



نشریه علمی - پژوهشی

پژوهش‌های زراعی ایران

عنوان مقالات

- ۶۹۷..... تأثیر نش رحوبینی بر خصوصیات رشدی به جمعیت زیور سیاه (*Bunium persicum* Bioss) در سال اول و شد صدیقه فرخنسر - احمد ظاظا - محمد خواجه حسینی
- ۷۰۷..... تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری، تاریخ کاشت و مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) در بیان محمد رضا بزرگان زاده - پرویز رضوانی نقدم - فربالعلی اسی علی شهریاری
- ۷۲۲..... باشت عملکرد گندم و چندین قند در استان خراسان: ۱- تجزیه و تحلیل روش‌های پیش‌بینی عملکرد بتانسل بهداد نصری محلاتی - علیرضا کوچکی
- ۷۴۳..... تأثیر نش شوری بر دستگاه فتوستوتی کونشا (*Bassia scoparia*) در شرایط هزاره جعفر نایی - محمد کاظمی - آنده بروم رضازاده - علی معصومی - محمد زارع مهر جردی
- ۷۶۱..... ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد اوزن معمولی و سوباد در کشت محلوط نحت شرایط نش کیم آنجی در منطقه همدان سمهه صالحی زاده - آندره احمدوند - علی شرف میرزا
- ۷۸۱..... اثر حاصلخیز گندلهای آلی و شیمیایی بر صفات نیوتن بر درصد جذب نور و عصاره‌ی گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) در بیرون سید لامب - مجتبی جامی الاصحی - سهیل بارس
- ۷۹۷..... تأثیر مدیریت بستر کاشت و هیزان کاشت بذر بر کنترل علف‌های هرز، رشد و عملکرد گندم شید حقیریگی - احسان الله زیدعلی - روح‌الله مرادی - یاسر عینی زاده
- ۸۰۷..... بروزی اثواب نش خنکی و سالیلیک اسید بر زند و بازماندهای فیزیولوژیک چهار رفته کلای بیماره حمید دحدلی - رفیعه جرادزاده - بهمن یامیان اسلام - لاهه بروز
- ۸۲۱..... بروزی تأثیر تراکم کاشت بر صفات زراعی ارقام کنجد در کوچ ربان کربنی - مجید آفاسیجانی - مجید علامجیش
- ۸۳۳..... تأثیر زمان کاربرد کلرید کلریز بر کاهش اثواب هنفی نش نیزه بر عملکرد گندم در شرایط اهواز شب اسدی نسب - مجید نیی بو - حبیب الله رونقکر - فراساب راهنمایی
- ۸۴۷..... ارزیابی اثر نوع و مقدار مدیریت کودی بر یوکسی خصوصیات علوفه سیلوی کنترل فرتلی (۱-۲) در اصفهان مرضیه الله زاده - نایک بحرینی نژاد
- ۸۶۱..... ارزیابی عملکرد کمی و کیفی علوفه دارت ۳۶۰ تحت تأثیر مدیریت تلفیقی کود و بقاوی گیاهی حسنعلی یوسفی اسدعلی - مهدی دعمرد - احمد قنبری

نشریه پژوهش‌های زراعی ایران

«نشریه علمی - پژوهشی قطب علمی گیاهان زراعی ویژه»

با شماره ثبت ۱۲۴/۷۸۵۷ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و
۸۲/۵/۲۷

درجه علمی - پژوهشی شماره ۳/۱۱/۷۴۵۰۹ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۸۹/۱۰/۲۱

سال ۱۳۹۷ شماره ۴ جلد ۱۶

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: پرویز رضوانی مقدم
سردیبیر: حمیدرضا خزادی

اعضای هیئت تحریریه:

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)	یحیی امام
استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)	عبدالرضا باقری
استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)	محمدعلی بهدانی
استاد - مدل سازی سیستم های کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)	محمد بنایان اول
دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)	مجید جامی الاحمدی
استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)	حمیدرضا خزادی
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 الله 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 مظاہری

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۲۰ نسخه

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

نماهی: ۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیک: cesc@um.ac.ir

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

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

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

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

مندرجات

- 697 تأثیر تنش رطوبتی بر خصوصیات رشدی سه جمعیت زیوه سیاه (*Bunium persicum* Bioss) در سال اول رشد
صادیقه فرجبخش - احمد نظامی - محمد خواجه حسینی
- 707 تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری، تاریخ کاشت و مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در میتاب
محمد رضا یزدان پناه - پرویز رضوانی مقدم - قربانی اسدی - علی شهریاری
- 723 پایش عملکرد گندم و چغندرقند در استان خراسان: ۱- تجزیه و تحلیل روش‌های پیش‌بینی عملکرد پتانسیل
مهدی نصیری محلاتی - علیرضا کوچکی
- 743 تأثیر تنش شوری بر دستگاه فتوستنتزی کوشیا (*Bassia scoparia*) در شرایط مزرعه
جعفر بناتی - محمد کافی - الهه برومند رضازاده - علی معصومی - محمد زارع مهرجردی
- 761 ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارزن معمولی و سویا در کشت مخلوط تحت شرایط تنش کم آبی در منطقه همدان
سمیه حاجی‌نیا - گودرز احمدوند - علی اشرف مهرابی
- 781 اثر حاصلخیزی‌کننده‌های آآی و شبیه‌ای بر صفات مؤثر بر درصد جذب نور و عصاره‌ی گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) در بی‌جنده
سمانه لاله - مجید جامی الاحمدی - سهیل پارسا
- 797 تأثیر مدیریت بستر کاشت و میزان کاشت بذر بر کنترل علف‌های هرز، رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)
شیدا جعفریگی - احسان الله زیدعلی - روح الله مرادی - یاسر علی زاده
- 807 بررسی اثرات تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک چهار رقم کلزای بهاره
حمید محمدی - رقیه جوادزاده - بهمن پاسبان اسلام - لاله پرویز
- 821 بررسی تأثیر تراکم کاشت بر صفات زراعی ارقام کنجد در کرج
زنیب کریمی - مجید آفغانیخانی - مجید غلامحسینی
- 833 تأثیر زمان کاربرد کلرید کلسیم بر کاهش اثرات منفی تنش گرما بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط اهواز
نفیسه اسدی نسب - مجید نبی پور - حبیب الله روشنفکر - افساسیاب راهنمای قهقرخی
- 847 ارزیابی اثر نوع و مقدار مدیریت کودی بر برخی خصوصیات علوفه سیلویی کنگره فرنگی (*Cynara scolymus* L.) در اصفهان
مرضیه الله دادی - بابک بحرینی نژاد
- 861 ارزیابی عملکرد کمی و کیفی علوفه ذرت 260 تحت تأثیر مدیریت تلفیقی کود و بقایای گیاهی
حسنعلی پور اسماعیل - مهدی دهمرد - احمد قبری

تأثیر تنفس رطوبتی بر خصوصیات رشدی سه جمیعت زیره سیاه (*Bunium persicum* Biooss) در سال اول رشد

صدیقه فرحبخش^۱ - احمد نظامی^۲ - محمد خواجه حسینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۸

چکیده

کمبود بارندگی و نامنظم بودن نزولات جوی در مناطق رشد زیره سیاه، این گیاه را در طی دوره رشد و بهویژه در سال اول رشد آن با مشکل مواجه می‌کند. از این رو به منظور بررسی اثرات تنفس خشکی بر سه جمیعت زیره سیاه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار سال ۱۳۹۳ انجام شد. در این آزمایش گیاهان یک ساله سه جمیعت زیره سیاه (کوهبنان، سیرجان و کلات) در معرض سه سطح تنفس رطوبتی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) قرار گرفتند و در اواسط خرداد ماه ارتفاع بوته و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، قطر غده و درصد غده‌دهی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تنفس خشکی اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورد بررسی به جز طول ریشه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه داشت. ارتفاع بوته در جمیعت کوهبنان و سیرجان در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) ۱۵ درصد کاهش یافت، در حالی که در جمیعت کلات این کاهش ۲۴ درصد بود. طول ریشه در جمیعت کوهبنان، سیرجان و کلات به ترتیب ۹، ۲۰ و ۶۶ درصد در شرایط ۷۵ درصد زراعی نسبت به شاهد نیز کاهش نشان داد. در سه جمیعت فقط عدم تنفس رطوبتی، غده تشکیل شد و گیاهان رشد یافته در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی غده‌ای تولید نکردند. در جمیعت کوهبنان و کلات کاهش آبیاری تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نداشت، در حالی که در جمیعت سیرجان وزن خشک اندام هوایی در تنفس ۷۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در جمیعت کوهبنان و کلات در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، در صورتی که در جمیعت سیرجان ۴۸ درصد کاهش یافت. بررسی خرایب همبستگی نشان داد که کلیه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به استثنای درصد غده‌دهی با نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند.

واژه‌های کلیدی: درصد غده‌دهی، طول ریشه، قطر غده، نسبت وزن خشک اندام هوایی

صحیح از گیاهان دارویی مشروط بر وجود اطلاعات دقیق علمی است

مقدمه

(Midavoodi and Babakhloo, 2008). اگرچه اطلاعات علمی در رابطه با گیاهان دارویی در حال توسعه است، اما این اطلاعات درباره تعداد محدودی از گونه‌های است، از این رو گردآوری اطلاعات در مورد سایر گونه‌ها نیز ضروری به نظر می‌رسد (Hamilton, 2003). زیره سیاه (*Bunium persicum* Biooss) گیاهی علفی، کوچک و چند ساله است. این گیاه در محیط‌بست طبیعی به وسیله بذر تکثیر می‌شود. زیره سیاه در سال اول فقط دارای برگ‌های لپه‌ای و ریشه کوچک می‌باشد و در اواسط و اواخر بهار، بخش انتهایی ریشه به غده زیرزمینی تبدیل می‌گردد و بخش هوایی گیاه از بین می‌رود. این غده عامل رویش گیاه در سال بعد می‌شود و ضمن تشکیل اندام هوایی به حجم آن نیز افزوده می‌شود. این عمل در سال‌های بعد تکرار می‌شود

کشور ایران از لحاظ آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و تنوع گیاهی فراوان و زمینه رشد گیاهان دارویی، یکی از بهترین مناطق جهان جهت تولید گیاهان دارویی محسوب می‌شود، اما استفاده

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

۲- استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار علوم و تکنولوژی بذر، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(*)- نویسنده مسئول:
Email: nezami@um.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v16i4.55796

خشک اندام هوایی به ریشه به عنوان یک شاخص مقاومت به خشکی محسوب می‌شود (Ekaniak *et al.*, 2011). بسیاری از گونه‌های گیاهی با اختصاص مواد فتوستتری بیشتر به ریشه و کاهش نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه به کمبود رطوبت پاسخ می‌دهند (Ganjali *et al.*, 2011). طول ریشه گیاه در خاک نیز یک ویژگی مهم برای محاسبه جذب آب توسط گیاه است (Wirsum, 1997) مقاومت به خشکی گیاهان زراعی بسته به عمق و فراوانی انشعابات سیستم ریشه‌ای است تا بتوانند آب مورد نیاز خود را از خاک جذب نمایند (Alizadeh, 2004).

یکی از پاسخ‌های گیاه به تنش خشکی کاهش نسبت ساقه به ریشه است و این کاهش عمدتاً مربوط به کاهش بیشتر بیوماس اندام هوایی نسبت به ریشه در شرایط تنش خشکی است (Creelman *et al.*, 1990). در مطالعه‌ای روی اسفزه (*Plantago psyllium*) (Hosseini and Rezvani moghadam, 2007) و دو گیاه دارویی *Echinacea* (Cynara scolymus) و سرخارگل (Erythrina) (Ehyaei *et al.*, 2009) (purpurea) نشان داده شد که با اعمال تنش خشکی وزن خشک، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاه کاهش یافت. در آزمایشی که روی دو گونه از گیاه دارویی علف لیمو (C. pendulus) و *Cymbopogonnardus* (Anjum شد، در اثر تنش خشکی کاهش قابل ملاحظه‌ای در ارتفاع، طول برگ، سطح برگ و وزن آن مشاهده گردید (Sangwan *et al.*, 1994). در مطالعه‌ای روی پنج گونه از گیاهان دارویی اسفزه (*Plantago psyllium*) (Bomendran (Achillea millefolium), همیشه بهار (Calendula officinalis)، مریم گلی (Salvia officinalis) و بابونه (Matricaria recutita) نشان داده شد که کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی باعث کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی و طول ریشه و اندام هوایی در هر پنج گونه مذکور شد (Levit, 1990). با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) وزن خشک برگ و ریشه و ارتفاع بوته و طول ریشه کاهش معنی داری نشان داد (Ismaeal pur *et al.*, 2014). همچنین در مطالعه‌ی تنش خشکی (Ekaniak *et al.*, 2011) روی شش گونه اسپرس (*Onobrychis sativa*) نشان داده شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه در تیمار ۷۵ درصد زراعی و بعد از آن در تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. در همه گونه‌های موردنظره وزن خشک اندام هوایی و ریشه در تیمار ۲۵ درصد زراعی کاهش قابل توجهی نشان داد. در این مطالعه گونه‌های *O. sojakii* و *O. melanotrrica* بیشترین وزن خشک اندام هوایی و *O. cryastagalli* و *O. aucheri* ریشه را داشتند و گونه‌های *O. aucheri* و

و در سال چهارم پس از رشد رویشی وارد فاز زایشی می‌شود و گل تشکیل می‌شود (Omidbeygi, 1995). رویشگاه‌های طبیعی این گیاه تنها منبع تولید زیره سیاه در ایران می‌باشد (Pezhmanmehr *et al.*, 2010). با وجود این بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده در مورد کشت و اهلی کردن زیره سیاه طی سال‌های گذشته، امکان کشت این گیاه را به عنوان یک گیاه زراعی جدید مطرح شده است (Khosravi, 1994). کمبود بارندگی و نامنظم بودن نزولات جوی در مناطق رشد زیره سیاه، این گیاه را در طی دوره‌های مختلف رشد و بهویژه در طی دوره استقرار در سال اول و دوم که هنوز غده آن به خوبی تشکیل نشده است، با مخاطره مواجه می‌کند.

خشکی پدیده‌ای است که همه ساله در بخش‌هایی از دنیا در زمان‌های مختلف با دامنه و شدت متفاوت به تولید موفقیت‌آمیز محصول آسیب می‌رساند. خشکی اغلب بر اثر مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیکی محیطی از جمله تنش‌های محیطی که گیاه را با تنش آبی مواجه می‌سازند، به وجود می‌آید و رشد گیاه و تولید آن را کاهش می‌دهد (Ahmadi and Javidfar, 2000). وقتی گیاهان در شرایط کمبود آب قرار می‌گیرند تغییرات ساختاری و فیزیولوژیکی متفاوتی از خود نشان می‌دهند. توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی به نوع، شدت و مدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع بستگی دارد (Lobato, 2008). از مسائل مهمی که گیاه در اثر تنش خشکی در مراحل اولیه رشد با آن روبرو می‌شود کاهش رشد ساقه است که با توجه به میزان تنش ممکن است در نهایت موجب مرگ و یا کاهش عملکرد اقتصادی گیاه شود (Zeinali and Soltani, 2000). از بین تنش‌های محیطی که بر ریشه گیاه تأثیر می‌گذارد اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد و نمو بارزتر است (Macar, 2009; Alizadeh, 2004). هنگامی که کنترل می‌شود گیاه با تنش خشکی روبرو می‌شود ریشه نقش مهمی را در بقاء آن بازی می‌کند (Ekaniak *et al.*, 2011). تنش خشکی بر کلیه اندام‌های گیاهی اثر یکسان نمی‌گذارد. با افزایش تنش خشکی، رشد ریشه کاهش می‌یابد، اما رشد ریشه کمتر از بخش هوایی تحت تأثیر کمبود آب واقع می‌شود به طوری که نسبت تاج به ریشه کاهش می‌یابد (Schulze, 1998). در شرایط خشکی، رشد ریشه‌ها نسبت به اندام هوایی کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در این شرایط مواد فتوستتری بیشتری به ریشه‌ها اختصاص داده می‌شود. بنابراین در برخی از گیاهان در واکنش به تنش خشکی، میزان جذب آب از طریق حفظ نسبی رشد ریشه و کاهش نسبت اندام هوایی به ریشه، افزایش یافته و آب قابل دسترس بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Nicholas, 1998). وزن خشک ریشه، معیار مناسبی برای مطالعات ریشه و پاسخ آن به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود. همچنین نسبت وزن

جلوگیری از تبخیر از سطح خاک گلدان‌ها) به مدت ۲۴ ساعت روی سطح مشبک چهت خروج آب نقلی تا ظرفیت زراعی قرار داده شدند، در طی این مدت گلدان‌ها چهار بار توزین شدند. پس از ثابت شدن وزن گلدان‌ها، خاک به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن خاک خشک با کسر وزن گلدان اندازه‌گیری شد. درصد ظرفیت زراعی از طریق فرمول زیر مشخص شد:

$$\times 100 \times (\text{وزن خاک خشک} / (\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک تر}))$$

درصد رطوبت در ظرفیت زراعی گلدان‌ها تا دو هفته پس از استقرار گیاه‌چه تا حد ظرفیت مزرعه‌ای آبیاری و پس از آن گلدان‌ها توزین و در صورت کاهش وزن از حد ظرفیت زراعی و با توجه به سطوح تنش خشکی اقدام به افزایش آب به گلدان‌ها تا دستیابی به وزن مورد نظر شد. اعمال تنش تا پایان دوره رشد گیاه ادامه داشت. در پایان دوره رشد (۵۰ روز پس از اعمال تنش خشکی در اواسط خردادماه) کلیه بوته‌های هر گلدان برداشت شدند. خاک اطراف ریشه‌ها با شستشو به دقت جدا شده و طول ریشه و ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه، درصد غده‌دهی و قطر غده اندازه‌گیری شد. چهت تعیین وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس توزین شدند.

به دلیل این که فقط در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی غده تشکیل شد، قطر غده و درصد غده‌دهی به صورت طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح یک درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های مورد بررسی به‌جز طول ریشه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اثر خشکی و اثر متقابل جمعیت و خشکی نیز بر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۲) و گیاهان هر سه جمعیت زیره سیاه در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی از بین رفتند.

ارتفاع بوته در جمعیت سیرجان به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو جمعیت دیگر بود و بین دو جمعیت کوهبنان و کلات از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته کاهش یافت به‌طوری که در ۷۵ درصد ظرفیت زراعی ارتفاع بوته ۱۶ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد.

Nassir zadeh et al., (2005). در مطالعه‌ای دیگر بر روی سه جمعیت گیاه انسیون (*Pimpinella anisum*) نشان داده شد که تخلیه ۷۰ درصد رطوبت از خاک نسبت به تخلیه ۱۰ درصد آن باعث کاهش وزن خشک ریشه و ارتفاع در هر سه جمعیت شد، به طوری که این کاهش به ترتیب در جمعیت سیزوار ۴۷ و ۱۷ درصد، در جمعیت کرمان ۶۵ و ۲۸ درصد و Mohammadi alborzi, (2013).

بررسی تنش خشکی در مورد زیره سیاه در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است، به‌طور مثال در آزمایشی سعید نژاد و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه چندساله زیره سیاه مشاهده کردند که با افزایش سطح تنش خشکی (۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) عملکرد دانه و اجزای عملکرد کاهش یافت. ویژگی‌های آب و هوایی مناطقی که زیره سیاه در آن رشد می‌کند، نشان‌دهنده کمبود بارندگی در دوران رشد این گیاه است، بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح مختلف تنش رطوبتی بر سه جمعیت زیره سیاه (کوهبنان، سیرجان و کلات) در سال اول رشد آن، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر سه جمعیت زیره سیاه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۳ انجام شد و گیاهان یک ساله سه جمعیت زیره سیاه شامل کوهبنان، سیرجان و کلات (جدول ۱) در معرض سه سطح تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) قرار گرفتند. در اواسط فروردین پس از جوانهزنی بذری که خواب آن‌ها به‌وسیله اسید جیبرلیک و سرمادهی مرتبط (جمعیت کوهبنان پس از ۱۲ هفته سرمادهی مرتبط و غلاظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید جیبرلیک، جمعیت سیرجان پس از ۱۰ هفته سرمادهی مرتبط و غلاظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید جیبرلیک و جمعیت کلات پس از ۱۶ هفته سرمادهی مرتبط و غلاظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید جیبرلیک) شکسته شده بود، تعداد ۱۰ گیاه‌چه در گلدان‌های پلاستیکی (به قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر) در عمق ۱-۲ سانتی‌متری کشت شدند. دمای شب و روز گلخانه به ترتیب 16 ± 3 و 32 ± 3 درجه سانتی‌گراد تنظیم و فتوپریود طبیعی نیز اعمال شد. چهت تعیین حد ظرفیت مزرعه‌ای (FC)^۱ تعداد پنج گلدان انتخاب و به حد اشباع رسیدند و بعد از پوشاندن سطح آن‌ها به‌وسیله پلاستیک (جهت

1- Field capacity

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق جمع‌آوری شده جمیعت‌های زیره سیاه

Table 1- Geographical location that black cumin is collected

شهر	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	Altitude (m)
City	Latitude	Longitude		
کوهبنان	۲۹° ۴۵'	۵۵° ۶'		1945
Kuhbanan				
سیرجان	۲۹° ۴۵'	۵۵° ۶'		1730
Sirjan				
کلات	۳۶° ۵۹'	۵۹° ۴۶'		3059
Kalat				

تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی در تیمار ۴۰ درصد ظرفیت زراعی ارتفاع بوته بهترین (Safikhni *et al.*, 2007) و ۲۴ درصد کاهش داشت (Maki zadeh Tafti, 2012). همچنین روزی سه رقم باپونه نشان داد که ارتفاع بوته سه رقم باپونه مطالعه‌ای روزی سه رقم باپونه نشان داد که ارتفاع بوته سه رقم باپونه تحت شرایط تنفس متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و شدید خشکی (۵۵ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به شرایط بدون تنفس کاهش یافت. با وجود این کاهش ارتفاع بوته بسته به رقم متفاوت بود به طوری که در شرایط تنفس متوسط رقم شیرازی ۷ درصد، رقم بودگل ۲۶ درصد و رقم پرسو ۲۱ درصد نسبت به شرایط بدون تنفس کاهش ارتفاع بوته داشتند. در شرایط تنفس شدید درصد کاهش ارتفاع ارقام شیرازی، Farhoodi and Bozorgi (2014) در شرایط تنفس شدید درصد بود (Farhoodi and Bozorgi, 2014).

تنفس خشکی سبب کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها می‌شود (Bhatt and Sirinivasa-Rao, 2005). زیرا اولاً نیروی هیدرولیکی آب که در رشد سلول‌ها مؤثر است، کاهش می‌باشد و در ثانی دیواره‌های سلولی ضخیم می‌گردد (Lukovic *et al.*, 2009). همچنین تنفس خشکی با تأثیر بر فتوستنتر، باعث کاهش کربوهیدرات‌های محلول گیاهان می‌شود (Rajala *et al.*, 2009). از این رو تنفس خشکی می‌تواند با تأثیر بر فتوستنتر عامل کاهش ارتفاع بوته در جمیعت‌های مورد مطالعه باشد. ماکار و همکاران (Macar *et al.*, 2009) در بررسی اثر تنفس خشکی بر رشد نخود (*Cicer orientinum*) مشاهده کردند که با افزایش تنفس، ارتفاع بوته چه به طور معنی‌داری کاهش یافت.

آبیاری گیاهان جمیعت کوهبنان و سیرجان در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش حدوداً ۱۵ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد، در صورتی که کاهش ارتفاع بوته در جمیعت کلات در شرایط مذکور حدود ۲۴ درصد بود (جدول ۳). در بررسی تأثیر تنفس خشکی بر سه جمیعت بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) مشاهده شد که ارتفاع بوته سه جمیعت تهران، اصفهان و شیراز در

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی خصوصیات رشدی جمیعت‌های زیره سیاه تحت تنفس رطوبتی

Table 2- Analysis of variance of some growth traits of black cumin plants under moisture stress

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول ریشه	قطر غده	درصد غده‌دهی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی / ریشه
S.O.V	df	Height	Root length	Tuber diameter	Tubbering %	Shoot dry weight	Root dry weight	S/R
جمعیت (A)	2	0.57**	0.74ns	0.14**	83.1**	7.2**	7.4**	0.05ns
Population (B)	2	35.3**	292.6**	-	-	28.2**	60.2**	1.6**
Moisture stress								
A*B	4	0.13*	7.9**	-	-	2.1**	1.9**	0.06**
خطا	18	0.02	0.19	0.05	1.3	0.18	0.22	0.004
Error								
ضریب تغییرات (%)		6.1	6.9	12.2	10.8	21.1	15.9	14.1
CV%								

ns, * and **: Non significant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively
 ***: بهترین ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر جمعیت زیره سیاه و تنش رطوبتی و اثر متقابل آنها بر تعدادی از خصوصیات رشدی زیره سیاه در سال اول رشد
Table 3- Means comparison of black cumin populations and moisture stress and their interaction of some growth traits in the first year of growth

جمعیت	ارتفاع بوته	طول ریشه	قطر غده	درصد غده دهی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه هوایی به ریشه (اندام)	وزن خشک
Population	Height (cm)	Root length (cm)	Tuber diameter (mm)	Tubbering %	Shoot dry weight/plant (mg)	Root dry weight/plant (mg)	s/r
کوهبنان Kuhbanan	2.2	6.6	2.4	45.7	1.2	2.3	0.39
سیرجان Sirjan	2.5	6.3	1.1	50.1	1.9	2.6	0.52
کلات Kalat	2.1	5.9	2.2	56.1	3	4	0.5
LSD _(0.01)	0.3	0.9	0.3	1.5	0.9	0.1	0.28
تنش رطوبتی (%FC)							
Moisture stress							
100	3.7	11.1	-	-	3.2	4.1	0.8
75	3.1	7.7	-	-	2.9	4.8	0.6
50	0	0	-	-	0	0	0
LSD _(0.01)	0.3	0.9	-	-	0.9	0.1	0.3
کوهبنان Kuhanan	100	3.4	10.3	-	-	3.3	0.6
	75	3.1	9.4	-	-	3.7	0.55
	50	0	0	-	-	0	0
سیرجان Sirjan	100	4	10.5	-	-	3.3	1.02
	75	3.4	8.4	-	-	4.3	0.52
	50	0	0	-	-	0	0
کلات Kalat	100	3.7	12.5	-	-	5.7	0.77
	75	2.8	5.5	-	-	6.3	0.74
	50	0	0	-	-	0	0
LSD _(0.01)	0.3	1	-	-	1	1.1	0.32

نیز می‌گردد (Delkhosh *et al.*, 2006). در جمعیت کلات طول ریشه در شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بیشتر از طول ریشه دو جمعیت دیگر بود، با وجود این طول ریشه در جمعیت کوهبنان در شرایط تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) ۸/۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت در صورتی که در جمعیت سیرجان و کلات این کاهش کاهش داشت در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) نخود نشان داده شد که با افزایش شدت تنش خشکی (تیمار بدون آبیاری) طول ریشه در ژنتیک‌های آزاد، بیونیج، هاشم و ILC482 به ترتیب حدود ۴۹، ۵۷، ۶۳ و ۷۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (Shaban *et al.*, 2011). همچنین در مطالعه‌ای روی چهار ژنتیک کلزا (*Brassica napus*) نیز مشاهده شد که کاهش

طول ریشه در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی حدود ۳۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت (جدول ۳). در آزمایشی روی برنج (*Oryza sativa*) مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش ۵۰ درصدی طول ریشه چه نسبت به تیمار بدون تنش شد (Ekanayak *et al.*, 1994). نتایج حاصل از آزمایشی روی گیاه اسفرزه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش طول ریشه در این گیاه شد، به طوری که در تیمار ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد زراعی طول ریشه به ترتیب ۳۲، ۳۳ و ۵۷ درصد ظرفیت زراعی، نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش داشت (Lebaschi and Sharifi Ashurabadi, 2004). کمبود آب نه تنها مانع گسترش ریشه می‌شود، بلکه سبب چوبپنهایی شدن و کاهش توانایی آن در جذب آب و عناصر غذایی

نان نشان داده شد که با افزایش سطوح تنش خشکی وزن خشک ریشه کاهش یافت به طوری که رقم‌های WS-82-9 و گاسپارد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ریشه بودند. همچنین در مطالعه‌ای بر روی چهار ژنوتیپ کلزا نشان داده شد که کاهش وزن خشک ریشه در پتانسیل -۰/۶-۰/۶ مگاپاسکال نسبت به شاهد در رقم ۶۹ درصد بود و در رقم اکاپی ۸۷ درصد بود (Jafarnejad and Rahchamani, 2014).

نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در جمعیت کوهبنان و کلات در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد زراعی تفاوت معنی‌داری نداشت، در صورتی که در جمعیت سیرجان ۴۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در مطالعه‌ای روی گیاه گل مکزیکی (*Agastache foeniculum*) نشان داده شد که وزن خشک شاخه به ریشه با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی تغییری پیدا نکرد (Omid beygi and Mahmudi surestani, 2010). علت این امر، آن است که در شرایط تنش خشکی، آبدی و کاهش حجم سلولی در اندام هوایی نسبت به ریشه‌ها بیشتر است. به عبارتی در شرایط خشکی، رشد ریشه‌ها نسبت به اندام هوایی کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Nicholas, 1998) و این نسبت کاهش می‌یابد.

بررسی ضرایب همبستگی در این مطالعه نشان داد که کلیه ویژگی‌های مورد بررسی به استثنای درصد غده‌دهی با وزن خشک اندام هوایی به ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. همبستگی بین وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار (۰/۶۸) بود (جدول ۴). با بررسی اثر تنش خشکی روی جو (*Hordium vulgare*) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک ریشه و اندام هوایی مشاهده شد (Keshavarz nia et al., 2014). همبستگی بین درصد غده‌دهی با وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی به ترتیب برابر با ۰/۹۳ و ۰/۷۲ و همبستگی بین طول ریشه با قطر غده ۰/۹۵ بود (جدول ۴). تورچی و همکاران (Toorchi et al., 2005) در آزمایشی روی ژنوتیپ‌های کلزا مشاهده کردند که در شرایط تنش خشکی، ضرایب همبستگی ساده بین وزن خشک ریشه و طول ریشه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه به ترتیب برابر با ۰/۷۹ و ۰/۹۶ بود. در این آزمایش همچنین همبستگی بین وزن خشک ریشه با نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). بر طبق نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان گفت از بین صفات ریشه، وزن خشک ریشه تأثیر مثبت و معنی‌داری روی ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه داشت.

طول ریشه در پتانسیل ۶-۰-۰ مگاپاسکال نسبت به شاهد در رقم هایولا، ۲۵ درصد و در رقم اکاپی، ۴۲ درصد بود (Jafarnejad and Rahchamani, 2000). قطر غده در جمعیت کوهبنان و کلات نسبت به توده سیرجان تقریباً ۵۰ درصد بیشتر بود. در هر سه جمعیت فقط در تیمار آبیاری کامل غده تشکیل شد و گیاهان رشدیابیت در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی غده‌ای تولید نکردند. جمعیت کلات با ۵۶ درصد بیشترین و جمعیت کوهبنان با ۴۶ درصد کمترین میزان درصد غده‌دهی را داشتند (جدول ۳).

وزن خشک اندام هوایی در جمعیت کلات تقریباً ۴۸ درصد بیشتر از دو جمعیت دیگر بود و بین جمعیت کوهبنان و سیرجان از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین وزن خشک ساقه را جمعیت کلات در شرایط آبیاری کامل داشت. همچنین در جمعیت کوهبنان و کلات کاهش آبیاری تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی تأثیری بر وزن خشک اندام هوایی نداشت، در حالی که در جمعیت سیرجان وزن ۳۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). کاهش وزن خشک گیاه در شرایط تنش خشکی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع بوته، کاهش سطح برگ و افزایش تخصیص مواد فتوسنتری به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد (Sreeevali et al., 2001). در مطالعه‌ای روی گیاه شوید (*Anethum graveolens*) نشان داده شد که با افزایش تنش خشکی وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت (Ghaderifar et al., 2011) با بررسی تأثیر تنش خشکی روی ارقام شبدر زیرزمینی (*Trifolium subterraneum*) دریافتند که در بین ارقام بیشترین وزن خشک گیاهچه در سطح تنش خشکی ۲-بار در ارقام استنوارت، کلر و بانچ مشاهده شد، در حالی که وزن خشک گیاهچه ارقام گلبورن و یورک در این سطح خشکی اندکی افزایش یافت. وزن خشک ریشه در جمعیت کلات نسبت به دو جمعیت کوهبنان و سیرجان به ترتیب ۵۷ و ۶۵ درصد بیشتر بود و بین دو جمعیت کوهبنان و سیرجان از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در هر سه جمعیت کوهبنان، سیرجان و کلات بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی از نظر این صفت تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، ولی با تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۳). با بررسی تأثیر تنش خشکی روی سه جمعیت بادرشبو نشان داده شد که وزن خشک ریشه در تیمار ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوتی با شاهد نداشت (Safikhani, 2011). در مطالعه‌ای روی اثر تنش خشکی در ژنوتیپ‌های ذرت (*Zea mays*) نشان داده شد که بیشترین وزن خشک ریشه در شرایط شاهد و تنش مربوط به ژنوتیپ هیرید SC₅₀₀ و کمترین مقدار آن به هیرید SC108 بود (Eivazi et al., 2011). در مطالعه عبدی و همکاران (Abdi et al., 2015) روی ارقام گندم

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده صفات مورد مطالعه در سه جمعیت زیره سیاه تحت شرایط تنش خشکی

Traits	1	2	3	4	5	6	7
ارتفاع بوته	1						
1- Height							
طول ریشه	0.75*	1					
2- Root length							
قطر غده	0.85**	0.95**	1				
3- Tuber diameter							
درصد غده‌های	0.67*	0.38 ^{ns}	0.51 ^{ns}	1			
4- Tubbering %							
وزن خشک اندام هوایی	0.49 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.93**	1		
5- Shoot dry weight							
وزن خشک ریشه	0.86**	0.79*	0.75*	0.72*	0.68*	1	
6- Root dry weight							
نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه	0.92**	0.86**	0.82**	0.62 ^{ns}	0.55 ^{ns}	0.96**	1
7- Shoot dry weight to root ratio							

ns, *, **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

^{ns}, * and **: Non significant and significant at 5 and 0.1 % probability levels respectively.

ریشه در تیمار ۷۵ درصد زراعی در سه جمعیت نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش چندان نداشت. در سه جمعیت فقط در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد) غده تشکیل شد و گیاهان رشد یافته در شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی غده‌ای تولید نکردند. از آنجا که گیاه زیره سیاه یک گیاه چند ساله است، پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به نتایج کامل اثرات تنش خشکی روی گیاه زیره سیاه این آزمایش در همه سال‌های رشدی انجام شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کلیه گیاهان از بین رفتند. جمعیت کلات در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بیشترین میزان کاهش ارتفاع بوته و ریشه را نسبت به دو جمعیت کوهبنان و سیرجان داشت. همچنین در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی جمعیت سیرجان بیشترین کاهش در وزن خشک اندام هوایی را نسبت به دو جمعیت کوهبنان و کلات داشت. وزن خشک

References

- Abdi, H., Bihamta, M. R., Aziz, A., and Chogan, R. 2015. Investigation effect of drought stress level of PEG 6000 on germination of seed and its relation with drought tolerance index in lines and cultivar of bread. Journal of Field Crop Research 12 (4): 582-596. (in Persian with English abstract).
- Ahmadi, M., and Javidfar, F. 2000. Evaluation and drought tolerance improvement methods in oil species of Brassica genus. AREEO Press. Karaj. (in Persian).
- Alizadeh, A. 2004. Soil, Water and Plant Relationship. Emam Reza University Press. Mashhad. (in Persian).
- Bhatt, R. M., and N. K. Srinivasa-Rao. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiology 10: 54-59.
- Creelman, R. A., Mason, H. S., Bensen, R. J., Boyer, J. S., and Mullet, J. E. 1990. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. Journal of Plant Physiology 92: 205-214.
- Delkhosh, B., Shirani Rad, A. H., Noor Mohamadi, Gh., and Darvish, F. 2006. Effects of water stress on yield and chlorophyll content of canola cultivars. Journal of Agriculture Science 2: 359-366. (in Persian with English abstract).
- Ehyaei, H., Rezvani Moghadam, P., and Amiri, M. 2009. Effects of drought stress levels on germination and early seedling growth of hyssop (*Hyssopus officinalis*) and Marguerite (*Chrysanthemum superbum*). 1th National Symposium on Environmental Stress in Agriculture Sciences. The University of Birjand. pp 136. (in Persian).
- Eivazi, A., Afshar pour rezaieh, K., Ranji, H., Mosavian zabi, H., and Roshdi, M. 2011. Effects of drought stress on physiological trait of corn genotypes (*Zeamays*). Journal of Crop Production 3 (1&2):1-16.
- Ekanayak, I. J., Garriyy, D. P. Masajo, T. M., and Tool, C. O. O. 1994. Root pulling resistance in rice inheritance and association with drought tolerance. Euphytica 34: 905-913.
- Farhoodi, R., and Maki zadeh Tafti, M. 2012. Evaluation of drought stress on the growth, yield, essential oil and

- chamazulene percentage of 3 chamomile (*Matricaria recutita* L.) cultivars in Khuzestan condition. Journal of Field Crop Research 10 (4): 735-741. (in Persian).
11. Ganjali, A., Lahoti, M., and Khakeshvar Moghadam, Z. 2011. Effects of drought stress of PEG on germination and morpho-physiological characteristics of dill. Journal of Horticultural Sciences 25 (2): 185-193. (in Persian with English abstract).
 12. Ghaderi far, F., Ahmadi, A., and Galeshi, S. 2010. Effects of drought stress on germination and seedling growth of 9 varieties of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Journal of Field Crop Research 8 (1): 61-68. (in Persian).
 13. Grossnickle, S. C. 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. New forestes 30: 273-294.
 14. Hamilton A. 2003. Medicinal plants and conservation. Issues and Approaches. WFPub. London.
 15. Hosseini, H., and Rezvani moghadam, P. 2007. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Field Crop Research 4: 15-23. (in Persian).
 16. Ismael pur, B., Jalilvand, P., and hadian, J. 2014. Effect of drought stress and mycorrhiza on some morpho-physiological traits and yield of (*Satureja horethesis*). Journal of Agroecology 5 (2): 169-177. (in Persian).
 17. Jafar Nejad, A., and Rahchamani, A. A. 2014. The effect of different levels of water potential on germination and seedling stages of four varieties of rapeseed. Journal of Field Crop Research 12 (2): 852-861. (in Persian).
 18. Keshavarz nia, R., Shahbazi, M., Mohammadi, Gh., Hosseini Salkadeh., Ahmadi, A., and Mohseni, A. 2014. The role of root structure and physiological traits of barley in response to drought stress. Journal of Field Crop Science 54 (50): 441-461. (in Persian).
 19. Khosravi, M. 1994. *Bunium persicum*, Botany, Ecology and Investigation the Possibility of Crop Production. MSc Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract).
 20. Lebaschi, M. H., and Sharifi Ashourabadi, E. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 20 (3): 249-261. (In Persian with English abstract).
 21. Levit, J. 1990. Response of plants to environmental stresses. Academic Press, New York.
 22. Lobato, A. K. S., Oliveira Neto, C. F., Santos Filho, B. G., Costa, R. C. L., Cruz Neves, F. J. R., and Lopes, M. J. S. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max*) plants under water deficit. Australian Journal Crop Science 2: 25-32.
 23. Lukovic, J., Maksimovi, I., Zoric, L., Nagl, N., Percic, M., Polic, D., and Putnik-16-Delic, M. 2009. Histological characteristics of sugar beet leaves potentially linked to drought tolerance. Industrial Crops and Products 30: 281-286.
 24. Macar, T. K., Turan, O., and Ekmekci, Y. 2009. Effects of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. Journal of Science 22: 5-14.
 25. Mirdavoodi, H., and Babakhanlo, P. 2008. Identification of medicinal plants of Markazi province. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23 (4): 544-559. (in Persian with English abstract).
 26. Mohammadi alborzi, M., Safikhani, F., and Abass zadeh, B. 2012. The effect of drought on morphological characteristics of anisun (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Plant Ecophysiology 4 (1): 14-25. (in Persian with English abstract).
 27. Moosavi, S. M., Moosavi, S. G. R., and Seghatoleslami, M. G. 2014. Effect of drought stress and nitrogen levels on growth, fruit and essential oil yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3 (30): 453-462. (in Persian with English abstract).
 28. Nasir zadeh, A. R., Khoram shokuh, M., and Heydari sharifabadi, H. 2005. Study of physiological effects of water stress (drought) on growth on six sainfoin (*Onobrychis sativa*). Journal of Rangelands and Forests Plant breeding and Genetic Research 12 (4): 365-375. (in Persian).
 29. Nicholas, S. 1998. Plant resistance to environmental stress, Current Opin. Journal of Biotechnology 9: 214-219.
 30. Omid Beygi, R. 1995. Approaches for Production and Processing of Medicinal Plants. Tarrahan Nasr Production. Tehran. (in Persian).
 31. Omid Beygi, R., and Mahmudi Surestani, M. 2010. Effects of drought stress on some morphological characters, the Mexican flowers and essential oil yield (*Agasta chefoeniculum*). Journal of Horticultural Sciences 41 (2): 153-161. (in Persian).
 32. Pezhanmehr, M., Hassani, M. E., Fakhre Tabatabaei, and Hadian, J. 2010. Evaluation of Genetic Diversity and differentiation of Some *Bunium Persicum* (Boiss) Populations Using RAPD Markers. Journal of Environmental Sciences 7 (2): 63-76. (in Persian with English abstract).
 33. Rajala, A., Hakala, K. Makela, P., Muurinen, S., and Peltonen-Sainio, P. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Journal of Field Crops Research 161: 247-252. (in Persian).
 34. Saeidnejad, A. H., Kafi, M., Khazaei, H. R., and Pessarakli, M. 2013. Effect of drought and uv stress on ecophysiological properties, antioxidative activity and quantitative and qualitative yield of *bunium persicum*. PhD thesis. Agriculture College of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract).
 35. Safikhani, F., Heydari sharifabadi, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednedjad, M., and Abbazadeh, B. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of Deracoceohalum moldarical. Iranian

- Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23 (2): 183- 194. (in Persian with English abstract).
- 36. Sangwan, N. S., Farooqi Abad, A. H., and Sangwan, R. S. 1994. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. Journal of New Phytologist 128: 173-179.
 - 37. Schulze, E. D. 1988. Adaptation mechanisms of non-cultivated arid zone plants: usefulness one for agriculture, In: Drought Research Priorities for the Dryland Tropics. ICRIS. Patancheru.
 - 38. Shaban, M., Mansori far, S. Ghobadi, M., and Ashrafi parchin, R. 2011. Effects of water stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristics and yield of four genotypes of Chickpea (*Cicer arietinum*). Journal of Seed and Plant Production 2 (27): 451-470. (in Persian).
 - 39. Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., Kuikkarni, R., SuShilHasan, S., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K. Srikant, S., and Rakesh, T. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Science 22: 356-358.
 - 40. Toorchi, M., Sheikh, F., Valizadeh, M., Shakiba, M., and Pasban Eslam. B. 2005. Relationship between root morphological characteristics of resistance to water shortages in some genotypes of rapeseed (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science 15 (3): 2-15. (in Persian).
 - 41. Wiersum, L. K. 1997. The relationship of size and structural rigidity of pores to their penetration of roots. Journal of Plant and Soil 9: 75-85.
 - 42. Zeinali, A., and Soltani, A. 2000. The effect of drought stress on heterotrophic stem growth of wheat. Journal of Agriculture Sciences and Natural Sciences 4: 113-122. (in Persian).



