simple effects of animal manure, nitrogen and phosphorus on measured traits in hemp

	بوته ماده	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	درصد عصاره الکلی
	female plant (%)	Stem height (cm)	Stem diameter (cm)	Seed yield (kg ha ⁻¹)	1000 seed weight (g)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Ethanol extract percentage (%)
	0	55.36	118.22	2.93	1615.58	5873.3	27.46	19.18
	10	56.01	124.61	3.19	1860.14	6743.6	27.52	19.52
	20	56.59	137.46	3.32	1983.75	8035.9	25.49	20.77
	30	56.86	139.55	3.39	1928.11	7977.1	22.51	20.93
LSD (0.05)	4.38	20.59	0.44	161.46	2.94	873.63	3.62	0.47
کود نیتروژن	0	55.11	116.82	2.91	1573.7	5543.3	28.16	18.24
Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)	50	57.26	130.90	3.25	1988.9	7613.2	26.47	20.88
	100	56.25	142.16	3.46	1978.1	8315.9	24.11	21.19
LSD (0.05)	3.62	12.34	0.34	288.57	1.80	602.54	3.08	1.67
کود فسفر	0	56.54	132.58	3.18	1740.18	6632.9	26.56	19.96
Phosphorus fertilizer (kg ha ⁻¹)	80	55.87	127.34	3.23	1953.61	7682	25.93	20.24
LSD (0.05)	2.95	7.52	0.21	176.08	1.65	491.97	1.88	1.02

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن بر عملکردهای برگ و بیولوژیک شاهدانه

Table 4- Mean comparisons for interaction effect of animal manure and nitrogen levels on leaf and biological yield of hemp

کود دامی Animal manure (ton ha ⁻¹)	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)	عملکرد برگ Leaf yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)
0	0	2566.3	4683.25
	50	3149.67	5962.92
	100	3734.92	6973.67
10	0	2672	5034.67
	50	3739.75	7246.67
	100	4249.83	7949.33
20	0	3088.67	5960.17
	50	4743.42	8258.33
	100	5836.83	9889.25
30	0	3505.58	6495
	50	5034.75	8984.83
	100	4882.5	8451.42
LSD (0.05)		596.72	900.58

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی، نیتروژن و فسفر بر عملکرد ساقه و برگ شاهدانه

Table 5- Mean comparisons for interaction effect of animal manure, nitrogen and phosphorus levels on stem and leaf yield of hemp

کود دامی Animal manure (ton ha ⁻¹)	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)	کود فسفر Phosphorus fertilizer (kg ha ⁻¹)	عملکرد ساقه Stem yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد برگ Leaf yield (kg ha ⁻¹)
0	0	0	958.16	244.83
		80	1085	2690.83
		0	1194	2775.16
	50	80	1411	3524.16
		0	1370.83	3456.83
		80	1694.33	4013
10	0	0	942.5	2360.66
		80	1073	2983.33
		0	1373.33	3591.16
	50	80	1435.83	3888.33
		0	1593.83	4067.33
		80	1830.5	4432.33
20	0	0	1132.83	2983.33
		80	1355.83	3194
		0	1832.66	4460
	50	80	2004.66	5026.83
		0	1923.83	4672.5
		80	2541.83	7001.16
30	0	0	1176.16	3218.66
		80	1273	3792.5
		0	1709.5	4674.33
	50	80	2566.33	5395.16
		0	1762.33	4774.33
		80	2103.33	4990.66
LSD (0.05)			433.75	843.90

تنظیم pH خاک و افزایش معنی دار ظرفیت نگهداری رطوبت و عناصر غذایی در محیط کشت گیاه می شوند (Ahmadian et al., 2010).
نتایج همچنین نشان داد که اگرچه تیمارهای کود دامی و

افزودن کودهای آلی به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی را افزایش می دهد بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و حیاتی خاک، ضمن ایجاد بستر مناسب برای ریشه گیاه، موجب افزایش دسترسی به عناصر کانی (Mohammadpour-Vashvaei et al., 2015)،

استفاده شده بیشتر از خاک مزرعه بود اما میزان آن کمتر از 25 بود (جدول 1). نسبت C/N زیر 25، نشان‌دهنده‌ی تجزیه ماده آلی در بیشترین سرعت ممکن در شرایط محیطی است (Neyshabouri and Reyhanitabar, 2010) که احتمالاً به‌دلیل استفاده از کود دامی پوسیده شده در این آزمایش می‌باشد.

وزن هزاردانه

وزن هزاردانه جزء تشکیل‌دهنده‌ی عملکرد دانه می‌باشد که در بیان توان و پتانسیل تولید نقش مهمی دارد (Valadabadi et al., 2007). مصرف کود شیمیایی 80 کیلوگرم فسفر در هکتار در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری (با احتمال 99٪) سبب افزایش 11/18 درصدی وزن 1000 دانه شد (جدول 2 و 3). فسفر نقش محوری را در فرآیندهای متابولیکی گیاه ایفا می‌کند چراکه این عنصر جزء اصلی ترکیبات انرژی‌زا، اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و مؤثر در فعالیت آنزیم‌ها در گیاه می‌باشد (Moradi, 2015). با وجود تحرک بسیار کم فسفر در خاک که نمی‌تواند پاسخگوی جذب سریع آن توسط گیاه باشد (Mohammadpour-Vashvaei et al., 2015) به‌نظر می‌رسد که تأمین فسفر از طریق کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل و هم از طریق فسفر آزاد شده از کود دامی برای گیاه در تأمین فسفر مورد نیاز شاهدانه مؤثر بوده است و با توجه به نقش‌های ذکر شده برای فسفر توانسته است وزن هزاردانه را افزایش دهد. همچنین تغذیه کافی گیاه با فسفر سبب استحکام بافت‌های گیاهی و برگ‌ها شده و در نتیجه ریزش برگ‌ها به تعویق می‌افتد و با بقای بیشتر برگ‌ها و حفظ شادابی آن‌ها در این مرحله از رشد که مصادف با دوره پرشدن دانه‌ها نیز می‌باشد، سبب تداوم عمل فتوسنتز شده است و این عامل نقش به‌سزایی در افزایش وزن دانه‌ها دارد (Tohidinia et al., 2014). رد و همکاران (Reed et al., 1988) نیز بیان کردند وزن دانه در دوره پر شدن آن معین می‌شود و تأمین مواد فتوسنتزی کافی در این مرحله برای بخش زایشی گیاه در افزایش وزن هزاردانه مؤثر است.

عملکرد دانه

عملکرد دانه بخش اقتصادی گیاه است که به مصرف انسان و طیور می‌رسد و این عامل تحت تأثیر عوامل محیطی و پتانسیل ژنتیکی گیاه قرار می‌گیرد (Valadabadi et al., 2007). تیمارهای کود دامی و فسفر (با احتمال 95٪) و نیتروژن (با احتمال 99٪) اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند و هیچ اثر متقابل معنی‌دار نشد (جدول 2).

نیتروژن، عملکرد برگ و ساقه شاهدانه را به‌طور همزمان افزایش دادند ولی این تیمارها نتوانسته‌اند تغییری در نسبت برگ به ساقه و در نتیجه الگوی تخصیص مواد غذایی بین برگ و ساقه ایجاد کنند (جدول 2). این نتایج مطابق با نظر تهمی و همکاران (Tahami et al., 2010) روی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بود. اصغری‌پور و همکاران (Asghari-Pour et al., 2006) در بررسی اثر کود نیتروژن بر شاهدانه، افزایش همزمان وزن ساقه و برگ شاهدانه را ناشی از بهبود شرایط تغذیه‌ای در مقادیر بالای نیتروژن دانستند.

عملکرد بیولوژیکی

عملکرد بیولوژیک بیانگر این است که گیاه چه مقدار فتوسنتز حقیقی خود را قادر است به‌صورت فتوسنتز خالص درآورد (Majidian et al., 2008). عملکرد بیولوژیک حاصل عملکرد ساقه، برگ و دانه می‌باشد. لذا با توجه به افزایش عملکرد ساقه و برگ در تیمار تلفیقی 20 تن کود دامی به همراه 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تا حدی انتظار می‌رفت که عملکرد بیولوژیک نیز در تیمار تلفیقی فوق بیشترین میزان باشد (جدول 4). برتری نقش مکملی کودهای تلفیقی دامی و شیمیایی در گیاه از آن جهت است که در ابتدای رشد گیاهان، کود شیمیایی مواد غذایی قابل جذب را برای رشد گیاه فراهم می‌کند و در دوره‌های بعدی رشد، کود دامی مواد غذایی پرمصرف و کم‌مصرف لازم را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Blaise et al., 2005). با بهبود معدنی شدن عناصر غذایی در تغذیه تلفیقی کود گاوی و کود شیمیایی نیتروژن برای گیاه، ریشه توسعه بیشتری می‌یابد. ریشه‌های توسعه‌یافته گیاه با افزایش جذب بهتر آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن که در افزایش سنتز ترکیباتی مانند پروتئین، کربوهیدرات‌ها و غیره مؤثر است، عملکرد بیولوژیکی گیاه را افزایش می‌دهد (Moradi, 2015). بیگناه و همکاران (Bigonah et al., 2015) وجود مواد آلی در خاک را در افزایش فعالیت‌های شبه هورمونی و بهبود ساختمان فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی بستر کاشت مؤثر دانستند و این عوامل را در ایجاد شرایط مطلوب رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه معرفی کردند. کارایی کمتر کودهای نیتروژن به‌ویژه در مقادیر کم آن، احتمالاً به‌دلیل آزادسازی کمتر نیتروژن معدنی و کارایی کمتر کودهای گاوی به‌تنهایی نیز احتمالاً به‌دلیل وجود رقابت بین میکروارگانیسم‌های خاک و گیاه برای جذب نیتروژن آمونیومی و نیتروژن نیتراتی و محدودیت نیتروژن معدنی قابل جذب برای گیاه به‌دلیل افزایش نسبت C/N این کودها به‌ویژه در اوایل فصل رشد می‌باشد (Pourazizi and Fallah, 2013) (جدول 1). در این آزمایش، هرچند نسبت C/N کود دامی

جدول 6- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده گیاه شاهدانه

Table 6- Correlation coefficient between measured traits of hemp

ارتفاع ساقه Stem height	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد ساقه Stem yield	عملکرد برگ Leaf yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه Thousand grains weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد عصاره Extract percentage
1	1							
2	0.391**	1						
3	0.560**	0.485**	1					
4	0.642**	0.449**	0.736**	1				
5	0.353**	0.245**	0.413**	0.532**	1			
6	0.229 ^{ns}	0.324**	0.432**	0.328**	0.284*	1		
7	0.642**	0.472**	0.827**	0.962**	0.694**	0.390**	1	
8	-0.389**	-0.321**	-0.515**	-0.537**	0.379**	-0.145 ^{ns}	-0.383**	1
9	0.510**	0.260*	0.371**	0.536**	0.213 ^{ns}	0.165 ^{ns}	0.492**	-0.379**

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد
ns: Non-significant, * and ** significant at 1% and 5% levels, respectively.

افزایش وزن هزاردانه نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه داشته است. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار $(0/284)^*$ عملکرد دانه با وزن هزاردانه، گواه این موضوع است (جدول 6).

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر دو عامل عملکرد بیولوژیک و دانه است و بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین سازه‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد (Majidian et al., 2008). در این بررسی به‌طور کلی با افزایش مصرف کود دامی، فسفر و نیتروژن، شاخص برداشت کاهش یافت (جدول 3)، هرچند تنها کود نیتروژن اثر معنی‌داری (با احتمال 99٪) بر شاخص برداشت داشت (جدول 2)، به‌طوری‌که سطوح 50 و 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد این شاخص را به ترتیب 6 و 14/38 درصد کاهش دادند (جدول 3). به نظر می‌رسد که افزایش سطح نیتروژن با افزایش اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به بخش‌های رویشی برگ و ساقه منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک شده باشد، در حالی که با کاهش اختصاص این مواد به دانه سبب کاهش عملکرد دانه و کاهش شاخص برداشت شده است (جدول 3). شهبواری و صفاری (Shahsawari and Saffari, 2005) نیز تحت تأثیر نیتروژن، با وجود افزایش هر دو عامل مؤثر بر شاخص برداشت، بیان کردند که کاهش شاخص برداشت با افزایش نیتروژن به علت افزایش بیشتر مخرج کسر (عملکرد بیولوژیک) به نسبت افزایش صورت کسر (عملکرد دانه) است. وجود همبستگی مثبت شاخص برداشت با عملکرد دانه $(0/379)^*$ و همبستگی منفی آن با عملکردهای برگ $(-0/537)^*$ ، ساقه $(-0/515)^*$ و بیولوژیک $(-0/383)^*$ این موضوع را تأیید می‌کند (جدول 6).

درصد عصاره

عملکرد دانه با مصرف کود دامی در سطوح 30، 20 و 10 تن در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود دامی) به ترتیب 19/34، 22/78 و 15/13 درصد افزایش یافت (جدول 3). عملکرد دانه با عملکردهای برگ $(0/532)^*$ ، ساقه $(0/413)^*$ ، ارتفاع $(0/353)^*$ و قطر ساقه $(0/245)^*$ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول 6). کودهای دامی و زیستی با بهبود ساختمان خاک و تهویه مناسب سبب افزایش رشد ریشه، عرضه مناسب عناصر غذایی، بهبود فتوسنتز و در کل با بهبود رشد عمومی گیاه، منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شوند (Ghosh et al., 2004).

از آنجا که مصرف کود نیتروژن بر فعل و انفعالات بیوشیمیایی، فتوسنتز، افزایش طول دوره رویش و تجمع ماده خشک بیشتر اندام‌های هوایی مؤثر است، به نظر می‌رسد که تأثیر آن بر عملکرد دانه بدیهی باشد (Shahsawari and Saffari, 2005). کمبود نیتروژن در تیمار شاهد عملکرد دانه را کاهش داد که علت آن از بین رفتن دانه‌ها یا افزایش سقط و یا عدم تکامل آن‌ها می‌باشد (Majidian et al., 2008). در این آزمایش به نظر می‌رسد که نیاز نیتروژنی گیاه برای تولید عملکرد دانه با 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار تأمین می‌شود و افزایش بیشتر نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشته باشد و تا حدودی سبب کاهش عملکرد دانه نیز شود، هرچند که در این بررسی این کاهش در تیمار 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار نبود (جدول 3).

فسفر عملکرد دانه را 12/26 درصد افزایش داد (جدول 3). با مصرف فسفر نیز توسعه ریشه افزایش یافته و در نتیجه جذب آب و املاح بیش‌تر شده است، که خود سبب افزایش رشد رویشی و گسترش بوته شده است و در نهایت در افزایش عملکرد دانه مؤثر می‌باشد (Valadabadi et al., 2007). در این آزمایش با وجود افزایش وزن هزاردانه و همچنین عملکرد دانه، می‌توان بیان کرد که

به‌همراه 50 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار، نیاز به مصرف کود شیمیایی نیتروژن را کاهش داده است. کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای آلی در تولید گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها، شرط اصلی سالم و طبیعی بودن آن‌هاست. با استفاده از کودهای آلی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، علاوه بر افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های خاکری، بهبود حاصلخیزی و وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، حفظ محیط زیست و کاهش انرژی‌های ورودی به سیستم، می‌توان پایداری سیستم‌های زراعی را نیز بهبود داد. در تغذیه گیاه باید به هدف تولید از شاهدانه توجه داشت. در این آزمایش اگرچه با مقادیر 20 تن کود دامی به‌همراه 100 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار می‌توان عملکرد ساقه بالایی داشت اما با کاربرد مقادیر 30 تن کود دامی به‌همراه 50 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار با کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن و در نظر گرفتن سلامت محیط زیست، عملکرد ساقه (الیاف) مناسبی را می‌توان تولید نمود، در حالی که جهت افزایش عصاره دارویی برگ‌های گیاه سطوح بالای کودهای نیتروژن و دامی توصیه می‌شود. سطوح 20 تن کود دامی، 50 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار نیز برای تولید حداکثر عملکرد دانه مناسب بودند.

با توجه به مزایای زیاد شاهدانه در زمینه‌های تولید بذر، الیاف، روغن، ترکیبات دارویی و همچنین توانایی رشد آن در اقلیم‌های گوناگون و دارا بودن مقامات به خشکی و بسیاری از آفات و بیماری‌ها نیاز است تا در تحقیقات و توسعه کشاورزی پایدار بیشتر مورد استفاده و بررسی قرار گیرد.

تیمارهای کود دامی (با احتمال 95٪) و کود شیمیایی نیتروژن (با احتمال 99٪) در افزایش درصد عصاره برگ‌ها مؤثر بودند (جدول 2). سطوح کود دامی 30 و 20 تن در هکتار در مقایسه با شاهد به‌ترتیب سبب افزایش معنی‌دار 8/28، 9/12 درصد این صفت شدند (جدول 3). سطوح 100 و 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز در مقایسه با شاهد باعث افزایش 16/17 و 14/47 درصدی عصاره شاهدانه شدند (جدول 3). در این بررسی، درصد عصاره برگ با شاخص برداشت، همبستگی منفی و معنی‌داری $^{**}(-0/379)$ داشت (جدول 6)، یعنی با تخصیص بیشتر مواد به بخش زایشی گیاه، درصد عصاره برگ کاهش یافته است. با توجه به فراهم بودن نیتروژن و همچنین تغذیه گیاه با کود دامی که خود علاوه بر تأمین بیشتر عناصر غذایی، به مدت طولانی‌تری شرایط تغذیه‌ای مناسبی را برای گیاه فراهم می‌کند و همچنین با توجه به رشد عمده این گیاه در فصل تابستان و بهره بردن کافی از نور خورشید، سبب ساخت بیشتری از مواد مؤثره در گیاه می‌شود که مجموعاً در افزایش عصاره برگ‌های گیاه شاهدانه مؤثر است. عصاره شاهدانه دارای ترکیباتی مانند فنل، آلکالوئید، لکتین، پلی‌پپتید، پلی‌استیلن و کانابینوئیدها است (Khan et al., 2014). ساختار کانابینوئیدهای شاهدانه متنوع بوده و به سه گروه آمینوآلکیلینودول¹، سیکلوهگزیل فنل² و کلاسیکال کانابینوئید³ تقسیم می‌شوند. گروه آمینوآلکیلینودول خود شامل سه دسته نفتوی لیندول⁴، فنیل استیلینودول⁵ و بنزوی لیندول⁶ها هستند که همگی در ساختارشان نیتروژن و کربن نقش مهمی دارند (UNODC, 2016). محمدپور و شوابی و همکاران (Mohammadpour-Vashvaei et al., 2015) نیز فراهمی عناصری مانند نیتروژن و فسفر را از طریق ساخت ATP و NADPH در تولید ترکیبات گیاهی مانند فنل‌ها، آلکالوئیدها و غیره مؤثر دانستند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که با تلفیق مقادیر مناسبی از کود دامی و شیمیایی و پرهیز از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی می‌توان عملکرد گیاه شاهدانه را افزایش داد. مصرف تلفیقی 20 تن کود دامی به‌همراه 100 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار در مقایسه با مصرف تنها 100 کیلوگرم نیتروژن و 80 کیلوگرم فسفر در هکتار علاوه بر بهبود صفات رشد، نیاز گیاه به سایر عناصر غذایی را در طی رشد تأمین نموده است. همچنین کاربرد تلفیقی 30 تن کود دامی

- 1- Aminoalkylindoles
- 2- Cyclohexylphenoles
- 3- Classical cannabinoids
- 4- Naphthoylindoles
- 5- Phenylacetylindoles
- 6- Benzoylindoles

References

1. Aghhavan-Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Nasisi Mahallati, M. 2014. Effects of application of organic, biological and chemical fertilizers on Vegetative traits and essence of Coriander (*Coriandrum sativum*). Journal of Agroecology 6 (3): 425-443. (in Persian with English abstract).
2. Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahshar, B., Heidari, M., Ramroodi, M., and Mousavi Nik, M. 2010. Residual effect of chemical and animal fertilizers and compost on yield, yield components, physiological characteristics and essential oil content of *matricaria chamomilla* L. under Drought Stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (4): 668-676. (in Persian with English abstract).
3. Akbarinia, A., Ghalavand, A., Ghalavand, F., Rezaee, M. B, and, Sharifi, A. 2003. Study on the effect of different rates of chemical fertilizer, manure and mixture of them on seed yield and main, compositions of essential oil of Ajowan (*Trachyspermum copticum*). Pajouhesh & Sazandegi 61: 32-41. (in Persian with English abstract).
4. Aliabadi, H., and Valadabadi, S. A. R. 2010. The effects of *Glomus hoi* fungi on coriander (*Coriandrum sativum* L.) at drought stress. Iranian Journal of Soil Research. 24 (1): 69-80. (in Persian with English abstract).
5. Ameri, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). Iranian Journal of Field Crop Research 5 (2): 315-325. (in Persian with English abstract).
6. Asghari-Pour, M. R., Rashed-Mohassel, M. H., and Rafie, M. 2006. The effect of plant density and nitrogen fertilizer on light interception and dry matter yield in hemp (*Cannabis sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5 (1): 29-36. (in Persian with English abstract).
7. Asghari-Pour, M. R., and Rashed-Mohassel, M. H. 2007. The effect of plant population and nitrogen fertilizer on fibre yield of hemp (*Cannabis sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 4 (2): 1-14. (in Persian with English abstract).
8. Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2015. Effects of different fertilizer managements on quantitative and qualitative characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (4): 574-581. (in Persian with English abstract).
9. Bijani, M., Yadollahi, P., Heidari, M., Latif, M., Asgharipour, M. R., and Ramrudi, M. 2015. Effect of saline water and chemicalorganic fertilizers on nutrient uptake and yield of ajowan (*Carum copticum* (L.) C. B. Clarke). Journal of Plant Ecophysiology 7 (22): 66-141. (in Persian with English abstract).
10. Blaise, D., Singh, J. V., Bonde, A. N., Tekale, K. U., and Mayee, C. D. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresour. Technology 96: 345-349.
11. Devkota, A., and Kumar-Jha, P. 2013. Effect of integrated manuring on growth and yield of *Centella asiatica* (L.) Urb. Tropical Ecology 54 (1): 89-95.
12. Eslami-Khalili, F., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A., and Taghavi-Ghsemkheili, F. 2014. Effect of organic and chemical fertilizer on soil properties and nutrient concentration in pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30 (3): 476-485. (in Persian with English abstract).
13. Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M., and Misra, A. K. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and systems in performance. Bioresource Technology 95: 77-83.
14. Heslop-Harrison, J., 1957. The experimental modification of sex expression in flowering plants. Biological Reviews 32 (1): 38-90.
15. Hoffman, G., and Cleemput, O. 2004. Soil and plant nitrogen. International fertilizer industry association. Paris. Pp: 1.
16. Hosseini-Valiki, R., and Ghanbari, S. 2015. Comparative examination of the effect of manure and chemical fertilizers on yield and yield components of rosemary (*Rosemarinus officinalis* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research 6 (2): 29-37.
17. Jahanban, L., and Lotfifar, O. 2011. Study of the effective organism (EM) application effect on efficacy of chemical and organic fertilizers in corn cultivation (*Zea miz* S.C704). Plant Production Technology 11 (2): 43-52. (in Persian with English abstract).
18. Khamchin-Moghaddam, F., and Rezaee-Pajand, H. 2009. Criticising de morttone regionalization method according to linear moments for maximum daily precipitation in Iran. Journal of Technical- Engineering 2 (2): 93-103. (in Persian with English abstract).
19. Khan, B. A., Warner, P., and Wang, H. 2014. Antibacterial properties of Hemp and other natural fibre plants: a review. Bio Resources 9 (2): 3642-3659.
20. Madadi bonab, S., Zehtab Salmasi, S., and Ghassemi Golezani, K. 2012. The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on morphological characteristics and essential oil percentage and yield of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agriculture Science 22 (2): 92-99. (in Persian with English abstract).

21. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamgar-Haghighi, A. A. 2008. Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. *Electronic Journal of Crop Production* 1 (2): 67-85. (in Persian with English abstract).
22. Mallanagouda, B. 1995. Effects of NPK and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. *Journal of Medical and Aromatic Plant Science* 4: 916-918.
23. Mansouri, H., and Asrar, A. 2013. The effect of ABA on pigments and tetrahydrocannabinol in *Cannabis sativa* at flowering stage. *Iranian Journal of Biology* 26 (1): 82-89. (in Persian with English abstract).
24. Mediavilla, V., Jonquera, M., Schmid-Slembrouck, I., and Soldati, A. 1998. Decimal code for growth stage of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of the International Hemp Association* 5 (2): 68-74.
25. Moazzen, Sh., Daneshian, J., Valadabadi, S. A., and Baghdadi, H. 2006. Study of Plant Population and Phosphate Fertilization on some Agronomic Characters and Seed and Fruit Yield of Pumpkin (*cucurbita pepo* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 22 (4): 397-409. (in Persian with English abstract).
26. Mohammadpour-Vashvaei, R., Ghanbari, A., and Fakheri, B. A. 2015. Effect of combined feeding system on N, P and K concentration, biochemical characteristics and calyxes yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Iranian Journal of Filed Crop Science* 46 (3): 497-517. (in Persian with English abstract).
27. Mooleki, S. P., Schoenau, J. J., Chales, J. L., and Wen, G. 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of freedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiencyn in east-central Saskachwan. *Canadian Journal of Soil Science* 84: 199-210.
28. Moradi, S. 2015. Impact of sheep manure, urea and triple superphosphate on onion morphological properties. *International Journal of Farming and Allied Sciences* 4 (2): 167-170.
29. Neyshabouri, M. R., and Reyhanitabar, A. 2010. Interpreting soil test results. University of Tabriz. Part 5. 1nded.
30. Oomah, B. Busson, M., Godfrey, D., and Drover, J. 2002. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chemistry* 76: 33-43.
31. Poisa, I., and Adamovics, A. 2010. Hemp (*Cannabis sativa* L.) as an environmentally friendly energyplant. *Scientific journal of Riga Technical University Environmental and Climate Technologies* 5: 80-85.
32. Pourazizi, M., and Fallah, S. 2013. Optimization of application of nitrogen fertilizers for growth and yield of forage sorghum under low- input conventional farming systems. *Journal of Crop Production and Processing* 3 (9): 81-91. (in Persian with English abstract).
33. Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M. R., Rahimi, A., and Tavakoli, A. 2010. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of isabgol (*Plantago ovata* Forsk). *Electronic Journal of Crop Production* 3: 193-213. (in Persian with English abstract).
34. Reece, A. J., Singletary, G. W., Schussler, J. R., Williammson, D. R., and Christy, A. L. 1988. Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, Kernel number, and yield of maize. *Crop Science* 28: 819-825.
35. Rezaei, A., Pashazadeh, M., and Zade Fatah Jelodarlo, B. 2014. Investigating sedative, preanaesthetic & anti-anxiety effects of herbal extract of Cannabis Sativa in comparison with diazepam in rats. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences* 22 (1): 912-919. (in Persian with English abstract).
36. Saadati, A., Pourtahmasi, K., Salami, S. A., and Oladi, R. 2015. Xylem and bast fiber properties of six Iranian hemp populations. *Iranian Journal of Natural Resources* 68 (1): 121-132. (in Persian with English abstract).
37. Seghatoleslami, M. 2013. Effect of water stress, bio- fertilizer and manure on seed and essential oil yield and some morphological traits of cumin. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 19 (6): 1268-1274.
38. Shahsawari, N., and Saffari, M. 2005. The effect of different levels of nitrogen on the function and elements of the varieties of wheat in Kerman. *Pajouhesh and Sazandegi* 66: 82-87. (in Persian with English abstract).
39. Shankarrao, O. 2012. Isolation and Characterization of Phosphate Solubilising Bacteria from Rhizospheric Soil Samples. *Online International Interdisciplinary Research Journal* 2 (4): 29-39.
40. 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.
41. Tahami, S. M. K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology* 2 (1): 70-82. (in Persian with English abstract).
42. Tehranipour, M., Kehtarpour, M., Javadmoosavi, B. Z., and Mahdavi shahri, N. 2012. Evaluation of *Cannabis sativa* leaves aquatic extract effect on triple regions of hippocampus neuronal density in male rats. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences* 14 (1): 20-27. (in Persian with English abstract).
43. Tohidinia, M. A., Mazaheri, D., Bagher-Hosseini, S. M., and Madani, H. 2014. Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704). *Iranian Journal of Crop Sciences* 15 (4): 295-307. (in Persian with English abstract).
44. UNODC. 2016. Synthetic cannabinoids in herbal products. Available at https://www.unodc.org/documents/scientific/Synthetic_Cannabinoids.pdf (visited 10 February 2016).

45. Wahba, H. E., Motawe, H. M., and Ibrahim, A. Y. 2014. Effect of nitrogen fertilizers on productivity of *Urtica pilulifera* plant. *Bioscience* 6 (1): 49-56.
46. Valadabadi, S. A., Alimohammadi, M., and Daneshian, J. 2007. The evaluation of nitrogen (N) and phosphorous (P) consumption on yield and growth of sweet corn (*Zea mays* var *saccharata*). *Plant and Ecosystem* 12: 53-65. (in Persian with English abstract).
47. Van der Werf, H. M. G., and Van den Berg, W. 1995. Nitrogen fertilization and sex expression affect size variability of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Oecologia* 103: 462-470.
48. Zaman, S. 2003. *Plant medicinales*. Ghoghnos, Iran. p: 134.
49. Zare-Zadeh, A., Mirshamsi, M. R., Mirhosseini, A., and Arab zadeh, M. R. 2012. Investigating sedative, preanaesthetic & anti-anxiety effects of herbal extract of *Cannabis Sativa* in comparison with diazepam in rats. *Seed and Plant Production Journal* 2-28 (3): 363-371. (in Persian with English abstract).



Effect of Different Levels of Organic and Chemical Fertilizers on Yield, Harvest Index and Extract Percentage of Hemp (*Cannabis sativa* L.)

S. Laleh¹ - M. Jami Al-Ahmadi^{2*} - S. Parsa³

Received: 07-03-2016

Accepted: 27-09-2016

Introduction

Hemp is a dioecious and annual plant. The most important use to this plant is in the food, drug, and natural fibers. Proper fertilizer management for a medicinal plant species is important for increasing its yield and maintaining the quality of active principles. Sustainable farming is on the basis of natural fertilizer application with the aim of decreasing chemical fertilizers. Various studies show that application of animal manure with chemical fertilizers (as N, P and ...) have positive effects on soil structure, microbial population, soil fertility, growth and yield of plant with the aim of protecting the environment. Therefore, the present study was under taken to evaluate the effect of organic amendments enriched with chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on yield and extract of hemp.

Materials and Methods

To study the effect of different levels of animal manure and chemical fertilizers, a split factorial experiment, based on complete randomized blocks design with three replications was conducted at the research Farm of Faculty of agriculture, University of Birjand, during the growing season 2014-2015. Experimental factors were animal manure (0, 10, 20 and 30 t. ha⁻¹ well rotted farmyard manure) as the main plot, and factorial application of three levels of N (0, 50 and 100 kg N ha⁻¹ as Urea) with two levels of P (0 and 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ as triple and P was superphosphate) as sub-plot. Animal manure, P and half of the N fertilizer were applied before planting and the other half of N were applied by top dressing. Hemp were planted 5 may on rows 60 cm apart, with 30 cm distance between each hemp on row, at the depth of 3-4 cm. Measured traits included leaf, stem and seed weights, stem height and diameter, 1000 seed weight, and leaves extract percentage per square meter in sub-plot for female plants of hemp. Also percentage of female plants calculated per sub-plot. Finally, all variables were analyzed by SAS software (V. 9.1). Comparison of the averages attributes was performed using FLSD test at the 0.05 level of significant.

Results and Discussion

The results showed that the percentage of female plants did not affected by animal manure and chemical fertilizers. Stem height and diameter, leaf and stem weights and extract percentage were increased with increasing rate of animal manure, nitrogen and phosphate fertilizers. Phosphorus application caused a 11.2% increase in thousand grains weight. The highest stem and leaf yields were 2541.8 and 7001.6 kg ha⁻¹ respectively, which were obtained by using 20 t. ha⁻¹ animal manure with 100 kg N + 80 kg P ha⁻¹. An increased stem yield was also obtained by applying 30 t ha⁻¹ animal manure with 50 kg N + 80 kg P ha⁻¹. Integrated using of 20 t. ha⁻¹ animal manure with 100 kg N + 80 kg P ha⁻¹, and 30 t. ha⁻¹ animal manure with 50 kg N + 80 kg P ha⁻¹ were appeared as the favorable fertilizing treatments for hemp.

Conclusions

It is suggested that combined usage of the animal manure and chemical fertilizers have more positive effects on growth and yield of hemp in compare with the use of fertilizers or animal manure lonely. Also hemp nutrition should be done according to the aim of producing.

Keywords: Cow manure, Triple superphosphate, Urea

1- PhD student, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran

3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran

(*- Corresponding Author Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)



تأثیر دگرآسیبی بقایای گندم و جو بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) و کنترل علف‌های هرز

ملیحه شاه بیکی¹ - حسن مکاریان^{2*} - حمید عباس دخت²

تاریخ دریافت: 1395/02/04

تاریخ پذیرش: 1395/12/11

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر دگرآسیبی بقایای گندم و جو بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد گیاه لوبیا چشم‌بلبلی آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال 1394 انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل: وجین تمام فصل، عدم وجین، علف‌کش خاک مصرف تریفلورالین (ترفلان 48% EC) مطابق دز توصیه شده (دو لیتر در هکتار)، محلول‌پاشی برگی با غلظت 50 درصد عصاره کاه و کلش گندم، محلول‌پاشی برگی با غلظت 100 درصد عصاره کاه و کلش گندم، کاربرد بقایای گندم به صورت مخلوط با خاک به میزان دو تن در هکتار، کاربرد بقایای گندم به صورت مخلوط با خاک به میزان هشت تن در هکتار، کاربرد بقایای گندم به صورت مخلوط با خاک به میزان هشت تن در هکتار، محلول‌پاشی برگی با غلظت 50 درصد عصاره کاه و کلش جو، محلول‌پاشی برگی با غلظت 100 درصد عصاره کاه و کلش جو بود. نتایج نشان داد که تیمارهای کاربرد چهار و هشت تن بقایای کاه و کلش گندم توانستند ضمن کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار عدم وجین، سبب افزایش تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و دانه لوبیا گردند. تیمارهای وجین و کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار به ترتیب عملکرد دانه را 78/23 و 80/79 درصد نسبت به تیمار عدم وجین افزایش دادند. براساس نتایج این آزمایش اختلاط کاه و کلش گندم با خاک به عنوان یک روش مدیریت غیر شیمیایی، پتانسیل کنترل علف‌های هرز و افزایش صفات عملکردی لوبیا چشم‌بلبلی را دارد.

واژه‌های کلیدی: حبوبات، علف‌کش زیستی، کنترل غیرشیمیایی، مدیریت علف هرز

مقدمه

رقابت علف‌های هرز ناشی می‌شود (Fisk et al., 2002). علف‌های هرز یکی از عوامل مهم محدودکننده عملکرد در اکوسیستم‌های کشاورزی و به خصوص در سیستم‌های ارگانیک به‌شمار می‌روند (Lemerle et al., 2001). براساس آمارهای موجود از تمام مناطق ایران که در آنها لوبیا کاری صورت می‌گیرد در 94 درصد آن‌ها مشکل علف‌هرز وجود دارد و یکی از دلایل عمده‌ی کاهش این محصول، هجوم علف‌های هرز است (Bagheri et al., 1997) که خسارت آن بیش از سایر عوامل زیان‌بار است به‌طوری‌که به‌تنهایی برابر با کل هزینه‌های کنترل آفات و بیماری‌ها خسارت وارد می‌کنند (Musavi, 2008). علف‌های هرز ضمن رقابت با گیاهان زراعی بر سر جذب آب، عناصر غذایی و نور، با آزاد کردن ترکیبات سمی از دانه‌ها، بقایای تخریب شده، مواد شسته شده، مواد مترشحه و فرار، گیاهان زراعی را متأثر می‌سازند. یکی از روش‌های رایج کنترل علف‌های هرز در مزارع لوبیا، استفاده از علف‌کش‌ها می‌باشد. تریفلورالین از جمله علف‌کش‌هایی است که قبل از کاشت به صورت مخلوط با خاک در مزارع لوبیا مصرف می‌شود و تقریباً بذر همه علف‌های هرز باریک

امروزه کمبود پروتئین در تغذیه میلیون‌ها نفر انسان در کشورهای توسعه نیافته، یکی از مشکلات حاد تغذیه‌ای محسوب می‌شود (Majnoon Hosseini, 1993). حبوبات یکی از منابع غنی پروتئین بوده و پس از غلات، دومین منبع غذایی مهم انسان به‌شمار می‌روند (Parsa and Bagheri, 2009). لوبیا چشم‌بلبلی با نام علمی *Vigna sinensis* L. یکی از حبوبات گرمسیری با رشد سریع بوده که به‌واسطه دارا بودن حدود 12 تا 32 درصد پروتئین، اسیدفولیک فراوان و عوامل نفخ‌زای کمتر نسبت به سایر حبوبات از نظر غذایی متمایز است (Majnoon Hosseini, 2008). بدون در نظر گرفتن متغیرهای آب و هوایی، تلفات محصول گیاهان زراعی عمدتاً از

1 و 2 - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

(*) - نویسنده مسئول:
(Email: h.makarian@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.55364

زعفران مربوط به کاربرد هشت تن کلش گندم در همراه بود. بقایای کاه و کلش گندم می‌توانند تا 90 درصد وزن خود آب جذب کنند، در صورتی که در مواد رسی، جذب آب فقط به میزان 15 تا 20 درصد وزن آن‌ها می‌باشد (Jorabloo et al., 2009). به نظر می‌رسد، فراهمی رطوبت و بهبود رشد گیاه زراعی نیز می‌تواند زمینه رقابت بهتر با علف‌های هرز را فراهم آورد. ترکیبات سمی مختلف موجود در گندم شامل مواد فتولیک، هیدروکسامیک اسید و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه می‌باشند (Ma, 2005) که این ترکیبات از طریق ممانعت از فرآیندهای اصلی گیاه مانند فتوسنتز، تقسیم سلولی، تنفس و سنتز پروتئین سبب کاهش جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز می‌شوند (Lam et al., 2012). با توجه به اهمیت حفظ سلامت محیط زیست و مواد غذایی مورد استفاده بشر و سایر موجودات، کاربرد روش‌های کنترل غیرشیمیایی مانند استفاده از خواص دگرآسیبی بقایای گندم و جو در مدیریت علف‌های هرز ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر بقایا و عصاره گندم و جو بر رشد و عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی و کنترل علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی 94-1393 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهر بسطام انجام شد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی 36 درجه و 29 دقیقه شمالی و 55 دقیقه طول شرقی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا 1366 متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است و میانگین طولانی مدت بارندگی سالانه در این منطقه حدوداً 154 میلی‌متر است. قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق 0-30 سانتی‌متری از خاک مزرعه نمونه‌برداری صورت گرفت. برای این منظور از هر نقطه معادل یک کیلوگرم خاک جدا گردید، سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده را مخلوط کرده، نهایتاً یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول 1 نشان داده شده است. مطابق اطلاعات به‌دست آمده بافت خاک لومی رسی تعیین شد. تیمارهای مورد بررسی شامل: وجین تمام فصل، عدم وجین، علف‌کش خاک‌مصرف تریفلورالین (ترفلان 48% EC) مطابق دز توصیه شده (دو لیتر در هکتار از فرم تجاری)، محلول‌پاشی برگی با غلظت 50 درصد عصاره کاه و کلش گندم، محلول‌پاشی برگی با غلظت 100 درصد عصاره کاه و کلش گندم، کاربرد بقایای گندم به‌صورت مخلوط با خاک به میزان دو تن در هکتار، کاربرد بقایای گندم به‌صورت مخلوط با خاک به میزان چهار تن در هکتار، کاربرد بقایای گندم

برگ و نیز تعداد زیادی از علف‌های هرز پهن برگ را کنترل می‌کند (Zand et al., 2007). از طرفی استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی علاوه بر صرف هزینه‌های اقتصادی، سبب آلودگی محیط‌زیست شده و همچنین می‌توانند منجر به مقاوم شدن علف‌های هرز به علف‌کش‌ها شوند (Regosa, 2007). بنابراین هر تلاشی در جهت مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز و جایگزین کردن علف‌کش‌ها با روش‌های سازگار با محیط‌زیست می‌تواند در تولید محصولات سالم اهمیت زیادی داشته باشد. استفاده از بقایای گیاهان زراعی روی سطح خاک علاوه بر خواص آلوپاتیک، می‌تواند تراکم علف‌های هرز را از طریق ممانعت فیزیکی برای سبز شدن گیاهچه‌ها و ممانعت از عبور نور که یک علامت برای جوانه‌زنی است، کاهش دهد (Teasdal and Mohler, 2000). کاربرد بقایای گیاهان زراعی علاوه بر تعدیل نوسانات دمایی، کاهش رواناب، افزایش نفوذپذیری و بهبود وضعیت ساختمان خاک باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد و با داشتن خواص آلوپاتیک می‌تواند باعث کاهش خسارت علف‌های هرز شود (Bilalis, 2003; Machado, 2007). بنابراین راهبرد جایگزین، استفاده از گیاهانی است که توانایی کنترل علف‌های هرز را داشته و به‌طور طبیعی مانع جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز می‌شوند. مطالعات انجام شده روی گندم نشان داد که این گیاه با داشتن مواد آلویشیمیایی توانایی کنترل برخی علف‌های هرز را دارد (Regosa and Pedrol, 2002). اشرفی و همکاران (Ashrafi et al., 2008) گزارش کردند که محلول‌پاشی عصاره جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌طور معنی‌داری جوانه‌زنی و رشد علف‌هرز دمروباهی سبز (*Setaria viridis* (L.) Beauv.) را نسبت به شاهد کاهش داد. این محققین مواد فنولی و ترپنوئیدهای موجود در اندام‌های مختلف جو را عامل بازدارنده جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز ذکر کردند. نتایج آزمایش‌های بی‌لایس و همکاران (Bilalis et al., 2003) نشان داد که تأثیر مالچ کاه و کلش گندم در توقف رشد علف‌های هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و نیلوفرپیچ (*Ipomoea tricolor* Cav.) بیش از مصرف علف‌کش‌ها بود. ناروال و همکاران (Narwal et al., 1998) گزارش کردند که کاربرد کاه و کلش گندم به‌طور متوسط حدود 90 درصد تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز را نسبت به عدم کاربرد آن کاهش داد. تأثیر بقایای گیاهی در کنترل علف‌های هرز و عملکرد گیاهان زراعی متفاوت است، به‌طوری‌که ویکس و همکاران (Wicks et al., 1994) دریافتند که برای کنترل مؤثر علف‌های هرز کشیده برگ ذرت نیاز به 6/8 تن بقایای گندم بود، در حالی‌که حداکثر عملکرد دانه ذرت به هنگام کاربرد 4/4 تن بقایای گندم در هکتار به‌دست آمد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013)، در بررسی تأثیر سطوح مختلف کاه و کلش گندم بر خصوصیات بنه‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) و گل‌انگیزی آن گزارش کردند که بیشترین عملکرد گل

تهیه‌ی عصاره‌های گیاهی گندم و جو بدین صورت بود که سه کیلوگرم از بقایای گندم و جو به‌طور جداگانه آسیاب شدند، در ادامه پودر حاصله از هر کدام را به‌طور مجزا با سه لیتر آب مقطر و نه لیتر اتانول 96 درصد مخلوط گردید، سپس مخلوط حاصل به مدت 72 ساعت در دمای 25 درجه سانتی‌گراد در شرایط آزمایشگاه قرار گرفت و برای صاف کردن عصاره‌ها از ضایعات، از پارچه متقالی استفاده گردید (Negahdari, 2013). محلول‌پاشی عصاره نیز با سم‌پاش ماتابی شارژی در کرت‌های مربوطه انجام شد. نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز یک مرتبه حدود دو هفته قبل از برداشت لوبیا با استفاده از کوادرات 30×50 سانتی متر به‌صورت تصادفی در سه نقطه از هر کرت صورت گرفت و سپس میانگین سه کوادرات محاسبه گردید. تعداد علف‌های هرز شمارش و پس از قطع آن‌ها از سطح خاک و انتقال آن به آون به مدت 48 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک و با ترازوی حساس 0/01 گرم وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. جهت بررسی اثربخشی هر کدام از تیمارها بر عملکرد و اجزای آن، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی لوبیا چشم‌بلبلی با رعایت یک متر حاشیه، سطحی معادل یک مترمربع برداشت و تعداد غلاف، تعداد دانه در نیام، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک و دانه اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم شکل‌ها نیز با نرم‌افزار Excel انجام شد.

به‌صورت مخلوط با خاک به میزان هشت تن در هکتار، محلول‌پاشی برگ‌ی با غلظت 50 درصد عصاره کاه و کلش جو، محلول‌پاشی برگ‌ی با غلظت 100 درصد عصاره کاه و کلش جو بود.

زمین مورد آزمایش در سال قبل به‌صورت آیش بوده و پاییز همان سال شخم خورده بود. بنابراین عملیات آماده‌سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و گاو رو شدن زمین در اوایل خرداد ماه صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به‌وسیله فاروئر، جوی و پشته‌هایی به فاصله 70 سانتی‌متر در جهت شمال به جنوب ایجاد گردید و سپس جوی‌های آبیاری تعبیه شدند. به‌منظور عدم اختلاط آب آبیاری بین دو تکرار، دو جوی در نظر گرفته شد، که یکی به‌منظور رساندن آب به هر تکرار و دیگری به‌منظور خروج آب زهکش تکرار بالایی بود. کشت در اواسط خرداد ماه در ردیف‌هایی به فاصله 60 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف 10 سانتی‌متر انجام شد. هر کرت آزمایشی از چهار خط کشت به طول شش متر تشکیل شده و در فاصله بین دو کرت از یکدیگر یک پشته کاشته نشده در نظر گرفته شد. علف‌کش ترفلان با غلظت توصیه شده (دو لیتر در هکتار) قبل از کشت بذور، با سم‌پاش ماتابی شارژی ساخت کشور اسپانیا و با حجم محلول 300 لیتر در هکتار با نازل شره‌ای و فشار سمپاش حدود 2/5 بار در کرت‌های مربوطه به‌کار برده شد و بلافاصله با خاک مخلوط گردید. محلول‌پاشی عصاره‌های کاه و کلش گندم و جو در مرحله هشت تا ده برگ‌ی لوبیا چشم‌بلبلی انجام شد.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
Table 1- Physical and chemical analysis of field' soil

نیتروژن Nitrogen (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم Potassium (mg.kg ⁻¹)	فسفر Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon (%)	ماده آلی Organic matter (%)
1.05	2.22	0.4	7.34	8.05	5.9	12

(جدول 3) که تیمارهای محلول‌پاشی عصاره 50 و 100 درصد جو و کاربرد مقدار هشت تن بقایای گندم به همراه علف‌کش تریفلورالین از نظر تأثیر بر تراکم علف‌های هرز در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین و بیشترین تراکم علف‌هرز نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار وجین و عدم وجین تمام فصل بود. در آزمایشی اثر آللوپاتیک پسمان‌های جو روی کنترل علف‌های هرز شیرسگ (*Euphorbia spp.*)، گل‌گندم (*Centaurea depressa* L.)، گوش‌خرگوش (*Conringia orientalis* L.) و علف‌هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.) در مزرعه نخود بررسی شد و مشاهده گردید که آللوکمیکال‌های موجود در جو بر پیدایش جوانه و رشد علف‌های هرز اثر بازدارنده داشته ولی روی تعداد بوته نخود بدون تأثیر بود (Jafarzade, 2004).

نتایج و بحث

براساس نتایج به‌دست آمده، گونه‌های علف‌هرز غالب مزرعه آزمایشی شامل سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و سلمه تره (*Chenopodium album* L.) بودند که البته بالاترین تراکم مربوط به علف هرز سوروف بود. به‌طوری‌که تراکم آن در تیمار شاهد عدم وجین 80 بوته در متر مربع بود.

تراکم علف‌هرز

نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های هرز معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بود (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها نشان داد

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک و تعداد علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 2- Analysis of variance (Mean Squares) of dry weight and density of weeds due to experimental treatments

منابع تغییر	درجه آزادی	تراکم علف‌های هرز	وزن خشک علف‌های هرز
S.O.V	df	Weeds density	Weeds dry weight
بلوک	2	13.633 ^{ns}	12.866*
Block			
تیمار	9	401.908**	14.940**
Treatment			
خطا	18	9.883	1.911
Error			
ضریب تغییرات		24.4	27.7
CV (%)			

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

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

همچنین گزارش شده است که 60 درصد پوشش خاک با پسمان‌های گندم، برای سرکوب علف‌های هرز فصل بعد مطلوب بود (Bilalis, 2003). گزارش شده است که فعالیت بازدارنده مالچ گندم به دلیل تداخل مواد دگرآسیب آن است (Worsham, 1984) و اثر سرکوب‌کنندگی آن تا شش هفته دوام دارد. تعدادی از مواد آلوکمیکال مانند DIMBOA و اسیدهای فنولیک در گندم شناسایی شده‌اند (Alsaadawi, 2001). ایندراجیت و همکاران (Inderjit, 1999) به مطالعه‌ی تعامل بین گندم و چچم چند ساله پرداختند که این محققان مشاهده کردند ریشه چچم چند ساله هنگامی که با گندم رشد کرده، مهار شده است. وانگ و همکاران (Wang et al., 2004) گزارش کردند که مالچ کاه و کلش گندم به‌طور معنی‌داری علف‌های هرز مزارع برنج را کنترل نمود. مواد آلوپاتیک موجود در کاه و کلش گندم، در خاک تحت اثر شستشو باعث بروز اثرات انتخابی روی رشد علف‌های هرز مشخص در مجاورت خود می‌شود. همچنین کاهش رشد علف‌های هرز در اثر عصاره‌ی آبی بقایای گندم نیز مشاهده شده است (Wu et al., 2001). به نظر می‌رسد ترکیبات موجود در عصاره جو از قبیل مواد فنولی و ترپنوئیدی و ترکیبات موجود در بقایای گندم که عمدتاً شامل اسیدهای فنولیک می‌باشند، جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه‌های علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش تراکم آنها شده است.

وزن خشک علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0/01$) تیمارهای آزمایش بر وزن خشک علف‌های هرز بود (جدول 2). براساس مقایسه میانگین انجام شده (جدول 3) به‌جز تیمار وجین تمام فصل، سایر تیمارهای آزمایش از نظر تأثیر بر وزن خشک علف‌های هرز با تیمار عدم وجین تفاوت معنی‌داری نداشتند. نیواستروئید و همکاران

(Neustruyeva et al., 1972) گزارش کردند که گندم، جو، نخود و گندم سیاه مانع رشد قسمت‌های هوایی و سطح برگ سلمه تره می‌شوند. لیدون و همکاران (Lydon et al., 1997) در بررسی اثر آلوپاتیک درمنه (*Artemisia annua* L.) بر تاج خروس، سلمه تره، سویا و ذرت بیان داشتند که درمنه روی این گونه‌ها اثر بازدارنده دارد و باعث کاهش وزن اندام‌های هوایی و درصد رویش آنها می‌شود. تی و همکاران (Tho et al., 2008) آزمایشی را به‌منظور بررسی خصوصیات آلوپاتیک خیار (*Cucumis sativus* L.) انجام دادند. این محققین با عصاره گرفتن از گیاه خیار و کاربرد آن بر روی بذر سوروف (علف‌هرز غالب مزارع برنج در ویتنام) دریافتند عصاره این گیاه از جوانه‌زنی و رشد شاخساره‌ها و ریشه‌ها مانع می‌کند و با افزایش غلظت عصاره کدو، تأثیر بازدارندگی آن بر این علف‌هرز افزایش می‌یابد. برخلاف نتایج پژوهش‌های ذکر شده، تیمارهای آزمایش ما تأثیر قابل توجهی بر کاهش زیست‌توده علف‌های هرز نداشت که می‌توان دلیل آن را تراکم بسیار بالای علف‌های هرز به‌خصوص سوروف ذکر نمود، به‌طوری‌که تراکم و زیست‌توده بسیار بالای علف‌های هرز در واحد سطح سبب کاهش تأثیر علف‌کش تری‌فلورالین بر کنترل علف‌های هرز گردید. در همین راستا وینکل و همکاران (Winkle et al., 1981) نشان داده‌اند که با افزایش تراکم علف‌هرز در واحد سطح، دز علف‌کش مورد نیاز برای کنترل مطلوب علف‌های هرز نیز باید افزایش یابد، زیرا در غیر این صورت کنترل مطلوب علف‌های هرز محقق نخواهد شد. از طرفی با کاهش تراکم علف‌های هرز تحت تأثیر بقایای گندم و محلول‌پاشی عصاره 50 و 100 درصد جو (جدول 3)، بوته‌های باقیمانده یا بوته‌هایی که با تأخیر سبز شده‌اند دسترسی بیشتری به منابع داشته‌اند، لذا این بوته‌ها با رشد و تولید بیشتر بیوماس در واحد سطح، توانسته‌اند معادل تیمار عدم وجین زیست‌توده تولید نمایند. در راستای نتایج این آزمایش، زارع حسینی و همکاران (Zare Hosseini et al., 2014) در بررسی اثر

بر زیست‌توده علف‌های هرز بیان کردند. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد در تراکم‌های بالای علف‌هرز باید از مقادیر کاه و کلش بیشتری برای سرکوب علف‌های هرز استفاده نمود.

روش‌های مختلف مدیریتی بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز زعفران بیان کردند که مالچ گیاهان پوششی نتوانست تراکم بالای علف‌هرز جودره (*Hordeum spontaneum* L.) را کاهش دهد. همین محققین تراکم بالای علف‌هرز جودره را عامل عدم تأثیر مالچ

جدول 3- مقایسه میانگین وزن خشک و تعداد علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش
Table 3- Mean comparison of weed dry weight and density affected by experimental treatments

تیمارها Treatments	تراکم علف‌های هرز Weeds density (no.m ⁻²)	وزن خشک علف‌های هرز Weeds dry weight (g.m ⁻²)
وجین تمام فصل Weeding all season	0.000 ^f	0.000 ^d
عدم وجین No weeding	39.00 ^a	5.617 ^{abc}
علف‌کش Herbicide	2.333 ^{ef}	4.139 ^{bc}
عصاره 50 درصد گندم Wheat extracts (concentration of 50%)	19.00 ^{bc}	4.043 ^{bc}
عصاره 100 درصد گندم Wheat extracts (concentration of 100%)	23.17 ^b	7.189 ^{ab}
(2 تن در هکتار) بقایای گندم Wheat residue (2 t/ha)	11.67 ^{cd}	6.555 ^{ab}
(4 تن در هکتار) بقایای گندم Wheat residue (4 t/ha)	11.00 ^d	3.265 ^c
(8 تن در هکتار) بقایای گندم Wheat residue (8 t/ha)	8.500 ^{de}	7.400 ^a
عصاره 50 درصد جو Barley extracts (concentration of 50%)	9.500 ^{de}	5.372 ^{abc}
عصاره 100 درصد جو Barley extracts (concentration of 100%)	4.667 ^{def}	6.291 ^{abc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

The means within the same letters in each column are not significantly different to the 5% level of probability according to LSD test.

به‌طور معنی‌داری تراکم علف‌های هرز را نسبت به تیمار شاهد عدم وجین کاهش دهند. احتمالاً اختلاط مقدار زیادی کاه و کلش گندم (هشت تن در هکتار) با خاک علاوه بر کاهش جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز، سبب نگهداری رطوبت بیشتر در خاک شده‌است و از این طریق توانسته است در بهبود رشد لوبیا و تعداد غلاف مؤثر باشد. مطالعه میرشکاری (Mirshakari, 2008) و یدوی و همکاران (Yadavi et al., 2004) بر روی لوبیا چشم‌بلبلی و لوبیا چیتی نشان داد که تعداد نیام در هر بوته بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد و حساس‌ترین جزء عملکرد نسبت به رقابت با علف‌های هرز است. تحقیقات نشان داده‌اند، با افزایش تراکم علف‌های هرز، کمبود مواد غذایی قابل دسترس در سطوح زیرین پوشش گیاهی در محیط‌های متراکم سبب افزایش درصد ریزش گل‌ها در حین تلقیح یا پس از آن می‌گردد و به‌عبارتی دیگر به منظور ایجاد موازنه بین مواد فتوسنتزی و

صفات مربوط به لوبیا

تعداد غلاف

نتایج نشان داد تیمارهای آزمایش به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0/01$) تعداد غلاف در بوته را تحت تأثیر قرار دادند (جدول 4). براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول 5) تیمار وجین تمام فصل بیشترین تعداد غلاف را نسبت به سایر تیمارها به‌خود اختصاص داد، بعد از تیمار وجین، تیمارهای محلول‌پاشی برگی عصاره‌ی 100 درصد جو، کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار و همچنین محلول‌پاشی برگی عصاره‌ی 50 درصد گندم با بیشترین تعداد غلاف در یک گروه آماری قرار گرفتند، با مراجعه به نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های هرز، مشاهده شد که تیمارهای فوق به‌خصوص کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار توانستند

رشد به‌طور معنی‌داری تعداد کل غلاف در بوته را کاهش داد (Woolley *et al.*, 1993) که با نتایج آزمایش ما مطابقت دارد. نتایج حاکی از تأثیر منفی تریفلورالین بر تعداد غلاف در بوته بود (جدول 4). این نتیجه را می‌توان به سمیت علف‌کش نسبت داد. نودن و تیمان (Nooden and Thimann, 1963) گزارش دادند تریفلورالین ممکن است اثر مهارکنندگی مستقیم و غیرمستقیم، بر روی فرآیندهای ضروری برای بزرگ شدن سلول از جمله سنتز پروتئین یا RNA داشته باشد و رشد گیاه زراعی را کاهش دهد.

مقدار تنفس و ذخیره مواد، تعدادی از گل‌های تشکیل‌دهنده غلاف به‌طور فیزیولوژیکی حذف می‌شوند (Khan and Mumtaz, 1995; Bastawesy, 1991). گزارش شده است که علف‌های هرز با افزایش سایه‌اندازی، کارایی فتوسنتز در لوبیا چیتی را کاهش داده، لذا قدرت رقابت آن در حصول آب، مواد غذایی و تخصیص این منابع به اندام‌های زایشی با محدودیت مواجه شده و در نهایت تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (Malik, 1993). همین محققین گزارش کردند که رقابت علف‌های هرز یک ساله با لوبیا سفید در طول کل دوره‌ی

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی از صفات لوبیا چشم‌بلبلی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش
Table 4- Analysis of variance (Mean Squares) of some beans traits affected by experimental treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن صد دانه 100 grain weight
بلوک Replication	2	0.385 ^{ns}	334.876 ^{ns}	841841.364 ^{ns}	5539.367 ^{ns}	1.712 ^{ns}
تیمار Treatment	9	37.084 ^{**}	10922.48 ^{**}	59066801.459 ^{**}	14576513.235 ^{**}	11.698 [*]
خطا Error	18	0.984	203.718	1065268.952	134910.809	4.132
ضرب تغییرات CV (%)		17.26	21.10	17.27	14.12	10.07

ns, *, **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

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

تعداد دانه در غلاف با ثبات‌ترین جزء عملکرد است زیرا تعداد سلول‌های تخم در همه تخمدان‌ها برابر است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و بنابراین اثر آن در نوسانات عملکرد به مراتب کمتر از سایر اجزای عملکرد است. در منابع محدودی کاهش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در رقابت با علف‌های هرز گزارش شده است (Malik *et al.*, 1993). به نظر می‌رسد در این آزمایش کنترل مطلوب علف‌های هرز در تیمار وجین و کاربرد هشت تن کلش گندم در هکتار از طریق کنترل مطلوب علف‌های هرز توانسته است تأثیر مثبتی بر تعداد دانه در غلاف ایجاد نماید. با توجه به بررسی‌های انجام شده گرچه تأثیرپذیری بعضی صفات مانند تعداد دانه از شرایط محیطی اندک است، اما وجود تراکم بالای علف‌هرز و همچنین گونه‌های علف هرز رقابت‌کننده می‌تواند فشار رقابتی بالایی بر گیاه وارد نماید و باعث کاهش تعداد دانه در غلاف گردد.

وزن صد دانه

تأثیر تیمارهای مختلف بر وزن صد دانه معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بود (جدول 4). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول 5) که تیمارهای

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول 4)، تعداد دانه در غلاف معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول 5) نشان داد که تیمارهای وجین و کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشتند که در مقایسه با تیمار شاهد آلوده به علف‌هرز به ترتیب سبب افزایش 79/69 و 82/18 درصدی تعداد دانه در غلاف شدند، درحالی‌که سایر تیمارها تعداد دانه در ردیف کمتری تولید کردند و در سطح آماری پایین‌تری قرار گرفتند. قنبری و طاهری مازندرانی (Ghanbari and Taheri Mazandarani, 2003) گزارش دادند که کنترل علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری در افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه لوبیا داشت، اما اثر آن روی تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود. یوسفی و همکاران (Yousefi *et al.*, 2007) گزارش کردند که تعداد دانه در غلاف نخود تحت تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز قرار نگرفته اما کمترین این صفت در تیمار شاهد تداخل تمام فصل با علف‌هرز مشاهده شد. هانسن و شیبلس (Hansen and Shibbles, 1987) معتقدند که اجزای عملکرد مانند اندازه دانه، تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف از طریق ژنتیکی کنترل می‌شوند. کوچکی و بنیان اول

علف کش، وجین، بقایای دو تن کلش گندم و عصاره 50 و 100 درصد جو بیشترین وزن صد دانه را نسبت به سایر تیمارها داشتند، در حالی که تیمارهای محلول پاشی عصاره 100 درصد گندم کمترین وزن

صد دانه را تولید کرد که البته با تیمارهای کاربرد بقایای گندم به میزان دو، چهار و هشت تن، عصاره 50 درصد گندم، عدم وجین در یک سطح آماری قرار داشتند.

جدول 5- مقایسه میانگین برخی از صفات لوبیا چشم بلبلی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 5- Means comparison of some beans characteristics affected by experimental treatments

تیمار Treatment	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن صد دانه (g) 100 grain weight	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.h ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg.h ⁻¹)
وجین تمام فصل Weeding all season	168.9 ^a	22.44 ^{ab}	15.33 ^a	16750 ^a	6285 ^a
عدم وجین No weeding	34.30 ^b	18.77 ^{cd}	4.667 ^{bcd}	3672 ^c	1368 ^{cd}
علف کش Herbicide	54.75 ^b	23.54 ^a	3.133 ^d	4881 ^c	2501 ^b
عصاره 50 درصد گندم Wheat extracts (Concentration of 50%)	34.53 ^b	17.92 ^{cd}	5.467 ^{bc}	4222 ^c	1241 ^{cd}
عصاره 100 درصد گندم Wheat extracts (Concentration of 100%)	30.73 ^b	17.54 ^d	4.333 ^{bcd}	4177 ^c	1044 ^d
بقایای گندم (2 تن در هکتار) Wheat residue (2 t/ha)	43.93 ^b	21.11 ^{abc}	5.333 ^{bcd}	4602 ^c	1866 ^{bcd}
بقایای گندم (4 تن در هکتار) Wheat residue (4 t/ha)	32.40 ^b	19.62 ^{bcd}	3.533 ^{cd}	2630 ^c	1279 ^{cd}
بقایای گندم (8 تن در هکتار) Wheat residue (8 t/ha)	192.5 ^a	18.81 ^{cd}	5.800 ^{bc}	11020 ^b	7093 ^a
عصاره 50 درصد جو Barley extracts (Concentration of 50%)	46.80 ^b	21.12 ^{abc}	3.733 ^{cd}	3176 ^c	1963 ^{bc}
عصاره 100 درصد جو Barley extracts (Concentration of 100%)	34.40 ^b	21.01 ^{abc}	6.133 ^b	4610 ^c	1383 ^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

The means within the same letters in each column are not significantly different to the 5% level of probability according to LSD test.

نیز هست و این شرایط ممکن است موجب تغییراتی بین 20 تا 30 درصد وزن دانه شود (Koocheki and Banayan Aval, 1994). رئیس‌السادات (Raeis al Sadat, 2007) در تحقیقی مشابه گزارش کرد که بیشترین وزن هزاردانه ذرت مربوط به تیماری بود که 50 درصد بقایای گندم (کاه و کلش به میزان دو تن در هکتار) در آن استفاده شده بود. لذا به نظر می‌رسد علف‌های هرز با جذب منابع مورد نیاز گیاه زراعی و کاهش رشد آن میزان اختصاص مواد فتوسنتزی را به دانه‌ها کاهش داده و موجب کاهش وزن صد دانه شده است.

مکاریان (Makarian, 2002) کاهش وزن صد دانه ذرت را به دلیل کاهش دوام سطح برگ در اثر تنش رقابت علف‌های هرز روی ذرت در مرحله پرشدن دانه‌ها گزارش کرد. در نتایج حاصل از آزمایش ما نیز کاهش معنی‌دار وزن صد دانه لوبیا چشم‌بلبلی با افزایش جمعیت علف‌های هرز مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای محلول پاشی برگی عصاره‌ی 50 و 100 درصد جو و کاربرد بقایای گندم به میزان دو تن در هکتار توانستند به اندازه تیمار وجین تمام فصل و علف کش، وزن صد دانه گیاه را افزایش دهند. وزن صد دانه یک خصوصیت رقم است اما تعداد آن متأثر از شرایط دوره رسیدگی

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، حاکی از معنی‌دار بودن اثر تیمارهای اعمال شده بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد بود (جدول 4). مقایسات میانگین (جدول 5) نشان داد که عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار وجین بیشترین مقدار و بعد از آن کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار قرار داشت که نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌داری نشان داد. تی واری و همکاران (Tewari et al., 2001) افزایش عملکرد بیولوژیک نخود در شرایط کنترل علف‌های هرز را گزارش کردند. همچنین، گزارش شده است که کنترل مطلوب علف‌های هرز با کاربرد بقایا می‌تواند تولید محصول را بهبود بخشد و با صرف هزینه کمتر عملکرد قابل قبولی حاصل شود (Ebrahimi et al., 2012). دانگا و واکیندیک (Danga and Wakindiki, 2009) نیز اظهار داشتند که کاربرد سطحی مالچ کلش گندم، ضمن کاهش فرسایش خاک منجر به افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌شود. علاوه بر این حفظ کاه و کلش گندم در سطح خاک می‌تواند در تعدیل درجه حرارت خاک مؤثر باشد. به‌طوری‌که خاک‌های دارای بقایای سطحی در مقایسه با خاک‌های فاقد بقایا در درجه حرارت بالای محیطی دیرتر گرم شده و ازسویی دیگر، در شب حرارت خود را دیرتر از دست می‌دهند (Chen et al., 2005). در ارتباط با اثر مالچ کلش گندم بر درجه حرارت خاک، نجفی نژاد و همکاران (Najafinezhad et al., 2009) نقش بقایای گندم را در افزایش ماده آلی خاک، تعدیل درجه حرارت و نیز بهبود عملکرد ذرت گزارش کردند. به‌طور کلی نتایج ما نشان داد که کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار و وجین تمام فصل می‌تواند با کنترل علف‌های هرز، منابع بیشتری را در اختیار گیاه زراعی قرار دهد و منجر به افزایش تجمع ماده‌ی خشک در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی گردد.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس معنی‌دار بودن اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه را در سطح یک درصد نشان داد (جدول 4). مقایسات میانگین‌ها (جدول 5) نیز حاکی از آن بود که عملکرد دانه در تیمارهای مختلف با کاهش تراکم و وزن خشک علف‌هرز افزایش یافت به‌طوری‌که تیمارهای وجین و بقایای گندم به میزان دو تن در هکتار به‌ترتیب سبب افزایش 78/23 و 80/79 درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد آلوده به علف‌هرز شدند و در یک گروه آماری قرار گرفتند، در حالی‌که تیمارهای محلول‌پاشی عصاره 50 و 100 درصد گندم، عصاره 100 درصد جو، کاربرد بقایای گندم به میزان دو و چهار تن در هکتار و عدم وجین کمترین عملکرد دانه را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند و در یک سطح آماری قرار گرفتند. گزارش شده است که عدم کنترل علف‌های هرز موجب کاهش 41/2 درصدی

عملکرد دانه لوبیا قرمز نسبت به کرت‌های وجین شده گردید (Ghanbari and Taheri Mazandarani, 2003). بنابراین، به نظر می‌رسد که تداوم رقابت علف‌های هرز با لوبیا چشم‌بلبلی در تمام دوره رشد گیاه منجر به کاهش عملکرد در تیمار عدم وجین علف‌های هرز گردیده است. در حالی‌که وجین باعث حذف اثرات رقابتی علف‌های هرز بر روی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی شده و در نتیجه عملکرد افزایش پیدا کرده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، تیمار علف‌کش عملکرد کمتری نسبت به کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار داشته است. تری فلورالین علف‌کشی است خاک‌مصرف که از طریق جلوگیری از تشکیل رشته‌های دوک در تقسیم میتوز باعث اختلال در تقسیم سلولی و طولی شدن سلول‌ها و جلوگیری از سبز شدن بذر علف‌های هرز می‌گردد، اما این علف‌کش می‌تواند تأثیرات منفی خود را روی سبز شدن گیاهان زراعی حساس نیز نشان دهد که در سویا جلوگیری از رشد به‌وسیله تری فلورالین با توقف تقسیمات سلولی در بافت‌های مریستمی گزارش شده است (Talbert, 1965). کاهش عملکرد گیاه زراعی در اثر خسارات علف‌کش‌ها در مطالعات متعددی مشاهده شده است (Ramezan Zadeh Hojabr and Razmjoo, 2014; Wilson, 1990). نتایج ما نشان داد که تیمار کاربرد هشت تن کلش گندم به‌صورت مخلوط با خاک توانست به اندازه تیمار وجین تمام فصل عملکرد گیاه زراعی را افزایش دهد. سینگ‌سیدو و همکاران (Singh Sidhu et al., 2007) نیز کاهش چشمگیر دمای خاک و نیز افزایش عملکرد ذرت در مناطق خشک و گرمسیری را در نتیجه کاربرد کاه و کلش گندم در سطح خاک مشاهده کردند. حفظ بقایای گیاهی از طریق حفظ رطوبت خاک از طریق کاهش دمای خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان می‌شود (Limon-Ortega, 2001; Sayer et al., 2002) که در این زمینه بدرالدین و همکاران (Badaruddin et al., 1999) نیز گزارش نمودند که مالچ کاه و آبیاری زیاد در شرایط آب و هوایی سودان و مکزیک باعث افزایش عملکرد گندم شد. حفظ بقایا از طریق افزایش مواد غذایی خاک ممکن است باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه ذرت شود. فیشر و همکاران (Fischer et al., 2002) گزارش کردند که برگشت بقایای گیاهی در فراهمی نیتروژن و افزایش عملکرد ذرت و گندم نقش مؤثری دارد. حفظ بقایا در حد بهینه از طریق فراهمی بهتر رطوبت، می‌تواند اثر مثبتی بر عملکرد داشته باشد. در مجموع کنترل علف‌های هرز و کاهش تراکم آن‌ها از طریق کاهش رقابت بین بوته‌ای (گیاه زراعی و علف‌هرز) و توزیع مناسب نور موجب افزایش تعداد نیام در بوته، دانه در نیام و عملکرد دانه می‌گردد (Bastawesy et al., 1991).

نتیجه گیری

موجود در آن که شامل اسیدهای فنولیک، مواد فنولی و ترپنوئید می باشد می تواند با کاهش تراکم علف های هرز سبب افزایش قدرت رقابت لوبیا با علف های هرز گردد. همچنین نقش مؤثر کاه و کلش گندم در بهبود شرایط فیزیکی خاک از نظر جذب نسبی رطوبت، تعدیل دمای خاک، فراهمی نسبی مواد آلی خاک، بهبود ساختار خاکدانه ای و کاهش تشکیل سله در خاک و نیز کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (Foroughifar and Pour Kasmani, 2002) می تواند باعث افزایش صفاتی همچون عملکرد بیولوژیک و دانه لوبیا شود. در مجموع اختلاط بقایای کاه و کلش گندم با خاک می تواند به عنوان راه کاری مؤثر در مدیریت غیر شیمیایی علف های هرز، ضمن افزایش عملکرد گیاه زراعی گامی در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار باشد.

نتایج نشان داد بعد از تیمار وجین تمام فصل، کمترین تراکم علف های هرز مربوط به تیمارهای کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار و محلول پاشی برگی عصاره ی 50 و 100 درصد جو بود که با تیمار کاربرد علف کش تری فلورالین از نظر آماری مشابه بودند. این درحالی بود که به جز وجین تمام فصل، سایر تیمارها نسبت به تیمار عدم وجین کاهش معنی داری در وزن خشک علف های هرز ایجاد نکردند. همچنین تیمارهای وجین و کاربرد بقایای گندم به میزان هشت تن در هکتار باعث افزایش معنی دار تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نسبت به شاهد آلوده به علف هرز گردیدند. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از بقایای گندم به خصوص کاربرد هشت تن کاه و کلش از طریق مواد آللوپاتیک

References

1. Alsaadawi, I. S. 2001. Allelopathic influence of decomposing wheat residues in agro-ecosystem. Journal of Crop Production 4 (2): 185-196.
2. Ashrafi, Z. Y., Sadeghi, S., Rahimian Mashhadim, H., and Hassan Alizade, M. 2008. Study of allelopathical effects of barley on inhibition of germination and growth of seedling green foxtail. An Open Access Journal published by International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics 6: 1-6.
3. Badaruddin, M., Matthew, P., and Osman, A. 1999. Wheat management in warm environments. Agronomy Journal 93: 975-983.
4. Bastawesy, F. I., El-Bially, M. E., Gaweeesh, S. S. M., and El-Din, M. S. 1991. Effect of selected herbicides on growth and yield components of rape seed (*B. napus* L.) plants and associated weeds. Egypte Journal Agronomy 13: 1-8.
5. Bagheri, A., Zand, A., and Parsa, M. 1997. Beans, The Bottlenecks and Strategies. Publication of Universiti of Mashhad. P 94. (in Persian).
6. Bilalis, D., Sidiras, N., and EconomouVakali, C. 2003. Effect of different levels of wheat straw soil surface coverage on weed flora in *Vicia faba* crops. Journal of Agronomy Crop Science 189: 233-241.
7. Chen, S. Y., Zhang, X. Y., Pei, D., and Sun, H. Y. 2005. Effects of corn straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter wheat field. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 21: 171-173.
8. Danga, B., and Wakindiki, I. 2009. Effect of placement of straw mulch on soil conservation, nutrient accumulation, and wheat yield in a humid Kenyan highland. Journal of Tropical Agriculture 47: 30-36.
9. Ebrahimi, F., Majnoun Hossieni, N., and Hossirni, M. B. 2012. The effect of extracts of medicinal plants on weed control (*Amaranthus retroflexus* L.) and (*Chenopodium album* L.) in beans. Iranian Journal of Field Crop Science 4: 757-765. (in Persian).
10. Fisk, J. W., Hesterman, O. B., Sheresta, A., Kells, J. J., Harwood, R. R., Squire, J. M., and Sheeaffer, C. C. 2002. Weed suppression by annual legume cover crops in no tillage corn. Agron. Journal 93: 319-325.
11. Fischer, R. A., Santiveri, F., and Vidal, I. R. 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands. Field Crops Research 79: 107-122.
12. Foroughifar, H., and Pour Kasmani, M. E. 2002. Soil Science and Management. (Translated) Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. 336 pp. (in Persian).
13. Ghanbari, A., and Taheri Mazandarani, M. 2003. Investigation of planting pattern and weed control on yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Seed and Plant Improvement Journal 19 (1): 37-47. (in Persian with English abstract).
14. Hansen, W. R., and Shibles, R. M. 1987. Seasonal log of flowering and podding activity of yield grown soybean. Agronomy Journal 70: 47-50.
15. Inderjit Keating, K. I. 1999. Allelopathy: Allelopathy principles. Procedures, processes, and promises for biological control. Advances in Agronomy 7: 141-231.

16. Jafarzade, N. 2004. Allelopathic potential of barley residue (*Hordeum vulgare* L.) on weed control and chickpea growth (*Cicer arietinum* L.). In: Proceedings of the first National congress of pulse crops in Iran. Pp.542.
17. Khan, R. U., and Mumtaz, N. A. 1995. Performance of Treflan, a pre-plant applied herbicide in rapeseed and mustard. Sarhad Journal. Agriculture 11 (5) 647-655.
18. Koocheki, A., and Banayan Aval, M. 1994. *Pulse Crops*. Javidan Publishers, Mashhad, Iran. pp. 238.
19. Lam, Y., Sze, C., Tong, Y., Ng, T., Tang, S., Ho, J., Xiang, Q., Lin, X., and Zhang, Y. 2012. Research on the allelopathic potential of wheat. Agricultural Sciences 3: 979-985.
20. Lemerle, D., Verbeek, B., and Orchard, B. 2001. Ranking the ability of wheat varieties to compete with *Lolium rigidum* Gaudin. Weed Research 41: 197-209.
21. Limon-Ortega, A., Sayer, K. D., Drijber, R. A., and Francis, C. A. 2002. Soil attributes in a furrow- irrigated bed planting system in north-west Mexico. Soil and Tillage Research 63: 123-132.
22. Lydon, J., Teasdale, J. R., and Chen, P. K. 1997. Allelopathic activity of annual worm wood (*Artemisia annua* L.) and the role of artemisinin. Weed Science 45: 807-811.
23. Ma, Y. 2005. Allelopathic studies of common wheat (*Triticum aestivum* L.). Weed Biology and Management 5: 93-104.
24. Makarian, H. 2002. Planting date and population density influence on competitiveness of corn (*Zea mayz* L.) with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
25. Malik, V. S., Swanton, C. J., and Michaels, T. E. 1993. Interference of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing and seeding density with annual weeds. Weed Science 41: 62-68.
26. Majnoon Hosseini, N. 1993. Legumes in Iran. Tehran University Press. 240 pp.
27. Majnoun Hosseini, N. 2008. *Grain legume profuction*. University of Tehran. Jihad Publishing Unit. Pp. 294.
28. Mirshekari, M. 2008. The effect of Weed interference when red root pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) on the performance of cowpea (*Vigna sinensis* L.). Journal of Modern Agriculture 4 (11): 71-81. (in Persian).
29. Musavi, M. 2008. Weed Controls (Principles and Methods). Marze Danesh Publishers. Pp. 491.
30. Najafinezhad, H., Javaheri, M. A., Ravari, S. Z., and Azad Shahraki, F. 2009. Effect of crop rotation and wheat residue management on grain yield of maize cv. KSC704 and some soil properties. Journal of Production Seed and Plant 25-2 (3): 245-258. (in Persian).
31. Narwal, S. S., Sarmah, M. K., and Tamak, J. C. 1998. Allelopathic strategies for wheat management in rice wheat rotation in northwestern India. In: Olofsdotter, M., Ed., Allelopathy in Rice. Proceedings of the Workshop on Allelopathy in Rice, 117-131.
32. Negahdari, M., Hossieni Monfared, R., Miri, H. R., and Safarpour Shorbakhlo, M. 2013. Allelopathic effect of different types of wheat germination and growth parameters of *Secal montanum*. First National Conference on Healthy Environment for Sustainable Agricultural Development.
33. Neustruyeva, S. N., and Dobrestsova, T. N. 1972. Influence of some summer crops on white gooseloot. In "Physiological Biochemical Basis of Plant Intractions in phytocenoses" (A. M. Grodzinsky, ed.), Vol. 3: 68-73. Naukova, Kley. (in Russian).
34. Nooden, L. D., and Thimann, K. V. 1963. Evidence for a requirement for protein synthesis for auxin-induced cell enlargement. Proc. National. Academic. Science. United. States. 50: 194-200.
35. Parsa, M., and Bagheri, A. R. 2009. Pulses. Jahad Mashhad University Press. (in Persian).
36. Raeis al Sadat, A. R. 2007. Wheat residue effects on corn yield. Journal of Keshavarz. 322 (27): 72-73. (in Persian).
37. Ramezan Zadeh Hojabr, F., and Razmjoo, K. 2014. Effect of pre- and post-emergence herbicides and their combination on weed control and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 103: 38-47.
38. Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, M. 2013. The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. Saffron Agronomy and Technology 1: 55 -70.
39. Regosa, M., and Pedrol, N. 2002. Allelopathy from molecules to ecosystems. Science publishers gnc. NH. United States America. P 12-195.
40. Regosa, F. M. 2007. Pesticide use trends in the US: Global comparison. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.
41. Sayer, K. D., Mezzalama, M., and Martinez, M. 2001. Tillage, crop rotation and crop residue management effects on maize and wheat production for rain-fed conditions in Altiplane of central Mexico. World Congress on Conservation Agriculture, 1. 1-5 Oct 2001. Madrid (Spain).

42. Singh Sidhu, A., Sekhon, N. K., Thind, S. S., and Hira, G. S. 2007. Soil temperature, growth and yield of maize (*Zea mays* L.) as affected by wheat straw mulch. Archives of Agronomy and Soil Science 53: 95-102.
43. Talbert, R. E. 1965. Effects of trifluralin on soybean root development. Proc. 18th Southern Weed Control Conference. p. 652.
44. Teasdal, J. R., and Mohler, C. L. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. Weed Science 48: 385-392.
45. Tewari, A. N., Tiwari, S. N., Rathi, J. P. S., Verama, R. N., and Tripathi, A. K. 2001. Crop weed competition studies in chickpea having *Asphodelus tenuifolius*-dominated weed community under rainfed condition. Indian Journal of Weed Science 33: 198-199.
46. Tho, H., Lan, P. T., Chin, D. V., and Noguchi, H. K. 2008. Allelopathic potential of cucumber (*Cucumis sativus* L.) on barnyardgrass (*Echinochloa crus-gali* L.). Weed Biology and Management 8: 129-132.
47. Wang, G., Yang, P. R., Zhang, H., and Ye-Zing, L. 2004. Effect of returning straw to field on weeds of rice fields and wheat field and the efficiency of chemical weeding. Acta Agricultural Shanghai 20 (1): 87-90.
48. Wilson, R. G., Smith, J. A., and Yonyhs, C. D. 1990. Effect of seedling depth, herbicide and variety on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) emergence, vigor and yield. Weed Technology 4: 739-742.
49. Wicks, G. A., Crutchfield, D. A., and Burnicide, O. C. 1994. Influence of wheat (*Triticum aestivum* L.) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays* L.) growth and yield. Weed Science 42: 141-147.
50. Winkle, M. E., Leavitt, J. R. C., and Burnside, O. C. 1981. Effects of weed density on herbicide absorption and bioactivity. Weed Science 29: 405-409.
51. Woolley, B. L., Swanton, C. J., Hall, M. R., and Michaels, T. E. 1993. The critical period of weed control in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Weed Science 41: 180-184.
52. Wu, H., Prately, J., Lemerle, D., and Hang, T. 2001. Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum* L.). Annals of Applied Biology 139: 1-9.
53. Yadavi, A., Agha-Alikhani, M., and Modarres Sanavi, A. M. 2004. The critical period of Weed control in beans LORDEGAN. Abstract Crop Science Congress of Iran, Gilan. P. 294. (in Persian).
54. Yousefi, A. R., Mohamad Alizadeh, H., Rahimian, H., and Jahansooz, M. R. 2007. Investigation on single and integrated application of different herbicides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield and its components in entezari sowing date. Journal of Agricultural Science 8: 73-84. (in Persian with English abstract).
55. Zand, E., Baghestani, M. A., Bitarafan, M., and Shimi, P. 2007. A Guideline for Herbicides in Iran. Mashhad Jihade University Publishers. P. 25-43.
56. Zare Hosseini, H., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M. H., and Rahimi, H. 2014. Effects of weed management strategies on weed density and biomass and saffron (*Crocus sativus* L.) yield. Saffron Agronomy and Technology 1: 45-58. (in Persian with English abstract).



Allelopathic Effect of Wheat and Barley Residues on Yield and Yield Components of Cowpea (*Vigna sinensis* L.) and Weeds Control

M. Shahbyki¹- H. Makarian^{2*}- H. Abbasdokht²

Received: 23-04-2016

Accepted: 01-03-2017

Introduction

Weeds are a major constraint limiting crop yield in agricultural systems and in organic systems in particular. Although herbicides are efficient for weed control, continuous use has caused the development of resistance in weeds against several herbicides. Furthermore, herbicides also pollute the soil, water and aerial environments and herbicide residues in food have deteriorated food quality and enhanced the risk of diseases. Allelopathy is defined as the direct or indirect harmful or beneficial effects of one plant on another through the release of chemical compounds into the environment. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is known to be allelopathic against crops and weeds. The objective of this study was to investigate the allelopathic effect of wheat and barley residues on weeds control and cowpea yield.

Material and Method

An experiment was conducted as randomized complete block design with three replications at the research field (36° 25'E, 54° 58'N, 1349 m a.s.l.) of Agricultural Faculty, Shahrood University of Technology in 2015. Treatments were included; weeding all season, no weeding, trifluralin according to the recommended dose (2 ton ha⁻¹), foliar application of wheat straw extract (concentration of 50%), foliar application of wheat straw extract (concentration of 100%), the application of wheat residue mixed with the soil at a rate of 2 ton ha⁻¹, the application of wheat residue mixed with the soil at a rate of 4 ton ha⁻¹, the application of wheat residue mixed with the soil at a rate of 8 ton ha⁻¹, foliar application of barley straw extract (concentration of 50%), foliar application of barley straw extract (concentration of 100%). Statistical analysis of data was performed with MSTAT-C software and means were compared with LSD test at the 5% level of probability.

Results and Discussion

The results showed that the effect of treatments was significant ($P < 0.01$) on weed density and dry weight. Soil incorporation with wheat residue at a rate of 4 and 8 ton ha⁻¹ significantly decreased weed density than non-weeding treatment. Seed number per pod, biological and grain yield of cowpea significantly increased in the soil incorporation with wheat residue at a rate of 8 ton ha⁻¹ compared to control. Our results showed that weeding and soil incorporation with wheat residue at a rate of 8 ton ha⁻¹ increased cowpea yield by 78.23 and 80.79% compared to no weeding treatment, respectively. Wheat is a potent source of bioactive phytotoxic compounds representing three main classes as phenolic (hydroxybenzoic, vanillic, pcoumaric, syringic and ferulic acids being most frequently reported and transferulic and trans-pcoumaric acids being the dominant acids), cyclic hydroxamic acids (a class of alkaloids) and short chain fatty acids. It is reported that wheat extract compounds can interfere with basic processes of receiver plants as photosynthesis, cell division, respiration and protein synthesis and indirectly provoke other forms of stresses. Thus, these compounds can reduce weed germination and growth. Another important effect of these allelochemicals is the activation of cellular antioxidant system in response to uncontrolled production and accumulation of reactive oxygen species. The reason for increase in grain yield was the control of weeds and probably the allelopathic effects of crop water extracts promoted the wheat growth which ultimately increases grain yield.

1- M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

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

Conclusions

The present study concluded that wheat phytotoxins in straw inhibited germination and seedling growth of weeds, and the inhibition was concentration-dependent. Also wheat straw added to soil increased yield and some traits of cowpea. In general, the results showed that wheat straw can reduce weed suppression and can improve characteristics of plant, moreover, decreased environment risks of chemical inputs and ensure sustainability of production in long time.

Keywords: Bean, Bio-herbicide, Non-chemical control, Weed management



بررسی اثر تاریخ کاشت در کاهش دوره رشد ارقام گلرنگ بهاره در اقلیم سرد و نیمه خشک تبریز

بهمن پاسبان اسلام^{*1}

تاریخ دریافت: 1395/02/04

تاریخ پذیرش: 1395/10/14

چکیده

پژوهش با هدف بررسی امکان کاهش دوره رشد با حفظ عملکرد از طریق تأخیر در تاریخ کاشت، ارزیابی عملکرد دانه، روغن و اجزای عملکرد ارقام بهاره گلرنگ در تاریخ‌های کاشت مختلف و تعیین رقم مناسب برای شرایط سرد و نیمه خشک دشت تبریز در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی 1393 و 1394 انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل تاریخ کاشت (10، 20، 30 فروردین و 9 اردیبهشت ماه) و رقم (گلدشت، صفه و سینا) بودند. نتایج نشان دادند تأخیر در تاریخ کاشت از 10 فروردین ماه، به طور معنی داری اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن را کاهش داد. رقم صفه ارتفاع بوته بالاتری داشت و دو رقم گلدشت و سینا در رتبه بعدی بودند. ارتفاع بوته بالا در گلرنگ بهاره، شرایط برداشت مکانیزه را بهبود می بخشد. رقم گلدشت با داشتن بیشترین قطر طبق و وزن هزار دانه، عملکرد دانه بالاتری داشت. بیشترین عملکرد روغن در سال اول و دوم آزمایش با 1161 و 754 کیلوگرم در هکتار به ترتیب به صفه و گلدشت تعلق گرفت. همبستگی مثبت و معنی داری بین قطر طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه دیده شد. دو رقم گلدشت و صفه با ارائه عملکردهای بالاتر، برای کشت در دشت تبریز مناسب دیده شدند و تأخیر در تاریخ کاشت باعث افت معنی دار عملکرد دانه و روغن گردیده و تاریخ 10 فروردین ماه برای کاشت گلرنگ بهاره در دشت تبریز قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: درصد روغن دانه، صفه، عملکرد دانه، گلدشت

مقدمه

ریشه‌های طولیل و با توان جذب آب بالا از بخش‌های عمیق تر خاک از سوی دیگر، دانه روغنی متحمل به کمبود آب به حساب می آید (Yau, 2006). بقای زمستانی ژنوتیپ‌های گلرنگ در مناطقی با زمستان‌های سرد و یخبندان پایین بوده (Pasban Eslam, 2003) و کشت ارقام بهاره مناسب تر است. همچنین برای کاهش دوره رشد و توجه اقتصادی محصول تولیدشده نسبت به مدت زمان اشغال مزرعه توسط زراعت، کشت بهاره گلرنگ، قابل توصیه است. مظفری و اسدی گزارش کردند که گزینش ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ در شرایط کشت آبی بر مینای قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه باعث بهبود عملکرد دانه گردید (Mozaffary and Asadi, 2006).

نتایج مطالعه ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ (پدیده، زرقان و ورامین 295) در تاریخ‌های کاشت مختلف در خسروشاه، نشان داد که تأخیر در زمان کاشت باعث کاهش 27 درصد در ارتفاع بوته، 21 درصد در وزن هزار دانه و 37 درصد در عملکرد دانه گردید (Pasban Eslam, 2003). نتایج پهنه‌بندی تاریخ‌های کاشت ارقام گلرنگ بهاره در استان

بخش عمده‌ای از روغن خوراکی مورد نیاز در کشور از منابع خارجی تأمین می گردد. بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب و هوایی ایران، گلرنگ (*Carthamustinctorius* L.) به عنوان گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی (Bassil and Kaffka, 2002; Esendel et al., 1992) و با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، آینده نویدبخشی دارد (Pasban Eslam, 2000). گلرنگ به عنوان گیاهی سازگار به مناطقی با بارندگی زمستانه و بهاره اندک و هوایی خشک در طول دوره گل دهی، پر شدن و رسیدن دانه از یک سو و با داشتن

1- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

(Email: b_pasbaneslam@yahoo.com)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.55365

(*) - نویسنده مسئول:

محصولات پاییزه در تناوب مانند گندم محدود گردیده و کشت با تأخیر مواجه می‌شود. این موضوع در اقلیم‌های سرد برجسته‌تر بوده و باعث پایین ماندن سطح زیر کشت گلرنگ در آذربایجان شرقی و بسیاری از مناطق کشور شده است. امروزه سطح زیر کشت گلرنگ در آذربایجان شرقی حدود 2000 هکتار با میانگین عملکرد یک تن در هکتار است. امکان توسعه و تولید اقتصادی گلرنگ در اراضی کم‌بازده استان به‌ویژه حاشیه دریاچه اورمیه که به‌علت افزایش شوری آب، کشت محصولات مرسوم با مشکل مواجه شده، فراهم است (Pasban Eslam, 2016).

هدف آزمایش بررسی امکان کاهش دوره رشد با حفظ عملکرد از طریق تأخیر در تاریخ کاشت، ارزیابی عملکرد دانه، روغن و اجزای عملکرد ارقام بهاره گلرنگ طی تاریخ‌های کاشت مختلف و تعیین رقم مناسب دشت سرد و نیمه‌خشک تبریز بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (ایستگاه خسروشاه) واقع در دشت تبریز (حاشیه شرقی دریاچه اورمیه) و با مشخصات جغرافیایی 46 درجه و 2 دقیقه شرقی، 37 درجه و 58 دقیقه شمالی در دو سال زراعی 1393 و 1394 به‌اجرا درآمد. اطلاعات هواشناسی دوره آزمایش در جدول 1 آمده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل تاریخ کاشت با چهار سطح: 10، 20، 30 فروردین و 9 اردیبهشت ماه و رقم با سه سطح شامل ارقام گل‌دشت، صفه و سینا بودند. ارقام رایج منطقه صفه و گل‌دشت بوده و معمولاً در اواخر فروردین کشت آن‌ه صورت می‌گیرد. رقم گل‌دشت و صفه به‌ترتیب از میان اکوتیپ‌های بومی آذربایجان و اصفهان گزینش شده‌اند و رقم سینا از ژرم‌پلاس بانک ژن جهانی انتخاب شده و بومی آمریکا است. سینا متحمل به کمبود آب بوده و در شرایط محیطی متغیر از ثبات عملکرد دانه بیشتری برخوردار است (PasbanEslam, 2016). فاصله خطوط کاشت 24 سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در نهایت تعداد 70 بوته در مترمربع تثبیت گردید. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول پنج متر بود. کوددهی مطابق نتایج آزمایش‌های تجزیه خاک انجام گرفت (جدول 2). به هنگام کاشت به‌مقدار 120 کیلوگرم اوره، 100 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و 70 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم پس از شخم و قبل از دیسک‌زنی در هر دو سال آزمایش به مزرعه داده شد. بقیه کود اوره به‌صورت سرک به‌مقدار 60 کیلوگرم در زمان شروع گل‌دهی به‌کار رفت. آبیاری کرت‌ها به روش سیفونی انجام گرفت. کشت به‌صورت آبی بود ولی با توجه به جایگاه کشت گلرنگ که در اراضی کم‌بازده است، آبیاری به‌صورت محدود صورت گرفت و به

اصفهان نشان داد که در مناطقی با شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک همراه با زمستان‌های سرد و یخ‌بندان، زمان کاشت نیمه فروردین ماه مناسب‌تر است (Yari et al., 2013). نتایج حاصل از مطالعه ارقام استرالیایی کلزا (*Brassica napus* L.) در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که در کشت‌های دیر هنگام، گیاه فرآورده‌های فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها اختصاص داده و عملکرد کاهش می‌یابد (Mendham et al., 1990). عملکرد دانه در گلرنگ با میزان بارندگی و دمای پایین در طول دوره جوانه‌زنی تا گل‌دهی و گل‌دهی تا رسیدگی محصول همبستگی مثبت و معنی‌دار و با دمای بالا همبستگی منفی و معنی‌دار دارد. همچنین وجود بارندگی و دمای خنک در دوره گل‌دهی تا رسیدن محصول افزایش معنی‌دار درصد روغن را باعث می‌شود (Esendel et al., 1992). بنابراین به‌نظر می‌رسد با تنظیم زمان کاشت بتوان مراحل فنولوژیک گیاه را با شرایط مناسب فصل هماهنگ کرد.

نتایج مطالعه ژرم‌پلاس جهانی گلرنگ حاکی از آن است که بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه تنوع بالایی وجود دارد (Majidi and Zadhoush, 2014). مشخص شده است که رقم صفه در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ، از قابلیت سازگاری و عملکرد بالاتری در شرایط آذربایجان شرقی برخوردار است (Pasban Eslam, 2008). نتایج ارزیابی ژنوتیپ PI گلرنگ در کشت دیم طی تاریخ‌های کاشت مختلف و در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک مدیرانه‌ای لبنان (با میانگین بارندگی 513 میلی‌متر که بخش عمده‌ای از آن در طول فصل زمستان متمرکز است)، نشان داد که کشت دیم گلرنگ با تولید متوسط 1210 کیلوگرم دانه در هکتار از عملکرد قابل قبولی در شرایط مذکور برخوردار است (Yau, 2006). نتایج سازگاری 10 لاین گلرنگ در کرج، اصفهان و داراب فارس طی سه سال زراعی، بیان‌گر آن است که بین لاین‌های مورد بررسی تنوع قابل توجهی از نظر عملکرد دانه و روغن در این محیط‌ها وجود دارد (Omidi Tabrizi, 2006). نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ در کرج آشکار ساخت که ژنوتیپ جمع‌آوری شده از اطراف تبریز با کسب 29/6 گرم دانه در بوته بیشترین عملکرد تک بوته را به خود اختصاص داد و بیشترین ضریب تنوع از صفت تعداد دانه در طبق (22/02 درصد) به‌دست آمد (Omidi Tabrizi et al., 2008). نتایج ارزیابی چهار ژنوتیپ گلرنگ با دوره‌های متفاوت پرشدن دانه، نشان داد که بین دوره پرشدن دانه با روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدگی محصول و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Zope et al., 1998). گزارش شده که از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و وزن هزاردانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ بهاره نقش برجسته‌تری داشته است (Koutroubas et al., 2004).

باتوجه به طولانی بودن دوره رشد تیپ‌های مختلف گلرنگ و تخلیه دیر هنگام مزرعه، فرصت لازم برای تهیه زمین و کشت

در 20 و 23 مرداد ماه 93 و 94، پس از حذف دو ردیف کناری و نیم متر از دو انتهای هر کرت به عنوان حاشیه، تمامی کرت‌ها برداشت و عملکرد دانه و وزن هزار دانه تعیین گردید. برداشت به صورت دستی بوده و برای خرمن کوبی از خرمن کوب غلات استفاده گردید. درصد روغن دانه‌ها با استفاده از روش استخراج پیوسته سوکسله (Hosseini, 1990) در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تعیین شد. در نهایت تجزیه مرکب داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و تعیین همبستگی ساده صفات با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTAT-C و SPSS صورت گرفت.

گیاه این فرصت داده شد که از بارندگی‌ها حداکثر استفاده را به عمل آورد. بارندگی‌های بهاره در هر دو سال آزمایش به مقدار مؤثر بودند (جدول 1). اولین آبیاری هر تاریخ کاشت بلافاصله پس از کشت صورت گرفت. همچنین آبیاری در مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه انجام شد. این مراحل رشدی در ارقام مورد مطالعه تقریباً همزمان بودند. در طول دوره آزمایش مقدار آب در دسترس محدود بود (همانند شرایط زارعین) ولی تنش خشکی اعمال نشد.

برای تعیین صفات ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، قطر طبق و تعداد دانه در طبق از هر کرت آزمایشی 10 بوته به صورت تصادفی انتخاب شده و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. قطر طبق‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شدند. به هنگام رسیدگی دانه‌ها به ترتیب

جدول 1- میانگین حداقل، حداکثر و کل دمای هوا و مجموع بارندگی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه در طول فصل رشد سال‌های 1393 و 1394

Table 1- Mean of minimum, maximum and total air temperature and sum of precipitation of Khosrowshah agricultural research station during in 2014 and 2015 growing seasons

سال	ماه‌های سال	میانگین دمای حداقل	میانگین دمای حداکثر	میانگین کل دما	مجموع بارندگی
Year	Month of year	Mean of minimum temperature (°C)	Mean of maximum temperature (°C)	Mean of total temperature (°C)	Sum of precipitation (mm)
2014	April	3.7	15.9	9.8	22.7
	May	10.4	24.4	17.4	26.0
	June	13.8	29.0	21.4	13.1
	July	18.5	33.8	26.2	1.6
	August	19.5	34.8	27.1	0.0
2015	April	4.3	16.2	10.3	37.6
	May	8.0	21.9	14.9	50.6
	June	14.2	30.0	22.1	3.5
	July	19.7	35.2	27.4	0.0
	August	19.5	36.2	27.8	0.0

جدول 2- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی
Table 2- Some of physicochemical traits of experimental soil

اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	پتاسیم	نیترژن	رس	سیلت	شن	فسفر
pH	EC (dS m ⁻¹)	Organic carbon (%)	Potassium (%)	Nitrogen (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Phosphorus (mg kg ⁻¹)
7.8	2.6	0.26	222	0.03	30	28	42	18

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و رقم روی ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول 3). نتایج مطالعه ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه در تاریخ‌های کاشت مختلف در خسروشاه نیز نشان داده است که اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (PasbanEslam, 2003). همواره رقم صفه ارتفاع بوته بالاتری

داشت و دو رقم گل‌دشت و سینا ارتفاع بوته مشابهی را نشان دادند. در سال دوم آزمایش، بوته‌ها به‌طور میانگین 45/8 درصد از ارتفاع بیشتری برخوردار بودند. با تأخیر در تاریخ کاشت از 10 فروردین ماه تا 9 اردیبهشت، در مجموع از ارتفاع بوته‌ها کاسته شد ولی این کاهش در سال دوم با 3 درصد به مراتب کمتر از سال اول با 21/9 درصد بود (جدول 4). باتوجه به محدودیت آب در دسترس در سال‌های آزمایش، علت این امر می‌تواند بالاتر بودن میانگین بارندگی ماه‌های فروردین و

اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و رقم روی تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود (جدول 3). در سال اول آزمایش کمترین تعداد دانه در طبق با میانگین 23/2 عدد در تاریخ 9 اردیبهشت ماه و در سال دوم آزمایش با میانگین 24/9 عدد در 30 فروردین ماه به‌دست آمد. به‌طور کلی میانگین تعداد دانه در طبق گیاهان حاصل از تاریخ‌های کاشت 10 و 20 فروردین بیشتر از تاریخ کاشت 9 اردیبهشت ماه بود (جدول 4). در کشت‌های دیر هنگام مواجه شدن فصل گل‌دهی با دماهای بالاتر و محدودیت آب (جدول 1) می‌تواند با سقط گلچه‌ها باعث کاهش تعداد دانه در بوته گردد. همبستگی تعداد دانه در طبق با عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار بود (جدول 5). این امر نشان‌دهنده اهمیت این بخش از عملکرد، در تعیین میزان محصول است.

وزن هزار دانه: اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و رقم روی وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول 3). به‌طور کلی با تعویق تاریخ کاشت، وزن هزار دانه ارقام مورد مطالعه کاهش یافت. بین ارقام، گلدشت همواره از وزن هزار دانه بیشتری برخوردار بود (جدول 4). همبستگی وزن هزار دانه با درصد روغن دانه منفی و معنی‌دار (-0/88) شد. همبستگی بین قطر طبق با وزن هزار دانه مثبت (0/87) و با درصد روغن دانه منفی (-0/72) و معنی‌دار بود (جدول 5). این موضوع نشان‌دهنده ارتباط منفی قطر طبق و اندازه دانه‌ها با درصد روغن دانه است.

عملکرد دانه و روغن: اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و رقم روی عملکرد دانه و روغن معنی‌دار گردید (جدول 3). بیشترین عملکرد دانه و روغن در هر دو سال آزمایش از تاریخ کاشت 10 فروردین ماه به‌دست آمد و با تأخیر در تاریخ کاشت تا 9 اردیبهشت ماه، عملکردها به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (جدول 4). به‌نظر می‌رسد علت این امر کوتاه شدن دوره پر شدن دانه از یک سو و مواجه شدن آن با فصل گرم بوده باشد. نتایج مطالعه ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ‌های کاشت مختلف روشن ساخت در کشت‌های دیر هنگام، گیاه فرآورده‌های فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها اختصاص داده و عملکرد کاهش می‌یابد (Mendham et al., 1990). به‌طور میانگین بیشترین عملکرد دانه به گلدشت تعلق داشت ولی بیشترین عملکرد روغن در سال اول به صفه و در سال دوم به گلدشت اختصاص یافت. این امر به علت پایین‌تر بودن درصد روغن در گلدشت به‌ویژه در سال اول نسبت به دو رقم دیگر بود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد روغن (0/97)، نقش عملکرد دانه در تأمین عملکرد روغن، تعیین‌کننده است (جدول 5). رقم سینا در تاریخ کاشت تأخیری 9 اردیبهشت ماه طی سال اول آزمایش با عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب 2618 و 738 کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را نشان داد.

اردیبهشت در سال دوم نسبت به سال اول باشد (جدول 1). گزارش شده است که با تمرکز اهداف اصلاحی روی مقدار ماده خشک و بهبود سرعت رشد گیاه و شاخص سطح برگ، می‌توان عملکرد دانه گلرنگ را افزایش داد (Soleymanifard et al., 2011). ارقامی از گلرنگ که در مرحله رویشی میزان رشد نسبی بالاتری داشتند، در شرایط کمبود آب از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند و ارقام بهاره گلرنگ با ارتفاع بوته بیشتر، پتانسیل عملکرد بالاتری داشتند (Istanbulluoglu et al., 2009). رعایت اصول به‌زراعی در دوره ساقه‌روی با افزایش ارتفاع بوته، می‌تواند به بهبود عملکرد دانه و روغن باعث گردد. با توجه به اینکه جایگاه کشت گلرنگ در اراضی کم‌بازده و مواجه با کمبود آب دشت تبریز است، رشد رویشی بیشتر و بالاتر بودن ارتفاع بوته‌های ارقام مورد کشت، برای پشتیبانی عملکرد دانه دارای اهمیت خواهد بود.

تعداد طبق در بوته: اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و رقم روی تعداد طبق در بوته معنی‌دار شد (جدول 3). با تأخیر تاریخ کاشت از 10 فروردین ماه تعداد طبق در بوته ارقام مورد مطالعه در هر دو سال آزمایش کاهش یافت. گلدشت در مقایسه با دو رقم دیگر، همواره از تعداد طبق در بوته کمتری برخوردار بود (جدول 4). به‌نظر می‌رسد با تأخیر در تاریخ کاشت و افزایش میانگین دمای روزانه (جدول 1) با تسریع مراحل نمو، دوره شاخه‌دهی کوتاه‌تر شده و از تعداد طبق در بوته‌ها کاسته می‌شود.

ضریب همبستگی ساده بین تعداد طبق در بوته و درصد روغن دانه با مقدار 0/62 مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول 5). این موضوع حاکی از اهمیت تعداد طبق در پشتیبانی عملکرد روغن است. از بین اجزای عملکرد، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ بهاره نقش برجسته‌تری دارد (Koutroubas et al., 2004).

قطر طبق: اثر متقابل تاریخ کاشت با رقم و سال با رقم روی قطر طبق معنی‌دار گردید (جدول 3). تأخیر در تاریخ کاشت از 10 فروردین تا 9 اردیبهشت ماه باعث کاهش قطر طبق گردید ولی میزان این کاهش در سال دوم آزمایش به‌مراتب کمتر بود. بین ارقام مورد مطالعه گلدشت همواره از طبق‌های قطورتری برخوردار بود (جدول 4). بزرگ‌تر بودن طبق‌های گلدشت از ویژگی‌های ریخت‌شناسی آن است (PasbanEslam, 2008). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین قطر طبق با وزن هزار دانه (0/87) و عملکرد دانه (0/06) به‌دست آمد (جدول 5). ارقام با طبق‌های قطورتر از دانه‌های درشت‌تر و عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند. ولی همبستگی بین قطر طبق با درصد روغن دانه منفی و معنی‌دار بود. با توجه به اینکه تعداد طبق در بوته با درصد روغن دانه همبستگی مثبت و با قطر طبق همبستگی منفی داشت، این امر دور از انتظار نیست (جدول 5).

تعداد دانه در طبق: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده روی ارقام بهار گلرنگ در زمان های کاشت مختلف طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴
Table 3- Analysis of variance for measured traits of safflower at different planting times during 2014 and 2015

منابع تغییر S.O.V.	درجات آزادی df	Mean squares					میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد طبق در بوته Capitulum number per plant	قطر طبق Capitulum diameter	تعداد دانه در طبق Seed number per Capitulum	وزن هزار دانه 1000 seeds weight	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن دانه Seed oil percent	
Year (Y)	1	11501.389**	23.007**	49.833**	64.222	329.817**	8872578.125**	14.266**	
Rep./Y سال / تکرار	4	436.111	0.331	1.596	10.962	5.964	193988.236	1.273	
Planting date (A) تاریخ کاشت	3	142.593*	24.523**	17.167**	62.987**	17.924**	5864832.644**	5.946*	
Y×A سال × تاریخ کاشت	3	97.685	3.075*	4.316	108.310**	6.643	884564.532**	0.822	
Variety (B) رقم	2	1137.500**	30.953**	218.515**	4.854	1456.865**	1224233.681**	99.472**	
Y×B سال × رقم	2	126.389	16.667**	18.504**	69.537**	15.434*	1406514.042**	9.858**	
A×B تاریخ کاشت × رقم	6	102.315	2.084	7.023**	44.499**	11.515**	572747.032**	1.768	
Y×A×B سال × تاریخ کاشت × رقم	6	153.241*	4.227**	3.816	55.938**	9.659*	678018.505**	2.106	
Error خطا	44	49.369	1.057	1.871	7.941	3.095	85327.903	1.662	
C.V.(%) ضریب تغییرات		11.2	17.0	5.9	10.6	5.2	13.9	4.6	

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. * و **، پد ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول 4- میانگین صفات مورد مطالعه در ارقام بهاره گلرنگ طی دو سال زراعی 1393 و 1394
Table 4- Mean of measured traits on spring varieties of safflower during 2014 and 2015

سال Year	تاریخ کاشت Planting date	رقم Cultivar	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد طبق در بوته Capitulum number per plant	قطر طبق Capitulum diameter (mm)	تعداد دانه در طبق Seed number per capitulum
1393	10 فروردین ماه 30 March	سینا Sina	51.7 e-g	7.7cd	22 c-h	26.7d-g
2014		صفت Soffeh	65.0 b-d	9.0bc	23c-e	31.7 a-c
		گلدهشت Goldasht	50.0 fg	5.5 e-h	26 b	19.9 jk
		سینا Sina	38.3 h	4.9 f-i	21 e-h	24.5 f-j
	20 فروردین ماه 9 April	صفت Soffeh	55.0 d-f	5.3 e-h	21e-h	22.0h-j
		گلدهشت Goldasht	60.7 f-h	4.5 e-h	26 b	26.7d-g
		سینا Sina	41.7 gh	4.9 f-i	20 f-h	26.7 d-g
		صفت Soffeh	51.7 e-g	4.7g-i	21 e-h	30.3 b-d
	30 فروردین ماه 19 April	گلدهشت Goldasht	61.7c-e	5.2 e-h	27 b	30.3 b-d
		سینا Sina	50.0 fg	5.5e-h	21d-h	27.7 c-g
		صفت Soffeh	50.0 fg	4.5 hi	20 h	24.7 f-i
	9 اردیبهشت ماه 29 April	گلدهشت Goldasht	36.7 h	3.3 i	20 f-h	17.3 k
		سینا Sina	68.3 bc	11.2a	21 c-g	32.7 ab
1394	10 فروردین ماه 30 March	صفت Soffeh	86.7 a	6.3d-g	24c	25.0f-i
2015		گلدهشت Goldasht	68.3 bc	5.8 e-h	28 ab	28.3 b-g
		سینا Sina	71.7bc	10.3 ab	21d-h	29.0 b-f
		صفت Soffeh	88.3 a	6.5 d-f	23c-d	35.7a
	20 فروردین ماه 9 April	گلدهشت Goldasht	70.0 bc	5.5 e-h	29 a	31.7a-c
		سینا Sina	71.7 bc	6.8de	20 h	24.3 g-j
		صفت Soffeh	91.7 a	5.5 e-h	22 c-f	20.7 i-k
	30 فروردین ماه 19 April	گلدهشت Goldasht	68.3 bc	4.3 hi	28 ab	29.7 b-e
		سینا Sina	70.0 bc	6.8 de	20 gh	25.7 e-h
		صفت Soffeh	75.0 b	5.2 e-h	23 c-e	22.0 h-j
	9 اردیبهشت ماه 29 April	گلدهشت Goldasht	71.7 bc	5.0f-i	27 ab	26.3 d-h

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن درصد می‌باشد.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% level by Duncan test.

گلدهشت به‌ترتیب 1512 و 395 و برای رقم صفت به‌ترتیب 1798 و 362 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمدند (جدول 4). این امر نشان‌دهنده افت کمتر عملکرد رقم سینا در کشت‌های تأخیری بود. هرچند در مقایسه با دو رقم دیگر، عملکرد دانه و روغن کمتری داشت. کشت دیرهنگام در اراضی کم‌بازده که جایگاه کشت گلرنگ در منطقه است، به دلایلی مانند تأمین دیرهنگام آب و یا در اولویت نبودن عملیات زراعی و کاشت در آنها، امری متداول است.

این رقم در همان تاریخ کشت طی سال دوم آزمایش با میانگین عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب 100 و 297 کیلوگرم در هکتار پس از گلدهشت قرار گرفت. تأخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش معنی‌دار درصد روغن دانه‌ها نیز گردید (جدول 4). متوسط افت عملکرد دانه و روغن در اثر به تعویق افتادن تاریخ کاشت از 10 فروردین به 9 اردیبهشت ماه در رقم سینا طی سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب 541 و 169 کیلوگرم در هکتار بود. این میزان افت بسیار کمتر از مقادیر به‌دست آمده از دو رقم گلدهشت و صفت بود. مقادیر مذکور برای رقم

ادامه جدول 4
 Table 4 continue

سال Year	تاریخ کاشت Planting date	رقم Variety	وزن هزاردانه 1000 seeds weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	درصد روغن دانه Seed oil percent	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)
1393	10 فروردین ماه	سینا Sina	33.0e	3052 bc	28.5 c-f	872 b
2014	30 March	صفه Soffeh	32.8 ef	3852 a	30.1 a-e	1161 a
		گلدشت Goldasht	46.2 b	3222 b	23.8 g	771 bc
	20 فروردین ماه	سینا Sina	32.7e-g	2155 e-h	27.5 f	599 d-g
	9 April	صفه Soffeh	30.0f-h	2674 cd	28.8c-f	771 bc
		گلدشت Goldasht	50.4 a	3007 bc	24.9g	750b-d
	30 فروردین ماه	سینا Sina	31.5e-h	1978 f-i	28.9 c-f	575e-h
	19 April	صفه Soffeh	32.5 e-g	2215 d-g	27.1 f	596 d-g
		گلدشت Goldasht	42.7 c	2355 d-f	23.6 g	556 e-h
	9 اردیبهشت ماه	سینا Sina	33.0 e	2618 c-e	28.2 ef	738b-d
	29 April	صفه Soffeh	28.8h	1141 kl	28.1ef	320 i-k
		گلدشت Goldasht	41.6 cd	1156 kl	22.8 g	265 jk
1394	10 فروردین ماه	سینا Sina	31.2 e-h	1648 ij	30.4 a-d	501 f-h
2015	30 March	صفه Soffeh	25.7 i	1757 g-j	31.6 a	555 e-h
		گلدشت Goldasht	41.6cd	2667 cd	28.3d-f	754 b-d
	20 فروردین ماه	سینا Sina	29.3 h	2227 d-g	31.3 ab	696 c-e
	9 April	صفه Soffeh	25.7 i	1963f-i	31.7 a	626 c-g
		گلدشت Goldasht	41.1 cd	2463 de	28.0 ef	691 c-e
	30 فروردین ماه	سینا Sina	29.9 gh	11403 jk	29.9 a-e	420 h-j
	19 April	صفه Soffeh	24.9 i	1005 kl	30.5 a-c	207 jk
		گلدشت Goldasht	39.1 d	2287 d-f	28.6 c-f	654 c-f
	9 اردیبهشت ماه	سینا Sina	29.6 h	1000 kl	29.7 a-e	297 jk
	29 April	صفه Soffeh	24.8 i	873 l	29.1 b-f	254 k
		گلدشت Goldasht	40.9 cd	1709 hj	27.5f	470g-i

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% level by Duncan test.

رقم اثر متقابل معنی‌داری داشته و در کشت نیمه آبان ماه بیشترین عملکرد دانه با 3395 کیلوگرم در هکتار به رقم گلدشت اختصاص داشت (Samadi-Firouzabadi and Yazdani, 2012). ارزیابی بازتاب کولتیوارهای ایرانی گلرنگ نسبت به تاریخ کاشت و تراکم بوته در واحد سطح در دشت ساوه نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن شده و بین ارقام مورد بررسی، پدیده بیشترین عملکرد دانه و روغن را داشت (Omidi and Sharifimogadas, 2010). نتایج حاصل از بررسی سازگاری

تاریخ کاشت 10 فروردین ماه مناسب‌ترین زمان برای کاشت گلرنگ بهاره در دشت تبریز و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه بوده و دو رقم گلدشت و صفه عملکردهای قابل قبولی ارائه دادند. نتایج ارزیابی عملکرد دانه ارقام صفه و گلدشت در شرایط عادی و تنش شوری نشان داد که رقم صفه با تحمل به شوری بیشتر، همواره از عملکرد بالاتری برخوردار بود (Bahadorkhah and Kazemeini, 2014). نتایج تعیین تاریخ کاشت مناسب ارقام گلدشت، پدیده و سینا طی کشت پاییزه در منطقه ورامین روشن ساخت که تاریخ کاشت با

لاین گلرنگ در کرج، اصفهان و داراب فارس طی سه سال روشن
ساخت که بین لاین‌های مورد بررسی تنوع قابل توجهی از نظر
عملکرد دانه و روغن در این محیط‌ها وجود دارد (Omiditabrizi, 2006).

جدول 5- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه روی ارقام بهاره گلرنگ (میانگین سال‌های 1393 و 1394)
Table 5- Simple correlation coefficients among studied traits on spring varieties of safflower mean 2014 and 2015

صفات Traits	ارتفاع بوته Plant height (1)	تعداد طبق در بوته Capitulum number per plant (2)	قطر طبق Capitulum diameter (3)	تعداد دانه در طبق Seed number per Capitulum (4)	وزن هزار دانه 1000 seeds weight (5)	عملکرد دانه Seed yield (6)	درصد روغن دانه Seed oil percent (7)	عملکرد روغن Oil yield (8)
2	0.06							
3	-0.03	-0.30						
4	0.37	0.51	0.23					
5	-0.45	-0.32	0.87**	-0.01				
6	0.20	-0.43	0.60*	0.60*	0.44			
7	0.51	0.62*	-0.72**	0.33	-0.88**	-0.01		
8	0.31	0.57	0.41	0.66*	0.23	0.97**	0.23	

* and **, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

نتیجه‌گیری

رقم سینا در کشت تأخیری، افت عملکرد دانه و روغن کمتری نشان داد ولی در مجموع عملکردهای پایین‌تری داشت. تأخیر در تاریخ کاشت برای کاهش دوره رشد، همواره با افت معنی‌دار عملکرد دانه و روغن همراه بود و برای منطقه آزمایش قابل توصیه به‌نظر نرسید.

تاریخ کاشت 10 فروردین ماه مناسب‌ترین زمان برای کاشت گلرنگ بهاره در دشت سرد و نیمه‌خشک تبریز بوده و دو رقم گلدشت و صفه با ارائه عملکردهای قابل قبول، برای کشت توصیه می‌شوند.

References

1. Bahadorkhah, F., and Kazemeini, S. A. R. 2014. Effect of salt stress and planting method on yield, yield components and seed oil percent of two safflower (*Carthamustinctorius* L.) cultivars. Iran Agronomy Research 12: 264-274. (in Persian with English abstract).
2. Bassil, B. S., and Kaffka, S. R. 2002. Response of safflower (*Carthamustinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. Agriculture Water Management 54: 81-92.
3. Esendel, E., Kevesoglu, K. E., Ulsa, N., and Aytac, S. 1992. Performance of late autumn and spring planted safflower under limited environment. Proceeding of the Third International Safflower Conference. China, P. 221-280.
4. Hosseini, Z. 1990. Applied Methods of Nutrient Materials Analysis (translate), Shiraz University Press, Pp: 24-28. (in Persian).
5. Istanbuluoglu, A., Gocmen, E., Gezer, E., Pasa, C., and Konukcu, F. 2009. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamustinctorius* L.). Agriculture Water Management 96: 1429-1434.
6. Johnson, R. C., and Dajue, L. 2008. Safflower winter survival and selection response relates to fall growth morphology and acclimation canopy. Crop Science 5: 1872-1880.
7. Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K., and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research 90: 263-274.
8. Majidi, M. M., and Zadhouh, S. 2014. Molecular and morphological variation in a world-wide collection of safflower. Crop Science 54: 2109-2119.
9. Mendham, J., Russel, J., and Jarosz, N. K. 1990. Response to sowing time of three contrasting Australian cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agriculture Science Journal of Cambridge 114: 275-283.
10. Mozaffary, K., and Asadi, A. A. 2006. Relationships among traits using correlation, principal components and path analysis in safflower mutants sown in irrigated and drought stress condition. Asian Journal of Plans Science 5: 977- 983.
11. Omiditabrizi, A. H., and Sharifmogadas, M. R. 2010. Evaluation of Iranian Safflower cultivars reaction to different sowing date and plant densities. World Applied Science Journal 8: 953-958.
12. Omiditabrizi, A. H. 2006. Stability and adaptability estimates of some safflower cultivars and lines in different

- environmental conditions. *Journal of Agriculture Science and Technology* 8: 141-151.
13. Omiditabrizi, A. H., Gannadha, M. R., and Peygambari, S. A. 2008. Study of important agronomic traits in spring cultivars of safflower by multivariate statistical methods. *Iranian Agriculture Science Journal* 30 (4): 817-826. (in Persian with English abstract).
14. PasbanEslam, B. 2016. Safflower cultivation in saline and marginal areas of Urmia lack. *East Azerbaijan JahadeKeshavarzi. Technical Journal* No. 148. 30p. (in Persian).
15. PasbanEslam, B. 2008. Evaluation of physiological and agronomical characters of spring genotypes of safflower for drought tolerance. *Final Report of Research Project*. No. 87.346. AREEO. Pp: 13-21. (in Persian with English abstract).
16. PasbanEslam, B. 2003. Evaluation of fall safflower cultivars in different planting dated in khosrowshahr of Tabriz. *Final Report of Research Project*. No. 83.305. AREEO. Pp: 8-15. (in Persian with English abstract).
17. PasbanEslam, B. 2000. Safflower. *Agriculture Organization of East Azerbaijan, Iran. Hand Book* No. 694. Pp: 221-280. (in Persian).
18. Samadi-Firouzabadi, B., and Yazdani, F. 2012. Effect of planting date on seed and oil yields of four safflower cultivars in Varamin areas. *Seed and Plant Journal* 2 (4): 459-470. (in Persian with English abstract).
19. Soleymanifard, A., Pourdad, S. S., Naseri, R., and Mirzaei, A. 2011. Effect of planting pattern on phonological characteristics and growth indices of safflower (*carthamustinctorius* L.) in rainfed conditions. *Iranian Journal Crop Science* 13 (2): 282-298. (in Persian with English abstract).
20. Yari, T., Khoshhal, J., and Shahsavari, M. R. 2013. Determination of stratum of planting dates of spring safflower cultivars in Esfahan provins. *Journal of Geography and Environmental Science* 49 (1): 171-182. (in Persian with English abstract).
21. Yau, S. K. 2006. Winter versus spring sowing of rain-fed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* 10: 1-8.
22. Zope, R. E., Katule, B. K., and Ghorpade, D. S. 1998. Seed filing duration and yield in safflower. *Sesame and SafflowerNewsletter*. Spain 4: 39-45.



Effect of Planting Date on Reducing Growth Period of Spring Safflower Cultivars in Tabriz Cold and Semi-arid Climate

B. Pasban Eslam^{1*}

Received: 23-04-2016

Accepted: 03-01-2017

Introduction: Safflower is a plant adaptable to areas with limited rainfall during winter and spring and dry air at flowering, seed filling and maturity stages, and tolerant to water deficit. The positive correlation coefficient observed between safflower seed yield with precipitation and low air temperature during seed germination to flowering and flowering to seed maturity. Furthermore, precipitation and low temperature during flowering to seed maturity significantly increased seed oil percentage. Therefore, it seems that, by adjusting the planting time can be adapted phenological stages of plant with appropriate weather conditions. The aims of this research were study the possibility reducing the growth period of safflower spring varieties with maintaining performance through delay in planting time, evaluate seed and oil yields at different planting times, and identify the best varieties for cold and semi-arid areas.

Materials and Methods: The experiment was conducted at the East Azarbaijan Agriculture and Natural Resources Research Center (46°2'E, 37°58'N, 1347 m a.s.l.) during 2014-2015 growing season. According to Koppen climatic classification system, the area climate is semi-arid and cold. This study was carried out as factorial experiment based on randomized complete block design with three replications. Treatments were four planting dates (30 March, 9, 19 and 29 April) and three safflower spring cultivars (Sina, Soffeh and Goldasht). Plant spacing between rows was 24 cm and final plant density was 70 plant per m². Each plot consisted of 6 rows in 5 meters. Plants were harvested on the 11th and 14th of August in the first and second years of experiment, respectively. At the harvest time, in order to control boarder effects, plants from the sides of each plot were removed. Measured traits were plant height, capitulum diameter, seed yield, capitula number per plant, seed number per capitulum and 1000-seed weight. Ten plants in each plot were used to determine plant height and seed yield components. Also, seed oil content was determined by nuclear magnetic resonance (NMR) method.

Results and Discussion: The results indicated that interaction effect of year, planting date and cultivar was significant on the plant height, panicle number per plant, seed number per panicle, 1000 seed weight, seed yield and seed oil percent. A delay in planting date from 30 March, significantly reduced yield components, seed and oil yields. Soffeh cultivar had the greater plant height and Goldasht and Sina were located in the next rank. Goldasht cultivar had higher seed yield with the largest capitulum diameter and the most 1000 seed weight. The highest oil yield was belonged to the Soffeh (1161 kg ha⁻¹) and Goldasht cultivar (754 kg per ha⁻¹) in the first and second year, respectively. There were positive significant correlations between capitulum diameter, 1000 seed weight and seed yield. The Goldasht and Soffeh cultivars provided acceptable performance that were seen appropriate for cultivation in Tabriz cold and semi-arid plain. Delayed planting led to significant decrease in seed and oil yields and therefore is not be recommended.

Conclusions: The results of this study indicated that the most appropriate date to cultivate spring safflower in Tabriz cold and semi-arid plain is 30 March and planting is not recommended at the late season. Soffeh and Goldasht cultivars are suitable for cultivation in this region.

Keywords: Goldasht, Seed oil percent, Seed yield, Soffeh, Spring safflower

1- Associate Professor of Horticulture and Crops Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz
(*- Corresponding Author Email: b_pasbaneslam@yahoo.com)



بررسی تأثیر سلیوم و روش‌های مصرف کود سرک اوره بر عملکرد دانه و اجزای آن و صفات کیفی گندم در شرایط دیم

محمد کونانی¹ - نورعلی ساجدی^{2*} - محمدرضا سبجانی³

تاریخ دریافت: 1395/02/20

تاریخ پذیرش: 1395/08/19

چکیده

مدیریت توزیع کود سرک اوره با توجه به نیاز گیاه در طول دوره رشد و تعدیل اثر تنش خشکی در شرایط دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر سلیوم و روش‌های مصرف کود سرک اوره بر خصوصیات زراعی گندم دیم رقم سرداری آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تکرار در روستای آشیانه سفلی شهرستان خمین در سال زراعی 1391-92 انجام شد. عوامل آزمایشی شامل روش‌های مصرف کود اوره در چهار سطح (بدون مصرف، مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله پنجه‌زنی، مصرف 30 کیلوگرم اوره در مراحل پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله قبل از ظهور سنبله و مصرف 20 کیلوگرم اوره در مرحله پنجه‌زنی توأم با محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله و 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله اواخر ظهور سنبله) و سلیوم در سه سطح عدم مصرف، 5 و 10 میلی‌گرم در لیتر بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (1207/5 کیلوگرم) از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله اواخر پنجه‌زنی و بدون مصرف سلیوم حاصل شد که با تیمار مصرف 30 کیلوگرم اوره در مرحله اواخر پنجه‌زنی و محلول‌پاشی 200 میلی‌گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله توأم با محلول‌پاشی 10 میلی‌گرم در لیتر سلیوم با عملکرد 1087/5 کیلوگرم اختلاف معنی‌دار نشان نداد. با مصرف کود اوره، غلظت سلیوم و میزان پروتئین دانه افزایش یافت. با محلول‌پاشی سلیوم در سطوح کود نیتروژن، غلظت سلیوم دانه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که با مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک توأم با یک مرحله محلول‌پاشی اوره ضمن اینکه مصرف کود اوره به میزان 50 درصد کاهش می‌یابد، عملکرد مطلوب نیز حاصل می‌شود. همچنین با محلول‌پاشی سلیوم ضمن تعدیل اثرات نامطلوب خشکی و غنی‌سازی دانه می‌توان کیفیت دانه در گندم را به‌طور معنی‌دار افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: سلیت سدیم، گندم سرداری، محلول‌پاشی، نیتروژن

مقدمه

است. حدود یک سوم از اراضی جهان با کمبود باران مواجه هستند و نیمی از آن اراضی (در حدود 12 درصد از کل جهان) دارای باران سالانه کمتر از 250 میلی‌متر می‌باشند که فقط یک چهارم تبخیر و تعرق بالقوه در این مناطق را تشکیل می‌دهد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). در بیشتر اراضی کشور بارندگی کافی نبوده و اکثر مناطق کشور از نظر شرایط اقلیمی خشک و یا نیمه‌خشک است و متوسط بارندگی کشور حدود 240 میلی‌متر در سال می‌باشد. کمبود آب احتمالاً مهمترین عامل تنش‌زا برای رشد گیاه و باروری آن می‌باشد، زیرا سبب کاهش در روند و سرعت رشد گیاه می‌گردد.

نیتروژن جزء اصلی پروتئین‌ها و بنابراین کلیه آنزیم‌ها می‌باشد (Raun and Johnson, 1999). نیتروژن در تمام دوره‌های رشد گیاه مورد نیاز است اما بیشترین نیاز به این عنصر در ابتدای پنجه‌زنی تا اواسط آن و نیز مرحله ظهور سنبله می‌باشد. عرضه کافی نیتروژن در دوره رسیدن برای تأخیر در پیری برگ، حفظ سطح فتوسنتز در طی پر

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهمترین ماده غذایی و تأمین‌کننده قسمت اعظم نیاز غذایی انسان‌ها در کشورهای مختلف جهان، به‌ویژه مردم کشورهای جهان سوم می‌باشد (Malekooti, 2000). در مناطق خشک که میزان بارندگی سالیانه کمتر از تبخیر و تعرق است، بروز دوره‌های خشکی در طول سال امری اجتناب‌ناپذیر

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

2- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

3- مربی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

(*) - نویسنده مسئول:

Email: n-sajedi@iau-arak.ac.ir

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.55834

یا کاهش پتانسیل اسمزی افزایش می‌دهد (Koocheki and Sarmadnia, 1999). گزارش شده است که تیمار گیاهان با سلیوم در حد مطلوب برای رشد گیاهچه‌های گندم در شرایط خشکی مناسب است (Yao et al., 2009). مقدار کم سلیوم در انسان می‌تواند خطر بیماری‌های قلبی - عروقی، سرطان و سایر بیماری‌های ناشی از تولید رادیکال‌های آزاد را افزایش دهد (Mascagni and Sabbe, 1991). یکی از روش‌های مؤثر برای حل این مشکل وارد کردن سلیوم در زنجیره غذایی از طریق گیاهانی است که سلیوم را از خاک یا از طریق محلول‌پاشی روی اندام‌های هوایی جذب می‌کنند (Rayman, 2000). مقدار سلیوم در گیاهان را می‌توان با اضافه کردن سلیوم به خاک، خیساندن بذرها در محلول سلیوم قبل از کشت، کشت هیدروپونیک و ایروپونیک در یک محلول غذایی دارای سلیوم و محلول‌پاشی با محلول حاوی سلیوم افزایش داد (KabataPendias, 2001). متخصصان تغذیه، برای بزرگسالان مصرف حداکثر 400 میکروگرم سلیوم در روز را به شرط این که به‌صورت مداوم نباشد، پیشنهاد کرده‌اند. ولی مصرف روزانه 200 میکروگرم سلیوم در بزرگسالان و ترجیحاً به‌صورت دریافت از طریق مواد غذایی، جهت پیشگیری از کمبود سلیوم کفایت می‌کند (Aro et al., 1995). کاهاکاچی و همکاران (Kahakachchi et al., 2004) گزارش کردند، هنگامی که غلظت سلیوم در گیاه کمتر از 0/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، در انسان و دام نشانه‌های کمبود ظاهر می‌شود، سلیوم به شکل کود می‌تواند غلظت سلیوم در بافت‌های گیاهی را افزایش دهد؛ کود مطلوب کودی است که غلظت سلیوم گیاه را در محدوده 0/1 تا 4 میلی‌گرم بر کیلوگرم حفظ نماید. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر سلیوم بر تعدیل اثر تنش خشکی و بهبود کیفیت گندم و همچنین روش‌های مصرف کود سرک اوره در راستای کاهش مصرف کود اوره و بهبود عملکرد کمی و کیفی گندم در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سلیوم و روش‌های مصرف کود سرک اوره بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم رقم سرداری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در روستای آشیانه سفلی شهرستان خمین در استان مرکزی با طول جغرافیایی 49 درجه و 99 دقیقه و عرض جغرافیایی 33 درجه و 84 دقیقه شمالی و ارتفاع 1815 متر از سطح دریا در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. این منطقه دارای تابستان‌های نسبتاً گرم و زمستان‌های سرد می‌باشد و بیشتر بارندگی در فصول زمستان و بهار انجام می‌گیرد. خصوصیات اقلیمی منطقه کشت در جدول 1 ارائه شده است.

شدن دانه و افزایش مقدار پروتئین دانه ضروری است (Cimrin et al., 2004). از دیدگاه اقتصادی، باید کارایی نیتروژن افزایش یابد که در این صورت حفظ محیط زیست نیز حاصل خواهد شد. استفاده از ارقام با کارایی بالا هنگام استفاده از کود نیتروژن، رعایت تناوب زراعی، توصیه دقیق کودی با توجه به نیاز گیاه، مصرف به موقع کودها از نظر زمان و تقسیم با توجه به مراحل رشد گیاه و نوع کود راه‌کارهای افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌باشد (Martin et al., 1976). درخصوص اهمیت مدیریت کاربرد کود نیتروژن به‌صورت پیش کاشت و در طی فصل رشد برای بهینه‌سازی عملکرد و پروتئین دانه تأکید شده است (Cassman et al., 1992). زمان و نحوه مصرف کودهای نیتروژنی از اهمیت زیادی برخوردار است. در گندم دیم، کاربرد نیتروژن در زمان کاشت یا قبل از ظهور سنبله سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Martin et al., 1976). گزارش شده است که بیشترین عملکرد دانه با مصرف نیتروژن در زمان کاشت به‌همراه محلول‌پاشی آن در مرحله پنجه‌زنی حاصل شد، همچنین محلول‌پاشی کود اوره در زمان گلدهی یا بعد از آن باعث افزایش مقدار نیتروژن دانه می‌شود (Sarandon and Gianibelli, 1990). آلستون (Alston, 1979) گزارش نمود که محلول‌پاشی نیتروژن و سفر عملکرد دانه گندم را افزایش داد.