Moisture Stress impacts on Growth Traits of three Populations of Black Cumin (*Bunium persicum*) during the First Year of its Growth

S. Farahbakhsh¹- A. Nezami^{2*}- M. Khajeh-Hosseini³

Received: 10-05-2016

Accepted: 08-05-2017

Introduction: Black cumin (*Bunium persicum* Biess) is a small and perennial herbaceous plant. During the first year of the growth, this plant produces only cotyledon leaves and small root that becomes to underground tuber after growth. Lack of sufficient rainfall with irregular patterns over black cumin growing areas cause drought stress during different growth periods of plant, especially during the first and the second years of plant growth when tubers do not well formed. Therefore, this study was planned to evaluate moisture stress impacts on the growth of black cumin during the first year of its growth.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of moisture stress on black cumin, an experiment was carried out in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications at College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad during 2014. The factors were included plant population in three levels (Kuhbanan, Sirjan and Kalat) and three levels of moisture stress [100, 75 and 50% of Field Capacity (FC)].

During mid-April, seed dormancy was broken by the GA and chilling. Germinated seed were planted in pots (diameter 10 cm, height 15 cm) at a depth of 1-2 cm. Pots were irrigated at FC level for up to two weeks after seedling establishment. After that pots weighted, and if the weight decreased from FC, added water to reach the desired pot weight. At the end of the growing period (seven weeks after drought stress in mid-June) all plants in each pot were harvested. Plant height, root length, shoot and root dry weight, tuber diameter and tubbering percentage were measured. Samples of shoot and root were placed in oven at 75 °C for 24 hours and then their dry weight were measured by a digital scale with accuracy of 0.001 g.

Statistical analysis was performed by using the software MSTATC and the means were compared by using the LSD test.

Results and Discussion: The results showed that the differences between populations for all traits were significant, except for root length and shoot/root dry weight ratio,. The effects of moisture stress and population and their interactions were significant for all traits. Plants in all populations, at 50% FC were killed due to drought stress. Kalat population at 75% FC had the maximum length of roots and shoots. Also, at 75% FC Sirjan population had the most reduction in shoot dry weight. At 75% FC Kuhbanan and Sirjan populations had 15% reduction in height while this reduction in Kalat population was 24%. Root dry weight at 75% FC in all populations was less than 100% of FC. In all population the tuber was formed only at 100% FC and plants grown at 75% FC did not produce tubers.

Conclusions: Results demonstrated that reducing the soil moisture from 100% FC had negative impacts on the growth traits of black cumin. Since the black cumin is a perennial plant, it would be useful to study the effects of moisture stress during different years.

Keywords: Tubbering percentage, Tuber diameter, Root length, Shoot dry weight

1- PhD student of Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor of Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Associate Professor of Crop Ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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



تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری، تاریخ کاشت و مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در میناب

محمد رضا یزدان پناه^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - قربانعلی اسدی^۳ - علی شهریاری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری، تاریخ کاشت و مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش آزمایشی در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان میناب در ۱۰۵ کیلومتری شرق بندرعباس اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (split-split-plot) در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل مقادیر آبیاری در سطح (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع) به عنوان کرت‌های اصلی، تاریخ کاشت در سه سطح (۵ تیر، ۲۰ شهریور و ۱۰ مهر) به عنوان کرت‌های فرعی و همچنین سه سطح کودی (کود گاوی، کود شیمیایی و ۵۰٪ کود گاوی و ۵۰٪ کود شیمیایی) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان دادند که بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۷/۷ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۱/۹۷ سانتی‌متر) با آبیاری در سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع به دست آمد. کمترین تعداد ساقه رویا (۳/۲۰ ساقه در هر بوته) و وزن خشک کاسبرگ (۱۸/۴۸ گرم در هر بوته) با ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع حاصل آمد. تعداد کل گل و وزن خشک کل گیاه با افزایش درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع روندی کاهشی را نشان دادند بهطوری که کمترین آن‌ها (به ترتیب با ۷/۷۰ ساقه، ۴/۵۲، ۴/۲۸، ۴/۲۸ و ۳/۷۷ گرم در هر بوته) در ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع به دست آمدند. با تأخیر در کاشت روندی کاهشی در برخی از صفات مشاهده شد بهطوری که کمترین ارتفاع بوته (۱۰۸/۲ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۱/۳۲ سانتی‌متر)، تعداد کل ساقه (۷/۳۰ ساقه در هر بوته)، وزن خشک کاسبرگ (۱۶/۱۵ گرم در هر بوته)، وزن خشک گل (۳/۶۵ گرم در هر بوته) و وزن خشک کل گیاه (۲۱۲/۰ ساقه در هر بوته) زیاد (۳/۹۴ ساقه در هر بوته)، وزن خشک کاسبرگ (۲۱۰/۰ گرم در هر بوته)، وزن خشک گل (۲۱۰/۰ گرم در هر بوته) و وزن خشک کل گیاه (۱۰۰/۰ گرم در هر بوته) در تاریخ کشت ۱۰ مهر ماه به دست آمد. همچنین با کاربرد ۱۰۰ درصد کود دامی بیشترین قطر ساقه (۱/۸۵ سانتی‌متر)، تعداد کل ساقه (۱۰/۷۸) ساقه در هر بوته، تعداد ساقه زیاد (۷/۲۲ ساقه در هر بوته)، وزن خشک کاسبرگ (۲۱۰/۰ گرم در هر بوته)، وزن خشک گل (۶/۵۹ گرم در هر بوته) و وزن خشک کل گیاه (۰/۴۲۰ گرم در هر بوته) حاصل شد در حالی که بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۵/۱ سانتی‌متر) و تعداد ساقه رویا (۳/۶۱ ساقه در هر بوته) با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. با آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق در تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه کمترین قطر ساقه، تعداد ساقه زیاد، تعداد ساقه رویا، وزن خشک کاسبرگ و وزن خشک گل در هر بوته حاصل شد. بالاترین قطر ساقه، تعداد ساقه زیاد و وزن خشک کاسبرگ در هر بوته در تیمار ۱۰۰ درصد کود گاوی و با آبیاری در سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق به دست آمد در حالی که با اعمال همین تیمار کودی (۱۰۰ درصد کود گاوی) و با آبیاری در سطح ۸۰ درصد تبخیر و تعرق بالاترین تعداد ساقه رویا در هر بوته حاصل شد. در تیمار ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ کاشت ۵ تیرماه بیشترین تعداد کل ساقه، تعداد ساقه زیاد، وزن خشک کاسبرگ و وزن خشک گل در هر بوته بالاترین مقدار را داشتند در صورتی که در همین تاریخ کاشت (۵ تیرماه) تیمار کودی (۱۰۰ درصد کود شیمیایی، بیشترین ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد ساقه رویا در هر بوته به دست آمد).

واژه‌های کلیدی: کود شیمیایی، کود گاوی، عملکرد کاسبرگ، عملکرد گل

- دانشجوی دوره دکتری زراعت گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس بین‌الملل، دانشگاه فردوسی مشهد
- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی بندرعباس
- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir)

مقدمه

تاریخ کاشت مناسب زمانی است که گیاه به خوبی استقرار یافته، به طوری که با عوامل نامساعد محیطی دوران‌های حساس رشد همزمان نگردد. در نتیجه چنین انطباقی است که عملکرد مناسب حاصل می‌گردد. نتایج پژوهش‌های رادیلی و برمینر (Radeley and Bremner, 1996) روی گیاه کنجد نشان داد که میان وزن خشک گیاه و تاریخ کاشت رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد و با تأخیر در زمان کاشت، وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2009) در مطالعه و بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد زیره سبز نشان دادند که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آذر و ۱۰ اسفند به دست آمد. تاریخ‌های کاشت زودتر از ۲۰ آذرماه در میزان عملکرد دانه تأثیر مثبتی داشت و با به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، عملکرد دانه کاهش یافت. در مطالعه‌ای تاریخ‌های کاشت گیاه بادرشی (Dracocephalum moldavica L.) تأثیری بر عملکرد تر و خشک پیکر رویشی گیاه نداشت (Borna et al., 2007). لوبسو و همکاران (Luebs et al., 2002) نشان دادند که تأخیر در کاشت آفتابگردان باعث کاهش عملکرد می‌شود. تأخیر در کاشت می‌تواند باعث برخورد مراحل رشد زایشی گیاه با شرایط هوای گرم اوایل تابستان و تنش شدید رطوبت و در نتیجه کاهش چشمگیر عملکرد شود. افزایش بازدهی مصرف آب از طریق کاهش تبخیر آب خاک، منجر به افزایش عملکرد دانه در نواحی خشک و نیمه خشک خواهد شد (Yang et al., 2002; Kang et al., 2006; Wang et al., 2001). گزارش کردند که کاهش دفعات آبیاری به میزان قابل توجهی می‌تواند منجر به افزایش بازدهی آبیاری گردد.

فاسی و فاری (Faci and Farre, 2006) بیان کردند که بازدهی مصرف آب در ذرت (Zea mays L.), در شرایط آبیاری مطلوب نسبت به تیمار تنش کاهش یافت. تنش خشکی به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوستتر اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی اکسید کربن به درون روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند، کاهش دهد. انتقال مواد فتوستتری نیز تحت تأثیر کم‌آبی قرار گرفته و موجب اشتعال شدن برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوستتر را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن فرآوردهای فتوستتری در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن کاهش می‌یابد.

صادق زاده اهری و همکاران (Sadeghzadeh-Ahari et al., 2010) با مطالعه اثر تنش خشکی بر شنبلیله (Trigonella foenum-graecum L.) نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد به شدت تحت تأثیر قرار گرفت. نتایج پژوهش‌های اشیری و همکاران (Ashiri et al., 2010) نشان دادند که افزایش دور آبیاری و تنش خشکی در آویشن باغی موجب کاهش وزن تر و خشک میوه می‌شود.

چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. از خانواده Malvaceae است و بومی آفریقا بوده و در تمام مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود. گزارش شده است که این گیاه در بسیاری از نواحی هند و چین غربی و آمریکای مرکزی اهلی شده است (Howard and Howard, 2011). از سطح زیر کشت این گیاه در جهان آمار دقیقی در دست نیست، ولی سطح زیر کشت آن در سال ۱۳۸۵ طبق آمارنامه کشاوری (اداره کل آمار و اطلاعات)، در ایران ۸۴ هکتار گزارش شده است. بر اساس آمارنامه کشاورزی در سال ۱۳۹۳ بیشترین سطح زیر کشت چای ترش مربوط به استان سیستان و بلوچستان، با سطح زیر کشت ۳۰۰ هکتار و تولید سالانه ۲۹۰ تن بوده است. این گیاه بومی ایران نیست. اما در مناطق جنوبی ایران در استان سیستان و بلوچستان، شهرستان‌های ایرانشهر و چابهار کشت می‌شود. در ایران به نام‌های چای مکی یا چای قرمز و چای ترش شناخته شده است. بیش از ۳۰۰ گونه از این گیاه در سراسر جهان در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر یافت می‌شود. چای ترش گیاهی بساله، روزکوتاه و خودگشن است. این گیاه که به سرما و یخنیدان خیلی حساس است، گیاهی دو منظوره بوده و اجزای مختلف آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی در بسیاری از کشورها، کاسبرگ این گیاه به دلیل خواص دارویی و همچنین در صنایع غذایی استفاده می‌شود و الیاف و چوب آن در تولید خمیر کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد (Duke, 2006). خشکی یکی از مهمترین مشکلات تولید گیاهان زراعی در جهان به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران می‌باشد (Yang et al., 2006). محدودیت شدید آب و هزینه بالای تأمین و انتقال آب سبب می‌شود که در برخی مواقع یا مناطق از دیدگاه اقتصادی سطح پیشنهادی صحیح آبیاری (Ston and Nofziger, 1993) و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی، به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازدهی مصرف آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب کشور می‌باشد. امروزه گشت گیاهان مقاوم به خشکی به عنوان راهکاری برای مقابله با خشکی مطرح شده است. چای ترش یکی از گیاهان کم نیاز و مقاوم به خشکی است (Akbari nia et al., 2004). یکی از روش‌های بهبود بازدهی مصرف آب، افزایش کارایی تعرق می‌باشد. تعییر در تاریخ کاشت می‌تواند فرصت‌هایی برای رشد در زمان کمبود فشار بخار آب فراهم کند. گلدهی زودتر به نحوی که تشکیل بذر و میوه پیش از آغاز خشکی و دمای بالا انجام گیرد اثرهای مفیدی در افزایش کارایی تعرق دارد.

مورد نظر در سال قبل از اجرای آزمایش به صورت آیش بود و همچنین با توجه به شرایط آب و هوایی، عملیات آماده‌سازی شامل شخم برگ‌دان، که ۱۰ روز قبل از کاشت توسط گاوآهن و سپس دیسک و تسطیح کامل با ماله انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده (اسپلیت پلات) و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل مقادیر آب آبیاری در سه سطح (۸۰، ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع) به عنوان کرت‌های اصلی، تاریخ کاشت در سه سطح (۵ تیر، ۲۰ شهریور و ۱۰ مهر) به عنوان کرت‌های فرعی و همچنین سه سطح کودی (کود گاوی، کود شیمیایی و ۵۰ درصد کود گاوی و ۵۰ درصد کود شیمیایی) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. ترکیبات کامل کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک بود. جهت مبارز با علف‌های هرز از علف‌کش تری فلورالین به میزان ۲/۵ لیتر قبل از کاشت استفاده شد. ابعاد هر کرت آزمایش ۳/۵ در ۶ متر که فاصله بین کرت‌ها ۵/۰ متر و بین تکرارها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل ۸ خط کاشت به طول ۳/۵ متر، فاصله بین خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت مطابق عرف منطقه انجام گردید. بذرها قبل از کاشت با سه کاربوکسین با نسبت دو در هزار ضدعفونی شد. کاشت به صورت کپه‌ای و به تعداد چهار عدد بذر در هر کپه انجام گردید. زمانی که گیاه به مرحله چهار برگی رسید، بوته‌ها به صورت دستی تنک شدند. محاسبه مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه چای ترش بر اساس توصیه کودی آزمایش نمونه خاک بود. ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم و ۷۵ کیلوگرم کود فسفر قبل از کاشت زمان دیسک زدن و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره نیز به ترتیب در سه مرحله، ۱/۳ همزمان با کاشت، ۱/۳ بعد از تنک کردن و ۱/۳ قبل از به گل رفتن به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. کود نیتروژن در همه تاریخ‌های کشت به ترتیب زمانی که قید شده است یعنی همزمان با کاشت، بعد از تنک کردن و قبل از گلدهی مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از کودهای حیوانی جهت بهبود رشد و عملکرد گیاهان به علت افزایش هزینه‌ها و نیز اثرات خطرزای کودهای شیمیایی از اهمیت خاصی برخوردار است. تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی شامل: ۶۰ تن در هکتار (هر کرت تقریباً ۴۵ کیلوگرم)، تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی شامل: ۱۰۷ کیلوگرم نیتروژن، ۴۰ کیلوگرم فسفر و ۷۹ کیلوگرم پتاس در هکتار و تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود دامی شامل: ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی، ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر، ۱۰ کیلوگرم در هکتار پتاس + ۳۰ تن در هکتار کود دامی (در هر کرت ۲۲/۵ کیلوگرم) بودند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد کل خشک گل و وزن خشک کل گیاه در بوته بودند. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته و قطر بوته به صورت تصادفی پنج بوته از هر کرت انتخاب

سلامتی گیاه، خاک و جانداران بستگی به چرخش عناصر غذایی در بوم نظام دارد. این چرخه در نتیجه از بین رفتن حاصلخیزی خاک، عدم تعادل مواد غذایی آن و عملیات زراعی نامناسب مختلط می‌شود (Koocheki et al., 2000). در مدیریت پایدار خاک، توجه به حفظ توازن عناصر غذایی و حاصلخیزی آن سیار با اهمیت بوده و لازم است عناصر غذایی که به وسیله اندام‌های گیاهی از زمین خارج می‌شوند، از طریق کودها به زمین بازگردند (Martin et al., 2006). کودهای دامی از سویی قابلیت جذب عناصری مانند روی، مس، آهن، فسفر، پتابسیم و نیتروژن را افزایش می‌دهند (Rezaenejad and Afyuni, 2001) و با چرخش مواد غذایی در مناطقی با سیستم Al-Nahid (1991) از سوی دیگر فعالیت موجودات ذره‌بینی آن را افزایش داده و به تولید دی‌اکسید کربن، نیترات آمونیوم و اسیدهای ساده در خاک کمک می‌کنند (Patel and Patel, 1988) و موجب بالا رفتن شاخص سطح برگ و سرعت تجمع ماده خشک و عملکرد گیاه می‌شود (Koocheki et al., 2000; Khandan, 2005) زراعی فشرده، حاصلخیزی خاک را نیز بهبود می‌بخشنند (Foeniculum vulgare L.) نظریات در پژوهش‌های دیگر محققان بر روی گیاه همیشه بهار (Calendula officinalis L.)، گاوزبان (Origanum majorana Mill)، مرزنجوش بستانی (Nigella sativa L.)، سیاهدانه (Borage officinalis L.) و ماریتیغال (Silybum marianum L.) به اثبات رسیده است Vieira et al., 1999; Abdou and Mahmoud, 2003; El-Ghawwas et al., 2002; El-Sayed et al., 2002; Helmy and Zarad, 2003; Shaalan, 2005; Bishr et al., 2006 بررسی با هدف انتخاب بهترین تاریخ کاشت و مناسب‌ترین سطوح آبیاری و یافتن مناسب‌ترین سطح کود دامی و شیمیایی برای تولید بیشترین عملکرد گیاه چای ترش اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان میناب در ۱۰۵ کیلومتری شرق بندرعباس اجرا گردید. این مرکز دارای عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا ۲۹/۶ متر و میانگین سی ساله حداقل و حداقل دمای شهرستان میناب به ترتیب ۲۰ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد و حداقل حداقل مطلق دمای آن به ترتیب ۳۸/۲ و ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پس از مشخص نمودن زمین، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک (بافت خاک، عناصر معدنی پر مصرف K، EC، pH، N.P.K و غیره) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، نمونه‌هایی تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. و پس از آن مراحل آماده‌سازی زمین، کرت‌بندی انجام شد. زمین

دیجیتال توزین شد و میانگین آن‌ها به عنوان وزن خشک برگ در هر بوته ثبت شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند، همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و ترسیم شکل‌ها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

شده و به وسیله خط کش مندرج اندازه‌گیری شدند و سپس میانگین آن‌ها برای هر کرت ثبت شد. برای محاسبه تعداد شاخه‌های فرعی، پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و تعداد شاخه‌های فرعی آن‌ها شمارش شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ، از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی انتخاب شد و برگ‌های آن‌ها جدا گردید. برگ‌های جدا شده پس از خشک شدن در سایه توسط ترازوی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

Table 1- Soil chemical and physical characteristics of the study farm

بافت خاک Soil texture	عناصر غذایی Nutrient (mg.kg ⁻¹)							کربن آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	عمق Depth (cm)
	پتاسیم K	فسفر P	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn				
لومی Loamy	139.8	23.51	0.316	1.864	1.208	7.588	0.241	4.06	0-30	

مهرماه کمترین تعداد ساقه زایا (۲/۳۳ ساقه در بوته) به دست آمد (جدول ۵).

از لحاظ آماری، تعداد ساقه رویا تحت اثرات ساده تاریخ کاشت و کوددهی و تحت اثرات متقابل آبیاری و تاریخ کاشت، آبیاری و کوددهی، تاریخ کاشت و کوددهی و آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). میانگین‌های حاصل از اثر سه گانه نشان داد که بیشترین ساقه رویا (۵ ساقه در بوته) با انجام آبیاری در سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع در تاریخ ۵ تیرماه و با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی به دست آمد و کمترین ساقه رویا تحت تیمارهای ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع در تاریخ کاشت ۲۰ شهریور به همراه ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۲/۳۳ ساقه در بوته) و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در تاریخ ۵ تیرماه حاصل شد. همچنین کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کاربرد نمونه ترکیبی ۵۰ درصد کود گاوی + ۵۰ درصد کود شیمیایی در تاریخ ۱۰ مهر به ترتیب با ۷ و ۶/۸۹ ساقه در بوته کمترین تعداد را داشتند (جدول ۳ و ۴).

محققین دریافتند که با تأخیر در کاشت پنبه، تعداد شاخه رویا کاهش می‌یابد به طوری که تعداد شاخه رویا در تاریخ کاشت معمول (۲۰ اردیبهشت) نسبت به تاریخ کاشت دیر هنگام (اول تیر) به طور معنی‌داری بیشتر بود (Panjehkoob *et al.*, 2007). یافته‌های اکرم قادری (2001) آنچه که روی سه رقم پنبه در گرگان انجام دادند نیز حاکی از آن است که با تأخیر در کاشت، تعداد شاخه رویا کاهش می‌یابد. حاج علی بابایی و همکاران (Haj Babaie *et al.*, 1996) گزارش کردند که بین تاریخ کاشت‌های مختلف از نظر تعداد شاخه رویا پنبه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. پنجه‌کوب و همکاران (Panjehkoob *et al.*, 2007) نشان دادند که تاریخ کاشت دیر هنگام (اول تیر) نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر

نتایج و بحث

تعداد کل ساقه، ساقه زایا، ساقه رویا

تعداد کل ساقه از نظر آماری تحت اثرات ساده آبیاری، تاریخ کاشت، کوددهی و تحت اثر متقابل تاریخ کاشت و کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات نشان دادند که بیشترین تعداد کل ساقه با ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع (۱۱/۲۰ ساقه در بوته) و کاشت در ۵ تیر کاشت، کوددهی و تاریخ کاشت و تاریخ کاشت دارند که بیشترین تعداد کل ساقه با ۶۰ درصد کود گاوی ماه (۱۳/۰۹ ساقه در بوته) و همچنین با مصرف ۱۰۰ درصد کود گاوی ۱۰/۷۸ ساقه در بوته) به دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد کل ساقه (۱۴/۴۴ ساقه در بوته) با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ ۵ تیرماه حاصل شد. همچنین کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کاربرد نمونه ترکیبی ۵۰ درصد کود گاوی + ۵۰ درصد کود شیمیایی در تاریخ ۱۰ مهر به ترتیب با ۷ و ۶/۸۹ ساقه در بوته کمترین تعداد را داشتند (جدول ۳ و ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تعداد ساقه‌های زایا تحت اثرات ساده آبیاری، تاریخ کاشت، کوددهی و تحت اثرات متقابل آبیاری و تاریخ کاشت، آبیاری و کوددهی، تاریخ کاشت و کوددهی، آبیاری و تاریخ کاشت و کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از اثر متقابل آبیاری و تاریخ کاشت و کوددهی نشان داد که بیشترین ساقه (۱۳/۱۷ ساقه در بوته) با سطح آبیاری ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع همراه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ کاشت ۵ تیرماه حاصل شد در حالی که مصرف ۵۰ درصد کود گاوی + ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع در تاریخ کاشت ۱۰

همکاران (Akramghaderi *et al.*, 2002) نشان داد که با تأخیر در کاشت، ارتفاع بوته گیاه پنجه رقم سای اکرا کاهش یافت. پورتر و همکاران (Porter *et al.*, 1996) بیان نمودند که با تأخیر در کاشت، ارتفاع گیاه پنجه افزایش می‌باید. محققین دریافتند که ارتفاع بوته گیاه چای ترش به طور معنی داری تحت تأثیر کودهای دامی و زیستی و بر همکنش آن‌ها قرار گرفت به طوری که بیشترین ارتفاع بوته ۱۴۴ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی بود که نسبت به شاهد چهار درصد افزایش داشت (Nemati and Dehmordeh, 2015). یادآو و همکاران (Yadav *et al.*, 2003) نیز افزایش ارتفاع بوته اسفزه (*Plantago psyllium* L.) را بر اثر مصرف کودهای دامی گزارش کردند. محققین دریافتند که قطر ساقه به طور معنی داری در سطح احتمال پنج درصد آماری تحت تأثیر کودهای دامی و زیستی و بر همکنش آن‌ها قرار گرفت به طوری که بیشترین قطر ساقه گیاه چای ترش از تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی (۱۱/۶ میلی‌متر) به دست آمد که نسبت به شاهد سه درصد افزایش داشت (Nemati and Dehmordeh, 2015).

وزن خشک کاسبرگ، گل و کل گیاه

وزن خشک کاسبرگ از نظر آماری تحت اثرات ساده آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی و تحت اثرات متقابل آبیاری و تاریخ کاشت، آبیاری و کوددهی، تاریخ کاشت و کوددهی و آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج کوددهی حاصل از اثرات سه‌گانه نیز نشان داد که بیشترین وزن خشک کاسبرگ (۲۹ گرم در بوته) تحت تیمار ترکیبی آبیاری با ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع همراه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ کاشت ۵ تیرماه حاصل شد این در حالی است که کمترین وزن خشک کاسبرگ مربوط به تیمار ترکیبی آبیاری با سطح ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع همراه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در تاریخ ۵ تیر ماه بیشترین ارتفاع (۱۴۸/۸ سانتی‌متر) و با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ ۱۰ مهرماه کمترین ارتفاع (۱۰۶/۶ سانتی‌متر) حاصل آمد (جدول ۶).

براساس نتایج تجزیه واریانس وزن خشک گل گیاه، از نظر آماری تحت اثرات ساده آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی و تحت اثرات متقابل آبیاری و تاریخ کاشت، تاریخ کاشت و کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. همچنین اثر متقابل سه‌گانه نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثرات سه‌گانه نیز نشان داد که بیشترین وزن خشک گل گیاه (۱۲/۶۷ گرم در بوته) به تیمار آبیاری با سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع به همراه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ کاشت ۵ تیرماه تعلق داشت و کمترین وزن خشک گل گیاه تحت تیمار آبیاری با سطح ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع در تاریخ

به طور معنی‌داری تعداد شاخه زایای بیشتری داشت. در دو ماه اول پس از سبز شدن در تاریخ کاشت دیر هنگام، دمای متوسط روزانه بیشتر از تاریخ کاشت‌های معمول و متوسط است و به نظر می‌رسد که این افزایش دما، باعث افزایش تعداد شاخه زایا شده باشد. در همین راستا ردی و همکاران (Reddy *et al.*, 1992) گزارش کردند که با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، تعداد شاخه زایا به سرعت افزایش یافته و سپس در دو درجه حرارت ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۲ عدد در گیاه پنجه باقی مانده است. نتایج تحقیق اکرم قادری (Akramghaderi, 2001) نیز نشان می‌دهد که با تأخیر در کاشت تعداد شاخه‌زایای پنجه افزایش یافت.

ارتفاع بوته و قطر ساقه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) ارتفاع بوته از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تحت اثر ساده آبیاری و در سطح احتمال یک درصد تحت اثرات ساده تاریخ کاشت و کوددهی و تحت اثر متقابل تاریخ کاشت و کوددهی قرار گرفت. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات نشان دادند که بیشترین ارتفاع بوته با آبیاری در سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع (۱۲۷/۷ سانتی‌متر) و با کاشت در تاریخ ۵ تیرماه (۱۴۳/۳ سانتی‌متر) به دست آمد. همچنین تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۱۲۵/۱ سانتی‌متر) بیشترین مقدار ارتفاع بوته را نشان داد (جدول ۳). نتایج حاصل از اثر متقابل تاریخ کاشت و کوددهی بر ارتفاع گیاه نشان داد که با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در تاریخ ۵ تیر ماه بیشترین ارتفاع (۱۴۸/۸ سانتی‌متر) و با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ ۱۰ مهرماه کمترین ارتفاع (۱۰۶/۶ سانتی‌متر) حاصل آمد (جدول ۴). قطر ساقه بوته تحت تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و تاریخ کاشت، کوددهی، آبیاری و کوددهی، تاریخ کاشت و کوددهی و آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد در حالی که تنها در سطح احتمال ۵ درصد تحت اثر ساده آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی بر قطر ساقه چای ترش نیز نشان داد که تیمار آبیاری در سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع همراه با ۱۰۰ درصد کود گاوی در تاریخ ۵ تیرماه، بیشترین قطر ساقه (۳/۲۰ سانتی‌متر) را نشان داد، در حالی که کمترین قطر ساقه (۱/۱۳ سانتی‌متر) با کاربرد تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی همراه با آبیاری در سطح ۸۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع در تاریخ ۲۰ شهریور به دست آمد (جدول ۵). محققین دریافتند که با تأخیر در کاشت ارتفاع بوته پنجه به طور معنی‌داری از ۱۵۴ سانتی‌متر به ۱۴۶ سانتی‌متر کاهش یافت به طوری که تاریخ کاشت دیرهنگام در حدود ۸ سانتی‌متر کاهش ارتفاع داشت (Panjehkoob *et al.*, 2007).

مقایسه میانگین اثرات ساده صفات نشان دادند که بیشترین وزن خشک گیاه با آبیاری در سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع (۴۳۴/۲ گرم در بوته) کاشت در تاریخ ۵ تیرماه (۷۱۶/۲ گرم در بوته) + با کاربرد ۱۰۰ درصد کود گاوی (۴۲۰ گرم در بوته) حاصل شد (جدول ۳).

کاشت ۱۰ مهرماه همراه با کاربرد تیمارهای کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۳ گرم در بوته) و کاربرد نمونه ترکیبی ۵۰ درصد کود گاوی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۳/۳ گرم در بوته) به دست آمد (جدول ۶). از نظر آماری وزن خشک گیاه تحت اثرات ساده آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات چای ترش

Table 2- Analysis of variance for traits of *Hibiscus sabdariffa*

منابع تغییرات Sources of variants	درجه آزادی Degrees of freedom	تعداد ساقه رویا Number of growing stems	ارتفاع بوته Plant height	تعداد کل ساقه The total number of stems	تعداد ساقه زایا The number of generate stem	قطر ساقه Stem diameter	وزن خشک کاسپرگ Sepals dry weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک کل گیاه Total dry weight
تکرار Replication	2	0.06 ns	137.37 ns	4.37 ns	0.50 ns	0.53*	0.76 ns	1.002 ns	197.68 ns
آبیاری Irrigation	2	1.12 ns	942.26*	88.00**	48.63**	0.75*	33.26**	39.35**	22024.68 **
Error for main plots	4	0.19	91.96	1.09	0.41	0.05	0.24	0.20	101.79
تاریخ کاشت Planting date	2	5.21**	9599.15**	245.80**	199.16**	15.04**	684.32**	141.27**	381989261 **
آبیاری × تاریخ Kashat × Tarijeh	4	2.46**	126.46 ns	0.74 ns	8.63**	0.27**	6.28**	23.65**	2096.88 ns
Error for sub plots	12	0.40	54.91	0.36	0.65	0.01	0.18	0.51	749.57
کود دهی Fertilization	2	0.64**	238.37**	23.93**	33.49**	0.08**	36.83**	19.41**	4903.16 **
آبیاری × کوددهی Irrigation × fertilization	4	0.44**	2.96 ns	0.59 ns	2.58**	0.06**	1.94**	0.37 ns	84.61 ns
تاریخ کاشت × کود Tarijeh × Koud	4	1.04**	30.52**	1.19**	3.76**	0.05**	1.40**	2.32**	205.48 ns
Planting date × fertilization آبیاری × تاریخ Kashat × Koud	8	0.68**	1.86 ns	0.05 ns	0.96**	0.03**	0.84**	0.50*	122.59 ns
Error for sub-sub plots	36	0.07	1.35	0.28	0.17	0.01	0.19	0.21	74.57
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	7.92	0.95	5.46	6.90	4.52	0.22	8.06	2.18

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

ns, *, ** non-statistically significant and significant at 1% and 5%, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی بر روی خصوصیات مورفولوژیکی چای ترش

Table 3- Mean comparison for the effects of irrigation, planting date and fertilizer treatments on Roselle morphological criteria

عوامل آزمایشی Experimental factors	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	تعداد کل ساقه The total number of stems	تعداد ساقه زايا The number of generate stem	تعداد ساقه رويا Number of growing stems	وزن خشک کاسبرگ Sepals dry weight per plant (g)	وزن خشک گل در در بوته Bothe Dry weight per plant (g)	وزن خشک گل گیاه Bothe Plant total dry weight (g)	
	آبیاری (درصد تبخیر) و تعرق از گیاه مرجع)	Irrigation (Percent of the reference crop evapotranspiration)							
۶۰	60	127.7a	1.97a	11.20a	7.17a	3.54a	20.56a	6.61a	434.2a
۸۰	80	121.9ab	1.74b	10.22b	6.22b	3.57a	20.20a	5.98b	404.6b
۱۰۰	100	115.9b	1.65b	7.70c	4.52c	3.20b	18.48b	4.28c	377.1c
تاریخ کاشت	Planting date								
۵ تیرماه	June 25	143.3a	2.65a	13.09a	9.06a	3.91a	25.50a	8.13a	716.2a
۲۰ شهریورماه	September 10	113.9b	1.40b	8.74b	4.91b	3.37b	17.59b	5.09b	289.7b
۱۰ مهرماه	October 1	108.2c	1.32c	7.30c	3.94c	3.04b	16.15c	3.65c	212.0c
کوددهی	Fertilization								
۱۰۰ درصد کود گاوی	Cow manure 100%	119.4c	1.85a	10.78a	7.22a	3.39b	21.02a	6.59a	420.0a
۱۰۰ درصد کود شیمیایی	Chemical fertilizer 100%	125.1a	1.76b	9.00c	5.09c	3.61a	18.72c	5.02b	393.1c
۵۰ درصد کود گاوی + ۵۰ درصد کود شیمیایی	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%	120.9b	1.75b	9.35b	5.59b	3.32b	19.50b	5.26b	404.9b

اعداد با حروف مشترک در هر سوتون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Duncan's test.

خشک گل از $10/3$ به $3/87$ گرم در مترمربع رسید. همچنین مشخص شد که اثر متقابل آبیاری و تاریخ کاشت بر وزن تر و خشک گل معنی دار بود. در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع، وزن تر و خشک گل بین تاریخ‌های مختلف کاشت تفاوت معنی داری نداشت. این در حالی است که در تیمار آبیاری ۲۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع، تاریخ کاشت اول (۲۰ اردیبهشت ماه) بیشترین وزن تر و خشک گل را داشت. محققین دریافتند که بیشترین وزن تر و خشک گل را داشت. نشان دادند که تاریخ کاشت اثر معنی داری بر وزن تر و خشک گل نشان دادند که تاریخ کاشت، وزن تر و خشک گل نیز کاهش یافت. در مقایسه تاریخ کاشت اول (۲۰ اردیبهشت ماه) با تاریخ کاشت سوم (۳۰ خردادماه) وزن تر گل از $24/87$ به $62/5$ گرم در مترمربع و وزن

شقه‌الاسلامی و همکاران (Seghatoleslami *et al.*, 2013) در تحقیقی تأثیر سطوح آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد و بازدهی مصرف آب چای ترش مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که حداقل وزن تر و خشک گل چای ترش در تیمار آبیاری معادل ۲۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع به ترتیب $72/39$ و $11/45$ گرم در مترمربع و حداقل آن در تیمار آبیاری معادل ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع به ترتیب $23/95$ و $3/61$ گرم در مترمربع به دست آمد و همچنین آن‌ها نشان دادند که تاریخ کاشت اثر معنی داری بر وزن تر و خشک گل داشت و با تأخیر در کاشت، وزن تر و خشک گل نیز کاهش یافت. در مقایسه تاریخ کاشت اول (۲۰ اردیبهشت ماه) با تاریخ کاشت سوم (۳۰ خردادماه) وزن تر گل از $24/87$ به $62/5$ گرم در مترمربع و وزن

گیاه مرجع بیشترین عملکرد زیست‌توده کل (۱۴۲/۵۵) گرم در مترمربع() را داشت. همچنین با تأخیر در کاشت از ۲۰ اردیبهشت ماه تا ۳۰ خردادماه() عملکرد زیست‌توده کل کاسته شد. تحت اثر متقابل آبیاری و تاریخ کاشت بیشترین عملکرد زیست‌توده کل به تیمار ۲۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت حاصل آمد. محققین دریافتند که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک گیاه چای ترش (۰ ۱۲۸۰ کیلوگرم در هکتار) از کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت، در این رابطه می‌توان گفت، احتمالاً افزودن کود دامی به خاک با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی آن، ضمن ایجاد بستری مناسب برای رشد ریشه و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، امکان افزایش رشد و در پی آن تولید ماده خشک را فراهم کرده است (Nemati and Dehmordeh, 2015). این نتیجه با یافته‌های بیاسی Ocimum (Biasi et al., 2009) روی ریحان (basilicum L. و همکاران()، کاپلان و همکاران (Kaplan et al., 2009) روی Scheffer و شفر و همکاران (Salvia fruticosa Mill. مریم گلی() (Achillea millefolium L. et al., 1993 بر روی بومادران() مطابقت دارد.

کود دامی مقدار عملکرد اقتصادی را حدود ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Nemati and Dehmordeh, 2015). به نظر می‌رسد که کود دامی نقش مثبتی در افزایش عملکرد اقتصادی دارد. کود دامی از مهم‌ترین منابع انرژی و مواد غذایی اکوسیستم خاک به‌شمار می‌رود و از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود (Fallahi et al., 2009; Ahmadian et al., 2009). نتایج تحقیق احمدیان و همکاران (2004) روی بررسی اثر مصرف کود دامی بر کمیت و کیفیت عملکرد زیره سیز نیز نشان داد که تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در گیاه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار کود دامی افزایش می‌یابند. اکبری نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2004) نیز در پژوهش خود روی مورد زنیان (*Carum copticum* L. C.B Clarke) ملاحظه کردند که با افزایش مقدار کود دامی، عملکرد دانه افزایش می‌یابد و بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۳۰ تن در هکتار به‌دست می‌آید. ثقه‌الاسلامی و همکاران (Seghatoleslami et al., 2013) نشان دادند که اثرهای ساده و متقابل آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد زیست‌توده کل گیاه چای ترش معنی‌دار بود؛ به‌طوری که تیمار آبیاری ۲۰ درصد تبیخ و تعرق

جدول ۴- مقایسه میانگین های برهمکنش تاریخ کاشت و کوددهی بر تعداد کل ساقه و ارتفاع ساقه چای ترش

Table 4- Mean comparison for the interaction effect of planting date and fertilizer on Roselle plant height and total number of stems

تیمار کودی Fertilizer	تاریخ کاشت Planting date		
	۵ تیر June 25	۲۰ شهریور September 10	۱۰ مهر October 1
تعداد کل ساقه Total number of stems			
کود گاوی %۱۰۰ Cow manure 100%	14.44a	9.89 bc	8e
کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	12.22a	7.78e	7f
کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰ Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%	12.61a	8.56d	6.89f
ارتفاع ساقه Plant height (cm)			
کود گاوی %۱۰۰ Cow manure 100%	139c	112.8e	106.6h
کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	148.8a	116.6d	110.1f
کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰ Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%	142.2a	112.4e	107.9g

اعداد با جمیف مشتک کرد هستمن دارای اختلاف معنیدار ب اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵ نه باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Duncan's test.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های برهمکنش آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی بر تعداد ساقه زایا و رویا چای ترش

Table 5- Mean comparison for the interaction effect of the irrigation, planting date and fertilizer on Roselle number of generate and growing stems

تاریخ کاشت Planting date	کوددهی Fertilizer	آبیاری (درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع) (Irrigation) Percent of the reference crop evapotranspiration			
		60	80	100	
تعداد ساقه زایا Number of generate stems					
کود گاوی %۱۰۰					
۵ تیرماه 25 June	Cow manure 100%	13.67a	10.50b	8.67d	
۲۰ شهریور ماه September 10	کود شیمیایی %۱۰۰	9.67c	7.17ef	5.33i	
	Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۵۰+ کود شیمیایی %۵۰	10.67b	9.17cd	6.67fg	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
۱۰ مهرماه October 1	کود گاوی %۱۰۰	7.50e	6.33gh	4.00klm	
	Cow manure 100%				
	کود شیمیایی %۱۰۰	4.17kl	5.67hi	3.67klm	
	Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۵۰+ کود شیمیایی %۵۰	3.50lm	5.67hi	3.67klm	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
۵ تیرماه June 25	کود گاوی %۱۰۰	6.33gh	4.33jk	3.67klm	
	Cow manure 100%				
	کود شیمیایی %۱۰۰	4.00klm	3.83klm	2.33o	
	Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۵۰+ کود شیمیایی %۵۰	5.00ij	3.33mn	2.67no	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۱۰۰				
	Cow manure 100%				
۲۰ شهریور ماه September 10	کود گاوی %۱۰۰	3.00g	3.67d	4.00cd	
	Cow manure 100%				
	کود شیمیایی %۱۰۰	4.00cd	4.50b	5.00a	
	Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۵۰+ کود شیمیایی %۵۰	3.33efg	3.67de	4.00cd	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
۱۰ مهرماه October 1	کود گاوی %۱۰۰	3.33efg	4.00cd	3.17fg	
	Cow manure 100%				
	کود شیمیایی %۱۰۰	4.33bc	3.00g	2.33h	
	Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۵۰+ کود شیمیایی %۵۰	3.33efg	3.67de	3.17fg	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۱۰۰				
	Cow manure 100%				
	کود شیمیایی %۱۰۰				
	Chemical fertilizer 100%				
	کود گاوی %۵۰+ کود شیمیایی %۵۰	3.50ef	3.00g	2.17f	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Duncan's test.

ادامه جدول ۵- مقایسه میانگین‌های برهمکنش آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی بر قطر ساقه چای ترش

Table 5 (Cont.)- Mean comparison for the interaction effect of irrigation, planting date and fertilizer on Roselle stem diameter

تاریخ کاشت Planting date	کوددهی Fertilizer	آبیاری (درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع)		
		(Irrigation) Percent of the reference crop evapotranspiration 60	80	100
قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)				
۵ تیرماه June 25	کود گاوی Cow manure 100%	3.20a	2.57d	2.23g
	کود شیمیایی Chemical fertilizer 100%	2.90b	2.73c	2.40ef
	کود گاوی٪۵۰+ کود شیمیایی٪۵۰ Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%	2.97b	2.50de	2.33fg
۲۰ شهریور ماه September 10	کود گاوی Cow manure 100%	1.67h	1.50i	1.40ijk
	کود شیمیایی Chemical fertilizer 100%	1.23lmn	1.13n	1.47ij
	کود گاوی٪۵۰+ کود شیمیایی٪۵۰ Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%	1.47ij	1.33jkl	1.40ilk
۱۰ مهرماه October 1	کود گاوی Cow manure 100%	1.50i	1.33jkl	1.23lmn
	کود شیمیایی Chemical fertilizer 100%	1.47ij	1.30klm	1.23lmn
	کود گاوی٪۵۰+ کود شیمیایی٪۵۰ Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%	1.37ijkl	1.23lmn	1.23lmn

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Duncan's test.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که چای ترش مانند بیشتر گیاهان واکنش‌های فیزیولوژیک و مورفو‌لولوژیک نسبت به تنفس کم‌آبیاری نشان می‌دهد. تعداد کل ساقه، تعداد ساقه زایا، وزن خشک گل و وزن خشک کل گیاه با افزایش درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع روندی کاهشی را نشان دادند بهطوری که کمترین آن‌ها در ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع بهدست آمدند. تأخیر در کاشت سبب کاهش ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد کل ساقه، تعداد ساقه زایا، وزن خشک کاسبرگ، وزن خشک گل و وزن خشک کل گیاه در تاریخ ۱۰ مهر ماه شد. با کاربرد ۱۰۰ درصد کود دامی بیشترین قطر ساقه، تعداد کل ساقه، تعداد ساقه زایا، وزن خشک کاسبرگ، وزن خشک گل و وزن خشک کل گیاه حاصل آمد در حالی که بیشترین ارتفاع گیاه و تعداد ساقه رویا با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. با توجه به نقش مهم کودهای آلی در خصوص بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حاصلخیزی زمین‌های زراعی، تأمین سطوح مناسب این مواد در خاک جهت دستیابی به حداکثر عملکرد لازم به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

انجام این تحقیق زیر نظر معاونت محترم پژوهش‌های فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۳۱۵۷۶ مورخ ۹۳/۰۴/۲۹ انجام شده است که بدین‌وسیله از حمایت‌های دانشگاه سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از مدیر کل و تمامی همکاران محترم مرکز تحقیقات کشاورزی میناب که با نهایت همکاری و صداقت در اجرای این طرح یاری نموده‌اند کمال قدردانی و سپاس را داشته و برای تک‌تک اساتید و دوستان آرزوی موفقیت و سلامت در تمامی مراحل زندگی را دارم.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های برهمکنش آبیاری، تاریخ کاشت و کوددهی بر وزن خشک کاسبرگ و گل چای ترش

Table 6- Mean comparison for the interaction effect of irrigation, planting date and fertilizer on Roselle sepals and flower dry weight

تاریخ کاشت Planting date	کوددهی Fertilizer	آبیاری (درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع) (Irrigation) Percent of the reference crop evapotranspiration			
		60	80	100	
وزن خشک کاسبرگ در بوته Sepal dry weight per plant (g)					
کود گاوی %۱۰۰					
۵ تیرماه June 25	Cow manure 100%	29.00a	27.00b	25.00d	
۲۰ شهریور ماه September 11	کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	26.67bc	24.17e	22.33f	
	کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰	26.17c	25.33d	23.83e	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
۱۰ مهرماه October 1	کود گاوی %۱۰۰ Cow manure 100%	20.00g	19.00h	18.17ij	
	کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	17.17kl	17.50jk	14.00o	
	کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰	18.00ij	17.50jk	17.00kl	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
۵ تیرماه June 25	کود گاوی %۱۰۰ Cow manure 100%	16.67lm	18.33hi	16.00mn	
۲۰ شهریور ماه September 10	کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	15.67n	16.50lm	14.50o	
	کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰	15.67n	16.50lm	15.50h	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
وزن خشک گل در بوته Flower dry weight per plant (g)					
۵ تیرماه June 25	کود گاوی %۱۰۰ Cow manure 100%	12.67a	9.00cd	6.33fg	
۲۰ شهریور ماه September 10	کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	9.67c	7.00ef	4.33ijk	
	کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰	11.00b	8.33d	4.83hi	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
۱۰ مهرماه October 1	کود گاوی %۱۰۰ Cow manure 100%	6.33fg	7.17e	5.33h	
	کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	4.33ijk	6.17g	3.67klmn	
	کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰	4.67hig	4.50ij	3.67klmn	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				
۵ تیرماه June 25	کود گاوی %۱۰۰ Cow manure 100%	4.00jklm	4.33ijk	4.17ijkl	
۲۰ شهریور ماه September 10	کود شیمیایی %۱۰۰ Chemical fertilizer 100%	3.33mn	3.67klmn	3.00n	
	کود گاوی %۵۰ + کود شیمیایی %۵۰	3.50lmn	3.67klmn	3.17n	
	Cow manure 50% + Chemical fertilizer 100%				

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Duncans's test.

References

1. AkramGhaderi, F. 2001. Effects of planting date on phenology and morphology, yield and yield components of three cotton cultivars in Gorgan. M.Sc. thesis Faculty of Agriculture Gorgan University of Agricultural Sciences Gorgan Iran 150p. (in Persian with English abstract).
2. Al-Nahid, T. S. 1991. Effect of frequency of irrigation on sewage sludge amended soil and corn nutrition. Arid Soil Research Rehabilitation 5: 137-146.
3. Ashiri, F., Khoskhoi, M., SaharKhiz, M., Firouzi, O., and Javidnia, K. 2010. Effects of water deficit stress on morphological characteristics, chlorophyll and peroline contents and antioxidant activity of garden thyme (*Thymus vulgaris L.*). Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 11 (2): 163-174 (in Persian).
4. Bdou, M. A., and Mahmoud, A. H. 2003. Growth and oil production of *Foeniculum vulgare* Mill. 2. The effect of number of irrigation and organic fertilizers. Mansoura University Journal of Agricultural Sciences 28 (5): 3868-3888.
5. Biasi, L. A., Machado, E. M., Kowalski, A. P., Signor, D., Alves, M. A., Lima, F. I., Deschamps, C., Cocco, L. C., and Scheer, A. P. 2009. Organic fertilization in the production, yield and chemical composition of basil chemotype eugenol. Horticultura Brasileira 27 (1): 35-39.
6. Bishr, G. A., Meawad, A. A., Gewaifel, S. G., and Mohamed, M. S. 2006. Effect of chicken manure and dry yeast on the growth, seed yield and active ingredients of *Silybum marianum* plant. Zagazig Journal of Agricultural Research 33 (4): 665-683.
7. Borna, F., Omidbaigi, R., and Sefidkon, F. 2007. The effect of sowing dates on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23 (3): 307-314 (in Persian with English abstract).
8. Bremner, P. M., and Radely, R. W. 1966. Studies in sesame agronomy. 2: The effect of variety and time of planting on growth, development and yield. Journal of Agricultural Science 66: 253-261.
9. Duke, J. A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research 17 (3): 91-110.
10. El-Ghawwas, E. O., Eid, M. A., and Mahmoud, S. M. 2002. Effect of different levels of organic manures and plant spacing on different (*Foeniculum vulgar Mill.*) Plants. Egyptian Journal of Applied Sciences 17 (5): 198-219.
11. El-Sayed, A. A., Mansour, W. A., El-Maadawy, E., Mahassen Sidky, M., and El Ghadban, M. A. 2002. Effect of organic and inorganic fertilization on herb and oil productivity of spearmint and marjoram. Zagazig Journal of Agricultural Research 29 (6): 1859-1888.
12. Fallahi, J., Koocheki, A. R., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (1): 127-135. (in Persian with English abstract).
13. Ghorbani, R., Koocheki, A. R., Jahani, M., Hosseini, A., Mohammadabadi A. A. 2009. Effect of planting date, weed control time and method on yield and yield components of cumin. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (1): 145-153.
14. Haj Alibabaie, M., Hashemi Dezfuli, A., and Neamati, N. 1996. Evaluate of the Effects of different planting dates on yield and growth procedure on Varamin cotton cultivar. Article abstracts of quintuplicate congress Agronomy and Plant breeding of Iran. 439 p.
15. Helmy, A., and Zarad, D. 2003. Effect of different rates of some organic manures on the productivity of Borage (*Borago officinalis L.*) plant in sandy soil. Mansoura University Journal of Agricultural Sciences 28 (5): 3911-3926.
16. Howard, A., and Howard, G. L. C. 2011. Studies in Indian fibre plants. No. 2. On some new varieties of *Hibiscus cannabinus L.* and *Hibiscus sabdariffa L.* Genetics and Molecular Biology 4: 9-36.
17. Kang, S. Z., Zhang, L., Liang, Y. L., Hu, X. T., Cai, H. J., and Gu, B. J. 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. Agricultural Water Management 55 (3): 203-216.
18. Kaplan, M., Kocabas, I., Sonmez, I., and Kalkan, H. 2009. The effects of different organic manure applications on the dry weight and the essential oil quantity of sage (*Salvia fruticosa Mill.*). Acta Horticulturae 826: 147-152.
19. Khandan, A., Astaraei, A., Nassiri mahalati, M., and Fotovvat, A. 2005. Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Iranian Journal of Field Crop Research 3 (2): 245-253. (in Persian).
20. Koocheki A., Hosseini, M., and Dezfooli Hashemi, A. 2000. Sustainable Agriculture (Translated). Jihad Daneshgahi Mashhad Press Mashhad Iran 164 pp. (in Persian).
21. Luebs, R. R. E., Yermanos, D. M., Laag, A. E., and Burge, W. D. 2002. Effect of planting date on seed yield, oil content, and water requirement of safflower. Agronomy Journal 95 (2): 162-164.
22. Martin, E. C., Slack, D. C., Tannsley, K. A., and Basso, B. 2006. Fresh and composted dairy manure applications on alfalfa yield and the environment in Arizona. Agronomy Journal 98: 80-84.
23. Nemati, M., and Dehmordeh, M. 2015. Effect of manure and biological Application on yield and morphological parameters of (*Hibiscus sabdariffa L.*). Journal of Agroecology 7 (1): 62-73. (in Persian).

24. Panjehkoob, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Ghajari, A. 2007. Effect of planting date and Plant density on morphological characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum* cv. Siokra, Journal of Agricultural Science and Natural Resources Iran 14 (5): 25-38. (in Persian with English abstract).
25. Patel, P. C., and Patel, J. R. 1988. Effect of Zinc nutrition of different genotypes of sorghum. Journal of the Indian Society of Soil Science 36: 820-832.
26. Porter, P. M., Sullivan, M. J., and Harvey, L. H. 1996. Cotton cultivar response to planting date on the southeastern coastal plain. Journal of Production Agriculture 9: 223-227.
27. Reddy, K. R., Hodges, H. F., and Reddy, V. R. 1992. Temperature effects on cotton fruit retention. Agronomy Journal 84: 26-30.
28. Rezaenejad, Y., and Afyuni, M. 2001. Effect of organic matter on soil chemical properties, and corn yield and elemental uptake. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 4 (4): 19-29. (in Persian with English abstract).
29. Sadeghzadeh-Ahari, D., Hassandokht, M. R., Kashi, A. K., Amri, A., and Alizadeh, K. H. 2010. Genetic variability of some agronomic traits in the Iranian fenugreek landraces under drought stress and non-stress conditions. African Journal of Plant Science 4: 12-20.
30. Scheffer, M. C., Ronzelli Junior, P., and Koehler, H. S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. Acta Horticulturae 33: 109-114.
31. Seghatoleslami, M. J., Mosavi, S. G., and Barzegaran, T. 2013. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29 (1): 144-156. (in Persian with English abstract).
32. Ston, J. F., and Nofziger, D. L. 1993. Water use and yield of cotton grown under wide-spaced furrow irrigation. Agricultural Water Management 24: 27-38.
33. Yadav, R. L., Keshwa, G. L., and Yadav, S. S. 2003. Effect of integrated use of FYM and sculpture on growth and yield of isabgol. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology 25: 668-671.
34. Yang, Y., Watanabe, M., Zhang, X., Zhang, J., Wang, Q., and Hayashi, S. 2006. Optimizing irrigation management for wheat to reduce groundwater depletion in the piedmont region of the Taichung mountains in the North China Plain. Agricultural Water Management 82: 25-44.



The Impact of Different Levels of Irrigation, Planting Date and Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) in Minab

M. R. Yazdanpanah¹ - P. Rezvani Moghaddam^{2*} - Gh. A. Asadi³ - A. Shahriari⁴

Received: 27-07-2017

Accepted: 23-01-2017

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) is considered as a member of Malvaceae family which is cultivated across all tropical and warm areas. More than 300 species of Hibiscus are found in tropical and subtropical regions across the world. Roselle is annual and self-pollinated plant. This plant is very sensitive to cold and glacial, it is multipurpose plant and its various components are used. Severe water restrictions and the high water costs cause in some areas, the optimal level of water to become lower than the required level for maximum production. Nowadays, appropriate irrigation management and the cultivation of drought-resistant plants are regarded as strategies to deal with drought stress. Roselle is one of the few drought resistant plants. To study the effect of different levels of irrigation, planting date and fertilizer management on yield and yield components of Roselle, an experiment was contacted in Agricultural Research Station, 105 kilometers East of Bandar Abbas, Minab city, Iran.

Materials and Methods

An experiment was conducted as split-split-plot based on a randomized complete blocks design with three replications. Treatments included irrigation levels in three levels (100, 80 and 60 percent evapotranspiration from reference crop) as main plots, planting date in three levels (June 15, September 10 and October 1th) as subplots and three levels of fertilizer (Cow manure, chemical fertilizer 50% and 50% cow manure and chemical fertilizers) are allocated as sub-sub plots.

Results and Discussion

The results showed that the highest plant height (127.7 cm) and stem diameter (1.97 cm) were obtained in irrigation after 60 percent evapotranspiration from reference crop. The highest number of growing stems (3.20 stems) and sepal dry weight (18.48 g) were shown in 100 percent evapotranspiration from reference crop. The total number of stems, the number of generate stems, flower dry weight and plant dry weight were decreased by increasing the percent evapotranspiration from reference crop. Thus, the lowest total number of stems (7.70), the number of generate stems (4.52), flower dry weight (4.28 g. per plant) and plant dry weight (377.1 g. per plant) were shown in 100% evapotranspiration of the reference treatment. Most of the studied criteria were decreased by delaying sowing date. The lowest stem height (108.2 cm), stem diameter (1.32 cm), total number of stems per plant (7.3), the number of generate stems per plant (3.94), sepals dry weight per plant (16.15 g), flower dry weight per plant (3.65 g), total dry weight per plant (212 g), were obtained on 1th October sowing date. The highest stem diameter (1.85 cm), total number of stems per plant (10.78), the number of growing stems per plant (7.22), sepals dry weight per plant (21.02 g), flower dry weight per plant (6.59 g), total dry weight per plant (420.02 g), were obtained under 100% chemical fertilizer treatment. The highest plant height (125.1 cm) and the number of growing stems per plant (3.61) were obtained under 100% chemical fertilizer treatment+100 percent evapotranspiration from reference crop under 1th of October treatment. The lowest stem diameter, the number of generate stems, the number of growing stems, sepals dry weight and total dry weight in each plant were obtained under 100% chemical fertilizer treatment+100 percent evapotranspiration from reference crop under 1th of October treatment. The highest stem diameter, the number of generate stems per plant and flower dry weight per plant were observed under 100% cow manure+60 percent evapotranspiration from reference crop.

1- Ph.D. Student of Ferdowsi University of Mashhad, International Campus

2- Professor of Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Associate Professor of Ferdowsi University of Mashhad, Iran

4- Assistant Professor of Agricultural Research Center, Bandar Abbas

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

The highest number of stems per plant, the number of generate stems per plant, sepals dry weight per plant and dry weight of flower per plant were obtained under 100% cow manure on 15 July sowing date treatment.

Conclusions

The results showed that most of the studied criteria were decreased by delaying sowing date from June to October. The highest dry weight of flower per plant and sepals yield were obtained under 100% animal manure+ June 15 sowing date treatment. The lowest dry weight of sepals per plant was shown under 100% of evapotranspiration irrigation of the reference crop.

Keywords: Chemical fertilizer, Cow manure, Flower yield, Sepals yield



پایش عملکرد گندم و چغندرقند در استان خراسان: ۱- تجزیه و تحلیل روش‌های پیش‌بینی

عملکرد پتانسیل

مهدی نصیری محلاتی^{۱*} - علیرضا کوچکی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰

چکیده

پیش‌بینی عملکرد پتانسیل در شرایط بدون محدودیت آب و عناصر غذایی و عاری از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز اولین قدم در تخمین خلاء عملکرد محصولات زراعی است. عدم دسترسی به داده‌های کامل و دقیق محدودیت اصلی در استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی برای برآورد عملکرد پتانسیل است و در این صورت استفاده از مدل‌های ساده شده جایگزین مناسبی محسوب می‌شود، البته پیش از استفاده از این مدل‌های ساده اطمینان از قدرت پیش‌بینی آنها در مقایسه با مدل‌های شبیه‌سازی ضروری می‌باشد. در این پژوهش عملکرد پتانسیل گندم و چغندرقند در سه منطقه از استان خراسان رضوی (تریت حیدریه، مشهد و نیشابور) با استفاده از سه روش ساده محاسباتی و نیز با دو مدل شبیه‌سازی برآورد و دقت روش‌ها مورد مقایسه قرار گرفته است. محاسبات ساده بر اساس روش فائق (FAO-M)، مدل تغییر یافته فاقو (FAO) و روش مبتنی بر کارآبی مصرف نور (RUE) انجام شد که در آنها عملکرد پتانسیل بهوسیله دو معادله و با استفاده از میانگین ماهانه داده‌های آب و هوایی برآورد می‌شود. عملکرد پتانسیل دو محصول در همان مناطق توسط مدل‌های LINTUL و SUCROS که بر اساس داده‌های روزانه آب و هوایی اجرا می‌شوند و قبلًا برای مطالعات در مقیاس منطقه‌ای واسنجی شده بودند نیز پیش‌بینی شد و قدرت پیش‌بینی ۵ روش بر اساس شاخص‌های آماری مورد مقایسه قرار گرفت. میانگین عملکرد مشاهده شده گندم در سه منطقه تحت بررسی ۷/۱۸ تن در هکتار بود و در ۵ روش تحت بررسی میانگین عملکرد پتانسیل گندم سه منطقه بین ۷/۶۳ تا ۷/۹۲ تن در هکتار پیش‌بینی شد. بر این اساس خطای پیش‌بینی در مورد مدل‌های شبیه‌سازی ۱/۳۹ و برای سه روش ساده کمتر از ۵ درصد (۴/۶۴٪) بهدست آمد. باوجودی که مقدار نسبی جذر میانگین مربعات خطأ (RMSE_n) برای سه روش ساده بیشتر از مدل‌های شبیه‌سازی بود ولی بین ۷/۱۱ تا ۱۰/۱۶ درصد و در محدوده مطلوب قرار داشت. به علاوه کارآبی مدل‌سازی (ME) نیز مثبت و به‌جز در روش RUE بالاتر از ۰/۶۰ بود. میانگین عملکردهای انداره‌گیری شده چغندرقند ۸۲/۵ تن در هکتار بود در حالی که میانگین عملکرد پتانسیل پیش‌بینی شده به روش‌های مختلف در محدوده ۸۹-۹۱ تن در هکتار قرار داشت. دقت پیش‌بینی عملکرد چغندر بهوسیله روش‌های شبیه‌سازی بود ولی قابلیت پیش‌بینی آنها بر اساس شاخص‌های آماری قابل قبول محسوب شد به طوری که RMSE_n محاسبه شده برای این روش‌ها از ۱۱/۵ درصد تجاوز نکرد. در تعیین اعتبار متقابل روش‌های ساده با مدل‌های شبیه‌سازی نیز همبستگی معنی‌داری بین عملکردهای پیش‌بینی شده توسط روش‌های ساده و مدل‌های پیچیده بهدست آمد که نشان‌دهنده انطباق مطلوب آنهاست. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از روش‌های محاسباتی ساده و حداقل داده‌های آب و هوایی می‌توان عملکرد پتانسیل محصولات زراعی را با دقت قابل قبولی برآورد کرد. چنین روش‌هایی در صورت عدم دسترسی به مدل‌های شبیه‌سازی که به طور دقیق و اسننجی شده باشند و در اختیار نداشتن داده‌های کامل آب و هوایی روزانه جهت تخمین خلاء عملکرد در مقیاس منطقه‌ای و نیز در پهنه‌بندی‌های اگروکلولوژیک مفید خواهند بود.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی عملکرد، کارآبی مدل‌سازی، مدل‌های خلاصه، مدل‌های شبیه‌سازی

مقدمه

چنانچه گیاهان زراعی در شرایطی بدون وجود محدودیت عوامل غیر زنده (آب، عناصر غذایی و آلاینده‌ها) و عوامل زنده (آفات،

بیماری‌ها و علف‌های هرز) قرار گیرند عملکرد آنها توسط میزان تشعشع خورشیدی، درجه حرارت، غلظت دی اکسید کربن و خصوصیات ژنتیکی ارقام تعیین می‌شود. این عملکرد اصطلاحاً به عملکرد بالقوه (پتانسیل^۲) موسوم است (van Ittersum *et al.*, 2003) و بدیهی است که برای یک گونه زراعی مشخص در مناطق

2- Potential yield

- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (Email: mnassiri@um.ac.ir)
- نویسنده مسئول : DOI: 10.22067/gsc.v16i4.62556

مشاهده شده، حتی در شرایط پتانسیل تفاوت خواهد داشت (Boote et al., 1996). به علاوه واسنجی (کالیبراسیون) و تعیین اعتبار این مدل‌ها به داده‌های دقیق آزمایشی نیاز دارد. موچو و کراپف (Muchow and Kropff, 1997) بیان داشتند که حتی مدل‌های سیار قوی نیز بدون وجود داده‌های دقیق حاصل از آزمایشات مزرعه‌ای جهت تعیین پارامترها و سنجش اعتبار پیش‌بینی، قابلیت مطلوبی در برآورد عملکرد بالقوه ندارند. بنابراین در صورت عدم دسترسی به داده‌های دقیق و صحیح استفاده از محاسبات پیچیده ریاضی به کار رفته در مدل‌های رشد چندان سودمند نخواهد بود.

عدم دسترسی به داده‌های کامل و صحیح از مهمترین مشکلات محققین کشور هنگام استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی در برآورد عملکرد بالقوه، خلاء عملکرد و نیز در مطالعات مربوط به پهنه‌بندی می‌باشد. در چنین شرایطی به کارگیری مدل‌های ساده شده^۳ که در آنها الگوریتم محاسباتی مدل‌های رشد در قالب دو یا چند معادله ساده Brooks and Tobias, 1999) نمونه‌ای از این روش‌های ساده توسط فابو برای برآورد عملکرد پتانسیل در پهنه‌بندی‌های اگرواکولوژیکی ارائه شده است (FAO, 1981; FAO, 1978).

این مدل‌های خلاصه شده در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته و موارد کاربرد آن‌ها توسط محققین کشور بسیار محدود است. در این تحقیق عملکرد بالقوه دو محصول مهم استان خراسان یعنی گندم (*Triticum aestivum*) به عنوان محصولی زمستانه و دانه‌ای و چندرقند (*Beta vulgaris*) به عنوان گیاهی بهاره و ریشه‌ای در شرایط بدون محدودیت به نحوی که تنها میزان تشبع خورشیدی و درجه حرارت تعیین کننده عملکرد باشند با استفاده از چند روش محاسباتی ساده و نیز بواسیله مدل‌های شبیه‌سازی پیش‌بینی شده و قابلیت روش‌های ساده نسبت به مدل‌های پیچیده مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه سه روش محاسباتی ساده برای برآورد عملکرد پتانسیل گندم و چندرقند به کار رفته است، در هر سه روش فرض بر این است که رشد محصولات زراعی الگویی سیگموئیدی داشته و دارای سه مرحله متمایز شامل رشد کند اولیه (رشد نمایی^۴، رشد خطی^۵ و در نهایت ثابت شدن تجمع ماده خشک می‌باشد. رشد نمایی و خطی به ترتیب ۴۵ و ۴۰ درصد از کل دوره رشد را شامل می‌شود و در ۱۵ درصد باقی‌مانده، سرعت رشد کند شده و به صفر می‌رسد. با

مختلف متفاوت خواهد بود. در برنامه‌ریزی‌های تولید محصولات زراعی آگاهی از میزان عملکرد بالقوه و تفاوت آن با عملکرد واقعی یعنی محصول واقعی قابل برداشت از مزارع که نشان‌دهنده خلاء عملکرد می‌باشد بسیار مفید خواهد بود (Licker et al., 2010). در واقع خلاء عملکرد تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل زنده و غیر زنده محیطی به وجود می‌آید که از طریق پایش^۶ قابل تخمین می‌باشد (Caldiz et al., 2002). بر این اساس در صورت پیش‌بینی عملکرد بالقوه، پایش عملکرد و کمی کردن تأثیر عوامل محیطی مؤثر بر آن، عملکرد واقعی و خلاء عملکرد برآورد خواهد شد. در نهایت با تجزیه و تحلیل خلاء عملکرد امکان ارائه راهکارهای اجرایی برای پر کردن این خلاء و نزدیک کردن عملکرد واقعی به عملکرد بالقوه فراهم می‌گردد. (Kropff et al., 2001; Bhatia et al., 2008) در بررسی جامعی چارچوبی را برای همکاران (Caldiz et al., 2002) آنالیز خلاء عملکرد در مقیاس وسیع ارائه کردند. اساس این روش پیش‌بینی عملکرد پتانسیل و مقایسه آن با عملکرد واقعی است. بنابراین برآورد عملکرد پتانسیل اولین گام در تجزیه و تحلیل خلاء عملکرد می‌باشد.

برآورد عملکرد بالقوه مستلزم کاشت ارقام مختلف گیاهان زراعی در آزمایشات مکرر در مناطقی با شرایط اقلیمی مختلف و در عین حال ایجاد شرایط کاملاً مطلوب برای رشد و نمو گیاه می‌باشد و بدیهی است که اجرای این نوع پژوهش‌ها از نظر زمانی طولانی و بسیار پرهزینه می‌باشد. مدل‌های شبیه‌سازی ابزار بسیار قوی جهت پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی در شرایط مختلف محیطی هستند. افزایش قابلیت‌های مدل‌های رشد باعث شده تا این مدل‌ها در مقیاس‌های مختلف برای پیش‌بینی عملکرد استفاده شود. در واقع مدل‌های پیشرفته شبیه‌سازی رشد قادرند تا نوسانات عملکرد را در سطح مزرعه (Batchelor et al., 2002)، منطقه (Jagtap and Priya and Jones 2002; Kiniry et al., 2004 Stehfest et al., 2001) و یا حتی در مقیاس جهانی (Shibasaki, 2001 2007) پیش‌بینی کنند. این مدل‌ها در ایران نیز در مطالعات مختلف در سطح ملی و منطقه‌ای با نتایج مطلوب به کار برده شده‌اند (Koocheki et al., 2006; Nassiri Mahallati et al., 2006; Soltani et al., 2001)

علی‌رغم کاربردهای بسیار وسیع مدل‌های شبیه‌سازی در مطالعات مختلف و در مقیاس‌های متفاوت از کرت تا منطقه یا حتی جهانی، قابلیت پیش‌بینی آنها به شدت تابع داده‌های ورودی است. لذا در شرایطی که داده‌های آب و هوایی و گیاهی مورد نیاز برای اجرای مدل در اختیار نباشد پیش‌بینی مدل‌ها به میزان قابل توجهی با مقداری

3- Summary model

4- Exponential growth

5- Linear growth

1- Yield gap

2- Monitoring

روش فائق محسوب می‌شود کل ماده خشک تولید شده (TDM، کیلوگرم در هکتار) از معادله ۳ به دست می‌آید:

$$TDM = 2500 + DM_L + DM_F \quad (3)$$

که در آن ۲۵۰۰ میزان ماده خشک تولید شده در مرحله نمایی (کیلوگرم در هکتار) و DM_L و DM_F به ترتیب ماده خشک تولیدی در مراحل خطی و نهایی (کیلوگرم در هکتار) می‌باشند. بنابراین مقدار TDM با جایگذاری DM_L و DM_F از معادله ۴ به دست می‌آید:

$$TDM = 2500 + (0.4 \times p \times LGR) + (0.15 \times p \times 0.5 \times LGR) \quad (4)$$

که در آن LGR سرعت رشد در مرحله خطی (کیلوگرم در هکتار در روز) p طول دوره رشد (روز) می‌باشد. ضرایب $0/4$ و $0/15$ به ترتیب نشان‌دهنده سهم دوره رشد خطی و رشد نهایی از کل دوره رشد بوده و سرعت رشد در مرحله نهایی نصف LGR در نظر گرفته شده است. معادله ۴ را پس از ساده شدن می‌توان به صورت معادله ۵ بازنویسی کرد:

$$TDM = 2500 + (0.475 \times p \times LGR) \quad (5)$$

در صورت عدم دسترسی به داده‌های آزمایشی، سرعت رشد در مرحله خطی از معادله ۶ برآورد می‌شود:

$$LGR = GPHOT \times (1 - C_m \times C_p) \times E_c \times C_L \quad (6)$$

$GPHOT$ میانگین سرعت فتوستتر ناخالص کانوپی (کیلوگرم گلوكز در هکتار در روز) می‌باشد که نحوه به دست آوردن آن قبلاً در روش فائق توصیف شد. C_m ضریب تنفس نگهداری (کیلوگرم گلوكز به‌ازای کیلوگرم ماده خشک) در طی دوره رشد خطی است، این ضریب تابع درجه حرارت بوده و مقدار آن برای میانگین درجه حرارت در طی دوره رشد خطی و بر حسب سرعت تنفس نگهداری محصولات مختلف از شکل ۴ به دست می‌آید.

برای استفاده از شکل ۴ ابتدا باید مقدار R_m را بسته به نوع محصول تحت بررسی از جدول ۱ مخصوص ساخت برای مثال مقدار R_m برای چغندرقند معادل $0/01$ کیلوگرم گلوكز به ازای کیلوگرم ماده خشک در روز می‌باشد. در شکل ۴ مقدار C_m چغندرقند از منحنی ۱ قراتت می‌شود و در دمای 22 درجه سانتی‌گراد (۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای مرجع) برابر با $0/20$ خواهد بود.

C_p ضریب تصحیح تنفس نگهداری برای شرایطی است که طول دوره رشد خطی بیشتر یا کمتر از طول استاندارد این دوره (۴۶ روز) باشد. مقدار این ضریب از شکل ۵ به دست می‌آید.

E_c ضریب تبدیل گلوكز به ماده خشک می‌باشد و مقدار آن برای محصولات مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. C_L ضریب تصحیح مربوط به بسته بودن کامل کانوپی در طی رشد خطی است، مقدار آن در $LAI=5$ برابر یک، در $LAI=4$ معادل $0/9$ و در $LAI=3$ برابر $0/7$ بوده و میانگین آن برای استفاده در معادله ۳ برابر $0/95$ می‌باشد.

این فرضیات محاسبات مربوط به سه روش به شرح زیر است.

برآورد عملکرد بالقوه به روش فائق

در این روش که توسط فائق برای استفاده در پهنه‌بندی‌های اگرواکولوژیکی محصولات زراعی ارائه شده (FAO, 1978; FAO, 1981) سرعت رشد در مرحله خطی (LGR، کیلوگرم در هکتار در روز) و کل ماده خشک تولید شده (TDM، کیلوگرم در هکتار) در شرایط پتانسیل از معادلات ۱ و ۲ به دست می‌آید:

$$LGR = \frac{0.72 \times GPHOT}{(1 + 0.25 \times C_i \times p)} \quad (1)$$

$$TDM = \frac{0.36 \times GPHOT}{\frac{1}{p} + 0.25 \times C_i} \quad (2)$$

در این معادلات $GPHOT$ میانگین سرعت فتوستتر ناخالص کانوپی (کیلوگرم گلوكز در هکتار در روز) p طول دوره رشد (روز) و C_i ضریب تنفس نگهداری^۱ است و مقادیر ثابت این معادلات مربوط به تنفس رشد^۲ و تصحیح ضریب تنفس نگهداری می‌باشد. مقدار $GPHOT$ در هر سطحی از تشعشع روزانه خورشیدی از شکل ۱ قراتت می‌شود. در این شکل مقدار $GPHOT$ براساس حداکثر سرعت فتوستتر ناخالص برگ در شرایط اشباع نوری^۳ (Fg) کیلوگرم CO_2 در هکتار در ساعت (برآورد شده است و برای استفاده از آن ابتدا باید مقدار Fg معلوم باشد).

سرعت فتوستتر برگ علاوه بر گونه گیاهی تابعی از درجه حرارت نیز می‌باشد و در واقع Fg ، حداکثر سرعت فتوستتر تک برگ در درجه حرارت‌های مختلف است. در شکل ۲ مقدار Fg برای گروه‌های مختلف محصولات زراعی در دامنه وسیعی از درجه حرارت ارائه شده است، بر اساس این شکل در دمای 20 درجه سانتی‌گراد مقدار Fg برای چغندرقند معادل 40 کیلوگرم CO_2 در هکتار در ساعت می‌باشد. با مراجعة به مقادیر سمت راست شکل ۱ مقدار $GPHOT$ چغندرقند در تشعشع روزانه 20 مگاژول در متر مربع معادل 420 کیلوگرم گلوكز در هکتار در روز به دست خواهد آمد.

C_i نابع درجه حرارت بوده و مقدار آن برای گونه‌های لگوم و غیر لگوم از شکل ۳ استخراج می‌شود.

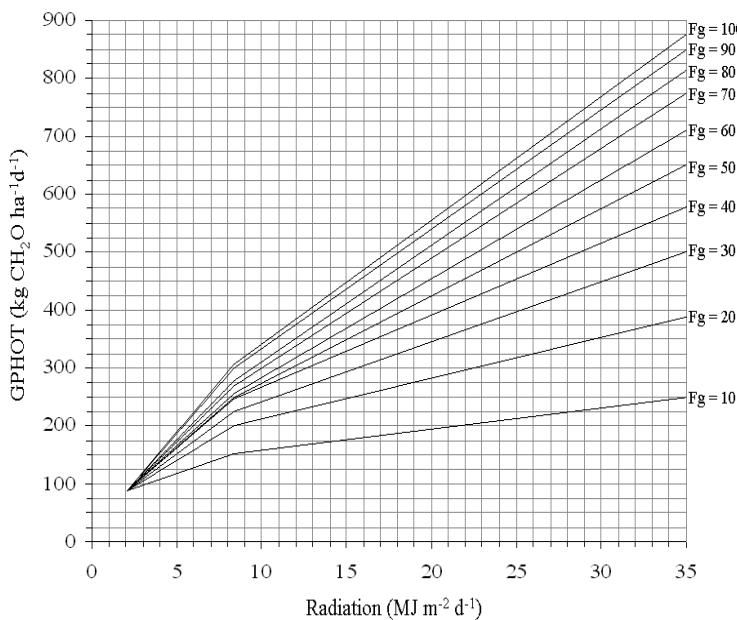
برآورد عملکرد بالقوه با روش تغییریافته فائق

در این روش که مدل خلاصه شده ورستیخ و ون کیولن (Versteeg and van Keulen, 1986) می‌باشد و نوع تغییریافته

1- Maintenance respiration

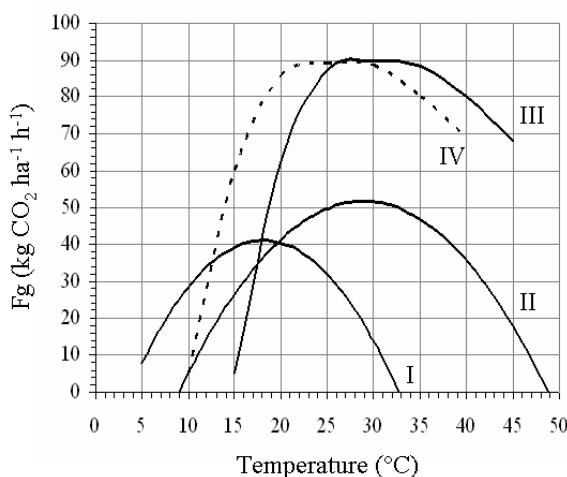
2- Growth respiration

3- Light saturated leaf photosynthesis rate



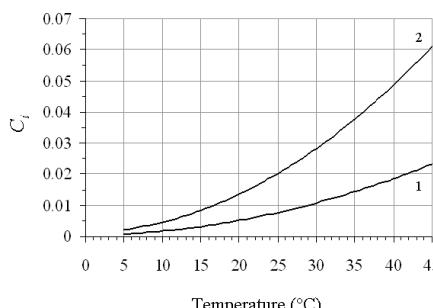
شکل ۱- سرعت فتوسنتز ناخالص روزانه (GPHOT, $\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}\text{d}^{-1}$) برای کانوپی بسته (دوره رشد خطی) به عنوان تابعی از حداقل سرعت فتوسنتز تک برگ در اشباع نوری (F_g , $\text{kg CO}_2 \text{ha}^{-1}\text{h}^{-1}$) و میزان تشعشع روزانه ($\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$) در عرض‌های جغرافیایی بین صفر تا ۴۰ درجه

Figure 1- Daily gross photosynthesis rate (GPHOT, $\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}\text{d}^{-1}$) for closed canopy (linear growth period) as function of maximum photosynthesis rate of single leaf at light saturation (F_g , $\text{kg CO}_2 \text{ha}^{-1}\text{h}^{-1}$) and daily radiation ($\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$) in latitudes between 0-40. Source: Versteeg and van Keulen, 1986.



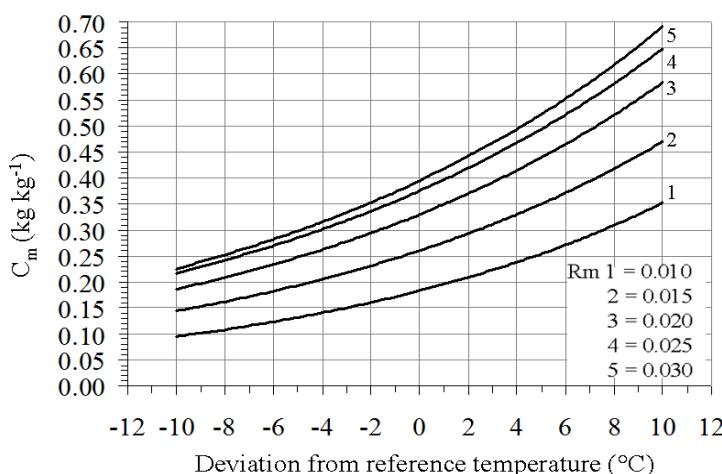
شکل ۲- رابطه بین حداقل سرعت فتوسنتز تک برگ در شرایط اشباع نوری (F_g , $\text{kg CO}_2 \text{ha}^{-1}\text{h}^{-1}$) و درجه حرارت در چهار گروه از گیاهان زراعی: (I) گونه‌های C3 مناطق معتدل (گندم، جو، سیب زمینی، چغندر قند)، (II) گونه‌های C3 مناطق گرم (برنج، سویا، پنبه، کاساوا)، (III) گونه‌های C4 (ذرت، سورگوم، ارزن، نیشکر)، (IV) واریته‌هایی از گونه‌های C4 (ذرت، سورگوم) که به دمای پایین سازگار هستند، F_g در این گروه مشابه گروه III ولی در دمای ۵°C پایین تر است.

Figure 2- Relation between maximum photosynthesis rate of single leaf at light saturation (F_g , $\text{kg CO}_2 \text{ha}^{-1}\text{h}^{-1}$) and temperature in 4 groups of crop species: I) Temperate C3 species (wheat, barley, potatoes, sugar beet), II) Warm climate C3 species (rice, soybean, cotton, cassava), III) C4 species (corn, sorghum, millet, sugarcane) IV) cultivars of C4 species (corn, sorghum) adapted to lower temperature, F_g is the same as group III but in 5°C lower temperature. Versteeg and van Keulen, 1986



شکل ۳- رابطه بین ضریب تنفس نگهداری (C_i) در معادلات ۱ و ۲) و میانگین درجه حرارت در طی فصل رشد برای ۱) گونه‌های غیر بقولات و ۲) گونه‌های بقولات

Figure 3- Relation between coefficient of maintenance respiration (C_i in Equations 5 and 6) and average growth period temperature for 1) non-leguminous species and b) leguminous species. Source: Versteeg and van Keulen, 1986



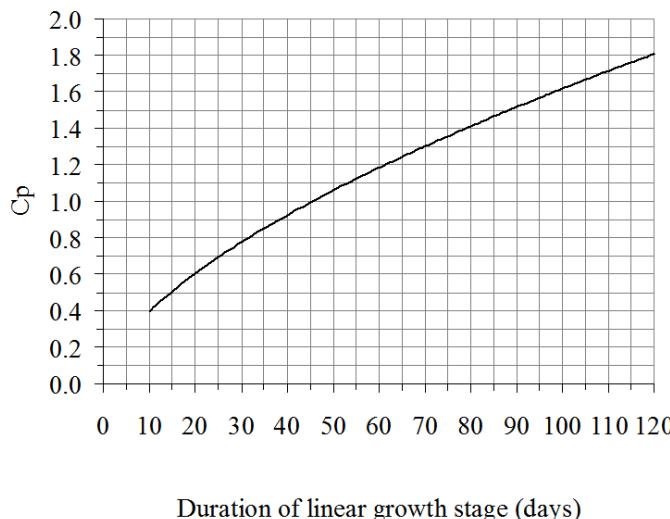
شکل ۴- تصحیح ضریب تنفس نگهداری (C_m , kg kg^{-1}) بر اساس تغییر درجه حرارت نسبت به دمای مرجع (ref) در طی دوره رشد خطی ۴۶ روزه برای ۵ گروه از گیاهان زراعی (جدول ۱) با مقادیر مختلف سرعت تنفس روزانه (R_m , $\text{kg CH}_2\text{O kg DM}^{-1} \text{d}^{-1}$), دمای مرجع برای گونه‌های روزه برابر ۲۰°C و ۳۰°C می‌باشد.

Figure 4- Correction of maintenance respiration coefficient (C_m , kg kg^{-1}) for deviation from reference temperature (ref) during linear growth period (46 days) in 5 groups of crop species (Table 1) with different daily respiration rates (R_m , $\text{kg CH}_2\text{O kg DM}^{-1} \text{d}^{-1}$), reference temperature for C3 and C4 species is 20 and 30 °C, respectively. Source: Versteeg and van Keulen, 1986

جدول ۱- سرعت تنفس نگهداری (R_m , $\text{kg CH}_2\text{O kg DM}^{-1} \text{d}^{-1}$) و ضریب تبدیل گلوکز به ماده خشک (E_c , $\text{kg DM kg}^{-1} \text{CH}_2\text{O}$) در دمای مرجع (به ترتیب ۲۰ و ۳۰ °C برای گیاهان زراعی معتمله و گرمسیری)

Table 1- Maintenance respiration rate (R_m , $\text{kg CH}_2\text{O kg DM}^{-1} \text{d}^{-1}$) and conversion efficiency (E_c , $\text{kg DM kg}^{-1} \text{CH}_2\text{O}$) at reference temperature (20 and 30 °C for temperate and tropical species, respectively). Source: Versteeg and van Keulen, 1986

نوع محصول	Crop group	R_m	E_c
گیاهان ریشه‌ای/غده‌ای	Root/tuber crops	0.010	0.75
غلات	Cereals	0.015	0.70
دانه‌های پروتئینی	Protein-rich seed crops	0.025	0.65
دانه‌های روغنی	Oil-rich seed crops	0.030	0.50



شکل ۵- ضریب C_p برای تصحیح ضریب تنفس نگهداری (C_m) در مقادیر مختلف طول دوره رشد خطی، مقدار C_p در رشد خطی ۶۴ روزه برابر ۱ است.

Figure 5- C_p factor for correction of maintenance respiration coefficient (C_m) at different durations of linear growth period, C_p is equal 1 for liner growth period of 46days. Source: Versteeg and van Keulen, 1986.

کاهش یافته و مجدداً به صفر خواهد رسید (شکل ۶). این الگو تقریباً در تمام گیاهان زراعی مشاهده می‌شود البته در محصولاتی نظری چندرقند که در زمان برداشت هنوز کانوپی بسته‌ای دارند، کاهش F_{abs} صورت نمی‌گیرد. در روش نان هبل سرعت رشد در مرحله خطی (LGR)، کیلوگرم در هکتار در روز) و کل ماده خشک تولید شده (TDM، کیلوگرم در هکتار) از معادلات ۷ و ۸ برآورد می‌شوند:

$$LGR = RUE \times I_{abs} \times 10 \quad (7)$$

$$TDM = \sum I_{abs} \times RUE \times 10 \quad (8)$$

در این معادلات RUE کارایی مصرف نور (گرم بر مگاژول) و I_{abs} میزان تشعشع جذب (مگاژول در متر مربع در روز) می‌باشند و عدد ۱۰ واحدها را به کیلوگرم در هکتار تبدیل می‌کند.