سلیوم به‌عنوان یک عنصر کم‌مصرف ضروری برای انسان و حیوانات شناخته شده است. اما به‌عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان عالی در نظر گرفته نشده است. سلیوم، در غلظت‌های کم رشد گیاهان را از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تحمل گیاهان در برابر اثرات محدودکننده تنش‌های شدید محیطی از قبیل خشکی (Hasanuzzaman and Fujita, 2011)، شوری (Wang et al., 2013)، آب (Hasanuzzaman et al., 2011)، درجه حرارت بالا (Djanaguiraman et al., 2010) و پسابیدی (Pukacka et al., 2011) تحریک می‌کند. تحقیقات نشان داده که سلیوم یکی از اجزای ضروری برای فعالیت سیستم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است. تأثیر سلیوم این است که در زمان تنش اکسیداتیو و تشکیل رادیکال‌های آزاد، که منجر به صدمات و نابودی سلول می‌شود، تحمل گیاه به خشکی را افزایش می‌دهد؛ به‌طوری‌که این افزایش تحمل می‌تواند به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد (Timothy, 2001). سلیوم جزئی از ساختمان آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز است که در تجزیه هیدروپراکسیدهای آلی و آب اکسیژنه دخالت دارد. در ساختمان هر مولکول گلوکاتایون پراکسیداز چهار اتم سلیوم به‌کار رفته است (Blood and Radostits, 1983). سلیوم توانایی تنظیم وضعیت آب گیاه در شرایط تنش خشکی را دارا می‌باشد که آن را به اثرات حفاظتی سلیوم در افزایش ظرفیت جذب آب از طریق سیستم ریشه نسبت داده‌اند (Kostopoulou et al., 2010). سلیوم در شرایط کمبود آب، تحمل گیاهان را از طریق کاهش تعرق

جدول 1- آمار هواشناسی شهرستان خمین در سال زراعی 1391-1392

Table 1- Metrological data in Khomein city in cropping year 2012-2013

ماه های سال	Year months	تبخیر ماهیانه Monthly evaporation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	میانگین درجه حرارت Mean of temperature (°C)	بارندگی Precipitation (mm)
شهریور 91	September	349.5	24	23.2	5.6
مهر 91	October	222.9	30	17.3	6.9
آبان 91	November	99.3	53	11.1	68
آذر 91	December	5.8	66	4.3	54
دی 91	January	0	53	2.1	35.9
بهمن 91	February	0	45	6.4	6
اسفند 91	March	0	43	8.6	12.3
فروردین 92	April	182.4	44	11.7	56.6
اردیبهشت 92	May	200.9	46	14	13.3
خرداد 92	June	365.5	36	21.8	0

شش بعد از ظهر با استفاده از سمپاش موتوری 20 لیتری انجام شد. قبل از کشت اقدام به نمونه برداری از خاک مزرعه شد که نتایج آن در جدول 2 ارائه شده است. برای اندازه گیری سلینیوم خاک مزرعه، نمونه ای از خاک به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه خاک کاملاً خشک و از الک 2 میلی متری عبور داده شد. سلینیوم خاک بعد از هضم با اسید نیتریک، اسید کلریدریک و پرکلرید، با دستگاه جذب اتمی قرائت شد (Liu et al., 2009). جهت آماده سازی زمین، عملیات شخم و دیسک به منظور خرد شدن کلوخه ها در پانزدهم و شانزدهم مهرماه 91 انجام شد. قبل از کشت مقدار 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم مصرف شد.

عوامل مورد بررسی شامل روش های مصرف کود نیتروژن از منبع اوره در چهار سطح بدون مصرف (شاهد)، مصرف 60 کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در مرحله اواخر پنجه زنی (ZGS 25)، مصرف 30 کیلوگرم در هکتار در مراحل اواخر پنجه زنی توأم با محلول پاشی 200 میلی گرم در لیتر در مرحله قبل از ظهور سنبله (ZGS 45) و مصرف 20 کیلوگرم در هکتار در مرحله اواخر پنجه زنی توأم با محلول پاشی 200 میلی گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله و 200 میلی گرم در لیتر در مرحله اواخر ظهور سنبله (ZGS 59) به عنوان عامل اصلی و سلینیوم در سه سطح عدم مصرف، 5 و 10 میلی گرم در لیتر از منبع سلیت سدیم به صورت محلول پاشی به عنوان عامل فرعی بودند. محلول پاشی مقادیر سلینیوم همراه با محلول پاشی مرحله اول کود نیتروژن انجام شد. محلول پاشی با کود اوره و سلینیوم در ساعت

جدول 2- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Physical and chemical soil properties of the experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH	فسفر P (mg kg ⁻¹ soil)	ازت کل N (%)	کربن آلی OC (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	سلینیوم Se (µg kg ⁻¹ soil)
0-30	0.2	7.9	6.9	0.04	0.44	56	20	24	105

خوب به شرایط محیطی مناطق مرتفع و سردسیر دیم می باشد. کنترل علف های هرز به صورت مکانیکی و وجین، به طور یکنواخت در کلیه کرت ها انجام شد. در دوم اردیبهشت ماه 1392، نسبت به سمپاشی سن گندم با سم دسیس اقدام لازم صورت گرفت. برداشت نهایی پس از خشک شدن و رسیدن کامل بوته ها، در پانزدهم تیرماه 1392 انجام گرفت. به منظور ارزیابی صفات زراعی و اجزای عملکرد، از هر کرت

کشت در بیستم مهر ماه 1391 با دستگاه بذر کار غلات انجام شد. ابعاد هر کرت 18 متر مربع (3×6)، شامل 20 ردیف کشت با فاصله 15 سانتی متر در نظر گرفته شد. میزان بذر مصرفی براساس 100 کیلوگرم در هکتار از رقم گندم سرداری در نظر گرفته شد. ویژگی های این رقم، ارتفاع بوته متوسط، ریشک دار، مقاوم به ریزش، نسبتاً زودرس، دارای عادت رشد زمستانه متمایل به بینابین و سازگاری

نتایج نشان داد، اثر روش‌های مصرف کود سرک اوره و اثر متقابل مصرف کود اوره و مقادیر مختلف سلیوم بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف کود اوره به‌صورت سرک، ارتفاع بوته نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین ارتفاع بوته معادل 66/40 سانتی‌متر از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحلهٔ اواخر پنبه‌زنی حاصل شد. با مصرف تیمارهای کود سرک به‌صورت 60 کیلوگرم اوره، 30 کیلوگرم اوره توأم با 200 میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی، 20 کیلوگرم اوره توأم با دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحلهٔ زایشی، ارتفاع بوته به‌ترتیب به میزان 11/1، 6/5 و 6 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول 4). افزایش ارتفاع بوته در گیاهان وابسته به تراکم و طول میانگره‌ها است. تعداد گره در این گروه از گیاهان قبل از شروع ساقه‌دهی مشخص می‌گردد، لذا تأثیر کود نیتروژن‌دار بر طولی شدن میانگره‌ها است که باعث افزایش ارتفاع بوته می‌گردد.

جدول 3- میانگین مربعات صفات اندازه گیری شده

Table 3- Mean squares of studied traits

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000 Kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	میزان سلیوم دانه Grain selenium content	میزان پروتئین Protein content
Replicate	تکرار	3	4.1996 ^{ns}	107.6319**	0.7533 ^{ns}	4.1875 ^{ns}	65910.1875 ^{ns}	427.5896 ^{ns}	1.108 ^{ns}
Nitrogen (N)	نیترژن	3	93.7607**	1571.9097**	9.1605**	330.4097**	202620.7431*	22441.0507**	8.09**
Ea	خطا a	9	2.4833	102.3171	0.4835	6.0208	39970.0023	297.4046	0.928
Selenium (Se)	سلیوم	2	18.5518 ^{ns}	68.7708**	2.6568*	51.6458*	999.5625 ^{ns}	43670.5852**	0.577 ^{ns}
N×Se	نیترژن×سلیوم	6	15.4540**	4.9097 ^{ns}	3.4749**	38.8680*	18899.2847 ^{ns}	6456.1466**	1.41 ^{ns}
Eb	خطای b	24	3.5940	7.12500	0.61763	9.47916	39542.132	1268.6849	0.729
C.V			3.01	2.52	4.51	7.13	18.97	13.42	10.44

*, **, ns و به ترتیب معنی داری در سطح احتمال 5/1، 1 و غیر معنی دار.

*, **, Significant at 0.05 and 0.01 level of probability, respectively.

سلیوم و اثر متقابل مصرف کود سرک اوره و مقادیر مختلف سلیوم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال 5 درصد معنی دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با مصرف کود اوره به صورت سرک با استفاده از تیمارهای 60 کیلوگرم به تنهایی و مصرف 20 کیلوگرم توأم با دو مرحله محلول پاشی به میزان 200 میلی گرم در لیتر در مرحله زایشی وزن هزار دانه نسبت به شاهد افزایش یافت؛ به نظر می رسد، افزایش وزن هزار دانه با مصرف کود اوره در مراحل مختلف رشد به این دلیل باشد که تأمین نیترژن در مراحل پایانی می تواند تجمع مواد حاصل از فتوسنتز را در دانه افزایش دهد و بنابراین وزن دانه افزایش می یابد (Arif et al., 2006). نتایج نشان داد که با محلول پاشی 10 میلی گرم در لیتر سلیوم، وزن هزار دانه نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول 4). پنانن و همکاران (Pennanen et al., 2002) مشاهده نمودند که سلیوم باعث تجمع نشاسته در کلروپلاست برگ های جوان می شود. نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد که در سطوح اول، دوم و سوم نیترژن، با مصرف 10 میلی گرم در لیتر سلیوم، وزن هزار دانه نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین وزن هزار دانه از تیمارهای 60 کیلوگرم اوره در هکتار توأم با مصرف 10 میلی گرم در لیتر محلول پاشی سلیوم با مصرف 20 کیلو اوره در هکتار توأم با دو مرحله محلول پاشی به میزان 200 میلی گرم در لیتر در مرحله زایشی و بدون مصرف سلیوم حاصل شد (جدول 5). عارف و همکاران (Arif et al., 2006) گزارش نمودند که با محلول پاشی عناصر نیترژن، فسفر، پتاسیم توأم با عناصر کم مصرف تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و

اثر سلیوم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال 5 درصد و اثر روش های مصرف سرک اوره و اثر متقابل روش های مصرف کود اوره و مقادیر مختلف سلیوم بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال 1 درصد معنی دار بود (جدول 3). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله معادل 18/27 از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه زنی حاصل شد که با تیمار 30 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه زنی توأم با 200 میلی گرم در لیتر به صورت محلول پاشی قبل از ظهور سنبله در یک گروه آماری قرار گرفت؛ به نظر می رسد با محلول پاشی اوره در مرحله ظهور سنبله نیاز نیترژن گیاه در مرحله زایشی تأمین می شود و زمینه لازم برای افزایش تعداد واحد زایشی در سنبله فراهم می گردد. گودینگ و دیوایز (Gooding and Davies, 1992) گزارش نمودند که با محلول پاشی نیترژن، عملکرد گندم افزایش یافت. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله معادل 17/7 عدد با محلول پاشی 10 میلی گرم در لیتر سلیوم حاصل شد (جدول 4). نتایج اثر متقابل تیمارها نشان داد، با وجود این که بیشترین تعداد دانه در سنبله معادل 19 عدد از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه زنی و بدون مصرف سلیوم حاصل شد، ولی با مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه زنی توأم با محلول پاشی 200 میلی گرم در لیتر قبل از ظهور سنبله و محلول پاشی 10 میلی گرم در لیتر سلیوم می توان به تعداد دانه مطلوب در سنبله دست یافت.

نتایج نشان داد، اثر روش های مصرف کود اوره به صورت سرک بر وزن هزار دانه در سطح احتمال 1 درصد و مصرف مقادیر مختلف

عملکرد دانه افزایش یافت. آنها گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه با دو مرحله محلول پاشی حاصل شد که از نظر آماری با سه مرحله محلول پاشی در یک گروه آماری قرار گرفتند.

جدول 4- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی صفات اندازه‌گیری شده
Table 4- Mean comparisons of main effects the measured traits

تیمار های آزمایشی Experimental treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه 1000 Kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	سelenium دانه Grain selenium (µg kg ⁻¹)	پروتئین دانه Grain protein (%)
Nیتروژن							
N1	59.76b	89.91c	16.21c	38.91b	853.33b	202.88c	10.16b
N2	66.40a	117.25a	18.27a	48.25a	1105.00a	300.85a	11.89a
N3	63.65b	108.58ab	17.75ab	38.33b	1116.42a	285.19ab	11.57a
N4	62.00c	107.16b	17.35b	47.08a	1117.50a	272.67b	11.96a
Seleniumسelenium							
Se1	64.08a	103.93b	17.55a	43.75a	1053.88a	216.31c	11.43a
Se2	61.94a	108.00a	16.93b	41.12b	1039.06a	259.58b	11.52a
Se3	62.83a	105.25b	17.70a	44.56a	1051.25a	320.31a	11.16a

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند
Means followed by at least one the same letter in each column and each factor, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

N1: without application of Nitrogen

N2: application of 60 kg Urea/ha as top topdress in the late stages of tillering,

N3: application of 30 kg Urea/ha as top topdress in the late stages of tillering combined with 200 mg Urea /lit as foliar application before spike emergence

N4: application of 20 kg Urea/ha as top topdress in the late stages of tillering combined with 200 mg urea/lit as foliar application before spike emergence and 200 mg Urea/lit in the last stage spike emergence

Se1: without application

Se2: 5 mg /lit as foliar application

Se2: 10 mg /lit as foliar application

N₁: بدون مصرف نیتروژن

N₂: مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه‌زنی

N₃: مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله پنجه‌زنی + 200 میلی گرم در لیتر اوره به صورت محلول پاشی قبل از ظهور سنبله

N₄: مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله پنجه‌زنی + 200 میلی گرم در لیتر اوره به صورت محلول پاشی قبل از ظهور سنبله و 200 میلی گرم در لیتر در مرحله ظهور سنبله

Se₁: بدون مصرف

Se₂: محلول پاشی به میزان 5 میلی گرم در لیتر

Se₃: محلول پاشی به میزان 10 میلی گرم در لیتر

گروه‌های مختلف قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه معادل 1207/5 کیلوگرم از مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه‌زنی و بدون مصرف سلیوم حاصل شد. که با تیمار مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه‌زنی و محلول پاشی طی دو مرحله به میزان 200 میلی گرم در لیتر در مرحله زایشی توأم با مصرف 10 میلی گرم در لیتر سلیوم با عملکرد معادل 1196/3 کیلوگرم در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول 5). گزارش شده است که با افزایش نیتروژن حجم پروتوپلاسم افزایش یافته، در نتیجه اندازه سلول و سطح برگ بزرگتر و در نهایت فعالیت فتوسنتز بیشتر می‌گردد (Rasmusson, 1987). نیتروژن از طریق افزایش تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه سبب افزایش عملکرد گندم می‌شود، به طور کلی اجزای عملکرد در گندم تحت تأثیر مستقیم نیتروژن می‌باشند (Hatfield and Prueger, 2004). وانگ و همکاران (Wang et al., 2013) گزارش

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر روش‌های مصرف کود اوره به صورت سرک بر عملکرد دانه در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود؛ اما مصرف مقادیر مختلف سلیوم و اثر متقابل کود سرک اوره با مقادیر مختلف سلیوم بر عملکرد دانه غیر معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف کود اوره به صورت سرک نسبت به شاهد، عملکرد دانه افزایش یافت. با مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله پنجه‌زنی، 30 کیلوگرم اوره در هکتار توأم با یک مرحله محلول پاشی به میزان 200 میلی گرم در لیتر در مرحله زایشی و مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار توأم با 2 مرحله محلول پاشی به میزان 200 میلی گرم در لیتر در مرحله زایشی عملکرد دانه نسبت به شاهد به ترتیب به میزان 29/4، 30/8 و 30/9 درصد افزایش یافت. دلیل این امر مربوط به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بود. با وجود این که اثر مقادیر مختلف تیمارها بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود ولی تیمارها در

در مرحله پنجه‌زنی عملکرد دانه در سال 1999، از 5/98 به 6/08 تن در هکتار، در سال 2000، از 5/65 به 5/71 تن در هکتار و در سال 2001، از 7/78 به 8/04 تن در هکتار تغییر یافت ولی افزایش عملکرد معنی‌دار نبود (Ducsay and Lozek, 2006).

نمودند که با مصرف سلینیوم به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی عملکرد دانه در ذرت تغییر پیدا نکرد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در یک آزمایش سه ساله گزارش شده است که، کاربرد 30 کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در خاک توأم با 10 یا 20 گرم سلینیوم از منبع سلیت سدیم به‌صورت محلول‌پاشی

جدول 4- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری شده

Table 4- Mean comparisons of interaction factors the measured traits

تیمارهای آزمایشی Experimental treatment	ارتفاع بوته Plant height(cm)	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per area	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزاردانه 1000 Kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	سلینیوم دانه Grain selenium (µg kg ⁻¹)	پروتئین دانه Grain protein (%)
Nitrogen× Selenium							
N ₁ Se ₁	61.10d	86.75e	15.57e	37.25fg	828.80b	210.58ef	9.75c
N ₁ Se ₂	56.55e	93.00d	16.056de	37.50fg	877.50ab	165.58f	10.65abc
N ₁ Se ₃	61.65cd	90.00de	17.02cd	42.00def	853.80b	232.50de	10.09bc
N ₂ Se ₁	69.60a	115.50a	19.00a	47.25bc	1207.50a	200.73ef	11.54abc
N ₂ Se ₂	64.47bc	119.50a	17.22bcd	46.25cd	1040.00ab	308.18bc	12.56a
N ₂ Se ₃	65.12b	116.75a	18.60a	51.25ab	1067.50bc	393.68a	11.29abc
N ₃ Se ₁	63.57bcd	108.25bc	18.52a	37.75fg	1120.50ab	223.58de	12.04ab
N ₃ Se ₂	64.30bc	109.5bc	16.37de	36.75g	1141.30ab	289.20bc	11.64abc
N ₃ Se ₃	63.10bcd	108.00bc	18.35ab	40.50efg	1087.50ab	342.80ab	11.03abc
N ₄ Se ₁	62.07bcd	105.25c	17.12bcd	52.75a	1058.80ab	230.38de	12.42a
N ₄ Se ₂	62.45bcd	110.00b	18.10abc	44.00cde	1097.50ab	275.38cd	11.23abc
N ₄ Se ₃	61.47cd	106.25bc	16.85cd	44.50cde	1196.10a	312.28bc	12.22a

میانگین‌های با حداقل یک مشابه در هر ستون و برای هر عامل، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means followed by at least one the same letter in each column and each factor, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

نشان داد که بیشترین میزان سلینیوم دانه معادل 393/6 میکروگرم بر کیلوگرم از تیمار مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به‌صورت سرک در مرحله پنجه‌زنی توأم با مصرف 10 میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی سلینیوم حاصل و با تیمار مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار در مرحله پنجه‌زنی + 200 میلی‌گرم نیتروژن در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی قبل از ظهور خوشه با سلینیوم معادل 342/8 میکروگرم بر کیلوگرم در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول 5). کورتین و همکاران (Curtin et al., 2006) گزارش نمودند که با مصرف 20 گرم در هکتار سلینیوم به‌صورت محلول‌پاشی، مقدار سلینیوم دانه گندم از 0/03 میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد به 0/45 میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت. وانگ و همکاران (Wang et al., 2013) گزارش نمودند که با مصرف مقادیر مختلف سلینیوم، مقدار سلینیوم دانه در ذرت به‌طور خطی افزایش یافت. آنها گزارش نمودند که کاربرد سلینیوم به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی، به‌طور معنی‌دار مقدار سلینیوم دانه را افزایش داد اما مقدار سلینیوم دانه در روش محلول‌پاشی افزایش بیشتری نشان داد. گزارش شده است که در یک آزمایش سه ساله، کاربرد 30 کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم به‌صورت محلول در خاک توأم

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر روش‌های مصرف کود سرک اوره در مرحله پنجه‌زنی، مقادیر مختلف سلینیوم و اثر متقابل روش‌های مصرف کود اوره به‌صورت سرک و مقادیر مختلف سلینیوم بر میزان سلینیوم دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف کود اوره به‌صورت سرک نسبت به شاهد، میزان سلینیوم دانه افزایش یافت. بیشترین میزان سلینیوم معادل 300/85 میکروگرم بر کیلوگرم از مصرف تیمار 60 کیلو اوره در هکتار در مرحله پنجه‌زنی حاصل شد. با مصرف تیمارهای 60 کیلو اوره در هکتار به‌صورت سرک، 30 کیلوگرم نیتروژن توأم با 200 میلی‌گرم محلول‌پاشی و 20 کیلوگرم اوره در هکتار توأم با دو مرحله محلول‌پاشی به میزان 200 میلی‌گرم در لیتر در مرحله زایشی میزان سلینیوم دانه به‌ترتیب به میزان 34/39، 40/57، 48/28 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف مقادیر مختلف سلینیوم نسبت به شاهد، میزان سلینیوم دانه افزایش یافت. بیشترین میزان سلینیوم دانه معادل 320/31 میکروگرم بر کیلوگرم از مصرف 10 میلی‌گرم سلینیوم بر لیتر در مرحله قبل از سنبله‌دهی حاصل شد (جدول 4). نتایج اثر متقابل تیمارها

نیتروژن در گیاه گندم موجب افزایش عملکرد و درصد پروتئین دانه شد (Irani, 1998). استرونک (Strong, 1982) گزارش نمود که مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در موقع کاشت توأم با مصرف 25 و 50 و 100 کیلوگرم نیتروژن در زمان غلاف رفتن و گلدهی، میزان پروتئین دانه افزایش یافت ضمن اینکه کاربرد نیتروژن بعد از گلدهی تأثیر کمی داشت.

نتیجه گیری

نتایج کلی این تحقیق نشان داد با تقسیم کود اوره به صورت سرک در مرحله پنجه زنی توأم با محلول پاشی اوره در مرحله ظهور سنبله، ضمن حصول عملکرد مطلوب، مصرف کود اوره در هکتار به میزان 50 درصد کاهش یافت، از طرفی با محلول پاشی سلیوم می توان ضمن تعدیل اثر تنش خشکی در شرایط دیم، کیفیت دانه گندم را افزایش داد. بنابراین با مصرف 30 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت پخش سطحی در مرحله پنجه زنی و محلول پاشی 200 میلی گرم در لیتر اوره در مرحله ظهور سنبله توأم با محلول پاشی 10 میلی گرم در لیتر سلیوم در شرایط دیم می توان شرایط لازم برای بهبود کمیت و کیفیت گندم را فراهم نمود.

با 10 یا 20 گرم سلیوم از منبع سلیت سدیم به صورت محلول پاشی در مرحله پنجه زنی به شدت میزان سلیوم دانه را در گندم افزایش داد (Ducsay and Lozek, 2006).

نتایج نشان داد، اثر روش های مصرف کود سرک اوره بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی دار بود. اما مصرف مقادیر مختلف سلیوم و همچنین اثر مصرف متقابل نیتروژن کود سرک اوره و مقادیر مختلف سلیوم بر میزان پروتئین دانه غیرمعنی دار شد (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که با مصرف کود اوره به صورت سرک نسبت به شاهد، میزان پروتئین دانه افزایش یافت. بیشترین میزان پروتئین دانه معادل 11/96 درصد از تیمار مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک حاصل شد (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین دانه معادل 12/56 درصد از تیمار مصرف 60 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه زنی توأم با 5 میلی گرم بر لیتر محلول پاشی سلیوم حاصل شد که با تیمار مصرف 20 کیلوگرم اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله پنجه زنی و دو مرحله محلول پاشی به میزان 200 میلی گرم در لیتر در مرحله زایشی توأم با مصرف 10 میلی گرم در لیتر سلیوم در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول 5). به نظر می رسد با تقسیم کود سرک اوره به روش های مختلف می توان به نتیجه مطلوب دست یافت. در آزمایش های انجام شده، افزایش

References

- Alston, A. M. 1979. Effects of soil water content and foliar fertilization with nitrogen and phosphorus in late season on the yield and composition of wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 30 (4): 577-585.
- Arif, M., Muhammad, M., Chohan, A., Sajid, A., Gul, R., and Khan, S. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science* 1 (4): 30-34.
- Aro, A., Alfthan, G., and Varo, P. 1995. Effects of supplementation of fertilizers on human selenium status in Finland. *Analyst* 120: 841-843.
- Blood, D. C., and Radostits, O. M. 1983. *Veterinary medicine*. Sixth (ed). PP. and Radostits. 1054, 1194, 1198, 1199, 1200.
- Cassman, K. G., Bryant, D. C., Fulton, A. E., and Jackson, L. F. 1992. Nitrogen supply effects on partitioning of dry matter and nitrogen to grain of irrigated wheat. *Crop Science* 32: 1252-1258.
- Cimrin, K. M., Bozkurt, A., and Sekeroglu, N. 2004. Effect of nitrogen fertilization on protein yield and nutrient uptake in some triticale genotypes. *Journal of Agronomy* 3: 268-272.
- Curtin, D., Hanson, R., Lindley, T. N., and Butler, R. C. 2006. Selenium concentration in wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by method, rate, and timing of sodium selenate application. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 34: 329-339.
- Djanaguiraman, M., Prasad, P. V. V., and Seppanen, M. 2010. Selenium protects sorghum leaves from oxidative damage under high temperature stress by enhancing antioxidant defense system. *Plant Physiology and Biochemistry* 18 (12): 999-1007.
- Ducsay, L., and Lozek, O. 2006. Effect of selenium foliar application on its content in winter wheat grain. *Plant, Soil and Environment* 52 (2): 78-82.
- Emami, A. 1996. *Methods of Plant Analysis (Vol1)*. Agriculture researches, education and extension organization. Soil and water research Institute. *Journal of* No: 982. 126pp.
- Gooding, M. J., and Devies, W. P. 1992. Foliar urea fertilization of cereals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 32: 209-222.
- Hasanuzzaman, M., and Fujita, M. 2011. Selenium pretreatment upregulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedlings. *Biological Trace Element Research* 143: 1758-1776.

13. Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., and Fujita, M. 2011. Selenium-induced up-regulation of the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system reduces salinity-induced damage in rapeseed seedlings. *Biological Trace Element Research*. 143: 1704-1721.
14. Hatfield, J. L., and Prueger, J. H. 2004. Nitrogen over-use, under-use, and efficiency. *Crop Science* 26: 156-168.
15. Innes, P., Blackwell, R. D., Austin, R. B., and Ford, M. A. 1981. The effects of selection for number of ears on the yield and water economy of winter wheat. *The Journal of Agricultural Science Cambridge Core* 97: 523-532.
16. Irani, P. 1998. Effect of rate and time of nitrogen fertilizer application as top dress on yield and quality properties of Qods wheat. *Journal of seed and seedling* 3: 10-19.
17. KabataPendias, A. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants* (3rd Edn) CRC Press, Boca Raton, FL, 287 pp.
18. Kahakachchi, C., Boakye, H. T., Uden P. C., and Tyson, J. F. 2004. Chromatographic speciation of anionic and neutral selenium compounds in Se-accumulating Indian mustard (*Brassica juncea*) and in selenized yeast. *Journal of Chromatography A* 1054: 303-312.
19. Kopsell, D. A., and Randle, W. M. 1997. Selenate concentration affects selenium and sulfur uptake and accumulation by granex 33 onions. *Journal of American Society for Horticulture Science* 122 (5): 721-726.
20. Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 1999. *Physiological aspects of rain fed production*. Mashhad university press.
21. Kostopoulou, P., Barbayiannis, N., and Basile, N. 2010. Water relations of yellow sweetclover under the synergy of drought and selenium addition. *Plant and Soil* 330: 65-71.
22. Kuznetsov, V., Kidin, V. P., and Vladimir, V. 2004. Protective effect of selenium on wheat plant under drought stress. Abstract of articles symposium of plant biology-lake Buena. 695-700.
23. Lawlor, W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of Experimental Botany* 53: 773-787.
24. Liu, K. L., and GU, Z. X. 2009. Selenium accumulation in different brown rice cultivars and its distribution in fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 695-700.
25. Malekooti, M. J. 2000. *Wheat Optimum Nutrition*. Agriculture education Press. 524 p.
26. Malekooti, M. J., Khoogar, Z., and Khademi, Z. 2004. The method new wheat nutrition. Agriculture education Press. 524 p.
27. Martin, J. H., Leonard, W. H., and Stamp, D. L. 1976. *Principles of field crop production*. 3rd edition. Collier Macmillan. 1118 pp.
28. Mascagni, Jr. H. J., and Sabbe, W. E. 1991. Late spring nitrogen applications on wheat on a poorly drained soil. *Journal of Plant Nutrition* 14: 1091-1103.
29. Merian, E. 1991. Metals and their compounds in the environment. VCH Verlagsgesell. Weinheim. *Plant Physiology and Biochemistry* 48 (12): 999-1007.
30. Pennanen, A., Xue, T., and Hartikainen, H. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. *Journal of Applied Botany* 76: 66-76.
31. Pukacka, S., Ratajczak, E., and Kalemba, E. 2011. The protective role of selenium in recalcitrant *Acer saccharum* L. seeds subjected to desiccation. *Journal of Plant Physiology* 168 (3): 220-225.
32. Rasmusson, D. C. 1987. An evaluation of ideotype breeding. *Crop Science* 27: 1140-1146.
33. Raun, W. R., and Johnson, G. V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* 91: 357-363.
34. Rayman, M. P. 2000. The importance of selenium to human health. *Lancet* 356: 233-241.
35. Sarandon, S. J., Gianibelli, M. C. 1990. Effect of foliar urea spraying and nitrogen application at sowing upon dry matter and nitrogen distribution in wheat (*Triticum aestivum*). *Argentina Agronomic* 10: 183-189.
36. Strong, W. M. 182. Effect of late application of nitrogen on the yield and protein content of wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 22 (115): 54-61.
37. Timothy, P. 2001. Effect of selected selenium status: Implications of oxidative stress. *Biochem Pharam* 62: 273-281.
38. Voltas, J., Romagosa, I., and Araus, J. L. 1997. Grain size and nitrogen accumulation in sink-reduction barley under Mediterranean conditions. *Field Crops Research* 52: 117-126.
39. Wang, C. Q. 2011. Water-stress mitigation by selenium in *Trifolium repens* L. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 174 (2): 276-282.
40. Wang, J., Wang, Zh., Maoa, H., Zhaoa, H., and Huang, D. 2013. Increasing Se concentration in maize grain with soil- or foliar-applied selenite on the Loess Plateau in China. *Field Crops Research* 150: 83-90.
41. Wortman, S. E., Davis, A. S., Schutte, B. J., and Lindquist J. L. 2011. Integrating management of soil nitrogen and weeds. *Weed Science* 59: 162-170.
42. Yao, X., Chu, J., and Wang, G. 2009. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biological Trace Element Research* 130: 283-290.
43. Zebart, B. J., and Sheard, R. W. 1992. Influence of rate timing of nitrogen fertilization on yield and quality of red winter wheat in Ontario. *Plant Science* 72: 13-19.



Effect of Selenium and Application Methods of Urea Top-dress on Yield and its Components and Quality Traits of Wheat under Rainfed Conditions

M. Konani¹ - N. A. Sajedi^{2*} - M. R. Sobhani³

Received: 09-05-2016

Accepted: 09-11-2016

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the greatest nourishment for most of world's population. In many lands of Iran, water is not enough for irrigation and also the most regions of country have arid and semi-arid climate. Water deficit is an important stressful factor for plant growth and crop productivity. Nitrogen is main component of proteins and enzymes. It is essential in all of the plant growth stages. Application of nitrogen is essential for retard leaf senescence, maintenance of photosynthetic leaf during grain filling period and increasing grain protein. The time and method of nitrogen fertilizer application are effective on grain yield. The reported that maximum of grain yield recorded when that nitrogen fertilizer was applied at sowing time along with foliar application at the tillering stage. In higher plants, the role of selenium is still unclear. Selenium can increase the tolerance of plants to induced oxidative stress include drought, salinity, high temperature. Selenium increases the tolerance of plants by transpiration or osmotic potential under water deficit. The current paper studies the influence of selenium and application methods of urea top-dress under rainfed conditions in order to promote improved drought stress tolerance and increase the quantity and quality of wheat.

Materials and Methods

In order to study the effect of selenium and application methods of urea top-dress on yield, yield components and quality traits of wheat under rainfed conditions, an experiment was conducted at Ashianeh-ye Sofla village, Khomayn County, Markazi Province during 2012- 2013 growing season. This experiment was carried out as split plot based on randomized complete block design with four replicates. Experimental factors were included application methods of urea fertilizer in four levels (without application of fertilizer (control), application of 60 kg ha⁻¹ at the tillering stage, application of 30 kg ha⁻¹ at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L⁻¹ before ear emergence and application of 20 kg ha⁻¹ at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L⁻¹ before ear emergence and 200 at the late ear emergence) and selenium in three levels (0, 5 and 10 mg L⁻¹). Seed density was based on 100 kg ha⁻¹ of Sardari cultivar. The seeds were sown by hand on 6-m rows with 15 cm spacing between rows. The distance between the plots was one meter. At the final harvest, 2 m² was harvested from the middle of each plot and the grain yield was evaluated. Statistical analysis of data was performed with MSTAT-C software and means were compared with Duncan's test at the 5% level of probability.

Results and Discussion

The results showed that application of urea top-dressing fertilizer and selenium increased the spike number per m². Maximum grain yield (1207.5 kg ha⁻¹) was obtained from application of 60 kg urea per hectare at the tillering stage and without application of selenium, that was statistically similar to application of 30 kg urea per hectare at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L⁻¹ before ear emergence with 1196.3 kg grain yield per hectare. This is due to that application of nitrogen increased spike number per area unit, grain number per spike and 1000-grain weight. Application of urea fertilizer significantly increased the grain selenium concentration and protein content. Foliar application of selenium at different urea levels increased the grain selenium concentration. The application of 60 kg urea per hectare at the tillering stage, application of 30 kg urea per hectare at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg urea per liter before ear emergence and application of 20 kg urea per hectare at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg urea

1- M.Sc in Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

2- Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

3- Instructor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

(*- Corresponding Author Email: n-sajedi@iau-arak.ac.ir)

per liter before ear emergence and 200 mg urea per liter at the late ear emergence increased the grain selenium by 48.28, 40.57 and 34.39% compared to control, respectively. Foliar application of selenium increased the amount of grain selenium compared to control. The highest grain selenium was obtained from application of 10 mg selenium per liter.

Conclusions

In conclusion, with application of urea fertilizer at the rate of 30 kg ha⁻¹ as top-dressing at the tillering stage combined with foliar application of 200 mg L⁻¹ before ear emergence can reduce the rate of urea fertilizer by 50% without reducing yield. Furthermore, foliar application of 10 mg L⁻¹ selenium can moderate effect of drought stress, also increase grain quality. Therefore, application of urea fertilizer as top-dressing combined with spray along with foliar application of selenium improve the qualitative and quantitative yield of wheat under rainfed conditions.

Keywords: Foliar application, Nitrogen, Sardari C.V, Sodium selenite



ارزیابی صفات زراعی و کیفی در ژنوتیپ‌های مختلف تریتیاله

سیف‌الله انصاری¹ - سیدعلی محمد میرمحمدی میبدی^{2*} - احمد ارزانی² - پورانده خت گلکار³

تاریخ دریافت: 1395/02/27

تاریخ پذیرش: 1395/08/19

چکیده

تریتیاله پتانسیل بالایی از نظر تولید علوفه و عملکرد دانه دارد ولی در برنامه‌های اصلاحی ایران خیلی کم مورد توجه بوده است. این مطالعه به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و عملکرد 40 ژنوتیپ تریتیاله با استفاده از صفات زراعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شد. صفات ارتفاع بوته، طول آخرین میانگره، طول برگ پرچم، طول سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، وزن حجمی، عملکرد بیولوژیک، درصد گلوتن تر و درصد گلوتن خشک در همه ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد. نتایج نشان داد که بالاترین ضریب تنوع فنوتیپی (44/9) و ژنوتیپی (41/7) متعلق به درصد گلوتن و کمترین ضریب تنوع فنوتیپی (7٪) و ژنتیکی (4/5٪) متعلق به وزن حجمی بود. تجزیه رگرسیون مرحله‌ای صفت عملکرد دانه با دیگر صفات نشان داد که دو صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، 98/8 درصد تنوع عملکرد دانه را توجیه می‌کنند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها با استفاده از صفات زراعی و محتوای پروتئین دانه، ژنوتیپ‌های مورد بررسی را به 4 گروه تفکیک کرد که برخی از گروه‌ها با داشتن صفات مطلوب، برای اهداف به‌نژادی در تریتیاله مفید می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تنوع، چند متغیره، عملکرد دانه

مقدمه

ژرم‌پلاسما و اطلاع از فاصله ژنتیکی افراد مختلف یک جمعیت و یا بین جمعیت‌ها و آگاهی از روابط خویشاوندی گونه‌های مورد نظر در برنامه اصلاحی می‌تواند به‌نژادگر را در سازمان‌دهی ذخایر توارثی و نمونه‌گیری مؤثر از ژنوتیپ‌ها و بهره‌برداری بهتر از تنوع به‌خوبی کمک کند (Govindaraj et al., 2015). اطلاع از تنوع ژنتیکی برای انتخاب دقیق والدین مناسب برای تولید هیبریدهای قوی، اهمیت فراوانی دارد (Narain, 2000). شناخت تنوع ژنتیکی موجود در یک گونه گیاهی و گزینش درست والدین برای استفاده در برنامه اصلاحی می‌تواند در نهایت به افزایش عملکرد در واحد سطح و ایجاد ارقام پرمحصول و با خصوصیات کمی و کیفی مطلوب منتهی و به نوعی در ارتقاء تولید غذا در دنیا نقش آفرینی کند.

تریتیاله (*X. Triticosecale* Wittmack) به‌عنوان گیاه جدید با داشتن دامنه سازگاری وسیع‌تر از هریک از والدین خود (گندم به‌عنوان والد مادری و چاودار به‌عنوان والد پدری) قادر است سطح کشت بیشتری را در دنیا به خود اختصاص دهد (Al-hakimi and Jaradat, 1988). این دستاورد اصلاح نباتات در قرن گذشته با استفاده از منابع تنوع ژنتیکی در گیاهان و با هدف ایجاد غله‌ای با کیفیت برتر گندم (بالا بودن درصد پروتئین و عملکرد بیشتر) و دارای تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده (مقاومت به سرما، مقاومت به

تنوع ژنتیکی گیاهان پایه و اساس تحقیقات به‌نژادی گیاهان و از ارکان اصلی کشاورزی پایدار است. موفقیت برنامه‌های به‌نژادی به میزان تنوع ژنتیکی موجود در گیاهان زراعی و خویشاوندان وحشی آنها بستگی دارد و براساس آن ظرفیت گیاه برای استفاده در برنامه‌های اصلاح نباتاتی تعیین می‌شود (Rao and Hodgkin, 2002). باتوجه به محدود بودن منابع ژنتیکی، انتخاب افراد برتر از درون جوامع گیاهی متنوع به وجود تنوع در جمعیت گیاهی است (Haussman et al., 2010; Simmonds and Smartt, 1999) و تنها در صورت بهره‌برداری صحیح از آنها می‌توان ارقام مطلوب زراعی را ایجاد کرد (Rao and Hodgkin, 2002). مطالعه تنوع ژنتیکی

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

2- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

3- استادیار، پژوهشکده زیست فناوری و مهندسی زیستی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(Email: maibody@cc.iut.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.55994

شد که بیانگر برتری تریتیکاله نسبت به گندم از نظر خصوصیات مورفولوژیک گزارش کردند. در بررسی صفات زراعی مختلف در ژنوتیپ‌های تریتیکاله، ضریب تنوع ژنتیکی بالا برای صفت محتوای کلروفیل و تنوع ژنتیکی پایین برای صفات وزن حجمی دانه و طول و عرض برگ پرچم در تریتیکاله گزارش شده است (Fida et al., 2011).

در مقایسه‌ای که بین لاین‌های تربیتی‌پایرم با ارقام گندم نان و لاین‌های امیدبخش تریتیکاله انجام گرفت، عملکرد دانه، طول برگ پرچم و طول و عرض برگ اصلی، در لاین‌های تربیتی‌پایرم در مقایسه با ارقام گندم و لاین‌های تریتیکاله بیشتر بود (Kamyab et al., 2009). تفاوت معنی‌داری از نظر صفات مختلف زراعی بین لاین‌های تریتیکاله، گندم و تربیتی‌پایرم گزارش شده است (Farokhzade et al., 2013) و در این مطالعه مشاهده شد که لاین‌های گندم از نظر صفات تعداد سنبله و عملکرد دانه نسبت به لاین‌های تریتیکاله برتری دارند. مقاومت این گیاه به تنش‌های محیطی و حتی پیشنهاد جایگزینی این گیاه با ذرت برای استفاده در جیره غذایی طیور، بیانگر نیاز بیشتر به انجام تحقیقات اساسی در این گیاه برای مناسب‌سازی صفات اقتصادی و بیولوژیکی آن براساس خواست کشاورزان و بازار مصرف می‌باشد. در این راستا پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی در بین لاین‌های مختلف تریتیکاله با استفاده از صفات زراعی و با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره به‌منظور مدیریت بهتر ژرم‌پلاسِم موجود و استفاده بهتر از آن در برنامه‌های به‌نژادی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. مواد گیاهی شامل 40 ژنوتیپ مختلف تریتیکاله بود که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت در مکزیک (سیمیت) و مرکز ذخایر توارثی در مؤسسه اصلاح نباتات لهستان جمع‌آوری شدند. رقم گندم دوروم (Altar) نیز به‌منظور مقایسه خصوصیات کیفی آرد ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله با گندم دوروم (که محتوای گلوتن آن نسبت به گندم معمولی کمتر می‌باشد) بررسی شد. اسامی، محل منشأ و شماره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول 1 آورده شده است. ژنوتیپ‌ها به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف به طول 2/5 متر و با فاصله خطوط 30 سانتی‌متر و تراکم بوته 350 بوته در مترمربع و فاصله بین کرت‌ها حدود 60 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود مصرفی 50 کیلوگرم در هکتار اوره بود که در یک نوبت و در مرحله پنجه‌دهی به‌صورت سرک به خاک اضافه شد.

زنگ زرد و سیاهک و رشد سریع) چاودار (*Secale cereale*) ایجاد شده است (Lelley, 2006; Bittle and Gustafson, 1991; Baltensperger, 2003). از آن تاریخ به بعد شناخت تکامل تریتیکاله یکی از موضوعات مورد علاقه بسیاری از به‌نژادگران بوده است. ارقام جدید تریتیکاله (*X Triticosecale* Wittmack) از نظر عملکرد، مقاومت به خوابیدگی، میزان لیزین و ارگوت بهبود یافته‌اند (Oettler, 2005; Skovmand et al., 1984) و در مقایسه با بهترین ارقام گندم از نظر ظرفیت عملکرد تحت شرایط مطلوب برابر بوده و در انواع خاک‌های حاشیه‌ای پرمحصول‌تر از گندم هستند (Ammar et al., 2004). این گیاه در مقایسه با گندم (*Triticum aestivum*) از نظر ارتفاع بلندتر، تعداد پنجه کمتر و طول سنبله‌ها بلندتر هستند (Saldivar et al., 2004). در حال حاضر زراعت این گیاه در بسیاری از کشورهای جهان متداول است و به‌عنوان یک گیاه علوفه‌ای و غله استفاده می‌شود (Varughese et al., 1996). این گیاه در بیش از 37 کشور جهان کشت و بیش از 17/5 میلیون تن برداشت می‌شود. سطح کشت آن در دنیا در سال 2014 بیش از 3/9 میلیون هکتار و سطح زیر کشت آن در ایران بیش از 16000 هکتار بوده است (Eudes, 2015). تریتیکاله دارای دو تیپ بهاره و زمستانه است که تیپ بهاره آن در استرالیا، کانادا، آرژانتین، اسپانیا، ایتالیا و آفریقای جنوبی کشت می‌شود و تیپ زمستانه بیشتر در کشورهایمانند روسیه، آمریکا، فرانسه، چین و آفریقای جنوبی کشت می‌شود (Eudes, 2015). روش‌های مختلفی برای مطالعه میزان تنوع ژنتیکی، بررسی ارتباط جغرافیایی پراکنش جمعیت‌ها، درک ارتباط ژنتیکی و قرابت بین و درون جمعیت‌ها و گروه‌بندی آنها به‌صورت یک درخت‌واره، وجود دارد. با انجام آزمون‌های آماری تک متغیره و چند متغیره از جمله تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای می‌توان تنوع ژنتیکی را برآورد کرد (Mohammadi and Prasanna, 2003). اگرچه در زمینه بررسی تنوع ژنتیکی برای صفات مختلف زراعی و مورفولوژیک در تریتیکاله مطالعاتی صورت گرفته است، اما به دلیل جذابیت استفاده تجاری این محصول و به‌منظور تجاری‌کردن واریته‌های آن ضرورت دارد در مورد تنوع این گیاه کار بیشتری صورت پذیرد.

فیلوژنی گونه‌های مختلف تریتیکاله (Asins and Carbonel, 1986)، بررسی‌های مرتبط با مقایسات مورفولوژیکی گیاه تریتیکاله با گندم (Farokhzade et al., 2013; Fida et al., 2011)، ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیک و کیفیت دانه این گیاه (Gupta et al., 2007) گزارش شده است. وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های تریتیکاله و گندم مورد مطالعه توسط Gupta و همکاران (2007)، تفاوت معنی‌داری از نظر صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در سنبله را نشان داد، همچنین Gupta و همکاران (2015) وراثت‌پذیری بالایی برای صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در سنبله و طول سنبله گزارش

جدول 1- اسامی و منشأ 40 ژنوتیپ تریتیکاله مورد بررسی

Table 1- Names and origin of the 40 triticale genotypes

ردیف	نام ژنوتیپ	منشأ	ردیف	نام ژنوتیپ	منشأ
1	Pollmer	CYMMYT	22	Tewo	Poland
2	Sika	CYMMYT	23	Fidelio	Poland
3	Passi	CYMMYT	24	LAD1900	Poland
4	Fahad	CYMMYT	25	DAD601	Poland
5	EMS	CYMMYT	26	Vero	Poland
6	Anoas	CYMMYT	27	Dagro	Poland
7	Cananea79	CYMMYT	28	Prego	Poland
8	Alamos83	CYMMYT	29	Disco	Poland
9	Bacanora	CYMMYT	30	Presto	Poland
10	Faras	CYMMYT	31	Pronto	Poland
11	Caracal	CYMMYT	32	Lamberto	Poland
12	Tesmo	CYMMYT	33	Kitaro	Poland
13	Beagle 1	CYMMYT	34	Lasko	Poland
14	ERI7012	CYMMYT	35	Pinokio	Poland
15	Altar**	CYMMYT	36	Moreno	Poland
16	Alpaca	CYMMYT	37	Woltario	Poland
17	Jago	CYMMYT	38	Sorento	Poland
18	Passi2	CYMMYT	39	Magnat	Poland
19	ERI206	CYMMYT	40	Zorro	Poland
20	Eronga83	CYMMYT	41	RAH116	Poland
21	Fahad5	CYMMYT			

صفت و تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام استفاده شد (Kleinbaum *et al.*, 1988). برای مشخص کردن صفاتی که بیشترین سهم را در توجیه تنوع ژنتیکی دارند از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد (Moghaddam *et al.*, 1994). تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (ward) و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار تشابه انجام گرفت (Johnson and Wichern, 1988).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های تریتیکاله از لحاظ کلیه صفات زراعی اندازه‌گیری شده به‌جز صفت وزن حجمی ($P < 0.01$) از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری هستند (جدول 2). بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی (41/7٪) و فنوتیپی (44/9٪) مربوط به محتوای گلوتن تر و کمترین ضریب تنوع ژنوتیپی (4/5٪) و فنوتیپی (7٪) مربوط به وزن حجمی (کیلوگرم در لیتر) بود (جدول 2) که نشان‌دهنده اثر عوامل محیطی بر صفت محتوای پروتئین دانه (گلوتن) در تریتیکاله می‌باشد (Kociuba and Kramek, 2014). در مطالعه‌ای دیگر با بررسی تنوع ژنتیکی صفات مختلف زراعی و محتوای پروتئین در 1329 نمونه جهانی تریتیکاله، مشخص شد بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی مربوط به صفات تعداد دانه در سنبله (18/5 - 23/4 درصد) و وزن هزاردانه (21/4 - 27/1٪) بود (Kociuba and Kramek, 2014).

همین‌طور در مطالعه‌ای روی ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله

اندازه‌گیری‌های صفات در طول دوره رشد با رعایت حاشیه (یک ردیف از هر طرف و 25 سانتی‌متر از دو طرف هر ردیف) انجام و صفات زیر روی 10 بوته تصادفی از ردیف وسط هر کرت انجام شد. صفات تعداد روز تا 50 درصد ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول سنبله (سانتی‌متر)، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)، عملکرد دانه (تن در هکتار)، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله‌چه در سنبله، وزن هزاردانه (گرم)، وزن حجمی (هکتولیتتر)، شاخص برداشت (درصد)، طول برگ پرچم (سانتی‌متر)، طول آخرین میانگره (سانتی‌متر)، گلوتن تر و خشک (درصد) بود. محتوای گلوتن طبق روش AACC-38-10 اندازه‌گیری شد (American Association of Cereal Chemists, 1983). تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Ver 9.3) انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح 5 درصد مقایسه شدند. واریانس ژنتیکی براساس امیدهای ریاضی به‌دست آمد و واریانس فنوتیپی بعد از برآورد واریانس ژنتیکی محاسبه شد. ضرایب تنوع ژنتیکی (C.V.g) و فنوتیپی (C.V.p) از نسبت انحراف معیار به میانگین مطابق با فرمول‌های زیر تعیین شد:

$$C.V.g = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}_{..}} \quad \text{معادله (1)}$$

$$C.V.p = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{X}_{..}} \quad \text{معادله (2)}$$

برای تعیین صفات مؤثر بر عملکرد از میانگین تکرارها برای هر

دامنه تغییرات زیاد برای ارتفاع حاکی از امکان انتخاب سریع‌تر و امکان به‌کارگیری ارقام پاکوتاه برای جلوگیری از خوابیدگی و امکان برداشت مکانیزه در توسعه کشت تریتیکاله می‌باشد (Kociuba, 2002). طول آخرین میانگره در غلات به‌عنوان عاملی در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه گیاه، به‌ویژه در اوایل دوره تنش خشکی، شناخته شده است (Araus *et al.*, 2002)، بنابراین با انتخاب ژنوتیپ‌های با طول میانگره زیاد، می‌توان عملکرد دانه را افزایش داد.

گزارش شد که بیشترین ضریب تنوع مربوط به عملکرد دانه (17/8 درصد) و کمترین آن مربوط به ارتفاع بوته (4/3 درصد) بوده است (Lamadji *et al.*, 1995). مقایسه میانگین‌های صفات مختلف ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال 5 درصد نشان داد ژنوتیپ Lasko (132/5 سانتی‌متر) و ژنوتیپ Fahad5 (63 سانتی‌متر) به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین ارتفاع بوته بودند (جدول 3). براساس نتایج جدول 3 ژنوتیپ‌های با منشأ سیمیت دارای ارتفاع کوتاه‌تر و زودرس بودند، در حالی که ژنوتیپ‌های با منشأ لهستان بلندتر و دیررس‌تر بودند.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس صفات و ضریب تنوع (ژنتیکی و فنوتیپی) صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله
Table 2- The result of the analysis of variance and values of phenotypic and genotypic coefficients of variation for all traits studied in different triticale genotypes

(Mean of square) میانگین مربعات							
صفات	تکرار	ژنوتیپ	خطا	میانگین صفات	ضریب تنوع فنوتیپی (%)	ضریب تنوع ژنتیکی (%)	ضریب تنوع (CV)
Trait	Replication	Genotype	Error	Traits mean	Coefficients of phenotypic variation	Coefficients of genetic variation	Coefficients of variation
ارتفاع بوته Plant height (cm)	449.6**	388.1**	54.2	98.8	14.1	13.1	7.5
طول آخرین میانگره Length of the last node (cm)	86.6**	71.9**	6.3	31.4	19.1	18.3	8
طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	2.3	15.4**	8.5	16.5	16.8	11.3	17.6
طول سنبله Spike length (cm)	3.1*	3.7**	0.7	9.8	13.8	12.6	8.4
تعداد سنبله در متر مربع Number of spike per m ²	5822.9**	1789.3**	585.4	134.4	22.3	18.3	17.2
عملکرد بیولوژیک Biologic yield (ton ha ⁻¹)	18.4	30.3**	12.5	22.9	17	13	15.5
عملکرد دانه Seed yield (ton ha ⁻¹)	15.2*	5**	2.2	7.8	20.1	15.2	18.9
تعداد دانه در سنبله Grain number per spike	0.30	194.0**	33.4	46.6	21.1	19.2	12.4
تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelets per spike	6.6	47.8**	4.7	25.7	19	18.1	8.5
وزن هزار دانه Thousand grain weight	118.9**	43.2**	14.6	32.8	14.2	11.6	11.7
وزن حجمی Test weight (kg/hectoliter)	0.0004	0.006	0.003	0.8	7	4.5	7.4
شاخص برداشت Harvest index	0.008**	0.003*	0.001	0.3	11.4	9.3	9.3
گلوتن تر Wet gluten content (%)	64.3	385**	53.3	30.9	44.9	41.7	23.7
گلوتن خشک Dry gluten content (%)	5.0	43.8**	5.1	10.5	44.3	41.6	21.6

* and ** are significant at 5% and 1%, respectively

* معنی‌دار در سطح احتمال 5% و ** معنی‌دار در سطح احتمال 1%

تریتیکاله نسبت به گندم دوروم و جو بوده است (Fida et al., 2011; Josephides 1992). عملکرد دانه دامنه تغییرات بسیار گسترده‌ای را نشان داد، به‌طوری‌که ژنوتیپ Sorento با تولید 11/84 تن در هکتار و ژنوتیپ‌های Beagle و EMS با 5/5 تن در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند (جدول 3). بررسی تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله از نظر عملکرد بیانگر تحمل بالای آن در حفظ عملکرد دانه در شرایط تنش بود که بیانگر نقش مؤثر اجزای عملکرد در جبران نقص عملکرد ناشی از تنش می‌باشد (Dhindsa et al., 2002; Fida et al., 2011). ژنوتیپ‌های Lamberto، Pinokio و DAD601 بیشترین تعداد سنبله در سنبله را داشتند (جدول 3). ژنوتیپ‌های RAH116 و Fahad5 به‌ترتیب با 68 و 27/5 (گرم) بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند. تعداد دانه در سنبله علاوه بر عوامل ژنتیکی، تحت تأثیر عوامل محیطی و شرایط موجود در هنگام تشکیل دانه در سنبله نیز قرار می‌گیرد که این تفاوت معنی‌دار در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Irani et al., 2010). از نظر وزن هزاردانه ژنوتیپ Alamos83 با 42/96 گرم دارای بیشترین و ژنوتیپ Prego با 25/87 گرم دارای کمترین وزن هزاردانه بود (جدول 3). وجود اختلاف معنی‌دار برای وزن هزار دانه در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Boros, 2002). افزایش عملکرد دانه در تریتیکاله از طریق بهبود شاخص برداشت، از اهداف مهم اصلاحی بوده است و این افزایش عملکرد از طریق افزایش پاسخ تغذیه‌ای گیاه و بهبود تقسیم مواد فتوسنتزی صورت می‌گیرد.

مقایسه میانگین صفات مختلف نشان داد، بیشترین مقدار برای صفت شاخص برداشت (41 درصد) متعلق به ژنوتیپ RAH116 و کمترین مقدار (26 درصد) متعلق به ژنوتیپ‌های Zorro و Cananea بود (جدول 3). پایین بودن میزان صفت محتوای گلوتن در تریتیکاله، اگرچه موقعیت مطلوبی را برای تغذیه نشخوارکنندگان به‌صورت علوفه فراهم می‌کند، ولی باعث مقاومت پایین خمیر تریتیکاله در زمان تهیه آرد نانوامی می‌شود (Saldivar et al., 2004). ژنوتیپ Fahad5 با داشتن حداکثر 67/6 درصد گلوتن تر و 22/45 درصد گلوتن خشک دارای بیشترین و ژنوتیپ Magnat با داشتن 4/25 درصد گلوتن تر و 1/35 درصد گلوتن خشک دارای کمترین مقدار برای این صفت بودند (جدول 3). درصد گلوتن تر و گلوتن خشک در ژنوتیپ Fahad5 در مقایسه با گندم دوروم رقم آلتار که دارای 41/5 درصد گلوتن تر و 14/2 درصد گلوتن خشک بود، اختلاف معنی‌داری نشان داد. اگرچه تنوع ژنتیکی کافی برای محتوای گلوتن در این مطالعه دیده شد، با این حال به‌دلیل کمتر بودن میزان صفت محتوای گلوتن تریتیکاله (10-15٪) در مقایسه با گندم (Saldivar et al., 2004)، باید در بهبود این صفت تلاش کرد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محدوده تغییرات اندازه صفت طول آخرین میانگه از 43/5 (سانتی‌متر) در ژنوتیپ Dargo تا 18 سانتی‌متر در ژنوتیپ Fahad5 متغیر می‌باشد (جدول 3). برگ پرچم نیز در فرآیند فتوسنتز طی پرشدن دانه مؤثر و موجب افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود، بنابراین با انتخاب ژنوتیپ‌های دارای طول برگ پرچم بلند می‌توان موجب افزایش کارایی فتوسنتز در این گیاه شد.

بیشترین طول برگ پرچم (25/4 سانتی‌متر) متعلق به ژنوتیپ Sika و کمترین طول برگ پرچم (12/5 سانتی‌متر) متعلق به ژنوتیپ Fidelio بود (جدول 3). با این حال ژنوتیپ Sika که دارای طول برگ پرچم بلندتری بود، از نظر عملکرد در سطح بالاتری نبود که احتمالاً به دلیل وجود تنش واردشده به گیاه در آخر فصل رشد و عدم امکان انتقال ذخایر فتوسنتزکننده از اندام‌های رویشی پایین گیاه بوده است. با افزایش سن گیاه در آخر فصل رشد و به‌خصوص در شرایط تنش خشکی، مواد پرورده تولیدشده در برگ‌ها، علی‌الخصوص برگ پرچم، پاسخگوی نیاز دانه‌ها برای پرشدن نمی‌باشد و کربن مورد نیاز برای پرکردن دانه‌های در حال رشد توسط سایر منابع تأمین‌کننده کربن از جمله انتقال مجدد کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای از میانگه‌های ساقه و نیز فتوسنتز سنبله می‌شود (Rivero et al., 2009). تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله از نظر صفت طول پرچم، در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Lamadji et al., 1995; Farokhzade et al., 2013). در این مطالعه، طول سنبله با ارتفاع بوته ارتباط مستقیم داشت، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های با ارتفاع بلندتر سنبله‌های طولانی‌تری داشتند. ژنوتیپ Pinokio با 12/4 سانتی‌متر، بیشترین طول سنبله و ژنوتیپ Pollmer با 5/9 سانتی‌متر کمترین طول سنبله را داشتند (جدول 3). مطالعات نشان داده است که از نظر صفت طول سنبله تفاوت معنی‌داری در ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله وجود دارد (Kociuba and Kramek, 2014; Farokhzade et al., 2013).

ژنوتیپ Anoas با 200 سنبله در مترمربع و ژنوتیپ EMS با 85 سنبله در مترمربع به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد سنبله را به‌خود اختصاص دادند (جدول 3). در مطالعات قبلی، تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد سنبله گزارش شده است (Oettler et al., 1998). عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده، ارتفاع و رسیدگی مهمترین صفات اصلاحی برای به حداکثر رساندن عملکرد اقتصادی در غلات محسوب می‌شوند (Araus et al., 2002). ژنوتیپ Sorento با عملکرد 32/9 (تن در هکتار) بیشترین و ژنوتیپ‌های Beagle و EMS با عملکرد 16/24 (تن در هکتار) دارای کمترین عملکرد بیولوژیک بودند. مطالعات مقایسه‌ای از نظر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله و گندم دوروم، بیانگر برتری نسبی

جدول 3- مقایسه میانگین صفات مختلف زراعی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله
 Table 3- The mean comparison for studied agronomic traits in different Triticale genotypes

شماره ژنوتیپ	ارتفاع	طول آخرین میان‌گره	طول برگ پرچم	طول سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد سنبله در سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	گلوتن تر	گلوتن خشک
	Plant height (cm)	Length of the last node (cm)	Flag leaf length (cm)	Spike length (cm)	-Number of spike per m ²	Number of spikelets per spike	Grain number per spike	Thousan d seed weight (g)	Seed yield (ton ha ⁻¹)	Biologic al yield (ton/hect ar)	Harvest index	Wet gluten content (%)	Dry gluten content (%)
1	83	28.5	16.6	5.9	170	28	15.5	42.8	6.3	18.04	0.35	19.3	7.0
2	85	46	25.4	7.9	158.5	37.5	17.5	32.2	8.4	22.8	0.37	15.7	6.6
3	84	26.5	17.6	8.1	101.5	38.5	19	36.2	6.3	16.5	0.38	46.6	۱۰
4	97	32.5	19.1	10.6	136.5	47.5	25	36.2	7.3	19.6	0.38	26.2	9.4
5	97	25	14.9	10.2	84.5	43.5	24	29.8	5.5	17.0	0.32	47.5	16.0
6	90	31	19.1	9.0	200	33	22	34.1	5.8	20.3	0.29	43.6	15.4
7	94	25.5	17.1	11.5	153	44.5	24.5	39.1	5.7	21.6	0.26	37.7	12.6
8	93.5	29.5	15.9	9.6	172	34.5	23	42.9	8.4	24.2	0.35	31.6	11.4
9	99	30.5	23.75	10.5	164	47	25	36.9	8.8	23.4	0.38	34.7	11.8
10	86	24.5	16.1	7.9	149.5	39	21	35.2	7.9	12.5	0.35	32.7	11.6
11	82.5	25.5	16.6	8.0	185.5	39	20.5	35.6	7.3	20.3	0.36	45.7	15.5
12	110	33.5	19.1	10.2	136.5	59.5	26.5	41.2	8.3	33.8	0.35	25.7	8.3
13	84.5	25	15.7	8.3	127.5	40	21	30.3	5.5	16.2	0.33	40.8	14.4
14	93.5	26.5	16.9	8.8	144.5	38.5	21	33.7	7.7	23.1	0.34	30	10.3
15	97.5	31.5	18.6	10.6	136	39	24.5	39.7	6.7	20.4	0.33	41	14.2
16	90	28.5	19.8	10.9	118.5	44	23.5	37.8	5.7	20.1	0.29	23.6	8.6
17	92	27	17.3	10.4	198.5	40.5	22	33.5	5.9	22.3	0.26	22.1	8.7
18	90	30	17.6	8.6	181	38.5	20.5	35.1	8.5	21.8	0.39	16.9	5.8
19	91	27	19.5	8.9	115.5	41.5	21.5	40.2	6.9	20.2	0.35	19.3	6.5
20	89	29	15.45	10.9	166.5	37.5	21	32.2	6.1	19.2	0.32	36.7	12.6
21	63	18	10.15	6.6	188.5	27.5	15.5	30.7	6.0	18.1	0.33	67.6	22.4
22	122	43	16.95	10.30	97	55	28.0	27.6	8.9	36.2	0.36	27	8.6
23	104	34	12.05	10.70	103.5	55.5	31.5	8.3	9.6	2.10	0.39	22.2	8.2
24	96.5	29	14.01	10.90	145	55	30	26.9	30.1	29.2	0.39	25.5	8.5
25	121	32.5	14.60	10.75	99	61.5	32.5	27.5	9.2	28.0	0.33	43.9	14.4
26	116	39	18.75	10.85	108	47	28	31.1	8.1	29.6	0.28	39.1	12.9
27	114	43.5	17.60	11.20	123	53.5	30	32.5	10.3	31.72	0.33	11.1	4.6
28	110	34.5	13.40	9.85	132.5	53	32	25.9	9.71	27.94	0.35	1.12	2.9
29	111	38	17.60	10.20	93	53	28	34.4	7.80	22.23	0.35	36.8	12.3
30	114	38	13.10	9.65	120	39.5	26	32.6	7.27	18.38	0.39	47.4	17.3
31	116	35	13.30	9.65	109	55.5	30.5	29.1	8.17	25.34	0.33	16	5.1
32	109	39	14.20	10.30	134	45.5	30	29.1	9.08	25.33	0.36	10.1	3.6
33	111	40	17.85	11.80	99	63.5	32.5	35	31	21.46	0.39	47.5	15.7
34	132.5	43	13.05	10.60	144.5	43	27.5	27.4	7.46	25.61	0.29	20.5	8.5
35	96	28	18.90	12.45	96.5	59.5	32.5	30.2	8.15	24.03	0.33	25.1	8.5
36	111	36.5	14.50	11.20	127	60.5	32	26.2	8.49	24.56	0.35	44.2	5
37	87	24.5	17.10	9.65	102	59.5	28	32.4	9.49	24.03	0.39	23.6	14.3
38	109	39	16.35	10.80	147	50.5	29.5	26.9	11.84	32.92	0.36	10.3	3.6
39	89	29.5	14.80	10.25	119	49	31	33.2	8.12	21.21	0.38	4.2	1.3
40	85.5	26	12.45	10.10	122	49.5	30.5	26.2	5.79	22.18	0.26	35.2	11.2
41	105	33.5	13.05	8.60	127.5	68	29.5	27.2	9.73	23.61	0.41	31.8	11.3
LSD (0.01)	15.26	5.20	6.04	1.72	50.17	4.49	11.98	7.92	3.06	7.33	0.062	4.6	4.7

جدول 4- نتایج رگرسیون مرحله‌ای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در ژنوتیپ‌های تریتیکاله مورد مطالعه

Table 4- The results of stepwise regression of agronomic traits (independent variables) on the yield (dependent variables) in different triticale genotypes

صفت	ضرایب رگرسیون	جز R^2	تجمعی R^2	F
Trait	Regression coefficients	Proportion coefficient of determination	Cumulative coefficient of determination	
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.34	0.68	0.68	19.8**
شاخص برداشت Harvest index	23304.4	0.30	0.98	938.7**
طول آخرین میانگره Length of the last node	15.6	0.002	0.99	7.8**
وزن هزاردانه Thousand seed weight	-15.4	0.0016	0.99	6.82**

مدل نهایی رگرسیون چندگانه: $Y = -7057.0 + 0.34X_1 + 23304.4X_2 + 15.6X_3 - 15.4X_4$

مؤلفه به‌ترتیب 39، 13، 12، 9 و 8 درصد و در مجموع 80 درصد از تنوع بین صفات زراعی مورد بررسی را توجیه کردند. در مؤلفه اول، سهم تعداد سنبله در سنبله، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، طول آخرین میانگره و عملکرد بیولوژیک بیشتر بود و این صفات بیشترین سهم را در توجیه عملکرد داشتند. در مؤلفه دوم، بالاترین سهم در توجیه عملکرد مربوط به محتوای گلوتن تر، محتوای گلوتن خشک، تعداد دانه در سنبله و طول سنبله بود. در مؤلفه سوم طول برگ پرچم، وزن هزاردانه، عملکرد دانه بیشتر از سایر صفات در توجیه تغییرات عملکرد دانه سهمیم بودند. در مؤلفه چهارم، تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه در جهت مثبت و وزن هزاردانه در جهت منفی بیشترین سهم را در توجیه تنوع داشتند. در مؤلفه پنجم وزن هزاردانه و طول برگ پرچم بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد داشتند.