یادآوری می‌شود که در معادله ۷ I_{abs} معادل تشعشع روزانه در بالای کانوپی است زیرا فرض بر این است که در مرحله رشد خطی F_{abs} برابر ۱ بوده (شکل ۶) و در نتیجه نور به طور کامل توسط کانوپی جذب می‌شود. در این روش نیز داده‌های مورد نیاز ساده و شامل RUE گونه زراعی و میزان تشعشع روزانه است. در این مطالعه کارآیی مصرف نور برای گندم ۱/۶۰ گرم بر مگاژول (O'Connell *et al.*, 2011; Nassiri Mahallati *et al.*, 2004; Richter *et al.*, 2001) و برای چندرقند ۱/۴۸ گرم بر مگاژول (Parsa, 2008) منظور شده است.

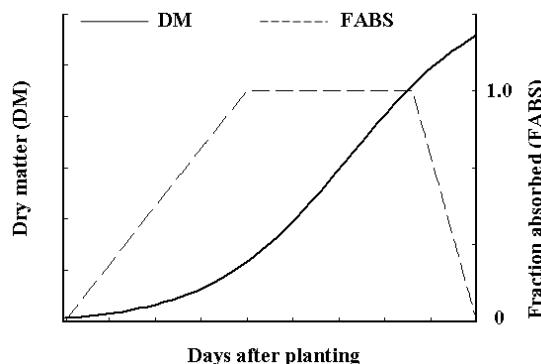
در هر یک از سه مدل خلاصه شده فوق مقدار کل ماده خشک تولید شده در انتهای دوره رشد (TDM) در شاخص برداشت ضرب می‌شود تا عملکرد ماده خشک به دست آید، شاخص برداشت برای

به طور خلاصه در روش فائقو و روش تغییریافته فائقو (روش ورستیخ و ون کبولن) سرعت رشد در مرحله خطی و مقدار ماده خشک تولید شده در شرایط پتانسیل را می‌توان با دو معادله ساده برآورد کرد. داده‌های لازم برای اجرای روش فائقو طول دوره رشد (تعداد روز از سبز شدن تا رسیدگی)، میانگین درجه حرارت و تشعشع روزانه در طی دوره رشد خطی است. برای اجرای روش تغییریافته فائقو نیز برای هر محصول به داده‌های طول دوره رشد، میانگین درجه حرارت (°C) و میانگین روزانه تشعشع خورشیدی (MJ m⁻² d⁻¹) در طی دوره رشد خطی نیاز می‌باشد.

برآورد عملکرد بالقوه بر اساس کارآیی مصرف نور در مدل‌های پیشرفته رشد، محاسبه میزان تشعشع جذب شده روزانه مستلزم شبیه‌سازی کسری از تشعشع روزانه (F_{abs}) است که به وسیله برگ‌ها جذب می‌شود، F_{abs} معمولاً بر اساس ضریب خاموشی نور و پیش‌بینی رشد روزانه شاخص سطح برگ برآورد می‌شود. نان هبل (Nonhebel, 1997) روش ساده‌ای را به عنوان جایگزین ارائه کرد که در آنتولید ماده خشک از حاصلضرب میزان تشعشع جذب شده در کارآیی مصرف نور^۱ (RUE) به دست می‌آید. در این روش فرض بر این است که F_{abs} از سبز شدن تا زمان بسته شدن کانوپی بصورت خطی افزایش یافته و از صفر به ۱ می‌رسد، در طی دوره رشد خطی معادل ۱ بوده و از پایان این دوره تا زمان رسیدگی به صورت خطی

حالی که در مدل LINTUL (van Delden, 2001) ماده خشک بر اساس تشعشع جذب شده و کارآیی مصرف نور به دست می‌آید که با روش RUE مشابه دارد. مدل‌های SUCROS و LINTUL قبلاً برای پیش‌بینی عملکرد گندم (Koocheki and Nassiri, 2012; Koocheki et al., 2016; Mondani, 2012) و چندرقند (Mahallati, 2016; Parsa, 2010; al., 2006) در شرایط پتانسیل برای استان خراسان واسنجی و تعیین اعتبار شده‌اند. لازم به ذکر است که مدل‌های SUCROS و LINTUL برای گندم بهاره طراحی شده‌اند و نیاز ورنالیزاسیون در آنها در نظر گرفته نشده است، در این تحقیق فرآیند ورنالیزاسیون به روش ارائه شده توسط کوچکی و نصیری محلاتی (Koocheki and Nassiri Mahallati, 2016) در هر دو مدل تعریف گردید.

گندم (Nassiri Mahallati and Koochki, 2017) و برای چندرقند (Parsa, 2008; Nonhebel, 1997) در نظر گرفته شد. در نهایت عملکرد دانه گندم بر اساس ۱۲ درصد رطوبت و عملکرد ریشه چندرقند بر مبنای ۲۵ درصد ماده خشک محاسبه شد. علاوه بر سه روش فائق، فائق تغییرپذیر و نان هبل که در ادامه به ترتیب روش FAO-M، RUE و FAO نامیده خواهند شد دو مدل استاندارد شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی SUCROS و LINTUL نیز جهت برآورد عملکرد پتانسیل گندم و چندرقند مورد استفاده قرار گرفت تا از این طریق بتوان قدرت پیش‌بینی روش‌های ساده را با مدل‌های پیچیده مقایسه کرد. مدل SUCROS (Van Laar et al., 1997) تولید ماده خشک را بر اساس فتوسنتز ناچالص کانوپی و کسر کردن تنفس نگهداری و رشد از آن محاسبه می‌کند بنابراین با روش‌های FAO-M و FAO قابل مقایسه است در



شکل ۶- کسر تشعشع جذب شده (F_{abs}) توسط گیاهان زراعی در طی مراحل مختلف رشد زمان شروع و پایان دوره رشد خطی با پیکان نشان داده شده است.

Figure 6- Fraction of absorbed radiation (F_{abs}) by crops during different growth stages, arrows shows start and the end of linear growth phase

مقایسه روش‌های مختلف

داده‌های مورد نیاز برای تعیین اعتبار روش‌های پیش‌بینی عملکرد از نتایج آزمایشات اجرا شده در شرایط بهینه رشد برای گندم در ایستگاه‌های تحقیقاتی استان خراسان و نیز عملکردهای گزارش شده از مزارع رکورددگیری جمع‌آوری شد (زارع فیض آباد، مکاتبات شخصی).

جهت ارزیابی دقت روش‌های مختلفی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت مقادیر پیش‌بینی شده برای عملکرد پتانسیل گندم و چندرقند توسط هر روش با عملکردهای مشاهده شده در آزمایشات ایستگاهی مقایسه شدند و اعتبار روش‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری تعیین گردید. میانگین اربیی^۱ (MB) که میانگین تفاوت مقادیر پیش‌بینی شده (P_i) از مشاهدات (O_i) می‌باشد (معادله ۹) معیاری از

در ادامه عملکرد پتانسیل گندم در شهرستان‌های مشهد، تربت حیدریه و نیشابور و در مورد چندرقند در شهرستان‌های مشهد، تربت حیدریه و فربیمان بهوسیله ۵ روش فوق برآورد گردید. لازم به ذکر است که این شهرستان‌ها بر مبنای دسترسی به مقادیر عملکرد در آزمایشات ایستگاهی و نیز عملکردهای ثبت شده از مزارع پر محصول در فاصله سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸ انتخاب شدند. داده‌های هواشناسی (درجه حرارت و تعداد ساعت‌های آفتابی) برای اجرای مدل‌ها از ایستگاه‌های هواشناسی شهرستان‌های تحت بررسی جمع‌آوری شد. برای اجرای مدل‌های شبیه‌سازی از داده‌های روزانه و در مدل‌های خلاصه شده از میانگین ماهانه استفاده شد. میزان تشعشع روزانه خورشیدی بر مبنای عرض جغرافیایی و با احتساب تعداد ساعت آفتابی به روش ارائه شده توسط خودریان و فان لار (Goudriaan and van Laar, 1993) برآورد گردید.

منطبق باشد. مقایسه آماری عرض از مبدأ و شبیه خط رگرسیون با خط ۱:۱ به سهولت از طریق آزمون t امکان‌پذیر می‌باشد.

نتایج و بحث

توزیع عملکردهای مشاهده شده

توزیع عملکرد اندازه‌گیری شده گندم در آزمایشات ایستگاهی و مزارع پرمحصول (شکل a7) نشان داد که تفاوت‌های نسبتاً اندکی بین سه منطقه تحت بررسی وجود دارد. در ترتیب حیدریه ۷۵ درصد داده‌ها در محدوده ۷۱-۷/۸۰ تن در هکتار قرار داشتند و در مشهد دامنه ۷۵ درصد عملکردها بین ۷/۶۵-۷/۹۵ تن در هکتار و در نیشابور بین ۷/۳۳-۷/۶۰ تن در هکتار بود.

این نتایج نشان‌دهنده نزدیک بودن دامنه عملکرد بین سه منطقه است به طوری که ۹۵ درصد از عملکردهای مشاهده شده گندم در این مناطق بالاتر از ۶ تن در هکتار می‌باشد. بنابراین می‌توان صدکهای بالای توزیع را به عنوان تخمینی از عملکرد پتانسیل در نظر گرفت که بر اساس نتایج ارائه شده در شکل a7 برای مناطق تربت، مشهد و نیشابور به ترتیب ۸/۱، ۷/۶ و ۷/۹ تن در هکتار می‌باشد. به روشهای مشاهده می‌توان دامنه عملکردهای اندازه‌گیری شده را برای چند رقند نیز ارزیابی کرد، نتایج نشان داد که تقریب عملکرد پتانسیل این محصول در تربت، مشهد و فریمان به ترتیب ۸۸، ۹۱ و ۹۰ تن در هکتار می‌باشد (شکل b7).

استفاده از نتایج آزمایشات ایستگاهی تحت مدیریت دقیق و مزارع پرمحصل از جمله روش‌های رایج در تخمین عملکرد پتانسیل Bell and Fischer, 1994; (Lobell *et al.*, 2009) البته باید توجه داشت که برآورد آزمایشات ایستگاهی در صورتی قابل استفاده خواهد بود که طی چند سال و نیز در مناطق مختلف تکرار شده باشد (Cassman *et al.*, 2003).

بدیهی است که حذف کلیه تنش‌های زنده و غیر زنده از محیط آزمایش در سال‌های متوالی و در چند منطقه برای دستیابی به عملکرد پتانسیل بسیار دشوار می‌باشد. عملکرد مزارع پرمحصل نیز در طی زمان ثابت نخواهد بود به علاوه کشاورزان هر سال روش‌های مدیریت از جمله تاریخ کاشت، رقم و میزان مصرف نهاده‌ها را تغییر می‌دهند و این امر باعث خواهد شد تا تغییرات مشاهده شده در عملکرد مزارع پرمحصل هم ناشی از شرایط اقلیمی و هم روش مدیریت باشد (Lobell *et al.*, 2009) در نتیجه عملکرد این مزارع نیز معيار دقیقی از عملکرد پتانسیل نمی‌باشد. علی‌رغم این کاستی‌ها محققین از نتایج آزمایشات ایستگاهی و عملکرد مزارع پرمحصل و انتخاب صدکهای بالای توزیع آنها به عنوان عملکرد پتانسیل در مطالعات استفاده می‌کنند (van Ittersum *et al.*, 2013). به علاوه این داده‌ها تنها منبع موجود برای تعیین اعتبار نتایج حاصل از مدل‌های شبیه‌سازی می‌باشند (van Wart *et al.*, 2013).

خطای مدل بوده و نزدیک بودن آن به صفر نشان‌دهنده دقت بیشتر در پیش‌بینی است.

$$MB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i) \quad (9)$$

جزر میانگین مربعات خط (RMSE) که از طریق معادله ۱۰ محاسبه می‌شود نیز از معیارهای رایج در تعیین اعتبار مدل‌ها می‌باشد (Loague and Green, 1991; Wilmot, 1982) P_i به ترتیب مشاهده i ام و مقدار شبیه‌سازی شده آن، n تعداد مشاهدات است. RMSE (%) نیز معیار دیگری است که در آن انحراف معیار خطای پیش‌بینی (RMSE) به عنوان درصدی از میانگین مشاهدات (\bar{O}) بیان می‌شود (معادله ۱۱) و بنابراین توصیف بهتری از قابلیت مدل را ارائه می‌کند. چنانچه مقدار RMSE (%) کمتر از ۱۰ درصد باشد شبیه‌سازی عالی، بین ۱۰-۲۰ درصد خوب، بین ۲۰-۳۰ درصد متوسط و بیشتر از ۳۰ درصد ضعیف خواهد بود (Jamieson *et al.*, 1991).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (10)$$

$$RMSE(%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \times \frac{100}{\bar{O}} \quad (11)$$

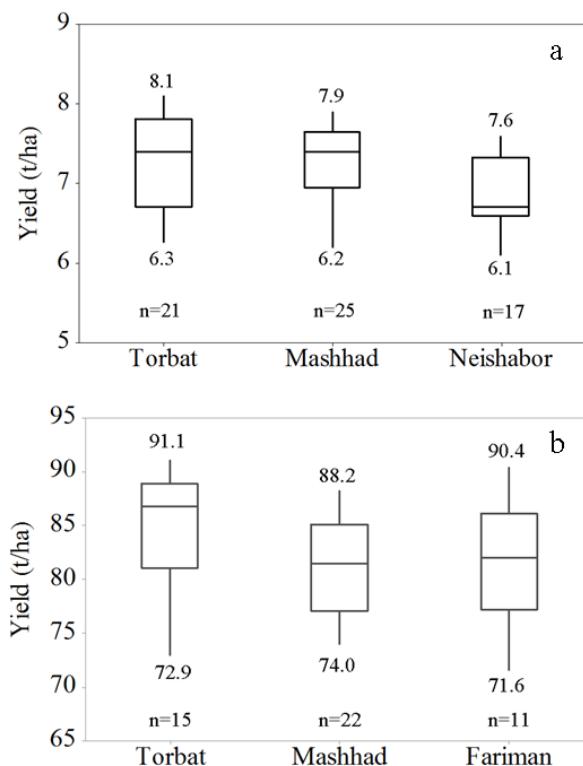
کارآیی مدل‌سازی^۱ (ME) شاخص دیگری در ارزیابی اعتبار مدل‌های داده‌های شبیه‌سازی شده را با تغییرات موجود در داده‌های آزمایشی (مشاهدات) مقایسه می‌کند (معادله ۱۲). مقدار مطلوب ME معادل یک می‌باشد و مقادیر منفی نشان‌دهنده واریانس بیشتر در نتایج شبیه‌سازی نسبت به مشاهدات است (Loague and Green, 1991).

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (12)$$

برازش رگرسیون خطی بین مشاهدات و داده‌های شبیه‌سازی شده و مقایسه آن با خط ۱:۱ از جمله رایج‌ترین و دقیق‌ترین روش‌های تعیین اعتبار مدل‌های (Soltani *et al.*, 2001; Nassiri *et al.*, 2006). مدل در صورتی از دقت کافی در پیش‌بینی مشاهدات برخوردار خواهد بود که خط رگرسیون دارای عرض از مبدأ صفر و شبیه برابر یک بوده و بر خط ۱:۱ ($y=x$)

1- Root Mean Squared Error

2- Modeling Efficiency



شکل ۷- توزیع عملکردهای اندازه‌گیری شده گندم (a) و چغندرقند (b) در آزمایشات ایستگاهی و مزارع پر محصول در سه منطقه مختلف، حد پایین و بالای مستطیل به ترتیب چارک اول و سوم و خط میان مستطیل میانه را نشان می‌دهد و بر این اساس ۷۵ درصد از داده‌ها در محدوده مستطیل قرار دارند، خطوط خارج شده از مستطیل نشان‌دهنده دامنه ۹۵ درصد می‌باشند.

Figure 7- Distribution of measured yields of wheat (a) and sugar beet (b) in experimental plots and high yielding farms in 3 different regions. Lower and upper limits of the box (rectangle) shows the first and third quartiles and the inner line is median, provided that 75% of the data are covered by the box, outer lines (whiskers) show 95% interval.

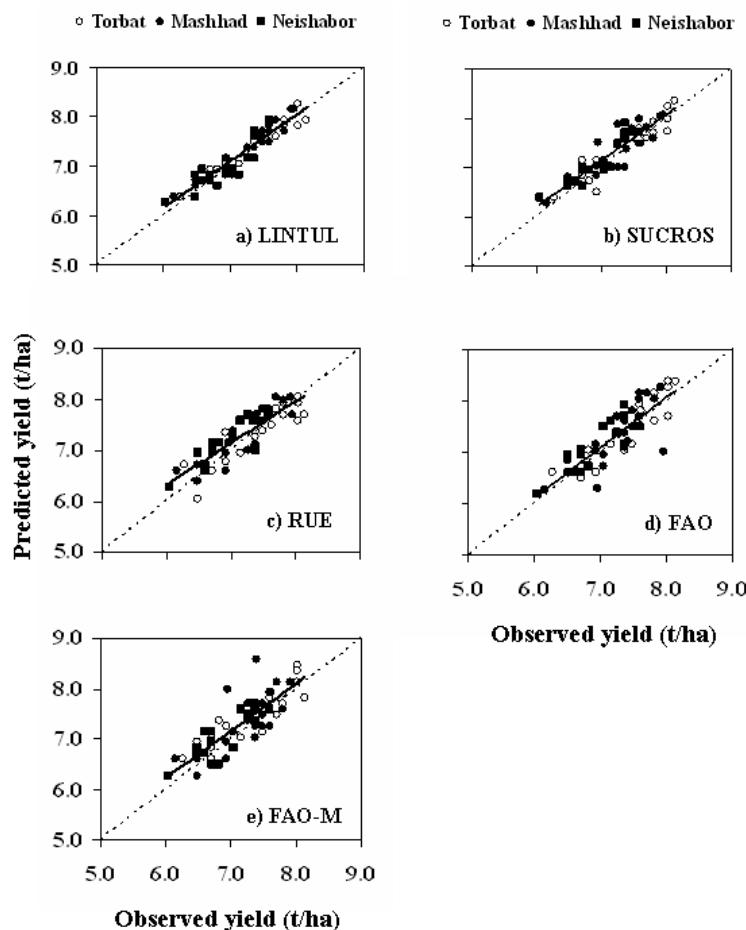
ساده را در پیش‌بینی عملکرد پتانسیل گندم تأیید می‌کند. البته درصد خطای پیش‌بینی روش‌های ساده بین ۲/۵ تا ۶ درصد بیشتر از مقدار این خطای در مدل‌های LINTUL و SUCROS بود. کارایی مدل‌سازی نیز در روش‌های ساده کمتر از مدل‌های پیچیده شبیه‌سازی بود با این وجود کلیه مقادیر به دست آمده برای ME مثبت و بیشتر از ۰/۶ بود و تنها در روش FAO-M به کمترین مقدار یعنی ۰/۴۷ رسید. نتایج آنالیز رگرسیون بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده نیز نشان داد که در هر ۵ روش تحت بررسی عرض از مبدأ و شبیه خط رگرسیون تفاوت معنی‌داری با خط ۱:۱ نداشت و این روش‌ها بین ۸۷ تا ۶۷ درصد از تغییرات موجود در عملکردهای مشاهده شده را توصیف کردند (جدول ۲). بر اساس این نتایج روش‌های RUE و FAO در مقایسه با روش FAO-M به طور نسبی از قابلیت بالاتری برای پیش‌بینی عملکرد پتانسیل گندم برخوردار بودند.

تعیین اعتبار روش‌ها

پیش‌بینی عملکرد گندم: در شکل ۸ نتایج مقایسه عملکردهای پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده گندم در سه منطقه از استان خراسان و در جدول ۲ شاخص‌های آماری مربوط به این مقایسات ارائه شده است. میانگین عملکرد مشاهده شده معادل ۷/۱۸ تن در هکتار بود و ۵ روش تحت بررسی عملکرد بالقوه گندم را در ۶/۹۲ تا ۷/۶۳ تن در هکتار پیش‌بینی کردند در نتیجه خطای پیش‌بینی نسبت به میانگین مشاهدات بین ۰/۳۸ تا ۰/۴۲ +۰ تن در هکتار قرار داشت.

بر اساس شاخص‌های آماری مورد استفاده در تعیین اعتبار روش‌ها، کمترین مقدار RMSE مربوط به مدل‌های شبیه‌سازی بود و در مورد روش‌های FAO، RUE و FAO-M مقدار RMSE_n در

به ترتیب ۱۱/۷، ۹/۲ و ۱۰/۱۶ درصد به دست آمد (جدول ۲). این مقادیر در محدوده‌ای قرار دارند که قابلیت مطلوب روش‌های



شکل ۸- مقایسه عملکرد مشاهده شده گندم در شهرستان های تربت حیدریه، مشهد و نیشابور و عملکرد پتانسیل پیش‌بینی شده به وسیله ۵ روش شامل مدل SUCROS مدل LINTUL، روش فائو (RUE)، روش فائو تغییریافته (FAO) خطوط توپر و منقطع به ترتیب خط رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی و خط ۱:۱ می‌باشند.

Figure 8- Comparison of observed wheat yields in Torbat, Mashhad and Neishabor cities with predicted potential yield using 5 methods: SUCROS model, LINTUL model, RUE method, FAO method and FAO modified (FAO-M) method. Regression (solid) and 1:1 (broken) lines are also shown.

بود و کمترین مقدار این شاخص در پیش‌بینی‌های مدل‌های شبیه‌سازی به دست آمد (جدول ۳). کارآیی مدل‌سازی (ME) نیز بین سه روش ساده تحت بررسی قابل قبول و بین ۰/۵۴ تا ۰/۶۰ قرار داشت. به علاوه شبیه‌سازی رگرسیون بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده چندرقند در هیچ‌یک از روش‌ها تفاوت معنی‌داری با شبیه خط ۱:۱ نداشت و ضریب تبیین (R^2) خط رگرسیون نیز بین ۰/۶۰ تا ۰/۷۸ به دست آمد (جدول ۳).

همان‌گونه که انتظار می‌رفت مدل‌های شبیه‌سازی واسنجی شده توانایی بسیار بالایی در پیش‌بینی عملکرد پتانسیل دو محصول تحت بررسی داشتند. در عین حال برآوردهای حاصل از سه روش ساده به ویژه روش‌های RUE و FAO نیز بر اساس شاخص‌های آماری

پیش‌بینی عملکرد چندرقند: میانگین مشاهده شده عملکرد چندرقند ۰/۸۲ تا در هکتار بود و مقادیر عملکرد بالقوه توسط ۵ روش تحت بررسی بین ۰/۹۱ تا ۰/۸۴ تن در هکتار پیش‌بینی شد. نتایج تعیین اعتبار (شکل ۹) نشان می‌دهد که روش‌های ساده مورد استفاده در این مطالعه در مقایسه با مدل‌های شبیه‌سازی عملکرد بالقوه چندرقند را با دقت خوبی برآورد کردند. میزان اریبی در هیچ‌یک از روش‌های تحت بررسی از ۰/۹۱ تن در هکتار تجاوز نکرد (جدول ۳) و در نتیجه حداقل مقدار مطلق خط^۱ (نسبت اریبی به میانگین مشاهدات) ۰/۲۳ درصد بود. بالاترین مقادیر RMSE_{۱۰} معادل ۰/۱۱ و FAO-M ۰/۱۰ درصد به ترتیب مربوط به پیش‌بینی روش FAO و FAO-M

۱- Absolute error

به داده‌های روزانه نیار دارند. نان هبل (Nonhebel, 1994) و سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2004) نشان دادند که اجرای مدل‌های شبیه‌سازی بر اساس داده‌های ماهانه باعث خواهد شد که این مدل‌ها عملکرد را بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده پیش‌بینی کنند.

قابل قبول بود. البته ارزیابی آماری نتایج حاکی از آن بود که روش‌های ساده محاسباتی نیز از قابلیت خوبی برای پیش‌بینی عملکرد پتانسیل برخوردارند. باید توجه داشت که روش‌های ساده مورد استفاده در این مطالعه تولید ماده خشک را بر اساس میانگین ماهانه داده‌های هواشناسی برآورد می‌کنند در حالی که مدل‌های شبیه‌سازی برای تخمین عملکرد

جدول ۲- شاخص‌های آماری جهت مقایسه ۵ روش استفاده شده برای برآورد عملکرد گندم در شرایط پتانسیل، O میانگین مشاهدات، P میانگین پیش‌بینی‌ها، MB میانگین اریبی، RMSE جذر میانگین مربعات خطأ، RMSE_n جذر میانگین مربعات خطأ نسبت به میانگین مشاهدات و ME کارآیی مدل‌سازی می‌باشند. a و b به ترتیب عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده و R² ضریب تبیین معادله است.

Table 2- Statistical measures for comparison between 5 methods used for estimation of potential wheat yield, mean observed yields (O), mean predicted yields (P), MB mean bias, RMSE root mean square error, RMSE_n ratio of root mean square error to mean-O, ME modeling efficiency. a, b show intercept and slope of the regression line between observed and predicted yields and R² is the coefficient of determination.

	LINTUL	SUCROS	RUE	FAO	FAO-M
Mean-O (t ha ⁻¹)	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18
Mean-P (t ha ⁻¹)	7.26	7.30	7.29	7.27	7.33
MB (t ha ⁻¹)	-0.08	-0.12	-0.12	-0.09	-0.16
RMSE (t ha ⁻¹)	0.19	0.25	0.28	0.31	0.37
RMSE _n (%)	2.72	3.49	3.91	4.39	5.15
ME	0.85	0.76	0.70	0.62	0.47
a	0.49	0.57	1.41	0.24	0.6
b	0.94	0.93	0.81	0.97	0.93
R ²	0.88	0.82	0.75	0.73	0.67

مقادیر a و b در هیچ‌یک از روش‌ها تفاوت معنی‌داری با عرض از مبدأ و شیب خط ۱:۱ (Y=X) ندارد (P<0.05).

In all methods the values of a and b are not significantly different from the intercept (a=0) or slope (b=1) of the 1:1 line (P<0.05).

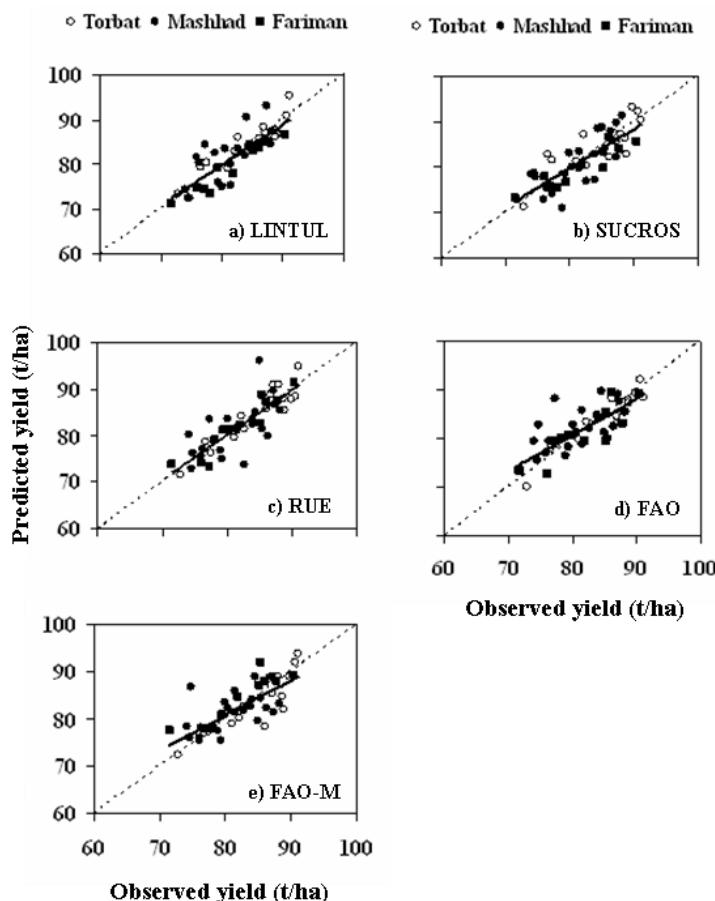
جدول ۳- شاخص‌های آماری جهت مقایسه ۵ روش استفاده شده برای برآورد عملکرد چغندرقند در شرایط پتانسیل، O میانگین مشاهدات، P میانگین پیش‌بینی‌ها، MB میانگین اریبی، RMSE جذر میانگین مربعات خطأ، RMSE_n جذر میانگین مربعات خطأ نسبت به میانگین مشاهدات و ME کارآیی مدل‌سازی می‌باشند. a و b به ترتیب عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده و R² ضریب تبیین معادله است.

Table 4- Statistical measures for comparison between 5 methods used for estimation of potential sugar beet yield, mean observed yields (O), mean predicted yields (P), MB mean bias, RMSE root mean square error, RMSE_n ratio of root mean square error to mean-O, ME modeling efficiency. a, b show intercept and slope of the regression line between observed and predicted yields and R² is the coefficient of determination.

	LINTUL	SUCROS	RUE	FAO	FAO-M
Mean-O (t ha ⁻¹)	82.50	82.50	82.50	82.50	82.50
Mean-P (t ha ⁻¹)	82.09	81.91	82.50	82.56	82.55
MB (t ha ⁻¹)	0.40	0.59	-0.01	-0.06	-0.05
RMSE (t ha ⁻¹)	3.14	3.43	3.28	3.29	3.54
RMSE _n (%)	3.80	4.16	3.98	3.99	4.29
ME	0.64	0.57	0.60	0.60	0.54
a	7.25	10.97	3.59	20.89	20.77
b	0.91	0.86	0.95	0.74	0.75
R ²	0.7	0.64	0.69	0.62	0.58

مقادیر a و b در هیچ‌یک از روش‌ها تفاوت معنی‌داری با عرض از مبدأ و شیب خط ۱:۱ (Y=X) ندارد (P<0.05).

In all methods the values of a and b are not significantly different from the intercept (a=0) or slope (b=1) of the 1:1 line (P<0.05).

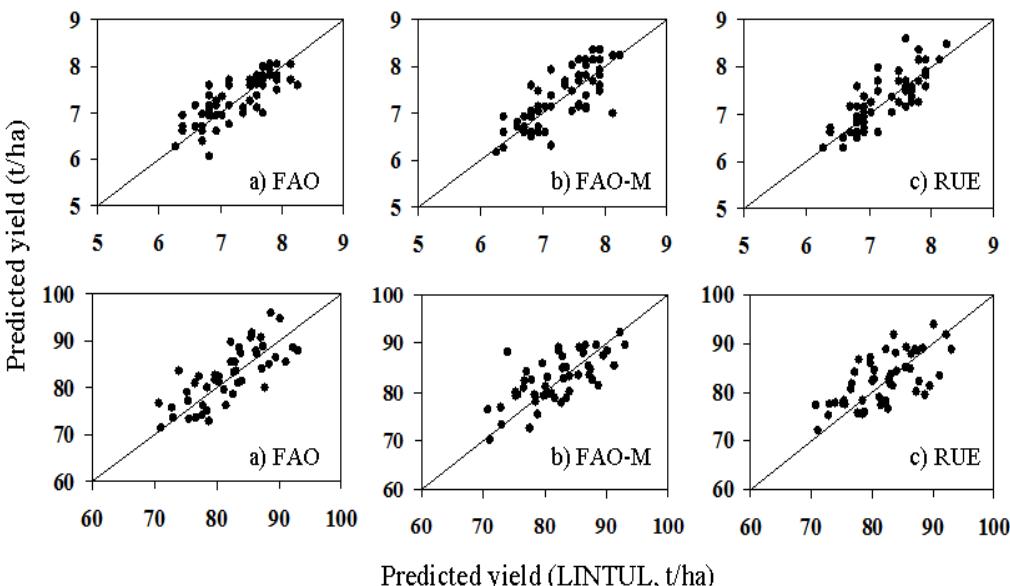


شکل ۹- مقایسه عملکرد مشاهده شده چغندر قند در شهرستان های تربت حیدریه، مشهد و نیشابور و عملکرد پتانسیل پیش بینی شده به وسیله ۵ روش شامل مدل SUCROS، مدل LINTUL (RUE)، روش فائو (FAO)، روش فائو تغییر یافته (FAO-M) خطوط توپر و منقطع به ترتیب خط رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی و خط ۱:۱ می باشند.

Figure 9- Comparison of observed sugar beet yields in Torbat, Mashhad and Neishabor cities with predicted potential yield using 5 methods: SUCROS model, LINTUL model, RUE method, FAO method and FAO modified (FAO-M) method. Regression (solid) and 1:1 (broken) lines are also shown.

با وجودی که شبیه سازی تولید در شرایط پتانسیل در مقایسه با شرایط محدودیت آب یا نیتروژن ساده به نظر می رسد ولی مشکلات عمده ای در این مسیر وجود دارد (Goudriaan, 1996). پیچیدگی مدل های شبیه سازی را می توان بر اساس تعداد پارامتر های موجود در آنها ارزیابی کرد زیرا مدل ها از این نظر بسیار متنوع بوده و در نتیجه داده های ورودی مورد نیاز برای اجرای آنها نیز بسته به مدل متفاوت خواهد بود. انتظار عمومی براین است که مدل های پیچیده تر به دلیل پرداختن به جزئیات مربوط به فرآیندهای رشد و نمو از دقت بیشتری برخوردار باشند ولی در عمل معمولاً مدل های ساده عملکرد را به مراتب دقیق تر از مدل های پیچیده برآورد می کنند (Jamieson *et al.*, 1998; Brooks and Tobias, 1996; Brooks and Tobias, 1999). خودریان (Goudriaan, 1996) با استفاده از داده های آب و هوایی مشابه قابلیت ۱۲ مدل را در پیش بینی عملکرد پتانسیل گندم در محیط های مختلف مورد ارزیابی قرار داد.

از سوی دیگر پیش بینی مدل های شبیه سازی بر مبنای میانگین های ماهانه داده های هواشناسی در بسیاری از مطالعات در مقیاس منطقه ای، ملی و حتی جهانی قابل قبول بوده است (van Bussel *et al.*, 2011; Deryng *et al.*, 2011; Neumann *et al.*, 2010). بروکس و همکاران (Brooks *et al.*, 2001) نوع خلاصه شده ای از مدل Sirius را برای شبیه سازی عملکرد گندم در شرایط پتانسیل ارائه کردند که ماده خشک نهایی را با استفاده از میانگین ماهانه درجه حرارت و تشعشع خورشیدی بر مبنای دو معادله پیش بینی می کند و نتایج حاصل از این مدل ساده با مدل کامل Sirius قابل مقایسه است. البته فان فارت و همکاران (van Wart *et al.*, 2013) بیان داشتند که میانگین های ماهانه، واریانس متغیرهای آب و هوایی در ماه های مختلف را نشان نداده و در نتیجه جهت پیش بینی عملکرد بدویژه در مقیاس های بزرگ از دقت کافی برخوردار نمی باشند.



شکل ۱۰- تعیین اعتبار عملکرد پیش‌بینی شده توسط روش‌های FAO، FAO-M و RUE در مقابل عملکرد پیش‌بینی شده گندم (a، b و c) و چغندرقند (d، e و f) توسط مدل شبیه‌سازی LINTUL. در شکل عملکردهای مربوط به سه منطقه تحت بررسی تفکیک نشده‌اند.

Figure 10- Cross validation of the predicted yield of wheat (a, b and c) and sugar beet (d, e, and f) by using FAO, FAO-M and RUE methods against predicted yield using LINTUL simulation model, data from 3 regions are not separated.

ضریب همبستگی بین نتایج مدل با روش‌های FAO (شکل 10)، FAO-M (شکل 10) و RUE (شکل 10) (c) به ترتیب 0.80 ، 0.79 و 0.74 و در مورد چغندرقند (شکل‌های 10، d، e و f) به ترتیب 0.66 ، 0.68 و 0.76 بود که همگی به لحاظ آماری معنی‌دار هستند. این نتایج نشان می‌دهد که روش‌های ساده محاسباتی جایگزین مطمئنی برای مدل‌های پیچیده شبیه‌سازی جهت پیش‌بینی عملکرد پتانسیل می‌باشند.

با وجودی که مدل‌های خلاصه شده اغلب در پیش‌بینی عملکرد در مقیاس منطقه‌ای موفق عمل کرده‌اند ولی این تردید وجود دارد که ممکن است به دلیل ساده‌سازی، فرآیندهای مهمی از سیستم حذف شده باشند (Brooks and Tobias, 1996). تعیین اعتبار متقابل روشی رایج برای مقایسه یک مدل جدید با مدلی دیگر (مدل مرجع) است (Gommez, 2000) به این ترتیب با ارزیابی همبستگی بین نتایج مدل ساده شده و مدل مرجع (مدل پیچیده) می‌توان قابلیت مدل ساده شده را مورد آزمون قرار داد. بروکس و همکاران (Brooks et al., 2001) با استفاده از این روش قابلیت مدل خلاصه شده رشد گندم را با یک مدل کامل بر مبنای ضریب همبستگی بین پیش‌بینی دو مدل مورد مقایسه قرار دادند. البته باید توجه داشت که این روش کاربردهای دیگری نیز در پژوهش‌های مدل‌سازی دارد. برای مثال Efron, and (Efron, 1986) تعیین اعتبار متقابل به روش "حذف یک گروه"

نتایج نشان داد که عملکرد پیش‌بینی شده توسط مدل‌های بسیار پیچیده تا نسبتاً ساده به ترتیب در دامنه‌ای بین $4/2$ تا $12/5$ تن در هکتار قرار داشت در حالی که میانگین عملکرد اندازه‌گیری شده در حدود 12 تن در هکتار بود. وی نتیجه‌گیری کرد مدل‌های پیچیده‌ای که از نظر ساختاری برای شبیه‌سازی عملکرد در شرایط محدودیت آب و عناصر غذایی طراحی شده‌اند پیش‌بینی ضعیف‌تری از عملکرد پتانسیل به دست خواهند داد بنابراین استفاده از این مدل‌ها مستلزم واسنجی و تعیین اعتبار آنها بر اساس آزمایشات دقیق مزرعه‌ای می‌باشد.

تعیین اعتبار متقابل^۱

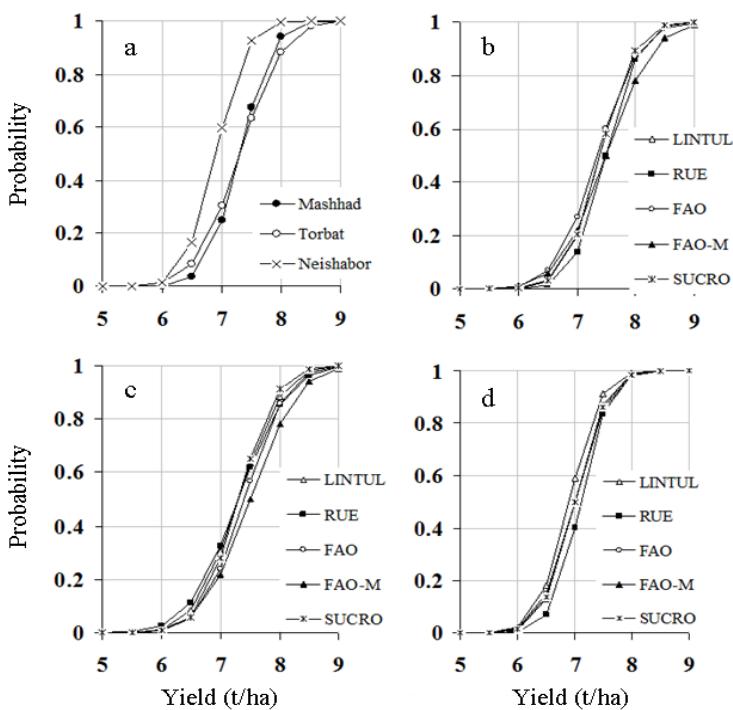
ارزیابی اعتبار مدل‌ها (شکل‌های ۸ و ۹) قابلیت آنها را در پیش‌بینی مقادیر اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد ولی در این نوع ارزیابی قدرت مدل‌ها به طور مستقیم با هم مقایسه نمی‌شود. تعیین اعتبار متقابل روش مطمئن‌تری برای مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله دو مدل مختلف است. در شکل ۱۰ نتایج پیش‌بینی عملکرد پتانسیل توسط مدل LINTUL با روش‌های ساده و برای گندم و چغندرقند مقایسه شده‌اند. پیش‌بینی روش‌های ساده از عملکرد هر دو محصول اनطباق قابل قبولی با مدل شبیه‌سازی داشت. در مورد گندم

مزارع پرمحصول و آزمایشات ایستگاهی به عنوان پتانسیل منطقه در نظر گرفته شوند، عملکرد پتانسیل در هر سه منطقه تحت بررسی بالاتر از ۷ تن در هکتار و با احتمال ۹۰ درصد در نیشابور، مشهد و تربت به ترتیب ۸/۲، ۷/۵ و ۷/۸ تن در هکتار می‌باشد (شکل a11). مدل‌های شبیه‌سازی و روش‌های ساده مورد استفاده در این تحقیق احتمالات مشابهی را برای عملکرد پتانسیل گندم در مناطق تحت بررسی پیش‌بینی کردند.

(Gong, 1983) برای واسنجی و تعیین اعشار مدل‌ها در شرایطی که تعداد داده‌های اندازه‌گیری شده اندک باشد بسیار مفید خواهد بود.

توزیع احتمال عملکرد

عملکرد گندم: بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده توزیع احتمالات عملکرد در مشهد و تربت تقریباً مشابه و با نیشابور متفاوت بود (شکل a11). چنانچه صدک‌های بالای عملکرد مشاهده شده در



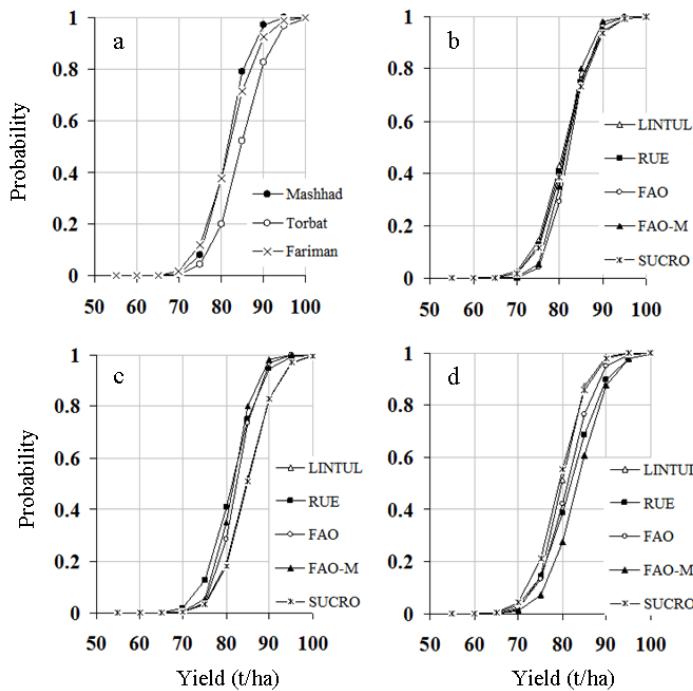
شکل ۱۱- احتمال تجمعی عملکردهای مشاهده شده گندم در سه منطقه تحت بررسی (a) و احتمال تجمعی عملکردهای پیش‌بینی شده به وسیله ۵ روش مختلف در تربت حیدریه (b)، مشهد (c) و نیشابور (d).

Figure 11- Cumulative probability of observed yields of wheat in 3 studied regions (a) and cumulative probability of predicted yields using 5 different methods for Torbat (b), Mashhad (c) and Neishabor (d).

داده‌های اندازه‌گیری شده در مشهد و فریمان مشابه بود و در تربت تا حدودی به سمت راست کشیده شد که نشان‌دهنده بالاتر بودن عملکرد در این منطقه می‌باشد (شکل a12). به این ترتیب بر اساس ۹۵ داده‌های اندازه‌گیری شده عملکرد پتانسیل چندرقند با احتمال ۹۵ درصد در تربت، مشهد و فریمان به ترتیب ۸۴، ۸۲ و ۹۲ تن در هکتار برآورد شد (شکل a12). مشابه گندم احتمالات عملکرد پتانسیل پیش‌بینی شده چندر توسط مدل‌های شبیه‌سازی و روش‌های ساده بیشتر از مشاهدات بود و با احتمال ۹۵ درصد برای تربت بین ۹۰ تا ۹۷ تن در هکتار (شکل b12) در مشهد بین ۸۵ تا ۹۰ تن در هکتار (شکل c12) و در فریمان ۸۷ تا ۹۲ تن در هکتار به دست آمد (شکل d12).

در تربت (شکل b11) عملکرد پتانسیل گندم با احتمال ۹۵ درصد بین ۸/۸ تا ۸/۵ تن در هکتار برآورد شد در حالی که این عملکرد برای مشهد (شکل c11) با احتمال ۹۵ درصد ۸/۱ تا ۸/۴ تن در هکتار و برای نیشابور (شکل a11) در همین سطح احتمال ۷/۶ تا ۷/۹ تن در هکتار به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که عملکرد پتانسیل پیش‌بینی شده برای مناطق تحت بررسی بین ۸/۰ تا ۹/۵ تن در هکتار بیشتر از حد اکثر عملکرد برآورد شده بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. به علاوه احتمالات به دست آمده برای عملکرد پتانسیل به وسیله روش‌های ساده محاسباتی انتطباق قابل قبولی با مدل‌های شبیه‌سازی دارد.

عملکرد چندرقند: توزیع احتمال عملکرد چندرقند بر اساس



شکل ۱۲- احتمال تجمعی عملکردهای مشاهده شده چغندرقند در سه منطقه تحت بررسی (a) و احتمال تجمعی عملکردهای پیش‌بینی شده به وسیله ۵ روش مختلف در تربت حیدریه (b)، مشهد (c) و فریمان (d)

Figure 11- Cumulative probability of observed yields of sugar beet in 3 studied regions (a) and cumulative probability of predicted yields using 5 different methods for Torbat (b), Mashhad (c) and Fariman (d).

باید توجه داشت که با بزرگ شدن مقیاس مطالعه عوامل مؤثر بر یک فرآیند مشخص تغییر خواهند کرد (Viglizzo *et al.*, 2004). برای مثال در مقیاس کرت آزمایشی تغییرات عوامل محیطی به دلیل کوچک بودن مقیاس انداز است و فرآیندی نظری تبخیر و تعرق علاوه بر متغیرهای آب و هوایی به وسیله خصوصیات گیاهی مانند عمق توسعه ریشه، هدایت روزنه‌ای و هدایت هیدرولیکی خاک کنترل می‌شود در حالی که همین فرآیند در مقیاس منطقه‌ای از خصوصیات Gardner, گیاهی مستقل بوده وتابع درجه حرارت و تشعشع است (Gardner, 1998). بر این اساس دقت مدل‌های شبیه‌سازی که برای پیش‌بینی عملکرد در مقیاس کوچک (کرت تا مزرعه) ساخته شده‌اند در گرو تعیین دقیق پارامترهای گیاهی تعریف شده در مدل است. بدیهی است که تعیین این پارامترها در مقیاس منطقه‌ای دشوار خواهد بود و در نتیجه دقت پیش‌بینی کاهش می‌یابد (De Wit *et al.*, 2005). بنابراین در انتخاب مدل مناسب برای پیش‌بینی عملکرد علاوه بر میزان دسترسی به داده‌ها مقیاس مطالعه نیز حائز اهمیت است (Kravchenko *et al.*, 2000; Batchelor *et al.*, 2002) در بررسی‌هایی که هدف آنها پیش‌بینی عملکرد پتانسیل در مقیاس بزرگ است بسیاری از خروجی‌های حاصل از اجرای مدل‌های پیچیده شبیه‌سازی بی‌استفاده می‌باشند لذا تحت این شرایط مدل‌های ساده‌ای

نتایج این پژوهش نشان داد که مدل‌های خلاصه شده از نظر قدرت پیش‌بینی، در تعیین اعتبار متقابل و در برآورد احتمالات عملکرد محصولات تحت بررسی در مقیاس منطقه‌ای در مقایسه با مدل‌های پیچیده رشد از دقت قابل قبولی برخوردارند و به نظر می‌رسد که این امر تا حد زیادی ناشی از مقیاس مطالعه است. Wit و همکاران (Wit *et al.*, 2005) با بررسی تأثیر مقیاس در قدرت پیش‌بینی مدل‌ها بیان داشتند که مدل‌های رشدی که برای شبیه‌سازی در مقیاس مزرعه ساخته می‌شوند عموماً در مقیاس منطقه‌ای و ملی دقت خوبی ندارند. این امر عمدتاً به دلیل زیاد بودن تعداد پارامترهای تعریف شده در این مدل‌هاست. برای مثال مدل‌های LINTUL و SUCROS که در تحقیق حاضر به کار رفته‌اند به ترتیب دارای ۱۱۴ و ۵۶ پارامتر گیاهی بوده و مدل WOFOST (Boogaard *et al.*, 1998) که بر پایه SUCROS ساخته شده بسته به گونه زراعی تا ۱۵۴ پارامتر گیاهی دارد. بدیهی است که تعیین این پارامترها در مرحله واسنجی مدل مستلزم دسترسی به داده‌های دقیق آزمایشی است و در غیر این صورت پیش‌بینی عملکرد از اعتبار کافی برخوردار نخواهد بود (Kropff *et al.*, 2001). یادآوری می‌شود که بالا بودن دقت پیش‌بینی مدل‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر به این دلیل است که مدل‌ها قبلاً بر اساس داده‌های آزمایشی واسنجی شده‌اند.

مناسبی محسوب می‌شود. در این تحقیق جزئیات مربوط به سه روش ساده محاسباتی که نوع خلاصه شده‌ای از مدل‌های رشد می‌باشند و به حداقل داده‌های آب و هوایی نیاز دارند جهت پیش‌بینی عملکرد پتانسیل گندم و چندر قند ارائه شد و نتایج پیش‌بینی آنها در سه منطقه از استان خراسان با دو مدل پیچیده شبیه‌سازی که قبل و استنجی شده بودند مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس یافته‌های این تحقیق روش‌های ساده به لحاظ آماری قابلیت مطلوبی در پیش‌بینی عملکرد دو محصول در مناطق مختلف داشتند و بنابراین می‌توان از این مدل‌های ساده در شرایط عدم دسترسی به داده‌های کامل آب و هوایی و در اختیار نبودن پارامترهای لازم برای اجرای مدل‌های رشد به عنوان جایگزینی برای مدل‌های پیچیده شبیه‌سازی استفاده کرد.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهه مورخ ۱۳۸۷/۰۷/۳۰ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

که هدف مطالعه یعنی پیش‌بینی عملکرد را با دقت قابل قبولی تأمین کنند ارجحیت خواهند داشت (Brooks *et al.*, 2001; Brooks and Tobias, 1999).

نتیجه‌گیری

برآورد عملکرد پتانسیل محصولات زراعی در مطالعات مربوط به پهنه‌بندی اگرواکلوزیکی و تجزیه و تحلیل خلاه عملکرد ضروری است و محققین روش‌های مختلفی را برای این منظور ارائه کرده‌اند که استفاده از عملکرد اندازه‌گیری شده در آزمایشات کنترل شده ایستگاهی، عملکرد مزارع پرمحصول و عملکرد پیش‌بینی شده به‌وسیله مدل‌های شبیه‌سازی از مهمترین این روش‌ها می‌باشند. باوجودی که نتایج مدل‌های شبیه‌سازی از دقت بالایی برخوردار است ولی به کارگیری آنها مستلزم واستنجی دقیق مدل بر اساس داده‌های آزمایشی و دسترسی به داده‌های آب و هوایی روزانه است و در غیر این صورت پیش‌بینی مدل‌ها از دقت کافی برخوردار نخواهد بود و به همین دلیل در چنین شرایطی استفاده از مدل‌های ساده شده گزینه

References

- Batchelor, W. D., Basso, B., and Paz, J. O. 2002. Examples of strategies to analyze spatial and temporal yield variability using crop models. European Journal of Agronomy 18: 141-158.
- Bell, M. A., and Fischer, R. A. 1994. Using yield prediction models to assess yield gains: a case study for wheat. Field Crops Research 36: 161-166.
- Bhatia, V. S., Singh, P., Wani, S. P, Chauhan, G. S., Kesava Rao, A. V. R., Mishra, A. K., and Srinivas, K. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rain fed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. Agricultural and Forest Meteorology 148: 1252-1265.
- Boogaard, H. L., Van Diepen, C. A., Rouitter, R. P., Cabrera, J. C. M. A., and Van Laar, H. H. 1998. WOFOST 7.1 User guidefor the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 5.1. Techn. Doc. 52, Alterra, WUR, Wageningen, The Netherlands, pp. 144.
- Boote, K. J., Jones, J. W., and Pickering, N. G. 1996. Potential uses and limitations of crop models. Agronomy Journal 88: 704-716.
- Brooks, R. J., Semenov, M. A., and Jamieson, P. D. 2001. Simplifying Sirius: sensitivity analysis and development of a meta-model for wheat yield prediction. European Journal of Agronomy 14: 43-60.
- Brooks, R. J., and Tobias, A. M. 1996. Choosing the best model: Level of detail, complexity and model performance. Mathematical and Computer Modeling 24 (4): 1-14.
- Brooks, R. J., and Tobias, A. M. 1999. Methods and benefits of simplification in simulation. In: Al-Dabass, D., Cheng, R.C.H. (Eds.), UK Sim 99 Fourth National Conference of the U.K. Simulation Society, 7-9 April 1999. UK Simulation Society, St Catharines College, Cambridge, pp. 88-92.
- Caldiz, D. O., Haverkort, A. J., and Struik, P. C. 2002. Analysis of a complex crop production system in interdependent agro-ecological zones: a methodological approach for potatoes in Argentina. Agricultural Systems 73: 297-311.
- Cassman, K. G., Dobermann, A., Walters, D. T., and Yang, H. S. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. Annual Review of Environmental Resources 28: 315-358.
- Deryng, D., Sacks, W. J., Barford, C. C., and Ramankutty, N. 2011. Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. Global Biogeochemical Cycling, 25: 18.
- De Wit, A. J. W., Boogaard, H. L., and van Diepen, C. A. 2005. Spatial resolution of precipitation and radiation: the effect on regional crop yield forecasts. Agricultural and Forest Meteorology 135: 156-168.
- Efron, B., and Gong, G. 1983. A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and cross-validation. The American Statistician 37 (1): 36-48.
- FAO, 1978. Report on the Agro ecological Zones Project. Vol. 1.Methodology and results for Africa. World Soil Resources Report 48/1. FAO, Rome, 158pp.

15. FAO, 1981. Report on the Agro ecological Zones Project. Vol. 3. Methodology and results for South and Central America. World Soil Resources Report 48/3. FAO, Rome, 251 pp.
16. Gardner, R. H. 1998. Pattern, process and analysis of spatial scales. In: Peterson, D.L., Parker, V.T. (eds.). Ecological Scale: Theory and applications. Columbia State University Press, New York.
17. Gommez, R. 2000. Crop-yield weather modeling. FAO-WMO Roving Seminar, Lecture notes and exercises, FAO, Rome.
18. Goudriaan, J., and van Laar, H. H. 1993. Modeling Crop Growth Processes. Kluwer Academic Press, The Netherlands.
19. Goudriaan, J. 1996. Predicting crop yields under global change. In: Walker, B.H., Steffen, W.L. (Eds.), Global Change and Terrestrial Ecosystems. International Geosphere-Biosphere Programme Book Series 2.CambridgeUniversity Press, Cambridge, UK, pp. 260-274.
20. Hoogenboom, G. 2000. Contribution of agro meteorology to the simulation of crop production and its applications. Agricultural and Forest Meteorology 103: 137-157.
21. Jagtap, S. S., and Jones, J. W. 2002. Adaptation and evaluation of the CROPGRO-soybean model to predict regional yield and production. Agriculture Ecosystems and Environment 93: 73-85.
22. Jamieson, P. D., Porter, J. R., and Wilson, D. R. 1991. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Fields Crops Research 27: 337-350.
23. Jamieson, P. D., Porter, J. R., Goudriaan, J., Ritchie, J. T., Keulen, H., and van Stol, W. 1998. A comparison of the models AFRCWHEAT2, CERES-Wheat, Sirius, SUCROS2 and SWHEAT with measurements from wheat grown under drought. Field Crops Research 55: 23-44.
24. Kravchenko, A. N., and Bullock, D. G. 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil. Agronomy Journal, 92: 73-85.
25. Kiniry, J. R., Bean, B., Xie, Y., and Chen, P. 2004. Maize yield potential: critical processes and simulation modeling in a high-yielding environment. Agricultural Systems 82: 45-56.
26. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Soltani, A., Sharifi, H., and Ghorbani, R. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. Climate Research 30: 247-253.
27. Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2016. Effects of climate change on agricultural production of Iran: II. Predicting productivity of field crops and adaptation strategies. Iranian Journal of Field Crops Research 14: 1-20. (in Persian with English abstract).
28. Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. Impacts of climate change and CO₂ concentration on wheat yield in Iran and adaptation strategies. Iranian Journal of Field Crops Research 6 (1): 139-153. (in Persian with English abstract).
29. Kropff, M. J. Bouma, J., and Jones, J. W. 2001. Systems approaches for the design of sustainable agro-ecosystems. Agricultural Systems 70: 369-393.
30. Licker, R., Johnston, M., Foley, J. A., Barford, C., Kucharik, C. J., Monfreda, C., and Ramankutty, N. 2010. Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the 'yield gap' of croplands around the world? Global Ecological Biogeography 19: 769-782.
31. Loague, K., and Green, R. E. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. Journal Contaminant Hydrology 7: 51-73.
32. Lobell, D. B., Cassman, K. G., and Field, C. B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annual Review of Environmental Resources 34: 179-204.
33. Mondani, F. 2012. Simulating the effect of climate change on wild oat and sunn pest damage on wheat under Mashhad weather conditions. PhD thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
34. Muchow, R. C., and Kropff, M. J. 1997. Assessing the potential yield of tropical crops: role of field experimentation and simulation. In: Kropff, M. J., Teng, P. S., Aggarwal, P. K., Bouma, J., Bouman, B. A. M., Jones, J. W., Van Laar, H.H. (Eds.), Applications of Systems Approaches at the Field Level. Vol. 2. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 101-112.
35. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Jahan, M. 2011 .Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (6): 878-890. (in Persian with English abstract).
36. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. Kamali, G. A., and Shahandeh, H. 2006. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. Archives in Agronomy and Soil Science 52: 113-124.
37. Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2017.Trend analysis of nitrogen use and productivity in cereal production systems of Iran. Journal of Agroecology 9: 360-378. (in Persian with English abstract).
38. Neumann, K., Verberg, P. H., Stehfest, E., and Muller, C. 2010. The yield gap of global grain production: a spatial analysis. Agricultural Systems 103: 316-326.
39. Nonhebel, S. 1997. Harvesting the sun's energy using agro ecosystems. DLO Research Institute for Agrobiology and Soil Fertility, Wageningen, the Netherlands. 96 pp.
40. Nonhebel, S. 1994. The effects of use of average instead of daily weather data in crop growth simulation-models.

Agricultural Systems 44: 377-396.

41. O'Connell, M. G., O'Leary, G. J., Whitfield, D. M., and Connor, D. J. 2004. Interception of photo synthetically active radiation and radiation use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. Field Crops Research 85: 111-124.
42. Parsa, S. 2008. Modeling spatial and temporal variation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield in Khorasan province. PhD thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
43. Priya, S., and Shibasaki, R. 2001. National spatial crop yield simulation using GIS-based crop production model. Ecological Modeling 135: 113-129.
44. Richter, G. M., Jaggard, K. W., and Mitchell, R. A. C. 2001. Modeling radiation interception and radiation use efficiency for sugar beet under variable climatic stress. Agricultural and Forest Meteorology 109: 13-25
45. Soltani, A., Khooie, F. R., Ghassemi-Golezani, K., and Moghaddam, M. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. Agricultural Water Management 49: 225-237.
46. Soltani, A., Meinke, H., De Voil, P. 2004. Assessing linear interpolation to generate daily radiation and temperature data for use in crop simulations. European Journal of Agronomy 21: 133-148.
47. Stehfest, E., Heistermann, M., Priess, J. A., Ojima, D. S., and Alcamo, J. 2007. Simulation of global crop production with the ecosystem model Day Cent. Ecological Modeling 204: 345-361.
48. van Bussel, L. G. J., Müller, C., Van Keulen, H., Ewert, F., and Leffelaar, P. A. 2011. The effect of temporal aggregation of weather input data on crop growth models' results. Agricultural and Forest Meteorology 151: 607-619.
49. van Delden, A. 2001. Yielding ability and weed suppression of potato and wheat under organic nitrogen management. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands, ISBN 90 5808 519_8, pp. 197.
50. van Ittersum, M. K., Cassman, K. G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research 143: 4-17.
51. van Ittersum, M. K., Leffelaar, P. A., van Keulen, H., Kropff, M. J., Bastiaans, L., and Goudriaan, J. 2003. On approaches and applications of the Wageningen crop models. European Journal of Agronomy 18: 201-234.
52. van Laar, H. H., Goudriaan, J., and Van Keulen, H. 1997. SUCROS97: Simulation of crop growth for potential and water-limited production situations. C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology and Resource Conservation, Wageningen, The Netherlands, pp. 52.
53. van Wart, J., Kersebaum, Ch., Peng, Sh., Milner, M., and Cassman, K. G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Research 143: 34-43.
54. Viglizzo, E. F., Podomingo, A. J., Castro, M. G., Lertora, F. A., and Bernardos, J. N. 2004. Scale-dependent controls on ecological functions in agroecosystems of Argentina. Agriculture, Ecosystem and Environment 101: 39-51.
55. Versteeg, M. N., and van Keulen, H. 1986. Potential crop production prediction by some simple calculation methods, as compared with computer simulations. Agricultural Systems 19: 249-272.
56. Wilmot, C. J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin of American Meteorological Society 64: 1309-1313.
57. Wit, A. J. W., Boogaard, H. L., and Diepen, C. A. 2005. Spatial resolution of precipitation and radiation: the effect on regional crop yield forecasts. Agricultural and Forest Meteorology 135: 156-168.



Yield Monitoring for Wheat and Sugar beet in Khorasan Province: 1- Analysis of Methods for Estimating Potential Yield

M. Nassiri Mahalati^{1*} - A. Koocheki¹

Received: 12-02-2017

Accepted: 10-06-2018

Introduction

Potential production condition is defined as situation where water and nutrients are supplied in ample with no damage from weeds, pests and diseases. Under this situation potential yield (Y_p) which is defined by solar radiation, temperature, CO_2 concentration and genotypic characteristics of the crop species could be achieved. Closing the gap between Y_p and actual yield (Y_a) harvested by farmers is considered as the main challenge of agronomic sciences all around the world. Crop simulation models provide a powerful tool for prediction of Y_p at regional and national scales. However, the accuracy of these models is highly dependent on the quality of input data which are usually not fully available even in developed countries. Simplified models designed based on few simple equations may be considered as an alternative where accurate data sets are lacking. In this research, Y_p of wheat and sugar beet were estimated using some simple methods and the results were compared with those of complex simulation models under the same climatic and management conditions in Khorasan province, north east of Iran.

Materials and Methods

Potential yields of wheat and sugar beet were estimated by three simple calculation methods including FAO method (FAO, 1981), modified FAO, FAO-M (Versteeg and van Keulen, 1986) and RUE-based method (Nonhebel, 1997) at three different regions (Torbat, Mashhad and Neishabor) in Khorasan province. In these methods total above ground dry matter (DM) is calculated using two equations and Y_p is estimated as the product of DM and harvest index with minimum weather data requirements. In addition, Y_p for both crops and at the same locations was predicted using LINTUL and SUCROS simulation models which were previously calibrated for yield estimation of wheat and sugar beet at regional level. The accuracy of predicted potential yields by five methods was compared statistically against the measured yields obtained from the field experiments and high yielding farms at the studied regions.

Results and Discussion

Mean observed yield of wheat over the three studied regions was 7.18 t ha^{-1} and the estimated potential yield in the same regions using two simulation models and three simplified models was ranged between 6.92 and 7.63 t ha^{-1} . Prediction error for the simulation models was 1.39 and for simple methods less than 5% (4.64%). Relative root mean squared error (RMSE_n) for the simple methods was higher than that of complex models. However, it was between 7.11 and 10.16% of the mean measured wheat yield which could be statistically considered as reasonable. Calculated values of modeling efficiency (ME) were positive and higher than 0.60 except for FAO-M method ($ME=0.48$). Measured sugar beet yield averaged over regions was 82.5 t ha^{-1} and estimated potential yield by different methods was between 89 and 91 t ha^{-1} . Simple calculation methods had lower accuracy in predicting sugar beet yield compared to simulation models but RMSE_n of simple methods never exceeded 11.5% showing statistically acceptable prediction. Cross validation indicated significant correlation between the results of three simple methods and that of complex simulation models.

Conclusions

Results of this study showed that potential yields of different crops can be estimated accurately using simple calculation methods with minimum weather data requirements. Such methods may be used as an alternative for agroecological zoning and yield gap analysis at regional level where calibrated simulation models and complete daily weather data sets are not available.

Keywords: Modeling efficiency, Simulation models, Summary models, Yield prediction

1- Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: mnassiri@um.ac.ir)



تأثیر تنش شوری بر دستگاه فتوستنتزی کوشیا (*Bassia scoparia*) در شرایط مزرعه

جعفر نباتی^{۱*}- محمد کافی^۲- الهه برومند رضازاده^۳- علی معصومی^۴- محمد زارع مهرجردی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰

چکیده

تنش شوری سبب ایجاد تغییرات وسیعی در فرآیندهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاهان می‌گردد. فتوستنتزیکی از فرآیندهای فیزیولوژیکی بنیادی و پیچیده است که می‌تواند تحت تأثیر تنش شوری قرار گیرد. میزان و نوع تأثیر بسته به گونه و ژنوتیپ گیاه و درجه شوری متفاوت است. به منظور بررسی اثر شوری بر ویژگی‌های فتوستنتزی گیاه کوشیا، آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده با سه سطح شوری ۱۰/۵، ۵/۲ و ۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان عامل اصلی و سه توده کوشیا (بیرجند، بروجرد و سبزوار) به عنوان عامل فرعی و هفت زمان اندازه‌گیری به عنوان عامل فرعی فراغی در قالب طرح بلوك کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که در تمام تیمارها تحت تأثیر گذر زمان میزان فتوستنتز، تبخیر و تعرق، هدایت روزنامه‌ای و مقدار نسبی کلروفیل کاهش و میزان دی‌اکسید کربن اتابک کاهش فتوستنتز را در طول زمان اعمال تنش شوری نشان دادند. مصرف آب افزایش یافت. توده‌های بیرجند و بروجرد به ترتیب بیشترین و کمترین شبکه فتوستنتز را در این حالت نشان دادند. افزایش شدت شوری اگرچه در مجموع باعث کاهش معنی‌دار فتوستنتز، تبخیر و تعرق و هدایت روزنامه‌ای شد، با این حال تأثیر معنی‌داری روی میزان رنگدانه‌های فتوستنتزی، مقدار نسبی کلروفیل و عملکرد کواتنومی فتوسیستم II نداشت. در هشت‌مین هفته پس از اعمال تنش شوری، میزان فتوستنتز و تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده در تیمارهای شوری و توده‌ها تقریباً برابر بود. این نتایج نشان داد که اثر زمان بر سامانه فتوستنتزی گیاه کوشیا نسبت به تیمارهای شوری اعمال شده بیشتر بود. به نظر می‌رسد با گذر زمان و افزایش زیست‌توده گیاه، به واسطه افزایش تبخیر و تعرق، نیاز برای تأمین آب افزایش می‌یابد؛ که گیاه کوشیا با کاهش محتوی نسبی کلروفیل، با وجود محدودیت آب و کاهش هدایت روزنامه‌ای، ضمن افزایش دی‌اکسید کربن اتابک زیر روزنامه و تأمین دی‌اکسید کربن مورد نیاز فتوستنتز، مقدار کارایی مصرف آب و عملکرد کواتنومی فتوسیستم II را افزایش می‌دهد. به علاوه به نظر می‌رسد که به دلیل ساختار متراکم زیست‌توده کوشیا، کاهش محتوی نسبی کلروفیل می‌تواند نقش مؤثری در نفوذ نور به لایه‌های پایین سطح سبز و افزایش راندمان فتوستنتزی در این لایه‌ها داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، عملکرد کواتنومی

منابع آبی سبب کاهش کمی و کیفی منابع آب و شور شدن آب این مناطق شده و در نهایت رشد گیاهان به ویژه گیاهان زراعی را با مشکل روبه روی کند. شوری بیش از ۱۰ درصد از اراضی زمین‌های زراعی را تحت تأثیر خود قرار داده و در مقیاس جهانی به سرعت در حال گسترش است. همچنین تنش شوری از جمله عوامل محیطی تعیین‌کننده باروری گیاهان و توزیع آن‌ها است و بیش از ۵۰ درصد از عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد (Bray *et al.* 2000). با وجود اینکه رشد گیاه توسط فرآیندهای چندگانه فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی کنترل می‌شود، فتوستنتزیک رخداد کلیدی است که به طور اساسی در رشد و نمو گیاه نقش دارد. در فرآیند فتوستنتز، دو رویداد اجباری رخ می‌دهد: واکنش‌های فتوشیمیایی، که در آن انرژی نورانی به ATP و NADPH تبدیل و اکسیژن آزاد می‌شود و واکنش‌های بیوشیمیایی، که در آن دی‌اکسید کربن

مقدمه

بوم نظام‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای خصوصیات منحصر به فردی نظیر نزولات جوئی کم، دمای بالا، تبخیر زیاد و رطوبت نسبی پایین می‌باشند. این شرایط به همراه مصرف بیش از حد

- ۱- عضو هیأت علمی و استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۲- عضو هیأت علمی و استاد دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۳- دانش‌آموخته دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۴- عضو هیأت علمی و استادیار دانشگاه پیام نور
- ۵- عضو هیأت علمی و استادیار مجتمع آموزش عالی شیروان (Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)
- نوبنده مسئول: DOI: 10.22067/gsc.v16i4.62845

- گونه هالوفیت در شرایط شور-قلیایی، جوانه‌زنی عادی نشان داده و توانایی آن در جوانه‌زنی، رشد و سبز شدن سریع معمولاً به استقرار این گیاه در بسترها بذر کم‌عمق و شور کمک می‌نماید (Jami Al Ahmadi and Kafi, 2008). کوشیا سازگار با خاک‌های شور است و افزایش نمک تا ۵۰ و ۸۵ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم ماده خشک هیچ علامتی مبنی بر خسارت شوری ایجاد نمی‌کند و لذا گیاه در این مناطق رشد مناسبی دارد (Edwing and Dobrowolski, 1992). در آزمایشی افزایش شوری خاک تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر پس از ۱۱ هفته آبیاری با آب شور، هیچ اثر منفی بر رشد بوته‌های کوشیا ایجاد نکرد (Salehi *et al.*, 2009).

با این وجود مطالب زیادی در ارتباط با واکنش سیستم فتوستنتزی این گیاه به شوری گزارش نشده است. این مطالعه با هدف بررسی روند اثر شوری در طی زمان بر سیستم فتوستنتزی کوشیا به عنوان یک گیاه متحمل به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال زراعی ۱۳۸۶-۸۷ در ایستگاه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان ویژه، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی در قالب آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سه سطح شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۵/۲ و ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر (تهیه شده از چاه‌های واقع در این منطقه) به عنوان کرت‌های اصلی و سه توده کوشیا شامل توده‌های محلی بیرون، بروجرد و سبزوار به عنوان کرت‌های فرعی و هفت زمان اندازه‌گیری به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از کاشت با نمونه‌برداری از خاک، خصوصیات شیمیایی خاک ثبت شد (جدول ۱).

ابعاد هر کرت فرعی ۶×۲/۵ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت در اول خداداده صورت گرفت و تا استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری با آب $5/2\text{dS.m}^{-1}$ انجام شد. عملیات داشت شامل وجین و کوددهی نیتروژن با منشا اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (در دو نوبت) انجام گرفت و تراکم نهایی به ۳۰ بوته در مترمربع رسانده شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها (۳۰ روز بعد از کاشت) تیمارهای آبیاری با آب $10/5$ و $23/1\text{dS.m}^{-1}$ اعمال گردید. آبیاری به صورت هفتگی انجام و میزان آب مصرفی در هر دور آبیاری ۳۰ لیتر در مترمربع بود که میزان آن توسط کنتور اندازه‌گیری شد.

به واسطه انرژی واکنش‌های روشنایی به کربوهیدرات‌ها احیاء می‌شود (Taiz and Zeiger, 2010). کلروپلاست یک مکان کلیدی برای فتوستنتز است که هر دو دسته واکنش‌های فتوشیمیایی و بیوشیمیایی فتوستنتز در آن انجام می‌گیرد. با این وجود، این اندامک بسیار حساس به تنفس‌های محیطی از جمله شوری بوده و نقش مهمی در تعدیل اثر تنفس‌ها دارد (Saravanavel *et al.*, 2011). شوری زیاد، فتوستنتز را به واسطه کاهش هدایت روزنده‌ای، اسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن و سرعت فعالیت فتوسیستم II کاهش می‌دهد. کاهش فتوستنتز احتماً متعاقب بسته شدن روزنده‌ها و یا ممانعت کننده‌های فتوستنتز غیر روزنده‌ای رخ می‌دهد. مطالعات پیشین حاکی از کاهش غلظت کلروفیل، هدایت روزنده‌ای، میزان تبخیر و تعرق و ممانعت از رشد گیاه در نتیجه تنفس شوری است (Zhang and Deng, 2012).

تنظیم هدایت روزنده‌ای برگ یکی از فرآیندهای اصلی در جلوگیری از خروج آب و دریافت دی‌اکسیدکربن است (Medici *et al.*, 2007). بسته شدن روزنده‌ها در اثر تنفس شوری و خشکی عمدتاً به دلیل کاهش تورژسانس برگ و فشار بخار اتمسفر با پیام‌های شیمیایی تولید شده از ریشه می‌باشد. بنابراین کاهش میزان فتوستنتز تحت تنفس‌های محیطی مانند شوری و خشکی که معمولاً با هم اتفاق می‌افتد، به طور معمول به جلوگیری از هدایت مزوپیلی و بسته شدن روزنده‌ها در تنفس ملایم و شدید مربوط می‌شود (Chaves *et al.*, 2009).

اثر شوری بر فتوستنتز به طور مستقیم به محدودیت‌های روزنده‌ای در فرآیند انتشار گازها که درنهایت فتوستنتز و متابولیسم مزوپیلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد برمی‌گردد. البته در تنفس شوری اثر تنفس اسمزی و یونی بر دستگاه فتوستنتزی و متابولیسم مورد انتظار است. با توجه به مطالعات پیشین، غشاء سلولی به تنفس شوری حساس است. غلظت بالای یون‌های مضر مانند سدیم و کلر که تحت تنفس شوری در کلروپلاست تجمع پیدا می‌کنند به غشاء تیلاکوئیدها خسارت وارد می‌کنند (Omoto *et al.*, 2010). در غلظت‌های بالای یون‌ها، انتقال الکترون و فسفورپلاسون نوری در غشاء تیلاکوئیدهای جدا شده، به سرعت متوقف می‌گردد (Mittal *et al.*, 2012). با توجه به مطالعه ذکر شده ملاحظه می‌شود که تنفس شوری موجب کاهش قابل توجه فتوستنتز از طریق محدودیت‌های روزنده‌ای و غیر روزنده‌ای می‌شود. بنابراین در صورتی که بتوان گیاهانی شناسایی کرد که کمتر تحت تأثیر تنفس شوری قرار گیرند می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و حتی اهلی‌سازی جهت کشت در مناطق شور استفاده کرد. در این رابطه کوشیا گیاهی است که می‌تواند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد.

مطالعات صورت گرفته در ارتباط با خصوصیات تحمل به شوری کوشیا (*Bassia scoparia* syn. *Kochia scoparia*) نشان‌دهنده Kafi *et al.*, 2010; Jami *et al.*, 2010; این گیاه به شوری ااست.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) و منابع آب مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Chemical characteristics of soil (0-30cm) and water sources used in the experiment

	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	EC dS.m^{-1}
	(meq.L ⁻¹)								
Soil	31.10	10.60	10.20	0.75	31.30	0.00	1.80	26.80	5.80
Water source No. 1	32.50	6.60	9.20	0.23	15.00	0.40	2.40	34.40	5.20
Water source No. 2	67.10	16.40	22.20	0.38	25.00	0.00	3.00	75.60	10.50
Water source No. 3	179.80	27.00	46.80	0.31	56.10	0.00	3.20	172.40	23.10

کاهش فتوسنتز گردید (جدول ۳). در بررسی روند تأثیر شوری بر فتوسنتز مشاهده شد که با افزایش سن، میزان تأثیر شوری بر فتوسنتز افزایش یافت (جدول ۴). پنج هفته پس از اعمال تنش شوری، تیمار $23/1\text{dS.m}^{-1}$ حدود ۲۸ درصد فتوسنتز کمتری نسبت به تیمارهای $5/2\text{dS.m}^{-1}$ و $10/5\text{dS.m}^{-1}$ داشت. در هشتمنی هفته پس از اعمال تنش شوری، میزان فتوسنتز اندازه‌گیری شده در هر سه تیمار تنش شوری تقریباً برابر بود. در نهمین هفته پس از اعمال تنش شوری، شیب کاهش فتوسنتز در تیمارهای $10/5\text{dS.m}^{-1}$ و $23/1\text{dS.m}^{-1}$ نسبت به تیمار $5/2\text{dS.m}^{-1}$ تندتر بود. در انتهای فصل رشد، میزان فتوسنتز در تمام سطوح تنش، افت چشمگیری داشت و با اختلاف ناچیزی در یک سطح قرار گرفتند (جدول ۴).

پنج هفته پس از اعمال تنش شوری، بیشترین میزان فتوسنتز به ترتیب در توده‌های بیرجند، سبزوار و بروجرد مشاهده شد. در هشتمنی هفته پس از اعمال تنش شوری، در مورد توده‌ها نیز همانند سطوح تنش شوری، میزان فتوسنتز اندازه‌گیری شده تقریباً با هم برابر بود. در انتهای فصل رشد، میزان فتوسنتز توده‌های بیرجند و بروجرد با هم برابر و $31/1\text{dS.m}^{-1}$ درصد بیش از توده سبزوار بود (جدول ۴). بیشترین میزان کاهش فتوسنتز با افزایش تنش شوری از سطح $5/2\text{dS.m}^{-1}$ به $23/1\text{dS.m}^{-1}$ در توده بروجرد مشاهده گردید ($40/5\text{dS.m}^{-1}$ درصد) (جدول ۴). با توجه به اینکه اندازه‌گیری فتوسنتز در تمام مراحل از جوان ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته انجام شد، روند کاهش میزان فتوسنتز احتمالاً بیشتر تحت تأثیر تنش شوری در کوشیا باشد که تجمع نمک‌ها در داخل سلول‌ها باعث اختلال در انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی فتوسنتز شده است.

مقدار تبخیر و تعرق در طول دوره رشد گیاه متفاوت بود. به طور کلی با گذشت زمان و نزدیک شدن به انتهای فصل رشد، تبخیر و تعرق روند کاهشی نشان داد (جدول ۴). چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، میزان کاهش تبخیر و تعرق در تیمار $23/1\text{dS.m}^{-1}$ به ترتیب $25/1\text{dS.m}^{-1}$ و $20/5\text{dS.m}^{-1}$ درصد نسبت به تیمارهای $5/2\text{dS.m}^{-1}$ و $10/5\text{dS.m}^{-1}$ کمتر بود. شیب کاهش تبخیر و تعرق در هفتمنی هفته پس از اعمال تنش شوری، افزایش شدیدی نشان داد و در هشتمنی هفته پس از آغاز اعمال تنش شوری در تمام تیمارهای شوری تقریباً یکسان شد.

سی روز پس از اعمال تیمارهای تنش شوری در اول مردادماه، اندازه‌گیری فتوسنتز، تبخیر و تعرق، هدایت روزنامه‌ای و میزان دی‌اسید کربن اتاقک زیر روزنامه در جوان ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته آغاز و به صورت هفتگی به مدت هفت هفته ادامه یافت. جهت اندازه‌گیری این صفات از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (مدل LCA4، ساخت شرکت ADC، کشور انگلستان) استفاده شد. همچنین در طی این مدت، مقدار عملکرد کواتنومی فتوسیستم II در برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته با استفاده از دستگاه فلوریمتر (مدل OS1- FL، ساخت شرکت Opti-Sciences, Inc.، کشور آمریکا) و محتوای نسبی کلروفیل (عدد اسپد^۱) با دستگاه Mintola Reading SPAD- 502، Japan با سه نمونه‌گیری در هر تکرار اندازه‌گیری شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها بین ساعت هشت تا ۱۰ صبح انجام گرفت. کارایی مصرف آب از طریق تقسیم مقدار فتوسنتز خالص بر تعرق محاسبه شد. در ابتدای مرحله گردهافشانی، اندازه‌گیری کلروفیل a، b و میلی‌گرم برگ تازه از برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته جدا و استخراج رنگ‌دانه‌ها با استفاده از اتانول ۹۶ درصد انجام شد. میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۴۵۳ و ۶۶۶ نانومتر با استفاده از Jenway UV-Visible Spectrophotometer (Model 6305) اندازه‌گیری شد. همچنین در این مرحله، سطح سبز برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta T) تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها در صفاتی که در طول زمان اندازه‌گیری شدند به صورت کرت‌های خرد شده در زمان و با استفاده از نرمافزار Minitab 16 و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح تنش شوری، برهmekنش شوری و توده و نیز شوری و زمان اندازه‌گیری از نظر فتوسنتز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲) و تنش شوری باعث

به بستن روزنه‌ها و کاهش میزان تبخیر و تعرق می‌کند. کاهش دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه در تیمار $10/5\text{dSm}^{-1}$ نسبت به $5/2\text{dSm}^{-1}$ احتمالاً نشان دهنده عدم تأثیر تنش سوری در این سطح بر روزنه‌های گیاه کوشیا باشد. بین توده‌ها و همچنین برهمکنش سطوح تنش سوری و توده از نظر میزان دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

میزان افزایش دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه در توده بیرون، بروجرد و سبزوار از پنجمین هفته پس از اعمال تنش سوری تا یازدهمین هفته به ترتیب $14/4$ ، $11/3$ و 14 درصد بود (جدول ۴). همچنین با افزایش سطح تنش سوری از $5/2$ به $10/5$ و $23/1\text{dSm}^{-1}$ میزان افزایش دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه از پنجمین هفته پس از اعمال تنش سوری تا یازدهمین هفته به ترتیب $12/2$ ، $13/3$ و $9/5$ درصد بود (جدول ۴). میزان افزایش دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه در تمامی توده‌ها و نیز سطوح تنش سوری مورد مطالعه در هشتمین هفته پس از آغاز اعمال تنش سوری چشمگیر بود. مدیریت غلظت دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه می‌تواند به عنوان پایام گیاه برای مقابله با تنش‌های محیطی باشد. بسته شدن روزنه در اثر تنش با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در اتاقک زیر روزنه همراه است؛ بنابراین گیاه تا سطحی از تنش که اختلال در فرایندهای حیاتی و فتوسترنز ایجاد نکند مبادرت به بستن روزنه‌ها نمی‌کند.

تغییرات تبخیر و تعرق در طول آزمایش با تغییرات فتوسترنز همسو بود با این تفاوت که از نظر زمانی تغییرات تبخیر و تعرق کمی زودتر از فتوسترنز اتفاق افتاد (جدول ۴).

شب کاهش تبخیر و تعرق با گذشت زمان از آغاز اعمال تنش سوری در توده بیرون بیشتر از توده‌های بروجرد و سبزوار بود. افت شدید تبخیر و تعرق هر سه توده کوشیا در هفته هشتم پس از اعمال تنش سوری اتفاق افتاد و پس از آن این روند کاهشی تا انتهای فصل رشد با شبیه بسیار ملایم ادامه یافت.

توده بیرون بیشتر از توده‌های بروجرد و سبزوار به ترتیب 11 و 15 درصد تبخیر و تعرق بیشتری داشت (جدول ۴). یکی از اثرات تجمع نمک در گیاهان، کاهش میزان محتوای نسبی آب و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها جهت مدیریت منابع آب داخلی گیاه و نیز جذب آب است. مدیریت روزنه‌ها جهت کاهش مصرف آب، موجب کاهش تبخیر و تعرق و در نهایت فتوسترنز می‌گردد.