دندروگرام حاصل از انجام تجزیه خوشه‌ای (شکل 1) میانگین صفات با روش وارد و براساس اندازه مربع فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار تشابه نشان داد ژنوتیپ‌های دارای شباهت و خویشاوندی بیشتر در مرحله اول به دو گروه کاملاً مجزا تفکیک شدند که گروه اول ژنوتیپ‌های با منشأ سیمیت و گروه دوم ژنوتیپ‌های با منشأ لهستان بود. هر گروه به دو زیر گروه تقسیم شد و لذا چهار زیر گروه مشخص به‌دست آمد. در زیر گروه اول که شامل 41/5 درصد ژنوتیپ‌ها Sorento، Dagro، Lasko، Moreno، Lamberto، Prego، Vero، Disco، Tewo، RH116، LAD1900، Fidelio، DAD601، Magnat و Pinokio بود و همگی دارای منشأ لهستانی بودند، از نظر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، طول سنبله، طول آخرین میانگره، تعداد سنبله در سنبله و ارتفاع بوته در بالاترین حد مقدار قرار داشتند.

از بررسی ارتباط 13 صفت اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه و انجام تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره صفات ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله از طریق انجام رگرسیون چند متغیره مشخص شد ضریب رگرسیون برای سه متغیر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و طول آخرین میانگره مثبت است و بهترین مدل برای توجیه تغییرات عملکرد دانه، سه صفت زراعی (متغیرهای مستقل) عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و طول آخرین میانگره است که به‌ترتیب دارای ضریب تبیین جزء 68 درصد، 30 درصد و 0/21 درصد بودند (جدول 4)، بنابراین انتخاب بر مبنای این سه صفت می‌تواند باعث بهبود عملکرد دانه در تریتیکاله شود و تعریف شاخصی مبتنی بر این سه صفت به‌همراه دیگر صفات دارای قابلیت توارث بالای و دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه، می‌تواند در انتخاب برای عملکرد دانه استفاده شود. به کمک تجزیه ضرایب مسیر، عملکرد دانه تریتیکاله با گندم دوروم و نان مقایسه و مشخص شد که عملکرد دانه تریتیکاله تحت تأثیر 3 جزء عملکرد شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه با اثر مثبت و همچنین پروتئین با اثر منفی بود، در حالی‌که در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد عملکرد دانه گندم نان و دوروم تحت تأثیر صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، پروتئین و وزن سنبله برای گندم دوروم می‌باشد (Gulmezoglu et al., 2010). تفاوت در نتایج به‌دست آمده می‌تواند ناشی از اثر عوامل محیطی و یا استفاده از ژنوتیپ‌های متفاوت در ارزیابی‌های آنها باشد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای تعیین سهم هر صفت از تنوع و کاهش تعداد متغیرها به‌کار گرفته شده است. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مقادیر بردارهای مشخصه، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر مؤلفه و کل واریانس توجیه شده محاسبه شده است (جدول 5). پنج مؤلفه اول دارای ریشه مشخصه بزرگتر از یک بودند. این پنج

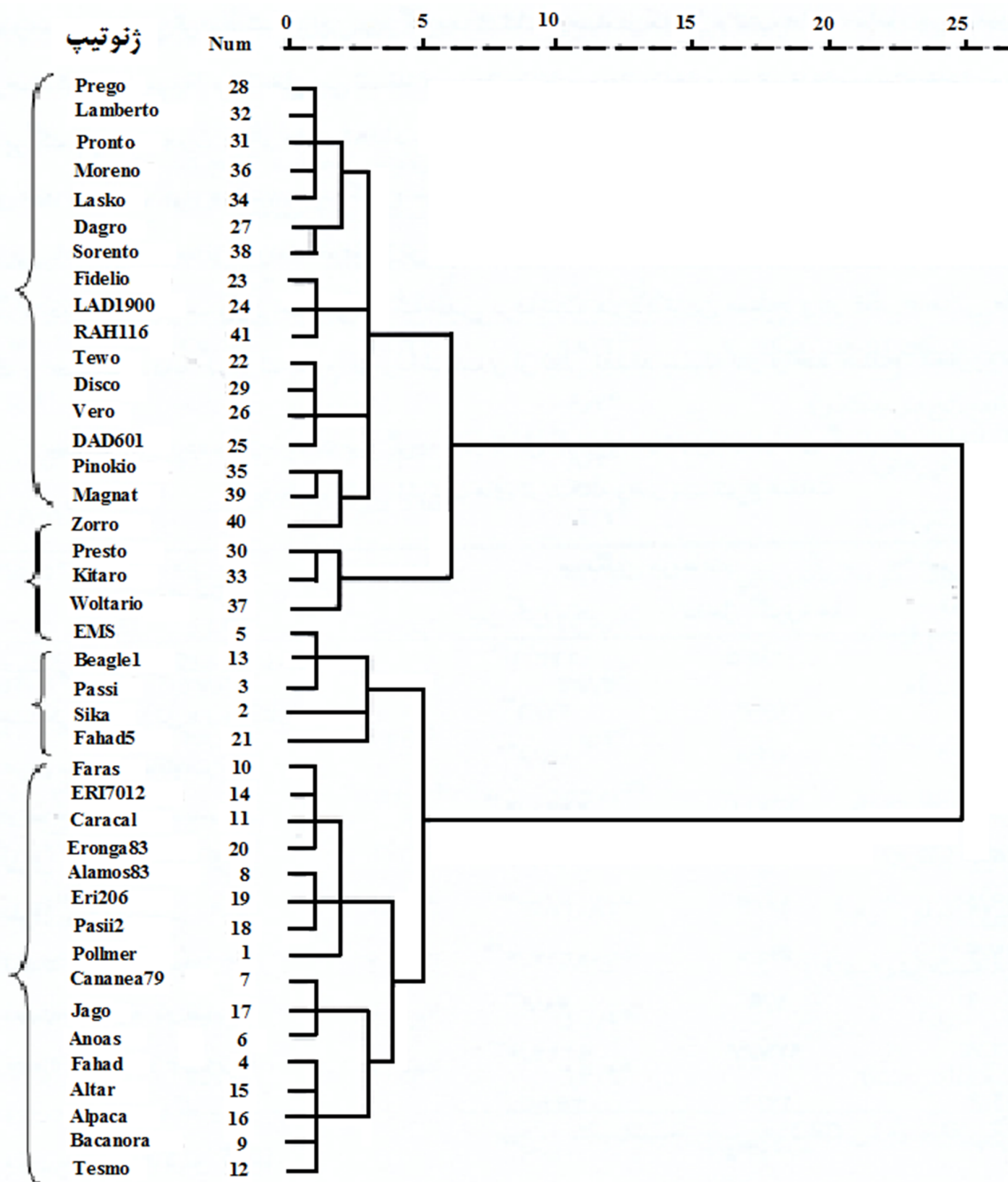
جدول 5- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات مختلف زراعی در ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله

Table 5- Principal component analysis of different agronomic characters in different triticale genotypes

صفات	مؤلفه‌های اصلی				
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
	First	Second	Third	Fourth	Fifth
عملکرد بیولوژیک	0.32	0.16	-0.02	0.40	-0.23
Biological yield					
عملکرد دانه	0.30	0.34	0.24	0.20	-0.35
Seed yield					
طول سنبله	0.29	-0.31	-0.04	0.23	0.34
Spike length					
ارتفاع بوته	0.35	0.05	0.14	-0.002	0.19
Plant height					
طول آخرین میانگره	0.32	0.06	0.09	-0.07	0.23
Length of the last inter node					
طول برگ پرچم	0.09-	0.11	0.22	0.63	0.39
Flag leaf length					
تعداد دانه در سنبله	0.33	-0.21	0.23	-0.05	-0.01
Grain number per spike					
تعداد سنبلیچه در سنبله	0.38	-0.23	0.02	-0.04	0.01
Number of spikelets per spike					
وزن هزار دانه	-0.15	0.39	0.27	-0.01	0.48
Thousand seed weight (gr)					
تعداد پنجه در متر مربع	-0.19	0.25	-0.32	0.41	-0.16
The number of spike per m ²					
وزن حجمی	-0.21	0.09	0.27	-0.23	0.27
Test weight					
شاخص برداشت	0.08	0.38	0.50	-0.21	0.27
Harvest index					
درصد گلوتن تر	-0.25	-0.36	0.39	0.18	-0.19
Wet gluten content (%)					
درصد گلوتن خشک	-0.26	-0.38	0.40	0.20	-0.20
Dry gluten content (%)					
واریانس نسبی	39	13	12	9	8
Relative variation (%)					
واریانس تجمعی	39	52	64	72	80
Cumulative variation (%)					
ریشه مشخصه	5.43	1.81	1.66	1.24	1.07
Eigen value					

Fahad, Jago, Anoa, Cananea79, Polmer, Pasii2, Eri206, Tesmo و Bacanora, Alpaca, Altar قرار داشتند که از نظر طول برگ پرچم، وزن هزار دانه، تعداد سنبله در واحد سطح بیشترین مقدار را داشتند ولی از نظر بقیه صفات در حد متوسط بودند. در زیر گروه چهارم که شامل 7/3 درصد از کل ژنوتیپ‌ها بود، ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد دانه در سنبله، وزن حجمی و شاخص برداشت در بالاترین سطح و از نظر صفاتی مانند عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در رتبه دوم قرار داشتند و از نظر تعداد سنبله در واحد سطح کمترین مقدار را داشتند.

با این حال این ژنوتیپ‌ها از نظر محتوای گلوتن، وزن حجمی و وزن هزار دانه و طول برگ پرچم کمترین بودند. در زیر گروه دوم پنج ژنوتیپ EMS، Beaglel، Passi، Silka و Fahad5 بود که این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک در کمترین حالت نسبت به سایر گروه‌ها بودند، ولی از نظر درصد گلوتن در بالاترین مقدار بودند و از نظر ارتفاع بوته و تعداد سنبلیچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله و طول سنبله و طول آخرین میانگره در سطح پایین قرار داشتند. در زیر گروه سوم که 39 درصد ژنوتیپ‌ها را در برگرفت، ژنوتیپ‌های Eronga83، Caracal، ERI7012، Faras



شکل 1- نمایش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف تریتیکاله براساس صفات زراعی
Figure 1- Clustering of different genotypes of triticale based in agronomic traits

نتیجه‌گیری

تریتیکاله، ارزیابی صفات مختلف زراعی از جمله عملکرد دانه و اجزای عملکرد و صفات کیفی مرتبط با کیفیت آرد آنها است. انجام ارزیابی

مهمترین قدم در شروع یک برنامه اصلاحی با ژنوتیپ‌های

برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر و ضعیف شد. تا با استفاده از تنوع بین ژنوتیپ‌های موجود، برنامه‌ریزی هدفمند برای توسعه کشت ژنوتیپ‌های برتر تریتیکاله در کشور فراهم شود. با توجه به خودکشن بودن گیاه تریتیکاله، با انجام تلاقی بین ژنوتیپ‌های برتر این مطالعه از جمله ژنوتیپ‌های با عملکرد و اجزای عملکرد زیاد که در زیر گروه اول (مانند Sorento و Lamberto) قرار دارند و اداره نسل‌های در حال تفرق حاصل از تلاقی (انتخاب صفات مطلوب بر مبنای روش‌هایی نظیر انتخاب شجره‌ای) می‌توان برای ایجاد ژنوتیپ‌های مطلوب تریتیکاله از نظر عملکرد دانه و اجزای عملکرد اقدام کرد. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات مختلف زراعی و کیفی (مرتبط با کیفیت آرد) از تنوع خوبی برخوردار بودند که بیانگر کارایی مطلوب این ژنوتیپ‌ها برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی آینده برای اصلاح این غله مهم می‌باشد.

اولیه 40 ژنوتیپ‌ها مختلف گامی در شروع برنامه‌ریزی برای فراهم آوردن اطلاعات لازم برای برنامه‌ریزی هدفمند به‌منظور ارائه یک برنامه جداگانه به‌منظور آزادسازی یک رقم مناسب و توسعه سطح زیرکشت ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه و کیفیت آرد در مناطق مختلف کشور بر اساس چشم‌انداز 1404 برای افزایش ده برابری سطح کشت این محصول در ایران می‌باشد. متأسفانه ارزیابی‌های زراعی و کیفی مرتبط با این محصول برای هدف فوق در ایران کم است. خوشبختانه وجود تنوع بالا در بین و داخل ژنوتیپ‌های مورد استفاده امکان استفاده از این مواد برای پیشبرد اهداف اصلاحی در ایران فراهم می‌سازد. تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره در این مطالعه نشان داد انتخاب غیرمستقیم برای صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و طول آخرین میان گره، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه خواهد شد. همچنین گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس همه صفات اندازه‌گیری شده با تجزیه خوشه‌ای، باعث تفکیک ژنوتیپ‌های موجود

References

1. Al-hakimi, A., and Jardat, A. A. 1988. Primitive tetraploid wheat species to improve drought tolerance in durum wheat. Proceeding of the 3th International Triticeae Symposium, Aleppo, Syria, 4-8 May 1997. pp.: 305-312.
2. Ammar, K., Mergoum, M., and Rajaram, S. 2004. The history and evolution of triticale. Pp 2-9 in M. Mergoum, and H. Mergoum eds. Triticale Improvement and Production. FAO.
3. Araus, L., Slafer G. A., Reynolds M. P., and Royo C. 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: What should we breed for. Annals of Botany 89: 925-940.
4. Asins, M. J., and Carbonel, E. A. 1986. A comparative study of variability and phylogeny of *Triticum* species. Theoretical and Applied Genetetics 72: 551- 558.
5. Association of Cereal Chemists. 1983. Approved Methods of the AACC. 38-10, approved April 1961, reviewed October 1982.
6. Baltensperger, D. D. 2003. Cereal Grains and Pseudo-Cereals. Encyclopedia of Food and Culture. Retrieved May 14, 2016 from Encyclopedia.com: <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-3403400119.html>.
7. Bittle, D. C., and Gustafson, J. P. 1991. High molecular weight glutenin from wheat for triticale flour improvement. Proceeding of the 2nd. International Triticale Symposium, Mexico. D. F. CIMMYT. P. 550-553.
8. Boros, D. 2002. Physico- chemical quality indicators suitable in selection of triticale for high nutritive value. Proceeding of the 5th International Triticale Symposium. Radzikow, Poland. 1: 239- 244.
9. Dhindsa, G. S., Dosanjh, A. S., Sohu, V. S., Dhindsa, J. S., and Goyali, J. C. 2002. Genotype × environment interaction for yield components in hexaploid triticale. Proceeding of the 5th International Triticale Symposium, Radzikow, Poland. 2: 333- 336.
10. Eudes, F. 2015. Triticale, Springer. 257 pp.
11. Farokhzadeh, S., Shahsavand-Hassani, H., and MohammadiNejad, Gh. 2013. Evaluation of genetic diversity of primary tritipyrum, triticale and bread wheat genotypes. Journal of Agronomy Sciences 9: 93-112 (in Persian with English abstract).
12. Fida, M., Abdalla, O. S., Rajaram, S., Yaljarouka, A., Khan, N. U., Khan, A. Z., Khalil, Sh., Kh., Khalil, I. H., Ijaz, A., and Jadoon, S. A. 2011. Additive main effect and multiplicative analysis of synthetic-derived bread wheat under varying moisture regimes. Pakistan Journal of Botany 43 (2): 1205-1210.
13. Govindaraj, M., Vetriventhan, M., and Srinivasan, M. 2015. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: An overview of its analytical perspectives. Genetics Research International 1: 1-15.
14. Gulmezoglu, N., Alpu, O., and Ozer, E. 2010. Comparative performance of triticale and wheat grains by using path analysis. Bulgarian Journal of Agricultural Science 16 (4): 443-453.
15. Gupta, D., Mittal, R. K., Kant, A., and Singh M. 2007. Association studies for agro-physiological and quality traits of triticale x bread wheat derivatives in relation to drought and cold stress. J. Environ. Biol. 28 (2): 265-269.
16. Haussmann, B. I. G., Parzies, H. K., Presterl, T., Susic, Z., and Miedaner, T. 2004. Plant genetic resources in crop improvement. Plant Genetic Resources 2 (1): 3-21.
17. Johnson, R. A., and Wichern, D. W. 1988. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall International

- Inc.
18. Josephides, C. M. 1992. Analysis of adaptation of barley, triticale, durum and bread wheat under Mediterranean conditions. *Euphytica* 65 (1): 1-8.
 19. Kamyab, M., Hassani, H., and Tohidinejad, E. 2009. Agronomic behavior of a new cereal (Tritipyrum: AABBEbEb) compared with modern Triticale and Iranian bread wheat cultivars. *Plant Ecophysiology* 2: 69-80.
 20. Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., and Muller, K. E. 1988. Applied regression analysis and other multivariable methods. PWS-Kent Publication Company, Boston.
 21. Kociuba, W. 2002. Differentiation of the yielding features in winter and spring *X Triticosecale* Wittmack collection. Proceeding of the 5th International Triticale Symposium, Radzikow, Poland 2: 357-365.
 22. Kociuba, W., and Kramek, A. 2014. Variability of yield traits and disease resistance in winter triticale genetic resources accessions. *Acta Agrobotanica* 67 (2): 67-76.
 23. Lamadji, S., Fautrier, A. G., McNeil, D. L., and Sedcole, J. R. 1995. Proposed breeding strategy for yield improvement of hexaploid triticale (*X triticosecale* Wittmack) 1. Genetic variability and phenotypic stability. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 23: 1-11.
 24. Lelley, T. 2006. Triticale: A Low-input Cereal with Untapped Potential. p. 395-430 in J. R. Singh ed. Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement. Vol 2. CRC Press, BocaRaton.
 25. Moghaddam, M., Mohammadi Shoti, S. A., and Aghaie Sarbarzeh, M. 1994. Multivariate Statistical Methods. Pishtaz Elm Publications. Tabriz, Iran. 208 pp. (in Persian).
 26. Mohammadi, S. A., and Prasanna, B. M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science* 43: 1235-1248.
 27. Narain, P. 2000. Genetic diversity conservation and assessment, *Current Science* 79 (2): 170-175.
 28. Nascimento, W. M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agricola* 60: 71-75.
 29. Oettler, G. 2005. The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. *Journal of Agricultural Sciences* 143: 329-346.
 30. Oettler, G., Wietholter, S., and Horst, W. J. 1998. Genetic variation for yield and other agronomic traits of triticale grown on acid, aluminum toxic soil in southern Brazil. Proceeding of the 4th International Triticale Symposium, Alberta, Canada. 1: 267-271.
 31. Rao, R. V., and Hodgkin, T. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 68: 1-19.
 32. Rivero, R. M., Shulaev, V., and Blumwald, E. 2009. Cytokinin-dependent photorespiration and the protection of photosynthesis during water deficit. *Journal of Plant Physiology* 150: 1530-1540.
 33. Saldivar, S. O., Flores, S. G., and Rios, R. V. 2004. Potential of triticale as substitute for wheat in flour tortilla production. *Cereal Chemistry* 81: 220-225.
 34. SAS, Institute. 2011. Base SAS 9.3 procedures guide. SAS Inst., Cary, NC.
 35. Simmonds, N., and Smartt, J. (Editor). 1999. Principles of Crop Improvement, 2nd Edition. Wiley-Blackwell, 424 pages.
 36. Skovmand, B., Fox, P. N., and Vil-laread, R. L. 1984. *Triticale* in commerical agriculture: Progress and promise. *Advances in Agronomy* 37: 1-45.
 37. Varughese, G., Pfeiffer W. H., and Pena R. J. 1996. *Triticale*: a successful alternative crop. *Cereal Foods World* 41: 474- 482.



Evaluation of Different Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) Genotypes for Agronomic and Qualitative Characters

S. Ansari¹- S. A. M. Mirmohammady Maibody^{2*}- A. Arzani²- P. Golkar³

Received: 16-05-2016

Accepted: 09-11-2016

Introduction

Genetic variation is essential for the success of breeding programs and is vital to helping the genetic improvement of triticale. Understanding patterns of genetic diversity in the triticale and use of its genetic resources on a practical basis may help to establish appropriate procedures for breeding genetic materials. It can be used as a benchmark for classifying parenting lines and favorable heterotic groups in triticale. Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) has considerable potential either as a grain crop or forage crop, but has received little attention from breeding programs in Iran.

Materials and Methods

This research was conducted to study the genetic diversity and the performance of triticale cultivars imported from Poland and International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) using some agro-morphological traits. Forty one triticale genotypes were evaluated using a randomized complete block design with three replications at Research Farm of College of Agriculture, Isfahan University of Technology. Agronomic characteristics comprising plant height (cm), length of the last node (cm), flag leaf length (cm), spike length (cm), thousand seed weight (g), the number of spike per m², seed yield (tha⁻¹), grain number per spike, number of spikelets per spike, harvest index, test weight (kg hectoliter), biological yield (ton ha⁻¹), wet and dry gluten content (%) were measured. All statistical analyses were performed using SAS statistical software. The multivariate analysis procedures used to analyze the collected data and to investigate relationships among variables. Mean comparison was conducted using LSD range test (at 5% level). The unweighted neighbour joining (UNJ) cluster analysis was carried out using NT-SYS software.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that genotypes were significantly different in all characters. The measured traits varied in coefficient of genotypic and phenotypic variation. The highest coefficients of genotypic (41.7%) and phenotypic (44.9%) coefficient of variation were belonged to wet gluten content. The least coefficient of genotypic (4.5%) and phenotypic (7%) variation was denoted to test weight. Simple mean comparisons for seed yield of Triticale showed that the highest seed yield (11.84 ton ha⁻¹) was denoted to Sorento genotype from Poland and the least seed yield (5.5 ton ha⁻¹) to Beagle and EMA genotypes (from CYMMYT). Using stepwise regression analysis, 98.8% of seed yield variation was attributed to two traits, including harvest index, and biological yield. Correlation analysis showed the significant relation of number of spikelets per spike, and spike length with grain yield. The results of the factor analysis revealed that five factors namely, plant height, grain yield and their components, biological yield, harvest index gluten content explained 80% of total variances of the grain yield. Cluster analysis of genotypes based on agronomic and protein content traits grouped the genotypes into four separate clusters. In categorization based on collected data, the fourth group included genotype from Poland origin (Prego, Lamberto, Moreno, Lasko, Dagro, Sorento, Fidelio, LAD1900, RH116, Tewo, Disco, Vero, DAD601, Pinokio and Magnat) with the highest value for biological yield, seed yield, number of spikelet per spike, plant height, spike length and the length of the last internode. These clusters have beneficial characteristics and are useful for plant breeding purposes.

1- Former M.Sc. Student of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan

2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan

3- Assistant Professor, Institute of Biotechnology and Bioengineering, Isfahan University of Technology, Isfahan

(*- Correspondin Author Email: maibody@cc.iut.ac.ir)

Conclusions

Based on the data reported here, the scientific use of multivariate statistical analysis including stepwise regression analysis, principle component and cluster analysis of genotypes revealed subjectivity of these methods as a suitable way to exploit intraspecific variation within triticale and evaluate its genetic resources for their agronomic value and the amount of genetic variation for specific traits to allow more efficient genetic improvement. The identified superior genotypes such as Sorento could be used in hybridization programs for improvement the seed yield in triticale.

Keywords: Diversity, Multivariate protein, Seed yield



اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام مختلف ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط کرمانشاه

منصور احمدی¹ - فرزاد مندنی^{2*} - محمود خرمی وفا² - غلامرضا محمدی³ - علی شیرخانی⁴

تاریخ دریافت: 1395/04/28

تاریخ پذیرش: 1395/11/04

چکیده

کارایی مصرف تشعشع یک راه‌کار مؤثر برای کمی کردن تجمع ماده خشک است که به شدت متأثر از نوع گونه گیاهی، شرایط آب و هوایی و مدیریت زراعی است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع، شاخص‌های رشد و عملکرد برخی از ارقام رایج ذرت اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال 1393 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (138، 238، 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار) در کرت‌های اصلی و سه رقم ذرت 704، سیمون و 678 BC در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد ماده خشک کل به ترتیب در ارقام 704 و 678 BC مشاهده گردید. با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار کارایی مصرف تشعشع به ترتیب با حدود 13، 21 و 22 درصد افزایش از 2/33 به 2/63، 2/81 و 2/84 گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی بهبود یافت. با این وجود ارقام ذرت از نظر کارایی مصرف تشعشع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بررسی همبستگی بین کارایی مصرف تشعشع و صفات شاخص‌های رشد ذرت نیز نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف تشعشع و حداکثر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، حداکثر جذب تشعشع، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر سرعت رشد نسبی و حداکثر ماده خشک کل وجود داشت. بیشترین عملکرد ماده خشک کل (20450 کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم 704 و شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار بود. رقم سیمون در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار نسبت به ارقام دیگر از عملکرد دانه بیشتری (10467 کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود. علی‌رغم تأثیری که مصرف نیتروژن بر عملکرد ذرت داشت، استفاده نامطلوب آن منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی خواهد شد، بنابراین مصرف منطقی کود نیتروژن براساس نیاز گیاه، باعث افزایش کارایی استفاده از منابع، عملکرد قابل قبول و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جذب تشعشع، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، عملکرد دانه، کارایی مصرف تشعشع

مقدمه

در چند دهه اخیر افزایش رشد جمعیت همراه با افزایش سطح انتظارات بشر منجر به بهره‌برداری شدیدتر و نامطلوب‌تر از زمین‌های قابل کشت شده است. با این حال در سیستم‌های مدرن تولید گیاهان زراعی روش‌های مدیریتی به کار رفته توسط کشاورزان، برای رسیدن به تولیدی بالاتر در حال بهبود است. از رایج‌ترین این روش‌ها افزایش کارایی مصرف منابعی همچون آب، عناصر غذایی و تشعشع خورشید است. در بین منابع مصرفی، برخی از آنها همچون تشعشع خورشید دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. شدت تشعشع خورشید در یک منطقه نسبتاً ثابت است و می‌توان از آن به عنوان منبعی نام برد که به‌طور

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
- 2- استادیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
- 3- دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
- 4- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی

(*) - نویسنده مسئول:

(Email: f.mondani@razi.ac.ir)

کارآمدتری نسبت به سایر منابع مصرفی بر تولید محصولات زراعی تأثیرگذار است. فراوانی شدت تشعشع خورشید در مناطق معتدل یک فرصت مناسب برای افزایش مصرف آن در تولید بهتر محصولات زراعی می‌باشد (Awal et al., 2006).

تولید ماده خشک توسط گیاهان زراعی تابعی از تشعشع جذب شده و کارایی مصرف تشعشع است. بنابراین کارایی مصرف تشعشع یک راه کار مؤثر و کارا برای کمی کردن تجمع ماده خشک است و به عنوان ماده خشک تولید شده توسط گیاه به ازای جذب هر واحد تشعشع خورشیدی تعریف می‌شود (Kiniry et al., 1999) و اغلب از طریق محاسبه شیب رگرسیون خطی بین وزن خشک کل و تابش جذب شده تجمعی به دست می‌آید (Akmal and Janssens, 2004). مقادیر کارایی مصرف نور با توجه به گونه گیاهی، شرایط آب و هوایی، مدیریت زراعی، مرحله رشدی گیاه، نحوه اندازه‌گیری و ترکیبات گیاهی تغییر می‌کند (O'Connell et al., 2004). از جمله عوامل مؤثر در کارایی مصرف تشعشع توسط محصولات زراعی، نیتروژن در دسترس و ویژگی‌های فتوسنتزی گیاه است (Manrique et al., 1991).

تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی مناسب برای شناخت حرکت مواد فتوسنتزی در گیاه از طریق اندازه‌گیری تولید ماده خشک در طول فصل رشد است که امکان توضیح و تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی را فراهم می‌سازد (Koocheki et al., 2003). ماده خشک تولید شده توسط گیاه زراعی را می‌توان با استفاده از شاخص‌هایی نظیر سرعت رشد محصول¹ و سرعت رشد نسبی² که هر دو از مهمترین شاخص‌های رشد می‌باشند مورد تجزیه و تحلیل قرار داد (Karimi and Siddique, 1991). از طرفی، میزان جذب تشعشع توسط کانوبی به نوبه خود از برخی از شاخص‌های رشد متأثر می‌شود، به طوری که با تعیین این شاخص‌ها می‌توان میزان نور دریافتی توسط پوشش گیاهی را تخمین زد. در این راستا جذب تشعشع با تغییرات شاخص سطح برگ در اغلب گیاهان یک ارتباط خطی - انحنایی نشان می‌دهد.

کور و همکاران (Kaur et al., 2012) گزارش کردند که با مصرف 25 و 50 درصد نیتروژن بالاتر از میزان توصیه شده، ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده و کارایی مصرف تشعشع ذرت (*Zea mays* L.) به طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین اتر ندیم و همکاران (Ather Nadeem et al., 2009) نیز اظهار کردند که شاخص سطح برگ ذرت با افزایش نیتروژن به شدت افزایش یافت، به طوری که حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ به ترتیب با کاربرد 150 کیلوگرم

نیتروژن و شاهد صفر مشاهده شد. شیوایی و همکاران (Shivay et al., 2002) و اکبال همکاران (Iqbal et al., 2006) نیز افزایش شاخص سطح برگ ذرت را با افزایش کود نیتروژن گزارش کردند. در تحقیقی دیگر زبارث و شریذ (Zebarth and Sheard, 1992) دریافتند که نیتروژن باعث تداوم سطح برگ می‌شود که از این طریق مدت و میزان فتوسنتز برگ افزایش یافته و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2015 a) نیز در آزمایشی دریافتند که تولید ماده خشک ذرت به شدت تابع میزان نور جذب شده بود که خود به ویژگی‌های ساختار کانوبی و شاخص سطح برگ وابسته است. همچنین آگری و همکاران (Aggeret et al., 2004) بیان کردند دستیابی به یک عملکرد مطلوب در سیب زمینی به رشد سریع کانوبی، دستیابی سریع تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای حداکثر جذب نور و تکمیل رشد در زمان مطلوب بستگی دارد.

استفاده از ارقام مختلف ذرت با کارایی جذب و مصرف بالاتر نهاده‌ها و همچنین مدیریت صحیح مصرف ورودی‌ها از جمله راهکارهای کشاورزی پایدار هستند که از این طریق ضمن استفاده مؤثر گیاه از نهاده‌های شیمیایی و طبیعی، مخاطرات زیست محیطی مصرف نادرست نهاده‌ها نیز به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد (Sepehr et al., 2008). از طرفی یکی از مهمترین شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا، تأمین شرایط مطلوب از جمله نیتروژن کافی به منظور استفاده از سایر منابع محیطی از قبیل تشعشع خورشیدی موجود جهت تولید بهینه ترکیبات فتوسنتزی است. در واقع رقابت در جهت کسب نور نوعی رقابت مستقیم برای کسب منابع محیطی به صورت آبی می‌باشد که به علت عدم ذخیره نور در محیط مهمترین عامل ایجاد رقابت در اکثر سیستم‌های زراعی محسوب می‌شود (Beheshtian and Behboodifard, 2010). استان کرمانشاه یکی از قطب‌های تولید ذرت در کشور است (MJA, 2014) و سالیانه مقادیر زیادی از منابع کود نیتروژن در آن مصرف می‌شود. با توجه به اینکه این استان از نظر سایر منابع طبیعی همچون تشعشع خورشید در وضعیت جغرافیایی نسبتاً مطلوب قرار دارد، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام مختلف ذرت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال زراعی 1393 در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی 47 درجه و 5/94 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 34 درجه و 19/52 دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا 1345 متر) اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با چهار

1- Crop Growth Rate

2- Relative Growth Ratio

کشور اسپانیا است. رقم 704، هیبرید سینگل کراس، رقم دیررس، پایداری عملکرد خوب و نیمه حساس به بیماری سیاهک معمولی ذرت و منشاء آن آمریکا (یوگسلاوی سابق) است. رقم BC 678 نیز ویژگی‌هایی از قبیل: هیبرید سینگل کراس، میانرس، بوته‌های قوی و مقاوم به خوابیدگی و شکستگی و وزن هزار دانه 340-370 گرم و منشاء آن کرواسی می‌باشد. قبل از کاشت آنالیز خاک در عمق صفر تا 30 سانتی‌متر صورت پذیرفت و تیمارهای کود نیتروژن بر اساس این آزمون لحاظ شدند (جدول 1).

تکرار بود. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (40، 70، 100 و 140 درصد نیاز گیاهی ذرت به عنصر نیتروژن که مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک معادل 138، 238، 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار در نظر گرفته شد) در کرت‌های اصلی و سه رقم رایج ذرت 704، سیمون و BC 678 در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. رقم سیمون، هیبرید سینگل کراس، نیمه دیررس، متحمل به بیماری‌های برگ، تحمل نسبتاً مناسب به تنش‌های شوری و خشکی انتهایی فصل، پروتئین دانه بالا و وزن هزار دانه 340-360 گرم که منشاء آن

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Soil physico-chemical properties at experimental field

عمق نمونه‌برداری Sampling depth (cm)	درصد اشباع Saturation percentage (%)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity $\times 10^3$ (dS/m)	اسیدیته کل اشباع pH	کربن Carbo n (%)	نیتروژن کل Total Nitroge n (%)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (ppm)	بافت خاک Texture
0-30	40	0.75	7.47	1.66	0.166	5.8	400	رس سیلتی Silty clay

درجه سانتی‌گراد حرارت آون قرار داده شدند و سپس توسط ترازو وزن آنها اندازه‌گیری گردید. برای تخمین مقادیر ماده خشک کل روزانه از برازش معادله زیر استفاده شد (Nassiri Mahallati, 2008):

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

در اینجا TDM: ماده خشک کل روزانه بر حسب گرم در متر مربع، a: حداکثر ماده خشک کل، b: زمانی که منحنی ماده خشک کل وارد مرحله خطی رشد خود می‌شود، c: سرعت رشد نسبی و x: زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. همچنین برای محاسبه سرعت رشد محصول (CGR) از روش مشتق‌گیری از معادله روند ماده خشک کل روزانه و برای محاسبه سرعت رشد نسبی (RGR) نیز از مشتق معادله سرعت رشد محصول استفاده شد (Koocheki and Sarmadnia, 1999).

به منظور محاسبه کارایی مصرف تشعشع (RUE^{1}) ابتدا تعداد ساعات آفتابی برای عرض جغرافیایی کرمانشاه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی دریافت شد، سپس میزان تشعشع روزانه خورشیدی به روش ارائه شده توسط گودریان و وان لار (Goudriaan and Van Laar 1993) محاسبه گردید. نور جذب شده روزانه برای ذرت براساس معادله زیر محاسبه شد (Sinclair and Muchow, 1999):

$$I_{abs} = I_0 \times (1 - e^{-K \times LAI}) \quad (2)$$

در این معادله، I_{abs} ، میزان تشعشع جذب شده بر اساس مگاژول در متر مربع، I_0 ، میزان تشعشع خورشیدی رسیده به بالای کانوپی بر حسب مگاژول بر متر مربع، K، ضریب خاموشی نور ذرت است که

عملیات آماده‌سازی بستر بذر در اوایل اردیبهشت آغاز و کاشت در نیمه دوم اردیبهشت ماه به صورت خشکه‌کاری انجام شد. به این صورت که یک سوم کود اوره در هر کرت اصلی در زمان کاشت، یک سوم دیگر در مرحله سه تا چهار برگی پس از عملیات وجین و تنک کردن بوته‌ها و یک سوم باقی‌مانده در مرحله آغاز گلدهی به صورت سرک و به روش نواری به خاک اضافه شد (Noormohammadi et al., 2005). هر یک از کرت‌های فرعی دارای چهار خط کاشت به طول چهار متر و فاصله 0/75 متر از یکدیگر بود. بذرکاری نیز به روش کپه‌ای صورت گرفت. به این ترتیب که ابتدا در هر کپه به فاصله 18 سانتی‌متر دو عدد بذر کاشته شد و بلافاصله بعد از کاشت دو آبیاری سبک به فاصله سه روز به منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه انجام گرفت و در مرحله سه تا چهار برگی به منظور رسیدن به تراکم مطلوب، عملیات تنک کردن بوته‌های اضافی انجام گرفت. تراکم نهایی مزرعه نیز با توجه به دستورالعمل فنی کاشت، داشت و برداشت ذرت (دانه‌ای و علوفه‌ای) برای هر سه رقم 75000 بوته در هکتار در نظر گرفته شد (Dehghanpoor, 2014). بعد از سبز شدن، آبیاری‌های بعدی به روش نشتی و مطابق نیاز گیاه انجام گرفت.

نمونه‌برداری‌ها شامل دو بخش نمونه‌برداری‌های تخریبی و نمونه‌برداری‌های نهایی بود. در نمونه‌برداری‌های تخریبی که هر 14 روز یک بار صورت گرفت، ابتدا سه بوته از هر کرت به صورت کاملاً تصادفی برداشت شده و سپس وزن خشک کل و سطح برگ اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل LA-3000A) استفاده شد. برای تعیین وزن خشک کل نیز ابتدا نمونه‌ها به مدت زمان کافی در دمای 70

صرف نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن، بالاترین و پایین ترین حداکثر شاخص سطح برگ به ترتیب در ارقام 704 و BC 678 مشاهده گردید (شکل 1). اگرچه این اختلاف ناچیز بود ولی به نظر می رسد رقم 704 به علت داشتن برگ های بزرگتر و دوره رویش طولانی تر از شاخص سطح برگ بیشتری برخوردار بود. رحیمی مقدم و همکاران (Rahimi-Moghaddam et al., 2015) نیز گزارش کردند که از نظر سطح برگ بین ارقام ذرت اختلاف معنی داری وجود دارد.

همچنین با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار شاخص سطح برگ ارقام سیمون، 704 و BC به ترتیب حدود 81، 94 و 75 درصد افزایش یافت. علاوه بر این، رقم 704 در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار بالاترین (5/2) و رقم BC 678 در شرایط مصرف 138 کیلوگرم اوره در هکتار پایین ترین (2/5) حداکثر شاخص سطح برگ را داشتند (شکل 1). به نظر می رسد نیتروژن از طریق اثر بر افزایش و سرعت تقسیم و بزرگ شدن سلول های برگ منجر به افزایش شاخص سطح برگ گیاه شد (Malekooti and Nafisi, 1994). علاوه بر این، افزایش میزان کاربرد نیتروژن می تواند از طریق افزایش طول دوره رشد گیاه، تغییر زاویه برگ ها نسبت به ساقه، دوام سطح برگ و تولید برگ های بزرگتر باعث بهبود شاخص سطح برگ شود (Ayub et al., 2004; Das, 2004; Montemurro et al., 2006).

دوام سطح برگ

نتایج این بررسی نشان داد که اثر افزایش میزان کود نیتروژن بر دوام سطح برگ ذرت در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول 2). به گونه ای که بیشترین دوام سطح برگ مربوط به تیمار 483 کیلوگرم اوره در هکتار معادل LAI 280/8-روز و کمترین آن مربوط به تیمار 183 کیلوگرم اوره در هکتار معادل LAI 157/8-روز بود (شکل 2). ارقام ذرت نیز از نظر صفت دوام سطح برگ در سطح یک درصد با یکدیگر تفاوت معنی دار داشتند (جدول 2). بیشترین (LAI 231/5-روز) و کمترین (LAI 207/4-روز) دوام سطح برگ به ترتیب مربوط به رقم 704 و BC 678 بود (شکل 2). برای نشان دادن دوام پایداری اندام های فتوسنتز کننده از شاخص های مختلفی همچون دوام سطح برگ استفاده می شود (Keshavarz et al., 2013). دوام سطح برگ براساس تعداد روزهای ماندگاری برگ روی گیاه در نظر گرفته می شود و با کاربرد کود نیتروژن این ویژگی به شدت بهبود می یابد. به نظر می رسد افزایش میزان نیتروژن از طریق افزایش محتوای کلروفیل و دوره سبز بمان برگ منجر به افزایش دوام سطح برگ ذرت شد. همچنین وجود تفاوت های ژنتیکی در تغییر مدت زمان سبز بمان برگ ها می تواند باعث تفاوت دوام سطح برگ در ارقام مختلف ذرت شود. برهمکنش میزان کاربرد کود نیتروژن و ارقام بر دوام سطح

معادل 0/65 در نظر گرفته شد (Jones Kiniry, 1986) و LAI شاخص سطح برگ روزانه که از طریق برازش معادله زیر روی داده های اندازه گیری شده شاخص سطح برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Nassiri Mahallati, 2008):

$$LAI = \frac{a+b \times 4 \times \left(e^{\left(-\frac{x-c}{d} \right)} \right)}{\left(1+e^{\left(-\frac{x-c}{d} \right)} \right)^2} \quad (3)$$

در این معادله a، عرض از مبدأ، b، حداکثر شاخص سطح برگ، c، زمان رسیدن شاخص سطح برگ به حداکثر میزان خود و d، نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح وارد مرحله خطی می شود و x؛ زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. تشعشع جذب شده در هر مرحله نیز از حاصلضرب تشعشع ورودی شبیه سازی شده در درصد تشعشع جذب شده به دست آمد و مقدار کل تشعشع جذب شده به صورت تجمعی از طریق حاصلضرب تشعشع ورودی شبیه سازی شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR^1) جذب شده نسبت به زمان محاسبه شد. در انتها کارایی مصرف تشعشع بر حسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط گرسپون بین ماده خشک کل تجمعی (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (مگاژول بر متر مربع) برای هر یک از کرت ها به طور جداگانه محاسبه شد. همچنین جهت محاسبه دوام سطح برگ (LAD) از رابطه زیر استفاده شد:

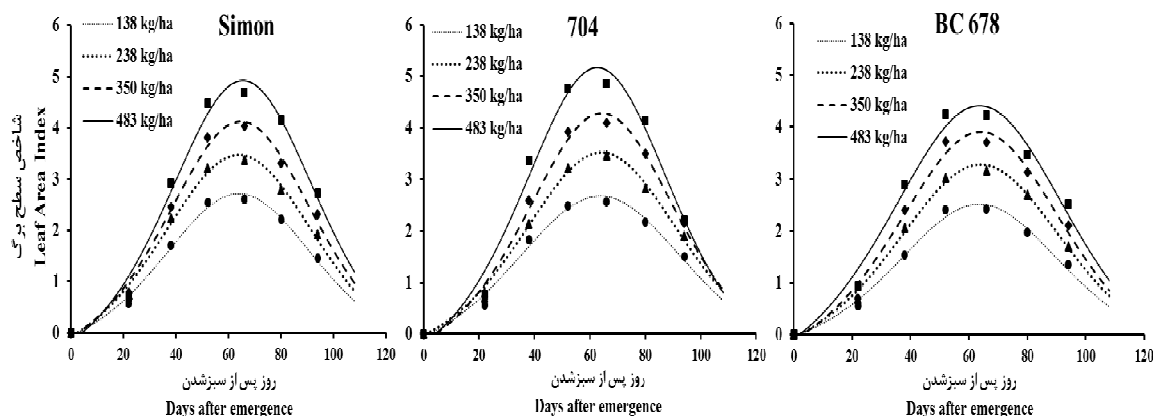
$$LAD = \sum \left(\frac{LAI_1 + LAI_2}{2} \times (t_2 - t_1) \right) \quad (4)$$

در این معادله t_1 و t_2 ، به ترتیب روز پس از سبز شدن در نمونه گیری اول و دوم و LAI_1 و LAI_2 ، به ترتیب مقدار شاخص سطح برگ در زمان های t_1 و t_2 است. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (ظهور لایه سیاه رنگ در محل اتصال دانه به چوب بلال)، جهت برداشت نهایی یک متر مربع وسط کرت ها با رعایت اصول حاشیه به صورت کف بر برداشت شد. پس از خشک شدن نمونه ها در دمای 70 درجه سانتی گراد آن به مدت زمان کافی، دانه ها از چوب بلال جدا گردید و عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک کل اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل داده های مستخرج از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه 9/4) انجام گرفت. مقایسه میانگین ها نیز توسط آزمون LSD در سطح پنج درصد صورت گرفت. همچنین برای برازش معادلات و رسم شکل ها به ترتیب از نرم افزارهای Slidwrite و اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

برگ معنی‌داری نبود (جدول 2).



شکل 1- اثر کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ ارقام مختلف ذرت

Figure 1- Effect of nitrogen on leaf area index of different hybrids of maize

جدول 2- تجزیه واریانس دوام سطح برگ، کارایی مصرف تشعشع و عملکرد دانه ارقام ذرت تحت سطوح مختلف کود نیتروژن
 Table 2- Analysis of variance for leaf area duration, radiation use efficiency and grain yield of maize hybrids under various levels of nitrogen fertilizer

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
		کارایی مصرف تشعشع Radiation use efficiency	عملکرد دانه Grain yield	دوام سطح برگ Leaf area duration
Block بلوک	3	0.039 ^{ns}	306524 ^{ns}	640*
Nitrogen (A) کود نیتروژن fertilizer	3	0.676**	27774856**	32744**
Main Error (Ea) خطای اصلی	9	0.0496	935122	162
Hybrids (B) رقم	2	0.124 ^{ns}	6961145**	2365**
A×B	6	0.088 ^{ns}	2083956*	38.9 ^{ns}
Sub Error (Eb) خطای فرعی	24	0.0467	636538	151
C.V. (%) ضریب تغییرات		8.14	10.84	15.58

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال 5 و 1 درصد؛ ns: غیر معنی‌دار

* and **: are significant at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is Non-significant

جذب تشعشع بیشتری برخوردار بود. به نظر می‌رسد سهم دوام سطح برگ در بالا بردن میزان جذب تشعشع رقم 704 بیشتر از شاخص سطح برگ آن باشد.

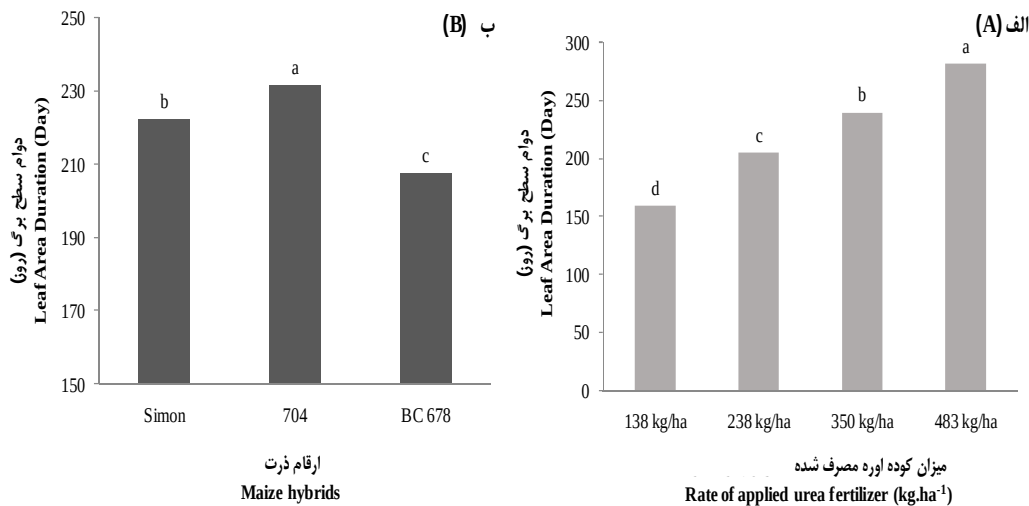
با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار میزان جذب تشعشع نیز برای ارقام سیمون، 704 و 678 BC به ترتیب حدود 16، 18 و 18 درصد افزایش یافت (شکل 3). امکان دارد علت بهبود حداکثر میزان جذب تشعشع توسط کانوپی ارقام مختلف ذرت، بهبود شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت گسترش برگ‌ها توأم با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن باشد. همچنین نیتروژن از طریق تأثیر بر طول عمر برگ و افزایش دوام سطح برگ باعث بهبود جذب تشعشع می‌شود (Smiciklas and

روند جذب تشعشع

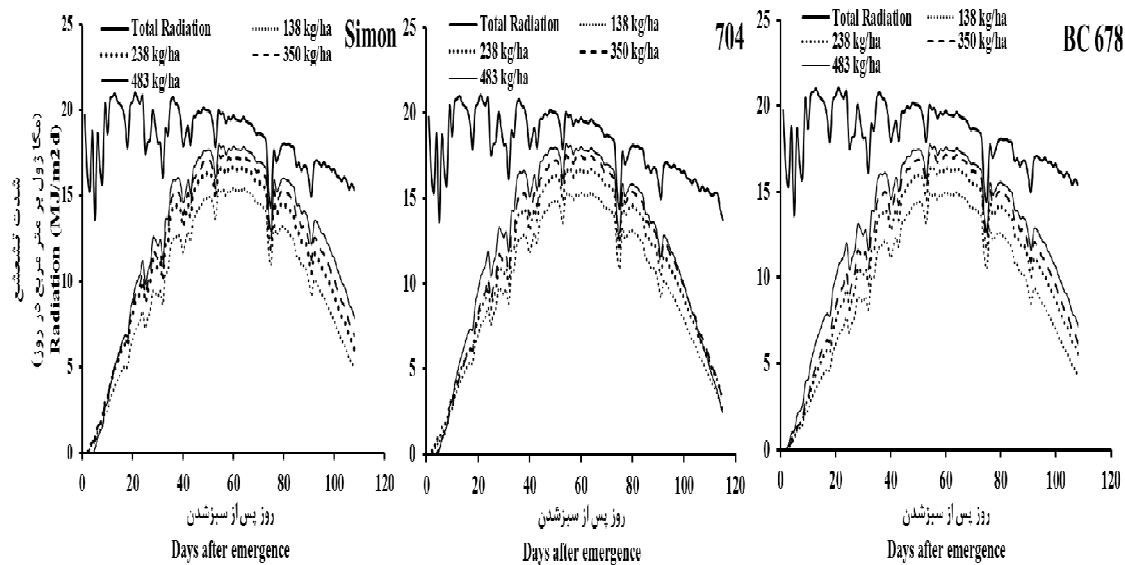
نتایج نشان داد اگرچه از نظر حداکثر میزان شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ در بین ارقام ذرت تفاوت وجود داشت ولی از نظر حداکثر میزان جذب تشعشع تفاوت بسیار ناچیزی مشاهده شد (شکل 3). در کانوپی اکثر گیاهان زراعی، حداکثر جذب تشعشع همزمان با بسته شدن کانوپی رخ می‌دهد که در این زمان شاخص سطح برگ بین 3 تا 3/5 است (Nassiri Mahallati *et al.*, 2015 a). بنابراین این نتیجه دور از ذهن نبود که ارقام مختلف ذرت از نظر حداکثر جذب تشعشع اختلاف چندانی با یکدیگر نداشته باشند، زیرا در بیشتر تیمارهای مورد ارزیابی شاخص سطح برگ ذرت بیشتر از 3 تا 3/5 بود (شکل 1). با این وجود رقم 704 در مقایسه با سایر ارقام از حداکثر

ذرت متفاوت بوده و کاربرد کود نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ باعث بهبود جذب تشعشع شد.

(Below, 1999; Montemurro *et al.*, 2006). کور و همکاران (Kaur *et al.*, 2012) نیز گزارش کردند که جذب تشعشع در ارقام



شکل 2- اثر کود نیتروژن (الف) و ارقام ذرت (ب) بر دوام سطح برگ
Figure 2- Effect of nitrogen (A) and maize hybrids (B) on leaf area duration



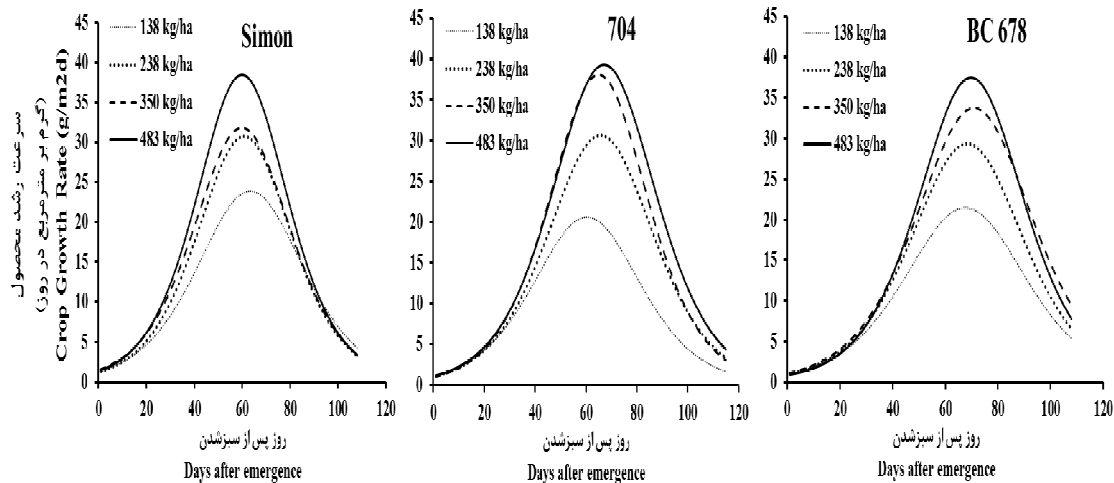
شکل 3- اثر کود نیتروژن بر روند جذب تشعشع در ارقام مختلف ذرت
Figure 3- Effect of nitrogen on absorbed radiation in different hybrids of maize

BC مشاهده گردید (شکل 4). رقم 704 به علت دوره رشد طولانی‌تر در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی از سرعت رشد محصول بیشتری برخوردار بود. هرچند که این تفاوت خیلی زیاد نبود. رحیمی مقدم و

سرعت رشد محصول
صرف نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن بالاترین و پایین‌ترین
حداکثر میزان سرعت رشد محصول به ترتیب در ارقام 704 و 678

اوره در هکتار سرعت رشد ارقام سیمون، 704 و BC 678 به ترتیب حدود 61، 90 و 74 درصد افزایش یافت (شکل 4).

همکاران (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2015) نیز گزارش کردند که از نظر سرعت رشد محصول بین ارقام ذرت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با افزایش کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم



شکل 4- اثر کود نیتروژن بر روند سرعت رشد محصول در ارقام مختلف ذرت
Figure 4- Effect of nitrogen on crop growth rate in different hybrids of maize

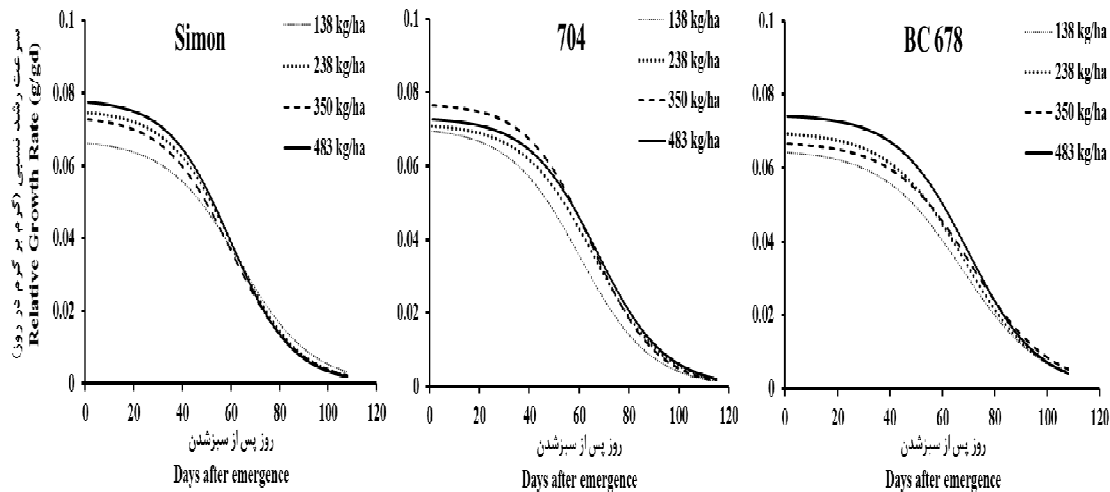
مختلف ذرت مشاهده نشد (شکل 5). حداکثر سرعت رشد نسبی ارقام سیمون، 704 و BC 678 با افزایش کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار به ترتیب با حدود 17، 4 و 15 درصد افزایش از 0/069، 0/066 و 0/064 گرم بر گرم در روز به 0/073، 0/078 و 0/074 گرم بر گرم در روز بهبود یافت (شکل 4). سرعت رشد نسبی محصول بیان‌کننده سرعت افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است. علت کاهش سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سن برگ‌ها (به‌ویژه برگ‌های پایین‌تر کانوپی)، سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و در نتیجه کاهش راندامان فتوسنتزی آنها و نیز افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی نداشته و در نتیجه باعث افزایش هزینه‌های تنفس نگهداری گیاه می‌شود، نسبت داد (Nassiri Mahallati *et al.*, 2015 b). به نظر می‌رسد افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و همچنین افزایش محتوی نیتروژن برگ‌ها و آنزیم رویسکو به‌ویژه تا اواسط مراحل نمو گیاه منجر به افزایش کارایی سیستم فتوسنتزی ذرت شد و از این طریق باعث بهبود سرعت رشد نسبی گردید. سرعت رشد نسبی بسته به تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل با افزایش سن برگ‌های پایین‌تر و نیز کاهش سرعت رشد محصول، مقدار آن در اواخر فصل رشد کاهش می‌یابد (Gulser, 2005). حسنوزمان و همکاران (Hasanuzzaman *et al.*, 2010) نیز با

امکان دارد با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن روند سرعت رشد محصول به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و جذب تشعشع خورشیدی و به دنبال آن بهبود میزان فتوسنتز روزانه ذرت به‌طور چشمگیری در ارقام مورد بررسی بهبود یافته باشد. همچنین با گذشت زمان، پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوسنتز خالص (افزایش میزان تنفس)، سرعت رشد محصول کاهش یافت. محققان دیگر نیز نشان دادند با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد و سطح برگ افزایش یافت که باعث بالارفتن ظرفیت فتوسنتزی شده و در نتیجه آن سرعت رشد محصول و تولید ماده خشک افزایش یافت (Gulser, 2005). حسنوزمان و همکاران (Hasanuzzaman *et al.*, 2010) نیز با کاربرد کود نیتروژن افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی برنج را گزارش کردند.

سرعت رشد نسبی

نتایج این مطالعه حاکی از روند تقریباً مشابه سرعت رشد نسبی برای تیمارهای مورد بررسی بود، به‌طوری‌که بیشترین سرعت رشد نسبی ذرت در اوایل فصل رشد به دلیل پایین بودن هزینه‌های تنفس نگهداری بوته‌ها به علت وزن خشک کم مشاهده شد و به تدریج با ادامه رشد و افزایش سن گیاه میزان سرعت رشد نسبی نیز به تدریج کاهش یافت (شکل 5). همچنین صرف‌نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن تفاوت چندانی در حداکثر میزان سرعت رشد نسبی ارقام

کاربرد کود نیتروژن افزایش معنی دار سرعت رشد نسبی برنج را گزارش کردند.

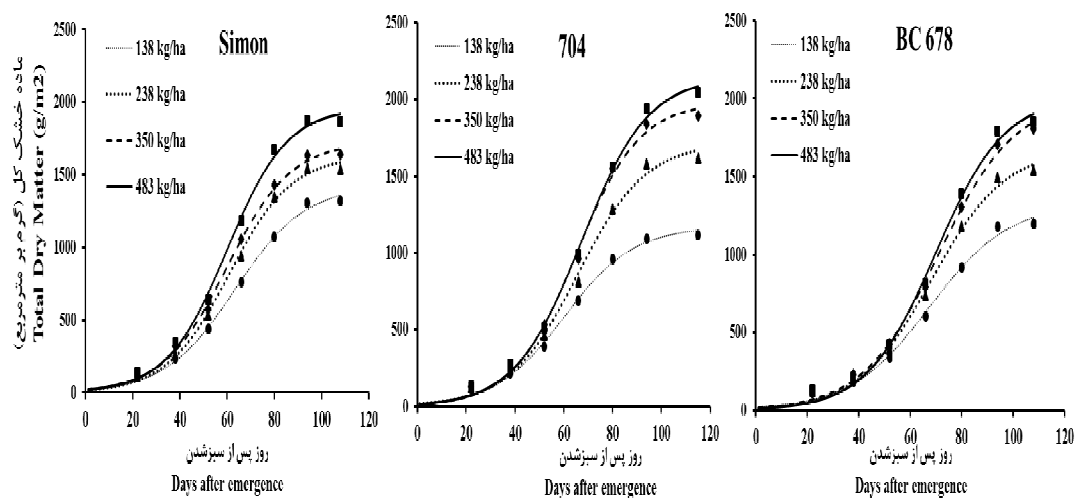


شکل 5- اثر کود نیتروژن بر روند سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف ذرت
Figure 5- Effect of nitrogen on relative growth rate in different hybrids of maize

برگ، میزان فتوسنتز کانوپی افزایش یافته و شیب منحنی تجمع ماده خشک کل شدت بیشتری به خود گرفت و بعد از آن در انتهای دوره رشد گیاه به علت پیری و ریزش برگ‌ها و همچنین سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی کانوپی و افزایش سرعت تنفس آنها وارد مرحله رشد ثابت گردید (Nassiri-Mahallati *et al.*, 2015 b).

ماده خشک کل

روند افزایش ماده خشک کل ذرت در کلیه تیمارهای آزمایش به صورت منحنی سیگموئیدی بود (شکل 6). در اوایل دوره رشد، تجمع ماده خشک کل به علت جذب نور و در نتیجه فتوسنتز و تولید ماده خشک کمتر، پایین بود اما به تدریج و پس از عبور از مرحله رشد نمایی با وارد شدن به مرحله رشد خطی به دلیل افزایش شاخ سطح



شکل 6- اثر کود نیتروژن بر روند تجمع ماده خشک کل در ارقام مختلف ذرت
Figure 6- Effect of nitrogen on total dry matter in different hybrids of maize

صرف نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن در انتهای دوره رشد بالاترین و پایین‌ترین میزان ماده خشک کل به ترتیب در ارقام 704 و BC 678 مشاهده گردید (شکل 6). با افزایش کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار ماده خشک کل ارقام سیمون، 704 و BC 678 به ترتیب حدود 42، 82 و 54 درصد بهبود یافت (شکل 6). همچنین بیشترین ماده خشک کل (2087 گرم در متر مربع) مربوط به رقم 704 در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین آن (1146 گرم در متر مربع) نیز در رقم 704 و شرایط مصرف 138 کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده گردید. تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. عدم دسترسی به منابع تکمیلی نیتروژن کافی در مراحل حساس رشد در سطح کاربرد 40 درصد نیتروژن، به دلیل رشد کمتر اندام هوایی منجر به تولید ماده فتوسنتزی کمتر و تجمع وزن خشک اندک گردید. با توجه به این که عوامل مؤثر بر رشد و تولیدات گیاه، میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آنها به ترکیبات فتوسنتزی است، افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش سرعت گسترش برگ‌ها، دوام سطح برگ و افزایش میزان جذب تشعشع شد که در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک کل گردید (Gulser, 2005; Banziger et al., 1994). مطالعات دیگر نیز نشان داد همراه با کاهش میزان نیتروژن، وزن برگ، ساقه و قسمت‌های زایشی مانند بلال، چوب بلال و دانه کاهش یافته که در نتیجه باعث کاهش عملکرد ماده خشک کل گیاه شده است (Pan et al., 1998). از سوی دیگر وجود نیتروژن باعث تداوم بقای سطح برگ می‌شود، با افزایش دوام سطح برگ، مدت و میزان فتوسنتز برگ نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند (Zebbarth and Sheard, 1992). تفاوت ماده خشک کل تولیدی در ارقام مختلف توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Rahimi-Moghaddam et al., 2015; Gardner et al., 1990; Kaur et al., 2012).

کارایی مصرف تشعشع

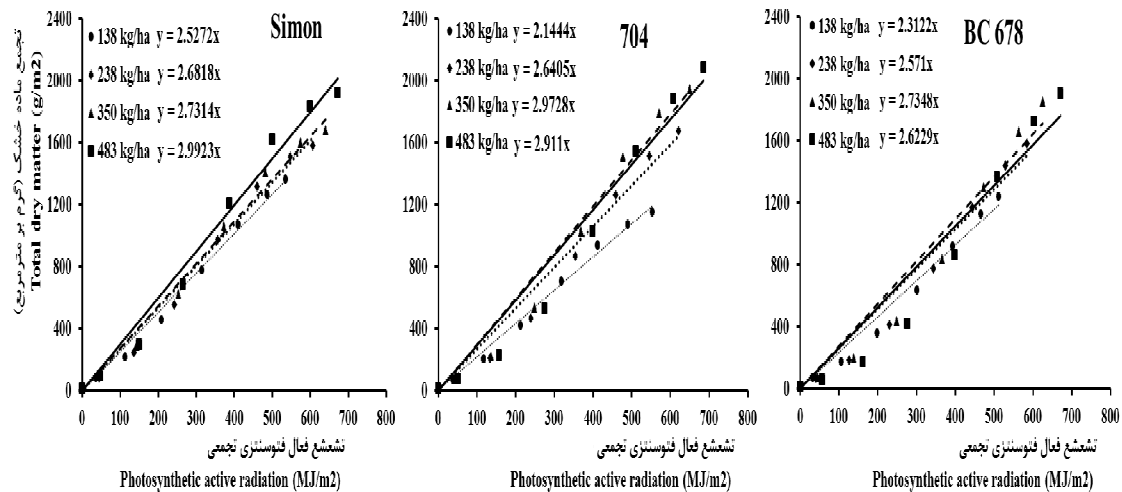
نتایج این بررسی نشان داد که اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر رقم و برهمکنش نیتروژن و رقم غیر معنی‌دار بود (جدول 2). کارایی مصرف تشعشع ارقام ذرت با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 238، 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار، به ترتیب با حدود 13، 21 و 22 درصد افزایش از 2/33 به 2/63، 2/81 و 2/84 گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی بهبود یافت (شکل 7). به نظر می‌رسد افزایش

میزان کاربرد کود نیتروژن از طریق بهبود میزان و سرعت فتوسنتز باعث بهبود سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک کل ذرت گردید و از این طریق کارایی مصرف تشعشع را افزایش داد. از طرفی برای دستیابی به یک عملکرد مطلوب نیاز به توسعه سریع کانوپی، دستیابی سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ و همچنین دوام سطح برگ بالاتر برای حداکثر جذب نور و تکمیل رشد در زمان مطلوب است. همانطور که ملاحظه گردید کود نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ گردید که همین عامل باعث جذب حداکثر نور گردید که در نهایت باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع ذرت شد. هر چند به نظر می‌رسد سهم افزایش فتوسنتز گیاه در مقایسه با جذب تشعشع بر بهبود کارایی مصرف تشعشع ذرت بیشتر بود. عده‌ای دیگر از پژوهشگران نیز بیان کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان تشعشع جذب شده در لایه‌های بالایی کانوپی افزایش یافت (Sakamoto et al., 1967; Hatfield and Carlson, 1978). کور و همکاران (Kaur et al., 2012) نیز گزارش کردند که با مصرف 25 و 50 درصد نیتروژن بالاتر از میزان توصیه شده، صفات اکوفیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، تشعشع فعال فتوسنتزی و کارایی مصرف تشعشع به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین گزارش شده است که پارامترهای مانند شاخص سطح برگ، طول عمر برگ‌ها و استفاده مؤثر از نور تابشی در ذرت توسط نیتروژن افزایش یافت (Muchow and Davis, 1988). نتایج این بررسی همچنین نشان داد که ارقام ذرت از نظر کارایی مصرف تشعشع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و در کلیه ارقام با افزایش مصرف کود نیتروژن کارایی مصرف تشعشع تقریباً با یک روند ثابت افزایش یافت که نشان از غیر معنی‌داری اثرات متقابل داشت (شکل 7).