با افزایش سطح تنش سوری از $5/2$ به $10/5\text{dSm}^{-1}$ دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه به میزان سه پی‌پی‌ام افزایش اما در تنش سوری $12/2\text{dSm}^{-1}$ به مقدار $12/57$ پی‌پی‌ام کاهش یافت که نشان دهنده بسته‌تر شدن روزنه‌ها در این سطح سوری می‌باشد (جدول ۴). میزان دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه به میزان باز و بسته بودن روزنه‌های برگ بستگی دارد. زمانی که گیاه در معرض تنش خشکی و سوری قرار می‌گیرد، به منظور مدیریت آب موجود در داخل خود اقدام

جدول ۲- تجزیه واریانس (سطح احتمال) فتوسترنز، تبخیر و تعرق، دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه، هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی کلروفیل و کارایی مصرف آب در سطوح مختلف سوری و سه توده کوشیا در طی دوره اعمال تنش سوری

Table 2- Analysis of variance (P value) of photosynthesis, evapotranspiration, sub-stomatal CO₂ concentration, stomatal conductance, relative chlorophyll content and water use efficiency in different levels of salinity and three Kochia masses

منابع تغییر	درجه آزادی	فتواترنز	تبخیر و تعرق	دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه	هدایت روزنه‌ای	محتوای نسبی کلروفیل	کارایی مصرف آب
S.O.V	df	Photosynthesis	Evapotranspiration	Sub-stomatal CO ₂ concentration	Stomatal conductance	Relative chlorophyll content	Water use efficiency
Replication	2	0.005	0.319	0.234	0.017	0.019	0.001
Salinity	2	0.002**	0.001**	0.009**	0.001**	0.372 ^{ns}	0.777 ^{ns}
Error a خطا	4						
Mass	2	0.312 ^{ns}	0.206 ^{ns}	0.892 ^{ns}	0.192 ^{ns}	0.421 ^{ns}	0.939 ^{ns}
Mass×Salinity	4	0.036*	0.032*	0.033*	0.044*	0.055 ^{ns}	0.925 ^{ns}
Time	6	0.001**	0.001**	0.001**	0.001**	0.001**	0.001**
Time×Salinity	12	0.037*	0.013*	0.045*	0.043**	0.001**	0.045*
Time×Mass	12	0.037*	0.028*	0.018*	0.967 ^{ns}	0.039*	0.026*
Time×Salinity×Mass	24	0.037*	0.034*	0.037*	0.919 ^{ns}	0.026*	1.000 ^{ns}
Error	120						

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

* and ** significant at levels of 5% and 1% and ns: not significant at level of 5%

جدول ۳- میانگین مقدار فتوسنتز، تبخیر و تعرق، دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه، هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی کلروفیل و کارایی مصرف آب در سطوح مختلف شوری و سه توده کوشیا

Table 3- Means of photosynthesis, evapotranspiration, sub-stomatal CO₂ concentration, stomatal conductance, relative chlorophyll content and water use efficiency in different levels of salinity and three Kochia masses

	فوتوسنتز	تبخیر و تعرق	دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه	هدایت روزنه‌ای	محتوای نسبی کلروفیل	کارایی مصرف آب
	Photosynthesis (Salinity) dSm ⁻¹	Evapotranspiration (μmol.m ⁻² s ⁻¹)	Sub-stomatal CO ₂ concentration (ppm)	Stomatal conductance (mol.m ⁻² s ⁻¹)	Relative chlorophyll content	Water use efficiency (μmol CO ₂ . mmol H ₂ O ⁻¹)
5.2	12.24 ^a	4.06 ^a	309 ^{ab}	0.538 ^a	29.57 ^a	3.93 ^a
10.5	10.78 ^{ab}	3.32 ^b	297 ^b	0.414 ^b	28.44 ^a	4.07 ^a
23.1	9.07 ^b	2.87 ^b	312 ^a	0.334 ^b	29.41 ^a	3.93 ^a
توده (Mass)						
بیرجند	Birjand	11.48 ^a	3.70 ^a	305 ^a	0.472 ^a	28.87 ^a
بروجرد	Borujerd	10.32 ^a	3.34 ^a	305 ^a	0.413 ^a	29.43 ^a
سبزوار	Sabzevar	10.28 ^a	3.21 ^a	307 ^a	0.402 ^a	29.12 ^a
(Salinity×Mass)						
5.2dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	12.16 ^{ab}	3.85 ^{ab}	310 ^a	0.569 ^a	28.88 ^a
10.5dSm ⁻¹	بروجرد Borujerd	12.77 ^a	4.38 ^a	309 ^a	0.563 ^a	30.06 ^a
23.1dSm ⁻¹	سبزوار Sabzevar	11.78 ^{ab}	3.97 ^{ab}	308 ^a	0.483 ^{ab}	29.79 ^a
5.2dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	11.20 ^{ab}	3.83 ^{ab}	290 ^a	0.437 ^{ab}	27.23 ^a
10.5dSm ⁻¹	بروجرد Borujerd	10.59 ^{ab}	3.17 ^{ab}	292 ^a	0.392 ^{ab}	29.14 ^a
23.1dSm ⁻¹	سبزوار Sabzevar	10.55 ^{ab}	2.95 ^{ab}	308 ^a	0.413 ^{ab}	28.95 ^a
5.2dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	11.08 ^{ab}	3.43 ^{ab}	314 ^a	0.409 ^{ab}	30.52 ^a
10.5dSm ⁻¹	بروجرد Borujerd	7.60 ^b	2.45 ^b	315 ^a	0.284 ^b	29.08 ^a
23.1dSm ⁻¹	سبزوار Sabzevar	8.52 ^{ab}	2.72 ^b	306 ^a	0.310 ^b	28.64 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر عامل و در هر ستون برای هر یک از صفات در سطح ۰/۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with the same letters in each factor and column for each treat are not significantly different at 5% probability level based on LSD test.

میزان هدایت روزنه‌ای با افزایش شدت تنفس شوری کاهش یافت و بین سطوح مختلف تنفس شوری اختلاف معنی‌دار بود به نحوی که میانگین این صفت در تیمار ۵/۲dSm⁻¹ نسبت به تیمارهای ۱۰/۵ و ۲۳/۱ dSm⁻¹ به ترتیب ۳۰ و ۶۱ درصد بیشتر بود (جدول ۳). بین توده‌های مورد مطالعه از نظر هدایت روزنه‌ای اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

کوشیا گیاهی متحمل به تنفس شوری است (Salehi *et al.*, 2009) و همان طور که ملاحظه شد تا سطح شوری ۱۰/۵ dSm⁻¹ غلظت دی اکسید کربن اتاقک زیر روزنه پایین بود و حتی در سطح ۲۳/۱ dSm⁻¹ نیز میزان افزایش دی اکسید کربن در اتاقک زیر روزنه از ۱۳ درصد فراتر نرفت که می‌تواند ناشی از تحمل بالای گیاه کوشیا به تنفس شوری باشد (جدول ۳).

جدول ۴- میانگین مقدار فتوسنتز، تبخیر و تعرق، دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنہ، هدایت روزنہ‌ای، محتوای نسبی کلروفیل و کارایی مصرف آب در سطوح مختلف شوری و سه توده کوشیا در طی دوره اعمال تنش شوری

Table 4- Means of photosynthesis, evapotranspiration, sub-stomatal CO₂ concentration, stomatal conductance, relative chlorophyll content and water use efficiency in different levels of salinity and three Kochia masses during salinity stress period.

هزاره پس از اعمال تنش Weeks after starting salinity stress	فتوسنتز Photosynthesis	تبخیر و تعرق Evapotranspiration	دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنہ Substomatal CO ₂ concentration	هدایت روزنہ‌ای Stomatal conductance	محتوای نسبی کلروفیل Relative chlorophyll content	کارایی مصرف آب Water use efficiency
(Mass) توده	(μmol.m ⁻² s ⁻¹)	(mmol.m ⁻² s ⁻¹)	(ppm)	(mol.m ⁻² s ⁻¹)	(μmol CO ₂ mmol H ₂ O ⁻¹)	
بیرجند Birjand	5	17.8 ^a	6.67 ^{ab}	285 ^{a-d}	0.581 ^a	37.2 ^a
	6	14.8 ^{a-c}	7.44 ^a	264 ^d	0.576 ^a	34.1 ^{a-d}
	7	14.7 ^{a-c}	4.26 ^{b-d}	282 ^{b-d}	0.510 ^a	31.9 ^{b-f}
	8	10.7 ^{a-d}	1.90 ^{d-f}	319 ^{a-c}	0.480 ^a	29.3 ^{d-g}
	9	8.7 ^{b-d}	1.55 ^{d-f}	324 ^{ab}	0.455 ^a	25.6 ^{g-i}
	10	7.30 ^{b-d}	2.65 ^{c-f}	335 ^a	0.465 ^a	23.5 ^{h-j}
	11	6.40 ^{cd}	1.44 ^{d-f}	326 ^{ab}	0.237 ^a	20.5 ^j
بروجرد Borujerd	5	13.2 ^{a-d}	4.99 ^{a-c}	292 ^{a-d}	0.465 ^a	37.9 ^a
	6	14.7 ^{a-c}	7.58 ^a	269 ^{cd}	0.606 ^a	34.7 ^{a-c}
	7	11.7 ^{a-d}	3.84 ^{b-f}	290 ^{a-d}	0.394 ^a	32.4 ^{b-e}
	8	10.5 ^{a-d}	1.79 ^{d-f}	319 ^{a-c}	0.399 ^a	29.4 ^{c-g}
	9	7.80 ^{b-d}	1.31 ^{ef}	313 ^{a-d}	0.379 ^a	27.8 ^{e-i}
	10	7.90 ^{b-d}	2.50 ^{c-f}	330 ^{ab}	0.409 ^a	22.9 ^{ij}
	11	6.40 ^{cd}	1.34 ^{ef}	325 ^{ab}	0.237 ^a	20.8 ^j
سبزوار Sabzevar	5	15.7 ^{ab}	5.77 ^{a-b}	286 ^{a-d}	0.556 ^a	37.1 ^{ab}
	6	13.6 ^{a-d}	6.40 ^{ab}	296 ^{a-d}	0.500 ^a	35.4 ^{a-d}
	7	12.5 ^{a-d}	4.15 ^{b-e}	284 ^{a-d}	0.439 ^a	32.9 ^{b-e}
	8	10.2 ^{a-d}	1.58 ^{d-f}	314 ^{a-d}	0.348 ^a	28.5 ^{e-h}
	9	7.80 ^{b-d}	1.49 ^{d-f}	328 ^{ab}	0.465 ^a	27.6 ^{f-i}
	10	7.20 ^{b-d}	1.86 ^{d-f}	318 ^{a-c}	0.308 ^a	23.3 ^{ij}
	11	4.90 ^d	1.22 ^f	326 ^{ab}	0.197 ^a	19.4 ^j
شوری (Salinity)						
5.2 dSm ⁻¹	5	17.2 ^a	6.49 ^{ab}	287 ^{a-d}	0.606 ^{a-c}	36.3 ^{a-c}
	6	17.5 ^a	9.28 ^a	288 ^{a-d}	0.702 ^a	33.9 ^{b-e}
	7	14.7 ^{a-c}	4.62 ^{b-f}	289 ^{a-d}	0.556 ^{a-c}	32.2 ^{c-f}
	8	10.0 ^{a-d}	1.85 ^{f-h}	314 ^{a-c}	0.429 ^{a-c}	29.6 ^{e-g}
	9	10.0 ^{a-d}	1.85 ^{f-h}	331 ^{ab}	0.641 ^{ab}	27.1 ^{f-i}
	10	10.2 ^{a-d}	2.82 ^{d-h}	325 ^{a-c}	0.566 ^{a-c}	25.0 ^{g-i}
	11	6.30 ^{b-d}	1.55 ^{gh}	331 ^{ab}	0.268 ^{bc}	23.0 ^{h-j}
10.5 dSm ⁻¹	5	17.1 ^a	6.08 ^{bc}	281 ^{b-d}	0.576 ^{a-c}	36.8 ^{ab}
	6	15.1 ^{ab}	6.52 ^{ab}	239 ^d	0.601 ^{a-c}	34.9 ^{a-d}
	7	12.6 ^{a-d}	4.31 ^{b-g}	292 ^{a-c}	0.470 ^{a-c}	32.9 ^{b-e}
	8	10.7 ^{a-d}	1.64 ^{gh}	315 ^{a-c}	0.364 ^{a-c}	29.6 ^{d-g}
	9	7.50 ^{b-d}	1.29 ^h	307 ^{a-c}	0.333 ^{a-c}	25.3 ^{g-i}
	10	6.40 ^{b-d}	2.10 ^{e-h}	322 ^{a-c}	0.354 ^{a-c}	21.4 ^{ij}
	11	6.00 ^{cd}	1.28 ^h	320 ^{a-c}	0.202 ^c	18.2 ^j
23.1 dSm ⁻¹	5	12.3 ^{a-d}	4.87 ^{b-e}	295 ^{a-c}	0.419 ^{a-c}	39.1 ^a
	6	10.5 ^{a-d}	5.62 ^{b-d}	303 ^{a-c}	0.379 ^{a-c}	35.2 ^{a-d}
	7	11.7 ^{a-d}	3.32 ^{c-h}	275 ^{c-d}	0.318 ^{a-c}	32.2 ^{c-e}
	8	10.8 ^{a-d}	1.79 ^{f-h}	322 ^{a-c}	0.424 ^{a-c}	28.1 ^{e-h}
	9	6.80 ^{b-d}	1.21 ^h	326 ^{a-c}	0.323 ^{a-c}	28.5 ^{e-g}
	10	6.00 ^{cd}	2.09 ^{e-h}	336 ^a	0.263 ^{bc}	23.3 ^{h-j}
	11	5.40 ^d	1.17 ^h	326a ^c	0.202 ^c	18.9 ^j

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر عامل و در هر ستون برای هر یک از صفات در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with the same letters in each factor and column for each treat are not significantly different in 5% probability level based on LSD test.

آب مشاهده نشد، با این وجود توده سبزوار علی‌رغم فتوستنتر کمتر در مقایسه با سایر توده‌ها به دلیل بستن روزنه‌ها و کاهش تبخیر و تعرق نسبت به توده بیргند و بروجرد به ترتیب $2/0$ و $2/1$ درصد کارایی مصرف آب بیشتری داشت (جدول ۳).

بررسی روند تغییرات کارایی مصرف آب در طول زمان پس از اعمال تنش شوری در توده‌های مختلف کوشیا و همچنین سطوح مختلف شوری نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب در تمامی توده‌ها و سطوح شوری، مربوط به هفته هشتم و نهم پس از اعمال تنش شوری بود (جدول ۳). با توجه به تأثیر میزان فتوستنتر و تبخیر و تعرق بر کارایی مصرف آب، بررسی این عوامل نشان می‌دهد که افزایش کارایی مصرف آب بیشتر تحت تأثیر کاهش میزان تبخیر و تعرق در مقایسه با فتوستنتر است (جدول ۴). نکته قابل توجه در این ارتباط افزایش همزمان کارایی مصرف آب در سطوح مختلف تنش شوری بود.

فتوستنتر حساسیت زیادی به شوری داشته (Ashraf and Harris, 2013) و محدودیت فتوستنتری در دو مرحله اتفاق می‌افتد. محدودیت‌های مرتبط با افزایش مقاومت روزنه‌ای که به محدودیت روزنه‌ای معروف است (Centritto *et al.*, 2003) و محدودیت‌های غیر روزنه‌ای که به دلیل اختلالات غیر روزنه‌ای در غلظت‌های بالای شوری حادث می‌شود (Munns *et al.*, 2006). در مطالعه حاضر با افزایش شدت تنش شوری میزان فتوستنتر، تبخیر و تعرق و هدایت روزنه‌ای کاهش و دی‌اکسید کردن اتاقک زیر روزنه افزایش یافت (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فتوستنتر و تبخیر و تعرق ($r^2 = 0.78^{***}$) و هدایت روزنه‌ای ($r^2 = 0.80^{***}$) و همبستگی منفی و معنی‌داری بین فتوستنتر و دی‌اکسید کردن اتاقک زیر روزنه ($r^2 = -0.40^{***}$) مشاهده شد. تنظیم هدایت روزنه‌ای یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی است که منجر به کاهش افت آب شده و به نظر می‌رسد این تنظیم غالباً در سطوح متوسط شوری انجام می‌گیرد (Everard *et al.*, 1994). در این مطالعه باوجود اعمال سطوح بالای تنش شوری تا $1/dSm^{-1} = 23$ ، گیاه کوشیا قادر بود تنظیم هدایت روزنه‌ای را انجام دهد به نحوی که به موازات افزایش شدت تنش، از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای امکان از دست رفتن آب را کاهش داد. البته باید به این نکته توجه کرد که بسته شدن روزنه‌ها، علاوه بر اثرات مثبت، تأثیر منفی نیز بر فتوستنتر دارد. کاهش هدایت روزنه‌ای ممکن است از طریق کاهش میزان تبخیر و تعرق در حفظ محتوای آب گیاه نقش داشته باشد که این امر می‌تواند برای به حداقل رساندن مقدار سدیم انتقال یافته به اندام‌های هوایی مطلوب باشد (Tester and Davenport, 2003). همزمان، بسته شدن روزنه‌ها سبب ممانعت از نفوذ و در نتیجه کاهش کربوکسیلاتیون دی‌اکسید کردن می‌گردد (Flexas *et al.*, 2004). از طرف دیگر، هدایت روزنه‌ای بالا

برهمکنش سطوح تنش شوری و توده‌ها از نظر هدایت روزنه‌ای نشان داد که با افزایش شدت تنش از $5/2$ به $1/dSm^{-1} = 23$ ، مقدار هدایت روزنه‌ای در توده‌های بیргند، بروجرد و سبزوار به ترتیب $2/8$ ، $5/0$ و $3/6$ درصد کاهش داشت (جدول ۳). در توده بیргند میزان کاهش هدایت روزنه‌ای با افزایش سطح تنش شوری تا $1/dSm^{-1} = 10/5$ حدود $2/3$ درصد کاهش یافت و با افزایش شدت تنش از $1/dSm^{-1} = 10/5$ به $1/dSm^{-1} = 23$ میزان کاهش حدود پنج درصد بود که نسبت به سایر توده‌ها کمتر بود (جدول ۳). بنابراین می‌توان عنوان کرد که توده بیргند در شرایط افزایش شدت تنش شوری مدیریت روزنه‌ای بهتری نسبت به سایر توده‌ها از خود بروز داده است. با گذشت زمان از آغاز اعمال تنش شوری، میزان هدایت روزنه‌ای در همه توده‌ها روند نزولی داشت و در هفته یازدهم پس از اعمال تنش شوری به حداقل میزان خود رسید. در این میان توده سبزوار کمترین هدایت روزنه‌ای را در هفته یازدهم پس از اعمال تنش به خود اختصاص داد (جدول ۴). میزان کاهش هدایت روزنه‌ای در طی زمان در توده سبزوار بیش از توده بیргند و در توده بیргند بیش از توده بروجرد بود (جدول ۴). بررسی شبکه کاهش هدایت روزنه‌ای در تیمارهای مختلف شوری با گذشت زمان از آغاز اعمال تنش شوری تا $1/dSm^{-1} = 5/2$ ده میان هفته پس از اعمال تنش، هدایت روزنه‌ای تغییر محسوسی نشان نداد اما در سایر سطوح تنش شوری هفت هفته پس از آغاز تنش، روند کاهشی هدایت روزنه‌ای شدت یافت. به طور کلی شبکه کاهش هدایت روزنه‌ای در تیمارهای $1/dSm^{-1} = 10/5$ و $1/dSm^{-1} = 23$ نسبت به تیمار $1/dSm^{-1} = 5/2$ شدیدتر بود (جدول ۴).

محتوای نسبی کلروفیل تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و توده‌ها قرار نگرفت (جدول ۳). مطالعه روند تغییرات محتوای نسبی کلروفیل در طول دوره آزمایش نشان داد که با گذشت زمان این ویژگی کاهش پیدا می‌کند (جدول ۴). مطالعه همبستگی بین محتوای نسبی کلروفیل و میزان فتوستنتر حاکی از وجود رابطه مثبت و معنی‌دار ($r^2 = 0.50^{***}$) این دو ویژگی با یکدیگر بود.

کارایی مصرف آب تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری قرار نگرفت ($P \geq 0.05$) (جدول ۲)، با این وجود کارایی مصرف آب با افزایش سطح تنش از $5/2$ به $1/dSm^{-1} = 10/5$ درصد افزایش یافت و با افزایش شدت تنش به $1/dSm^{-1} = 23$ کارایی مصرف آب کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد در سطح شوری $1/dSm^{-1} = 10/2$ ، گیاه کوشیا با بستن روزنه و مدیریت مصرف آب بدون کاهش فتوستنتر، قادر است کارایی مصرف آب را افزایش دهد؛ اما با افزایش شدت تنش و بسته شدن بیشتر روزنه‌ها، با وجود کاهش تبخیر و تعرق (جدول ۳) و جلوگیری از هدر رفت آب برای دریافت دی‌اکسید کربن، برای فتوستنتر محدودیت ایجاد می‌گردد. بین توده‌های مورد مطالعه به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری از نظر کارایی مصرف

گزارش شده است که حساسیت بالاتر در چرخه آنزیمی سه کربن‌های مسئول سرعت پایین فتوستتر در این گیاهان تحت تنفس شوری است (Leisner *et al.*, 2010). کارابی و سرعت فتوستتر در حضور نور شدید کاهش می‌یابد (Erickson *et al.*, 2015) و تحت شرایط تنفس شوری، که در نتیجه محدودیت ثبیت دی‌اکسید کربن در مقایسه با توانایی سیستم برداشت نوری است، کاهش تشذیب می‌شود (Munns and Tester, 2008).

کمینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی نشان داد که بین سطوح مختلف تنفس شوری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). به این مفهوم که مقدار فلورسانس در زمانی که پذیرنده کوئینون A در فتوسیستم II در بالاترین وضعیت اکسیداسیونی قرار دارد (مراکز فتوسیستم II باز هستند)، در سطوح مختلف تنفس شوری در کوشیا مشابه بوده و تنفس شوری روی باز بودن مراکز فتوسیستم II این گیاه تأثیری نداشته است. در بین توده‌ها نیز اختلاف معنی‌داری از نظر این پارامتر مشاهده نشد (جدول ۶). با وجود تغییر در بسیاری از خصوصیات دستگاه فتوستتری گیاه کوشیا در طی زمان پس از اعمال تنفس شوری، میزان کمینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی در هیچ‌یک از توده‌ها تغییر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۷).

ممکن است منجر به ثبیت مقدار قابل توجهی کربن بهمنظور افزایش سرعت رشد و یا بهبود عملکرد دانه گردد (Rahnama *et al.*, 2010). گیاهانی که هدایت روزنایی بالایی دارند با حفظ میزان ثبیت دی‌اکسید کربن در تنفس یونی یا اسمزی در مقایسه با گیاهانی که هدایت روزنایی پایینی دارند موفق‌تر می‌باشند (Dulai *et al.*, 2010, 2011, 2014).

با توجه به اینکه کوشیا گیاهی است چهار کربن و از خانواده کنوپودیا سه (Kafi *et al.*, 2010)، احتمالاً یکی از دلایل تحمل به شوری آن ساختار دستگاه فتوستتری این گیاه باشد. تفاوت ذاتی موجود در مکانیسم فتوستتر بین گونه‌های سه کربن و چهار کربن در طرفیت فتوستتری آن‌ها (به عنوان مثال پروتئین‌های محلول، کلروفیل یا سطح برگ) تفاوت ایجاد می‌کند (Nippert *et al.*, 2007). گونه‌های چهار کربن در شرایطی که میزان دی‌اکسید کربن محدود است، در مناطق گرم، خشک و اغلب مکان‌های شور سازگار و غالب می‌باشند (Nayyar and Gupta, 2006). دمای بالا به‌واسطه کاهش ثبیت دی‌اکسید کربن و افزایش فعالیت اکسیژناز رایسکو، سبب افزایش چشمگیر تنفس نوری در گیاهان سه کربن می‌شود (Sage, 2002). در گیاهان چهار کربن تعامل و همکاری بین چرخه چهار کربن و سه کربن وجود دارد (Voznesenskaya *et al.*, 2002).

جدول ۵- تجزیه واریانس (سطح احتمال) شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در سطوح مختلف شوری و سه توده کوشیا در طی دوره اعمال تنفس شوری

Table 5- Analysis of variance (P value) of chlorophyll fluorescence indices in different levels of salinity and three Kochia masses

منابع تغییر	درجه آزادی	فلورسانس کمینه	فلورسانس بیشینه	فلورسانس متغیر	عملکرد کواتنومی فتوسیستم II
S.O.V	df	Minimum fluorescence	Maximum fluorescence	Variable fluorescence	Quantum yield of photosystem II
Replication	تکرار	2	0.914	0.696	0.654
Salinity	شوری	2	0.415 ^{ns}	0.376 ^{ns}	0.150 ^{ns}
Error	a خطای	4			
Mass	توده	2	0.066 ^{ns}	0.271 ^{ns}	0.509 ^{ns}
	شوری×توده	4	0.758 ^{ns}	0.755 ^{ns}	0.532 ^{ns}
Mass×Salinity					
	زمان	6	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}	0.001 ^{**}
	شوری×زمان	12	0.841 ^{ns}	0.047 [*]	0.043 [*]
Time×Salinity					
Time×Mass	توده×زمان	12	0.821 ^{ns}	0.049 [*]	0.034 [*]
	شوری×توده×زمان	24	0.125 ^{ns}	0.260 ^{ns}	0.127 ^{ns}
Time×Mass×Salinity					
Error	خطای	120			

ns بهترتب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* and ** significant at levels of 5% and 1% and ns: not significant at levels of 5%

توده‌های مورد بررسی به لحاظ آماری معنی‌دار نگردید ($P \geq 0.05$) (جدول ۵). روند کلی تغییرات بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور در طی زمان و افزایش سن گیاه صعودی بود ولی با توجه به لحظه‌ای بودن این ویژگی در برخی از زمان‌ها نوساناتی مشاهده شد (جدول ۶).

بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور بیانگر مقدار فلورسانس در زمانی است که کوئینون A در فتوسیستم II در بالاترین مقدار شرایط احیایی قرار دارد (مراکز فتوسیستم II بسته هستند). با افزایش میزان تنفس شوری، میانگین این پارامتر روند کاهشی نشان داد اما اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۶). همچنین تفاوت بین

جدول ۶- میانگین شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در سطوح مختلف شوری و سه توده کوشیا

Table 6- Means of chlorophyll fluorescence indices in different levels of salinity and three Kochia masses

		فلورسانس کمینه	فلورسانس بیشینه	فلورسانس متغیر	عملکرد کوانتمی فتوسیستم II
		Minimum fluorescence	Maximum fluorescence	Variable fluorescence	Quantum yield of photosystem II
(Salinity) dSm ⁻¹					
5.2		179 ^a	317 ^a	138 ^a	0.410 ^a
10.5		170 ^a	304 ^a	134 ^a	0.408 ^a
23.1		175 ^a	296 ^a	121 ^a	0.374 ^a
توده (Mass)					
بیرجند	Birjand	172 ^a	310 ^a	138 ^a	0.409 ^a
بروجرد	Borujerd	184 ^a	315 ^a	132 ^a	0.385 ^a
سبزوار	Sabzevar	169 ^a	292 ^a	123 ^a	0.398 ^a
(Salinity×Mass)					
5.2dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	173 ^a	312 ^a	138 ^a	0.414 ^a
5.2dSm ⁻¹	بروجرد Borujerd	191 ^a	322 ^a	131 ^a	0.377 ^a
5.2dSm ⁻¹	سبزوار Sabzevar	172 ^a	318 ^a	146 ^a	0.432 ^a
10.5dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	163 ^a	308 ^a	145 ^a	0.434 ^a
10.5dSm ⁻¹	بروجرد Borujerd	179 ^a	315 ^a	136 ^a	0.392 ^a
10.5dSm ⁻¹	سبزوار Sabzevar	168 ^a	290 ^a	122 ^a	0.404 ^a
23.1dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	179 ^a	311 ^a	131 ^a	0.379 ^a
23.1dSm ⁻¹	بروجرد Borujerd	180 ^a	309 ^a	129 ^a	0.385 ^a
23.1dSm ⁻¹	سبزوار Sabzevar	166 ^a	269 ^a	103 ^a	0.357 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر عامل و در هر ستون برای هر یک از صفات در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with the same letters in each factor and column for each treat are not significantly different in 5% probability level based on LSD test.

بیشینه کارایی پتانسیل فتوسیستم II در سطوح مختلف شوری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت (جدول ۵) اما روند تغییرات آن با افزایش شدت تنفس شوری به صورت کاهشی بود (جدول ۶). تفاوت بین توده‌ها نیز از این نظر معنی‌دار نبود (جدول ۵)، اما توده بیرجند نسبت به سایر توده‌ها از بیشینه کارایی پتانسیل فتوسیستم II بالاتری مشاهده نشد (جدول ۶).

فلورسانس متغیر که نشان‌دهنده ظرفیت فتوسیستم II در راه اندازی ابتدای مسیر فتوشیمیابی (احیاء نوری QA) است، با افزایش شدت تنفس شوری کاهش یافت اما این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۶). در میان توده‌ها نیز از نظر فلورسانس متغیر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶).

برخوردار بود (جدول ۶).

جدول ۷- میانگین شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در سطوح مختلف شوری و سه توده کوشتیا در طی دوره اعمال تنش شوری

Table 7- Means of chlorophyll fluorescence indices in different levels of salinity and three Kochia masses during salinity stress period

		هفته پس از اعمال تنش	فلورسانس کمینه	فلورسانس متغیر	فلورسانس بیشینه	عملکرد کواتومی II
		weeks after starting salinity stress	Minimum fluorescence	Maximum fluorescence	Variable fluorescence	Quantum yield of photosystem II
توده (Mass)						
بیرجند Birjand	5	206 ^a	273 ^{a-c}	67 ^d	0.240 ^{cd}	
	6	157 ^a	266 ^{b-c}	109 ^{a-d}	0.383 ^{a-d}	
	7	168 ^a	339 ^{a-c}	172 ^{a-d}	0.469 ^{ab}	
	8	187 ^a	354 ^{a-c}	167 ^{a-d}	0.449 ^{ab}	
	9	150 ^a	247 ^c	98 ^{cd}	0.352 ^{a-d}	
	10	146 ^a	274 ^{a-c}	128 ^{a-d}	0.444 ^{a-d}	
	11	191 ^a	417 ^a	226 ^a	0.532 ^a	
بروجرد Borujerd	5	199 ^a	264 ^{b-c}	65 ^d	0.239 ^d	
	6	168 ^a	271 ^{a-c}	103 ^{b-d}	0.342 ^{a-d}	
	7	185 ^a	331 ^{a-c}	146 ^{a-d}	0.424 ^{a-d}	
	8	201 ^a	372 ^{a-c}	171 ^{a-d}	0.449 ^{a-c}	
	9	165 ^a	255 ^c	90 ^{cd}	0.322 ^{b-d}	
	10	178 ^a	308 ^{a-c}	130 ^{a-d}	0.396 ^{a-d}	
	11	188 ^a	407 ^{ab}	219 ^{ab}	0.522 ^{ab}	
سبزوار Sabzevar	5	189 ^a	246 ^c	57 ^d	0.234 ^d	
	6	160 ^a	260 ^{b-c}	100 ^{cd}	0.364 ^{a-d}	
	7	159 ^a	305 ^{a-c}	146 ^{a-d}	0.458 ^{ab}	
	8	175 ^a	320 ^{a-c}	144 ^{a-d}	0.439 ^{a-d}	
	9	153 ^a	250 ^c	97 ^{cd}	0.371 ^{a-d}	
	10	177 ^a	297 ^{a-c}	121 ^{a-d}	0.393 ^{a-d}	
	11	170 ^a	367 ^{a-c}	197 ^{a-c}	0.528 ^{ab}	
شوری (Salinity)						
5.2 dSm^{-1}	5	206 ^a	289 ^{a-d}	83 ^{c-e}	0.290 ^{c-d}	
	6	161 ^a	284 ^{a-d}	123 ^{a-e}	0.398 ^{a-e}	
	7	173 ^a	355 ^{a-d}	182 ^{a-c}	0.479 ^{a-c}	
	8	178 ^a	344 ^{a-d}	166 ^{a-d}	0.477 ^{a-c}	
	9	165 ^a	250 ^{cd}	85 ^{c-e}	0.322 ^{b-e}	
	10	179 ^a	297 ^{a-d}	117 ^{a-e}	0.386 ^{a-e}	
	11	190 ^a	401 ^{ab}	211 ^{ab}	0.504 ^{ab}	
10.5 dSm^{-1}	5	192 ^a	240 ^{cd}	48 ^e	0.203 ^e	
	6	163 ^a	262 ^{a-d}	99 ^{b-e}	0.344 ^{a-e}	
	7	175 ^a	320 ^{a-d}	145 ^{a-e}	0.445 ^{a-c}	
	8	177 ^a	344 ^{a-d}	167 ^{a-d}	0.458 ^{a-c}	
	9	153 ^a	276 ^{a-d}	123 ^{a-e}	0.427 ^{a-d}	
	10	158 ^a	304 ^{a-d}	146 ^{a-e}	0.455 ^{a-c}	
	11	173 ^a	384 ^{a-c}	211 ^{ab}	0.540 ^a	
23.1 dSm^{-1}	5	196 ^a	254 ^{b-d}	58 ^{de}	0.220 ^{de}	
	6	161 ^a	251 ^{cd}	90 ^{c-e}	0.346 ^{a-e}	
	7	164 ^a	300 ^{a-d}	136 ^{a-e}	0.427 ^{a-d}	
	8	208 ^a	357 ^{a-d}	150 ^{a-e}	0.402 ^{a-e}	
	9	149 ^a	226 ^d	77 ^{c-e}	0.295 ^{b-e}	
	10	164 ^a	280 ^{a-d}	115 ^{a-e}	0.388 ^{a-e}	
	11	186 ^a	407 ^a	221 ^a	0.538 ^a	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر عامل و در هر ستون برای هر یک از صفات در سطح ۰/۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with the same letters in each factor and column for each treat are not significantly different in 5% probability level based on LSD test.

می‌دهد). در طی تنش شوری، فتوستنتز اغلب توسط اثرات ثانویه به هم ریختگی هموستازی یونی کاهش می‌یابد. این امر غالباً منجر به جذب نور بیشتر از نیاز گیاه برای تثبیت دی‌اکسیدکربن شده که سبب بیش القای زنجیره انتقال الکترون خطی و در نهایت ایجاد خسارت اکسیداتیو می‌گردد (Asada, 2006). همچنین ممکن است این امر در توقف احیاء فتوسیستم II مشارکت داشته باشد، در نتیجه ممانعت نوری انجام گیرد (Allakhverdiev *et al.*, 2002). تحت این شرایط مهار فتوسیستم II توسط اتلاف انرژی غیرتابشی یک مکانیسم دفاعی ضروری است (Qiu *et al.*, 2003). در این پژوهش میزان بیشینه کارایی پتانسیل فتوسیستم II با افزایش سطح شوری از $5/2$ به $10/5$ و $23/10\text{dSm}^{-1}$ به ترتیب $5/0$ و $8/8$ درصد کاهش نشان داد که در مقایسه با میزان افزایش سطح تنش شوری مقدار ناچیزی است (جدول ۶). گزارش شده است که فتوسیستم II معمولاً حساسیت بیشتری در برابر تنش‌های محیطی در مقایسه با فتوسیستم I دارد (Apostolova *et al.*, 2006). در واقع حتی ممکن است فعالیت فتوسیستم I توسط شوری افزایش یابد به‌طوری که در سیانوباکتر *Sudhir et al.*, 2005) این امر مشاهده شده است (*Spirulina platensis*) علاوه بر این عملکرد کوانتومی بیشتر در فتوسیستم I (ΦPSI) در مقایسه با عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) ممکن است جریان چرخه الکترون به نفع فتوسیستم I باشد. جریان چرخه الکترون ممکن است نقشی در نگهداری مقدار کافی از ΔpH برای فرود انرژی الکترون برانگیخته شده از مسیر غیرفتوشیمیابی داشته باشد که احتمال دارد به عنوان مکانیسم حفاظتی در اثر تنش‌های *Lu et al.*, 2003 (Golding and Johnson, 2003) و یونی سدیم (Yamamoto *et al.*, 2008) باشد. قابلیت حفظ بهتر فتوستنتز و متعاقب آن رسیدن به رشد و تولید (عملکرد) بیشتر، بر پایه مکانیسم‌های تنظیمی در طول دوره تنش شوری است.

بررسی میزان رنگدانه‌های فتوستنتزی به عنوان عوامل مؤثر در سیستم فتوستنتزی جهت دریافت نور و محافظت سیستم نوری گیاهان در مقابل نور شدید نشان داد که غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتونوئیدها و کل رنگدانه‌ها در مرحله ابتدای گلدهی در کوشیا تحت تأثیر توده‌ها و سطوح مختلف شوری قرار نگرفت (جدول ۸). تنش شوری به‌واسطه اثر سمیت یونی موجب شکسته شدن کلروفیل فتوستنتزی نظیر کلروفیل a و کلروفیل b در اثر تنش شوری در *Helianthus annuus* (Akram and Ashraf, 2011) و *Medicago sativa* (Ashraf and Harris, 2013) مطالعات پیشین روی گیاهان زراعی مانند آفتاب‌گردان (Triticum aestivum (Winicov and Seemann, 1990) و گندم (Perven *et al.*, 2010) گزارش شده است. تنش شوری میزان کلروفیل برگ را از طریق صدمه به بیوسنتر و یا تخریب

بررسی روند تعییرات بیشینه کارایی پتانسیل فتوسیستم II در توده‌های مختلف تا یازده هفته پس از شروع تنش شوری نشان داد که کارایی پتانسیل فتوسیستم II با گذشت زمان بهبود پیدا کرده و در $10/5\text{dSm}^{-1}$ روند بهبود مشهودتر می‌باشد (جدول ۷). با بررسی نتایج فلورسانس کلروفیل احتمالاً بتوان عنوان کرد که با گذشت زمان از آغاز اعمال تنش شوری، گیاه کوشیا خود را با شرایط تنش شوری تطبیق داده و ساختار فتوستنتزی خود را در مقابل تنش‌های ثانویه ناشی از شوری پایدار کرده است. در مقابل، کاهش میزان فتوستنت با گذشت زمان در اثر تنش شوری، احتمالاً بیانگر اختصاص نمک‌ها در جهت مدیریت تنش باشد (جدول ۴).

ممانعت کننده‌های غیر روزنگ‌های القاء شده در اثر شوری را می‌توان زمانی که تثبیت دی‌اکسیدکربن در نتیجه سمیت یونی در سلول‌های مزووفیلی متوقف می‌شود مشاهده کرد. این محدودیت‌ها ممکن است با محدودیت فعالیت رایسکو با کاهش مقدار پروتئین رایسکو یا کارایی *Kalaji et al.*, 2011) که غلظت زیادی از سدیم و کلر در برگ‌ها تجمع پیدا می‌کند اتفاق بیفتد (Munns and Tester, 2008). در اثر تنش شوری بیشینه کارایی پتانسیل فتوسیستم II به دلیل افزایش میزان کمینه فلورسانس کاهش می‌یابد یا به عبارت دیگر کارایی فتوسیستم II کاهش می‌یابد. اما در این مطالعه با افزایش سطح تنش شوری، میزان کمینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی کوشیا کاهش یافته که این امر می‌تواند به این مفهوم باشد که در سطوح تنش بالا مراکز فتوسیستم II باز هستند و آماده انجام فعالیت‌های معمول خود هستند. از طرف دیگر بیشینه کارایی پتانسیل فتوسیستم II با افزایش سطح شوری از $5/2$ به $10/5$ و $23/10\text{dSm}^{-1}$ به ترتیب $18/0$ و $20/0$ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶) که می‌تواند در ارتباط با کاهش مراکز فعالیت واکنش در فتوسیستم II به دلیل تجزیه پروتئین D1 باشد (Yamamoto *et al.*, 2014).

حافظت دستگاه فتوستنتزی ممکن است از روش‌های مختلفی مانند اتلاف حرارت از طریق چرخه گزانتوفیل که اولین خط دفاعی در برابر صدمات انرژی برانگیخته است انجام گیرد (Terashima *et al.*, 2009; Erickson *et al.*, 2015). چرخه آب دومین خط دفاعی برای مصرف انرژی برانگیخته الکترون‌ها در فتوسیستم I به ویژه در *Seckin et al.*, 2010; Erickson *et al.*, 2015). روش دیگر برای جلوگیری از برانگیخته شدن بیش از حد در زنجیره انتقال الکترون و حفاظت از سایر اجزای فتوشیمیابی، غیر فعال کردن فتوسیستم II است (Jaleel *et al.*, 2009; Taiz and Zeiger, 2010). کاهش پتانسیل آب خاک می‌تواند باعث محدودیت دسترسی به دی‌اکسیدکربن با کاهش هدایت روزنگ‌های شود (برای مثال، کاهش بارندگی یا شوری زیاد پتانسیل آب در خاک را کاهش

رنگدانه‌های فتوسنترزی کوشیا تحت تأثیر تنش شوری قرار نگرفت. در واقع شاید بتوان عنوان کرد که گیاه کوشیا این قابلیت را دارد که با افزایش میزان شدت تنش شوری تا $23/1\text{dSm}^{-1}$ ، بیوستر کلروفیل را ادامه داده و از تجزیه و تخریب آن جلوگیری کند. در واقع این ویژگی می‌تواند به عنوان یکی از اهداف برای انتقال صفات در اصلاح گیاهان مقاوم در نظر گرفته شود.

رنگدانه‌ها تغییر می‌دهد. در این فرآیند ممکن است کلروفیل b به کلروفیل a تبدیل شده و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b افزایش پیدا کند (Eckardt, 2009). مطالعات نشان داده است که پیش‌ماده‌های مهم تشکیل دهنده کلروفیل مانند گلوتامات و ۵ آمینو لوولینیک اسید در کالوس و برگ در شرایط تنش کاهش می‌یابد که نشان دهنده تأثیر بیشتر تنش شوری بر بیوستر کلروفیل در مقایسه با تخریب و شکسته شدن کلروفیل است. در این مطالعه مشاهده شد هیچ‌یک از

جدول ۸- میانگین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتونوئیدها، سطح سبز و زیست‌توده در سطوح مختلف شوری و سه توده کوشیا

Table 8- Means of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a / chlorophyll b, carotenoids, total pigments, green area and biomass in different levels of salinity and three Kochia masses

	کلروفیل a		کلروفیل b		کاروتونوئیدها		کلروفیل a / کلروفیل b		کلروفیل a / کلروفیل b		رنگدانه کل	سطح سبز	Green area
	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll b	Carotenoids	Chlorophyll a/ Chlorophyll b	Total pigment	Chlorophyll a/ Chlorophyll b	Total pigment	Chlorophyll a/ Chlorophyll b	Total pigment			
(Salinity) dSm^{-1} (شوری)	(mg.gdw ⁻¹)	(mg.gdw ⁻¹)	(mg.gdw ⁻¹)	(mg.gdw ⁻¹)				(mg.gdw ⁻¹)				(m ² .plant ⁻¹)	
5.2	1.74 ^a	1.25 ^a	1.25 ^a	1.61 ^a	1.40 ^a	4.59 ^a	4.59 ^a	4.59 ^a	4.59 ^a	4.59 ^a	9.93 ^a		
10.5	1.56 ^a	1.10 ^a	1.10 ^a	1.45 ^a	1.42 ^a	4.11 ^a	4.11 ^a	4.11 ^a	4.11 ^a	4.11 ^a	8.64 ^{ab}		
23.1	1.68 ^a	1.19 ^a	1.19 ^a	1.53 ^a	1.42 ^a	4.40 ^a	1.42 ^a	4.40 ^a	1.42 ^a	4.40 ^a	7.38 ^b		
توده (Mass)													
بیرجند Birjand	1.48 ^a	0.95 ^a	0.95 ^a	1.39 ^a	1.57 ^a	3.82 ^a	1.57 ^a	3.82 ^a	1.57 ^a	3.82 ^a	9.17 ^a		
بروجرد Borujerd	1.82 ^a	1.45 ^a	1.45 ^a	1.71 ^a	1.25 ^a	4.98 ^a	1.25 ^a	4.98 ^a	1.25 ^a	4.98 ^a	8.39 ^a		
سبزوار Sabzevar	1.68 ^a	1.13 ^a	1.13 ^a	1.49 ^a	1.48 ^a	4.30 ^a	1.48 ^a	4.30 ^a	1.48 ^a	4.30 ^a	8.39 ^a		
توده × شوری (Salinity×Mass)													
5.2dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	1.27 ^a	0.59 ^a	1.20 ^a	2.13 ^a	3.07 ^a	2.13 ^a	3.07 ^a	2.13 ^a	3.07 ^a	9.92 ^a		
Borujerd	1.99 ^a	1.71 ^a	1.71 ^a	1.81 ^a	1.17 ^a	5.51 ^a	1.17 ^a	5.51 ^a	1.17 ^a	5.51 ^a	10.28 ^a		
سبزوار Sabzevar	1.96 ^a	1.44 ^a	1.44 ^a	1.80 ^a	1.36 ^a	5.20 ^a	1.36 ^a	5.20 ^a	1.36 ^a	5.20 ^a	9.60 ^a		
10.5dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	1.50 ^a	0.79 ^a	1.32 ^a	1.89 ^a	3.61 ^a	1.89 ^a	3.61 ^a	1.89 ^a	3.61 ^a	8.80 ^a		
Borujerd	1.59 ^a	1.33 ^a	1.33 ^a	1.62 ^a	1.19 ^a	4.54 ^a	1.19 ^a	4.54 ^a	1.19 ^a	4.54 ^a	8.55 ^a		
سبزوار Sabzevar	1.58 ^a	1.16 ^a	1.16 ^a	1.43 ^a	1.36 ^a	4.17 ^a	1.36 ^a	4.17 ^a	1.36 ^a	4.17 ^a	8.56 ^a		
23.1dSm ⁻¹	بیرجند Birjand	1.68 ^a	1.45 ^a	1.64 ^a	1.15 ^a	4.77 ^a	1.15 ^a	4.77 ^a	1.15 ^a	4.77 ^a	8.79 ^a		
Borujerd	1.87 ^a	1.31 ^a	1.31 ^a	1.71 ^a	1.43 ^a	4.89 ^a	1.43 ^a	4.89 ^a	1.43 ^a	4.89 ^a	6.34 ^a		
سبزوار Sabzevar	1.49 ^a	0.80 ^a	0.80 ^a	1.23 ^a	1.87 ^a	3.52 ^a	1.87 ^a	3.52 ^a	1.87 ^a	3.52 ^a	7.00 ^a		

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر عامل و در هر ستون برای هر یک از صفات در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with the same letters in each factor and column for each treat are not significantly different in 5% probability level based on LSD test.