بررسی همبستگی بین کارایی مصرف تشعشع و صفات شاخص‌های رشد ذرت نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف تشعشع و حداکثر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، حداکثر جذب تشعشع، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر سرعت رشد نسبی و حداکثر ماده خشک کل وجود داشت (جدول 3). این بدین معنی است که اثر تیمارها بر این صفات یکسان بوده است. به عبارت دیگر، کود نیتروژن اثر مثبت و یکسانی بر شاخص‌های رشد و کارایی مصرف تشعشع ارقام ذرت داشته و تمامی این صفات را افزایش داده است. کود نیتروژن باعث افزایش سطح برگ و دوام سطح برگ ارقام ذرت شده و همراه با افزایش این ویژگی‌ها، جذب تشعشع افزایش یافته است که این عامل باعث به وجود آمدن همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص سطح برگ (**0/98) و دوام سطح برگ (*0/84) با جذب تشعشع شده است (جدول 3). وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین جذب تشعشع و سرعت رشد محصول

کارایی مصرف تشعشع و ماده خشک کل و سرعت رشد محصول این موضوع را توجیه می‌کند. کور و همکاران (Kaur et al., 2012) نیز با بررسی اثر کود نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع ارقام ذرت در هند گزارش کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف تشعشع و شاخص سطح برگ وجود داشت.

(0/98**) و ماده خشک کل (0/97**) بیانگر این مطلب است که هرچه گیاه تشعشع بیشتری جذب کند، از سرعت رشد و ماده خشک بیشتری نیز برخوردار است (جدول 3). در نهایت تیمارهایی که دارای سرعت رشد محصول و ماده خشک بیشتری بودند، از کارایی مصرف تشعشع بالاتری نیز برخوردار بودند. وجود همبستگی 91 درصدی بین



شکل 7- اثر کود نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع ارقام مختلف ذرت

Figure 7- Effect of nitrogen on radiation use efficiency of different hybrids of maize

جدول 3- ضرایب همبستگی ساده بین صفات کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام ذرت تحت سطوح مختلف کود نیتروژن
Table 3 - Correlation coefficient between yield, radiation use efficiency and growth indices of maize hybrids under various levels of nitrogen fertilizer

صفات Traits	(1) عملکرد دانه Grain Yield	(2) کارایی مصرف تشعشع RUE	(3) حداکثر شاخص سطح برگ LAI _{MAX}	(4) حداکثر جذب تشعشع Radiation Absorbed _{MAX}	(5) حداکثر ماده خشک کل TDM _{MAX}	(6) حداکثر سرعت رشد محصول CGR _{MAX}	(7) حداکثر سرعت رشد نسبی RGR _{MAX}	(8) دوام سطح برگ LAD
(2)	0.87**							
(3)	0.84**	0.87**						
(4)	0.87**	0.88**	0.98**					
(5)	0.79**	0.91**	0.95**	0.97**				
(6)	0.83**	0.91**	0.96**	0.98**	0.99**			
(7)	0.78**	0.69*	0.74**	0.76**	0.65*	0.75**		
(8)	0.58**	0.79*	0.56 ^{ns}	0.84*	0.73*	0.66*	0.58 ^{ns}	

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال 5 و 1 درصد را نشان می‌دهند
ns, * and **: show no significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively

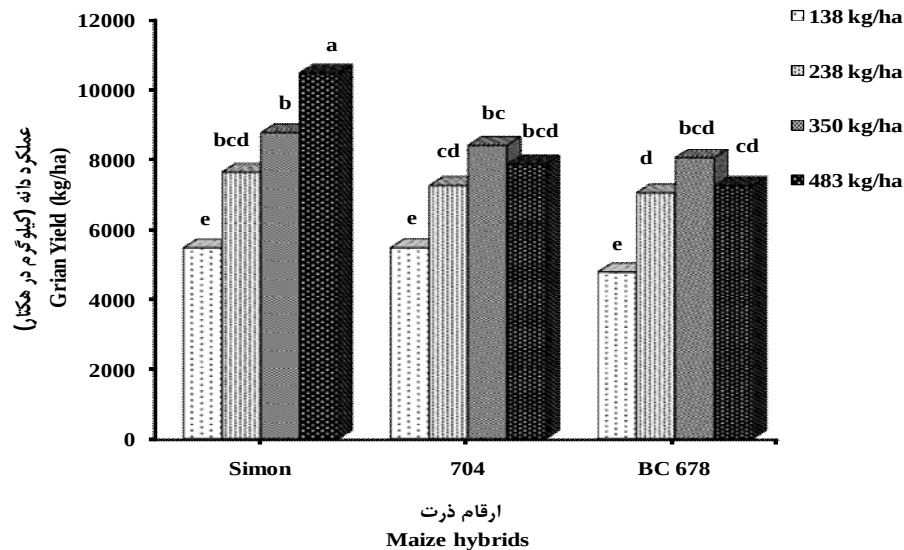
ارقام نسبت به کود نیتروژن باعث معنی‌دار شدن برهمکنش شد، به‌طوری‌که در تیمار 483 کیلوگرم اوره در هکتار، رقم سیمون با 10467/5 کیلوگرم در هکتار نسبت به دو رقم دیگر از عملکرد دانه

عملکرد دانه

اثر نیتروژن و رقم در سطح یک درصد و برهمکنش آنها در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 2). واکنش متفاوت

میزان نیتروژن بیشتری نیاز داشت. دهقان پور (Dehghanpoor, 2014) علت بالاتر بودن عملکرد دانه رقم سیمون را مقاومت به خوابیدگی بوته، تحمل نسبتاً مناسب به تنش‌های محیطی به‌ویژه شوری و خشکی انتهای فصل، مقاوم به بیماری سیاهک و سازگاری بهتر با شرایط آب و هوایی استان کرمانشاه گزارش کرد.

بیشتری برخوردار بود، ولی در سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (شکل 8). به عبارت دیگر رقم سیمون در تیمار 438 کیلوگرم اوره در هکتار و ارقام 704 و BC 678 در تیمار 350 کیلوگرم اوره در هکتار دارای بالاترین عملکرد دانه بودند. این موضوع نشان می‌دهد که رقم سیمون برای دست یافتن به حداکثر عملکرد دانه، علی‌رغم میزان کود توصیه شده برای ارقام بررسی، به



شکل 8- برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن و ارقام ذرت بر عملکرد دانه

Figure 8- The interaction between different levels of nitrogen fertilizer and maize hybrids for grain yield

ذرت شد (Abdian et al., 2010; Kamara et al., 2003).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش میزان مصرف نیتروژن به‌طور معنی‌داری باعث افزایش شاخص سطح برگ، کارایی مصرف تشعشع، عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه در ارقام مختلف ذرت شد. برای دستیابی به یک عملکرد مطلوب نیاز به توسعه سریع کانوپی، دستیابی سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای جذب حداکثر تشعشع و تکمیل رشد در زمان مطلوب است. کود نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید که همین عامل باعث جذب حداکثر نور گردید که در نهایت باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع شد. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که ارقام ذرت از نظر کارایی مصرف تشعشع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. رقم سیمون در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار از حدود 10467 کیلوگرم عملکرد دانه در هکتار و ارقام 704 و BC 678 در شرایط مصرف 350 کیلوگرم اوره در هکتار به‌ترتیب از حدود 8402 و 8030 کیلوگرم عملکرد دانه در هکتار برخوردار بودند. بنابراین، علی‌رغم میزان کود توصیه شده برای ارقام بررسی رقم سیمون برای رسیدن به حداکثر

نعمتی و همکاران (Nemati et al., 2008) با آزمایش سطوح 0، 75، 150 و 225 کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند که حداکثر عملکرد دانه به میزان 9537 کیلوگرم در هکتار در سطح کودی 150 کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. عدالت و همکاران (Edalat et al., 2008) نیز دریافتند با افزایش مصرف نیتروژن از 0 تا 150 کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه ذرت افزایش یافت، ولی با افزایش مصرف نیتروژن از 150 به 225 کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در عملکرد وجود نداشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مصرف بیش از 150 کیلوگرم نیتروژن عملاً هیچ‌گونه تاثیری بر بهبود عملکرد ذرت نداشت. عملکرد دانه با تمامی صفات رشد و کارایی مصرف تشعشع همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول 3). بیشترین همبستگی عملکرد دانه با کارایی مصرف تشعشع و حداکثر جذب نور ($0/87^{**}$) مشاهده گردید. به نظر می‌رسد مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن از طریق بهبود ویژگی‌هایی نظیر شاخص سطح برگ، جذب تشعشع و سرعت رشد محصول باعث افزایش میزان تجمع ماده خشک کل و همچنین تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت اندام‌های ذخیره‌ای گیاه شد که این موضوع سبب بهبود عملکرد دانه

زیرزمینی خواهد شد. بنابراین لازم است در کنار کشت ارقام جدیدتر برای جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی در کنار مصرف اصولی کود نیتروژن بر اساس نیاز گیاه، از روش‌های مدیریت تلفیقی نظیر مصرف کودهای آلی و در تناوب قرار دادن گیاهان خانواده لگومینوزه که باعث افزایش هرچه بیشتر کارایی استفاده از منابع می‌شود، استفاده گردد.

عملکرد نیاز به کود نیتروژن بیشتری داشت. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که دشت کرمانشاه از پتانسیل لازم برای تولید ذرت برخوردار بود، با این حال جهت دستیابی به عملکرد بالاتر بهتر است ارقام جدیدتری همچون سیمون در منطقه کشت شود. اما بایستی خاطر نشان کرد که علی‌رغم تأثیری که مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت داشت، با این حال استفاده نامطلوب از آن منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی ذخایر آب‌های سطحی و

References

1. Abdian, A., RahimzadeKhoei, F., AnvariSavojbolagh, K., and Rahimzada, S. 2010. Evaluation of yield and yield components of early maturing maize in the second cropping. 11th Agronomy and Crop Breeding Congress. Tehran's Shahid Beheshti University, Iran. (in Persian with English abstract).
2. Aggerrey, B. N., Shittenhelm, S., Mix-Wagnar, G., and Micheal-Greef, J. 2004. Yield and canopy development of field grown potato plant derived from synthetic seeds. *European Journal of Agronomy* 22: 175-184.
3. Akmal, M., and Janssens. M. J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crop Research* 88: 143-155.
4. Ather Nadeem, M., Iqbal, Z., Ayub, M., Mubeen, K., and Ibrahim, M. 2009. Effect of Nitrogen Application on Forage Yield and Quality of Maize Sown Alone and in Mixture with Legumes. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 7: 161-167.
5. Awal, M. A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 139: 74-83.
6. Ayub, M., Nadeem, M. A., and Tanveer, A. 2003. Influence of different nitrogen levels and harvesting times on dry matter yield and quality off odder maize. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 1: 59-61.
7. Banziger, M., Feil, B., and Stamp, P. 1994. Competition between nitrogen accumulative and grain growth for carbohydrates during grain filling of wheat. *Crop Science* 34: 440-446.
8. Beheshti, A. R., and Behboodifard, B. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. *Australian Journal of Crop Science* 4: 185-189.
9. Das, P. C. 2004. Plant nutrients in manures and fertilizers. Second Ed. Kalyani publisher, New Delhi, India.
10. Dehghanpoor, Z. 2014. Technical instructions planting and harvesting of corn (grain and forage). Agricultural Training Press.
11. Edalat, M., Kazemini, A., and Ghadiri, H. 2008. Effect of irrigation regimes and nitrogen fertilizer on maize grain yield and yield components. 11th Iranian Plant Breeding and Agronomy Congress. Karaj. Iran. (in Persian with English abstract).
12. Gardner, F., Valle, P. R., and Mccloud, D. E. 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agronomy Journal* 82: 864-866.
13. Goudriaan, J., and Van Laar, H. H. 1993. Modeling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press.
14. Gulser, F. 2005. Effect of ammonium sulphate and urea on NO₃ and NO₂ accumulation nutrient contents and yield criteria in spinach. *Scientia Horticulture* 106: 330-340.
15. Hasanuzzaman, M., Ahamed, K. U., Rahmatullah, N. M., Akhter, N., Nahar, K., and Rahman, M. L. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 22: 46-58.
16. Hatfield, J. L., and Carlson, R. E. 1978. Photosynthetically active radiation. CO₂ uptake, and stomata diffusive resistance profiles within soybean canopies. *Agronomy Journal* 10: 592-596.
17. Iqbal, A., Ayub, M., Zaman, H., and Ahmad, R. 2006. Impact of nutrient management and legumes association on agro qualitative traits of maize forage. *Pakistan Journal of Botany* 38: 1079-1084.
18. Jones, C. A., and Kiniry, J. R. 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas: Texas A&M University Press.
19. Kamara, A. Y., Menkir, A., Badu-Apraku, B., and Ibikunle, O. 2003. Reproductive and stay-green trait responses of maize hybrids, improved open-pollinated cultivars and farmers' local cultivars to terminal drought stress. *Journal of Maydica* 48: 29-37.
20. Karimi, M. M., and Siddique, H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat

- cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.
21. Keshavarz, L., Farahbakhsh, H., and Golkar, P. 2013. Effect of Hydrogel and Irrigation Regimes on Chlorophyll Content, Nitrogen and Some Growth Indices and Yield of Forage Millet (*Pennisetum glaucum* L.). Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology 9 (3): 147-161.
 22. Kaur, A., Bedi, S., Gill, G. K., and Kumar, M. 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, Crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L.) genotypes. Maydica electronic publication 57: 75-82.
 23. Kiniry, J. R., Tischler, C. R., and van Esbroeck, G. A. 1999. Radiation use efficiency and leaf CO₂ exchange for diverse C₄ grasses. Biomass and Bioenergy 17: 95-112.
 24. Koocheki, A., Soltani, A., and Azizi, M. 2003. Physiological Plant Ecology. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. (in Persian).
 25. Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 1999. Physiology of crop plants. Second edition. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. (in Persian).
 26. Malekooti, M., and Nafisi, M. 1994. Application of fertilizer in farm lands. Second edition. Tarbiat Modarres University Press. (in Persian).
 27. Manrique, L. A., Kiniry, J. R., Hodges, T., and Axness, S. 1991. Dry matter production and radiation interception of potato. Crop Science 31: 1044-1049.
 28. MJA. 2014. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Iran annual agricultural statistics; www.maj.ir.
 29. Montemurro, F., Maiorana, M., Ferri, D., and Conuettini, G. 2006. Nitrogen indicators uptake and utilization efficiency in a maize and barely rotation at different levels and sources of N fertilization. Field Crop Research 99: 114-124.
 30. Muchow, R. C., and Davis, R. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. Field Crops Research 18: 17-30.
 31. Nassiri Mahallati, M., Koocheki A., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, Sh. 2015a. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 106: 343-350.
 32. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Amirmoradi, Sh., and Feizi, H. 2015b. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth indices in strip intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 14-21. (in Persian with English abstract).
 33. Nassiri Mahallati, M. 2008. Crop production ecology. PP 362-387 in A. Koocheki and M. Khajeh Hosseini eds. Modern agronomy. Jahad Daneshgahi Mashhad Publications, Mashhad. (in Persian).
 34. Nemati, A., Sadeghi, M., Seyed Sharifi, R., Seyedi, N., Molaei, P., Hozoori, A., and Habib, Gh. 2008. Effect of nitrogen fertilizer at different planting dates on yield and yield components of maize (Var. 404) in Ardebil. 10th Iranian Plant Breeding and Agronomy Congress. Karaj. Iran. (in Persian with English abstract).
 35. Noormohammadi, G. H., Siadat, A., and Kashani, A. 2005. Agronomy cereal. Ahvaz Shahid Chamran University. Ahvaz, Iran. (in Persian).
 36. 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: 111-124.
 37. Pan, W. L., Kamprath, E. L., Moll, R. H., and Jackson, W. A. 1998. Prolificacy in corn. Its effects on nitrate and ammonium uptake and utilization. Soil Science American Journal 48: 460-462.
 38. Rahimi-Moghaddam, S., Deihimfard, R., Soufizadeh, S., Kambouzia, J., Nazariyan-Firuzabadi, F., and Eyni-Nargeseh, H. 2015. Impact of the sowing date on grain yield, yield components and physiological growth indices of six grain maize cultivars in Iran. Journal of Agroecology 5: 72-83. (in Persian with English abstract).
 39. Sakamoto, C. M., and Shaw, R. H. 1967. Apparent photosynthesis in field soybean communities. Agronomy Journal 59: 73-75.
 40. Sepehr, E., Malakouti, M. J., and Nougolipour, F. 2008. Evaluation of phosphorus efficiency in Iranian cereal in a deficient calcareous soil. Euro soil 2008 International Conference (Soil- Society-Environment. Book of abstracts: Pp. 182 in W. E. H. for daily light partitioning in multispecies canopies. Agricultural Forest and Meteorology 101: 251-263.
 41. Shivay, Y. S., Mad, P., and Pal, M. 2002. Productivity and economics of maize as influenced by intercropping with legumes and nitrogen levels. Indian Journal of Plant Physiology 7: 26-130.
 42. Sinclair, T. R., and Muchow, R. C. 1999. Radiation use efficiency. Advances in Agronomy 65: 215-265.
 43. Smiciklas, J., and Below, F. E. 1999. Role of nitrogen form in determining yield of field grown maize. Crop Science 32: 1220-1225.

44. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit condition in a semi-arid environment. *Agronomy Journal* 25: 60-70.
45. Zebarth, B. J., and Sheard, R. W. 1992. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization application on yield and quality of hard red winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 13-19.



The effect of Nitrogen on Radiation Use Efficiency and Growth indices of Maize Hybrids (*Zea mays* L.) under Kermanshah Condition

M. Ahmadi¹ - F. Mondani^{2*} - M. Khorramivafa² - Gh. Mohammadi³ - A. Shirkhani⁴

Received: 18-07-2016

Accepted: 23-01-2017

Introduction

Dry matter produced by crops is a function of absorbed radiation and radiation use efficiency. Radiation use efficiency is an effective approach to quantify total dry matter accumulation. It is defined as biomass produced by plant for solar radiation absorbed during growing season. Radiation use efficiency is often calculated from the linear regression slope between total dry matter accumulation and cumulative solar radiation absorbed. It is affected by species, weather conditions, crop management, plant development stages, and the production of photosynthesis compounds. Among the factors of agronomic management, nitrogen fertilizer and crop species are the most important aspects that affect the radiation use efficiency. Therefore, by considering the fact that Kermanshah province has favorable condition in terms of more natural resources such as solar radiation, the aims of the present study were evaluation of nitrogen effect on radiation use efficiency, growth indices and yield of some current maize hybrids.

Materials and Methods

A split plot experiment was done based on randomized complete block design with 4 replications at 2014. Treatments were 4 levels of nitrogen fertilizer application (40%, 70%, 100% and 140% of the maize demand to nitrogen which based on the amount recommended by soil experiment equivalent to 138, 238, 350 and 483 kg.ha⁻¹ of urea) as main plots and 3 maize hybrids KSC-704, BC-678 and Simon as sub plots. Leaf area index and total dry matter yield measured during growing season. Crop growth rate and relative growth ratio calculated by differentiation from fitted equation on total dry matter yield data. In order to calculate radiation use efficiency, sunny hours for Kermanshah latitude obtained from the nearest weather station. Daily solar radiation simulated by the method cited by Goudriaan and Van Laar (1993) for growing season. The absorbed radiation in each stage obtained through the multiplication simulated daily solar radiation in percent of absorbed radiation. The amount of cumulative absorbed radiation calculated through the multiplication simulated daily radiation in integral of absorbed photosynthetically active radiation fraction. Finally, radiation use efficiency calculated through the slope of linear regression between dry matter accumulation and cumulative absorbed photosynthetically active radiation. Also, grain yield measured for each treatment separately in the physiological maturity time.

Results and Discussion

The results showed that maximum and minimum of leaf area index, leaf area duration, crop growth rate and total dry matter yield were observed in KSC-704 and BC-678 hybrids, respectively. Also in all 3 hybrids, maximum leaf area index, leaf area duration, radiation absorption, crop growth rate, relative growth ratio and total dry matter yield improved by increasing of nitrogen fertilizer application from 138 to 483 kg.ha⁻¹ of urea. The highest total dry matter yield (20450 kg ha⁻¹) was related to 704 hybrid and consumption of 483 kg ha⁻¹ of urea. Simon hybrid had higher grain yield than other hybrids at 483 kg.ha⁻¹ of urea condition (10467 kg ha⁻¹). Radiation use efficiency was not significantly different among maize hybrids. Regardless maize hybrids, by

1- MSc. Student of Agroecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Assistant Professor in Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

3- Associate Professor in Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

4- Crop and Horticulture Research Department, Kermanshah Agricultural Resources Research and Education Center (AREEO), Iran

(*- Corresponding Author Email: f.mondani@razi.ac.ir)

increasing of nitrogen fertilizer application from 138 to 238, 350 and 483 kg ha⁻¹ of urea, radiation use efficiency improved from 2.33 to 2.63, 2.81 and 2.84 g MJ⁻¹ (about 13%, 21% and 22%), respectively. Our results also indicated that there was a positive and significant correlation between radiation use efficiency and maximum leaf area index, maximum radiation absorption, maximum crop growth rate, maximum relative growth ratio, and maximum total dry matter. The positive correlation between radiation absorption with crop growth rate (0.98) and total dry matter (0.97) demonstrated more radiation absorbed lead to more crop growth rate subsequently higher total dry matter production by maize hybrids. Nitrogen fertilizer also improved total dry matter yield (58%) and grain yield (63%).

Conclusions

The results indicated that despite effects of nitrogen fertilizer application on maize grain yield, but unfavorable application of nitrogen would be led to intensify environmental pollution. Therefore, consumption of nitrogen fertilizer based on plant demand leads to increase resources use efficiency and reduce environmental risks.

Keywords: Crop growth rate, Grain yield, Radiation absorption, Radiation use efficiency, Relative growth



روند توسعه سطح برگ، تجمع ماده خشک و پر شدن دانه باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تأثیر تاریخ کاشت و اندازه بذر

صفورا جافرنوده¹ - ابراهیم زینلی^{2*} - افشین سلطانی³ - فاطمه شیخ⁴

تاریخ دریافت: 1395/05/13

تاریخ پذیرش: 1395/10/05

چکیده

شاخص سطح برگ و ماده خشک رابطه تنگاتنگی با عملکرد دانه دارند. به منظور بررسی تأثیر اندازه بذر در تاریخ‌های مختلف کاشت بر روند توسعه سطح برگ، تجمع ماده خشک و پر شدن دانه باقلا، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به صورت کرت‌های خرد شده در چهار تکرار در سال زراعی 1392-93 در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به اجرا درآمد. تاریخ کاشت (18 آبان، 28 آذر، 22 بهمن و 20 اسفند) به عنوان عامل اصلی و اندازه بذر (ریز، متوسط، درشت) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری سطح برگ در طول فصل رشد با فواصل زمانی یک هفته با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج انجام شد. نتایج نشان داد که بین اندازه بذر و تاریخ کاشت برای حداکثر شاخص سطح برگ (LAI_{max})، عملکرد ماده خشک (BY) و عملکرد دانه (GY) اثر معنی‌داری وجود دارد. LAI_{max} بین 0/75 و 5/3 BY، 2/56 و 12/05 تن در هکتار و GY بین 0/43 و 5/20 تن در هکتار متغیر بود. کم‌ترین مقادیر در مورد هر سه صفت یاد شده از ترکیب تیمارهای آخرین تاریخ کاشت و بذر ریز به دست آمد. بیش‌ترین LAI_{max} در تاریخ کاشت اول و بذر درشت، و بیش‌ترین BY و GY در اولین تاریخ کاشت و استفاده از بذر متوسط و درشت مشاهده شد. زمان لازم برای رسیدن به LAI_{max} و 50 درصد تجمع ماده خشک (W_{max}) و همچنین طول دوره پر شدن دانه (SFP) با تأخیر در کاشت به طور قابل توجهی کاهش یافت به طوری که از 80 روز در تاریخ کاشت آبان به 33 روز در تاریخ کاشت اسفند رسید. همچنین، در شرایط محیطی انجام آزمایش بین اندازه بذرهای مورد استفاده برای کاشت و حداکثر شاخص سطح برگ و همچنین حداکثر ماده خشک تجمعی و حداکثر ماده خشک تجمع یافته در دانه (عملکرد دانه) در واحد سطح همبستگی مثبتی مشاهده شد. با این حال، با توجه به تأثیر شرایط محیطی بر نتایج، تکرار آزمایش به مدت سه سال پیش از توصیه نتیجه یاد شده به تولیدکنندگان ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: حداکثر شاخص سطح برگ، سرعت پر شدن دانه، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، مدت پر شدن دانه

مقدمه

برگ‌های یک گیاه اندام‌های اصلی آن برای فتوسنتز هستند و

شاخص سطح برگ (LAI) بهترین معیار برای تعیین پتانسیل تولید ماده خشک در یک گیاه زراعی است (Akram Ghaderi et al., 2003). شاخص سطح برگ تعیین‌کننده اصلی میزان نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی و کف کانوپی است (Carretero et al., 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تأخیر در تاریخ کاشت نسبت به زمان مطلوب موجب کاهش LAI ، دوام سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان فتوسنتز خالص می‌شود (Bange et al., 1998; Salem and Osman, 2001). نتایج بسیاری از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که وجود سطح برگ بیش‌تر در مراحل زایشی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Jian Jin et al., 2010). بین سطح برگ، عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه همبستگی بالایی وجود دارد (Karamanos and Gimenez, 1991). با تأخیر در کاشت، به دلیل مواجهه سریع‌تر

- 1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- 2- دانشیار و عضو هیأت علمی گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- 3- استاد و عضو هیأت علمی گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- 4- استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران (Email: e.zeinali@yahoo.com)

(* - نویسنده مسئول)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.57938

انجام شد وزن هزار دانه بر طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین، بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه مربوط به بذره‌ای دارای حداکثر وزن هزاردانه (درشت‌ترین بذرها) و کم‌ترین مقدار مربوط به کوچک‌ترین بذرها بود. در یونجه، بذره‌ای درشت در مقایسه با بذره‌ای ریزتر ماده خشک بیش‌تری تولید کردند (Ariapour and Torknezhad, 2011). در تحقیق مزیدی (Mazidi, 2014) نیز بوته‌های حاصل از بذره‌ای درشت باقلا بزرگ‌تر بوده و ماده خشک بیش‌تری تولید کردند.

سرعت و دوره پر شدن دانه از صفات مؤثر بر عملکرد دانه هستند که تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Rahemi Karizaki, 2011). فرآیند پر شدن دانه شامل سه مرحله می‌باشد. در ابتدا وزن خشک دانه به‌آرامی و در یک مرحله تأخیری افزایش می‌یابد. سپس، مرحله خطی پر شدن دانه شروع می‌شود. طی این مرحله حدود 90 درصد از وزن خشک دانه تجمع می‌یابد. این مرحله را دوره مؤثر پر شدن دانه نیز می‌گویند. در مرحله سوم که دوره رسیدگی نامیده می‌شود ماده خشک دانه افزایش قابل توجهی پیدا نمی‌کند و در پایان این مرحله ارتباط گیاه مادری با دانه قطع می‌شود (Kafi et al., 2001; Beebe et al., 2001).

تنش گرما سرعت پر شدن دانه را تسریع و طول دوره پر شدن دانه را کوتاه می‌کند (Muhammad et al., 2011). در مقابل، ویسواناتان و خاناکوپرا (Viswanathan and Khanna-Chopra, 2001) طی آزمایش خود به این نتیجه رسیدند که هم سرعت و هم دوره پر شدن دانه با تنش گرما کاهش می‌یابد. در تحقیق راحمی‌کاریزی و فروغی (Rahemi Karizaki and Foroughi, 2016) دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت 13 آبان 45/06 و در تاریخ کاشت 13 آذر 33/81 و در 13 دی 22/93 روز بود و با تأخیر در کاشت از 13 آبان تا 13 دی دوره پر شدن دانه به میزان 8/53 روز کاهش یافت و منجر به کاهش وزن دانه به میزان 0/27 میلی‌گرم گردید. ایشان دلیل کاهش دوره پر شدن دانه را افزایش دما و طول روز بیان کرد. در آزمایش نامبردگان سرعت پر شدن دانه باقلا (Vicia faba L. در سه تاریخ کاشت 13 آبان، 13 آذر و 13 دی به‌ترتیب 0/12، 0/24 و 0/22 بود که بین تاریخ کاشت 13 آذر و 13 دی تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (Rahemi Karizaki and Foroughi, 2016). تنوع سرعت درون و بین گونه‌های رابطه نزدیکی با تنوع در اندازه بذر دارد و به‌طور کلی بذور درشت سریع‌تر و بذور ریز کندتر رشد می‌کنند (Kafi et al., 2001). به‌طور مثال سرعت پر شدن دانه باقلا با وزن دانه 2/01 گرم برابر 0/035 گرم در روز و برای لوبیا با وزن دانه 0/48 گرم 0/003 بود (Kafi et al., 2001).

افزایش شاخص سطح برگ با فتوسنتز بیش‌تر منجر به افزایش تولید ماده خشک می‌شود. ماده خشک بر عملکرد دانه مؤثر است زیرا

گیاه با روزهای بلندتر و دماهای بالاتر، سطح برگ تولید شده کاهش می‌یابد، در زمان کوتاه‌تری به حداکثر شاخص سطح برگ (LAI_{max}) می‌رسد و با سرعت بیش‌تری نیز کاهش می‌یابد. در بررسی زینلی و همکاران (Zeinali et al., 2014) حداکثر شاخص سطح برگ در هر دو تاریخ کاشت 24 آبان و 2 دی حدود اول اردیبهشت (159 روز پس از کاشت 24 آبان و 130 روز پس از کاشت در تاریخ کاشت 2 دی) مشاهده شد و با تأخیر در کاشت حداکثر شاخص سطح برگ کاهش یافت. در آزمایش آن‌ها، حداکثر شاخص سطح برگ در فواصل بین ردیف 30، 45 و 60 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان به‌ترتیب 4/8، 3/7 و 3/0 و در تاریخ کاشت 2 دی به‌ترتیب 2/7، 2/0 و 1/8 بود.

با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، مراحل مختلف رشد گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق می‌شود و استفاده از عوامل محیطی برای رشد و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش می‌یابد. مقدار ماده خشک تولید شده معیاری از پتانسیل عملکرد می‌باشد و به‌شدت تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار می‌گیرد. در کشت‌های زود هنگام به‌دلیل طولانی بودن فصل رشد و استفاده بیش‌تر از شرایط محیطی تجمع ماده خشک در بوته افزایش می‌یابد (Hashemabadi and Sedaghatthoor, 2006) و تأخیر در کاشت موجب کاهش تولید ماده خشک می‌شود. لیموچی و همکاران (Limoochi et al., 2013) اثر تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشد و عملکرد برنج را در شمال خوزستان مورد مطالعه قرار دادند. روند تغییرات ماده خشک در بررسی ایشان نشان داد که افزایش ماده خشک گیاه در واحد زمان از آغاز مرحله ظهور خوشه تا رسیدگی از تابع سیگموئیدی پیروی می‌کند. افزایش ماده خشک در ابتدای رشد به‌صورت نمایی بود و سپس به‌صورت خطی ادامه یافت و در مراحل پایانی فصل رشد به‌دلیل ریزش برگ‌ها کاهش یافت. روند تغییرات تجمع ماده خشک در مطالعه آن‌ها تا 109 روز پس از کاشت بیش‌ترین تغییر در ماده خشک را نشان داد، پس از آن تا 121 روز پس از کاشت (دوره پر شدن دانه) شیب افزایش ماده خشک ملایم‌تر شد. در مطالعه پوررضا و همکاران (Pourreza et al., 2007) نیز اثر زمان کاشت بر عملکرد ماده خشک نخود خشک ایرانی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بسیار معنی‌دار بوده و تجمع ماده خشک با تأخیر در تاریخ کاشت به‌طور قابل توجهی کاهش یافت.

اندازه بذر با میزان ذخایر غذایی آن رابطه مثبت دارد و با افزایش اندازه بذر اندازه گیاهچه حاصله بزرگ‌تر می‌شود که به‌نوبه خود می‌تواند به تولید بوته‌های بزرگ‌تر منتهی شود. در تحقیقات موسوی‌نیک و همکاران (Moussavi Nik et al., 2011) در تمام ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) مورد آزمایش، بوته‌های حاصل از بذره‌ای درشت در مقایسه با بوته‌های حاصل از بذره‌ای ریزتر ماده خشک بیش‌تری تولید کردند. در آزمون رشد گیاهچه که توسط مشتطی و همکاران (Moshatati et al., 2009)

معادله (1) $LAI = PLA \times DEN / 10000$
 LAI شاخص سطح برگ، PLA متوسط سطح برگ هر بوته (سانتی مترمربع در بوته) و DEN تراکم واقعی بوته در متر مربع می باشد. جهت اندازه گیری وزن خشک، نمونه ها به مدت 48 ساعت در آون با دمای 75 درجه سانتی گراد قرار گرفتند و سپس توزین شدند. برای توصیف سطح برگ، مدل لجستیک (معادله 2) مورد استفاده قرار گرفت (Arabameri, 2005; Rahemkarizaki, 2008):

$$Y = ((a * \exp((-a) * (x - b)) * c) / ((1 + \exp((-a) * (x - b)))^2) \quad (2)$$

a یک ضریب ثابت می باشد و میزان چرخش منحنی را نشان می دهد، b زمان پس از کاشت است که در آن LAI_{max} حادث می شود و c یک ضریب ثابت می باشد. پس از برازش این مدل متغیرهای مرتبط با پویایی شاخص سطح برگ مثل LAI_{max} با حل عددی به دست آمد (Ghadiry et al., 2011).

برای توصیف روند ماده خشک تجمعی و پرشدن دانه از مدل لجستیک (معادله 3) استفاده شد (Yin et al., 2003).

$$Y = W_{max} / (1 + \exp(-k * (x - t_m))) \quad (3)$$

که در آن W_{max} حداکثر مقدار تجمع ماده خشک، k ضریب نشان دهنده تندی افزایش ماده خشک و t_m زمانی است که سرعت رشد محصول (CGR) به حداکثر خود می رسد (در این زمان مقدار ماده خشک به نصف مقدار حداکثر خود رسیده است). در زمان t_m ، RGR برابر است با $k/2$ معادله لجستیک در زمان t_m به صورت متقارن می باشد و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم افزار SAS (Soltani, 2013) و رسم شکل ها با استفاده از نرم افزار اکسل¹ انجام شد.

نتایج و بحث

روند توسعه سطح برگ: روند تغییرات شاخص سطح برگ

سبز (شکل 1) در تمامی تاریخ های کاشت و اندازه های بذر از یک مدل لجستیک تبعیت می کرد که براساس آن، سطح برگ در ابتدا به صورت نمایی و سپس به صورت خطی افزایش یافت ولی در اواخر فصل رشد، به دلیل انتقال مجدد مواد غذایی از برگ به دانه، پیری و ریزش برگ ها (Limoochi et al., 2013) روندی کاهشی پیدا کرد و در نهایت در مرحله رسیدگی برداشت به صفر رسید. بین اندازه های مختلف بذر بسته به تاریخ کاشت اختلاف معنی داری از نظر LAI_{max} وجود داشت. LAI_{max} برای بذر درشت، متوسط و ریز در تاریخ کاشت آبان به ترتیب 3/30، 3/87 و 3/17 بود که حدود 157 تا 160 روز پس از کاشت در مراحل شروع پر شدن دانه (R_5) تا تکمیل پر شدن دانه

ماده خشک بیش تر نشانه سطح برگ بیش تر و شاخه دهی و ارتفاع بیش تر و در نتیجه تعداد محل های تشکیل گل آذین بیش تر است ضمن این که بخشی از موادی که در دانه ذخیره می شود از انتقال مواد ذخیره شده در سایر اندام های گیاه تأمین می گردد (Bakry et al., 2011; Hassanzadeh et al., 2013). از این رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک و همچنین روند رشد دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت و اندازه بذرهای مورد استفاده برای کاشت باقلا رقم برکت و رابطه آن ها با عملکرد دانه انجام شد.

مواد و روش ها

آزمایش در سال زراعی 93-1392 در مزرعه آموزشی - پژوهشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در شرایط دیم به اجرا در آمد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا 13 متر، عرض جغرافیایی آن 36 درجه و 49 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن 54 درجه و 19 دقیقه شرقی می باشد. خاک مزرعه دارای 10 درصد شن، 52 درصد سیلت و 38 درصد رس (بافت لومرسی سیلتی)، هدایت الکتریکی 0/6 دسی زیمنس بر متر و اسیدیته 6/8 می باشد. میزان بارش سالانه منطقه در سال آزمایش 398 میلی متر بود که 312 میلی متر آن در طول فصل رشد باقلا (آبان تا خرداد) اتفاق افتاد. میزان بارش در سال آزمایش نسبت به میانگین بیست ساله، 26 میلی متر کم تر بود.

آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. هر تکرار شامل 12 کرت به طول شش و عرض سه متر با شش ردیف به فاصله 50 سانتی متر بود. فواصل بوته ها در ردیف 10 سانتی متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت (18 آبان، 28 آذر، 22 بهمن و 20 اسفند) به عنوان عامل اصلی و اندازه بذر (ریز: دانه های با وزن کم تر از 1/12 گرم، متوسط: بین 1/12 تا 1/77 گرم، درشت: بیش تر از 1/77 گرم) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. عمق کاشت برای همه اندازه های بذر یکسان و 5 سانتی متر بود.

برای اندازه گیری شاخص سطح برگ سبز و وزن خشک، نمونه برداری در مراحل سه برگی، شش برگی، 10 برگی، گل دهی، ظهور غلاف، پر شدن غلاف و در دوره پر شدن دانه انجام شد. در صورتی که فاصله مراحل نمو زیاد بود تعداد دفعات نمونه گیری افزایش یافت به طوری که فاصله بین نمونه برداری ها از یک هفته بیش تر نشد. در آزمایشگاه، برگ های سبز (برگ هایی که 50 درصد یا بیش تر از مساحت آن ها سبز بود) از بوته ها جدا و مساحت آن ها با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل DELTA-T اندازه گیری و شاخص سطح برگ با استفاده از معادله (1) محاسبه شد:

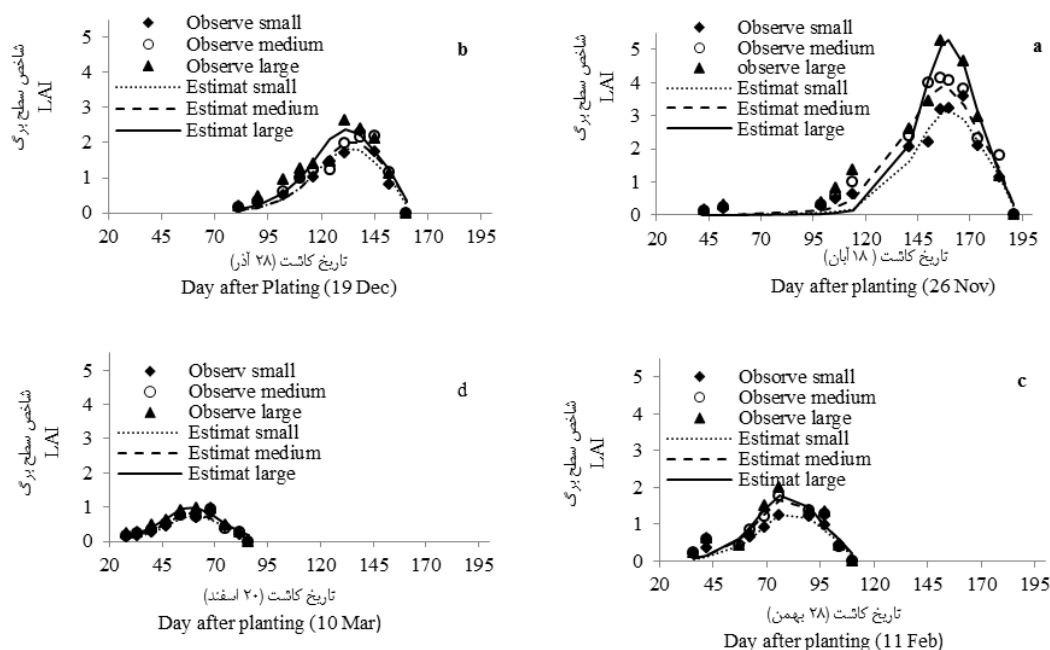
رسید (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). این نتایج نشان‌دهنده کاهش در حدود 50 درصد در طول دوره رشد رویشی و کل فصل رشد گیاه با تأخیر در کاشت از 18 آبان به 20 اسفند ماه می‌باشد. در بررسی زینلی و همکاران (Zeinali et al., 2014) در هر دو تاریخ کاشت 24 آبان و 2 دی، LAI_{max} حدود اول اردیبهشت (159 روز پس از تاریخ کاشت اول و 130 روز پس از تاریخ کاشت دوم) مشاهده شد. در تحقیق ایشان، LAI_{max} در فاصله ردیف 45 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان 3/78 و در تاریخ کاشت 2 دی 2/01 بود. در تحقیق حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh et al., 2013)، LAI_{max} در تراکم 20 بوته در مترمربع در تاریخ کاشت 7 آذر 3/71 و در تاریخ کاشت 17 دی 2/19 بود. کیان‌بخت و همکاران (Kiyankbakt et al., 2014) نیز کاهش قابل توجه LAI_{max} در سه رقم باقلا با تأخیر در کاشت را گزارش کردند. طبق نتایج تجزیه رگرسیون بین شاخص سطح برگ با عملکرد دانه رابطه دو تکه‌ای ($R^2=0/96$) وجود داشت. بدین ترتیب که با افزایش شاخص سطح برگ تا 3/87، به‌ازای هر واحد شاخص سطح برگ افزایش یافته 153/6 گرم در متر مربع بر عملکرد دانه افزوده شد و پس از آن با افزایش شاخص سطح برگ تغییری در عملکرد دانه مشاهده نشد (شکل 4-a).

(R_6) مشاهده شد (جدول 1). در تاریخ کاشت آذر میانگین LAI_{max} برای بذره‌های درشت، متوسط و ریز به‌ترتیب 2/5، 2/06، 1/87 بود که حدود 132 تا 135 روز پس از کاشت و همانند تاریخ کاشت قبلی در مراحل R_5 تا R_6 در اوایل اردیبهشت‌ماه مشاهده شد. در تاریخ کاشت بهمن LAI_{max} برای بذره‌های درشت، متوسط و ریز به‌ترتیب 1/9، 1/8، 1/4 بود که حدود 81 روز پس از کاشت در مرحله غلاف‌دهی کامل (R_4) در اواخر فروردین‌ماه مشاهده شد و بالاخره LAI_{max} برای بذره‌های درشت، متوسط و ریز در تاریخ کاشت اسفند به‌ترتیب 1/1، 0/85، 0/75 بود که حدود 60 روز پس از کاشت و در مرحله شروع غلاف‌دهی (R_3) در اواخر فروردین‌ماه مشاهده شد. نتایج حاکی از کاهش قابل توجه LAI_{max} با تأخیر در کاشت و همچنین با کاهش اندازه بذره‌های مورد استفاده برای کاشت بود. در تمام تاریخ‌های کاشت، به‌استثنای تاریخ کاشت اول، بذره‌های درشت، کمی زودتر از بذره‌های متوسط و ریز به LAI_{max} رسیدند. کاهش LAI_{max} با تأخیر در کاشت را می‌توان به کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی فعال گیاه و ورود زودتر آن به فاز زایشی و در نتیجه، کاهش طول دوره تشکیل و توسعه برگ نسبت داد. تعداد روز تا گل‌دهی و تا رسیدگی برداشت در تاریخ کاشت اول به‌ترتیب 113 و 190 روز بود که به موازات تأخیر در کاشت کاهش یافت و در تاریخ کاشت اسفند به‌ترتیب به 54 و 86 روز

جدول 1- ضرایب مدل لجستیک؛ a و c ضرایب ثابت مدل و b زمان (تعداد روز) تا حداکثر شاخص سطح برگ می‌باشد. LAI_{max} (حداکثر شاخص سطح برگ) با حل عددی به‌دست آمده است. R^2 نیز ضریب تبیین معادله را نشان می‌دهد.

Table 1- Logistic model coefficients; a and c are constant model coefficients and b is time (days) to maximum leaf area index (LAI_{max}) that calculated by numerical solution. R^2 is the determination coefficient.

تاریخ کاشت Planting date	اندازه بذر Seed size	LAI_{max}	b±se	a±se	c±se	R^2
26 Nov. 18 آبان	درشت Large	5.30	159.70±1.27	0.115±0.01	192.80±17.49	96
	متوسط Medium	3.87	157.01±1.52	0.08±0.008	193.40±16.19	97
	ریز Small	3.17	160.10±1.63	0.095±0.011	140.81±13.94	96
19 Dec. 28 آذر	درشت Large	2.5	132.41±2.15	0.093±0.013	106.80±12.57	94
	متوسط Medium	2.06	134.70±2.19	0.095±0.014	91.31±11.26	93
	ریز Small	1.87	133.40±1.86	0.096±0.013	82.70±9.08	94
11 Feb. 22 بهمن	درشت Large	1.91	80.10±1.56	0.11±0.01	74.00±7.38	95
	متوسط Medium	1.80	80.60±1.61	0.10±0.01	69.95±6.90	94
	ریز Small	1.40	81.91±1.40	0.10±0.01	54.97±4.72	96
10 Mar. 20 اسفند	درشت Large	1.10	58.85±1.61	0.10±0.01	37.27±2.72	97
	متوسط Medium	0.85	59.72±1.67	0.11±0.01	30.59±3.25	95
	ریز Small	0.75	60.61±1.32	0.11±0.01	27.60±2.61	96



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ در تاریخ‌های کاشت a: تاریخ کاشت 18 آبان، b: تاریخ کاشت 28 آذر، c: تاریخ کاشت 22 بهمن و d: تاریخ کاشت 20 اسفند و اندازه‌های بذر باقلا رقم برکت در گرگان در سال زراعی 93-1392
Figure 1- The trend of leaf area index changes in 4 planting dates (a: 26 Nov, b: 19 Dec, c: 11 Feb, d: 10 Mar) and 3 seed sizes in faba bean cultivar Barakat in Gorgan during 2013-2014 growing season

متوسط و ریز به ترتیب 704/4، 711/2 و 877/1 کیلوگرم در هکتار بود. تأخیر در کاشت سبب می‌شود که محصول با تنش گرمایی آخر فصل رشد مواجه شود. با افزایش دما سرعت رشد محصول افزایش یافته در نتیجه زمان رسیدن به پوشش کامل و 50 درصد تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد. در این حالت به علت افزایش سرعت رشد، کوتاه شدن دوره رشد و تولید کمتر مواد فتوسنتزی در گیاه، حداکثر تجمع ماده خشک در گیاه کاهش می‌یابد (Bakry et al., 2011; Hassanzadeh). مشابه با نتایج این تحقیق، در بررسی هاشم‌آبادی و صداقت‌حور (Hashemabadi and Sedaghatthoor, 2006) نیز بیش‌ترین ماده خشک باقلا در تاریخ کاشت اول تولید شد و با تأخیر در کاشت مقدار آن کاهش یافت. همچنین، در بررسی پوری و همکاران (Pouri et al., 2013) عملکرد ماده خشک باقلا با تأخیر در زمان کاشت نسبت به زمان مطلوب کاهش یافت. در مطالعه یاد شده، عملکرد ماده خشک در فاصله ردیف 45 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان 10/91 تن در هکتار و در تاریخ کاشت 2 دی 5/65 تن در هکتار، و در فاصله ردیف 60 سانتی‌متر در تاریخ کاشت 24 آبان 6/57 تن در هکتار و در تاریخ کاشت 2 دی 4/58 تن در هکتار بود. تأخیر در کاشت موجب کاهش تولید ماده خشک در گیاهان مختلف می‌شود. با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، مراحل مختلف رشد گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق می‌شود و کارایی فتوسنتز و ذخیره مواد

روند تجمع ماده خشک کل: روند تغییرات ماده خشک کل در تمامی تاریخ‌های کاشت سیگموئیدی بوده و در ابتدا به صورت یک شیب ملایم سپس به صورت خطی و در پایان نیز ثابت می‌شود (شکل 2). به منظور توصیف تغییرات ماده خشک از مدل لجستیک (Yin et al., 2003) استفاده شده است و پارامترهای آن در جدول 2 آمده است. با تأخیر در کاشت زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک کاهش یافت (جدول 2). زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک در تاریخ کاشت 18 آبان به طور میانگین (میانگین سه اندازه بذر) 159/5، در تاریخ کاشت 28 آذر 143، تاریخ کاشت 22 بهمن 92/7 و در تاریخ کاشت 20 اسفند 60/1 روز بود. در تاریخ کاشت آبان دوره رشد رویشی طولانی‌تر و حدود 190 روز بود در حالی که تاریخ کاشت 20 اسفند 86 روز طول کشید. به همین علت در تاریخ کاشت 18 آبان بوته‌ها فرصت بیش تری برای رشد داشتند و برگ و ساقه و در نتیجه ماده خشک کل بیش تری تولید کردند. به طوری که حداکثر تجمع ماده خشک در تاریخ کاشت آبان برای بذرهای درشت و متوسط و ریز به ترتیب 1073/7، 1204/5 و 923/3 کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت آذر برای بذرهای درشت و متوسط و ریز به ترتیب 877/1، 704/4 و 711/2 کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت بهمن برای بذرهای درشت و متوسط و ریز به ترتیب 787/5، 702/6 و 629/2 کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت اسفند برای بذرهای درشت و

دیگر نیز گزارش شده است (Bakry *et al.*, 2011; Hassanzadeh *et al.*, 2013). طبق نتایج رگرسیون (شکل 4-c) بین عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه یک رابطه خطی وجود داشت، به طوری که به ازای هر گرم افزایش در ماده خشک به میزان 0/53 گرم بر مقدار ماده خشک دانه افزوده شد.

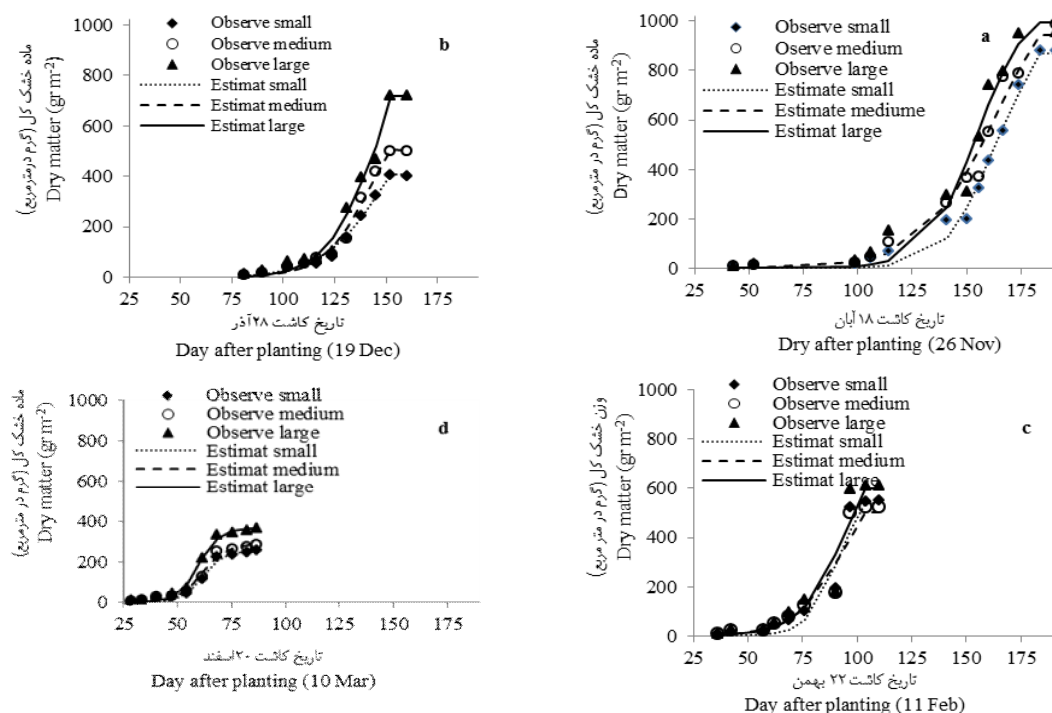
روند پر شدن دانه: پر شدن دانه از مرحله باروری تا رسیدگی دانه روند سیگموئیدی داشت (شکل 3) و شامل سه مرحله بود: در مرحله اول (فاز رشد نمایی) وزن خشک دانه به آرامی و در طی یک مرحله تأخیری افزایش یافت و سپس مرحله دوم (فاز خطی) پر شدن دانه آغاز شد که افزایش نزدیک به 90 درصد از وزن خشک دانه در طی این مرحله صورت می گیرد. در مرحله آخر که فاز رسیدگی نامیده می شود ماده خشک دانه به حداکثر می رسد و افزایش قابل ملاحظه ای پیدا نمی کند. روند سیگموئیدی رشد دانه در تحقیقات محققان دیگر نیز گزارش شده است (Beebe *et al.*, 2001; Kafi *et al.*, 2001). بررسی روند رشد و پر شدن دانه و اثر آن بر وزن دانه از تحقیقات پایهای در برنامه های مطالعات فیزیولوژی به شمار می رود (Darroch and Baker, 1990). نمو بذری که به عنوان عملکرد اقتصادی یک محصول دانه ای در نظر گرفته می شود دارای دو مرحله سرعت و مدت پر شدن دانه می باشد.

فتوستتزی در دانه افزایش می یابد (Bange *et al.*, 1998). در مطالعه پوررضا و همکاران (Pourreza *et al.*, 2007)، نیز اثر تاریخ کاشت بر وزن ماده خشک گیاه نخود سفید در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بسیار معنی دار بود و تجمع ماده خشک با تأخیر در تاریخ کاشت کاهش یافت. همچنین، سطح برگ در بوته های رشد یافته از بذور درشت بیش تر بود و در نتیجه افزایش تولید مواد فتوستتزی توسط این برگ ها عملکرد ماده خشک افزایش یافت. در تحقیقات سایر پژوهشگران نیز بوته های رشد یافته از بذورهای درشت در مقایسه با بوته هایی که از بذور ریزتر حاصل شده بودند، ماده خشک بیش تری تولید کردند (Ariapour and Torknezhad, 2011; Alizadeh *et al.*, 2011). در تحقیق ال ریفاei و همکاران (Al-Rifaei *et al.*, 2004) ماده خشک کل در تیمارهای استفاده از بذورهای خیلی ریز 2326، ریز 2879، متوسط 3232 و درشت 3675 کیلوگرم در هکتار بود. نتایج مطالعات یاد شده نشان دهنده رابطه تنگاتنگ عملکرد ماده خشک با عملکرد دانه است، زیرا بخشی از موادی که در دانه ذخیره می شود از انتقال مواد ذخیره شده در سایر اندام های گیاه تأمین می گردد ضمن این که، در پایان فصل رشد، دانه ها بخش مهمی از کل ماده خشک را تشکیل می دهند. در این آزمایش بیش ترین ماده خشک در تاریخ کاشت آبان ماه تولید شد ضمن این که بیش ترین عملکرد دانه نیز از همین تاریخ کاشت به دست آمد. مشابه این نتایج توسط محققان

جدول 2- حداکثر ماده خشک تجمعی ($W_{max} \pm SE$)، شیب تندی منحنی ($K \pm SE$)، زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک ($T_m \pm SE$)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R^2)

Table 2- Maximum accumulative dry matter ($W_{max} \pm SE$), curve slope ($K \pm SE$), time to 50% of maximum dry matter ($T_m \pm SE$), root mean square error (RMSE), determination coefficient (R^2)

تاریخ کاشت Planting date	اندازه بذر Seed size	$W_{max} \pm SE$	$K \pm SE$	$T_m \pm SE$	RMSE	R^2
26 Nov. آبان 18	درشت Large	1073.30±85.28	0.02±0.08	154.70±2.68	72.77	98
	متوسط Medium	1204.50±136.70	0.01±0.06	162.60±4.41	54.64	99
	ریز Small	923.30±70.74	0.01±0.09	161.40±2.45	47.18	99
19 Dec. آذر 28	درشت Large	877.1±109.1	0.09±0.01	140.91±3.56	40.96	99
	متوسط Medium	64.70±704.4	0.09±0.01	141.70±2.59	22.90	99
	ریز Small	72.73±711.2	0.07±0.00	147.80±3.14	12.37	99
11 Feb. بهمن 22	درشت Large	787.5±216.5	0.10±0.04	93.19±7.16	78.14	96
	متوسط Medium	702.60±183.5	0.09±0.30	93.83±6.98	59.01	97
	ریز Small	629.9±88.81	0.14±0.05	91.35±3.09	56.16	97
10 Mar. اسفند 20	درشت Large	366.10 ±11.05	0.21±0.03	58.98±0.77	16.88	99
	متوسط Medium	287.11±11.72	0.19±0.03	60.63±1.03	15.80	99
	ریز Small	255.90±8.94	0.22±0.03	61.01±0.83	13.04	99



شکل 2- روند تجمع ماده خشک کل در تاریخ‌های کاشت (a: تاریخ کاشت 18 آبان، b: تاریخ کاشت 28 آذر، c: تاریخ کاشت 22 بهمن و d: تاریخ کاشت 20 اسفند) و اندازه‌های بذر باقلا رقم برکت در گرگان سال 1392-93
Figure 2- The trend of total dry matter accumulation in 4 planting dates (a: 26 Nov, b: 19 Dec, c: 11 Feb, d: 10 Mar) and 3 seed sizes in faba bean cultivar Barakat in Gorgan during 2013-2014 growing season

دانه در این تاریخ کاشت حاصل شد زیرا این افزایش در سرعت پر شدن دانه نتوانست کاهش دوره پر شدن دانه را جبران کند. به‌طوری‌که کم‌ترین عملکرد دانه برآورد شده و واقعی در تاریخ کاشت اسفند (به‌ترتیب 50/71 گرم در متر مربع، 45/5 گرم در مترمربع) و بیش‌ترین عملکرد دانه برآورد شده و واقعی نیز در تاریخ کاشت آبان (به‌ترتیب 481/66 گرم در متر مربع، 476/11 گرم در متر مربع) حاصل شد. در بررسی محققان دیگر نیز دوره پر شدن دانه باقلا با تأخیر در کاشت از 13 آبان تا 13 دی به مدت 8/5 روز کاهش یافت. در تحقیق ایشان دوره پر شدن دانه برای تاریخ‌های کاشت 13 آبان، 13 آذر و 13 دی به‌ترتیب 45/06، 33/81 و 22/93 روز و سرعت پر شدن دانه نیز 0/12، 0/24 و 0/22 بود که در نهایت منجر به کاهش وزن دانه شد (RahemiKarizaki and Foroughi, 2016).

مراحل دانه‌بندی (از مرحله شروع تشکیل غلاف تا مرحله رسیدگی کامل) تاریخ کاشت آبان از 9 فروردین تا 28 اردیبهشت و دانه‌بندی تاریخ کاشت آذر از 31 فروردین تا 5 خرداد اتفاق افتاد که شرایط آب و هوایی برای دانه‌بندی مطلوب بود اما مراحل دانه‌بندی (R8-R3) تاریخ کاشت‌های دیر هنگام بهمن (7 اردیبهشت تا 10 خرداد) و اسفند (21 اردیبهشت تا 11 خرداد) در ماه‌های اردیبهشت و

سرعت پر شدن دانه بیانگر تجمع ماده خشک در زمان و طی مرحله خطی نمو دانه است که به مقدار زیادی در کنترل ژنتیک بوده ولی مدت پر شدن دانه تحت تأثیر محیط است (Quarrie and Jones, 1979). در آزمایش حاضر زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه با تأخیر در کاشت کاهش یافت (جدول 3). میانگین زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه برای تاریخ‌های کاشت آبان 63/1، آذر 41/38، بهمن 27/93 و اسفند 21/26 روز بوده است (جدول 3). همچنین سرعت پر شدن دانه (K) برای تاریخ‌های کاشت آبان، آذر، بهمن و اسفند به‌ترتیب 0/26، 0/2، 0/28 و 0/28 برآورد شد. با این که سرعت پر شدن دانه در تاریخ کاشت آبان و آذر یکسان (هر دو 0/26) بود اما به دلیل این که دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت آذر حدود 22 روز کم‌تر از تاریخ کاشت آبان بود تاریخ کاشت آذر عملکرد دانه کم‌تری نسبت به تاریخ کاشت آبان تولید کرد. در تاریخ کاشت بهمن کم‌ترین سرعت پر شدن دانه به‌دست آمد اما به‌دلیل این که دوره پر شدن دانه نسبت به تاریخ کاشت اسفند حدود 7 روز بیش‌تر بود این تاریخ کاشت عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به اسفند تولید کرد. علی‌رغم افزایش سرعت پر شدن دانه در تاریخ کاشت اسفند نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت باز هم کم‌ترین عملکرد

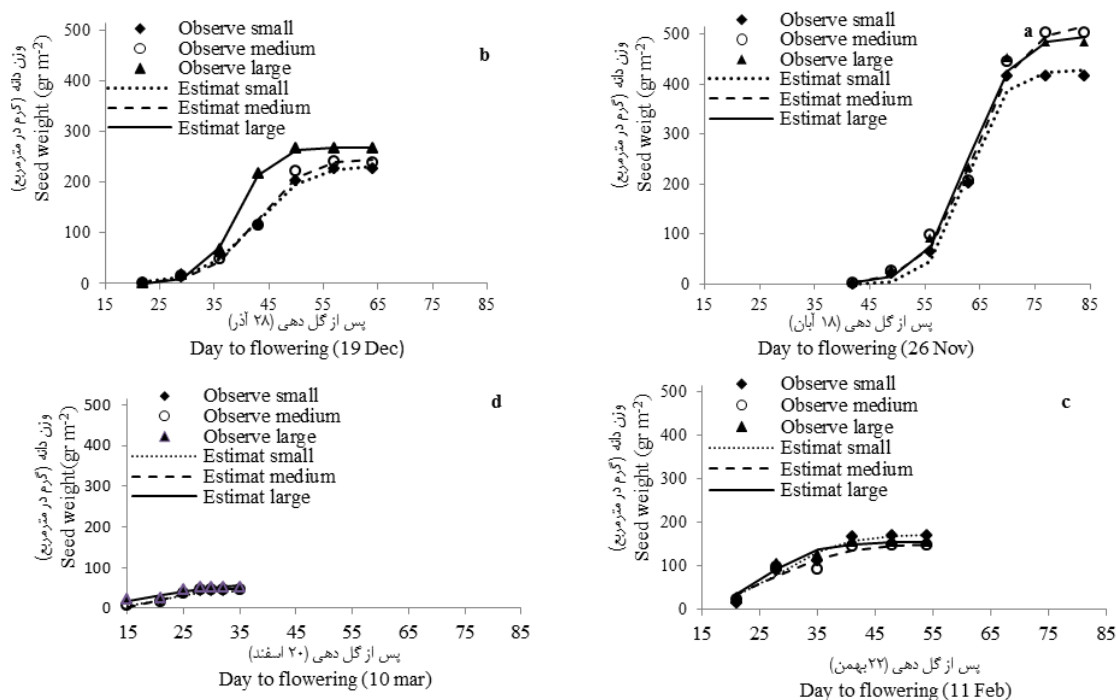
آبان مشاهده شد. همچنین تعداد دانه تاریخ کاشت اسفند 77/66 و آبان 367/33 عدد در متر مربع بود. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون (شکل c-4) یک رابطه خطی بین مدت پر شدن دانه و عملکرد دانه را نشان می‌دهد، به طوری که با افزایش مدت پر شدن دانه به میزان 9/81 گرم در متر مربع در روز بر عملکرد نهایی دانه اضافه شد. دوره پر شدن دانه از گل‌دهی تا رسیدگی برداشت (R8-R1) در تاریخ کاشت‌های آبان 80 روز (از 10 اسفند تا 28 اردیبهشت)، آذر 61 روز (7 فروردین تا 5 خرداد)، بهمن 43 روز (30 فروردین تا 10 خرداد) و اسفند 33 روز (10 اردیبهشت تا 11 خرداد) بود. وایت فیلد (Whitfield, 1992) اظهار نمود که در کلزا با بالا رفتن دما در مراحل دانه‌بندی، میزان تنفس غلاف‌ها به سرعت افزایش می‌یابد که سبب اتلاف بیش از حد مواد فتوسنتزی می‌شود بنابراین، مواد غذایی کافی به دانه‌ها نرسیده و درصد دانه‌های سبک و پوک زیاد می‌گردد.