جدول ۸)، بهمکنش سطوح شوری و توده نشان داد با افزایش سطح تنش شوری میزان سطح سبز کاهش یافت و تیمار $23/1\text{dSm}^{-1}$ و توده بروجرد بیشترین و تیمار $23/1\text{dSm}^{-1}$ و توده بروجرد کمترین سطح

سطح سبز کوشیا تحت تأثیر افزایش شدت تنش شوری از ۵/۲ به $10/5$ و $23/1\text{dSm}^{-1}$ به ترتیب ۱۳ و ۲۶ درصد کاهش یافت (جدول ۸). بین توده‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر این ویژگی مشاهده نشد

پتانسیل فتوسیستم II در گیاه کوشیا نسبت به افزایش شدت تنفس شوری کاهش زیادی پیدا نکرد. همچنین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر تنفس شوری قرار نگرفت. به طور کلی نتایج حاکی از این است که با وجود تنفس شدید شوری، سیستم فتوسنتزی کوشیا قادر به انجام فرآیندهای طبیعی خود بوده و می‌تواند به عنوان گیاه مدل در مطالعات اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد.

سبز را دارا بودند (جدول ۸) هرچند که این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بررسی اثر تنفس شوری روی سطح برگ ۱۸ ژنوتیپ برنج (*Oryza sativa*) نشان داد که شوری سبب کاهش سطح برگ به دلیل کاهش تقسیم سلولی شد (Ali et al., 2004).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که میزان فتوسنتز و بیشینه کارایی

References

1. Akram, N. A., and Ashraf, M. 2011. Improvement in growth, chlorophyll pigments and photosynthetic performance in salt-stressed plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by foliar application of 5-aminolevulinic acid. *Agrochimica* 55: 94-104.
2. Ali, Y., Aslam, Z., Ashraf, M. Y., and Tahir, G. R. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. *International Journal of Environmental Science & Technology* 1 (3): 221-225.
3. Allakhverdiev, S. I., Nishiyama, Y., Miyairi, S., Yamamoto, H., Inagaki, N., Kanesaki, Y. and Murata, N. 2002. Salt stress inhibits the repair of photo damaged photosystem II by suppressing the transcription and translation of psbA genes in *Synechocystis*. *Plant Physiology* 130: 1443-1453.
4. Apostolova, E. L., Dobrikova, A. G., Ivanova P. I., Petkanchin, I. B., and Taneva, S. G. 2006. Relationship between the organization of the PSII super complex and the functions of the photosynthetic apparatus. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*. 83: 114-122.
5. Asada, K. 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. *Plant Physiology* 141: 391-396.
6. Ashraf, M., and Harris, P. J. C. 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica* 51: 163-190.
7. Bray, E. A., Bailey-Serres, J., and Weretilnyk, E. 2000. Responses to abiotic stress. In: Buchanan, B., Grussem, W. and Jones, R. (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiology, Rockville. 1158-1203.
8. Centritto, M., Loreto, F., and Chartzoulakis, K. 2003. The use of low [CO₂] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell and Environment* 26: 585-594.
9. Chaves, M. M., Flexas, J., and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551-560.
10. Dere, S., Gines, T., and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany* 22: 13-17.
11. Dulai S., Molnár I., Háló B., and Molnár-Láng, M. 2010. Photosynthesis in the 7H Asakaze Komugi/Manas wheat/barley addition line during salt stress. *Acta Agronomica Hungarica* 58: 367-376.
12. Dulai, S., Molnár, I., and Molnár-Láng, M. 2011. Changes of photosynthetic parameters in wheat/barley introgression lines during salt stress. *Acta Biologica Szegediensis* 55: 73-75.
13. Dulai, S., Molnár, I., Szopkó, D., Darkó, É., Vojtkó, A., Sass-Gyarmati, A., and Molnár-Láng, M. 2014. Wheat-*Aegilops biuncialis* amphiploids have efficient photosynthesis and biomass production during osmotic stress. *Journal of Plant Physiology* 171: 509-517.
14. Eckardt, N. A. 2009. A new chlorophyll degradation pathway. *Plant and Cell* 21: 700.
15. Ewing, K., and Dobrowolski, J. P. 1992. Dynamics of shrub die-off salt desert plant community. *Journal of Range Management* 45: 194-199.
16. Erickson, E., Wakao, S., and Niyogi, K. K. 2015. Light stress and photoprotection in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Plant Journal* 82: 449-465.
17. Everard, J. D., Gucci, R., Kann, S. C. Flore, J. A., and Loescher, W. H. 1994. Gas exchange and carbon partitioning in the leaves of celery (*Apium graveolens* L.) at various levels of root zone salinity. *Plant Physiology* 106: 281-292.
18. Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., and Sharkey, T. D. 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C₃plants. *Plant Biology* 6: 269-279.
19. Golding, A. J., and Johnson, G. N. 2003. Down-regulation of linear and activation of cyclic electron transport during drought. *Planta* 218: 107-114.
20. Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought

- stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100-105.
21. Jami Al Ahmadi, M., and Kafi M. 2008. Kochia (*Kochia scoparia*): To be or not to be? In: Kafi, M., and Khan, M. A. (Eds.), Crop and forage production using saline waters. Daya Publisher, New Delhi.
 22. Kafi, M., Asadi, H., and Ganjeali, A. 2010. Possible utilization of high salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. Agriculture and Water Management 97: 139-147.
 23. Kalaji, H. M., Govindjee, Bosa, K., Koscielniak, J., and Zuk-Golaszewska, K. 2011. Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces. Environmental and Experimental Botany 73: 64-72.
 24. Leisner, C. P., Cousins, A. B., Offermann, S., Okita, T. W., and Edwards, G. E. 2010. The effects of salinity on photosynthesis and growth of the single-cell C₄ species *Bienertia sinuspersici* (Chenopodiaceae). Photosynthesis Research 106: 201-214.
 25. Lu, K. X., Yang, Y., He, Y., and Jiang, D. A. 2008. Induction of cyclic electron flow around photosystem I and state transition are correlated with salt tolerance in soybean. Photosynthetica 46: 10-16.
 26. Medici, L. O., Azevedo, R. A., Canellas, L. P., Machado, A. T., and Pimentel, C. 2007. Stomatal conductance of maize under water and nitrogen deficits. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42: 599-601.
 27. Mittal, S., Kumari, N., and Sharma, V. 2012. Differential response of salt stress on *Brassica juncea*: Photosynthetic performance, pigment, proline, D₁ and antioxidant enzymes. Plant Physiology and Biochemistry 54: 17-26.
 28. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-68.
 29. Munns, R., James, R. A., and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany 57: 1025-1043.
 30. Nayyar, H., and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C₃ and C₄ plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany 58: 106-113.
 31. Nippert, J. B., Fay, P. A., and Knapp, A. K. 2007. Photosynthetic traits in C₃ and C₄ grassland species in mesocosm and field environments. Environmental and Experimental Botany 60: 412-420.
 32. Omoto, E., Taniguchi, M., and Miyake, H. 2010. Effects of salinity stress on the structure of bundle sheath and mesophyll chloroplasts in NAD-malic enzyme and PCK type C₄ plants. Plant Production Science 13: 169-176.
 33. Perveen, S., Shahbaz, M., and Ashraf, M. 2010. Regulation in gas exchange and quantum yield of photosystem II (PSII) in salt stressed and non-stressed wheat plants raised from seed treated with triacontanol. Pakistan Journal of Botany 42: 3073-3081.
 34. Qiu, N., Lu, Q., and Lu, C. 2003. Photosynthesis, photosystem II efficiency and the xanthophyll cycle in the salt-adapted halophyte *Atriplex centralasiatica*. New Phytologist 159: 479-486.
 35. Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., and Tavakoli, A. 2010. Growth and stomatal responses of bread wheat genotypes in tolerance to salt stress. World Academy of Science Engineering and Technology 71: 14-19.
 36. Sage, F. R. 2002. Variation in the kcat of Rubisco in C₃ and C₄ plants and some implications for photosynthetic performance at high and low temperature. Journal of Experimental Botany 53: 609-620.
 37. Salehi, M., Kafi, M., and Kiani, A. 2009. Growth analysis of Kochia (*Kochia scoparia* (L.) schrad) irrigated with saline water in summer cropping. Pakistan Journal of Botany 41: 1861-1870.
 38. Saravanavel, R., Ranganathan, R., and Anantharaman, P. 2011. Effect of sodium chloride on photosynthetic pigments and photosynthetic characteristics of *Avicennia officinalis* seedlings. Recent Research in Science and Technology 3: 177-180.
 39. Seckin, B., Turkan, I., Sekmen, A. H., and Ozfidan, C. 2010. The role of antioxidant defense systems at differential salt tolerance of *Hordeum marinum* Huds. (sea barleygrass) and *Hordeum vulgare* L. (cultivated barley). Environmental and Experimental Botany 69: 76-85.
 40. Sudhir, P., Pogoryelov, D., Kovács, L., Garab, G., and Murthy, S. D. S. 2005. The effects of salt stress on photosynthetic electron transport and thylakoid membrane proteins in the cyanobacterium *Spirulina platensis*. Journal of Biochemistry and Molecular Biology 38: 481-485.
 41. Taiz, L., and Zeiger, E. 2010. Plant Physiology. 5th Ed. Sinauer Associates, Sunderland.
 42. Terashima, I., Fujita, T., Inoue, T., Chow, W. S., Oguchi, R. 2009. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: revisiting the enigmatic question of why leaves are green. Plant and Cell Physiology 50: 684-697.
 43. Tester, M., and Davenport, R. J. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Annals of Botany 91: 503-527.
 44. Voznesenskaya, E. V., Franceschi, V. R., Kuirats, O., Artyusheva, E. G., Freitag, H., and Edwards, G. E. 2002. Proof of C₄photosynthesis without Kranz anatomy in *Bienertia cycloptera* (Chenopodiaceae). Plant Journal 31: 649-662.
 45. Winicov, I., and Seemann, J. R. 1990. Expression of genes for photosynthesis and the relationship to salt tolerance

- of alfalfa (*Medicago sativa*) cells. Plant and Cell Physiology 31: 1155-1161.
46. Yamamoto, Y., Kai, S., Ohnishi, A., Tsumura, N., Ishikawa, T., Hori, H., Morita, N., and Ishikawa, Y. 2014. Quality control of PSII: behavior of PSII in the highly crowded grana thylakoid under excessive light. Plant and Cell Physiology 55: 1206-1215.
47. Zhang, G., and Deng, C. 2012. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of salinity-alkalinity stressed *Phragmites australis* seedlings. Journal of Food, Agriculture & Environment 10: 880-884.



Photosynthetic Characteristics of Kochia as Affected by Salinity Stress

J. Nabati^{1*}- M. Kafi²- E. Boroumand Rezazadeh³- A. Masoumi⁴- M. Zare Mehrjerdi⁵

Received: 23-02-2017

Accepted: 10-06-2018

Introduction

Low precipitation, high temperature and high evaporation along with excessive consumption of water sources have led to reduced quantity and quality of water sources (e.g. water salinization) in arid and semi-arid regions which ultimately affect crop growth. Environmental stresses such as salinity, cause alterations in a wide range of physiological, biochemical, and molecular processes in plants. So, identification of plants which are less affected by salinity could be of great importance in breeding programs. Kochia (*Bassia scoparia*) is such a crop which its high tolerance to salinity has been reported in previous studies. Since photosynthesis is the most fundamental and intricate physiological process in all green plants determining plant yield under salinity stress, the aim of this study was evaluation of the effects of salinity on photosynthetic characteristics of kochia.

Materials and Methods

In order to study photosynthetic characteristics of kochia under salinity conditions, an experiment was conducted as split-plot based on randomized complete block design with three replications. Three masses of kochia including Birjand, Borujerd and Sabzevar were considered in main plots and three levels of salinity (5.2, 10.5 and 23.1 dS.m⁻¹) as sub-plots. Photosynthesis, evapotranspiration, stomatal conductance, Sub-stomatal CO₂ concentration and quantum yield of PSII were measured in the youngest fully expanded leaf for seven weeks started from thirty days after imposing stress. Chlorophyll a, b and carotenoids and green area were measured at anthesis. Data were analyzed using Minitab 16 and means were compared by LSD test at a significance level of 0.05.

Results and Discussion

Results indicated that photosynthesis and evapotranspiration was decreased over the time after salinity imposed. Photosynthesis and evapotranspiration in different masses and salinity levels was almost the same in the 8th week after imposing salinity stress. At the end of the growth season, photosynthesis and evapotranspiration indicated too much decrease in all salinity levels and reached to a same level. In the 4th week after salinity was imposed, the highest photosynthesis was observed in Birjand, Sabzevar and Borujerd, respectively. Reduction intensity of evapotranspiration in time was more in Birjand compared to Borujerd and Sabzevar masses. CO₂ sub-stomatal CO₂ showed a pronounced increase in all masses and a salinity levels in the 8th weeks after salinity imposed. Results of chlorophyll fluorescence indices in the salinity imposing period indicated an improvement of these indices and finally the increase in quantum yield of photosystem II. Stomatal conductance showed a decreasing trend during time and reached to the lowest level in the 11th week after imposing stress. The lowest mean of this parameter was belong to Sabzevar mass. Stomatal conductance did not vary much till tenth week after imposing salinity while it got a steep slope decreasing trend in the other two salinity levels in week seven. Decreasing trend of stomatal conductance was stronger in treatments of 10.5 and 23.1 dS.m⁻¹ compared to 5.2dS.m⁻¹. Leaf content of chlorophyll a, b, carotenoids and total pigments at anthesis were not affected by kochia masses and salinity levels. Interaction of salinity and mass indicated a lower green area in higher salinity levels. The highest and lowest green area was observed in Borujerd mass in salinity levels of 5.2 and 23.1 dS.m⁻¹, respectively.

Conclusions

Results of this experiment indicated that photosynthesis and quantum yield of PSII in kochia did not vary

1- Member of staff, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

2- Member of staff, Faculty of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

3- Ph.D. in Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad

4- Member of staff, Payame Noor University

5- Member of staff, Shirvan higher education complex

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

much as salinity intensity increased. Also, content of photosynthesis pigments was not affected by salinity stress. Generally, it could be concluded that photosynthesis system of kochia is capable to maintain its normal processes although being imposed to sever salinity stress and though could be used as a model crop in plant breeding programs.

Keywords: Evapotranspiration, Quantum yield of photosystem II



ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارزن معمولی و سویا در کشت مخلوط تحت شرایط تنش کم‌آبی در منطقه همدان

سمیه حاجی‌نیا^۱- گودرز احمدوند^{۲*}- علی اشرف مهرابی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

به منظور بررسی اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن و سویا تحت شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعینا در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل کم‌آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمیعی آب از تشت تبخیر کلاس A) و کرت‌های فرعی نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی در پنج سطح ۳۳ درصد ارزن+۶۷ درصد سویا، ۵۰ درصد ارزن+۵۰ درصد سویا، ۶۷ درصد ارزن+۳۳ درصد سویا و تک کشتی سویا و ارزن بودند. صفات مورد بررسی شامل غلظت کلروفیل، ارتفاع بوته، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارزن معمولی و سویا بودند. نتایج نشان داد که با اعمال تنش کم‌آبی، غلظت کلروفیل برگ سویا و ارزن در نسبت‌های کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص آن‌ها بود. بیشترین تعداد خوش در بوته و تعداد دانه در خوش ارزن در نسبت‌های (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) و (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) در شرایط عدم تنش کم‌آبی و کمترین میزان آن‌ها در کشت خالص ارزن تحت شرایط تنش شدید کم‌آبی مشاهده شد. تنش کم‌آبی موجب کاهش معنی دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا شد. نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف سویا را افزایش داد. نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) تحت شرایط تنش شدید کم‌آبی، بیشترین نسبت برابری زمین ۱/۱۴ را به خود اختصاص داد. به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که بهترین نسبت کشت مخلوط برای به دست آوردن حداکثر عملکرد دانه ارزن و سویا نسبت کشت (۵۰ درصد سویا: درصد ۵۰ ارزن) در سطوح مختلف کم‌آبیاری بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، الگوی کاشت، کلروفیل، نسبت برابری زمین

ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (FAO, 2010).

بنابراین، دست‌یابی به راهبردهایی برای کاهش اثرات منفی تنش

خشکی بر گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از راهکارهای زراعی برای افزایش راندمان آب و استفاده

حداکثر از رطوبت خاک، کشت مخلوط می‌باشد (Sanjani et al., 2011).

کشت مخلوط در مناطق خشک و نیمه‌خشک از سالیان دور

در بسیاری از کشورها متداول بوده که با انجام آن ضمن کاهش

خطرات احتمالی و افزایش حاصلخیزی خاک، از منابع نیز حداکثر

بهره‌برداری می‌شود. در این روش کشت، میزان مصرف سوم گیاهی

و کودهای شیمیایی کاهش یافته و به همان نسبت میزان آلودگی

محیط‌زیست نیز کمتر می‌شود (Pour Golestan et al., 2015).

استفاده از گیاهان بقولات در کشت مخلوط با غلات باعث افزایش

عملکرد محصولات بهخصوص در شرایط خشک و نیمه‌خشک می‌شود

(Ghosh et al., 2009). الگوهای جذب آب در گیاهانی که به صورت

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در سراسر جهان است که عملکرد محصولات را گاهی تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد (Mahajan and Toteja, 2005). ایران با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال، یک‌سوم متوسط بارندگی جهان را دارد. بر اساس گزارش فائو حدود ۹۰ درصد از کشور

۱- دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعینا، همدان، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعینا، همدان، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران (Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v16i4.66825

Ghosh (2004) گزارش کرد که در بین کشت مخلوط ذرت، سورگوم (*Sorghum bicolor L.*) و ارزن مرواریدی با بادامزمنی (*Arachis hypogaea L.*)، ارزن مرواریدی دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک دو چین (۱۶/۵ تن)، تعداد پنجه و ارتفاع در بین این سه گیاه بود. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2011) با بررسی کشت مخلوط سویا و ارزن اظهار داشتند که عملکرد علوفه تر و خشک در کشت مخلوط ردیفی بر تک‌کشتی و کشت درهم برتری نشان داد. محققان با بررسی نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط سویا با دو گیاه ریحان (*Ocimum basilicum L.*) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis L.*) دریافتند که عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی سویا در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط با ریحان و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis L.*) از مقدار بیشتری برخوردار بود (Bagheri Shirvan et al., 2014). الهدادی و همکاران (Allahdadi et al., 2015) در بررسی رقابت و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط ردیفی سویا و همیشه‌بهار و کشت مخلوط نواری (چهار ردیف همیشه‌بهار + شش ردیف سویا) از نظر عملکرد اقتصادی، نسبت برابری زمین نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت‌های مخلوط برتری داشت. رضایی‌چیانه (Rezaei-Chiyaneh, 2016) گزارش داد بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۹۳) از کشت مخلوط نواری با نسبت (دو ردیف سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) + چهار ردیف لویبا + دو ردیف ریحان) به دست آمد که نشان‌دهنده افزایش سودمندی زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بود.

با توجه به اهمیت گیاه سویا و ارزن معمولی و همچنین وجود عوامل محدود‌کننده رشد مانند تنفس کم‌آبی که باعث کاهش عملکرد این محصولات می‌شود. توجه به راهکارهای مدیریتی مناسب به منظور کاهش اثرات سوء تنفس و همچنین دست‌یابی به حداقل عملکرد در این محصولات امری ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن و سویا تحت شرایط تنفس کم‌آبی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان واقع در روستای دستجرد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا، طی سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ اجرا گردید. منطقه از نظر اقلیمی بر اساس اقلیم نمای دومارتن جزو مناطق نیمه‌خشک و سرد، با میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۰ میلی‌لیتر و متوسط درجه حرارت ۲۴ درجه سانتی‌گراد در گرمترین ماه سال است. بافت خاک محل آزمایش لومی بود. زمین محل انجام آزمایش در سال قبل

مخلوط کشت می‌شوند با کشت خالص متفاوت است (Mohsenabadi et al., 2008). واپسی (Willey, 1990) در بررسی خود نشان داد که در کشت مخلوط، آب قابل دسترس بیشتر از تک کشتی است و علت آن را اختلاف در الگوهای ریشه‌دهی گیاهان در کشت مخلوط دانست؛ که سبب می‌شود جذب آب در این کشت مخلوط افزایش یافته و در نتیجه مقدار آب قابل دسترس گیاه را افزایش داده و منجر به افزایش نسبت تعرق به تبخیر و تعرق می‌گردد.

ارزن معمولی (*Panicum miliaceum L.*) یکی از غلاتی است که نسبت به تنفس خشکی متتحمل بوده و می‌توان از آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک به عنوان منابع قابل اطمینان تولید دانه و علوفه بهره برد، با این حال رشد و نمو این گیاه نیز می‌تواند بر اثر تنفس کم‌آبی کاهش یابد. بررسی تنفس خشکی در مراحل مختلف رشد، بر عملکرد و بازده استفاده از آب پنج ژنتیپ ارزن معمولی نشان داد، که در شرایط تنفس، عملکرد ژنتیپ‌های ارزن کاهش یافت اما کاهش عملکرد در شرایط اعمال تنفس در مرحله ظهورخوشه شدیدتر از اعمال تنفس در مرحله رشد رویشی بود (Saghatoleslami et al., 2007).

یاداو و ابتناگار (Yadav and Bhatnagar, 2001) نشان دادند که خشکی پس از گله‌ی عملکرد دانه ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum L.*) را کاهش داد و کاهش عملکرد از طریق کاهش سه جزء مهم عملکرد یعنی تعداد پنجه در مترمربع، وزن دانه و تعداد دانه در خوش بود.

سویا (*Glycine max L. Merr.*) از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در جهان و ایران محسوب می‌شود و با دارا بودن ۱۸-۲۵ درصد روغن و ۳۰-۵۰ درصد پروتئین، یکی از منابع عمده تولید روغن و پروتئین گیاهی است و اهمیت ویژه‌ای در تغذیه انسان، دام و طیور دارد (Khajehpour, 2007). بنابراین، پتانسیل زیادی برای گسترش کشت این گیاه در الگوهای کشت مخلوط وجود دارد. ابوطالبیان و خلیلی (Aboutalebian and Khalili, 2014) اثر سه رژیم آبیاری ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A را بر عملکرد سویا در همدان بررسی نمودند و نشان دادند که عملکرد دانه سویا در رژیم‌های آبیاری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر در مقایسه با رژیم آبیاری ۵۰ میلی‌متر (عدم تنفس کم‌آبی) به ترتیب به میزان ۳۵/۸۳ و ۷۶/۶۷ درصد کاهش یافت.

يانگ و همکاران (Yang et al., 2009) کشت مخلوط گندم (*Zea mays L.*) و ذرت (*Triticum aestivum L.*) را روش مناسبی برای حداقل استفاده از آب و بالاترین عملکرد در شرایط تنفس کم‌آبی (Walker and Ogindo, 2003) معرفی کردند. واکر و اگیندو (Phasaeolous vulgaris L.) مشاهده کردند که کشت مخلوط ذرت و لوبيا (*Phaseolous vulgaris L.*) نسبت به کشت خالص، حداقل تبخیر را داشت. علت این امر سطح برگ بیشتر و پوشش سریعتر زمین بود که باعث شد

شیمیایی خاک آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

از اجرای آزمایش تحت آیش قرار داشت. برخی خصوصیات فیزیکی و

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک)

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental field soil (soil depth 0-30 cm)

نیتروژن کل	پتانسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	ماده آلی	pH	هدایت الکتریکی	بافت خاک	Soil texture
Total N (%)	K (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	OM (%)	EC (dS m ⁻¹)	(Loam)	لومی	
0.05	326.0	11.0	1.0	8.00	0.18		

پلی‌اتیلن انجام و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری با استفاده از کنتور ثبت گردید. نیاز آبی هر گیاه، با تعیین تبخیر و تعرق گیاه مراعط به روش فائق پمن مونتیث و ضرایب گیاهی در منطقه مورد آزمایش از معادله‌های (۱) و (۲) تعیین گردید (Allen *et al.*, 1998). برای تعیین تبخیر و تعرق مراعط از داده‌های تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و ضرایب تشتک استفاده شد.

$$ET_0 = K_p \times E_{pan} \quad (1)$$

در این معادله E_{pan} و K_p به ترتیب تبخیر از تشتک، ضریب تشتک و تبخیر و تعرق مراعط است. در این تحقیق ضریب تشتک محاسبه شده از روش پیشنهاد شده در نشریه فائق (۵۰)، با توجه به موقعیت و محل استقرار آن به طور میانگین ۰/۶۵ منظور شد.

$$ET_{crop} = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

در این معادله ET_{crop} تبخیر و تعرق گیاه مراعط (میلی‌متر در روز)، K_c ضریب گیاهی (بدون واحد) است (Allen *et al.*, 1998). متوسط ضرایب گیاهی ارزن و سویا به ترتیب ۱ و ۱/۱ در نظر گرفته شد (Azizi *et al.*, 2015).

در مرحله گل‌دهی سویا و مرحله خوش‌دهی ارزن معمولی، مجموع غلاظت کلروفیل آ و ب مطابق روش آرنون (Arnon, 1975) اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد واقعی بیولوژیکی و دانه، ارزن معمولی در تاریخ ۲۰ شهریور و سویا در ده مهر با لحاظ حاشیه، سطحی معادل دو مترمربع برداشت شد. پیش از برداشت، اجزای عملکرد دانه سویا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، ارتفاع بوته در سویا و تعداد خوش‌دهی در بوته، تعداد دانه در خوش‌دهی، وزن هزار دانه در ارزن معمولی اندازه‌گیری و تعیین گردید. برای محاسبه میزان سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی از شاخص نسبت برابری زمین^۱ (معادله ۳) استفاده شد (Willey, 1990).

$$LER = \frac{Y_{sm}}{Y_{ss}} + \frac{Y_{ms}}{Y_{mm}} \quad (3)$$

در این معادله Y_{sm} و Y_{ss} به ترتیب عملکرد سویا در کشت مخلوط و خالص و Y_{mm} و Y_{ms} به ترتیب عملکرد ارزن در کشت مخلوط و خالص می‌باشد.

عملکرد مورد انتظار سویا در نسبت‌های ۶۷ درصد سویا:

این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. کرت‌های اصلی شامل کم‌آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی آب از تشتک تبخیر کلاس A که به ترتیب به عنوان آبیاری مطلوب (عدم تنفس)، تنفس متوسط و تنفس شدید کم‌آبی در نظر گرفته شد) و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی به عنوان عامل فرعی در پنج سطح (تک کشتی سویا: ۰ درصد سویا، ۱۰۰ درصد سویا، تک کشتی ارزن (۰ درصد سویا: ۱۰۰ درصد ارزن)، کشت مخلوط جایگزینی ۳۳ درصد سویا+ ۶۷ درصد ارزن، ۵۰ درصد سویا+ ۵۰ درصد ارزن و ۶۷ درصد سویا+ ۳۳ درصد ارزن در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

عملیات کاشت سویا (*Glycine max* L. Merr.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) به صورت همزمان در اول خرداد ماه در کرت‌هایی شش ردیفه با طول چهار متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. فاصله نهایی بین تکهای روی خطوط کاشت در هر دو گیاه، پنج سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر و فاصله بین کرت‌های اصلی از هم‌دیگر یک متر بود. نسبت‌های مختلف کشت مخلوط به روش جایگزینی انجام شد و نسبت‌های کاشت با تغییر تعداد ردیف‌های کشت تنظیم گردید. در نسبت کاشت ۳۳ (۳۳ درصد سویا: ۶۷ درصد ارزن) چهار ردیف ارزن و دو ردیف سویا و در نسبت ۶۷ (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) دو ردیف ارزن و چهار ردیف سویا منظور شد و نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) شامل کشت یک در میان ارزن با سویا بود. در تک کشتی سویا و ارزن معمولی، شش ردیف به کشت خالص هر کدام از آن‌ها اختصاص یافت.

بذر مورد استفاده ارزن نوع معمولی (توده محلی) از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان و بذر سویا (رقم M9) از مرکز تحقیقات دانه‌های روغنی الشتر (لرستان) تهیه شده بود. کاشت بذر با تراکم بیشتر از حد مورد نظر انجام و برای دستیابی به تراکم مطلوب سویا و ارزن (۴۰ بوته در مترمربع) گیاهان در مرحله چهار تا شش برگی تک شدند. واحدهای آزمایشی تا ۲۱ روز پس از کاشت به طور کامل آبیاری شدند و بعد از این مدت، اعمال تیمارهای تنفس کم‌آبی آغاز شد. آبیاری به صورت جوی و پشتی‌ای با استفاده از لوله

نتایج و بحث

غلظت کلروفیل و ارتفاع بوته ارزن معمولی و سویا

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیر کم‌آبیاری بر غلظت کلروفیل و ارتفاع بوته سویا و ارزن در سطح احتمال یک درصد بود. تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر غلظت کلروفیل برگ سویا و ارزن معنی‌دار گردید (جدول ۲). همچنین ارتفاع بوته سویا تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و اثرات مقابله (کم‌آبیاری \times نسبت‌های کشت مخلوط) قرار گرفت (جدول ۲).

درصد ارزن)، (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) و (۳۳ درصد سویا: ۶۷ درصد ارزن) بهترتب از تقسیم عملکرد واقعی سویا در تک‌کشتی تقسیم بر ۱/۵ و ۲ و ۳ به دست آمد. عملکرد مورد انتظار ارزن معمولی نیز در نسبت‌های کاشت (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن)، (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) و (۳۳ درصد سویا: ۶۷ درصد ارزن) بهترتب از تقسیم عملکرد واقعی ارزن در تک‌کشتی تقسیم بر ۳ و ۲ و ۱/۵ محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌ها به کمک نرم‌افزار 9.2 SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و کم‌آبیاری بر غلظت کلروفیل برگ سویا و ارزن معمولی

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of the effect of different intercropping ratios and deficit irrigation levels on chlorophyll of soybean and common millet

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سویا		Common millet		ارزن معمولی
		کلروفیل Chlorophyll	ارتفاع بوته Plant height	کلروفیل Chlorophyll	ارتفاع بوته Plant height	
بلوک Block	2	0.209 ^{ns}	21.054 ^{ns}	1.111 ^{ns}	20.09 ^{ns}	
کم‌آبیاری Deficit irrigation	2	2.733 ^{**}	1613.25 ^{**}	5.192 ^{**}	2061.95 ^{**}	
خطای اصلی Error a	4	0.124	5.11	0.267	48.99	
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	3	0.074 [*]	154.79 ^{**}	0.307 ^{**}	0.33 ^{ns}	
کم‌آبیاری \times نسبت‌های کشت مخلوط Deficit irrigation \times Intercropping ratios	6	0.002 ^{ns}	11.56 [*]	0.009 ^{ns}	1.08 ^{ns}	
خطای فرعی Error b	18	0.022	2.99	0.023	21.05	
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.63	12.75	5.04	7.45	

* و **: بهترتب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد ns: غیرمعنی‌دار

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

درصد ارزن) و (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) در مقایسه با کشت خالص سویا، بهترتب معادل ۸/۴۳، ۸/۵۷ و ۸/۷۶ درصد بود (جدول ۳).

بیشترین غلظت کلروفیل برگ ارزن (۳/۱۸ و ۳/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) بهترتب در نسبت‌های کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) و (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) به دست آمد که بهترتب ۱۲/۰۹ و ۱۲/۰۴ درصد بیشتر از غلظت کلروفیل در تک‌کشتی ارزن بود (جدول ۳).

با اعمال تنش کم‌آبی، غلظت کلروفیل برگ ارزن و سویا کاهش یافت. میزان کاهش غلظت کلروفیل برگ سویا در سطح تنفس متوسط و تنش شدید کم‌آبی نسبت به عدم تنش کم‌آبی بهترتب برابر ۱۸/۵ و ۳۴/۷۳ درصد بود (جدول ۳).

میزان کاهش غلظت کلروفیل برگ ارزن در شرایط تنش شدید کم‌آبی در مقایسه با عدم تنش معادل ۳۶/۰۸ درصد بود (جدول ۳). غلظت کلروفیل در همه نسبت‌های کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص سویا بود (جدول ۳). میزان افزایش غلظت کلروفیل برگ سویا در نسبت‌های (۳۳ درصد سویا: ۶۷ درصد ارزن)، (۵۰ درصد سویا: ۵۰

جدول ۳- اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر غلظت کلروفیل برگ سویا و ارزن معمولی در سطوح مختلف کم‌آبیاری

Table 3- The effect of different intercropping ratios on photosynthetic pigments concentration of soybean and common millet in different levels of deficit irrigation

تیمارها Treatments	سویا		ارزن معمولی		
	کم‌آبیاری Deficit irrigation*	غلظت کلروفیل Chlorophyll (mg g^{-1})	کم‌آبیاری Deficit irrigation*	غلظت کلروفیل Chlorophyll (mg g^{-1})	ارتفاع بوته ارزن Plant height of millet (cm)
60	2.747 ^a		3.623 ^a		84.33 ^a
90	2.240 ^b		3.094 ^a		72.22 ^b
120	1.793 ^c		2.316 ^b		58.14 ^c
LSD (0.05)	0.400		0.585		7.93
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios**					
100S:0M	2.123 ^b		-		-
67S:33M	2.309 ^a		3.169 ^a		68.87 ^a
50S:50M	2.305 ^a		3.176 ^a		70.65 ^a
33S:67M	2.302 ^a		2.877 ^b		71.44 ^a
0S:100M	-		2.827 ^b		69.38 ^a
LSD (0.05)	0.148		0.150		4.54

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون حداقل احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test ($P<0.05$)

*: MM evaporation from pan class A

**: 100S:0M; 67S:33M; 50S:50M; 33S:67M; 0S:100M

درصد

: تک کشتی سویا؛ ۳۳ درصد سویا+۶۷ درصد ارزن، ۵۰ درصد سویا+۵۰ درصد ارزن؛ ۷۶ درصد سویا+۳۳ درصد ارزن؛ تک کشتی ارزن

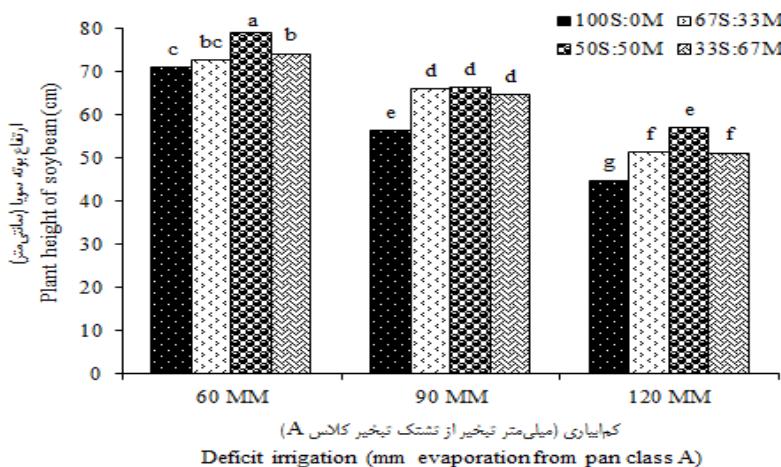
Sorghum (et al., 2006) در کشت مخلوط سویا و سورگوم (*bicolor* L.) گزارش کردند که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بالاتر بوده است، آنها علت این امر را به سایه‌اندازی این دو گیاه روی همدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط سویا نسبت دادند. به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، باعث افزایش میزان کلروفیل در هر دو گیاه ارزن و سویا شده که به دنبال آن سبزیجی، توانایی جذب نور خوب‌شیدی، تولید مواد فتوستنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد.

بیشترین ارتفاع بوته ارزن (۸۴ سانتی‌متر) در شرایط عدم تنش کم‌آبی و کمترین آن (۵۸ سانتی‌متر) در اثر تنش شدید کم‌آبی، مشاهده شد (جدول ۳). میزان کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش شدید کم‌آبی نسبت به عدم تنش کم‌آبی ۳۱/۰۶ درصد بود (جدول ۳).

بیشترین ارتفاع بوته سویا (۷۹ سانتی‌متر) در نسبت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) تحت شرایط عدم تنش و کمترین میزان آن (۴۵ سانتی‌متر) در تک کشتی سویا در شرایط تنش شدید کم‌آبی، مشاهده شد. میزان افزایش ارتفاع بوته سویا در نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) تحت شرایط عدم تنش و تنش شدید کم‌آبی در مقایسه با کشت خالص سویا به ترتیب معادل ۱۱/۴۸ و ۲۷/۱۸ درصد بود (شکل ۱).

کاهش مقدار کلروفیل که از عوامل مهم تأثیرگذار در ظرفیت فتوسنتزی است، با افزایش سطوح تنش کم‌آبی، موجب ناکارآمدی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تسهیل صدمات تنش گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت کلروفیل در هر دو گیاه ارزن و سویا در شرایط تنش کم‌آبی کاهش یافت. این مسئله ممکن است به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز تحت شرایط تنش کم‌آبی باشد (Yang et al., 2016). تنش کم‌آبی با ایجاد تنش اکسیداتیو و تولید اکسیژن‌های فعال، سبب تجزیه و تخرب کلروفیل می‌شود (Rajasekar et al., 2016). مطالعات زیادی نشان داده‌اند که تنش کم‌آبی میزان کلروفیل گیاه را در گیاهان ذرت و *Chorispora bungeana* Rajasekar et al., 2016; Yang et al., 2016 کاهش می‌دهد (al., 2016).

افزایش مقدار کلروفیل در کشت مخلوط می‌تواند به دلیل افزایش جذب بیشتر عناصر از خاک توسط هر دو گیاه باشد. این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (Lin et al., 2007). نامبردگان اظهار داشتند که در کشت‌های مخلوط در برگ‌زندگان بقولات و غلات، به دلیل تثبیت نیتروژن توسط بقولات و افزایش کلروفیل برگ، کارآبی مصرف نور افزایش می‌یابد. شاید بتوان، افزایش غلظت کلروفیل ارزن به موازات افزایش تراکم سویا را به استفاده ارزن از نیتروژن تثبیت شده توسط سویا در کشت مخلوط نسبت داد. قوش و همکاران (Ghosh



شکل ۱- اثر نسبت‌های مختلف بر ارتفاع بوته سویا در سطوح مختلف کم‌آبیاری

Figure 1- The effect of different intercropping ratios on plant height of soybean in different levels of deficit irrigation (LSD0.05:2.97)

داشتن ارتفاع بلندتر و سایه‌اندازی روی سویا، باعث کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور شده و در نتیجه این امر، ارتفاع بوته سویا افزایش می‌باید (Yang *et al.*, 2014). از طرفی، با افزایش سایه‌اندازی به دلیل کاهش نور دریافتی توسط لایه‌های پایین کانوپی، هورمون اکسین تجزیه نشده و با افزایش غلظت اکسین، ارتفاع بوته افزایش می‌باید (Agegnnehu *et al.*, 2006). به نظر می‌رسد تأمین بهتر آب در کشت مخلوط و استفاده کارآمد از آن، عامل افزایش ارتفاع سویا باشد. ردفیارن و همکاران (1999) Redfearn *et al.*, 1999) بیان داشتند افزایش ارتفاع بوته سویا در کشت مخلوط با سورگوم به دلیل سایه‌اندازی توسط گیاه بلندتر و در اثر افزایش طول میان‌گره‌ها است. بنابراین با جایگزین شدن ارزن، به دلیل رقابت برای کسب نور و منابع محیطی، ارتفاع سویا افزایش یافت.

عملکرد و اجزای عملکرد ارزن معمولی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات کم‌آبیاری، نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و اثرات متقابل آن‌ها بر تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ارزن معمولی معنی دار بود (جدول ۴). همچنین وزن هزار دانه تحت تأثیر اثرات کم‌آبیاری در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین وزن هزار دانه ارزن (۵/۶۸ گرم) تحت شرایط عدم تنفس کم‌آبی بددست آمد هرچند که اختلاف آماری با تنفس متوسط کم‌آبی نداشت (شکل ۲).

با توجه به الگوی رشد نامحدود سویا، به نظر می‌رسد که تنفس کم‌آبی از طریق کاهش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به بخش‌های فوقانی گیاه موجب کاهش ارتفاع بوته گردید. آزمایش‌های متعدد کاهش ارتفاع گیاه سویا در اثر کاهش مقدار آب مورد نیاز را نشان داده‌اند (Hea *et al.*, 2017; Zheng *et al.*, 2015). تنفس کم‌آبی از طریق کاهش فشار تورژسانس باعث کاهش رشد و ارتفاع گیاه ارزن شد (Abdul Jaleel *et al.*, 2008). همچنین، تنفس کم‌آبی باعث کاهش فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در مراحل اولیه تنفس می‌شود که پیامد آن کم‌شدن ذخیره کربن و کاهش رشد می‌باشد (Yordanov *et al.*, 2003). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Saghatoleslami *et al.*, 2007).

ارتفاع ارزن واکنش معنی‌داری به کشت مخلوط نشان نداد (جدول ۳). باربیوتسا و همکاران (Baributsa *et al.*, 2008) گزارش کردند که با افزایش تراکم در کشت مخلوط درهم ذرت و شبدر ایرانی (Trifolium resupinatum L.) عملکرد هر دو گیاه افزایش یافت ولی ارتفاع ذرت در تراکمهای مختلف تقاضوت معنی‌داری نشان نداد. به نظر می‌رسد که عدم تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط بر ارتفاع ارزن، پتانسیل بالای این گیاه برای سازگاری با تغییرات تراکم بوده است.