خرداد اتفاق افتاد. دما در بیش‌تر روزهای اردیبهشت و خرداد بین 30 تا 35 درجه سانتی‌گراد و 10 روز بالاتر از 35 درجه سانتی‌گراد بود که با توجه به حساسیت باقلا به دماهای بالا باعث اختلال در گل‌دهی شد (Oplinger *et al.*, 2000; Majnoni Hoseyni, 2008). تأخیر در کاشت موجب کوتاه شدن دوره نمو مؤثر بذر در اثر برخورد این دوره با دماهای بالای اواسط بهار در سال آزمایش شد. این امر منجر به نقصان اجزای عملکرد به‌ویژه وزن دانه و تعداد دانه در واحد سطح و در نهایت کاهش عملکرد دانه گردید. در تاریخ کاشت اسفند که دوره پر شدن دانه کوتاه‌تر بود وزن دانه و تعداد دانه در واحد سطح کم‌تری نیز حاصل شد و با افزایش دوره پر شدن دانه بر میزان وزن دانه (0/017 گرم) و تعداد دانه در واحد سطح (6/2 عدد در متر مربع) افزوده شد (شکل d-4 و e-4). به‌طور میانگین کم‌ترین (0/59 گرم) و بیش‌ترین (1/32 گرم) وزن دانه به‌ترتیب در تاریخ کاشت اسفند و

جدول 3- حداکثر ماده خشک تجمعی دانه ($W_{max} \pm SE$)، شیب منحنی ($K \pm SE$)، زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه ($T_m \pm SE$) جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2)

Table 3- Maximum cumulative seed dry weight ($W_{max} \pm SE$), curve slope ($K \pm SE$), time to 50% of maximum dry matter ($T_m \pm SE$), root mean square error (RMSE), determination coefficient (R^2)

تاریخ کاشت Planting date	اندازه بذر Seed size	$W_{max} \pm SE$	$K \pm SE$	$T_m \pm SE$	RMSE	R^2
18 آبان 26 Nov.	درشت Large	497.01±17.02	0.25±0.03	62.81±0.67	20.76	99
	متوسط Medium	520.01±22.15	0.23±0.03	63.8±0.83	22.79	99
	ریز Small	428.14±16.16	0.31±0.06	62.8±0.67	21.89	99
28 آذر 19 Dec.	درشت Large	269.6±3.33	0.34±0.02	39.01±0.67	5.30	99
	متوسط Medium	248.30±9.15	0.23±0.03	42.80±0.73	10.68	99
	ریز Small	234.20±7.57	0.21±0.02	42.34±0.67	8.35	99
22 بهمن 11 Feb.	درشت Large	154.50±8.18	0.24±0.06	26.32±1.26	12.67	99
	متوسط Medium	149.91±17.68	0.17±0.08	27.84±2.85	20.24	98
	ریز Small	174.40±14.42	0.19±0.08	29.74±1.88	17.40	99
20 اسفند 10 Mar.	درشت Large	60.63±10.51	0.16±0.07	20.05±2.75	5.24	99
	متوسط Medium	47.76±2.73	0.38±0.10	22.05±0.74	3.59	99
	ریز Small	43.44±2.98	0.32±0.09	21.68±0.94	3.50	99



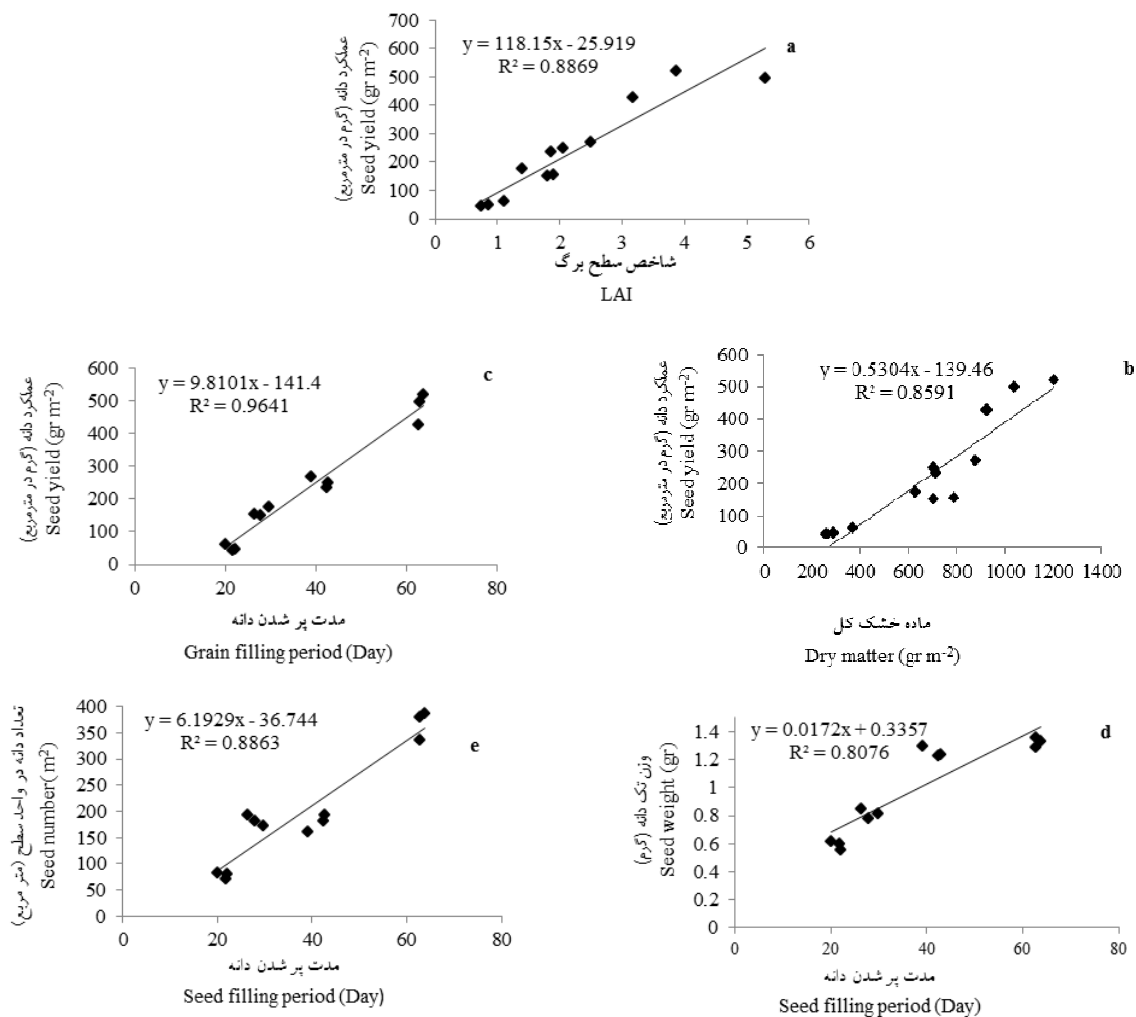
شکل 3- روند تغییرات وزن دانه در تاریخ‌های کاشت (a: تاریخ کاشت 18 آبان، b: تاریخ کاشت 28 آذر، c: تاریخ کاشت 22 بهمن و d: تاریخ کاشت 20 اسفند) و اندازه‌های بذر باقلا رقم برکت در گرگان در سال زراعی 1392-93

Figure 3- The trend of seed growth changes in 4 planting dates (a: 26 Nov, b: 19 Dec, c: 11 Feb, d: 10 Mar) and 3 seed sizes in faba bean cultivar Barakat in Gorgan during 2013-2014 growing season

نتیجه‌گیری

کاهش عملکرد دانه (اقتصادی) منتهی می‌شود. نتایج رگرسیون نیز نشان داد که به‌طور کلی، افزایش در شاخص سطح برگ تا یک حد معین (در این آزمایش 3/87)، ماده خشک کل و مدت پر شدن دانه به افزایش عملکرد دانه منتهی می‌شود. در تاریخ کاشت آبان که دوره پر شدن دانه (80 روز) طولانی‌تر از تاریخ‌های کاشت آذر، بهمن و اسفند (به‌ترتیب 61، 43 و 33 روز) بود دانه‌های درشت‌تر و بیش‌تری در واحد سطح تولید شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که عملکرد دانه در واحد سطح به‌ازای هر واحد افزایش در شاخص سطح برگ (تا 3/87)، ماده خشک کل و دوره پر شدن دانه به‌ترتیب به میزان 153/6 گرم، 9/81 و 0/53 گرم در متر مربع افزایش یافته است. ضمن این‌که با توجه به همبستگی مثبت بین اندازه بذرهای مورد استفاده برای کاشت و حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر ماده خشک تجمعی و حداکثر ماده خشک تجمع‌یافته در دانه، به نظر می‌رسد استفاده از بذرهای درشت‌تر برای کاشت به عملکردهای بیش‌تری منتهی می‌شود. با این حال، با توجه به تأثیر شرایط محیطی بر نتایج، تکرار آزمایش به مدت سه سال پیش از توصیه نتیجه یاد شده به تولیدکنندگان ضروری است.

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده کاهش حداکثر شاخص سطح برگ، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و همچنین مقدار و زمان رسیدن به حداکثر ماده خشک با تأخیر در کاشت بود. برای مثال، در هنگام استفاده از بذرهای درشت برای کاشت، در تاریخ کاشت آبان 154/7 روز طول کشید تا 50 درصد از حداکثر ماده خشک تولید شود در حالی‌که در تاریخ کاشت اسفند زمان لازم برای رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک 58/98 روز برآورد گردید. همچنین، زمان لازم برای رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک دانه برای بذور درشت کشت شده در تاریخ کاشت 18 آبان 62/81 روز و برای بذور درشت کشت شده در تاریخ کاشت 20 اسفند 20/05 روز بود. با تأخیر در کاشت مراحل نمو فنولوژیک سریع‌تر طی شد و گیاه زودتر به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسید. در نتیجه، تجمع ماده خشک در کل بوته و در دانه کاهش قابل‌توجهی پیدا کرد به‌طوری‌که حداکثر ماده خشک دانه از 497 گرم در تاریخ کاشت آبان به 60/63 گرم در تاریخ کاشت اسفند رسید. نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت منجر به کاهش زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و ماده خشک کل شده و به



شکل 4- رابطه شاخص سطح برگ با عملکرد دانه (a)، ماده خشک کل با عملکرد دانه (b)، مدت پر شدن دانه با عملکرد دانه (c) مدت پر شدن دانه با وزن تک دانه (d) و مدت پر شدن دانه با تعداد دانه در واحد سطح (e)

Figure 4- Relationships between LAI and seed yield (a), total dry matter and seed yield (b), seed filling period and seed yield (c), seed filling period and seed weight (d), seed filling period and seed number (e)

References

1. Ariapour, A., and Torknezhad, A. 2011. Effect of planting depth and seed size on germination and yield of six species of annual alfalfa. *Journal of Iranian Natural Ecosystems* 1 (3): 21-27. (in Persian with English abstract).
2. Al-Rifaei, M., Turk, M. A., and Tawara, A. R. M. 2004. Effect of seed size and plant population density on yield and yield components of local faba bean (*Vicia faba* L. Major). *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 294-299.
3. Akram Ghaderi, F., Soltani, A., and Rezaei, J. 2003. Effect of climate factors on survival of cotton flower and boll in Gorgan. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 10: 75-83. (in Persian with English abstract).
4. Arabameri, R. 2008. Predicting kernel number and biomass retranslocation in wheat (*Triticum aestivum* L.). M.Sc.Thesis, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 89 p. (in Persian with English abstract).
5. Alizadeh, A., Moradi, R., Nezami, A., and Eshghizadeh, H. R. 2011. The effect of salinity and seed size on germination and seedling growth characteristics of lentil. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9 (2): 202-210. (in Persian with English abstract).

6. Bange, M. P., Hammer, G. L., and Rickert, K. G. 1998. Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. *Agronomy Journal* 90: 324-328.
7. Bakry, B. A., Eleva, T. A., EL-Karamany, M. F., Zeidan, M. S., and Tawfik, M. M. 2011. Effect of row spacing on yield and its components of some faba bean varieties under newly reclaimed sandy soil condition. *World Journal of Agricultural Science* 7 (1): 68-72.
8. Beebe, S., Rengifo, J., Gaitan, E., Duque, M. C., and Tohme, J. 2001. Diversity and origin of Andean landraces of common bean. *Crop Science* 41: 854-862.
9. Carretero, R., Serrago, R. A., Bancal M. O., Perello, A. E., and Miralles, D. J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. *Field Crops Research* 116: 184-195.
10. Darroch, B. A., and Baker, R. J. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes: Statistical analysis. *Crop Science* 30: 525-529.
11. Ghadiryan, R., Soltani, A., Zeinali, E., Kalateh Arabi, M., and Bakhshandeh, E. 2011. Evaluating non-linear regression models for use in growth analysis of wheat. *Electronic Journal of Crop Production* 4 (3): 55-73. (in Persian with English abstract).
12. Hashemabadi, D., and Sedaghatpour, Sh. 2006. Study of mutual effect of the sowing date and plant density on yield and yield components of winter faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agricultural Sciences* 1: 135-141. (in Persian with English abstract).
13. Hasanzadeh, A. Kh., Rahemi Karizaki, A., Nakhzari Moghadam, A., and Biabani, A. 2013. The combined effect of heat stress in the end of growing season and competition between plants on phenology, yield and yield components in faba bean. *Electronic Journal of Crop Production* 6 (4): 151-163. (in Persian with English abstract).
14. Jian Jin, A., Xiaobing Liu, A., Guanghua Wang, A., Liang Mi, A., Zhongbao Shen, B., Xueli Chen, B., Stephen, J., and Herbert, C. 2010. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. *Field Crops Research* 115: 116-123.
15. Karamanos, A. J., and Gimenez, C. 1991. Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. *Options Mediterraneennes-Seminaires* 10: 79-90.
16. Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. M. 2001. Biology of grain and grain crop yield (translation). Mashhad Ferdowsi University Publication. 550 p. (in Persian with English abstract).
17. Kiyabakht, M., Zeinali, E., Siahmarguee, A., Sheikh, F., and Pouri, G. M. 2014. Effect of sowing date on grain yield and yield components and green pod yield of three faba bean cultivars in Gorgan climatic conditions. *Electronic Journal of Crop Production* 8 (1): 99-119. (in Persian with English abstract).
18. Limoochi, K., Siadat, A., and Gilani, A. A. 2013. Sowing date effect on yield and growth indices of rice cultivars in northern Khoozestan. *Electronic Journal of Crop Production* 6 (2): 167-184. (in Persian with English abstract).
19. Mazidi, I. 2014. Effect of plant density and seed size on growth, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Gorgan Branch. 70p. (in Persian with English abstract).
20. Majnoon Hoseyni, N. 2008. Pulse Crops. 4th Edition. Jihad of Tehran University Publication. 283 p. (in Persian).
21. Moshatati, A., Hejazi, A., Kian-Mehr, M. H., Sadat Noori, S. A., and Gharineh, M. H. 2009. Effect of seed weight on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling pishtaz variety. *Electronic Journal of Crop Production* 2 (1): 137-144. (in Persian with English abstract).
22. Muhammad, F. H., Bramley, J. A., and Siddique, K. H. M. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling Phases. *Plant Science* 30: 1-17.
23. Moussavi Nik, M., Babaeian, M., and Tavassoli, A. 2011. Effect of seed size and genotype on the germination characteristics and seed nutrient content of wheat. *Scientific Research and Assays* 6: 2019-2025.
24. Oplinger, E. S., Putnam, D. H., Doll, J. D., and Combs, S. M. 2000. Faba bean. *Alternative Field Crops Manual*. <http://www.hort.Purdue.edu/newcrop/afcm/fababean.html>.
25. Pourreza, J., Soltani, A., Rahemi, A., Galeshi, S. A., and Zeinali, A. 2007. Evaluation of dry matter distribution among different organs in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14 (5): 178-190.
26. Pouri, K., Zeinali, E., and Golchin, E. 2013. Evaluation of the effect of inter- and intra- row spacing on the accumulation and distribution of dry matter in faba bean. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3 (11): 524-531. (in Persian with English abstract).
27. Quarrie S. A., and Jones, H. G. 1979. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. *Annals of Botany* 44: 323-332.
28. Rahemi-karizaki, A. 2005. Predicting interception and use of solar radiation in chickpea. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 89 p.
29. Rahemi Karizaki, A. 2011. Investigation of the changes of physiological and morphological traits associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. Ph.D Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 104 p. (in Persian with English abstract).

30. RahemiKarizaki1, A., and Foroughi, A. 2016. Seed filling trend of faba bean (*Vicia faba* L.) as affected by planting date and density. *Journal of Crop Ecophysiology* 1 (37): 89-102.
31. Soltani, A. 2013. Application of SAS in statistical analysis. JDM press, Mashhad, Iran. 166 p.
32. Salem, S. G., and Osman, A. T. 2001. Temperature and solar radiation effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and grain yield. *Saudi Journal of Biological Science* 8 (2): 171-183.
33. Viswanathan, C., and Khanna-Chopra, R. 2001. Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. *Journal of Agronomy Crop Science* 186: 1-7.
34. Whitfield, D. M. 1992. Effect of temperature and ageing on CO₂ exchange of pod of oilseed rape (*Brassica napus*). *Field Crops Research* 28: 271-280.
35. Yin, X., Goudrian, J., Latinga, E. A., Vos, J., and Spiertz, J. H. 2003. A flexible sigmoid growth function of determinate growth. *Annals of Botany* 91: 361-371.
36. Zeinali, E., Soltani, A., Toorani, M., and Khadempir, M. 2014. Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in faba bean. *Journal of Plant Production* 20 (4): 1-21. (in Persian with English abstract).



Leaf Area Expansion, Dry matter Accumulation and Grain Filling Trend as Affected by Planting Date and Seed size in Faba Bean (*Vicia faba* L.)

S. Jafarnode¹- E. Zeinali^{2*}- A. Soltani³- F. Sheikh⁴

Received: 03-08-2016

Accepted: 25-12-2016

Introduction: Green leaf area index and dry matter accumulation are closely associated with grain yield components (i.e., number of grains per unit area and grain size) and grain yield per unit area. This study was carried out to evaluate the effect of seed size used for planting and sowing date on leaf area expansion, dry matter accumulation and grain filling trend in faba bean, C.V. Barakat.

Materials and Methods: The experiment was conducted at the research field of Gorgan University of Agricultural Sciences, Gorgan, Iran, during 2013-2014 growing season. The experimental design was a split plot in a randomized complete block design with four replications. Planting dates (26 Nov., 19 Dec., 2013 and 11 Feb. and 10 Mar., 2014) and seed size (small, medium, large) were arranged in main- and sub-plots, respectively.

Results and Discussion: Based on the results of the analysis of variance, there was a significant interaction between seed size and planting date for maximum leaf area index (LAI_{max}), dry matter yield (BY) and grain yield (GY). LAI_{max} , BY and GY were variable between 0.75 and 5.3, 2.56 and 12.05 ton ha⁻¹ and 0.43 and 5.20 ton ha⁻¹, respectively. The lowest value for each of the above mentioned characteristics was obtained from combination of last planting date and small seed. The highest LAI_{max} was observed in the first sowing date and large seed combination treatment, and the highest BY and GY was observed in the first planting date and medium seeds combination treatment. However, when large or medium seeds were used in this planting date, there was no significant statistical difference between the BY and BY. The time required to achieve LAI_{max} and 50% of maximum dry matter (W_{max}) and also grain filling period (SFP) significantly reduced in result of delaying in planting. LAI_{max} was observed between 59.7 (for Mar. planting date) and 158.9 (for Nov. planting date) and W_{max} was happened between 60.2 (for Mar. planting date) and 159.6 (for Nov. planting date) days after planting. Moreover, SFP declined by planting delay so that from 80 days (in 26 Nov. planting date) decreased to 33 days (in 10 March planting date). There was no reliable difference between three sizes of seeds on the three parameters mentioned above. According to the results of regression analysis, there was a linear relationship with high coefficient of determination between LAI as well as dry matter and grain yield, and between the duration of grain filling with grain weight, grain number per unit area and grain yield. So that the increase of values of the mentioned traits led to increase in grain weight, grain number and finally grain yield per unit area.

Conclusions: The results indicated a reduced LAI_{max} , the maximum dry matter and days to LAI_{max} with any delay in seeding. Furthermore, the phenological development stages passed rapidly and seed filling duration was shortened in delayed planting dates. As a result, the number of seeds per plant and per unit area decreased, the grain size became smaller, and finally grain yield was reduced. According to the regression results, an each unit increase in leaf area index, total dry matter (gr m⁻²) and grain filling duration (day) resulted in increasing grain yield as amount as 153.6, 0.53, 9.81 g m⁻², respectively. Therefore, in consisting with findings of previous our studies, planting up to mid- autumn is necessary to achieve maximum LAI, total accumulative dry matter and grain yield of faba bean under Gorgan environmental conditions. In addition, due to positive correlation between seed size and three above mentioned parameters, the application of more large seeds for planting leads to a better result.

Keywords: Dry matter, Grain filling period, Grain filling rate, Grain yield, Maximum leaf area index

1- M.Sc. Graduate of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resours, Iran

2- Associate Professor and Faculty member, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resours, Iran

3- Professor and Faculty member, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resours, Iran

4- Assistant Professor of Horticulture and Agronomy Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

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



تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ‌های مختلف کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.)

رضا خانی¹ - امیر رضا صادقی بختوری² - بهمن پاسبان اسلام³ - وحید سرابی^{*2}

تاریخ دریافت: 1395/06/02

تاریخ پذیرش: 1395/11/18

چکیده

به منظور ارزیابی پاسخ عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ‌های مختلف کلزای پاییزه نسبت به تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی در سال زراعی 1392-93 انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح: بدون تنش، قطع آبیاری در مراحل گلدهی و خورجین‌دهی به عنوان عامل اصلی و 18 ژنوتیپ مختلف کلزای پاییزه به ترتیب شامل L210، L146، HW101، L72، L73، KR18، Karaj1، RS12، HW113، Karaj2، KR4، HW118، L201، L5، SW101، L183، L183، L72، L146، L183، L210 و Karaj2 توانستند عملکرد بالایی را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تولید کنند. در حالی که، عملکرد این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی به شدت کاهش یافت. در مقابل، ژنوتیپ‌های Karaj3 و SW101، HW101، KR18 نسبت به شرایط بدون تنش افت عملکرد کمتری داشتند که می‌توان آنها را به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم و متحمل به تنش خشکی در نظر گرفت. از این رو، چنین ژنوتیپ‌هایی می‌توانند برای مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران مناسب باشند.

واژه‌های کلیدی: افت عملکرد، خورجین‌دهی، گلدهی، گیاهان روغنی، مراحل فنولوژیکی

مقدمه

استان‌های کشور پیشنهاد گردد (Aliari et al., 2000). تنش‌های محیطی اعم از زنده و غیرزنده همواره از عوامل اصلی کاهش تولید محصولات زراعی و از موانع اصلی رسیدن به پتانسیل عملکرد محصولات مختلف بوده‌اند (Chaghakaboodi et al., 2012). تنش خشکی مهمترین عامل محدودکننده‌ی تولید محصولات در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید (Debaeke and Aboudrare, 2004). در ایران نیز در بین تنش‌های غیرزنده، خشکی بزرگترین مانع رشد و تولید کلزا به‌شمار می‌رود (Moradshahi et al., 2004). کمبود آب در کلزا همراه با کاهش پتانسیل آب برگ باعث کاهش تورم سلولی، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز گردیده و در نهایت به رشد و تولید محصول صدمه می‌زند (Kumar and Singh, 1998). زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صفات کلزا نظیر ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، اجزای عملکرد نظیر تعداد و طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها اثر گذاشته و موجب کاهش عملکرد نهایی دانه می‌گردد (Sheykh et al., 2005). حساس‌ترین زمان برای آبیاری در کلزا مراحل گلدهی و اوایل خورجین‌دهی (که طی آن تعداد دانه در بوته مشخص می‌گردد) می‌باشند و کمبود آب در این مراحل موجب کاهش

کلزا⁴ به دلیل دارا بودن صفات مثبت زراعی نظیر تحمل به سرما و کم‌آبی، ارزش تناوبی بالا، دامنه‌ی گسترده سازگاری نسبت به بافت خاک، امکان کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ، دارا بودن ژنوتیپ‌های بهاره و پاییزه، استفاده کارا از رطوبت خاک، هزینه کم تولید و در نهایت عملکرد بیشتر روغن در واحد سطح نسبت به سایر دانه‌های روغنی مورد کشت، برتری داشته و می‌تواند جهت کاشت در بیشتر

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

2- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

3- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

(*) - نویسنده مسئول: (Email: Sarabi20@azaruniv.edu)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.58356

4- *Brassica napus* L.

مساحت خورجین را برای ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های کلزا در تحمل به خشکی پیشنهاد کرده‌اند (Singh *et al.*, 1985). دمای تاج پوشه‌ی برگ شاخص مناسبی برای ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های کلزا در تحمل به خشکی می‌باشد (Pasban Eslam, 2009). گیاهان تحت تنش از طریق تنظیم روزه‌ای از اتلاف زیاد آب جلوگیری می‌کنند که همین مسئله باعث افزایش دمای تاج پوشه‌ی گیاهی در آنها می‌شود (Cornic, 2000). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار خنک شدن ترمقی با تنظیم اسمزی و هدایت روزه‌ای، سادگی و سرعت اندازه‌گیری دمای برگ نسبت به شاخص‌های مزبور می‌توان با اندازه‌گیری دمای تاج پوشه‌ی گیاهی در مراحل حساس رشدی در کلزای تحت تنش کم‌آبی نسبت به شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در کلزا برای مناطقی که با محدودیت آبی مواجه‌اند، اقدام نمود (Kumar and Singh, 1998). از این‌رو، با توجه به نیاز روزافزون کشور در تولید دانه‌های روغنی، پژوهشی با هدف مطالعه‌ی اثرات تنش خشکی در مراحل حساس رشدی (گلدهی و خورجین‌دهی) بر عملکرد دانه و اجزای آن در کلزای پاییزه و گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی پاسخ عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط عادی و کمبود آب، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی واقع در کیلومتر 15 جاده‌ی تبریز - آذرشهر با طول جغرافیایی 46 درجه و 2 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 37 درجه و 58 درجه شمالی در سال زراعی 1392-93 انجام شد. مشخصات دمایی و میزان بارندگی محل اجرای آزمایش در فواصل زمانی شهریور 1392 تا تیرماه 1393 در جدول 1 آمده است. ناحیه‌ی مورد نظر دارای زمستان‌های سرد، یخبندان و تابستان‌های گرم و خشک است. این منطقه دارای متوسط دمای سالیانه 12/7 درجه سانتی‌گراد با 160/7 میلی‌متر بارندگی در سال می‌باشد. تیمارهای آزمایش شامل تنش خشکی در سه سطح: بدون تنش، قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی و قطع آن در مرحله‌ی خورجین‌دهی به‌عنوان عامل اصلی و 18 ژنوتیپ مختلف کلزای پاییزه به‌عنوان عامل فرعی بودند. ژنوتیپ‌های کلزا به‌ترتیب شامل: Karaj1, RS12, HW113, Karaj18, SW101, L183, L210, L146, HW101, L72, L73, KR18, L5, L201, HW118, KR4, Karaj2, Karaj3 و KS7 از بخش تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی تهیه شدند. قطعه زمین مورد نظر در سال قبل تحت آیش بود و در اواسط شهریورماه سال 92، عملیات

تعداد خورجین، دانه‌بندی و نیز کوچک ماندن دانه‌ها و درنهایت کاهش عملکرد دانه و روغن می‌گردد (Sinaki *et al.*, 2007). همزمانی مرحله‌ی رشد زایشی در گیاه با تنش خشکی، موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد در کلزا نظیر تعداد خورجین در بوته، وزن هزاردانه و تعداد دانه در خورجین می‌گردد که کاهش عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین می‌باشد (Ma *et al.*, 2006). هنگامی که بوته‌های کلزا در مرحله‌ی رشد خورجین با تنش خشکی مواجه گردند، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد (Pasban Eslam, 2009). دیواره‌ی خورجین در حال رشد کلزا، برای جذب مواد فتوسنتزی با دانه‌های درحال توسعه به شدت رقابت می‌کند. به هنگام افزایش تنش‌های محیطی این رقابت شدت یافته و این امر باعث کاهش عملکرد دانه یا ریزش خورجین‌ها می‌گردد (Wright *et al.*, 1996). از سوی دیگر، تنش خشکی موجب می‌شود که طول دوره‌ی پرشدن دانه در کلزا به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و عملکرد دانه به شدت تحت الشعاع قرار گیرد (Faraji *et al.*, 2009).

امروزه، نگهداری سیستم‌های زراعی با مشکلی جدی به نام کمبود منابع آبی، گرم شدن آب و هوا و استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی مواجه شده است (Xiao *et al.*, 2005) که لزوم توجه به رفع مشکل کمبود آب در سال‌های آینده را بیش از پیش نمایان می‌سازد. یکی از راه‌های مقابله با مشکل کم‌آبی، گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی است (Koocheki *et al.*, 2006). با توجه به توسعه‌ی سطح زیر کشت کلزا در ایران ضروری است که با مشخص شدن پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به تنش کمبود آب به‌خصوص در مراحل حساس فنولوژیکی، نسبت به گزینش ارقام متحمل به خشکی اقدام نمود (Sheykh *et al.*, 2005). برای اصلاح گیاهان مقاوم به تنش خشکی، برخی از محققین بر گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب (Betran *et al.*, 2003; Rajaram and van Ginkle, 2001) و برخی دیگر نیز بر گزینش آنها در شرایط تنش تأکید دارند (Ceccarelli and Grando, 1991; Rathjen, 1994). ولی اکثر محققین بر این باورند که برای گزینش ژنوتیپ‌ها بهتر است آنها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش قرار گیرند (Pourdad *et al.*, 2008). پتانسیل عملکرد در شرایط تنش، بهترین معیار مقاومت به خشکی محسوب نشده و پایداری عملکرد در شرایط تنش و بدون آن معیار مناسب‌تری برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش رطوبتی است (Simane *et al.*, 1993). در این خصوص، شاخص‌های زیادی توسط محققین ارائه شده است. به‌عنوان مثال، در شاخص تحمل به تنش (Fernandez, 1992)، ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بالای این شاخص، در هر دو شرایط تنش و بدون آن عملکرد بالایی تولید می‌کنند. برخی از محققین نیز ویژگی‌های فیزیولوژیک نظیر محتوای نسبی آب برگ (Khan *et al.*, 2010)، دمای تاج پوشه‌ی برگ و

به صورت هیرم کاری و به روش دستی در دو طرف پشته‌ها در عمق دو سانتی‌متری خاک انجام گرفت. هر کرت از چهار ردیف با فاصله‌ی 30 سانتی‌متر و به طول سه متر تشکیل شده بود. فاصله‌ی بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت هفت سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بوته‌های کلزا قبل از فرا رسیدن زمستان در مرحله‌ی روزت قرار داشتند و در اواخر فروردین‌ماه سال 93 با رشد مجدد آنها، عملیات وجین علف‌های هرز به صورت دستی و شیمیایی انجام شد، به‌طوری‌که برای کنترل علف‌های هرز موجود از علف‌کش هالوکسی‌فوپ آر-متیل استر (سوپرگلانت) استفاده شد.

آماده‌سازی شامل شخم، دیسک‌زنی و تسطیح در آن انجام شد. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از آماده‌سازی زمین، از عمق صفر تا 90 سانتی‌متری نمونه خاک تهیه شد. نمونه خاک تهیه شده به آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی منتقل گردید و عملیات تجزیه و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن انجام گرفت. براساس نتایج آزمون خاک، به ترتیب 150، 60 و 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاسیم به خاک افزوده شده و توسط شیارساز با خاک مخلوط گردید. یک سوم از کود نیتروژن در ابتدای کاشت و مابقی آن در مرحله‌ی طولی شدن ساقه و تشکیل جوانه‌های گل به کار رفت. کاشت

جدول 1- میانگین دمای حداقل، حداکثر، کل و مجموع بارندگی از شهریور سال 92 تا تیرماه سال 93 در منطقه‌ی کاشت کلزا
Table 1- Low, high, total monthly temperature and total monthly rainfall from September 2013 to July 2014 in canola
(*Brassica napus* L.) planting area

سال Year	ماه‌های سال Months	میانگین دمای حداقل High monthly temp. (°C)	میانگین دمای حداکثر High monthly temp. (°C)	میانگین دمای کل Total monthly temp. (°C)	مجموع بارندگی Total monthly rainfall (mm)
2013	September	14.7	30.9	22.8	1.9
2013	October	6.6	22.5	14.6	3.8
2013	November	3.2	14.6	8.9	42.4
2013	December	-5.3	4.6	-0.3	37.3
2014	January	-10.5	-2.8	-6.7	0.3
2014	February	-4.2	5.7	0.7	12.8
2014	March	1.1	13.5	7.3	34.3
2014	April	3.7	15.9	9.8	22.7
2014	May	10.4	24.4	17.4	26
2014	June	13.8	29	21.4	13.1
2014	July	18.5	33.8	26.2	1.6

بوته‌ها در شرایط یکسانی از لحاظ نور تابیده شده قرار داشتند. دماسنج به فاصله‌ی حدود نیم متری از سطح برگ مورد نظر با زاویه 45 درجه به سوی آن نشانه‌گیری شد. در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک، تمام مساحت کرت‌ها با حذف اثرات حاشیه‌ی (حذف دو ردیف کناری و نیم متر از دو انتهای هر کرت) به روش دستی برداشت شد و صفاتی نظیر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین برای تمامی تیمارها شمارش شد. بدین منظور 10 بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب شده و میانگین آنها برای هر تیمار ثبت شد. بوته‌های مربوط به هر کرت به مدت چهار روز در فضای آزاد خشک شده و سپس دانه‌های موجود در خورجین جدا شدند. بوته‌ها همراه با دانه‌های مربوط به هر کرت به مدت 72 ساعت در داخل آون با دمای ثابت 70 درجه سانتی‌گراد خشک شدند. درنهایت، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف کلزا با توزین دانه‌ها و کل بوته‌های مربوط به هر کرت محاسبه شد. درمجموع، برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل، از نرم‌افزارهای آماری Minitab نسخه‌ی 17 و SAS نسخه‌ی 9.2 استفاده شد و مقایسه میانگین بین تیمارها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

برای تخمین رطوبت قابل استفاده موجود در خاک و اعمال تنش خشکی از روش وزنی استفاده شد، به‌طوری‌که با نزدیک شدن به مراحل حساس رشدی (گلدهی و خورجین‌دهی) با تعیین رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی در عمق صفر تا 90 سانتی‌متری (عمق توزیع ریشه‌های گیاه)، میزان آب قابل استفاده خاک کنترل شد. در تیمار بدون تنش زمانی اقدام به آبیاری شد که 50 درصد آب خاک از حد ظرفیت زراعی تخلیه شده بود، درحالی‌که در تیمارهای تحت تنش زمانی اقدام به آبیاری شد که 70 درصد آب خاک از حد ظرفیت زراعی کاهش یافته بود. آمار مربوط به محتوای آب خاک در منطقه‌ی کاشت کلزا در جدول 2 آمده است. در دوره‌ی اعمال تنش بارندگی مؤثری رخ نداد، ولی برای مهار بارندگی‌های احتمالی، روی کرت‌های تحت تنش پوشش پلاستیکی پیش‌بینی شده بود. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌های آبیاری و تنش، دو متر بین کرت‌ها و سه متر بین بلوک‌ها فاصله در نظر گرفته شد. هر بار پس از اعمال تنش، دمای برگ برای تمامی تیمارها با استفاده از دماسنج مادون قرمز مجهز به پرتو لیزری اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری دمای برگ پایین‌ترین برگ‌های اشکوب بالایی انتخاب شدند، به‌طوری‌که تمامی

جدول 2- خصوصیات مربوط به محتوای آب در عمق‌های مختلف خاک طی دو سال زراعی در منطقه کاشت کلزا
Table 2- Characteristics of soil water content in different depth of canola planting area for two consecutive years

سال زراعی Year	عمق خاک Soil depth (cm)	آب ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity (wt. %)	آب نقطه پژمردگی دائم Permanent wilting point (wt. %)	آب قابل استفاده Available water (wt. %)
2010-2011	0-30	27.3	13.7	13.6
	30-60	21.3	10.6	10.7
	60-90	14.8	7.4	7.4
2012-2013	0-30	25	13.7	11.3
	30-60	29	14.3	14.7
	60-90	28.7	14	14.7

نتایج و بحث

دمای تاج‌پوشه‌ی برگ

نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر دمای تاج‌پوشه‌ی برگ معنی‌دار ($p < 0/001$) می‌باشد (جدول 3). به‌طوری‌که بیشترین دمای تاج‌پوشه مربوط به تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی بود. با این حال، بین این تیمار و تیمار تنش در مرحله‌ی گلدهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 4). بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، تنزل تخرق منجر به افزایش دمای تاج‌پوشه می‌گردد (Carcova *et al.*, 1998). همچنین، اختلاف معنی‌داری بین دمای تاج‌پوشه‌ی برگ ژنوتیپ‌های مختلف کلزا ($p < 0/001$) مشاهده شد (جدول 3). به‌طوری‌که بیشترین دمای تاج‌پوشه مربوط به ژنوتیپ‌های HW101، L201، L210 و KR18 و کمترین آن نیز مربوط به ژنوتیپ KR4 بود (جدول 4). برش‌دهی اثر متقابل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در هریک از شرایط تنش نیز نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله‌ی گلدهی مابین ژنوتیپ‌های کلزا از نظر دمای تاج‌پوشه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول 3). در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های HW113، RS12، KR18، L210 و L5 دارای دمای تاج‌پوشه‌ی بیشتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها بودند. کمترین دمای تاج‌پوشه را نیز ژنوتیپ HW118 دارا بود. در شرایط تنش در مرحله‌ی گلدهی نیز ژنوتیپ‌های L201، HW101 و KR18 دمای تاج‌پوشه‌ی بیشتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها داشتند که نشان از تنظیم هدایت روزنه‌ای در این ژنوتیپ‌ها دارد. کمترین دمای تاج‌پوشه نیز در این شرایط متعلق به ژنوتیپ KR4 بود (جدول 5).

تعداد خورجین در بوته

تعداد خورجین در بوته نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی ($p < 0/001$) قرار گرفت (جدول 3). به‌طوری‌که بیشترین خورجین در بوته از تیمار بدون تنش خشکی و کمترین آن نیز از تیمار تنش در مرحله‌ی گلدهی بوته‌های کلزا به‌دست آمد (جدول 4). بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا نیز از نظر تعداد خورجین در بوته اختلاف

معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین خورجین در بوته متعلق به ژنوتیپ‌های L5 و HW118 بود. ولی بین آنها و سایر ژنوتیپ‌های کلزا به‌استثنای ژنوتیپ KS7 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول 4). در برش‌دهی اثر متقابل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در هریک از شرایط تنش نیز مشخص شد که تنها در شرایط تنش در مرحله‌ی گلدهی از نظر تعداد خورجین در بوته اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های کلزا وجود دارد (جدول 3). به‌طوری‌که بیشترین تعداد خورجین در بوته مربوط به ژنوتیپ‌های Karaj3، HW101، HW118 و L5 و کمترین آن نیز مربوط به ژنوتیپ KS7 بود. تنش خشکی در این مرحله‌ی رشدی موجب کاهش شدید تعداد خورجین در بوته‌ی ژنوتیپ‌های L210، KS7، L72 و KR4 شد و کمترین تأثیر را روی ژنوتیپ‌های Karaj1 و L183 داشت (جدول 5). به‌دلیل عرضه‌ی کمتر مواد فتوسنتزی، تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی باعث ریزش گل و تخمدان‌های در حال رشد می‌گردد. این نتایج، بیانگر این واقعیت است که گلدهی و مراحل اولیه‌ی نمو خورجین‌ها، از مراحل ضروری کلزا برای آبیاری بوده و در صورت عدم تأمین آب کافی در این مرحله، تعداد خورجین در واحد سطح، کاهش معنی‌داری خواهد یافت (Pasban Eslam *et al.*, 2000). تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی تأثیری روی تعداد خورجین در بوته‌ی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا نداشت (جدول 3).

تعداد دانه در خورجین

تأثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار نبود، ولی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا پاسخ‌های متفاوتی نسبت به تعداد دانه در خورجین نشان دادند (جدول 3). به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در خورجین از ژنوتیپ‌های RS12 و L146 حاصل شد. البته، بین این ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های HW113، Karaj1، L73، HW101، Karaj2، HW118، L210، Karaj3 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین تعداد دانه در خورجین نیز مربوط به ژنوتیپ L201 بود (جدول 4).

جدول 3- تجزیه واریانس و برش‌دهی اثر متقابل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در هریک از شرایط تنش (میانگین مربعات)

Table 3- Analysis of variance and slicing interactions between canola genotypes and drought stress (Mean square)

منبع تغییرات S. O. V.	درجه آزادی d.f	دمای تاج پوشه Canopy temp.	تعداد خورجین در بوته No. pods per plant	تعداد دانه در خورجین No. seeds per pod	وزن هزاردانه 1000-kernel wt.	ماده‌ی خشک گیاهی Dry matter	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	2.58	187.95	21.1	1.02	146385	1642157
تنش خشکی Drought stress (A)	2	1341.11***	279.90***	0.76 ^{ns}	0.35 ^{ns}	37569143 ^{ns}	65234266***
خطای a Error a	4	23.59	3.74	6.54	0.34	34591475	1815522
ژنوتیپ Genotype (B)	17	2.36***	15.05**	3.8*	0.03 ^{ns}	2902197*	741461***
AB	34	2.25***	14.40***	3.49*	0.07 ^{ns}	2590183*	545299***
خطای b Error b	102	1	7.03	2.18	0.05	1569798	96672
ضریب تغییرات C.V.	-	3.99	2.66	4.91	7.04	14.17	10.24
برش‌دهی اثر متقابل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا برای هر یک از شرایط تنش خشکی Slicing interactions between canola genotypes and drought stress							
بدون تنش خشکی No stress	17	2.96***	11.95 ^{ns}	4.04*	-	2471697 ^{ns}	1165486***
تنش در مرحله‌ی گلدهی Drought stress in flowering stage	17	2.56***	21.86***	2.87 ^{ns}	-	2282064 ^{ns}	275790***
تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی Drought stress in pod setting stage	17	1.33 ^{ns}	10.04 ^{ns}	3.85*	-	3328801**	390783***

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 1، 5، 10 درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.* and ** shows significantly different at $\alpha=0.05$ and $\alpha=0.01$, respectively and ^{ns} is not significantly different.

تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی کمتر از تعداد خورجین در بوته است.

وزن هزاردانه

تأثیر تنش خشکی بر وزن هزاردانه‌ی کلزا در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 3)، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در شرایط بدون تنش و کمترین آن نیز در شرایط وقوع تنش در مرحله‌ی گلدهی و خورجین‌دهی به‌دست آمد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). به‌نظر می‌رسد بوته‌های کلزا با کاهش تعداد خورجین در بوته و یا سایر اجزای عملکرد سعی در حفظ وزن هزاردانه‌ی خود داشته‌اند. تنش خشکی تأثیری بر وزن هزاردانه‌ی نخود نداشت، به‌طوری‌که در شرایط تنش از تعداد غلاف‌ها کاسته شده و مواد فتوسنتزی صرف پر شدن دانه‌های موجود شد (Sio-Se Mardeh *et al.*, 2014). تأثیر ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بر وزن هزاردانه‌ی کلزا معنی‌دار نبود (جدول 3).

برش‌دهی اثر متقابل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در هریک از شرایط تنش نیز نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی از نظر تعداد دانه در خورجین بین ژنوتیپ‌های کلزا در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول 3)، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در خورجین در شرایط بدون تنش به‌ترتیب از ژنوتیپ‌های L146، RS12 و Karaj1 و کمترین آن نیز از ژنوتیپ L210 حاصل شد. در شرایط تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی نیز بیشترین تعداد دانه در خورجین مربوط به ژنوتیپ RS12 و کمترین آن نیز مربوط به ژنوتیپ L72 بود (جدول 5). به‌طور کلی، در شرایط تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی بین ژنوتیپ‌های کلزا اختلاف چندان زیادی مشاهده نشد و تعداد دانه در خورجین در مقایسه با شرایط بدون تنش تغییرات اساسی نداشته و مقادیر آنها به یکدیگر نزدیک بود. (Fathi *et al.*, 2010) نیز در بررسی تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین و تغییرات این دو صفت در تیمارهای مختلف مشخص نمودند که تأثیرپذیری تعداد دانه در خورجین در اثر

جدول 4- تأثیر زمان وقوع تنش خشکی و نوع ژنوتیپ روی عملکرد و اجزای آن در کلزای پاییزه

Table 4- Effects of drought stress and genotype on canola yield and its components

تنش خشکی Drought stress	دمای تاج پوشه Canopy temp.	تعداد خورجین در بوته No. pods per plant	تعداد دانه در خورجین No. seeds per pod	ماده‌ی خشک گیاهی Dry matter (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)
بدون تنش خشکی No stress	19.23	101.93	29.87	9788.43	4255.63
تنش در مرحله‌ی گلدهی Drought stress in flowering stage	27.83	97.38	30.05	8211.16	2119.63
تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی Drought stress in pod setting stage	27.88	99.56	30.1	8529.33	2737.91
LSD (0.05)	2.59	1.03	1.37	3142.6	719.96
Genotypes					
HW113	25.08	100.92	30.47	8333.3	2693.67
RS12	25	99.18	31.06	8950.6	2781.02
Karaj1	24.83	98.77	30.22	8256.2	2888.73
KR18	25.39	99	29.22	8410.5	2777.47
L73	24.74	98.85	29.78	8487.7	3310.65
L72	24.52	98.89	29.33	9027.8	3635.93
HW101	26	99.77	29.89	9567.9	3199.23
L146	25	100	31	8623.4	3092.28
L210	25.39	99.63	29.89	8410.5	3161.11
L183	24.61	99.29	29.62	9336.4	3540.43
SW101	25.28	99	30.69	8642	3140.31
L5	24.94	101.14	29.56	9567.9	3162.96
L201	26	100.73	29	9103.6	2960.34
HW118	24.62	101.39	30.67	8906.3	3156.01
KR4	23.86	99.92	29.25	10090.9	2938.43
Karaj2	24.67	100.55	30.56	8008.9	2985.03
Karaj3	24.89	100.52	30.44	8179	2596.31
KS7	24.83	95.72	29.44	9270.7	2659.12
LSD (0.05)	0.93	2.48	1.38	1171.5	290.72

ماده‌ی خشک گیاهی

تأثیر تنش خشکی بر ماده‌ی خشک کلزا معنی‌دار ($p < 0/001$) بود (جدول 3)، به‌طوری‌که کمترین ماده‌ی خشک از تیمار تنش در مراحل گلدهی و خورجین‌دهی به‌ترتیب با 8211/16 و 8529/32 کیلوگرم در هکتار حاصل شد و بیشترین آن نیز مربوط به تیمار بدون تنش خشکی (9788/43 کیلوگرم در هکتار) بود (جدول 4). از نظر ماده‌ی خشک گیاهی بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا نیز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد مشاهده شد (جدول 3)، به‌طوری‌که بیشترین ماده‌ی خشک مربوط به ژنوتیپ KR4 و کمترین آن نیز مربوط به ژنوتیپ Karaj2 بود (جدول 4). برش‌دهی اثر متقابل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در هریک از شرایط تنش نیز نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله‌ی گلدهی بین ژنوتیپ‌های کلزا اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و تنها تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی موجب اختلاف در ماده‌ی خشک ژنوتیپ‌های کلزا شد (جدول 3). بیشترین

ماده‌ی خشک در شرایط تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی مربوط به ژنوتیپ‌های L201 و KR4 و کمترین آن نیز مربوط به ژنوتیپ‌های Karaj3 و Karaj2 بود. با این حال، در مقایسه با شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های HW101 و L201 کمترین کاهش در ماده‌ی خشک و ژنوتیپ‌های L72 و KR4 بیشترین کاهش را نشان دادند (جدول 5).

عملکرد دانه

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه‌ی کلزا در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 3)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی و کمترین آن نیز در شرایط تنش در مرحله‌ی گلدهی به‌دست آمد (جدول 4). مراحل گلدهی و نمو خورجین‌ها در کلزا از نظر نیاز گیاه به آب مراحل بحرانی می‌باشند، زیرا اعمال تنش در این مراحل به دلیل اثر نامناسب بر میزان جذب آسمیلات‌ها موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Blum, 2005).

پتانسیل فشاری است و در طی تنش کم آبی پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش می‌یابد که کاهش در پتانسیل آماس (تورگر) از انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت از مقدار آسمیلات ذخیره‌ای می‌کاهد که این امر آسیب‌پذیری تشکیل خورجین و دانه را در شرایط کم آبی افزایش می‌دهد (Basra and Basra, 1997).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد که تنش در مرحله‌ی گلدهی و خورجین‌دهی کلزا که در این مراحل نسبت به کمبود آب حساس است می‌تواند اجزای عملکرد کلزا را کاهش داده و متعاقباً عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دهد. در شرایط بدون وجود تنش، ژنوتیپ‌های L72، L146، L183، L210 و Karaj2 توانستند عملکرد قابل توجهی را تولید کنند و از این‌رو مناسب کاشت در زمین‌های فاریاب و با مقدار کافی بارندگی به‌خصوص در مراحل حساس فنولوژیکی می‌باشند. درحالی‌که، چنین ژنوتیپ‌هایی مناسب کاشت در زمین‌های خشک و نیمه‌خشکی نظیر اکثر مناطق ایران نمی‌باشند که با مشکل کم آبی نیز مواجه‌اند. در مقابل، ژنوتیپ‌هایی نظیر SW101، HW101، KR18 و Karaj3 با وجودی که نمی‌توانند نسبت به شرایط بدون تنش کم آبی به اندازه‌ی ژنوتیپ‌های فوق‌الذکر عملکرد دانه داشته باشند، ولی می‌توانند در شرایط وقوع تنش در مراحل حساس فنولوژیکی به‌خصوص گلدهی کمترین کاهش را داشته و عملکرد دانه‌ی خود را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بهتر حفظ کنند. البته، ژنوتیپ L183 نیز توانست عملکردی معادل با ژنوتیپ‌های مقاوم و متحمل به تنش داشته باشد، ولی مقدار کاهش عملکردی آن نسبت به شرایط بدون تنش بسیار زیاد بود. از این‌رو، از بین 18 ژنوتیپ مورد بررسی در این تحقیق برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم یا متحمل به تنش ژنوتیپ‌هایی چون SW101، HW101، KR18 و Karaj3 جزو بهترین گزینه‌ها قلمداد می‌شوند که می‌توان آنها را در مناطق مختلف کشور براساس تطابق آب و هوایی کاشته و کارهای اصلاحی بیشتری در این زمینه نیز روی آنها انجام داد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان و مسئولین محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی که در اجرای تحقیق حاضر و ارائه‌ی هرچه بهتر کیفیت مقاله ما را یاری کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا نیز از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول 3)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های L72 و L183 (به‌ترتیب با 3635/93 و 3540/43 کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن نیز مربوط به ژنوتیپ Karaj3 بود (جدول 4). در برش‌دهی اثر متقابل ارقام مختلف کلزا برای هریک از شرایط تنش مشخص شد که در شرایط تنش و بدون آن مابین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول 3)، به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های L72 و L183 دارای بیشترین و ژنوتیپ KS7 دارای کمترین عملکرد دانه بودند. انتقال مجدد ماده‌ی خشک در پر کردن دانه‌ها نقش مؤثری دارد و رفتار اندام‌های هوایی در انتقال مجدد مواد پرورده‌ی ذخیره شده به دانه متفاوت بوده و ساقه‌ها و برگ‌ها به‌ترتیب نقش بیشتری در انتقال مجدد ماده‌ی خشک و نیتروژن ایفا می‌کنند (Walton et al., 1999). رشد رویشی مناسب و توزیع مناسب مواد فتوسنتزی بین برگ، ساقه و ریشه‌ی ارقام پی. اف، هایولا 308، لیکورد و آپرا در مرحله‌ی قبل از گلدهی سبب شد تا در مراحل بعدی رشد بتوانند نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در پر کردن دانه‌ها و در نهایت عملکرد دانه برتر باشند (Monajem et al., 2011). از این‌رو، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط بدون تنش ماده‌ی خشک بیشتری تولید کردند، عملکرد دانه‌ی بالایی نیز در همین شرایط رشدی داشتند. تنش در مرحله‌ی گلدهی بیش از تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی روی عملکرد دانه‌ی ژنوتیپ‌های کلزا مؤثر بود و مقادیر آنها را کاهش داد. وقوع تنش کمبود آب از مرحله‌ی اواسط گل‌دهی تا رسیدگی محصول در کلزا باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌گردد (Pasban Eslam et al., 2000). ژنوتیپ‌های HW101 و SW101 دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش در مرحله‌ی گلدهی بودند و کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به ژنوتیپ L146 بود. تنش خشکی در این مرحله‌ی رشدی روی ژنوتیپ‌های L72، L146، L210 و Karaj2 بیشترین تأثیر و روی ژنوتیپ‌های KR18، SW101، Karaj3 و HW101 کمترین تأثیر را نسبت به شرایط بدون تنش داشت. ژنوتیپ‌های L146، L183 و HW118 دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش در مرحله‌ی خورجین‌دهی بودند و کمترین عملکرد دانه در این تنش نیز مربوط به ژنوتیپ KR4 بود (جدول 5). تنش در این مرحله‌ی رشدی منجر به بیشترین کاهش در عملکرد دانه‌ی ژنوتیپ‌های L72 و KR4 و کمترین کاهش در عملکرد دانه‌ی ژنوتیپ‌های HW101 و SW101 نسبت به شرایط بدون تنش شد. افزایش سقط جنین و کاهش تعداد بذر و خورجین به‌واسطه‌ی کاهش فراهمی مواد پرورده از دلایل مهم کاهش عملکرد دانه‌ی کلزا در شرایط تنش رطوبتی ذکر گردیده است (Diepenbrock, 2000). در واقع خشکی به‌طور غیرمستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها را کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره از آوند آبکش وابسته به

جدول ۵- مقایسه ژنوتیپهای مختلف کلزا در شرایط تنش و بدون آن روی عملکرد، اجزای آن و دمای تاج پوشه
Table 5- Canola genotypes comparison in drought and no stress condition on yield, its components and canopy temperature

ژنوتیپها Genotypes	دمای تاج پوشه Canopy temp. (°C)		تعداد خورچین در بوته No. pods per plant		تعداد دانه در خورچین No. seeds per pod		ماده خشک گیاهی Dry matter (kg ha ⁻¹)		عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	
	بدون تنش No stress	گلشی Flowering stage	بدون تنش No stress	گلشی Flowering stage	بدون تنش No stress	گلشی Flowering stage	بدون تنش No stress	گلشی Flowering stage	بدون تنش No stress	گلشی Flowering stage
خشکی Drought stress										
HW113	20.85 (0.71)	26.83 (1.01)	102.55	98.66 (1.54)	30.75 (0.21)	30.67 (0.88)	9722.22	8339.44 (1388.89)	3835.19 (261.11)	2018.06 (323.57)
RS12	20.33 (0.33)	27 (1)	101.66	98.99 (1.67)	31.33 (0.67)	32.67 (1.20)	9715.23	8564.81 (834.62)	4215.28 (466.72)	1726.39 (192.11)
Karaj1	19.67 (0.44)	27.67 (1.17)	98.33	98.44 (1.79)	31.33 (0.88)	29.33 (1.20)	8333.33	7638.89 (1747.65)	3800 (202.78)	2111.57 (104.26)
KR18	20.17 (0.73)	28.83 (0.17)	102.44	99.55 (1.44)	28.33 (0.67)	29.67 (1.45)	8564.82	9027.78 (400.94)	3487.5 (282.76)	2424.07 (323.84)
L73	19.33 (0.67)	27.23 (0.4)	101.33	98.89 (2.59)	30 (1)	29.33 (0.88)	9027.78	8796.3 (462.96)	4464.81 (567.24)	2411.57 (228.21)
L72	17.23 (0.23)	28 (0.5)	102.33	94.78 (2.25)	29 (0.58)	28 (0)	11111.11	8101.85 (1009)	5705.46 (264.65)	2275.93 (284.62)
HW101	19.67 (0.33)	29.17 (1.2)	102.31	99.55 (2.41)	30 (0.58)	30 (1)	9490.74	9490.74 (1620.37)	3987.04 (307.03)	2603.70 (218.83)
L146	19.33 (0.17)	28.33 (1.17)	101	98.66 (1.07)	32.33 (0.88)	29.67 (0.67)	8796.3	8509.04 (263.83)	4494.44 (280.34)	1661.11 (74.54)
L210	20 (0.58)	27.83 (0.93)	105.44	93.35 (2.14)	30.33 (1.45)	27.66 (0.66)	10185.19	7175.93 (1224.89)	4832.41 (196.87)	1832.41 (170.50)
L183	17.83 (0.44)	27.67 (0.88)	99.11	98.66 (3.28)	30.33 (0.74)	29 (1.53)	10879.63	9027.78 (1060.78)	5087.04 (108.64)	175.212417.13
SW101	18.83 (0.17)	28.33 (1.01)	101.22	95.22 (2.89)	29.67 (0.67)	30.75 (0.45)	10416.67	8564.81 (1669.24)	3734.72 (428.58)	2636.20 (304.18)
L5	20.17 (1.09)	27 (0.76)	102.22	99.44 (3.13)	29.33 (1.33)	30 (1.15)	9710.34	8796.3 (462.96)	4417.59 (180.42)	2141.20 (174.70)
L201	19.17 (0.44)	29.83 (0.44)	102.33	97.53 (1.11)	30.33 (0.88)	28.33 (0.88)	9739.52	9700.78 (834.77)	4176.39 (69.34)	1793.98 (318.71)
HW118	17.33 (0.83)	28 (0.29)	105.11	99.55 (0.67)	30 (0.58)	31.67 (0.88)	9705.25	7968.93 (1247.27)	4493.48 (170.19)	1872.69 (119.15)
KR4	18.83 (0.33)	25.75 (1.06)	104.22	97.66 (0.88)	28.75 (0.75)	30.33 (0.33)	12037.04	9716.31 (801.88)	4579.63 (437.85)	2219.91 (410.98)
Karaj2	18.67 (0.44)	28 (1)	101.56	97.55 (1.16)	30 (1.15)	31.33 (1.20)	9507.82	6944.44 (801.88)	4624.07 (197.82)	1784.26 (167.46)
Karaj3	19.33 (0.17)	27.67 (0.17)	103.44	100 (1.07)	29.67 (0.88)	30.33 (1.76)	9490.74	6481.48 (2018)	3448.20 (346.42)	2218.52 (317.72)
KS7	19.33 (0.33)	27.83 (0.73)	98.22	89.38 (1.12)	28.67 (0.33)	30.33 (0.33)	9716.54	9082.44 (481.03)	3418.11 (301.75)	2004.63 (269.05)

* اعداد داخل پرانتز مربوط به خطای استاندارد صفا آمارگیری شده می باشد.

* Standard errors are in parentheses.

References

1. Aliari, H., Shekari, F., and Shekari, F. 2000. Oil Seeds: Cultivation and Physiology. Amidi Press, Tabriz, Iran. (in Persian).
2. Basra, A. S., and Basra, R. K. 1997. Mechanism of environmental stress resistance in plants. Harwood Academic Publishers, Netherlands.
3. Betran, F. J., Beck, D., Banziger, M., and Edmeades, G. O. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. *Crop Science* 43: 807-817.
4. 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.
5. Carcova, J., Maddonni, G. A., and Ghersa, C. M. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Research* 55: 165-174.
6. Ceccarelli, S., and Grando, S. 1991. Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Euphytica* 57: 157-167.
7. Chaghakaboodi, Z., Zebajadi, A. R., and Kahrizi, D. 2012. Evaluation of rapeseed genotypes response to drought stress via callus culture. *Agricultural Biotechnology* 10 (2): 49-57. (in Persian with English abstract).
8. Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting at synthesis. *Trends in Plant Science* 5 (5): 187-188.
9. Debaeke, P., and Aboudrare, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. *European Journal of Agronomy* 21: 433-446.
10. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Field Crops Research* 67: 35-49.
11. Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., and Shirani Rad, A. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. *Agricultural Water Management* 96: 132-140.
12. Fathi, G., Moradi-Telavat, M. R., and Naderi Arefi, A. 2010. Rapeseed Physiology. Shahid Chamran University Press, Ahvaz, Iran. (in Persian).
13. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP 257-270. Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress", 13-16 August, Taiwan.
14. Khan, M. A., Ashraf, M. Y., Mujtaba, S. M., Shirazi, M. U., Khan, M. A., Shereen A., Mumtaz, S., Aqil Siddiqui, M., and Murtaza Kaleri, G. 2010. Evaluation of high yielding canola type Brassica genotypes/mutants for drought tolerance using physiological indices as screening tool. *Pakistan Journal of Botany* 42: 3807-3816.
15. Koocheki, A., Yazdansepe, A., and Nikkhah, H. R. 2006. Effect of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Science* 8: 14-29. (in Persian with English abstract).
16. Krogman, K. K., and Hobbs, E. H. 1975. Yield and morphological response of rape (*Brassica campestris* L. cv. Span) to irrigation and fertilizer treatments. *Canadian Journal of Plant Science* 55: 903-909.
17. Kumar, A., and Singh, D. P. 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. *Annals of Botany* 81: 413-420.
18. Ma, Q., Niknam, S. R., and Turner, D. 2006. Response of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 221-226.
19. Monajem, S., Ahmadi, A., and Mohammadi, V. 2011. Effects of drought stress in reproductive stages on photoassimilates partitioning of rapeseed (*Brassica napus*). *Electronic Journal of Crop Production* 3 (3): 163-178. (in Persian with English abstract).
20. Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B., and Kholdebarin, B. 2004. Some physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) to water deficit stress under laboratory conditions. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A* 28 (A1): 43-50.
21. Pasban Eslam, B. 2009. Evaluation of physiological indices, yield and its components as screening techniques for water deficit tolerance in oilseed rape cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology* 11: 413-422.
22. Pasban Eslam, B., Shakiba, M. R., Neishabouri, M. R., Moghaddam, M., and Ahmadi, M. R. 2000. Effects of water stress on quality and quantity characteristics of rapeseed. *Iranian Journal of Agricultural Science* 10: 75-85. (in Persian with English abstract).
23. Pourdad, S., Alizadeh, K., Azizineghad, R., Shariati, A., Eskandari, M., Khiavi, M., and Nabati, E. 2008. Study on drought resistance in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in different locations. *Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 12: 403-415. (in Persian with English abstract).
24. Rajaram, S., and van Ginkel, M. 2001. Mexico 50 years of international wheat breeding. PP 579-604 in A. P. Bonjean and W. J. Angus eds. *The world wheat book: A history of wheat breeding*. Lavoisier Publication, Paris, France.

25. Rathjen, A. J. 1994. The biological basis of genotype $\times$ environment interaction: its definition and management. Proceedings of the Seventh Assembly of the Wheat Breeding Society of Australia, Adelaide, Australia.
26. Sheykh, F., Turchi, M., Valizadeh, M., Shakiba M. R., and Pasban Eslam, B. 2005. Drought resistance evaluation in spring rapeseed cultivars. Journal of Agricultural Science 15 (1): 163-174. (in Persian with English abstract).
27. Simane, B., Struik, P. C., Nachit, M. M., and Peacock, J. M. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. Euphytica 71: 211-219.
28. Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G., and Zarei, H. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 2: 417-422.
29. Singh, D. P., Singh, P., Ashok, K., and Sharma, C. 1985. Transpirational cooling as a screening technique for drought tolerance in oil seed brassicas. Annals of Botany 56: 815-820.
30. Sio-Se Mardeh, P., Sadeghi, F., Kanouni, H., Bahramnejad, B., and Gholami, S. 2014. Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Science 16 (2): 91-108. (in Persian with English abstract).
31. Walton, G., Mendham, N., Robertson, M., and Potter, T. 1999. Phenology, physiology and agronomy. Chapter 3. PP 9-14 in P. A. Salisbury, T. Potter, G. McDonald, and A. G. Green eds. Canola in Australia: the first thirty years (Organizing Committee of the 10th International Rapeseed Congress: Canberra).
32. Wright, P. R., Morgan, J. M., and Jessop, R. S. 1996. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: Plant water relations and growth. Field Crops Research 49 (1): 51-64.
33. Xiao, Y. N., Li, X. H., George, M. L., Li, M. S., Zhang, S. H., and Zheng, Y. L. 2005. Quantitative trait locus analysis of drought tolerance and yield in maize in China. Plant Molecular Biology Reporter 23: 155-165.



Effects of Drought Stress on Canola (*Brassica napus* L.) Genotypes Yield and Yield Components

R. Khani¹- A. R. Sadeghi Bakhtvari²- B. Pasban Eslam³- V. Sarabi^{2*}

Received: 23-08-2016

Accepted: 06-02-2017

Introduction

Canola (*Brassica napus* L.) genotypes with wide adaptability to environmental conditions could play a major role in Iran's oilseed crop production. Selection of high performing genotypes is very important for developing canola cultivation. Water stress can reduce crop yield by affecting both source and sink for assimilation. Canola yield depends on genotype and environmental conditions and response of genotypes to environmental factors. Canola genotypes response to stress depends on the developmental stage and the events occurring prior to and during flowering stage. Resistance to water stress is divided to avoidance and tolerance. Some species are tolerable against water stress. In a while, other species respond ending life cycle, falling leaves and other reactions into water stress. Therefore, investigation of canola genotypes response to water stress in phenological growth stages can be valuable in order to determine resistant or tolerant genotypes.

Materials and Methods

In order to study the effect of drought stress on canola genotypes yield and its components, an experiment was conducted in 2013-2014 as a split plot based on randomized complete block design with three replications at the research farm, Agricultural and Natural Resources Research Center of East-Azərbayjan, Tabriz-Iran. Three levels of drought stress were considered as main plot (No-stress, stress at the flowering and pod setting growth stages) and 18 canola genotypes including HW113, RS12, Karaj1, KR18, L73, L72, HW101, L146, L210, L183, SW101, L5, L201, HW118, KR4, Karaj2, Karaj3 and KS7 as subplots. Flood irrigation was scheduled at 50% field capacity, 30 and 30% field capacity for no-stress, stress at the flowering and pod setting growth stages, respectively; i.e. soil moisture capacity was maintained at 30% by irrigating to 100% field capacity when available moisture reached 30% in drought stress treatments. An ANOVA was conducted using the PROC-GLM procedure in SAS ver. 9.2 and Minitab ver. 17 to test for normality. Means were separated using Fishers Least Significant Difference (LSD) set at a 0.05 significance level.

Results and Discussion

As expected, canola genotypes showed different responses to availability of water at flowering and pod setting growth stages. Results indicated that drought stress at flowering and pod setting growth stages had severe influence on canola genotypes yield and its components. L72, L146, L183, L210 and Karaj 2 genotypes tend to produce higher yields compared to other genotypes in no-stress conditions. Hence, these genotypes are suitable for planting in irrigated lands or place that enough precipitation downfall especially in their phenological growth stages. In contrast, these genotypes are not suitable for planting in arid or semi-arid regions like Iran, because the yields reduced severely in drought stress conditions. However, KR18, HW101, SW101 and Karaj3 genotypes could not produce as same yield as L72, L146, L183, L210 and Karaj2 genotypes in no-stress condition, they had minimum yield loss in susceptible phenological growth stages especially flowering growth stage compared to other genotypes. L183 genotype could produce yield similar to tolerant genotypes, but its yield loss was high in comparison with no stress condition.

Conclusions

Based on our findings in this study, KR18, HW101, SW101 and Karaj3 can be considered the best among other 18 genotypes in the selection of genotypes tolerant to drought stress occurring in flowering and pod setting stages. However, this study must be repeated in other climates and different drought stress conditions to acknowledge what we achieved in this research. After that, decision can be made about planting these genotypes tolerant in arid and semi-arid regions. In this regard, we can also do more comprehensive works can be done on breeding of these genotypes, because water crisis will be the future challenge in Iran.

Keywords: Flowering, Oil crops, Phenological stages, Pod setting, Yield loss

1- Graduated Master's degree, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

3- Associate Professor, Horticulture and Crops Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

(*- Correspondin Author Email: Sarabi20@azaruniv.edu)



تأثیر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی کاسنی (*Cichorium intybus*) در واکنش به تنش خشکی

نوید رضایی نیا^{1*} - محمود رمودی^{2*} - محمد گلوی³ - محمد فروزنده⁴

تاریخ دریافت: 1395/08/02

تاریخ پذیرش: 1395/11/04

چکیده

به منظور بررسی تأثیر انواع کودهای زیستی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب برخی عناصر غذایی در گیاه دارویی کاسنی تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی (چاه نیمه) دانشگاه زابل انجام شد. عامل اصلی تنش خشکی شامل آبیاری پس از 90، 70 و 50 درصد ظرفیت زراعی خاک و عامل فرعی انواع کودهای زیستی شامل شاهد (عدم کاربرد کود)، نیتروکسین به صورت بذر مال به میزان یک لیتر در هکتار، ریزموجودات مفید یا کود EM (Effective Microorganism) به میزان 40 لیتر در هکتار و نانوکلات پتاسیم (27 درصد) به میزان 10 کیلوگرم در هکتار به صورت محلول پاشی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کود بر محتوای رطوبت نسبی برگ، رنگدانه‌های فتوستنز، کاروتنوئید، درصد پروتئین، عملکرد گل، محتوای پرولین، کربوهیدرات محلول، فلاونوئیدهای برگ، جذب فسفر و پتاسیم به جز کلروفیل b معنی دار شد. با افزایش شدت تنش محتوای رطوبت نسبی برگ، رنگدانه‌های فتوستنز، کاروتنوئید، درصد پروتئین، عملکرد گل و جذب فسفر و پتاسیم کاهش، ولی محتوای پرولین، کربوهیدرات محلول و فلاونوئیدهای برگ افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ، رنگدانه‌های فتوستنز و عملکرد گل از تیمار آبیاری پس از 90 درصد ظرفیت زراعی خاک توأم با کاربرد EM و بیشترین درصد پروتئین از تیمار آبیاری پس از 90 درصد ظرفیت زراعی خاک توأم با استفاده کود نیتروکسین به دست آمد، در حالی که بیشترین محتوای پرولین و کربوهیدرات محلول از تیمار آبیاری پس از 50 درصد ظرفیت زراعی خاک توأم با کاربرد نانو کلات پتاسیم و بیشترین جذب پتاسیم و فسفر از تیمار آبیاری پس از 90 درصد ظرفیت زراعی خاک توأم با کاربرد نانو کلات پتاسیم حاصل شد. نتایج حاکی از آن است که با افزایش سطح تنش خشکی، کاهش معنی داری در جذب عناصر غذایی و رنگدانه‌های فتوستنز به وجود آمد. بیشترین میزان در این ویژگی‌ها از سطح تنش شدید خشکی حاصل شد. در مجموع می‌توان چنین استنباط کرد که استفاده از کودهای زیستی سبب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در گیاه دارویی کاسنی گردید.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، پرولین، درصد پروتئین، رنگدانه‌های فتوستنز، عملکرد گل

مقدمه

خاصی برخوردارند (Fayaz et al., 2010). کاسنی (*C. intybus* L.) یکی از گیاهان مهم و با ارزش دارویی متعلق به خانواده کاسنی⁵ است. از جمله خواص دارویی آن تقویت عمومی بدن، تقویت معده، تصفیه خون، دفع صفرا، کم اشتها، کم خونی و درمان مشکلات کبدی است (Hashemi-Nejad and Bahadori, 2010). آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد. کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات جدی به رشد و نمو و همچنین بر مواد مؤثره دارویی گیاهان وارد نماید (Omidbeige, 2000). در طی بروز

در سال‌های اخیر رویکرد استفاده از داروهای گیاهی موجب توجه بیشتر کشورهای جهان به شناسایی و بازگشت به طبیعت شده است. گیاهان دارویی گیاهانی هستند که برخی از اندام‌های آن‌ها حاوی مواد مؤثر است که خواص دارویی دارند که هم از لحاظ درمان و هم از نظر پیشگیری بیماری و در تأمین بهداشت و سلامتی جوامع از اهمیت

1. 2. 3 و 4- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و مربی، گروه زراعت، دانشگاه زابل
(*) - نویسنده مسئول:
(Email: mramroudi42@uoz.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.59774

است (Mohammadkhani and Heidari, 2007). به دلیل اثرات مضر که کودهای شیمیایی مرسوم بر محیط از نظر کمیت و کیفیت غذا ایجاد می کنند، مدت هاست که استفاده از آنها مورد انتقاد قرار گرفته است. کودهای زیستی گاه به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می توانند پایداری تولید نظام های کشاورزی را تضمین کنند (Han et al., 2006).

کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می شوند. این میکروارگانیسم ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می کنند (Wu et al., 2005) و باعث بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و بالا رفتن کمیت و کیفیت و افزایش مقاومت آن در برابر تنش های محیطی می شوند (Nagananda et al., 2010). کودهای آلی در شرایط تنش خشکی با افزایش میزان پروتئین، قندهای محلول و افزایش جذب عناصر معدنی پتاسیم و فسفر سبب کاهش اثر تنش خشکی و افزایش عملکرد گیاهان می گردد (El-Bassiouny and Shukry, 2001). کاهش شدید رشد ریشه تحت تنش خشکی مهم ترین دلیل کاهش جذب این عناصر در خاک توسط ریشه گیاه محسوب می گردد (Jafar-dokht et al., 2015). کود بیولوژیک نیتروکسین حاوی مؤثرترین باکتری های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* می باشد که علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر هورمون های تنظیم کننده رشد مثل اکسین، همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی بیوتیک، سیانید هیدروژن و سیدروفور سبب رشد و توسعه ریشه و اندام های هوایی و افزایش کمیت و کیفیت محصول می گردد (Sharifi and Haghnia, 2007). استفاده از ریزموجودات مفید (EM) همراه با کودهای آلی روش مناسبی برای تأمین و آزادسازی مواد غذایی از منابع کودی مورد استفاده می باشد. نتایج مطالعاتی نشان داد که تلقیح EM با خاک مزرعه علاوه بر افزایش کمی و کیفی محصول، کیفیت خاک را افزایش می دهد (Higa and Parr, 1994). نتایج تحقیقات متعدد حاکی از تأثیر مثبت محلول پاشی ریزموجودات مفید (EM) در مورد چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) (Agamy et al., 2013) و گوجه فرنگی (*Solanum lycopersum*) (Kleiber et al., 2014) می باشد. جهان بان و لطفی فر (Jahanban and Lotfifar, 2012) ضمن بررسی تأثیرات میکروارگانیسم های مؤثر EM بر کارایی کودهای شیمیایی و آلی در کشت ذرت علوفه ای دریافتند که استفاده آن، علاوه بر افزایش عملکرد، از آلودگی حاصل از کود شیمیایی جلوگیری می کند. نتایج تحقیقی نشان داد که کود EM علاوه بر افزایش عملکرد محصول، منجر به افزایش مقاومت گیاه در برابر پاتوژن ها می گردد (Bolięłowa and Gleń, 2008). با کاربرد

تنش خشکی و سوری به علت بالا رفتن غلظت املاح در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می شود. بنابراین در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می گردد (Sween et al., 2003). این کمبود عناصر باعث ایجاد اختلاف در فعالیت آنزیم های فیزیولوژیکی از جمله فتوسنتز، تنفس، سنتز ترکیبات آلی سنگین تر، اختلال در تولید و فعالیت آنزیم ها و به طور کلی اختلال در فعالیت های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی شده و در نتیجه تغییراتی در ماده مؤثره می گردد (Pirzad et al., 2006).

تنش خشکی از طریق کاهش توسعه برگ و شاخص سطح برگ، بسته شدن روزنه ها، کاهش هدایت روزنه ای، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل، سبب کاهش فتوسنتز می گردد. در شرایط تنش خشکی، مواد فتوسنتزی محدود شده، در نتیجه رشد و عملکرد گیاه کاهش می یابد (Ahmadian et al., 2010). یکی از کارهایی که گیاهان در مواجهه با تنش خشکی انجام می دهند سنتز و تجمع ترکیبات محافظت کننده های اسمزی شامل قندهای محلول، اسیدهای آمینه، بتاین و غیره می باشد (Bohnert and Jensen, 1996). معمولاً اکثر گیاهان در مقابله با تنش ها از جمله تنش سوری، خشکی (Chandra et al., 2004) دمای بالا (Ruiz et al., 2002) و کمبود مواد غذایی (Sanchez et al., 2002) پروتئین را افزایش می دهند. تجمع پروتئین آزاد، پاسخی به تنش خشکی در گیاهان می باشد (Vendruscolo et al., 2007). تنش باعث کاهش سنتز کلروفیل شده که از طریق کاهش ساخته شدن کلروفیل اثر مستقیمی بر فتوسنتز دارد (Babaei et al., 2010). کاهش رنگرزه ها به واسطه افزایش تولید رادیکال های آزاد اکسیژن است، که این رادیکال های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل ها می گردند (Schutz and Fangmir, 2001). مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش خشکی کاهش یافته و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می شود (Zarco Tejada et al., 2000). در بررسی تنش خشکی در گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول مربوط به تنش شدت خشکی بود (Bahramzadeh Aliabad, 2013). در شرایط بدون تنش رطوبتی افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه دارویی بادرنجویه (*Melissa officinalis*) و گیاه دارویی بادرشيو (*Dracocephalum moldavica* L.) توسط سایر محققین گزارش شده است (Ardakani et al., 2007; Safikhani, 2007). مشخص گردیده است که تنش های محیطی سبب به هم زدن تعادل عناصر غذایی در گیاهان می شود (Grattan and Grieve, 1999). در این شرایط تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان از طریق کودها می تواند رشد گیاه را تا حدودی بهبود بخشد (Chaudhary et al., 1999). مدیریت تغذیه گیاهی در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید گیاهان زراعی و دارویی

کودها و آلودگی‌های ناشی از مصرف زیاد آن‌ها می‌باشد (Alizadeh Sahzabi et al., 2007). هدف از این تحقیق بررسی کودهای زیستی و نانو بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب برخی عناصر غذایی در گیاه دارویی کاسنی در شرایط کم آبی در سیستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 94-1393 در مزرعه آموزشی-تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در زهک (چاه نیمه) در خاک شنی لومی اجرا گردید. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش 61 درجه و 29 دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی 31 درجه و 13 دقیقه شمالی و در ارتفاع 498/2 متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر آب و هوا، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. متوسط بارندگی در آن 58/9 میلی‌متر در سال، متوسط دمای سالانه آن 22 درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سالانه آن 4865 میلی‌متر است.

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کشت، تعداد 10 نمونه از نقاط مختلف مزرعه از عمق 0-30 سانتی‌متری انجام شد و سپس یک نمونه مرکب انتخاب و به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده منتقل و تجزیه فیزیکی و شیمیایی تعیین گردید (جدول 1).

نانوکودها به‌عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به‌تدریج و به‌صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند. استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارایی مصرفی عناصر غذایی، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (Naderi and Abedi, 2012).

یکی از وظایف مهم پتاسیم نقش حفاظتی آن در جلوگیری از تخریب سلول در برابر گونه‌های فعال اکسیژن است. کلروپلاست‌ها در تولید افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در تنش‌های محیطی ازجمله خشکی، کمبود عناصر غذایی و شوری نقش دارند، این گونه‌های فعال اکسیژن به شدت سمی بوده باعث تخریب غشاءهای سلولی، کاهش میزان کلروفیل، کلروزه و نکروزه شدن برگ‌ها می‌شوند. پتاسیم به‌وسیله افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده، این گونه‌های فعال را خنثی می‌نماید (Hu and Schmidhalter, 2005). کمبود پتاسیم به‌علت کاهش هدایت روزنه‌ای، افزایش مقاومت مزوفیلی، کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن باعث کاهش فتوسنتز شده و در شرایط نوری شدید نیاز به جذب پتاسیم، به‌منظور بالا بردن بازده دستگاه فتوسنتزی و انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای، افزایش می‌یابد (Cakmak, 2005; Hu and Schmidhalter, 2005). اگر تنش خشکی با کمبود پتاسیم همراه شود، این صدمه‌ها شدیدتر خواهد شد و پتاسیم تحمل به کم آبی را در گیاهان القا می‌کند (Zheng et al., 2008). کودهای زیستی، علاوه بر افزایش کیفیت محصول، بهترین راه برای جلوگیری از مصرف

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil Physical and chemical analysis

بافت خاک Soil texture	P	K	N	ماده آلی Organic matter	pH	هدایت الکتریکی EC
	ppm			%		dS.m ⁻¹
لومی شنی Sandy loam	12	135	0.06	0.59	7.8	2.5

سانتی‌متر بود. بذر کاسنی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. زمین مورد نظر در اوایل فصل پاییز 93، توسط گاو آهن برگردان‌دار شخم عمیق و سپس در اسفند ماه برای نرم کردن خاک و کلوخه‌ها دو بار دیسک عمود برهم زده شد. کاشت بذر با دست و به‌صورت ردیفی در اواسط اسفند ماه انجام شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی هر هفت روز یکبار به‌صورت نشتی تا استقرار گیاه انجام شد. پس از رشد گیاه به حد کافی (40-30 روز بعد از کاشت) تیمارهای خشکی اعمال شدند. برای اعمال تیمار تنش خشکی از دستگاه TDR مدل TRASE SYSTE استفاده شد. بعد از سبز شدن گیاهچه‌ها و پس از ساقه‌دهی EM و نانو کلات به‌صورت

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در پژوهشکده کشاورزی (چاه نیمه) انجام شد. عامل اصلی تنش خشکی شامل: آبیاری بر اساس 90، 70 و 50 درصد ظرفیت زراعی خاک و عامل فرعی انواع کودهای زیستی شامل: شاهد (عدم کاربرد کود)، نیتروکسین به‌صورت بذر مال به میزان یک لیتر در هکتار، ریزموجودات مفید (کود EM) به‌صورت محلول‌پاشی 40 لیتر در هکتار و نانو کلات پتاسیم (27 درصد) به میزان 10 کیلوگرم در هکتار بودند (Jafarzadeh et al., 2013). هر کرت آزمایشی دارای 4 ردیف کاشت با فاصله ردیف 50 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف 20

پروتئین تحت تنش آبی است (Jiang and Zhang, 2002). می توان دلیل بالا بودن پروتئین با کاربرد نیتروکسین را جذب سریع تر نیتروژن توسط گیاه و افزایش غلظت نیتروژن در اندام هوایی ذکر کرد که با نتایج (Stancheva and Dinev, 2003) در ذرت مطابقت دارد. نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارا بوده و از طرفی مهم ترین عنصر در سنتز پروتئین ها می باشد و افزایش آن در شرایط مطلوب تا حد مشخصی، موجب افزایش میزان پروتئین می گردد (Ghobadi, 2010). در تحقیقی روی چای ترش (Hibiscus sabdariffa L.) بیان گردید که کاربرد همزمان دو نوع کود زیستی نیتروبین و فسفورین همراه با کود دامی موجب افزایش میزان پروتئین دانه آن شد (Gendy et al., 2012). بیشترین مقدار پروتئین و عملکرد دانه در کودی پوست کاغذی (Cucurbita pepo L.) از مصرف تلفیقی کودهای نیتروکسین، فسفات بارو 2، تیوباسیلوس و کود دامی به دست آمد (Aghaei et al., 2009). استفاده از ریزوباکتری های تحریک کننده رشد گیاه سبب افزایش درصد پروتئین، عملکرد میوه و دانه در کودی پوست کاغذی گردید (Jahan et al., 2007).

کلروفیل a و کل: میزان کلروفیل a و کل تحت تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن ها در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول 2). نتایج حاکی از آن است که بیشترین مقدار کلروفیل a و کل در آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی با کاربرد کودی EM و کمترین آن از تنش شدید خشکی و عدم مصرف کود حاصل شد (جدول 3). در تحقیقی که در ارتباط خشکی و تنش اکسیداتیو ناشی از آن با پیری برگ در گیاه دارویی مریم گلی انجام گردید، گزارش شده است که تنش خشکی باعث بروز علائم پیری در برگ می شود. این علائم شامل افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، کاهش میزان کلروفیل، فتوستنز و کاهش شدید آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی شامل β -کاروتنو- α توکوفرول می باشد (Munne-Bosch and Alegre, 2004). از عوامل مهم برای فتوستنز به شمار می رود. در این بین بسته به شدت، مدت و مرحله رشدی، تأثیر خشکی بر هر کدام از مقادیر کلروفیل ها در گیاهان متفاوت است. با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش، ولی نسبت کلروفیل a به کلروفیل b افزایش می یابد. گزارش شده است که افزایش این نسبت موجب تیره شدن برگ ها و افزایش عدد کلروفیل متر خواهد شد (Munne-Bosch et al., 2000). افزایش رنگیزه های فتوستنزی به وسیله کاربرد ریزوموجودات مفید در چغندر قند گزارش گردیده است (Agamy et al., 2013). نتایج تحقیقی روی گیاه دارویی بادرشو نشان داد کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می تواند به دلیل کاهش سطح فتوستنرکننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه

محلول پاشی، پس از تنک در مرحله چهار تا پنج برگی انجام شد و وجین علف های هرز در طول دوره رشد با دست انجام گرفت. با ظهور گل ها، از یک متر مربع وسط هر کرت بعد از حذف حاشیه ها، گل های شکفته شده برداشت شدند. برداشت گل ها به صورت تدریجی و طی چهار مرحله انجام شد، زیرا کاسنی دارای رشد نامحدود بوده و به تدریج گل های آن باز می شود، گل ها در سایه خشک شدند و عملکرد گل تعیین گردید. به منظور بررسی ویژگی های مورد مطالعه پنج بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و محتوای نسبی آب برگ در مرحله گلدهی کامل، کلروفیل و کاروتنوئید از روش آرنون (Arnon, 1976)، پروتئین از روش برآفورد (Bradford, 1976)، پرولین با استفاده از روش بیتس و همکاران (Bates et al., 1973)، میزان کربوهیدرات محلول با استفاده از روش کرپسی و همکاران (Kerepsi et al., 1996) و فلاونوئیدها (Krizek et al., 1998) تعیین گردید، برای میزان فسفر و پتاسیم برگ از روش خاکستری گیری خشک استفاده شد. داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS 9.2 تجزیه و با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه میانگین ها انجام گرفت.

نتایج و بحث

محتوای نسبی رطوبت برگ: نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش آن ها در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای نسبی رطوبت برگ معنی دار شد (جدول 2). به طوری که کاربرد EM در شرایط عدم تنش بیشترین و شاهد کودی با تنش شدید کمترین میزان محتوای نسبی رطوبت برگ را نشان دادند (جدول 3). در بررسی برهمکنش تیمار آبیاری و کود زیستی مشخص گردید که در سطوح تنش خشکی، کاربرد کود نسبت به تیمار عدم مصرف کود برتری داشت. این نتایج حاکی از آن است که کود زیستی با بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله افزایش ظرفیت آب در خاک می تواند تا حدودی از اثرات تنش خشکی بکاهد (Nazari nasi et al., 2012).

درصد پروتئین برگ: درصد پروتئین برگ شدیداً تحت تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن ها در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول 2). طبق مقایسه میانگین ها بیشترین درصد پروتئین برگ از آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی توأم با کاربرد کود نیتروکسین و کمترین آن مربوط به تنش شدید و عدم کاربرد کود زیستی حاصل شد (جدول 3). نتایج مطالعه ای نشان داد که کاهش پتانسیل آبی برگ منجر به کاهش میزان پروتئین شده و مقادیر آمینواسیدهای آزاد که همگی تقریباً در ساختار پروتئین ها موجود هستند، را افزایش می دهد، نظیر ایزولوسین، لوسین، والین، فنیل آلانین، گلوتامین و هیستیدین که این مسأله نشان دهنده هیدرولیز

جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی باشد (Safikhani, 2007).

جدول 2- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گل گیاه دارویی کاسنی تحت تأثیر تنش خشکی و کود زیستی
Table 2- Analysis of variance for physiological traits and flower yield of *Cichorium intybus* under drought stress and bio-fertilizer

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	رطوبت نسبی برگ Relative water content	درصد پروتئین Protein percentage	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	عملکرد گل Flower yield
تکرار Rep	2	31.90	0.004	0.72	0.25	0.52	0.04
تنش خشکی Drought stress (D)	2	2203.24**	2.25**	63.40**	2.49**	89.54**	1976.63**
خطای a Ea	4	39.29	0.001	0.05	0.05	9.15	4.56
کود زیستی Bio-fertilizer (B)	3	152.11**	1.63**	7.09**	0.38**	9.26 **	3401.10**
تنش × کود D × B	6	71.35*	0.02**	0.99**	0.04 ^{ns}	1.006**	47.80**
خطای b Eb	18	24.21	0.001	0.04	0.04	1.106	3.55
CV(%)	-	6.92	1.57	2.58	12.52	2.47	1.13

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

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

جدول 3- مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش خشکی و کودهای زیستی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گل کاسنی
Table 3- Comparison means of interaction between drought stress and bio-fertilizer for physiological traits and flower yield of *Cichorium intybus*

Drought stress (%F.C)	Bio-fertilizer	رطوبت نسبی برگ Relative water content (%)	درصد پروتئین Protein percentage	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	عملکرد گل Flower yield (kg ha ⁻¹)
90	Control	82.19abc	2.057c	9.505c	11.22c	153.86h
	Nitroxin	83.80ab	2.813a	11.187b	13.53b	170.70de
	EM	87.43a	2.716b	11.924a	14.10a	208.20a
	K	82.66abc	2.489c	11.221b	13.16b	180.98c
70	Control	70.73de	1.250h	7.071ef	8.39g	144.11i
	Nitroxin	65.12e	2.236d	7.407e	9.27f	164.94f
	EM	78.13bcd	1.789d	8.132d	9.96d	185.66b
	K	74.26cd	2.203d	8.028d	9.61d	172.94de
50	Control	48.16f	1.093h	5.025f	6.08i	131.31g
	Nitroxin	62.43e	1.095g	6.036g	7.18h	146.18i
	EM	64.68e	2.087c	7.015f	8.33g	174.85d
	K	52.59f	1.509e	8.073d	9.09f	158.90g

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (p<0.05) نمی‌باشند

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

میزان کلروفیل b مربوط به تیمار آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان کلروفیل از تیمار تنش شدید حاصل شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار آن مربوط به کاربرد کود

کلروفیل b: تأثیر تنش خشکی و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر مقدار کلروفیل b معنی‌دار شد (جدول 2). براین اساس با افزایش شدت تنش از میزان آن کاسته شد، به‌طوری‌که بیشترین

شاخه‌های گل‌دار و گل در گیاه دارویی کاسنی می‌شود. کاهش عملکرد گل خشک در تیمارهای تحت تنش آب، ناشی از افت وزن خشک بخش‌های رویشی به واسطه افزایش رقابت برای جذب آب بود و عملکرد ماده خشک را کاهش می‌دهد (Safikhani, 2007). گورسکی و کلیبر (Gorski and Kleiber, 2010) گزارش نمودند که ریزموجودات مفید، به علت اثر مثبت و در عین حال معنی‌دار، بر رشد و عملکرد گیاهان سودمند باشد. محلول‌پاشی ریزموجودات مفید اثر مثبتی بر تعداد گل و گل‌آذین‌های تشکیل‌شده دارد (Shokouhian et al., 2013). بروز تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ می‌شود و در نتیجه جذب نور نیز کاهش می‌یابد و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش خواهد یافت. بنابراین با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، تولید ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد.

کاروتنوئید: نتایج نشان داد که تنش خشکی، کود زیستی در سطح یک درصد و برهمکنش آن‌ها در سطح پنج درصد بر کاروتنوئید معنی‌دار شد (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که مقدار کاروتنوئیدها در اثر افزایش سطوح خشکی افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین مقدار در تنش ملایم با کاربرد کود نیتروکسین و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی و عدم اعمال تیمار کودی بود (جدول 6). کاروتنوئیدها شامل بتا کاروتن و گزانتوفیل‌ها، آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست با وزن مولکولی کم در کلروپلاست هستند که غشاءهای کلروپلاستی را در مقابل تنش اکسیداتیو محافظت می‌کنند. کاروتنوئیدها علاوه بر نقش ساختمانی و جذب نور می‌توانند به‌صورت مستقیم اکسیژن یکتایی را غیرفعال کنند و یا از طریق فرو نشاندن کلروفیل برانگیخته شده، به‌صورت غیر مستقیم از تشکیل اکسیژن یکتایی جلوگیری کنند (Malek ahmadi et al., 2005).

پروکلین: محتوای پروکلین تحت تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول 5). با افزایش تنش خشکی محتوای پروکلین برگ افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین محتوای پروکلین در تنش شدید با کاربرد EM و کمترین آن از تیمار آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی با عدم کاربرد کود به‌دست آمد (جدول 6). یکی از مکانیسم‌های کارآمدی که گیاه به هنگام مواجهه با خشکی، برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی به خدمت می‌گیرد، تنظیم اسمزی است. در طی این پدیده فیزیولوژیکی، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش، در اثر انباشت یک سری مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین فشار اسمزی سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری می‌شود (Omidi, 2010). نتایج حاصل با نتایج ویو و گارگ (Wu and Garg, 2003) مطابقت دارد، آن‌ها اظهار داشتند در طی تنش خشکی دراز مدت، انتقال مواد به علت کاهش آب قابل دسترس، منجر به تغییر غلظت برخی از

زیستی نیتروکسین بود (جدول 4). با افزایش تشکیل ROS در کلروپلاست در اثر تنش خشکی، میزان تخریب غشاءهای کلروپلاستی نیز افزایش می‌یابد. از این‌رو در اثر تنش خشکی تخریب کمپلکس پروتئینی Chl a/b و در نتیجه کلروفیل b نیز افزایش پیدا می‌کند. کاهش مقدار کلروفیل در طی مراحل پیری و در اثر تنش خشکی در گیاهان نیز گزارش شده است (Buchanan-Wollaston et al., 2003). کودهای زیستی و از جمله کود EM موجب پایین آمدن pH خاک می‌گردد (Sandra et al., 2002). کودهای زیستی با تأمین نیازهای غذایی موجودات ذره‌بینی خاک، سبب افزایش آن‌ها شده و در نتیجه به کاهش pH خاک می‌انجامد و بر میزان جذب عناصر غذایی از جمله Fe, Mn و Mg که در سنتز کلروفیل نقش مهمی ایفا می‌کنند، می‌افزاید و سرانجام سبب می‌شوند که سنتز کلروفیل افزایش یابد (Sanchooli, 2007). بنابراین تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و به‌ویژه نیتروژن افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه را به‌دنبال خواهد داشت که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی قادرند اثر تنش‌های محیطی مانند خشکی، سرما، گرما، شوری را نیز تعدیل نمایند (Ghollarata and Raiesi, 2007).

جدول 4- مقایسه میانگین کلروفیل b گیاه دارویی کاسنی تحت تنش

خشکی و تیمارهای کودهای زیستی
Table 4- Comparison means for chlorophyll b of *Cichorium intybus* under drought stress and Bio-fertilizers

Treatments	کلروفیل b (mg g ⁻¹ FW)
Drought stress (%F.C)	
90	2.04a
70	1.65b
50	1.13c
Bio-fertilizer	
Control	1.36c
Nitroxin	1.78a
EM	1.77a
K	1.55b

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

عملکرد گل: تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد گل خشک کاسنی معنی‌دار شد (جدول 2). به‌طوری‌که شاهد و سطح تنش شدید کمترین عملکرد گل و تیمار EM و شرایط عدم تنش نیز بیشترین آن را تولید کردند (جدول 3). دلیل این امر را چنین می‌توان بیان کرد که گیاه برای تولید سرشاخه‌های گلدار نیاز به رشد رویشی مناسب دارد و به‌نظر می‌رسد که کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش خشکی سبب کاهش عملکرد سر

فرآورده‌ها لازم هستند، مواد بیشتری را از خاک جذب کند و گیاه با اثرات سوء تنش کمتری مواجه شود که در این بین کود نانو به جهت رهاسازی آسان و سریع‌تر عناصر مورد نیاز در تولید قندها و کربوهیدرات‌های محلول و دیگر ترکیبات مهم پیش‌تاز بوده و از کودهای آلی نیز قوی‌تر عمل کرده است. بهرام‌زاده علی‌آباد (Bahramzadeh, 2013) در مطالعه واکنش گیاه دارویی زیره سبز تحت تنش خشکی نشان داد بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول مربوط به تنش شدید بود. او دریافت که اگر کربوهیدرات‌های محلول از نوع مونوساکارید یا دی‌ساکارید باشند، این موضوع دلیلی بر این است که قندها نقش مهمی در تنظیم اسمزی در گیاهان بازی می‌کنند. یافته‌های حاصل نمایانگر تأثیر مثبت استفاده از کودهای زیستی بر افزایش مقدار کربوهیدرات‌های محلول در گیاه دارویی کاسنی است. این نتیجه در تحقیقات گندی و همکاران (Gendy et al., 2012) و حاسان (Hassan, 2009) روی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) نیز گزارش شده است.

فلاونوئید: تأثیر تنش خشکی، کود و برهم‌کنش آن‌ها از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد بر محتوای فلاونوئید معنی‌دار شد (جدول 5). بر این اساس بیشترین مقدار فلاونوئید از اعمال تنش شدید توأم با کاربرد کود EM و کمترین مقدار از تیمار آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف کود حاصل شد (جدول 6). با توجه به نتایج این تحقیق با افزایش شدت تنش خشکی ترکیبات فنولی به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه افزایش یافت. فلاونوئید از فنیل آلانین و مالونیل کوآنزیم A سنتز می‌گردد. که به‌عنوان یک شاخص بالقوه برای تحمل به تنش است (Cheruiyot et al., 2007). ترکیب‌های فنولی شامل گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه هستند که بسیاری از ترکیب‌های فنل، فلاون‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها و لیگنین‌ها و حتی اسیدهای آمینه حلقوی مانند تریئوفان، تیروزین و پرولین را شامل می‌شوند. این ترکیب‌ها دارای نقش‌های متعدد اکولوژیکی و فیزیولوژیکی نظیر نقش‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Andre et al., 2009). زمانی که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد مقدار زیادی از گونه‌های فعال اکسیژن مانند آنیون سوپراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن تولید می‌شود. در بسیاری از گیاهان سیستم آنزیمی برای از بین بردن این رادیکال‌ها فعال می‌شوند (Jubany et al., 2010). پیش از آن‌که سیستم آنزیمی وارد عمل شود، فلاونوئیدها دست به‌کار شده و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی به‌طور مستقیم در پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کند. خواص آنتی‌اکسیدانی فلاونوئیدها به اثر بازدارندگی آنها در تنفس میتوکندریایی برمی‌گردد (Sangtarash et al., 2009). تحت تنش خشکی و کاربرد باکتری (*Pseudomonas putida*) به‌واسطه تولید فیتوهورمون‌ها افزایش میزان فلاونوئید و

متابولیت‌ها می‌شود. از سوی دیگر میزان محلول‌های سازگار به خشکی نظیر قندها، آمینواسیدهای ویژه نظیر پرولین، گلیسین و بتائین افزایش می‌یابد. پرولین به‌خاطر ایفای نقش اسمزی، اثرات مفیدی را در گیاهان تحت تنش ایفا می‌کند. تجمع قندهای محلول در این شرایط، به تنظیم اسمولاریته درون سلول‌های گیاه کمک می‌کند و موجب حفظ و نگهداری مولکول‌های زیستی و غشاءها می‌شود. از جمله پاسخ‌های گیاهان در برابر این نوع تنش، افزایش سطح پرولین و القای فعالیت آنزیم‌های ضداکسیداسیون از جمله پراکسیداز است. تجمع پرولین در تمام اندام‌های گیاهان در طی تنش خشکی بالا می‌رود. با این وجود میزان تجمع آن در برگ‌ها بیش از سایر اندام‌ها است. پرولین اسیدآمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم است و احتمالاً در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌های درون سلول در طی تنش خشکی نقش مؤثری دارد. استعمال برگی پتاسیم نیز به‌طور معنی‌داری محتوای پرولین گیاه افزایش داد (Thalooth et al., 2006). اسید آمینه پرولین یکی از مهم‌ترین اسمولیت‌های سازگار و مؤثری است که در تحمل به تنش‌های محیطی نظیر خشکی نقش مهمی دارد (Omidi, 2010). محلول‌پاشی پتاسیم و روی در شرایط تنش خشکی باعث تولید بیشتر پرولین، قندهای آزاد محلول و حفظ محتوای نسبی آب برگ در گل‌رنگ شد (Abedi baba arabi et al., 2011).

کربوهیدرات محلول در برگ: تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و برهم‌کنش آن‌ها در سطح یک درصد بر محتوای کربوهیدرات محلول معنی‌دار شد (جدول 5). با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول مربوط به تنش خشکی شدید توأم با کاربرد کود نانوکلات پتاسیم و کمترین آن مربوط به شرایط آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود مشاهده گردید (جدول 6). مقدار کلیه قندهای آزاد گیاهان تحت تنش در مراحل مختلف رشد (رویشی و گلدهی) به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان بدون تنش بالاتر است. علت زیاد شدن کربوهیدرات محلول در اثر تنش زیاد این است که گیاه فشار اسمزی داخلی خود را بالا می‌برد تا بتواند از خاک مواد غذایی و آب جذب کند. پتاسیم سبب می‌شود تا انتقال مواد فتوسنتزی به سمت برگ‌ها بیشتر شده و گیاهانی که کمبود پتاسیم دارند اغلب دارای نیتروژن زیاد و کمبود کربوهیدرات محلول هستند که این وضعیت تولید ریشه‌ها را کاهش می‌دهد و سبب کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود (Gelder and Van gelder, 2006). محمد و نسیم (Mohammad and Naseem, 2006) اظهار داشتند که اثر افزایش کاربرد پتاسیم بر افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز منجر به شکل‌گیری کارآمد مولکول‌های نیتروژن‌دار مسئول برای ساخت پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می‌شود که در فتوسنتز، انتقال قندها از آوند آبکش به دیگر قسمت‌های گیاه برای مصرف و ذخیره ATP مصرفی در بین دیگر

افزایش مقاومت در سویا (*Glycine max*) در شرایط تنش گزارش شده است (Sang-Mo et al., 2014).

جدول 5- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک و عناصر غذایی گیاه دارویی کاسنی تحت تأثیر تنش خشکی و کود زیستی
Table 5- Analysis of variance for physiological traits and nutrient of *Cichorium intybus* under drought stress and bio-fertilizer

ضریب تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	پرولین Proline	فلاونوئید Flavonoid	کربوهیدرات محلول Carbohydrate	کاروتنوئید Carotenoid	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium
تکرار Rep	2	0.020	97.40	303.64	0.30	0.169	444.29
تنش خشکی Drought stress (D)	2	0.75**	36316.99**	26684.67**	5.04**	1.114**	217814.32**
خطای Ea	4	0.008	3.85	0.88	0.08	0.042	1064.38
کود زیستی Bio-fertilizer (B)	3	0.081**	2334.65**	2811.70**	10.40**	0.418**	23441.44**
تنش × کود D × B	6	0.04**	110.43**	72.80**	0.19*	0.146**	6583.98**
خطای Eb	18	0.0057	4.51	4.26	0.05	0.017	1090.95
CV (%)	-	13.30	1.40	1.01	6.95	14.35	7.85

*, ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح 5 و 1 درصد و عدم معنی‌داری

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

جدول 6- مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش خشکی و کودهای زیستی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عناصر غذایی کاسنی
Table 6- Comparison means of interaction between drought stress and bio-fertilizers for physiological traits and nutrient of *Cichorium intybus*

Drought stress	Bio-fertilizer	پرولین Proline ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$)	فلاونوئید Flavonoid (%)	کربوهیدرات محلول Carbohydrate ($\text{mg g}^{-1}\text{FW}$)	کاروتنوئید Carotenoid ($\text{mg g}^{-1}\text{FW}$)	فسفر Phosphore (%)	پتاسیم Potassium (ppm)
90	Control	0.309 f	73.74l	129.60l	2.37g	0.730def	396.48e
	Nitroxin	0.352f	89.51k	146.67k	4.32bc	1.364b	536.97bc
	EM	0.372ef	99.71j	164.86g	3.56ef	1.086c	574.77b
	K	0.418def	116.42i	179.42i	3.24f	1.734a	635.43a
70	Control	0.477def	135.40h	183.88h	2.48g	0.603ef	407.48e
	Nitroxin	0.528d	147.41g	192.97g	5.47a	0.842de	482.66cd
	EM	0.548d	165.95f	211.57f	4.61b	1.120c	436.35d
	K	0.533d	175.62e	225.70e	3.77de	0.936cd	485.98dc
50	Control	0.680c	187.12d	235.70d	1.42h	0.530f	245.31f
	Nitroxin	0.733bc	200.31c	243.15c	4.12cd	0.624ef	263.39f
	EM	0.818b	220.42a	254.07b	3.20f	0.571f	285.40f
	K	1.178a	210.65b	264.38a	2.42g	0.762def	293.68f

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) نمی‌باشند

*Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$)

کاهش آب خاک است که منجر به کاهش انتقال عناصر از خاک به گیاه شده است. فسفر یکی از یون‌هایی است که در شرایط خشکی برای گیاه غیر قابل استفاده می‌شود، زیرا این یون شدیداً جذب رس‌های خاک شده و فقط بخش کوچکی از یون فسفات به حالت محلول است. در شرایط خشکی جذب یون فسفات نه تنها به واسطه قابلیت حل کم آن، بلکه به دلیل کاهش قدرت جذب ریشه‌ها تقلیل

فسفر: تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد بر میزان محتوای فسفر گیاه دارویی کاسنی معنی‌دار شد (جدول 5). طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار فسفر مربوط به تیمار آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی توأم با کود نانوکلات پتاسیم و کمترین مقدار آن مربوط به اعمال تنش شدید خشکی و عدم مصرف کود بود (جدول 6). کاهش فسفر در پی تنش خشکی در ارتباط با

در پی تنش خشکی با نتایج سایر محققین مطابقت دارد آن‌ها علت این کاهش را در ارتباط با کاهش آب خاک می‌دانند که منجر به کاهش جریان عناصر از خاک به گیاه می‌شود (Wu and Xia, 2006). کودهای زیستی علاوه بر در دسترس قرار دادن نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه، از طریق افزایش رشد رویشی گیاه و به دنبال آن توسعه ریشه باعث بهبود جذب و افزایش فراهمی پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی می‌شوند (Marschner, 1995).

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که گیاهان در موقع بروز تنش خشکی با ایجاد تغییرات در برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک خود به تنش‌ها پاسخ می‌دهند، از جمله آن می‌توان به افزایش محتوای کربوهیدرات محلول و پرولین در گیاه اشاره کرد که سبب تداوم رشد گیاه دارویی کاسنی در شرایط تنش متوسط خشکی شده و تولید داشته باشد، در درازمدت تنش شدید خشکی برای گیاه هزینه‌بر بوده و منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد گیاه می‌شود. استفاده از کودهای زیستی نیز سبب افزایش عملکرد گل، رنگدانه‌های فتوسنتز، محتوای پروتئین، پرولین و جذب فسفر گردید، اما کاربرد کودها تا حدی از بروز اثرات منفی تنش خشکی بر عملکرد گل تولیدی این گیاه کاست. این کاهش مرتبط با تأثیر کاربرد کودها بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه از جمله رنگدانه‌های فتوسنتزی، تجمع کربوهیدرات محلول، پرولین و جذب پتاسیم است. در شرایط تنش شدید خشکی کودهای زیستی با تأثیر مثبت بر میزان تجمع کربوهیدرات محلول و پرولین توانست تا حدی از بروز اثرات سوء تنش خشکی بر گیاه دارویی کاسنی کاسته و مانع از کاهش شدید عملکرد گل تولیدی شد.

پیدا می‌کند (Kafi and Mahdavi Damghani, 2000). استفاده از ترکیب باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات توأم با مصرف 50 درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم رایج در گیاه دارویی چای ترش، منجر به افزایش درصد نیتروژن و فسفر در برگ‌ها و میزان آنتوسیانین، ویتامین C و pH در کاسبرگ‌های آن می‌شود (Abo-Baker and Mostafa, 2011). همچنین نتایج پژوهشی روی چای ترش نشان داد که کاربرد همزمان دو نوع کود زیستی نیتروژن و فسفورین توأم با کود دامی موجب افزایش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آن شد (Gendy et al., 2012). کودهای زیستی از طریق افزایش فسفر محلول و قابل جذب، سبب بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه می‌شود. جنس *باسیلوس* (*Bacillus*) با ترشح اسیدهای آلی مانند اسید استیک، اسید پروپیونیک، اسید لاکتیک، اسید گلیکولیک، اسید فوماریک و اسید سوکسینیک، ابتدا باعث کاهش pH به صورت موضعی شده و سپس با تجزیه پیوند موجود در ساختار ترکیبات فسفات معدنی که در خاک به صورت نامحلول درآمده‌اند، آنها را به شکل محلول قابل جذب توسط ریشه گیاه در می‌آورد (Ojaghlo, 2007). طی آزمایشی روی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) اعلام گردید که باکتری حلال فسفر باعث افزایش دسترسی فسفر در خاک می‌شود و کاربرد همزمان باکتری حلال فسفر و کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل سبب تولید بیشترین وزن خشک ریشه و جذب فسفر در این گیاه می‌شود (Turan et al., 2007).

پتاسیم: میزان جذب پتاسیم تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 5). بر این اساس بیشترین مقدار پتاسیم مربوط تیمار آبیاری 90 درصد ظرفیت زراعی با کاربرد کود نانوکلات پتاسیم و کمترین مقدار آن نیز مربوط به تنش شدید خشکی و تیمار شاهد کودی بود (جدول 6). کاهش پتاسیم

References

1. Abedi baba arabi, S., Movahedi Dehnavi, M., Yadavy, A., and Adhami, A. 2011. The effect of foliar application of zinc and potassium on crop yield and physiological traits under drought stress. *Electronic Journal of Safflower Production* 4 (1): 95-75.
2. Abo-Baker, A. A., and Mostafa, G. G. 2011. Effect of Bio-and Chemical Fertilizers on Growth, Sepals Yield and Chemical Composition of *Hibiscus sabdariffa* at new reclaimed soil of south valley area. *Asian Journal of Crop Science* 3: 16-25.
3. Agamy, R., Hashem, M., and Alamri, S. 2013. Effect of soil amendment with yeasts as bio-fertilizers on the growth and productivity of sugar beet. *African Journal of Agricultural Research* 8 (1): 46-56.
4. Aghaei, R., Ebadi, A., and Hassanzadeh Tapeh, A. 2009. Effect of Bio-fertilizers on yield, yield components and oil percentage of (*Cucurbita pepo* L.). The first National Conference of oil seeds, Center of oilseeds, Isfahan University of Technology. (in Persian).
5. Ahmadian, A., Ghanbari, A., Mir, B., and Arazmjoo, E. 2009. Intraaction effect of drought stress and animal manure on yield components, essential oil and its compositions on Cumin. *Iranian Journal of Plant Science* 40: 173-180. (in Persian).
6. Alizade Sahzabi, A., Sharifi Ashorabadi, A., Shiranirad, A. H., and Abaszadeh, B. 2007. Effect of rates and application methods of nitrogen fertilizer on some quantitative and qualitative traits of *Satureja hortensis* L.

- Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23 (3): 416-431. (in Persian).
7. Andre, C. M., Schafleitner, R., Legay, S., Lefèvre, I., Aliaga, C. A. A., Nomberto, G., Hoffmann, L., Hausman, J. F., Larondelle, Y., and Evers, D. 2009. Gene expression changes related to the production of phenolic compounds in potato tubers grown under drought stress. *Phytochemistry* 70 (9): 1107-16.
8. Ardakani, M. R., Abbas zadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M. H., and Packnejad, F. 2007. The effect of water deficit on quantitative and qualitative characters of balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 23 (2): 251-261. (in Persian).
9. Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
10. Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S. A. M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 26 (2): 239-251. (in Persian).
11. Bahramzadeh Aliabad, A. 2013. Effects of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Cuminum cyminum* under drought stress conditions. Msc thesis in Herbal plants, University of Zabol, Iran. (in Persian).
12. Bates, I. S., Waldern, R. P., and Tear, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
13. Bohnert, H. J., and Jensen, R. G. 1996. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. *Trends Biotechnol* 14: 89-97.
14. Boligłowa, E., and Gleń, K. 2008. Assessment of effective microorganisms' activity (EM) in winter wheat protection against fungal diseases. *Ecological Chemistry and Engineering* 15 (1-2): 23-27.
15. Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-54.
16. Buchanan-Wollaston, V., Earl, S., Harrison, E., Mathas, E., Navabpour, S., Page, T., and Pink, D. 2003. The molecular analysis of leaf senescence a genomics approach. *Plant Biotechnology Journal* 1: 3-22.
17. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 521-530.
18. Chandra, A., Pathak, P. S., Bhatt, R. K., and Dubey, A. 2004. Variation in drought tolerance of different *Stylosanthes* accessions. *Biologia Plantarum* 48: 457-460.
19. Chaudhary, K. S., Abel, P. D., and Lalani, E. N. 1999. Role of the bcl-2 gene family in prostate cancer progression and its implications for therapeutic intervention. *Environmental Health Perspectives* 107: 49-57.
20. Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M., Ngetich, W. K., Hassanali, A., and Wachira, F. 2007. Polyphenols as potential indicators for osmotic tolerance in tea (*Camellia sinensis* L.). *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 71: 2190-2197.
21. El-Bassiouny, H. M. S., and Shukry, W. M. 2001. Cowpea growth pattern, metabolism and yield in response to IAA and biofertilizers under drought conditions. *Egyptian Journal of Biology* 3: 117-129.
22. Fayaz, A. M., Balaji, K., Girilal, M., Yadav, R., Kalaichelvan, P. T., and Venketesan, R. 2010. Biogenic synthesis of silver nanoparticles and their synergistic effect with antibiotics: a study against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 6 (1): 103-109.
23. Gelder, H. V., and Van-gelder, H. H. M. 2006. Influence of potassium fertilizer application level on oil production and quality in *Mentha piperita* L. *Applied- Plant Science* 2 (2): 68-71.
24. Gendy, A. S. H., Said- Al Ahl, H. A. H., and Mahmoud, A. A. 2012. Growth, productivity and chemical constituents of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 6 (5): 1-12.
25. Ghobadi, R. 2010. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield and yield components of corn. Msc thesis in agronomy, University of Boroujerd, Iran. (in Persian).
26. Ghollarata, M., and Raiesi, F. 2007. The adverse effects of soil salinization on the growth of *Trifolium alexandrinum* L. and associated microbial and biochemical properties. *Journal Soil Biology and Biochem* 39: 1699-1702.
27. Gorski, R., and Kleiber, T. 2010. Effect of effective microorganisms (EM) on nutrient contents in substrate and development and yielding of Rose (*Rosax hybrida*) and Gerbera (*Gerbera jamesonii*). *Ecology Chemistry and Engine* 17 (4): 505-513.
28. Grattan, S. R., and Grieve, C. M. 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessarakli M. (ed.): *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York: 203-229.
29. Han, H. S., Supanjani, D., and Lee, K. D. 2006. Effect of coin coculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant Soil Environment* 52: 130-136.
30. Hashemi-Nejad, A., and Bahadori, A. 2010. *Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants*. Farhikhtegan Daneshgah Press, Tehran. (in Persian).
31. Hassan, A. H. 2015. Effect of nitrogen fertilizer levels in the form of organic, inorganic and bio fertilizer

- applications on growth, yield and quality of strawberry. Middle East Journal of Applied Sciences 05 (02): 604-617.
32. Hassan, F. A. S. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. Annals of Agricultural Science 54: 437-446.
 33. Higa, T., and Parr, J. F. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center, Atami, Japan.
 34. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal Plant Nutrient Soil Science 168: 541-549.
 35. Jafar-dokht, R., Mosavi Nik, S. M., Mehraban, A., and Basiri, M. 2015. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in mung bean. Journal of Crop Production 8 (1): 121-141. (in Persian).
 36. Jafarzadeh, R., Jamimoeini, M., and Hokmabadi, M. 2013. Response of yield and yield components in wheat to soil and foliar application of nano potassium fertilizer. Journal of Agronomic Research 5: 1-7. (in Persian).
 37. Jahan, M., Koocheki, A., Nassiri, M., and Dehghanipoor, F. 2007. The effects of different manure levels and two branch management methods on organic production of *Cucurbita pepo*. L. Journal of Iranian Field Crop Research 5 (2): 281-9. (in Persian).
 38. Jahanban, L., and Lotfifar, O. 2012. Study of the effective organism (EM) application on effect on efficacy of chemical and organic fertilizers in corn cultivation (*Zea mais* Z S.C704). Plant Products Technology (Agricultural Research) 11 (2): 43-52. (in Persian).
 39. Jiang, M., and Zhang, J. 2002. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. Journal of Experimental Botany 53: 2401-2410.
 40. Jubany-Mari, T., Munne-Bosch, S., and Alegre, L. 2010. Redox regulation of water stress responses in field-grown plants. Role of hydrogen peroxide and ascorbate. Plant Physiology and Biochemistry 48 (5): 351-358.
 41. Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2000. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdowsi University Press. P: 467. (in Persian).
 42. Kerepsi, I., Toth, M., and Boross, L. 1996. Water-soluble carbohydrates in dried plant. Journal Agriculture Food Chemical 10: 3235-3239.
 43. Kleiber, T., Starzyk, J., Górski, R., Sobieraski, K., Siwulski, M., Rempulska A., and Sobiak, A. 2014. The studies on applying of effective microorganisms (EM) and CRF on nutrient contents in leaves and yielding of tomato. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 13 (1): 79-90.
 44. Krizek, D. T., Britz, S. J., and Mirecki, R. M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce. Physiology Plant 103: 1-7.
 45. Malek Ahmadi, F., Manochehri Kalantari, M., and Torkzadeh, M. 2005. The effect of flooding stress on induction of oxidative stress and concentration of mineral element in pepper (*Capsicum annum*) plants. Iranian Journal of Biology 18 (2): 110 -119. (in Persian).
 46. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, 549-561.
 47. Mohammad, F., and Naseem, U. 2006. Effect of K application on leaf carbonic anhydrase and nitrate reductase activities, photosynthetic characteristics, NPK and NO₃ contents, growth and yield of mustard. Photosynthetica, 44 (3): 471-473.
 48. Mohammadkhani, N., and Heidari, R. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivar. Pakistan Journal of Biological Science 10 (22): 4022-4028.
 49. Munne-Bosch, S., and Alegre, L. 2004. Die and let live: leaf senescence contributes to plants survival under drought stress. Functional Plant Biology 31 (3): 203-216.
 50. Munne-Bosch, S., Jubany-Mari, T., and Alegre, L. 2001. Drought-induced senescence is characterized by a loss of antioxidant defences in chloroplasts. Plant Cell and Environmental 24: 1319-1327.
 51. Munns, R., Hare, R. A., James, R. A., and Rebetzke, G. J. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Australian Journal of Agricultural Research 51: 69-74.
 52. Naderi, M. R., and Abedi, A. 2012. Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. Nanotechnology Journal 11 (1): 18-26.
 53. Nagananda, G. S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany 6: 394-403.
 54. Nazari-nasi, H., Jabari, F., Azimi, M. R., and Norouzian, M. 2012. Effect of drought stress on cell membrane stability, photosynthesis rate, relative water content and grain yield of Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science 43 (3): 491-499. (in Persian).
 55. Ojaghlou, F. 2007. Effect of inoculation with biofertilizers (*Azotobacter* and phosphate fertilizer) on growth, yield and yield components of safflower. Msc Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of

- Tabriz. (in Persian).
56. Omid-beigi, R. 2000. Production and Products of Medicinal Plants (Astane Ghodse Razavi Press) Mashhad. (in Persian).
 57. Omid, H. 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two canola genotype under drought stress. American Journal of Plant Physiology 5 (6): 338-349.
 58. Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M. R., Zehtab Salmasi, S., and Mohammadi, A. 2006. Essential oil content and composition of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Journal of Essential oil Bearing Plants 6: 114-128.
 59. Ruiz, J. M., Sanchez, E., Garcia, P., Lopez Lefebre, L. R., Rosa, R. M., and Romero, L. 2002. Proline metabolism and NAD kinaz activity in green bean plants subjected to cold shock. Phytochemistry 59: 473-478.
 60. Safikhani, F. 2007. Effect of water stress on quantity and quality yield of *Dracocephalum moldavica* under field conditions. PhD Thesis of Agronomy, Chamran University, Ahvaz. (in Persian).
 61. Sanchez, E., Ruiz, J. M., and Romerto, L. 2002. Proline metabolism in response to nitrogen toxicity in fruit of French bean plants. Scientia Horticulturae 93: 225-233.
 62. Sanchooli, N. 2007. Effects of different ratios of manure and chemical fertilizer and mixture on soil properties, yield and yield components of corn. Msc Thesis in Agronomy, University of Zabol, Iran. (in Persian).
 63. Sandra, B., Natarajan, V., and Hari, K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane sugar yields. Journal of Field Crop Research 77: 43-49.
 64. Sang-Mo, K., Ramalingam, R., Abdul, L. Kh., Min-Ji Kim, A., Jae-Man Park, A., Bo-Ra Kim, A., Dong-Hyun Shin, A., and In-Jung, L. 2014. Gibberellin secreting *rhizobacterium*, *Pseudomonas putida* H-2-3 modulates the hormonal and stress physiology of soybean to improve the plant growth under saline and drought conditions. Plant Physiology and Biochemistry 84: 115-124.
 65. Sangtarash, M. H., Qaderi, M. M., Chinnappa, C. C., and Reid, D. M. 2009. Carotenoid differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. Environmental and Experimental Botany 66 (2): 212-219.
 66. Schutz, M., and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO₂ and water limitation. Environmental Pollution 11: 187-19.
 67. Sharifi, Z., and Haghnia, A. 2007. Effect of nitroxin biofertilizer on yield and yield components of wheat (Var Sabalan). 2nd National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan, Iran.
 68. Shokouhian, A.A., Davarynejad, Gh., Tehranifar, A., Imani, A., and Rasoulzadeh, A. 2013. Influence of effective microorganisms on flower buds formation of two almond genotypes in water stress conditions. Journal of Horticultural Science 27 (2): 217-226.
 69. Stancheva, I., and N. Dinev. 2003. Effect of inoculation of maize and species of tribe Triticeae with *Azospirillum brasilense*. Journal of Plant Physiology 4: 550-552.
 70. Sween, D. W., Long, J. H., and Kirkham, M. B. 2003. A signal irrigation to improve early maturing soybean yeild and quality. Soil Science Society of America Journal 167: 235-240.
 71. Thalooth, A. T., Tawfik, M. M., and Magda Mohamed, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences 2 (1): 37-46.
 72. Turan, M., Ataoglu, N., and Sahin, F. 2007. Effect of Bacilluse FS-3 on growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants and availability of phosphorus in soils. Plant Soil Environment 53 (2): 58-64.
 73. Wu, Q., and Xia, R. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and water stress conditions. Journal of Plant Physiology 163: 417-425.
 74. Wu, S. C., Caob, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., and Wong, M. H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
 75. Zarco Tejada, P. J., Idler, M., Mohamad, G. H., Noland, T. L., and Sampson, P. H. 2000. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. Remote Sensing of Environment 74: 596-608.
 76. Zheng, Y., Aijun, J., Tangyuan, N., Xud, J., Zengjia, L., and Gaoming, J. 2008. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology 165: 1455-1465.



Effects of Bio-fertilizers on Physiological Traits and Absorption of Some Nutrients of Chicory (*Cichoriumintybus* L.) in Response to Drought Stress

N. Rezaenia¹- M. Ramroudi^{2*}- M. Galavi³- M. Forouzandeh⁴

Received: 23-10-2016

Accepted: 23-01-2017

Introduction

The chicory is an economically important member of the Asteraceae family. Chicory has also been used for medicinal applications, useful to liver and gallbladder, which some of its health benefits is scientifically proved. In recent years, drought has been a serious problem in Iran. Several scientists have shown that a plant under stress will produce secondary metabolites that may influence its medicinal properties. This study aimed to investigate the effects of drought stress and bio-fertilizer application on physiological characteristics and absorption of some nutrients by chicory. Water is one of the most important environmental factors that has a significant influence on the growth and active ingredients of medicinal plants. Water shortage causes serious damage to plant growth and development. In the time of drought and salinity due to the high concentration of salts in the root zone and increase in the osmotic potential of the soil, nutrients absorption will decrease. Therefore, the decrease in soil moisture changes the rate and amount of nutrient absorption by the plant. Organic fertilizers under drought stress by increasing the proline, soluble sugars and absorption of potassium and phosphorus can mitigate drought stress impacts and increase the crop yield. The sharp decline in root growth under the drought stress condition is the main factor reducing the elements absorption capability of the plants. The combined application of Effective Microorganism (EM) and organic fertilizers is a suitable method to supply and release essential nutrients. Results of a study showed that EM inoculation with soil has not only improved the quality and quantity of crop but also enhanced the quality of soil. Application of Nano fertilizers as an alternative to conventional fertilizers resulted in slow and controlled release of nutrient in the soil. In addition, nano fertilizers increase the nutrients uptake efficiency and minimize the negative impacts of consuming too much fertilizer and reduce the frequency of fertilizer application. Drought stress decreases the potassium level in soil and consequently in the plant. The aim of this study was to examine the impacts of Bio and nano fertilizers application on physiological traits and absorption of some nutrients in chicory plant under limited irrigation.

Materials and Methods

To study the effects of Bio-fertilizers on physiological traits and absorption of some nutrient of Chicory (*Cichorium intybus* L.) in response to drought stress, this experiment was conducted in 2014-2015 growing season in a split-plot design with three replications at the Agricultural Research Institute (Chah-Nimeh), University of Zabol, Iran. The main plots were drought stresses regulated with irrigation after 90 (control), 70 and 50 percent of field capacity. Sub plots were different levels of Bio-fertilizer application inclusive of a sub-plot without fertilizer (control), inoculation of nitroxin (1 lit ha^{-1}), effective EM (10 lit ha^{-1}), and foliar application of Nano potassium chelate fertilizer (27%) (10 kg ha^{-1}). The traits such as relative water content, protein percentage, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, flower yield, proline, flavonoid, carbohydrate, carotenoid, phosphor and potassium were evaluated.

Results and Discussion

Results showed that the interaction of Bio-fertilizer application and drought stress had a significant impact on all the traits except for the chlorophyll b. Increasing the stress rate, decreased the relative water content, photosynthetic pigments, carotenoid, protein percent, flower yield and phosphorus and potassium uptake. However, increase in the stress rate, increased the proline content, carbohydrate, and flavonoid increased. Bio-fertilizers application improved all the traits. The maximum relative water content, photosynthetic pigments, and flower yield were obtained from the treatment irrigated after 90 percent field capacity (FC) with EM application. The highest level of protein was obtained from the treatment irrigated after 90 percent of FC depletion and

1- MSc Student of Medicinal Plants, University of Zabol

2- Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Zabol

3- Professor, Faculty of Agriculture, University of Zabol

4- Instructor, Institute Agricultural Research, University of Zabol

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

nitroxin fertilizer application. Maximum protein and carotenoid level were observed in irrigation treatment regulated with 50 percent FC and Nano potassium chelate fertilizer application. Maximum phosphorus and potassium uptake achieved from the treatment irrigated after 90 percent FC and Nano potassium chelate application. It is concluded that the increase in drought stress significantly decreases the photosynthetic pigments and absorption of nutrients.

Conclusions

According to the results, the use of Nano potassium chelate fertilizer, microorganism bio-fertilizer (EM) and nitroxin had a positive impact on efficiency of chicory production.

Keywords: Chlorophyll, Flower yield, Potassium, Proline, Protein percentage



اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر فنولوژی، شاخص‌های رشدی و عملکرد دو رقم عدس در شرایط دیم مشهد

محمد بنایان اول^{*1} - فاطمه یعقوبی² - زهرا رشیدی³ - سیاوش برده‌جی⁴

تاریخ دریافت: 1395/08/02

تاریخ پذیرش: 1395/11/04

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر صفات فنولوژیک و شاخص‌های رشدی دو رقم عدس دیم، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 1394-95 اجرا گردید. فاکتور اصلی این آزمایش سطوح مختلف کود نیتروژن از منبع اوره (صفر، 40 و 80 کیلوگرم در هکتار) و فاکتور فرعی شامل دو رقم عدس دیم (بیرجند و رباط) بود. نتایج نشان داد که مصرف 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار منجر به افزایش معنی‌دار دوره رشد رویشی و زایشی نسبت به تیمار عدم مصرف کود اوره و کل دوره رشد در مقایسه با سایر سطوح کود اوره براساس تعداد روز و درجه روز رشد گردید. دوره کاشت تا سبز شدن، رشد رویشی، زایشی و کل دوره رشد رقم بیرجند براساس تعداد روز و درجه روز رشد به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم رباط بود. همچنین نتایج نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌دست آمد که منجر به حداکثر سرعت رشد محصول و کسب حداکثر عملکرد دانه و بیولوژیک (به ترتیب 294/12 و 2286/17 کیلوگرم در هکتار) در این تیمار گردید. رقم بیرجند شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، عملکرد دانه و بیولوژیک (به ترتیب 4274/1 و 2577/96 کیلوگرم در هکتار) بیشتری را نسبت به رقم رباط دارا بود. با توجه به نتایج حاصله، استفاده از رقم بیرجند با رعایت تاریخ کاشت بهینه (با توجه به دیررس بودن آن) و مصرف 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار برای کشت عدس به صورت دیم در منطقه مورد مطالعه، مطلوب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تجمع ماده خشک، رشد رویشی، رشد زایشی، شاخص سطح برگ

مقدمه

توانایی اقتصادی بالایی برخوردار نیستند، به عنوان گیاه زراعی تا به امروز بقا داشته باشد. به طوری که یکی از مهم‌ترین حبوبات در سیستم‌های کشت دیم به خصوص در تناوب با گندم و جو در مناطق با بارندگی کم تا متوسط به حساب می‌آید (Pourtaheri et al., 2013). سطح زیر کشت عدس در ایران 155700 هکتار بوده که سهم اراضی دیم 94/7 درصد و بقیه به صورت کشت آبی می‌باشد. عملکرد این گیاه در کشور برای اراضی آبی و دیم به ترتیب 1195 و 476 کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (MAJ, 2015). عوامل مختلفی در پایین بودن عملکرد عدس مؤثر هستند که یکی از این موارد عدم رعایت نکات به زراعی از جمله محدودیت یا توزیع نامناسب مصرف کود است (Sabaghpour et al., 2013).

نیتروژن ضروری‌ترین عنصر غذایی برای رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌آید که بیش از هر عنصر دیگری عامل محدودکننده رشد است (Kaneez et al., 2013). لذا تأمین کافی

عدس با نام علمی *Lens culinaris* Medik. منبع عمده پروتئین در تغذیه انسان و دام بوده (Miguel et al., 2005) که توانایی رشد آن در خاک‌های نسبتاً فقیر و شرایط محیطی محدود و متنوع باعث شده است به صورت دیم و به‌ویژه در مناطقی که از

- 1- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
 - 2- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
 - 3- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
 - 4- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- (*) - نویسنده مسئول:
(Email: banayan@um.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i4.59769

حاتمی و همکاران (Hatami et al., 2009) بیان داشتند که کاربرد نیتروژن معدنی میزان تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ سویا را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد اما منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد نگردید. سیدی و سید شریفی (Seiedi and Seyed Sharifi, 2013) در مطالعه خود بر روی سویا نشان دادند که با کاهش نیتروژن مصرفی در هر دو تیمار تلقیح و عدم تلقیح با باکتری رایزوبیوم جاپونیکوم سرعت رشد نسبی کاهش یافت. آن‌ها همچنین نشان دادند که افزایش نیتروژن مصرفی در واحد سطح، سبب افزایش میزان بیوماس کل در واحد سطح، سرعت رشد محصول و عملکرد دانه گردید. نامور و همکاران (Namvar et al., 2011) در مطالعه‌ای بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) نشان دادند که کاربرد کود اوره به میزان 75 کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سطوح صفر و 50 کیلوگرم کود اوره در هکتار شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، تجمع ماده خشک و در نهایت اجزای عملکرد و عملکرد نخود را افزایش داد. داهیا و همکاران (Dahiya et al., 1993) نیز افزایش تجمع ماده خشک، اجزای عملکرد و عملکرد نخود را در نتیجه استفاده از کود نیتروژن گزارش نمودند.

با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به منظور افزایش عملکرد محصولات مختلف در کوتاه مدت و هزینه بالای تولید این کودها و از آنجایی که بررسی و تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد و کمیت‌های مؤثر بر آن می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب در ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گیرد، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی صفات فنولوژیک و شاخص‌های رشدی دو رقم عدس دیم تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن برای تعیین بهترین سطح کودی و رقم برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در 10 کیلومتری جنوب شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 درجه شرقی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا در سال زراعی 95-1394 انجام شد. متوسط بارندگی سالانه 286 میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب 42 و 27/8- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب و هوای منطقه براساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد. شکل 1 مشخصات هواشناسی محل آزمایش را در طول فصل رشد عدس (اسفند تا تیرماه) و در سال زراعی مورد مطالعه برای ایستگاه هواشناسی مشهد نشان می‌دهد. میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد در دامنه بین 3/2 تا 31/5 درجه سانتی‌گراد قرار داشت. در این زمان تشعشع خورشیدی روزانه در دامنه بین 6/9 تا

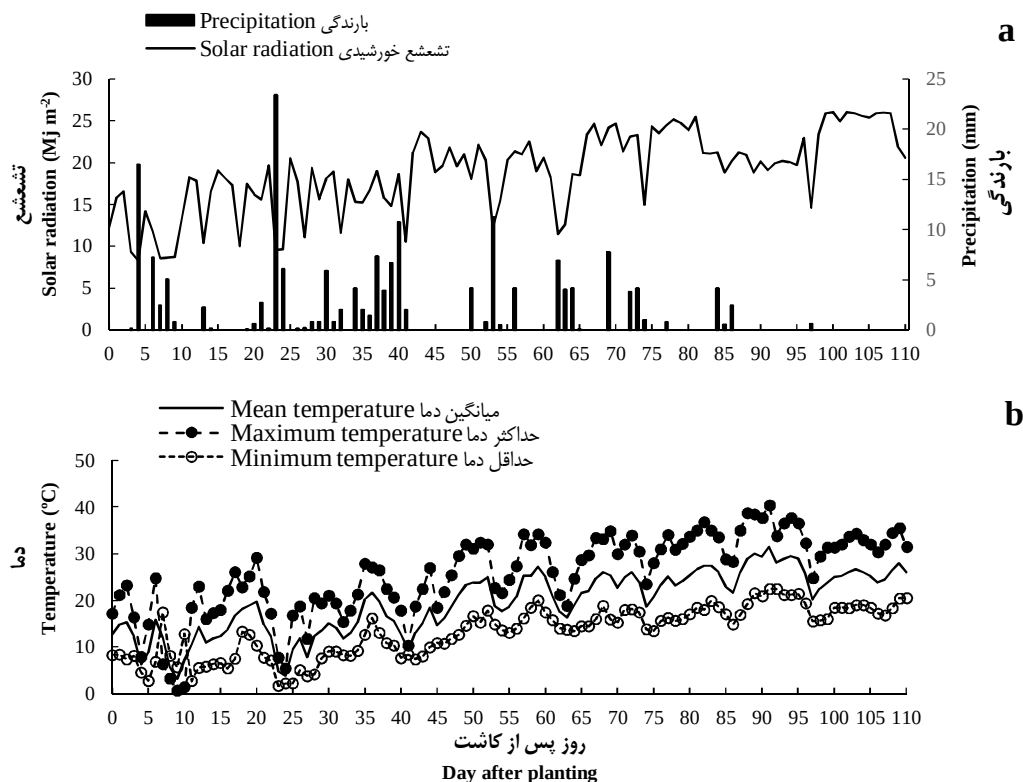
نیتروژن قابل استفاده در خاک برای رشد بهینه گیاه به‌ویژه در شرایط دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Antep, 1997). در مناطق گرم و خشک و نیمه‌خشک به دلیل کمبود مواد آلی ناشی از تجزیه سریع و فقدان باقی‌مانده گیاهی، کمبود نیتروژن احساس می‌شود و در این مورد نیتروژن اولیه خاک کمتر می‌تواند نیاز نیتروژن گیاه را تأمین نماید، در نتیجه عدم تعادل مواد غذایی در خاک می‌تواند اختلالاتی را در جذب مواد غذایی به وجود آورد (Bagheri et al., 1997).

کارایی اصلاح و انتخاب عدس جهت افزایش عملکرد در مناطق آب و هوایی مختلف به واکنش مراحل مختلف نمو گیاه به شرایط آن مناطق بستگی دارد (Tadayyon et al., 2011). در مناطق جغرافیایی مختلف تغییرات فصلی و درجه حرارت می‌توانند بر روی فنولوژی، ساختار گلدهی، تولید غلاف و بالاخره عملکرد نهایی گیاه اثر بگذارند به‌طوری‌که ارسکین و همکاران (Erskin et al., 1989) فنولوژی را به عنوان کلیدی جهت سازگاری حبوبات در مناطق بزرگ جغرافیایی شناخته‌اند. لذا بررسی و مقایسه این مراحل در ارقام مختلف، اطلاعات ارزنده‌ای را در مورد کشت به موقع و یافتن بهترین رقم سازگار به منطقه در اختیار قرار می‌دهد (Tadayyon et al., 2011). از طرف دیگر مقدار نیتروژن قابل دسترس نیز بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر بوده و مراحل فنولوژیک رشد و نمو در اثر کمبود آن به تأخیر می‌افتد (Girardin et al., 1987). معافی و تیموری (Moafi and Teymori, 2009) در مطالعات خود بیان داشتند که با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد روز تا پایان گلدهی افزایش می‌یابد و گیاه مدت زمان بیشتری به رشد خود ادامه خواهد داد. شعبان و همکاران (Shaban et al., 2013) نشان دادند در شرایط تنش خشکی شدید مصرف کود نیتروژن سبب شد تا ارقام نخود تعداد روز بیشتری را تا 50 درصد غلاف‌دهی طی نمایند. آن‌ها بیان داشتند که افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش رشد سبزینه‌ای، افزایش حجم گیاه و در نهایت افزایش تعرق و تسریع در مرحله غلاف‌دهی گیاه می‌گردد.

تجزیه رشد در بیان مطلوب تفاوت‌های عملکرد گیاهان زراعی مفید می‌باشد (Sarmadnia and Koocheki, 1989). تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی است برای توجیه و تفسیر واکنش‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلف که گیاه در طول دوره حیات خود با آن‌ها مواجه می‌گردد (Bullock et al., 1998). شاخص‌های فیزیولوژیک از جمله شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و فتوسنتز خالص تحت تأثیر کود نیتروژن قرار می‌گیرند، به نحوی که با مقادیر مناسب کود نیتروژن می‌توان به ترکیب متعادل از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی دست یافت و موجب بهبود عملکرد گردید (Sajedi and Ardakani, 2008).

زراعی 214/3 میلی‌متر گزارش گردید که منبع تأمین آب مورد نیاز گیاه بود.

21/6 مگاژول بر مترمربع و تشعشع تجمعی 1956 مگاژول بر مترمربع بود. میزان بارندگی نیز طی فصل رشد عدس در این سال



شکل 1- الف) بارندگی و تشعشع روزانه، ب) میانگین دما، دمای حداکثر و حداقل روزانه ایستگاه هواشناسی مشهد در طول فصل رشد عدس (19 اسفند تا 7 تیر ماه) طی سال زراعی 1394-95

Figure 1- a) Daily precipitation and solar radiation, b) daily mean, maximum and minimum temperature of Mashhad meteorological station during the lentil growing season (9 March- 27 June) in 2016

است. تیمار کودی در نسبت‌های ذکر شده به‌صورت دستپاش در زمان کاشت در زمین پخش و با خاک مخلوط گردید. سپس کشت بذور عدس در 19 اسفندماه 1394 در عمق سه سانتی‌متری خاک و در کرت‌هایی با ابعاد 1/5 در 4 متر صورت گرفت. فاصله خطوط کاشت 25 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت 2/5 سانتی‌متر بود. جهت پیشگیری از بروز بیماری‌های خاکزی، ضدعفونی بذور قبل از کاشت توسط قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار انجام شد. در طول فصل رشد از هیچ‌گونه کود شیمیایی، علف‌کش و آفت‌کشی استفاده نشد و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در طی فصل رشد انجام شد. همچنین لازم به ذکر است که کشت به‌صورت دیم بود و هیچ‌گونه آبیاری در مزرعه صورت نگرفت.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن کود نیتروژن به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح صفر، 40 و 80 کیلوگرم در هکتار از منبع اوره (به‌ترتیب معادل صفر، 18/4 و 36/8 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و دو رقم عدس دیم به نام‌های رباط و بیرجند به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. بذور مربوط به دو رقم ذکر شده از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید.

عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل اسفندماه 1394 انجام شد بدین صورت که ابتدا شخم و سپس دوبار دیسک عمود برهم زده شد و با لولر تسطیح صورت گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک مزرعه جهت انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول 1 نشان داده شده

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical particular of research station soil

کلاس بافت خاک Soil texture class	درصد ذرات Particle percent			نیتروژن Nitrogen (mg kg ⁻¹ soil)	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH
	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt				
لومی Loamy	39.84	12.74	47.42	15.52	0.96	0.58	7.45

شدن دانه و سرعت رسیدگی محصول از تغییرات عوامل محیطی به‌ویژه دما تبعیت می‌کند، در نتیجه استفاده تنها از تعداد روز برای رسیدن به مراحل اساسی رشد با توجه به تفاوت در شرایط محیطی در نقاط مختلف نمی‌تواند از دقت کافی برخوردار باشد (Khajepour and Karimi, 1987). لذا جهت محاسبه توابع رشدی گیاه باید به جای استفاده از روز پس از کاشت از درجه روز رشد استفاده کرد (Russel et al., 1984).

به‌منظور محاسبه درجه روز رشد (GDD^1) با استفاده از آمار هواشناسی در سال مذکور و دمای پایه 5 درجه سانتی‌گراد (Aase et al., 1996) از معادله (4) استفاده گردید.

$$GDD = \sum_{di}^{dn} \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \right] \quad (4) \quad \text{معادله}$$

در این معادله GDD : درجه روز رشد، T_{max} : حداکثر دمای روزانه، T_{min} : حداقل دمای روزانه، di : روز n ام بعد از کاشت و T_b : درجه حرارت پایه می‌باشند (Omid Beigi, 1997).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار SigmaPlot استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر اصلی کود اوره بر طول دوره کاشت تا سبز شدن براساس تعداد روز و درجه روز رشد معنی‌دار نبود (جدول 2). اما بین دو رقم مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی‌داری ($p \leq 0/01$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا سبز شدن وجود داشت (جدول 2). به‌طوری‌که طول این مرحله برای رقم بیرجند نسبت به رقم رباط دو روز (معادل 13/64 درجه روز) بیشتر بود (جدول 3). حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2013) نیز در مطالعه خود بر روی سه رقم عدس نشان دادند که بین ارقام مورد مطالعه از نظر تعداد روز و درجه روز رشد کاشت تا سبز شدن تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که طول این دوره از حداقل 8/3 برای رقم کالپوش و حداکثر 10 برای رقم گچساران متفاوت بود. با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل کود اوره و رقم بر هیچ‌یک از طول مراحل

زمان مراحل فنولوژیک براساس زمان وقوع 50 درصد هریک از مراحل سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی (رشد رویشی)، گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (رشد زایشی) برای هر کرت مشخص و ثبت گردید. جهت تعیین سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی، در طول فصل رشد به فاصله هر دو هفته یکبار نمونه‌برداری انجام شد. به‌طوری‌که در هر نمونه‌برداری پس از حذف حاشیه، تعداد پنج بوته از چهار ردیف میانی هر کرت برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. اندازه‌گیری سطح برگ به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (VM 900E/K, UK) و وزن خشک نمونه‌ها پس از خشک شدن در آون در دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت با ترازوی دیجیتال با دقت 0/01 گرم تعیین شد. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز پس از حذف اثرات حاشیه‌ای با برداشت سطحی معادل 3 مترمربع از وسط هر کرت تعیین گردید.

برای تعیین مدل ریاضی مناسب و برازش تغییرات وزن خشک و شاخص سطح برگ، از بین معادلات غیرخطی آزمون شده، تابع سیگموئیدی و لجستیک پیک (معادله 1 و 2) به‌دلیل برخورداری از بهترین R^2 برای پیش‌بینی وزن خشک گیاه و شاخص سطح برگ مورد استفاده قرار گرفت (Hunt, 1982).

معادله (1) $TDM = a/(1+b \times \exp(-c \times x))$
در این معادله، TDM عبارت است از ماده خشک تجمعی (گرم بر مترمربع)، a حداکثر تجمع ماده خشک، b ضریب ثابت، c سرعت رشد نسبی گیاه و x زمان می‌باشد.
معادله (2)

$LAI = a + 4b \times (\exp(-(x-c)/d)) / (1 + \exp(-(x-c)/d))^2$
در این معادله a عرض از مبدأ (مقدار LAI در زمان صفر)، b زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، c زمان رسیدن به مرحله خطی رشد سطح برگ و x زمان می‌باشد.
سپس سرعت رشد محصول (CGR) از مشتق مرتبه اول معادله وزن خشک (معادله 1) به‌دست آمد (Hunt, 1978).
معادله (3)

$CGR = dy/dx = a \times b \times c \times \exp(-c \times x) / (1 + b \times \exp(-c \times x))^2$
در این معادله، a ، b و c ضرایب تعریف شده در معادله (1) می‌باشند.

با توجه به این‌که رشد و نمو گیاه تابعی مستقیم از دمای محیط است و مراحل از قبیل سرعت جوانه زدن و سبز شدن بذر، توسعه اندام‌های رویشی، تشکیل و ظهور گل‌ها، گرده‌افشانی، تشکیل و پر

فینولوژیک مورد بررسی براساس تعداد روز و درجه روز رشد معنی‌دار نبود (جدول 2).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کود اوره و رقم بر تعداد روز و درجه روز رشد تا مراحل فنولوژیک عدس Table 2- Analysis of variance for effects of urea fertilizer and cultivar on days and growing degree days of phenological stages of lentil									
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات تعداد روز Mean of squares of days				میانگین مربعات درجه روز رشد Mean of squares of growing degree days			
		کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting	کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا برداشت Planting to harvesting
تکرار Replication	2	1.17 ^{ns}	0.22 ^{ns}	4.39 ^{ns}	1.39 ^{ns}	47.94 ^{ns}	91.36 ^{ns}	664.89 ^{ns}	360.77 ^{ns}
کود اوره Urea fertilizer	2	0.17 ^{ns}	8.22 ^{**}	6.22 [*]	32.72 ^{**}	8.40 ^{ns}	2133.22 [*]	4459.35 [*]	13257.76 ^{**}
خطای a Error a	4	0.83	0.56	0.14	0.39	44.15	91.83	286.66	157.02
رقم Cultivar	1	18 ^{**}	68.05 ^{**}	122.72 ^{**}	555.56 ^{**}	837.77 ^{**}	33376.67 ^{**}	89577.33 ^{**}	261051.29 ^{**}
کود اوره × رقم Urea fertilizer × cultivar	2	1.17 ^{ns}	1.55 ^{ns}	1.55 ^{ns}	5.39 ^{ns}	56.01 ^{ns}	336.18 ^{ns}	595.68 ^{ns}	1918.81 ^{ns}
خطای b Error b	6	0.94	0.55	1.11	2.61	51.1	341.09	906.96	1428.56
ضریب تغییرات C.V(%)	-	7.47	1.43	3.44	1.68	8.76	2.95	4.95	2.87

ns: غیر معنی‌دار
* و ** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد
*** significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

کود اوره تأثیر معنی‌داری بر طول دوره سبز شدن تا گلدهی (رشد رویشی) براساس تعداد روز ($p \leq 0/01$) و درجه روز رشد ($p \leq 0/05$) داشت (جدول 2). بیشترین میزان طول این دوره با میانگین 53/5 روز و 464/4 درجه روز رشد به تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار اختصاص یافت که اختلاف معنی‌داری با تیمار 80 کیلوگرم اوره در هکتار نداشت اما نسبت به تیمار عدم کاربرد کود اوره 2/3 روز (37/6 درجه روز) دیرتر به مرحله گلدهی رسید (جدول 3). معافی و تیموری (2009) (Moafi and Teymori) در نتایج به‌دست آمده از بررسی خود به این موضوع اشاره کردند که افزایش نیتروژن تعداد روز تا ظهور گل را افزایش داد. افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش میزان پروتئین و پروتوپلاسم می‌شود. در نتیجه افزایش اندازه سلول، سطح برگ بزرگ‌تر شده، بنابراین فعالیت فتوسنتزی بیشتر می‌گردد و تأثیر همه جانبه آن منجر به رشد رویشی و به تعویق افتادن تعداد روز تا شروع گلدهی می‌شود (Ahmadi and Javidfar, 1998). ارقام عدس از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از سبز شدن تا گلدهی اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/01$) داشتند (جدول 2). به‌طوری‌که رقم رباط نسبت به رقم بیرجند 3/9 روز (86/1 درجه روز) زودتر وارد مرحله گلدهی شد (جدول 3). این تفاوت ارقام به تفاوت ژنتیکی و سازگاری‌های مختلف آن‌ها به منطقه بر می‌گردد (Shaban et al., 2013). بین کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0/69^{**}$ و $r = 0/81^{**}$ به‌ترتیب براساس تعداد روز و درجه روز رشد) مشاهده گردید (جدول 4). این در حالی است که حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2013) همبستگی منفی و معنی‌داری را بین این دو دوره گزارش کرده‌اند.

بین سطوح مختلف کود اوره تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از گلدهی تا رسیدگی (دوره رشد زایشی) وجود داشت (جدول 2). تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بیشترین میزان تعداد روز و درجه روز رشد از گلدهی تا رسیدگی را به‌خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با تیمار 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار نداشت (جدول 3). بین دو رقم تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/01$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از گلدهی تا رسیدگی وجود داشت (جدول 2). به‌طوری‌که تعداد روز (33/2) و درجه روز رشد (679/3) از گلدهی تا رسیدگی برای رقم بیرجند بیشتر از رقم رباط بود (جدول 3). بین گلدهی تا رسیدگی با کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا گلدهی براساس تعداد روز و درجه روز رشد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول 4).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کود اوره و رقم بر تعداد روز و درجه روز رشد تا مراحل فنولوژیک عدس

تیمار Treatment	درجه روز رشد days degree of phenological stages of lentil					
	تعداد روز Days			درجه روز رشد days degree of phenological stages of lentil		
	کاشت تا سبز Planting to emergence	گلدهی Emergence to flowering	رسیدگی Flowering to maturity	کاشت تا سبز Planting to emergence	گلدهی Emergence to flowering	رسیدگی Flowering to maturity
کود اوره Urea fertilizer	0 12.8 a 40 13.2 a 80 13.0 a	51.2 b 53.5 a 52.2 ab	29.5 b 31.5 a 30.8 a	80.4 a 82.8 a 81.6 a	608.8 b 646.4 a 625.5 ab	579.3 b 633.1 a 614.0 ab
رقم Cultivar	بیرجند 14.0 a رباط 12.0 b Robat	54.2 a 50.3 b	33.2 a 28.0 b	88.4 a 74.8 b	670.0 a 583.9 b	679.3 a 538.3 b
						1268.5 c 1362.3 a 1321.1 b 1437.8 a 1196.9 b

Means in each column and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test
برای هر فاکتور و در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین مراحل فنولوژیک، عملکرد، حداکثر تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ عدس
Table 4- Correlation coefficients between phenological stages, yield, maximum dry matter accumulation and leaf area index of lentil

متغیر Variable	کاشت تا Planting to emergence	سبز شدن تا Emergence to flowering	گلدهی تا Flowering to maturity	کاشت تا Planting to harvesting	سبز شدن Planting to emergence (GDD)	گلدهی Emergence to flowering (GDD)	گلدهی تا Flowering to maturity (GDD)	کاشت تا Planting to harvesting (GDD)	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index
کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	1												
سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	0.69**	1											
گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	0.64**	0.86**	1										
کاشت تا برداشت Planting to harvesting	0.80**	0.94**	0.95**	1									
کاشت تا سبز شدن Planting to emergence (GDD)	0.99**	0.68**	0.63**	0.79**	1								
سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering (GDD)	0.81**	0.98**	0.87**	0.97**	0.81**	1							
گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity (GDD)	0.71**	0.89**	0.96**	0.96**	0.71**	0.91**	1						
کاشت تا برداشت Planting to harvesting (GDD)	0.80**	0.94**	0.94**	0.99**	0.79**	0.97**	0.98**	1					
عملکرد دانه Grain yield	0.32 ^{ns}	0.55*	0.52*	0.53*	0.33 ^{ns}	0.51*	0.56*	0.54*	1				
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.53*	0.83**	0.78**	0.82**	0.53*	0.83**	0.80**	0.82**	0.77**	1			
شاخص برداشت Harvest index	-0.62**	-0.86**	-0.83**	-0.86**	0.60**	-0.87**	-0.84**	-0.87**	-0.89**	0.45*	1		
حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation	0.40 ^{ns}	0.67**	0.53*	0.60**	0.40 ^{ns}	0.63**	0.541*	0.59*	0.58*	0.57*	-0.42	1	
حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	0.29 ^{ns}	0.54*	0.44 ^{ns}	0.42*	0.29 ^{ns}	0.49*	0.47*	0.48*	0.66**	0.52*	-0.23	0.86**	1

* و ** به ترتیب معنی داری سطوح احتمال پنج و یک درصد ns غیر معنی دار
*, ** significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

سطح برگ دست یافت و پس از آن با شیب تندتری نسبت به دو تیمار دیگر کاهش یافت. تأثیر سطوح مختلف کود اوره بر حداکثر شاخص سطح برگ عدس معنی دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول 5). تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار با میانگین 3/60 بیشترین میزان شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد. به طوری که نسبت به تیمار 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار و عدم مصرف کود اوره به ترتیب 36 و 31 درصد افزایش نشان داد (جدول 6). از آنجایی که بیشتر شاخص های رشد به شاخص سطح برگ وابسته اند، تغییر این شاخص از طریق تغییر در میزان کود نیتروژنه، یکی از عملی ترین راه کارها جهت بهبود عملکرد می باشد (Amanullah et al., 2009). در مطالعه حاضر نیز وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه ($r=0/66^{**}$) تأیید کننده این امر می باشد (جدول 4).

شکل 2-ب بیانگر روند تغییرات شاخص سطح برگ دو رقم مورد مطالعه می باشد. هر دو رقم روند تغییرات مشابهی در طول دوره داشتند، اما شاخص سطح برگ رقم بیرجند از اوایل دوره رشد در سطح بالاتری نسبت به رقم رباط قرار داشت که این اختلاف به تدریج تا رسیدن به حداکثر مقدار، افزایش نشان داد. با توجه به این که زمان گلدهی رقم رباط و بیرجند به ترتیب 658/65 و 758/41 درجه روز رشد بود (جدول 3)، هر دو رقم بعد از گلدهی و در 899 درجه روز رشد به حداکثر مقدار خود رسیدند. تأثیر رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5).

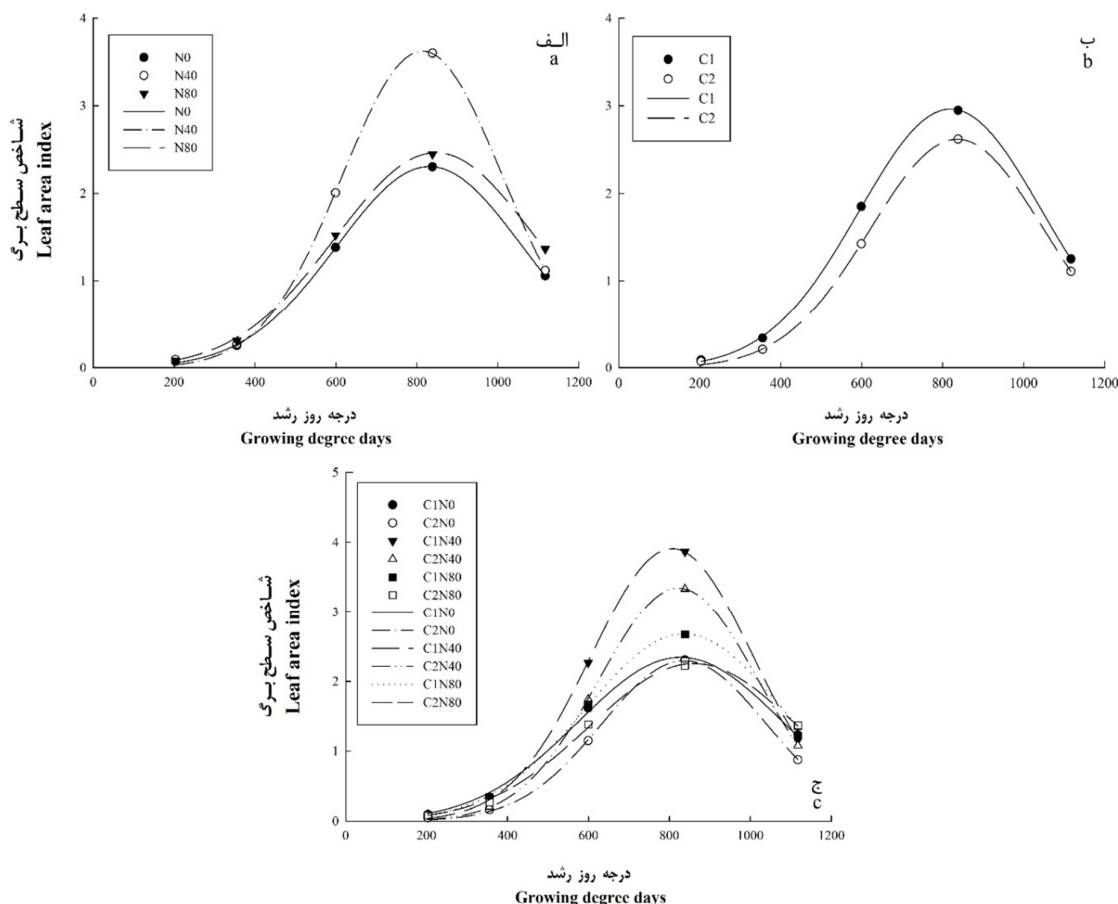
تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا برداشت (کل دوره رشد) عدس به طور معنی داری ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر کود اوره قرار گرفت (جدول 2). به طوری که بیشترین و کمترین میزان آن به ترتیب در تیمار 40 و صفر کیلوگرم کود اوره در هکتار حاصل شد (جدول 3). بین دو رقم مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی داری ($p \leq 0/01$) از نظر تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا برداشت وجود داشت (جدول 2). به طوری که طول دوره رشد رقم بیرجند نسبت به رقم رباط 11/11 روز (240/82 درجه روز) بیشتر بود (جدول 3). بین کل دوره رشد گیاه بر اساس تعداد روز و درجه روز رشد با کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی و گلدهی تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت (جدول 4). در این بین تعداد روز و درجه روز رشد از کاشت تا برداشت بیشترین همبستگی را با تعداد روز ($r=0/95^{**}$) و درجه روز رشد ($r=0/98^{**}$) از گلدهی تا رسیدگی داشت (جدول 4). بنابراین به نظر می رسد در شرایط مطالعه حاضر، هر چند بهبود هر دو دوره رشد رویشی و زایشی نقش مهمی در افزایش کل دوره رشد گیاه داشته اند، اما تأثیر افزایش دوره رشد زایشی محسوس تر می باشد که با نتایج حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2013) مطابقت دارد.

روند تغییرات شاخص سطح برگ عدس تحت تأثیر سطوح مختلف کود اوره در شکل 2-الف نشان داده شده است. روند تغییرات در تیمارهای عدم مصرف کود اوره و مصرف 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار مشابه بوده و هر دو تیمار در 838 درجه روز رشد به حداکثر شاخص سطح برگ رسیدند. در حالی که تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار کمی زودتر (حدود 800 درجه روز رشد) به حداکثر شاخص

جدول 5- تجزیه واریانس اثر کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد عدس

Table 5- Analysis of variance for effects of urea fertilizer and cultivar on maximum leaf area index, maximum dry matter accumulation and yield of lentil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)				شاخص برداشت Harvest index
		حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
تکرار Replication	2	0.07 ^{ns}	1850.99 ^{ns}	454.30 ^{ns}	24578.87 ^{ns}	0.76 ^{ns}
کود اوره Urea fertilizer	2	3.04 ^{**}	14746.43 [*]	8530.45 [*]	692404.28 [*]	1.28 ^{ns}
خطای aError	4	0.05	1589.65	1166.26	44619.51	2.11
رقم Cultivar	1	0.48 [*]	8316.63 [*]	8986.94 [*]	8417619.07 ^{**}	317.46 ^{**}
کود اوره × رقم	2	0.12 [*]	827.72 [*]	2962.68 [*]	719876.49 ^{**}	9.80 [*]
Urea fertilizer * Cultivar						
خطای bError	6	0.05	706.63	1388.68	64708.12	1.46
ضریب تغییرات C.V (%)	-	8.04	8.31	14.79	13.42	8.05



شکل 2- روند تغییرات شاخص سطح برگ عدس تحت تأثیر سطوح مختلف (الف) کود اوره، (ب) رقم و (ج) اثر متقابل آن‌ها
Figure 2- Trend for leaf area index of lentil under different levels of (a) urea fertilizer, (b) cultivar and (c) their interaction effect

C1, C2, N0, N40 and N80, به ترتیب رقم بیرجند، رقم رباط، عدم مصرف کود اوره، 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار
C1, C2, N0, N40 and N80, respectively Birjand cultivar, Robat cultivar, 0 kg urea fertilizer per hectare, 40 kg urea fertilizer per hectare and 80 kg urea fertilizer per hectare

جدول 6- مقایسه میانگین اثر کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد عدس
Table 6- Mean comparison for effects of urea fertilizer and cultivar on maximum leaf area index, maximum dry matter accumulation and yield of lentil

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum dry matter accumulation (g m ⁻²)	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	تیمار Treatment
15.49 a	1687.22 b	221.78 b	285.23 b	2.30 b	کود اوره Urea 0
14.91 a	2286.17 a	294.12 a	376.67 a	3.60 a	40
14.58 a	1708.95 b	239.48 b	297.73 b	2.45 b	80
10.80 b	2577.96 a	274.14 a	341.37 a	2.95 a	بیرجند رقم Birjand
19.20 a	1210.27 b	229.45 b	298.38 b	2.62 b	رباط رقم Robat

برای هر فاکتور و در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means in each column and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

کود اوره در هکتار و رقم بیرجند در بالاترین سطح و تیمار عدم مصرف کود اوره و رقم رباط در پایین ترین سطح قرار داشت. اثر متقابل کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی داری بود (جدول 5). با این وجود تنها در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بین دو رقم تفاوت معنی داری وجود داشت و رقم بیرجند حداکثر شاخص سطح برگ را با میانگین 3/87 به خود اختصاص داد (جدول 7).

به طوری که رقم بیرجند با 2/95 حداکثر شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد (جدول 6). این امر می تواند به طولانی تر بودن دوره رشد رویشی رقم بیرجند (جدول 3) مربوط باشد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین حداکثر شاخص سطح برگ با تعداد روز ($r=0/54^*$) و درجه روز رشد ($r=0/49^*$) از سبز شدن تا گلدهی نیز تأیید کننده این امر می باشد (جدول 4). تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر اثر متقابل کود اوره و رقم در شکل 2-ج نشان داده شده است. در اکثر طول دوره رشد شاخص سطح برگ تیمار 40 کیلوگرم

جدول 7- مقایسه میانگین اثر متقابل کود اوره و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد عدس
Table 7- Mean comparison for interaction effect between urea fertilizer and cultivar on maximum leaf area index, maximum dry matter accumulation and yield of lentil

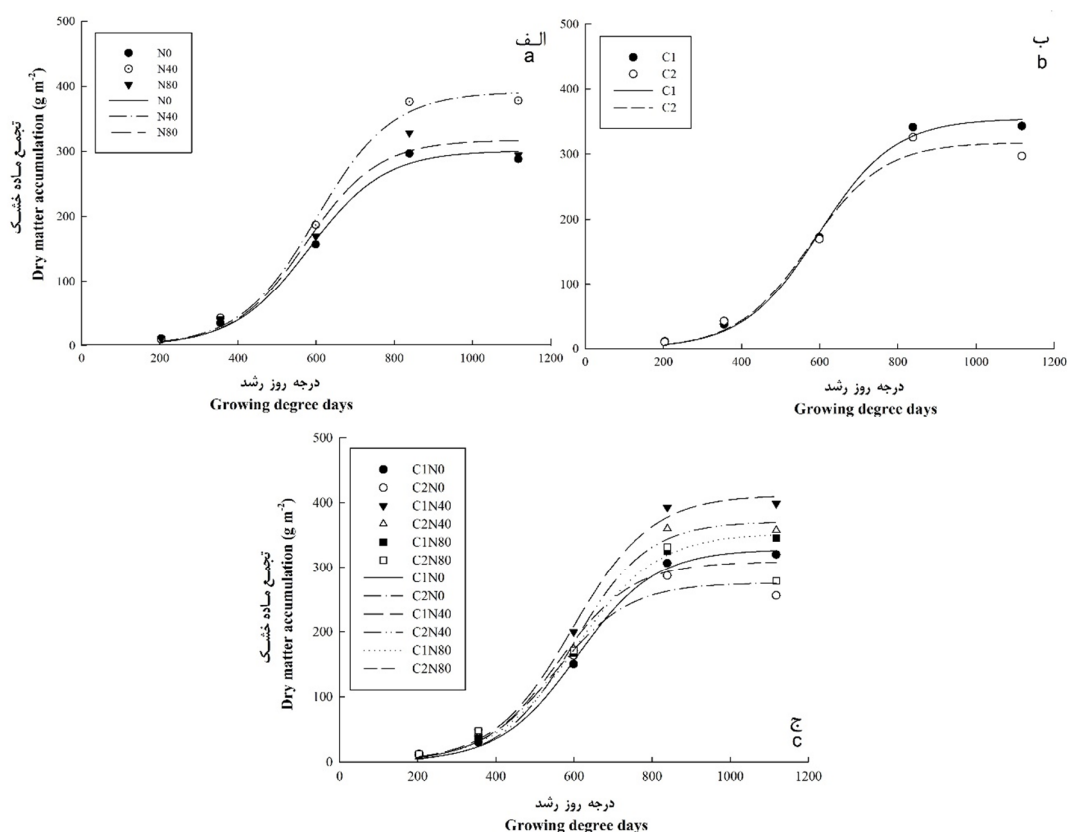
شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	حداکثر تجمع ماده خشک Maximum of dry matter accumulation (g m ⁻²)	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum of leaf area index	تیمار Treatment
10.28 c	2416.10 b	245.00 b	320.12 bc	2.30 c	بیرجند Birjand
20.71 a	958.33 c	198.57 b	250.35 d	2.30 c	رباط Robat
10.29 c	3291.68 a	338.23 a	393.33 a	3.87 a	بیرجند Birjand
19.54 ab	1280.68 c	250.00 b	360.00 ab	3.33 b	رباط Robat
11.82 c	2026.10 b	239.18 b	310.67 bc	2.67 c	بیرجند Birjand
17.34 b	1391.80 c	239.78 b	284.80 cd	2.22 c	رباط Robat

برای هر فاکتور و در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column and for each factor followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

تفاوت دو رقم مربوط باشد به نحوی که نازکی، زاویه و مقدار عمودی بودن برگ ها در دو رقم کاملاً یکسان نبوده و احتمالاً ساختار کانوپی برای جذب نور بیشتر در رقم رباط مطلوب تر بوده است. اما از زمان گلدهی (658/6 و 758/4 درجه روز رشد به ترتیب برای رقم رباط و بیرجند (جدول 3)) اختلاف بین دو تیمار به تدریج بیشتر شد و تا انتهای دوره رشد رقم بیرجند ماده خشک تجمعی بالاتر را به خود اختصاص داد. حداکثر تجمع ماده خشک برای رقم بیرجند در حدود 1050 درجه روز رشد و برای رقم رباط در 1000 درجه روز رشد به دست آمد. رقم تأثیر معنی داری ($p \leq 0/05$) بر حداکثر تجمع ماده خشک داشت (جدول 5). به طوری که رقم بیرجند با میانگین 341/37 گرم بر مترمربع حداکثر تجمع ماده خشک را به خود اختصاص داد (جدول 6). رقم بیرجند به علت دیررس بودن 11 روز بیشتر به رشد خود ادامه داد (جدول 3) و این افزایش طول دوره رشد و به خصوص طول دوره رشد رویشی به دلیل دوام بافت های سبز گیاه، سبب فتوسنتز بیشتر و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک نسبت به رقم رباط گردید.

در مراحل اولیه رشد بین تیمارهای کودی، تفاوت چندانی از نظر وزن خشک دیده نشد (شکل 3-الف)، زیرا در این زمان گیاه کوچک است و رشد اندام های رویشی آن ناچیز می باشد. با شروع دوره رشد خطی و اختلاف در شاخص سطح برگ (شکل 2-الف)، اختلاف بین سرعت رشد جامعه گیاهی بارز شد و پس از مرحله گلدهی به حداکثر مقدار خود رسید. اثر نیتروژن بر حداکثر تجمع ماده خشک معنی دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). به طوری که تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار با میانگین 376/67 گرم بر مترمربع دارای بیشترین ماده خشک تجمعی بود (جدول 6). این امر می تواند به بالاتر بودن شاخص سطح برگ آن در مقایسه با سایر تیمارها مربوط باشد (جدول 5). زیرا همبستگی مثبت و معنی داری ($r=0/86^{**}$) بین حداکثر تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ وجود داشت (جدول 4).

روند تغییرات تجمع ماده خشک در دو رقم مورد مطالعه نشان داد که در زمان رشد رویشی علی رغم بالا بودن شاخص سطح برگ رقم بیرجند نسبت به رقم رباط، تفاوتی بین تیمارها به لحاظ تجمع ماده خشک وجود نداشت (شکل 3-ب). این امر می تواند به ساختار کانوپی



شکل 3- روند تغییرات تجمع ماده خشک عدس تحت تأثیر سطوح مختلف (الف) کود اوره، (ب) رقم و (ج) اثر متقابل آن‌ها
Figure 3- Trend for dry matter accumulation of lentil under different levels of (a) urea fertilizer, (b) cultivar and (c) their interaction effect

C1, C2, N0, N40 و N80، به ترتیب رقم بیرجند، رقم رباط، عدم مصرف کود اوره، 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار
C1, C2, N0, N40 and N80, respectively Birjand cultivar, Robat cultivar, 0 kg urea fertilizer per hectare, 40 kg urea fertilizer per hectare and 80 kg urea fertilizer per hectare

گیاه زراعی در هر مرحله از رشد به وزن خشک اولیه، دوام و سرعت رشد محصول بستگی دارد (Karimi and Siddique, 1991). اثر متقابل کود اوره و رقم بر حداکثر تجمع ماده خشک معنی‌دار بود ($p \leq 0/05$) (جدول 5). بیشترین و کمترین میزان حداکثر تجمع ماده خشک به ترتیب به رقم بیرجند در سطح کودی 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم رباط بدون مصرف کود اوره اختصاص یافت. این تیمارها به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ را دارا بودند (جدول 7).

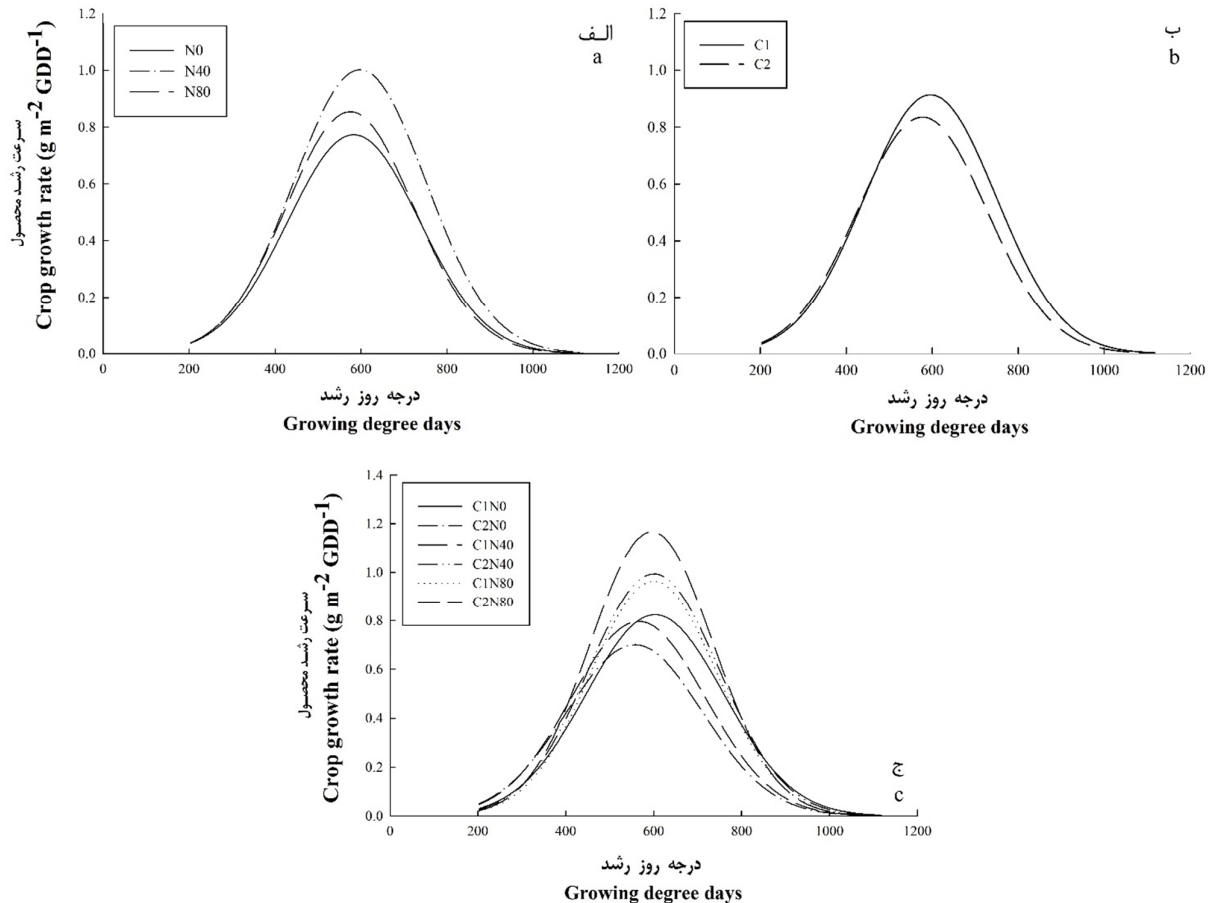
بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر مقادیر مختلف کود اوره (شکل 4-الف) نشان داد که از ابتدای دوره رشد تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بیشترین میزان سرعت رشد محصول را دارا بود. از آنجایی که سرعت رشد روزانه ارتباط مستقیمی با سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص دارد (Koocheki *et al.*,

زیرا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین حداکثر تجمع ماده خشک با تعداد روز و درجه روز رشد از سبز شدن تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی و کاشت تا برداشت وجود داشت. در این بین حداکثر تجمع ماده خشک بیشترین میزان همبستگی ($r = 0.67^{**}$ و $r = 0.63^{**}$) به ترتیب براساس تعداد روز و درجه روز رشد) را با سبز شدن تا گلدهی داشت (جدول 4). صمد و همکاران (Samad *et al.*, 2010) نیز در مطالعه‌ای بر روی ده ژنوتیپ عدس، مشاهده نمودند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر ماده خشک تولیدی تفاوت معنی‌داری داشتند.

اثر متقابل رقم و کود اوره بر روند تغییرات تجمع ماده خشک در شکل 3-ج نشان داده شده است. حداکثر تجمع ماده خشک در تیمار صفر و هشتاد کیلوگرم کود اوره در هکتار برای رقم رباط در 850 درجه روز رشد به دست آمد اما در مابقی تیمارها حداکثر تجمع ماده خشک در حدود 900 درجه روز حاصل شد. به طور کلی وزن خشک

گیاه تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرد به نحوی که با افزایش نیتروژن خاک، گسترش سطح برگ افزایش می‌یابد. در نتیجه نفوذ نور به درون کانوپی و کارایی جذب نور نیتروژن بیشتر می‌شود که این عوامل باعث افزایش رشد گیاه شده و در نهایت بیوماس کل افزایش می‌یابد.

1988)، بالا بودن سرعت رشد محصول در این تیمار می‌تواند به شاخص سطح برگ بالاتر تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به سایر تیمارهای کودی (شکل 2-الف) مربوط باشد. مطالعات یوهارد و اندرد (Uhart and Andrade, 1995) نیز نشان داد که آهنگ رشد



شکل 4- روند تغییرات سرعت رشد محصول عدس تحت تأثیر سطوح مختلف (الف) کود اوره، (ب) رقم و (ج) اثر متقابل آنها
Figure 4- Trend for crop growth rate of lentil under different levels of (a) urea fertilizer, (b) cultivar and (c) their interaction effect

N80 و N40، N0، C2، C1 به ترتیب رقم بیرجند، رقم رباط، عدم مصرف کود اوره، 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار
C1، C2، N0، N40 and N80، respectively Birjand cultivar، Robat cultivar، 0 kg urea fertilizer per hectare، 40 kg urea fertilizer per hectare and 80 kg urea fertilizer per hectare

و برای رقم رباط کمی زودتر و در 580 درجه روز رشد حاصل شد که این امر می‌تواند به دلیل زودرسی رقم مذکور نسبت به رقم بیرجند باشد (جدول 3).

اثر متقابل کود اوره و رقم بر روند تغییرات سرعت رشد در شکل 4-ج نشان داده شده است. تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم بیرجند در تمام طول رشد در سطح بالاتری نسبت به سایر تیمارها قرار داشت. این امر به علت بالاتر بودن شاخص سطح برگ این تیمار نسبت به سایر تیمارها می‌باشد (شکل 2-ج). در کل سرعت

شکل 4-ب روند تغییرات سرعت رشد محصول را در دو رقم بیرجند و رباط نشان می‌دهد. در ابتدا روند تغییرات سرعت رشد محصول در دو رقم مشابه بود، ولی بعد از رسیدن به حدود 450 درجه روز رشد تا انتهای دوره رشد سرعت رشد رقم بیرجند در سطح بالاتر قرار گرفت. در این زمان احتمالاً بالا بودن شاخص سطح برگ (شکل 2-ب) و متعاقب آن بالاتر بودن میزان تجمع ماده خشک (شکل 3-ب) سبب افزایش سرعت رشد محصول رقم بیرجند شده است. حداکثر سرعت رشد محصول برای رقم بیرجند در 600 درجه روز رشد

تیمارها داشت (جدول 7). بیشتر بودن عملکرد دانه این تیمار را می‌توان به بالاتر بودن حداکثر شاخص سطح برگ و ماده خشک آن در مقایسه با سایر تیمارها نسبت داد (جدول 7). وجود هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با حداکثر شاخص سطح برگ ($r = 0.66^{**}$) و حداکثر تجمع ماده خشک ($r = 0.58^*$) تأییدکننده این امر می‌باشد (جدول 4). اعتصامی و همکاران (Etesami et al., 2015) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ گزارش کردند. از آن جهت که برگ‌ها در گیاه پذیرنده عمده نور می‌باشند و می‌توانند منبع غنی برای مرحله زایشی و پر شدن دانه مهیا کنند، داشتن شاخص سطح برگ مطلوب و هم‌چنین سایر شاخص‌های رشد می‌توانند در افزایش عملکرد گیاه تأثیر زیادی داشته باشند.

تأثیر کود اوره بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین عملکرد بیولوژیک با 2286/17 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار بود که نسبت به تیمار صفر و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار، به‌ترتیب 26/19 و 25/24 درصد افزایش داشت (جدول 6). در این تیمار به‌دلیل وجود نیتروژن کافی در دوران رشد رویشی، گیاه فرصت داشته تا شاخص سطح برگ خود را افزایش دهد و رشد اندام هوایی به‌خوبی صورت گیرد. نتایج نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد بیولوژیک با حداکثر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک نشان دادند (جدول 4). اثر اصلی رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول 5). به‌طوری‌که رقم بیرجند با میانگین 2577/96 کیلوگرم در هکتار 50 درصد عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به رقم رباط تولید کرد (جدول 6). این امر می‌تواند به دیررس بودن رقم بیرجند نسبت به رقم رباط و بیشتر بودن طول دوره رشد رویشی این رقم مربوط باشد (جدول 3). وجود هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک و طول مراحل فنولوژیک مورد بررسی تأییدکننده این امر می‌باشد که در این بین بیشترین میزان همبستگی ($r = 0/83^{**}$) براساس تعداد روز و درجه روز رشد) برای عملکرد بیولوژیک با دوره سبز شدن تا گلدهی به‌دست آمد (جدول 4). اثر متقابل کود اوره و رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار ($p \leq 0/01$) گردید (جدول 5). بیشترین و کمترین میزان آن به‌ترتیب در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم بیرجند و تیمار عدم کاربرد کود اوره و رقم رباط به‌دست آمد. در تمام سطوح کود اوره، رقم بیرجند دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم رباط بود و با آن اختلاف معنی‌داری داشت (جدول 7).

کود اوره تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت اما تفاوت بسیار معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بین دو رقم مورد مطالعه از نظر این شاخص وجود داشت (جدول 5). به‌طوری‌که رقم رباط با میانگین 19/20 درصد شاخص برداشت بالاتری نسبت به رقم بیرجند داشت

رشد محصول روند تقریباً مشابهی با روند تغییرات سطح برگ دارد (شکل 2-ج). از این رو افزایش سرعت رشد محصول در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سطح برگ و کاهش سرعت رشد را به کاهش فتوسنتز خالص و ریزش برگ‌ها نسبت داد.

تأثیر کود اوره بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین میزان آن در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌دست آمد که حدود 25 و 19 درصد دانه بیشتری نسبت به تیمارهای صفر و 80 کیلوگرم کود اوره در هکتار تولید کرد (جدول 6). مصرف کود نیتروژن در حبوبات به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) شده است (Hatami et al., 2009). وجود کود آغازگر نیتروژن سبب استقرار سریع‌تر گیاه در مزرعه، افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. هم‌چنین وجود نیتروژن در ابتدا و تا قبل از این‌که تثبیت نیتروژن توسط گرهم‌های ریشه در گیاه صورت گیرد نیتروژن مورد نیاز آن را تأمین می‌نماید (Kashafi et al., 2011). جودی و همکاران (Joudi et al., 2011) نیز در مطالعه‌ای بر روی چهار ژنوتیپ عدس در شرایط اردبیل نشان دادند که بین سطوح صفر، 45 و 90 کیلوگرم کود اوره در هکتار، بیشترین عملکرد دانه در تمامی ژنوتیپ‌ها در تیمار 45 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد.

بین دو رقم مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/05$) مشاهده شد (جدول 5). رقم بیرجند با 274/14 کیلوگرم دانه در هکتار 16 درصد عملکرد دانه بیشتری نسبت به رقم رباط تولید کرد (جدول 6). طولانی‌تر بودن دوره رشد رویشی، زایشی و کل دوره رشد رقم بیرجند در مقایسه با رقم رباط (جدول 3) سبب افزایش عملکرد دانه آن شده است. زیرا بین عملکرد دانه و سبز شدن تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی و کاشت تا برداشت براساس تعداد روز و درجه روز رشد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول 4). در این بین، عملکرد دانه بیشترین همبستگی را براساس تعداد روز با دوره سبز شدن تا گلدهی ($r = 0/55^*$) و براساس درجه روز رشد با گلدهی تا رسیدگی ($r = 0/56^*$) داشت (جدول 4). بررسی‌ها نشان داده است که افزایش طول دوره رشد و دوام بافت‌های سبز عدس و به‌ویژه افزایش طول دوره رشد زایشی آن موجب می‌شود تا گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته و در نتیجه سبب افزایش عملکرد می‌گردد (Oweis et al., 2004). غانم و همکاران (Ghanem et al., 2015) در مطالعه‌ای بر روی گیاه عدس بیان داشتند که افزایش تعداد روز از کاشت تا سبز شدن و از سبز شدن تا گلدهی سبب افزایش عملکرد این گیاه می‌شود.

اثر متقابل کود اوره و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین میزان آن در تیمار 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و رقم بیرجند به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر

ویژه هر خاک، در مزارع صورت گیرد. با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط‌زیست، افزایش کیفیت آب و کاهش فرسایش، کارایی نهاده‌ها را افزایش داد و با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه مصرف عناصر غذایی، هزینه تولید را به حداقل رساند.

رقم بیرجند از نظر کلیه شاخص‌های رشد، وضعیت مناسبی داشت و توانست عملکرد بالاتر را به خود اختصاص دهد. اما با توجه به طولانی بودن دوره رشد و دیررس بودن این رقم، احتمال برخورد مرحله پرشدن دانه با خشکی وجود دارد لذا برای کشت در منطقه مورد مطالعه نیازمند رعایت تاریخ کاشت بهینه است. همچنین شاید بهتر باشد به جای استفاده از ارقام محلی با توجه به حساس بودن آن‌ها به خشکی آخر فصل و دیررس بودنشان از ارقام اصلاح شده عدس استفاده نمود که در برابر تنش‌های خشکی و سرما مقاوم می‌باشند (Sabaghpour et al., 2013).

همچنین نتایج، همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه با دوره رشد رویشی، زایشی، کل دوره رشد، حداکثر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک نشان داد. لذا در این بررسی می‌توان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را به عنوان شاخص‌های مؤثر بر عملکرد دانه این دو رقم عدس معرفی نمود.

سپاسگزاری

هزینه‌های مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد 39050 مورخ 1394/12/1 تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

(جدول 6). شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه ($r=0/45^*$) و همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک ($r=-0/89^{**}$) داشت (جدول 4). لذا با توجه به همبستگی بیشتر شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک می‌توان نتیجه گرفت شاخص برداشت بالاتر رقم رباط، به عملکرد بیولوژیک پایین‌تر این رقم مربوط می‌گردد (جدول 6). با این وجود ملک ملکی و همکاران (Maleki et al., 2011) بین شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک عدس رابطه مثبت و معنی‌داری را گزارش نمودند به‌طوری‌که با افزایش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت افزایش یافت. اثر متقابل کود اوره و رقم بر شاخص برداشت معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 5). بیشترین میزان آن در تیمار عدم مصرف کود اوره و رقم رباط به‌دست آمد که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را دارا بود. در سایر سطوح کود اوره نیز رقم رباط بالاترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد (جدول 7).

نتیجه‌گیری

در بین سطوح مختلف نیتروژن مصرف 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار سبب بهبود خصوصیات فنولوژیک گیاه عدس گردید. در این تیمار به دلیل افزایش شاخص سطح برگ، نور بیشتری توسط گیاه دریافت و در نتیجه به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک در این تیمار افزایش یافت. در نهایت این افزایش در شاخص‌های فوق منجر به افزایش عملکرد گردید. به نظر می‌رسد به‌منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف کود و جلوگیری از تبعات منفی ناشی از زیادی مصرف آن بهتر است برای کشت عدس به‌صورت دیم در منطقه مورد مطالعه از کود اوره به میزان 40 کیلوگرم در هکتار استفاده شود. با این وجود میزان مصرف کود باید براساس تفاوت‌های

References

1. Aase, J. K., Pikul, J. L., Prueger, J. H., and Hatfield, J. L. 1996. Lentil water use and fallow water loss in a semiarid climate. *Agronomy Journal* 88: 723-728.
2. Ahmadi, M., and Javidfar, F. 1998. Oilseed crops nutrition: Canola. Oilseed crops committee publications. Tehran.
3. Amanullah, K., Marwat, B., Shah, P., Maula, N., and Arifullah, S. 2009. Nitrogen levels and its time of application influence leaf area, height and biomass of maize planted at low and high density. *Pakistan Journal of Botany* 41 (2): 761-768.
4. Antep, S. 1997. Evaluation of some chemical of soil nitrogen available based on 15 nitrogen technique. *Communications in Soil Science and Plant analysis* 28: 537-550.
5. Bagheri, A., Goldani, M., and Hasanizadeh, M. 1997. *Agronomy and Breeding of Lentil*. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad. (in Persian).
6. Bullock, D. G., Nielson, R. L., and Nyquist, W. E. 1998. A growth analysis comparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science* 24: 1187-1191.
7. Dahiya, S., Singh, M., and Singh, R. B. 1993. Economics and water use efficiency of chickpea as effected by genotypes, irrigation and fertilizer application. *Crop Research-Hisar* 6: 532-534.
8. Etesami, M., Biabani, A., Rahemi Karizaki, A., Gholizadeh, A., and Sabouri, H. 2015. Comparison of growth and accumulation of dry matter in winter cereals under nitrogen limitation conditions. *Research in Crop Ecosystems* 2 (2): 49-61. (in Persian with English abstract).
9. Erskin, W., Adham, Y., and Holly, L. 1989. Geographic distribution of variation in quantitative characters in a

- world lentil collection. *Euphytica* 43: 97-103.
10. Ghanem, M. E., Marrou, H., Biradar, C., and Sinclair, T. R. 2015. Production potential of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) in East Africa. *Agricultural Systems* 137: 24-38.
 11. Girardin, P. M., Tollenaar, A., and Muldoon, D. 1987. Temporary N starvation in maize effects on development, dry accumulation and grain yield. *Agronomy Journal* 7: 289-296.
 12. Hatami, H., Inehband, A., Azizi, M., and Dadkhah, A. 2009. Effect of N fertilizer on growth and yield of soybean at North Khorasan. *Electronic Journal of Crop Productivity* 2 (2): 25-42. (in Persian with English abstract).
 13. Hosseini, F. S., Nezami, A., Parsa, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2013. Reaction of phenomorphological characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars to supplementary irrigation in Mashhad conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 4 (2): 35-50. (in Persian with English abstract).
 14. Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis*. Studies in Biology No. 96. Edward Arnold, London, UK.
 15. Hunt, R. 1982. *Plant Growth Curves: the Functional Approach to Plant Growth Analysis*. Edward Arnold, London, UK.
 16. Joudi, F., Tobeh, A., Ebadi1, A., Mostafae, H., and Jamaati-e-Somarin, Sh. 2011. Nitrogen effects on yield, yield components, agronomical and recovery nitrogen use efficiency in lentil genotypes. *Electronic Journal of Crop Productivity* 4 (4): 39-50. (in Persian with English abstract).
 17. Kaneez, F., Nazir, H. F. A. P., and Mohd, M. 2013. Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of lentil (*Lens culinaris*). *Applied Botany* 57: 14323-14325.
 18. Karimi, M. M., and Siddique, H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 783-788.
 19. Kashafi, S. M. H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1 (2): 11-20. (in Persian with English abstract).
 20. Khajepour, M. R., and Karimi, M. 1987. Using of air temperature data for agronomic decision, Book 1, Mohandesien Moshvarea Yekom Tehran, Tehran. (in Persian).
 21. Koocheki, A., Rashed Mohassel, M., Nasiri Mahallati, M., and Sadr Abadi, R. 1988. *Physiological Bases of Crop Growth and Development*. Publications of Astan Qods Razavi, Mashhad. (in Persian).
 22. Malek Maleki, F., Majnoun Hosseini, N., and Alizadeh, H. 2011. Effect of plant density on seed yield and yield components of two lentil cultivars (*Lens culinaris* Medik.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 42 (1): 33-40. (in Persian with English abstract).
 23. Miguele, Z., Frade, M. M., and Valenciano, J. B. 2005. Effect of sowing density on the yield and yield components of spring-sowing irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) growing in Spain. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* 33: 367-371.
 24. Ministry of Agriculture Jihad (MAJ). 2015. Statistical yearbook of agriculture, Volume I: Field crops 2012-13. Retrieved January 4, 2016, from <http://www.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx?>
 25. Moafi, R., and Teymiri, A. A. 2009. The effect of different amounts of N fertilizer in different sowing dates on phenological characteristics, grain yield and of Canola (Hyola 401). *Journal of Plant Ecophysiology* 1 (3): 30-44. (in Persian with English abstract).
 26. Namvar, A., Seyed Sharifi, R., and Khandan, T. 2011. Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. *Ekologija* 57 (3): 97-108.
 27. Omid Beigi, R. 1997. *Approach the Production and Processing Plants*. Tarahan Publisher. (in Persian).
 28. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* 68: 251-265.
 29. Pourtaheri, S. N., Rahomo, M. M., Vaezi, B., and AhmadiKhah, A. 2013. Effect of seed density and weed control on yield and yield components of two lentil dryland-specific cultivars in subtropical conditions. *Crop Production* 5(4): 135-150. (in Persian with English abstract).
 30. Russel, M. A., Wilhelm, W. W., Olsen, R. A., and Power, J. F. 1984. Growth analysis based on degree days. *Crop Science* 24: 28-32.
 31. Sabaghpour, S. H., Seyyedi, F., Mahmoudi, A. A., Safi Khani, M., Pezeshkpour, P., Rostami, B., Kamel, M., Farayadi, Y., Alahyari, N., Mehdipour Siabidi, M., Kanouni, H., Mahmoudi, F., Pouralibaba, H., Karami, I., and Jahangiri, A. 2013. Kimiya, a new high yielding lentil cultivar for moderate cold and semi warm climate of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal* 29-1 (2): 397-399. (in Persian with English abstract).
 32. Sajedi, N. A., and Ardakani, M. R. 2008. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. *Iranian Journal of Field Crops Research* 6 (1): 99-110. (in Persian with English abstract).
 33. Samad, M. A., Yasmin, A., and Mondal, M. M. A. 2010. Role of morphophysiological attributes on yield in lentil. *International Journal of Sustainable Crop Production* 5 (4): 42-45.
 34. Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1989. *Physiology of crop plants*. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad. (in Persian).

35. Shaban, M., Mansourifar, C., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S. H. 2013. Investigation of phenological and morphological characteristics and correlation them with yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and N fertilizer in Kermanshah province. Iranian Journal of Pulses Research 4 (1): 59-68. (in Persian with English abstract).
36. Seiedi, M. N., and Seyed Sharifi, R. 2013. The effects of seed inoculation with rhizobium and nitrogen application on yield and some agronomic characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under Ardabil condition. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (4): 618-628. (in Persian with English abstract).
37. Tadayyon, A., Hashemi, L., and Khodambashi, M. 2011. Effective morphological and phenological traits on seed and biological yield in lentil genotypes in Shahrekord region. Iranian Journal of Pulses Research 2 (2): 47-62. (in Persian with English abstract).
38. Uhart, S. A., and Andrade, F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effect on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. Crop Science 35: 1376-1383.



Effect of Different Nitrogen Levels on Phenology, Growth Indices and Yield of two Lentil Cultivars under Rainfed Conditions in Mashhad

M. Bannayan Aval^{1*} - F. Yaghoubi² - Z. Rashidi³ - S. Bardehji⁴

Received: 23-10-2016

Accepted: 23-01-2017

Introduction

Lentil (*Lens Culinaris* Medik.) is an important pulse crop in Iran and is usually grown in rainfed areas. The average lentil yield in Iran is 1195 and 476 Kg.ha⁻¹ in irrigated and rainfed farms, respectively. Low productivity occurs due to different factors. One of these factors is poor agronomic management practices that applied by the farmers, e.g. Limitation or inappropriate fertilizer distribution. Plant development occurs in a number of consecutive phases. These phases can be affected by temperature, moisture, photoperiod, cultivar and other factors. The amount of available nitrogen affects the distribution of assimilates between vegetative and reproductive organs and phenological stages of growth. Therefore, analysis of growth indices and its effective factors can be used as a suitable tool in evaluating the yield. The aim of this study was to evaluate the effect of different nitrogen levels on phenology and growth indices of two lentil cultivars in rainfed conditions of Mashhad.

Materials and Methods

The experiment was conducted as split plot layout based on randomized complete blocks design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during growth season 2016. Nitrogen fertilizer as urea (in three levels i.e. 0, 40 and 80 kg.ha⁻¹) and cultivar (in two levels i.e. Birjand and Robat) were in main plots and sub plots, respectively. To determine the leaf area and dry matter, sampling was done every two weeks during the growing season. Phenological stages timing for each plot were determined based on 50% of emergence, 50% of flowering, 50% of maturity. Final yield was estimated from three square meter from each plot. Data were analyzed with the SAS software; the means were compared with Duncan's multiple range tests at the 5% level of probability. The graphs were prepared by SigmaPlot software.

Results and Discussion

The results showed that the effect of urea fertilizer was significant on vegetative, reproductive and overall plant growth based on days and growth degree-days. Also, 40 kg urea fertilizer per hectare showed that maximum of these traits. The effect of cultivar was significant on days and growth degree-days of planting to emergence, vegetative growth, reproductive growth and overall plant growth. Maximum of these traits were obtained in the Birjand cultivar. The difference in two lentil cultivars is related to genetic differences and their different adaptations to region. Urea fertilizer and cultivar interaction effects was not significant on phenological stages.

Urea fertilizer had a significant effect on leaf area index, dry matter accumulation and yield. The highest leaf area index was obtained in treatment of 40 kg urea fertilizer per hectare. More production of leaf area affected on other growth indices and led to increasing of crop production. The highest grain and biological yield were achieved in this treatment. Cultivar effect was significant on maximum leaf area index, dry matter accumulation and yield. Birjand cultivar had maximum leaf area index, dry matter accumulation, crop growth rate, grain and biological yield. Since the most of growth indices are dependent on leaf area index, changes in this indicator through change in the nitrogen fertilizer levels, is one of the most important practices to improve yield.

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

2- PhD Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- PhD Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

4- Former MSc Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and PhD Student of Agronomy, Faculty of Agricultural Engineering, Isfahan University of Technology, Iran

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

Correlation analysis showed that, grain yield had positive and significant correlations with vegetative growth, reproductive growth, overall plant growth, maximum leaf area index and dry matter accumulation.

Conclusions

In this study, using of 40 kg urea fertilizer per hectare had a greater effect on leaf area index in comparison to other nitrogen fertilizer levels. That leads to an increase in the dry mater accumulation, crop growth rate and eventually increased the seed yield. So, application of 40 kg urea fertilizer per hectare is advised to achieve maximum crop production. Birjand cultivar had a good situation in terms of all growth indices and produced the highest yield, but it is a late cultivar and requires the optimum planting date for cultivation in this region. According to the observed correlations, leaf area index and dry matter accumulation can be introduced as traits affecting the yield of the two lentil cultivars.

Keywords: Dry matter accumulation, Leaf area index, Reproductive growth, Vegetative growth

Contents

Effect of Seed Priming, Sowing methods and Bio-fertilizers on Yield and Yield Components of Seedy Watermelon (<i>Citrullus Lanatus</i>)	733
M. Zarandi- M. Khajeh-hosseini- A. Mohammadabadi	
Effects of Pretreatment with Salicylic Acid on Growth and Nutrient Uptake of Sesame Seedlings under Salt Stress	746
H. Safari- Sh. Madah Hosseini- A. Azari- M. Heshmati Rafsanjani	
Growth Analysis of Fenugreek (<i>Trigonella foenum- graecum</i> L.) under Various Levels of Nitrogen and Plant Density	759
L. Bazrkar-Khatibani- B. A. Fakhri	
Evaluation of Growth Indices of Potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Affected by Density and Time of Emergence Pigweed (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	774
M. Asadi- A. Yadavi- M. Azimi Gandomani	
Effect of Nutritional Management on Yield and Yield Components of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) as a Medicinal Plant in Mashhad Condition	784
P. Rezvani Moghaddam- Gh. A. Asadi- M. Aghavani Shajari- F. Ranjbar- R. Shahriari	
Assessment of Paclobutrazol's Time and Concentration of Foliar Application on Production and Germination of Potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Mini-tube	796
B. Saadatian- M. Kafi- M. Banayan aval- J. Nabati	
Optimization of Plant Density and Nitrogen Use in Corn (<i>Zea mays</i> L.) by Central Composite Design	810
A. Koocheki- M. Nassiri Mahallati- S. Khorramdel- S. Morid Ahmadi	
The Effect of Sowing Date and Nitrogen fertilizer on Growth, Essential Oil and Essential Oil Compounds of Fennel (<i>Foeniculum vulgare</i>) under Shoushtar Condition	821
R. Farhoudi- Z. Khodarahmpour	
Effect of Different Levels of Organic and Chemical Fertilizers on Yield, Harvest Index and Extract Percentage of Hemp (<i>Cannabis sativa</i> L.)	837
S. Laleh- M. Jami Al-Ahmadi- S. Parsa	
Allelopathic Effect of Wheat and Barley Residues on Yield and Yield Components of Cowpea (<i>Vigna sinensis</i> L.) and Weeds Control	849
M. Shahbyki- H. Makarian- H. Abbasdokht	
Effect of Planting Date on Reducing Growth Period of Spring Safflower Cultivars in Tabriz Cold and Semi-arid Climate	860
B. Pasban Eslam	
Effect of Selenium and Application Methods of Urea Top-dress on Yield and its Components and Quality Traits of Wheat under Rainfed Conditions	870
M. Konani- N. A. Sajedi- M. R. Sobhani	
Evaluation of Different Triticale (<i>X Triticosecale</i> wittmack) Genotypes for Agronomic and Qualitative Characters	883
S. Ansari- S. A. M. Mirmohammady Maibody- A. Arzani- P. Golkar	
The effect of Nitrogen on Radiation Use Efficiency and Growth indices of Maize Hybrids (<i>Zea mays</i> L.) under Kermanshah Condition	899
M. Ahmadi- F. Mondani- M. Khorramivafa- Gh. Mohammadi- A. Shirkhani	
Leaf Area Expansion, Dry matter Accumulation and Grain Filling Trend as Affected by Planting Date and Seed size in Faba Bean (<i>Vicia faba</i> L.)	913
S. Jafarnode- E. Zeinali- A. Soltani- F. Sheikh	
Effects of Drought Stress on Canola (<i>Brassica napus</i> L.) Genotypes Yield and Yield Components	923
R. Khani- A. R. Sadeghi Bakhtvari- B. Pasban Eslam- V. Sarabi	
Effects of Bio-fertilizers on Physiological Traits and Absorption of Some Nutrients of Chicory (<i>Cichoriumintybus</i> L.) in Response to Drought Stress	937
N. Rezaienia- M. Ramroudi- M. Galavi- M. Forouzandeh	
Effect of Different Nitrogen Levels on Phenology, Growth Indices and Yield of two Lentil Cultivars under Rainfed Conditions in Mashhad	955
M. Bannayan Aval- F. Yaghoubi- Z. Rashidi- S. Bardehji	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 15

No. 4

2018

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	Prof., University of Birjand
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
Rahimian-Mashhadi, H.	Crop Physiology	Prof., Tehran University
Zamani, Gh.R.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
Zare- Feizabadi, A.	Crop Ecology	Prof., Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province
Shahriari-Ahmadi, F.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Kafi, M.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Nezami, A.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Mazaheri, D.	Crop Ecology	Prof., Tehran University
Khazaei, H.R.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Address: Iranian Journal of Field Crops Research Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture
Mashhad, Iran

P. O. Box: 91775-1163

Email: cesc@ferdowsi.um.ac.ir

Web Site: <https://jcesc.um.ac.ir>



Ferdowsi University
of Mashhad

Vol.15 No.4

2018

Iranian Journal of Field Crops Research

ISSN:2008-1472

Contents

Effect of Seed Priming, Sowing methods and Bio-fertilizers on Yield and Yield Components of Seedy Watermelon (<i>Citrullus Lanatus</i>).....	733
M. Zarandi- M. Khajeh-hosseini- A. Mohammadabadi	
Effects of Pretreatment with Salicylic Acid on Growth and Nutrient Uptake of Sesame Seedlings under Salt Stress	746
H. Safari- Sh. Madah Hosseini- A. Azari- M. Heshmati Rafsanjani	
Growth Analysis of Fenugreek (<i>Trigonella foenum- graecum</i> L.) under Various Levels of Nitrogen and Plant Density.....	759
L. Bazrkar-Khatibani- B. A. Fakheri	
Evaluation of Growth Indices of Potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Affected by Density and Time of Emergence Pigweed (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.).....	774
M. Asadi- A. Yadavi- M. Azimi Gandomani	
Effect of Nutritional Management on Yield and Yield Components of Roselle (<i>Hibiscus subdariffa</i>) as a Medicinal Plant in Mashhad Condition	784
P. Rezvani Moghaddam- Gh. A. Asadi- M. Aghavani Shajari- F. Ranjbar- R. Shahriari	
Assessment of Paclobutrazol's Time and Concentration of Foliar Application on Production and Germination of Potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Mini-tube.....	796
B. Saadatian- M. Kafi- M. Banayan aval- J. Nubati	
Optimization of Plant Density and Nitrogen Use in Corn (<i>Zea mays</i> L.) by Central Composite Design.....	810
A. Koocheki- M. Nassiri Mahallati- S. Khortamdel- S. Morid Ahmadi	
The Effect of Sowing Date and Nitrogen fertilizer on Growth, Essential Oil and Essential Oil Compounds of Fennel (<i>Foeniculum vulgare</i>) under Shoushtar Condition	821
R. Farhodi- Z. Khodarahimpour	
Effect of Different Levels of Organic and Chemical Fertilizers on Yield, Harvest Index and Extract Percentage of Hemp (<i>Cannabis sativa</i> L.).....	837
S. Laleh- M. Jami Al-Ahmadi- S. Parsa	
Allelopathic Effect of Wheat and Barley Residues on Yield and Yield Components of Cowpea (<i>Vigna sinensis</i> L.) and Weeds Control.....	849
M. Shahhyki- H. Makarian- H. Abbasdokht	
Effect of Planting Date on Reducing Growth Period of Spring Safflower Cultivars in Tabriz Cold and Semi-arid Climate	860
B. Pasban Eslam	
Effect of Selenium and Application Methods of Urea Top-dress on Yield and its Components and Quality Traits of Wheat under Rainfed Conditions.....	870
M. Konani- N. A. Sajedi- M. R. Sobhani	
Evaluation of Different Triticale (<i>X Triticosecale wittmack</i>) Genotypes for Agronomic and Qualitative Characters.....	883
S. Ansari- S. A. M. Mirmohammady Maibody- A. Arzani- P. Golkar	

Continue Content in cover