بر اساس مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که ارتفاع بوته سویا در الگوهای کشت مخلوط بیش از تک کشتی بود. به نظر می‌رسد که رقابت گیاهان بر سر نور باعث می‌شود گیاهان ماده خشک بیشتری به ارتفاع بوته خود اختصاص دهند. در واقع با افزایش تراکم ارزن، به دلیل رقابت برای کسب نور و منابع محیطی، ارتفاع بوته سویا افزایش یافت. به بیان دیگر، به نظر می‌رسد که بوته‌های ارزن به دلیل

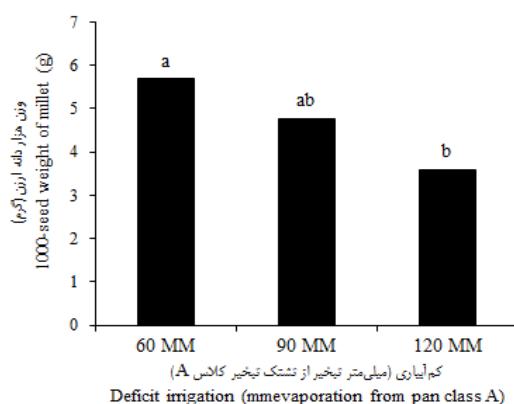
جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارزن معمولی

Table 4- Analysis of variance (mean squares) of the effect of different intercropping ratios and deficit irrigation on grain yield and yield components of common millet

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد خوشه در بوته Number of panicles per plant	تعداد دانه در خوشه Number of seeds per panicle	وزن هزار دانه 1000-seeds weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.283 ^{ns}	1301 ^{ns}	2.239 ^{ns}	428862*	671 ^{ns}	97.12*
کم آبیاری Deficit irrigation	2	9.657**	16189*	13.207*	8288713**	1112682**	0.51 ^{ns}
خطای اصلی Error a	4	0.249	1104	1.430	38091	2190	6.98
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	3	4.423**	11854**	0.008 ^{ns}	9515889**	1175493**	4.18 ^{ns}
کم‌آبیاری × نسبت‌های کشت مخلوط Deficit irrigation × Intercropping ratios	6	0.969**	3250*	0.004 ^{ns}	308098**	35737**	1.24 ^{ns}
خطای فرعی Error b	18	0.147	132	0.272	9572	1829	3.87
ضریب تغییرات CV (%)	-	9.11	11.11	11.15	13.69	4.39	9.30

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

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



شکل ۲- اثر کم‌آبیاری بر وزن هزار دانه ارزن معمولی

Figure 2- The effect of deficit irrigation on 1000- seeds weight of common millet (LSD_{0.05}: 1.36)

ثقه‌الاسلامی و همکاران (Saghatoleslami *et al.*, 2007) در بررسی تأثیر تنفس خشکی در مراحل مختلف رشد، بر عملکرد و بازده استفاده از آب پنج ژنوتیپ ارزن معمولی نشان دادند که تنفس خشکی در مرحله ظهور خوشه باعث بیشترین کاهش تعداد دانه در خوشه و کاهش وزن هزار دانه گردید. بیشترین تعداد خوشه در بوته ($\frac{3}{5}$ خوشه در بوته) در نسبت‌های (۵۰/۵۰ درصد ارزن) و (۶۷/۵۰ درصد ارزن) در شرایط عدم تنفس کم‌آبی به دست آمد و کمترین تعداد خوشه در

وجود شرایط تنفس کم‌آبی و کاهش آب خاک در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش ساخت و انتقال مواد فتوستنتری به دانه‌ها می‌شود که در نتیجه طول دوره پر شدن دانه‌ها کاهش یافته و مهمترین تأثیر بارز آن بر روی کاهش وزن هزار دانه به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد می‌باشد (Yadav and Bhatnagar, 2001). کاهش وزن هزار دانه ارزن در تنفس شدید کم‌آبی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گلدهی در اندام‌های رویشی که در نتیجه دوره پر شدن دانه‌ها را کوتاه می‌نماید، نسبت داد.

عدم تنش کم‌آبی، بیشترین تعداد دانه در خوشه ارزن را دارا بودند و کشت خالص ارزن در شرایط تنش شدید کم‌آبی، کمترین تعداد دانه در خوشه را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

بوته ارزن (۲/۸۶ خوشه در بوته) در کشت خالص ارزن تحت شرایط تنش شدید کم‌آبی مشاهده شد (جدول ۵).

نسبت‌های کشت (۳۳ درصد سویا: ۶۷ درصد ارزن)، (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) و (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) در شرایط

جدول ۵- اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر اجزای عملکرد دانه ارزن معمولی در سطوح مختلف کم‌آبیاری

Table 5- The effect of different intercropping ratios on grain yield and yield components of common millet in different levels of deficit irrigation

کم‌آبیاری Deficit irrigation*	نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios**	تعداد خوشه در بوته Number of panicles per plant	تعداد دانه در خوشه Number of seeds per panicle
60	0S:100M	322 ^b	5.33 ^b
	33S:67M	344 ^a	5.33 ^b
	50S:50M	347 ^a	6.00 ^a
	67S:33M	356 ^a	6.56 ^a
90	0S:100M	246 ^f	4.09 ^{de}
	33S:67M	267 ^{de}	4.49 ^{cd}
	50S:50M	289 ^c	5.31 ^b
	67S:33M	286 ^{cd}	4.83 ^{bc}
120	0S:100M	214 ^g	2.86 ^g
	33S:67M	237 ^f	3.31 ^{fg}
	50S:50M	249 ^{ef}	5.78 ^{ef}
	67S:33M	255 ^{ef}	3.61 ^{ef}
LSD (0.05)		19	0.66

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test ($P<0.05$)

*: میلی‌متر تبخیر از تستک تبخیر کلاس A

**: 100S:0M; 67S:33M; 50S:50M; 33S:67M; 0S:100M

^{*}: میلی‌متر تبخیر از تستک تبخیر کلاس A

^{**}: تک‌کشتی سویا: ۳۳ درصد سویا+ ۶۷ درصد ارزن، ۵۰ درصد سویا+

درصد ارزن؛ ۶۷ درصد سویا+ ۳۳ درصد ارزن؛ تک‌کشتی ارزن

و در نتیجه از منابع رشدی مانند آب به نحو مطلوب‌تری استفاده کرده و مواد فتوستنتزی بیشتری را به مخازن بهویژه خوشه‌ها اختصاص دادند (جدول ۵).

تشکیل کم‌آبی از طریق ایجاد محدودیت در تأمین مواد فتوستنتزی لازم برای پر کردن دانه‌ها، تعداد دانه در خوشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. احتمالاً کمبود آب از طریق کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوستنتزی، منجر به کاهش تعداد گلچه‌های بارور و در نتیجه کاهش تعداد دانه در خوشه می‌شود. همچنین، کاهش تعداد دانه در خوشه می‌تواند ناشی از کاهش طول خوشه باشد (Yadav and Bhatnagar, 2001).

به نظر می‌رسد که ارزن در کشت مخلوط، از عوامل رشد نظیر نیتروژن و آب بهره‌برداری بیشتری کرده که این عوامل در نهایت، موجب بهبود اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در خوشه آن بهدلیل بهبود راندمان مصرف آب و مواد غذایی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شده است.

تعداد خوشه در گیاه قبل از مرحله گلدهی تعیین می‌شود. از آن جایی که در تبیمار تنش کم‌آبی، اعمال کم‌آبی پس از سبز شدن و استقرار گیاه‌چه شروع شده و تا انتهای دوره رشد ادامه یافت، لذا تعداد خوشه در بوته نیز بر اثر کاهش پنجه‌زنی، کاهش یافته (جدول ۵). تحقیقات نشان می‌دهد که، تشکیل کم‌آبی ضمن کاهش سطح برگ، پیروی آن‌ها را تسريع نموده و بدین وسیله می‌تواند تولید گیاه را خیلی بیشتر از آن چه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوستنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد و در نتیجه گیاه تعداد خوشه کمتری بهدلیل کاهش سطح فتوستنتز و بهدلیل آن کاهش مواد و منابع فتوستنتزی، تولید می‌کند. نتایج حاصل از تحقیقات ثقه‌الاسلامی و همکاران (Saghatoleslami et al., 2007) روی ارزن، موید این مطلب بوده است.

بوته‌های ارزن در نسبت‌های (۳۳ درصد سویا: ۶۷ درصد ارزن) و (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای کمتری با یکدیگر و با بوته‌های سویا در مقایسه با کشت خالص داشته

مختلف کشت مخلوط بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه سویا معنی دار گردید. همچنین، اثرات مقابله تیمارها بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه سویا در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۶).

عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان دهنده معنی دار بودن تأثیر کم آبیاری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه سویا معنی دار بود. تأثیر نسبت های

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت های مختلف کشت مخلوط و کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا

Table 6- Analysis of variance (mean squares) of the effect of different intercropping ratios and deficit irrigation on grain yield and yield components of soybean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	تعداد				شاخص برداشت Harvest index
				دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	
بلوک Block	2	5.73 ^{ns}	0.029 ^{ns}	1.04 ^{ns}	147888 ^{ns}	27310*	13.00 ^{ns}	
کم آبیاری Deficit irrigation	2	517.22**	2.773 **	37.84**	12077865**	1764360**	14.95 ^{ns}	
خطای اصلی Error a	4	1.81	0.124	1.70	100905	3523	5.86	
نسبت های کشت مخلوط Intercropping ratios	3	6.51 **	0.187 **	0.54 ^{ns}	15988063**	2121292**	4.25 ^{ns}	
کم آبیاری × نسبت های کشت مخلوط Deficit irrigation × Intercropping ratios	6	0.10 ^{ns}	0.027 ^{ns}	0.70 ^{ns}	637923**	88507**	4.09 ^{ns}	
خطای فرعی Error b	18	1.25	0.036	0.70	41637	1795	3.70	
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.98	8.11	7.13	6.5	3.8	5.39	

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

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

غلاف در کشت خالص سویا بود (جدول ۷). در شرایط تنفس کم آبی با توجه به کاهش میزان آب خاک از میزان گل های تبدیل شده به غلاف کاسته شد. بنابراین، به نظر می رسد که علت کاهش تعداد غلاف در گیاه با افزایش شدت تنفس کم آبی ناشی از ریزش گل و غلاف می باشد. افزایش شدت تنفس کم آبی، موجب کاهش فتوستتر گیاه و در نتیجه کاهش تولید مواد اسیمیلاتی در گیاه شده، به طوری که در زمان گلدهی و نمو غلاف، باعث کاهش تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف گردید. دانشیان و همکاران (Daneshian *et al.*, 2011) گزارش کردند که تنفس کم آبی طی گلدهی و آغاز تشکیل غلاف، تعداد غلاف را در سویا به مقدار زیادی کاهش داد. کراسوا وید و همکاران (- Krasava et al., 2006) کاهش ۸۹ تا ۸۶٪ درصدی تعداد غلاف در بوته سویا را در اثر اعمال تنفس کم آبی گزارش نمودند.

تنفس کم آبی موجب کاهش معنی دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا در مقایسه با شرایط عدم تنفس کم آبی شد (جدول ۷). تنفس شدید کم آبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا را به ترتیب به میزان ۵۰/۵۸، ۳۳/۶۸ و ۲۶/۰۹ درصد نسبت به عدم تنفس کم آبی کاهش داد (جدول ۷).

تعداد غلاف در بوته سویا در همه نسبت های کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص سویا بود (جدول ۷). میزان افزایش تعداد غلاف در بوته سویا در نسبت های (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن)، (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) و (۳۳ درصد سویا: ۶۷ درصد ارزن) در مقایسه با تیمار کشت خالص سویا، به ترتیب معادل ۱۱/۶۳، ۶/۳۸ و ۷/۷۵ درصد بود (جدول ۷).

بیشترین تعداد دانه در غلاف در نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) بدست آمد که ۱۳/۷۸ درصد بیشتر از تعداد دانه در

جدول ۷- اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و کم‌آبیاری بر اجزای عملکرد دانه سویا

Table 7- The effect of different intercropping ratios and deficit irrigation on grain yield components of soybean

آبیاری Deficit irrigation *	تعداد غلاف در بوته Number of pods per Plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن صد دانه 100- seed weight (g)
60	25.64 ^a	2.85 ^a	13.57 ^a
90	17.78 ^b	2.31 ^b	11.60 ^b
120	12.60 ^c	1.89 ^c	10.03 ^c
LSD (0.05)	1.53	0.40	1.48

نسبت‌های کشت مخلوط

Intercropping ratios**

100S:0M	17.54 ^b	2.25 ^b	12.02 ^a
67S:33M	18.66 ^a	2.45 ^b	11.50 ^a
50S:50M	19.58 ^a	2.56 ^a	11.57 ^a
33S:67M	18.90 ^a	2.34 ^b	11.85 ^a
LSD (0.05)	1.11	0.19	0.83

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) test ($P<0.05$)

*: میلی‌متر تبخیر از تستک تبخیر کلاس A

**: 100S:0M; 67S:33M; 50S:50M; 33S:67M; 0S:100M

درصد

ارزن؛ ۵۰ درصد سویا+ ۵۰ درصد ارزن؛ ۶۷ درصد

سویا+ ۳۳ درصد ارزن؛ تک کشتی ارزن

A: میلی‌متر تبخیر از تستک تبخیر کلاس A

**: تک کشتی سویا؛ ۳۳ درصد سویا+ ۶۷ درصد ارزن، ۵۰ درصد سویا+ ۵۰ درصد ارزن؛ ۶۷ درصد

در میان بهخاطر عدم حضور گیاهان هم نوع در ردیف‌های مجاور، کمترین رقابت درون‌گونه‌ای را ایجاد می‌کند. در این زمینه جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2008) افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف عدس (Lens culinaris Medikus.) و مخلوط زیره سبز (Cuminum cyminum L.) را نسبت به تک کشتی آن گزارش نمودند. در این مطالعه رقابت درون‌گونه‌ای در کشت خالص بر روی تعداد دانه در غلاف اثر گذاشته و با افزایش رقابت درون‌گونه‌ای از تعداد دانه در واحد سطح کاسته شد. تعداد غلاف در بوته سویا در کشت مخلوط سویا و نعناع (Mentha piperita L.) بالاتر از کشت خالص سویا بود و عامل اصلی تعداد دانه بالاتر در بوته تعداد غلاف بالاتر گزارش گردید (Maffei and Mucciarelli, 2003).

مطالعات نشان داده است که مرحله نموی شروع غلاف‌دهی تا دانه‌بندی کامل، در تعیین وزن صد دانه سویا بیشترین تأثیر را دارد. تنش کم‌آبی در این مرحله با کاهش حرکت مواد ذخیره‌ای به دانه به علت محدودیت آب و یا با کاهش سهم فتوستتری جاری برگ‌ها در پر شدن دانه و وزن صد دانه سویا اثر می‌گذارد (Chaves *et al.*, 2002).

عملکرد بیولوژیکی سویا و ارزن معمولی

با اعمال تنش کم‌آبی عملکرد بیولوژیکی ارزن و سویا کاهش یافت (شکل ۳). میزان کاهش عملکرد بیولوژیکی ارزن و سویا تحت شرایط تنش شدید کم‌آبی در مقایسه با عدم تنش کم‌آبی بهتر ترتیب ۴۸/۲۱ و ۴۸/۷۱ درصد بود (شکل ۳).

تعداد غلاف در بوته مهمترین و تأثیرگذارترین جزء عملکرد در سویا می‌باشد. افزایش تعداد غلاف در بوته سویا در کشت مخلوط می‌تواند به دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای باشد. در این زمینه مظاہری و همکاران (Mazaheri *et al.*, 2002) گزارش کردند که با افزایش تراکم، تعداد غلاف در بوته سویا به علت رقابت درون‌گونه‌ای به شدت کاهش یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد که نسبت کاشت (۵۰ سویا: ۵۰ ارزن) با ایجاد ساختار کانوپی موجی و وجود فضای مناسب در الگوهای مختلف کشت مخلوط، سبب استفاده بهینه از عوامل محیطی و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته شده است که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Egli and Bruening, 2005).

کاهش تعداد دانه در غلاف تحت شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند ناشی از محدودیت در اختصاص مواد فتوستتری به اندام‌های زایشی در افزایش وزن خشک یا فاکتورهای شکل‌گیری دانه باشد که در نتیجه تعدد دانه در غلاف را کاهش می‌دهد. کاهش تعداد دانه در غلاف در تنش کم‌آبی می‌تواند به دلیل افزایش پوکی غلاف بر اثر کاهش تخصیص مواد فتوستتری باشد. توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 2003) مشاهده کردند که اعمال تنش کم‌آبی در مرحله زایشی از طریق کاهش نرخ گل انگیزی و ریزش گل‌ها و غلاف‌ها منجر به سقط و کاهش ۳۷ درصدی تعداد دانه در غلاف می‌شود. نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) هم از نظر تعداد غلاف در بوته و هم از نظر تعداد دانه در بوته از سایر تیمارهای کشت مخلوط بالاتر بود. از این نظر قابل توجیه است که کشت ردیفی یک

نسبت‌های ۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) و (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) به دست آمد که ۲۱/۸ و ۲۰/۶ درصد بیشتر از عملکرد مورد انتظار ارزن در این نسبت‌های کاشت بود. بیشترین عملکرد دانه واقعی سویا در نسبت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) مشاهده گردید که ۵/۱ درصد بیشتر از عملکرد مورد انتظار سویا در نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) بود (شکل ۴ الف). تحت شرایط تنفس متوسط کم‌آبی، بیشترین عملکرد دانه واقعی ارزن در نسبت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) و (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) به ترتیب ۱۸/۱ و ۲۰/۲ درصد بیشتر از عملکرد دانه مورد انتظار ارزن در این نسبت‌های کاشت بود. بیشترین عملکرد دانه واقعی سویا در نسبت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) به دست آمد که به ترتیب ۶۷ درصد بیشتر از عملکرد دانه مورد انتظار سویا بود (شکل ۴ ب). تحت شرایط تنفس شدید کم‌آبی، کشت مخلوط منجر به افزایش (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) و (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) نسبت به عملکرد مورد انتظار به ترتیب ۱۹/۷ و ۲۰/۴ درصد افزایش نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که در نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن)، عملکرد دانه سویا ۱۱/۴ درصد افزایش یافت (شکل ۴ ج).

با اعمال تنفس کم‌آبی عملکرد دانه ارزن و سویا کاهش یافت. محققین بسیاری کاهش عملکرد دانه سویا را در شرایط تنفس کم‌آبی گزارش کرده‌اند (Daneshian *et al.*, 2011; Zheng *et al.*, 2015). دلیل اصلی کاهش عملکرد دانه، کاهش سرعت فتوستنتز و پیر شدن سریع برگ‌ها، کاهش قدرت منبع و کاهش قدرت مخزن، عنوان شده است. کاهش عملکرد دانه ارزن در شرایط تنفس کم‌آبی به دلیل عدم گسترش و تنوام مناسب سطح برگ بود که موجب کاهش استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک و اختصاص آن به دانه شد. این نتایج مطابق با یافته‌های بسیاری از محققان در زمینه کاهش عملکرد دانه ارزن تحت تأثیر شرایط تنفس کم‌آبی بود (Yadav *et al.*, 2002; Saghatoleslamiet *et al.*, 2007) (Yadav and Bhatnagar, 2001) با بررسی اثر تنفس خشکی بر عملکرد ۳۰ رقم ارزن، بیان کردند که متوسط عملکرد دانه ارزن ۷۲ درصد نسبت به شرایط بدون تنفس کاهش یافت.

افزایش تولید کشت مخلوط ارزن و سویا در مقایسه با تک کشتی آن‌ها را می‌توان به کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و تفاوت در ساختار ریشه این گیاهان در استفاده مطلوب از شرایط محیطی نسبت داد. کشت گیاه ارزن با ریشه‌های سطحی و افشار در مجاورت گیاهان که دارای ریشه‌های عمیق می‌باشد باعث می‌شود که ریشه این گیاهان در طبقات مختلف خاک پراکنده شده و در مجموع آب و مواد غذایی بیشتری از یک حجم معینی از خاک جذب گردد.

در شرایط عدم تنفس کم‌آبی، در نسبت‌های کاشت (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) و (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) عملکرد بیولوژیکی ارزن به ترتیب ۱۷/۲ و ۱۵/۶ درصد بیشتر از عملکرد بیولوژیکی مورد انتظار ارزن در آن نسبت کاشت بود (شکل ۳ الف). این روند در شرایط تنفس کم‌آبی هم مشاهده شد (شکل ۳ ب). در شرایط تنفس شدید کم‌آبی عملکرد بیولوژیکی ارزن در نسبت (۶۷ درصد سویا: ۳۳ درصد ارزن) و (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) به ترتیب به میزان ۱۵/۹ و ۲۲/۵ درصد از عملکرد بیولوژیکی مورد انتظار ارزن در آن نسبت کاشت بیشتر بود، که این نتیجه بیانگر این است که کشت مخلوط در شرایط تنفس کم‌آبی، تأثیر مثبتی داشت (شکل ۳ ج). در شرایط تنفس کم‌آبی، کشت مخلوط منجر به افزایش عملکرد بیولوژیکی واقعی سویا شد. تحت تأثیر تنفس شدید کم‌آبی، در نسبت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) عملکرد بیولوژیکی واقعی سویا حدود ۹/۵ درصد در مقایسه با عملکرد مورد انتظار سویا در این نسبت کشت افزایش یافت (شکل ۳ ج). در شرایط عدم تنفس کم‌آبی، در تمام نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، عملکردهای بیولوژیکی واقعی سویا تقریباً مشابه عملکرد بیولوژیکی مورد انتظار سویا بود (شکل ۳ الف).

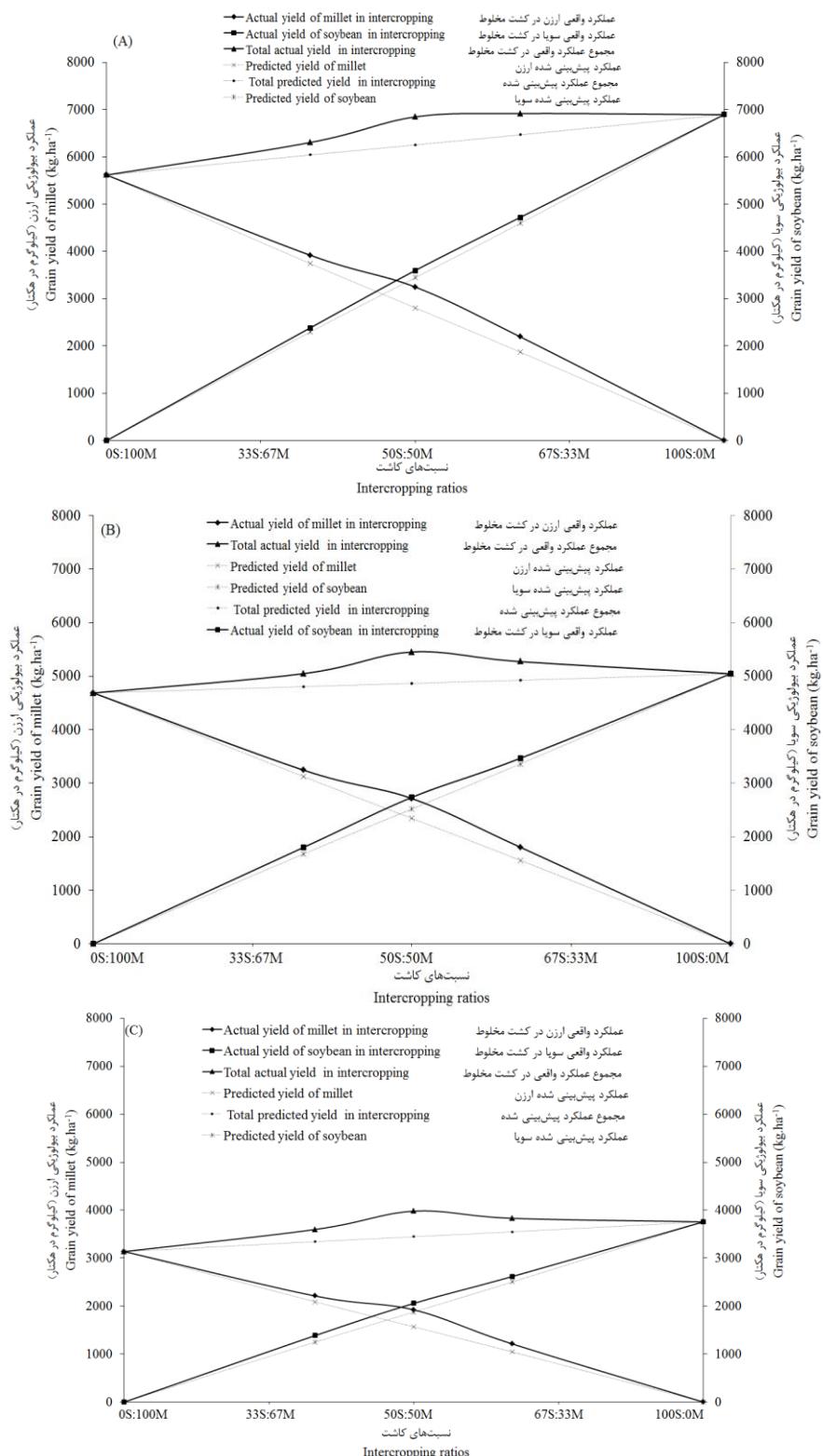
کاهش میزان عملکرد بیولوژیکی سویا در طی تنفس کم‌آبی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه و افزایش اختصاص مواد فتوستنتزی به ریشه نسبت به اندام هوایی گیاه باشد. ثقه‌الاسلامی و همکاران (Saghatoleslami *et al.*, 2007) نیز گزارش کردند که عملکرد ماده خشک ارزن مرواریدی در شرایط تنفس متوسط، ۲۸ درصد کاهش می‌یابد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

گیاهان ارزن و سویا در نسبت‌های کشت مخلوط به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی و مورفو‌فیزیکی در نحوه استفاده از منابع محیطی به حالت مکملی مثبت عمل کرده‌اند، بنابراین عملکرد بیولوژیکی آن‌ها به دلیل استفاده بهتر از منابع، افزایش یافته است. در مجموع دلایل افزایش عملکرد بیولوژیکی در کشت مخلوط ارزن و سویا تحت شرایط تنفس کم‌آبی را می‌توان به علت متفاوت‌بودن سیستم ریشه‌ای دو گیاه دانست.

عملکرد دانه ارزن معمولی و سویا

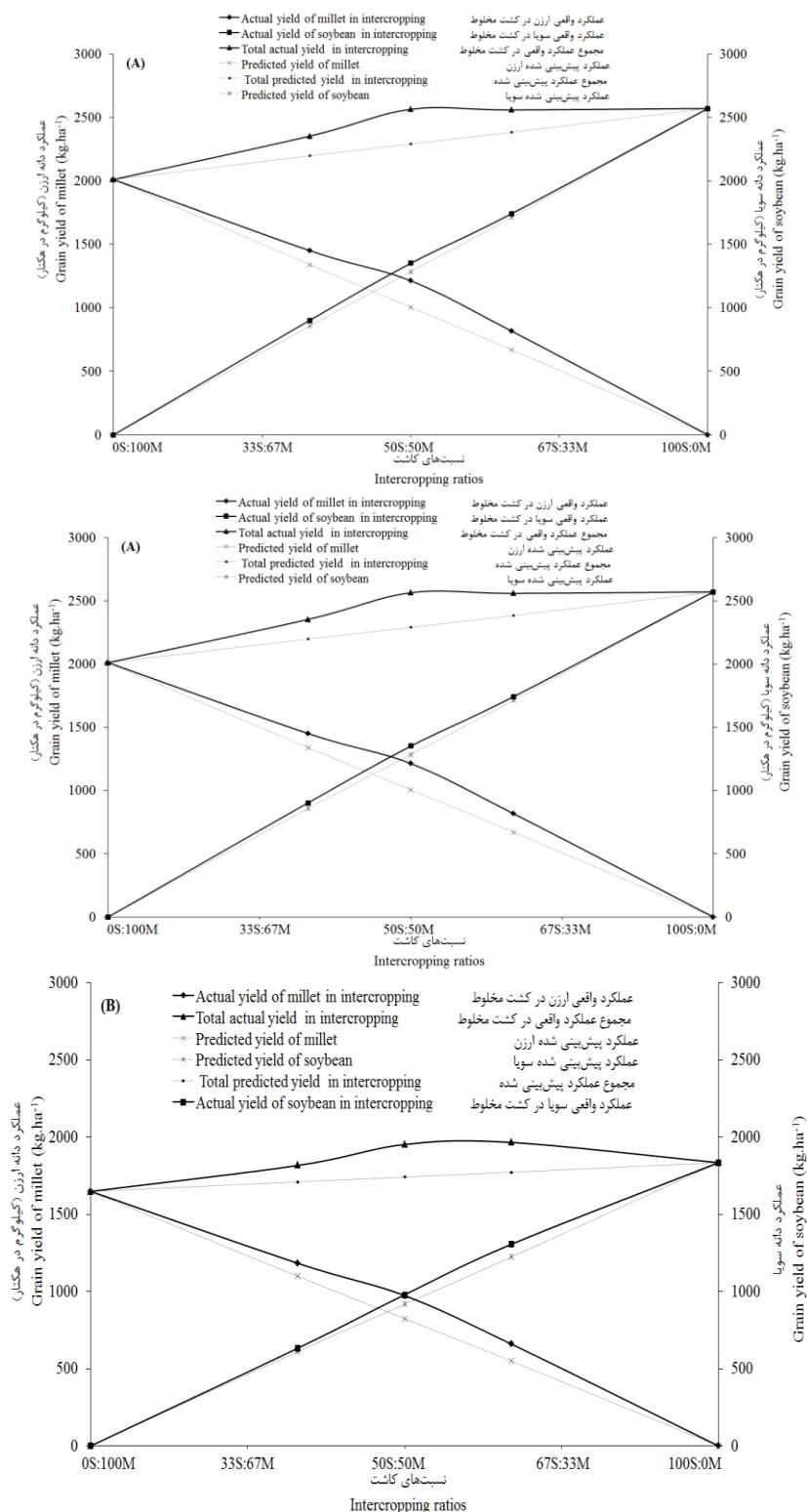
بررسی عملکرد دانه ارزن و سویا در کشت خالص و مخلوط از طریق روش جایگزینی در شکل ۴ نشان داده شده است. تنفس شدید کم‌آبی، عملکرد دانه ارزن و سویا را در کشت خالص به ترتیب ۴۶/۸ و ۵۰/۰ درصد کاهش داد (شکل ۴).

بر اساس نتایج به دست آمده، تحت شرایط عدم تنفس کم‌آبی عملکرد دانه واقعی ارزن در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بیشتر از عملکرد مورد انتظار آن بود. بیشترین عملکرد دانه واقعی ارزن در



شکل ۳- اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی سویا و ارزن تحت شرایط عدم تنش (الف)، تشن متوسط کم‌آبی (ب) و تشن شدید کم‌آبی (ج)

Figure 3- The effect of different intercropping ratios on the biological yield of soybean and millet under well-watered (A), mild stress (B) and severe deficit irrigation (C)



شکل ۴- اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد دانه سویا و ارزن تحت شرایط عدم تنش (الف)، تنش متوسط کم‌آبی (ب) و تنش شدید کم‌آبی (ج)

Figure 4- The effect of different intercropping ratios on the grain yield of soybean and millet under well-watered (A), mild stress (B) and severe deficit irrigation (C)

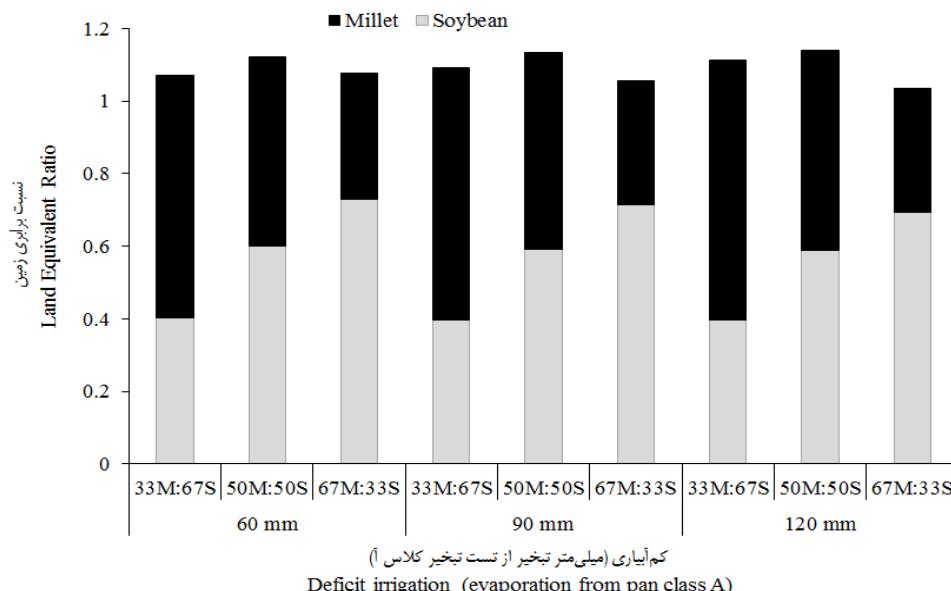
کمتری از کشت مخلوط با ارزن پذیرفته است. دلیل این امر را می‌توان به غالبیت نسبی گیاه ارزن در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و استفاده بهتر آن از شرایط محیطی نسبت داد. با توجه به این که عملکرد واقعی گیاهان ارزن و سویا در کشت مخلوط بیشتر از میزان مورد انتظار بوده، بر اساس، طبقه‌بندی تأثیر رقابت در زراعت مخلوط، می‌توان اظهار داشت که نوع تداخل دو گیاه در کشت مخلوط از نوع سودبری دو جانبه بوده است.

نسبت برابری زمین

نتایج نشان داد که در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ارزن و سویا در همه سطوح کم‌آبیاری، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده سودمندی اجرای این نسبت‌های کشت مخلوط در افزایش بهره‌وری از منابع می‌باشد. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین به میزان ۱/۱۴ در نسبت کاشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) تحت شرایط تنفس شدید کم‌آبی بدست آمد، این بدان معنی است که کشت خالص هر گیاه نیاز به ۱۴ درصد زمین بیشتری نسبت به کشت مخلوط دارد تا عملکرد برابر آن را تولید کند و این مطالعه بیانگر کارآیی بیشتر استفاده از زمین در سیستم کشت مخلوط ارزن و سویا تحت شرایط تنفس کم‌آبی است. تحت شرایط عدم تنفس کم‌آبی نیز بیشترین نسبت برابری زمین ۱/۱۲ در ترکیب (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) بدست آمد که معادل ۱۲ درصد افزایش سودمندی زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه بود (شکل ۴).

بنابراین، چنین می‌توان استنباط کرد که کشت مخلوط ارزن و سویا از طریق تعادل و هماهنگی بین رطوبت و بهبود تغذیه گیاه به وسیله نیتروژن ثبت شده توسط سویا، باعث افزایش عملکرد در مقایسه با کشت خالص شده است. در مطالعات بسیاری، برتری کشت مخلوط بر تک کشت‌نیشان داده شده است (Daneshniaa *et al.*, 2016; Lithourgidis *et al.*, 2011) به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط به دلیل سیستم ریشه‌ای متفاوت ارزن و سویا، این دو گیاه از عناصر غذایی موجود در اعمق مختلف خاک، بهتر استفاده کرده و عملکرد نسبی بهتری را نسبت به کشت خالص نشان دادند. آجنه‌هو و همکاران (Agegnnehu *et al.*, 2006) در بررسی کشت مخلوط جو و باقلاء، افزایش عملکرد نسبی دو گونه را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی دو گیاه گزارش کردند. لیتوروجیدس و همکاران (Lithourgidis *et al.*, 2011) با مقایسه تک کشتی و کشت مخلوط نخود فرنگی با گندم و چاودار به مدت دو سال، گزارش کردند کشت مخلوط در تمامی تیمارها دارای عملکرد بالاتری در بهره‌برداری از منابع محیطی موجود در مقایسه با تک کشتی بوده است و بیشترین عملکرد در کشت مخلوط ۸۰ درصد نخود فرنگی و ۲۰ درصد گندم حاصل شده است.

در ارزیابی کشت مخلوط از نظر اثرات متقابل بر روی عملکرد دو گیاه، می‌توان نتیجه گرفت که ارزن تحت شرایط کشت مخلوط اثرات مشبّتی از سویا پذیرفته است، چون که افزایش عملکرد آن بیش از عملکرد مورد انتظار بوده است، اما عملکرد سویا، تقریباً روند مشابهی با عملکرد مورد انتظار داشت (شکل ۴). به این معنی که اثرات مشبّت



شکل ۵- نسبت برابری زمین در نسبت‌های کشت مخلوط سویا و ارزن در سطوح مختلف کم‌آبیاری
Figure 5- Land equivalent ratio in intercropping ratios of soybean and millet in different levels deficit irrigation

نتیجه‌گیری

تشن کم‌آبی غلظت کلروفیل، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد ارزن و سویا را کاهش داد. نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا و ارزن مقدار کلروفیل برگ ارزن و سویا را افزایش دادند. بهترین نسبت کاشت برای بهدست آوردن حداکثر عملکرد دانه ارزن و سویا نسبت کشت (۵۰ درصد سویا: ۵۰ درصد ارزن) بود. تفاوت در ریشه‌دهی ارزن و سویا و استفاده بهتر از آب در عمق‌های مختلف خاک و غلظت رنگیزه‌های فتوسترنی می‌تواند دلیل بالا بودن عملکرد ارزن و سویا تحت شرایط تشن کم‌آبی باشد که نشان می‌دهد در کشت مخلوط، ارزن و سویا مکمل هم بوده‌اند.

حقیقین دیگر نیز افزایش نسبت برابری زمین را در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گزارش کرده‌اند (Lithourgidis *et al.*, 2011; Rezaei *et al.*, 2011). تفاوت در ریشه‌دهی و ساختار کانونی ارزن با سویا و در نتیجه ایجاد لایه‌های مختلف و استفاده بهتر از منابع از جمله نور و مواد غذایی در عمق‌های مختلف خاک، می‌تواند دلیل نسبت برابری زمین بزرگ‌تر باشد که نشان می‌دهد در کشت مخلوط، ارزن و سویا مکمل هم بوده‌اند. اختلافات مورفولوژیکی غلات و بقولات و در نتیجه ایجاد اشکوبهای مختلف و استفاده مکملی از منابع، بهره‌برداری بهتر از آب و یا استفاده از آب در افق‌های مختلف خاک می‌تواند دلیل نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک تحت شرایط تشن کم‌آبی باشد.

References

1. Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Lakshamanan, G. M., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces* 61: 298-303.
2. Aboutalebian, M. A., and Khalili, M. 2014. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium japonicum* on yield and yield componentsof soybean under water stress. *Iranian Journal of Agronomy Science* 45 (2): 169-181. (in Persian with English abstract).
3. Agegnnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
4. Allahdadi, M., Shakiba, M. R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Amini, R. 2013. Evaluation of competition, yield quantity and quality of soybean (*Glycine max L.*) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis L.*) in intercropping systems. *Journal of Agroecology* 7 (1): 38-51. (in Persian with English abstract).
5. Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome.
6. Arnon, I. 1975. Physiological Principles of Dry Land Crop Production. *Physiological Aspects of Dryland Farming*. US Gupta, ed. Oxfred Press.
7. Azizi, E., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri-Mahallati, N. 2015. Interaction of nutrient resource and crop diversity on resource use efficiency in different cropping systems. *Journal of Agroecology* 7 (1): 1-19. (in Persian with English abstract).
8. Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Bicharanlou, B., and Asadi, G.A. 2014. Evaluation of replacement intercropping of soybean (*Glycine max L.*) with sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) and borage (*Borago officinalis L.*) under weed infestation. *Journal of Agroecology* 6 (1): 70-83. (in Persian with English abstract).
9. Baributsa, D. N., Foster, E. F., Thelen, K., Kravchenko, D. R., and Ngouajio, M. 2008. Corn and cover crop response to corn density in an interseeding system. *Agronomy Journal* 100: 981-987.
10. Chaves, M. M., Maroco, J. P., Periera, S., Rodrigues, M. L., Ricarddo, C. P., Osorio, M. L., Carvalho, I., Faria, T., and Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 98: 907-916.
11. Daneshniaa, F., Amini, A., and Chaichi, M. R. 2016. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited Irrigation treatments with surfactant. *Agricultural Water Management* 164: 331-339.
12. Daneshian, J., Jonoubi, P., and Barari Tari, D. 2011. Investigation of water deficit stress on agronomical traits of soybean cultivars in temperate climate. *World Academy of Science Engineering and Technology* 75: 778-785.
13. Egli, D. B., and Bruening, W. P. 2005. Shade and temporal distribution of pod production and set in soybean. *Crop Science* 45: 1764-1769.
14. Food and Agriculture Organization. 2010. Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO. Retrieved April 13, 2010, from <http://www.fao.org/biodiversity>.
15. Ghosh, P. K. 2004. Growth, yield, competition of groundnut cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research* 88: 227-237.

16. Ghosh, P. K., Manna, M., Bandyopadhyay, K., Ajay, A., Tripathi, A., Wanjari, R. H., Hati, K. M., Misra, A. K., Acharya, C. L., and Subba Rao, A. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. *Agronomy Journal* 98: 1097-1108.
17. Ghosh, P. K., Tripathi, A. K., Bandyopadhyay, K. K., and Manna, M. C. 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. *European Journal of Agronomy* 31: 43-50.
18. Hea, H., Lei, Y., Tao, D., Neil, W., Turnerb, C., Yangc, R., Jina, Y., Xi, Y., Zhangc, C., Cui, T., Fanga, X., and Li, F. 2017. Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought. *Agricultural Water Management* 179: 236-245.
19. Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* M.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6 (1): 67-78. (in Persian with English abstract).
20. Khajehpour, M. 2007. Principle of Agronomy. Industrial University of Esfahan Publication. (in Persian).
21. Krasova Wade, T., Diouf, O., Ndoye, I., Sall, C. E., Braconier, S., and Neyra, M. 2006. Water-condition effects on rhizobia competition for cowpea nodule occupancy. *African Journal of Biotechnology* 5 (16): 1457-1463.
22. Lin, C. W., Chen, Y. C., Huang, J., and Tu, T. 2007. Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. *Chinese Journal of Ecology* 26: 989-994.
23. Lithourgidis, A. S., Vlachostergios, D. N., Dordas, C. A., and Damalas, C. A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy* 34: 287-294.
24. Maffei, M., and Mucciarelli, A. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research* 84: 229-240.
25. Mahajan, S., and Toteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stress. An overview archives in biochemistry and biophysics. *Annals of Botany* 444: 139-458.
26. Mazaheri, D., Pasarive, S., and Peyghambari, A. 2002. Study and investigation growth analysis in monoculture and multicultural of soybean cultures. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi* 54: 37-54. (in Persian with English abstract).
27. Mohsenabadi, G., Jahansooz, M. R., Chaichi, M. R., Rahimian Mashhadi, H., Liaghati A. M., and Savaghebi, G. R. 2008. Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. *Journal of Agriculture Science Technology* 10: 23-31.
28. Pour Golestani, H., Esmaeili, M., Moghadam, A., and sattarian, A. 2015. Study of pasture species in intercropping and monoculture in semi-arid of gonbade- kavous. *Journal of Desert Ecosystem* 8 (4): 93-102. (in Persian with English abstract).
29. Rajasekar, M., Rabert, G. A., and Manivannan, R. 2016. The effect of triazole induced photosynthetic pigments and biochemical constituents of *Zea mays* L. (Maize) under drought stress. *Applied Nanoscience* 6: 727-735.
30. Redfearn, D. D., Dwayne, R. B., and Devine, T. E. 1999. Sorghum intercropping effects on yield, morphology, and quality of forage soybean. *Crop Science* 39: 1380-1384.
31. Rezaei, R., Rezvani Moghaddam, P., Khazaei, H. R., and Mohammad Abadi, A. 2011. Effects of planting patterns (mixed and intercropping) and millet plant density on yield and forage yield components of millet and soybean under Mashhad weather conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9 (1): 50-59. (in Persian with English abstract).
32. Rezaei-Chiyaneh, E. 2016. Evaluation of quantitative and qualitative traits of Black cumin (*Nigella sativa* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agroecology* 8 (2): 263-280. (in Persian with English abstract).
33. Saghatoleslami, M., Haravan, M., Nourmohmadi, G., and Darvish, F. 2007. Effect of drought stress in growth different stages on yield and water use efficiency of five millet genotypes in South Khorasan. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 11: 215-225.
34. Sanjani, S., Hosseini, M. B., Chaichi, M. R., and Rezvan beydokhti, S. 2011. Evaluation of yield and yield components in additive intercropping of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under complete and limited irrigation conditions. *Journal of Agroecology* 3 (1): 25-35. (in Persian with English abstract).
35. Thomas, J., Boote, K. J., Allen, L. H., Gallo-Meagher, M., and Davis, J. M. 2003. Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Crop Science* 43: 1548-1557.
36. Walker, S., and Ogindo, H. O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. *Physics and Chemistry of the Earth* 28: 919-926.
37. Willey, R. W. 1990. Resource use in intercropping systems. *Agriculture Water Management* 17: 215-231.
38. Yadav, O., and Bhatnagar, S. 2001. Evaluation of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non-stress conditions. *Field Crops Research* 70: 201-208.
39. Yadav, R. S., Hash, C., Bidinger, F. R., Cavan, G., and Howarth, C. 2002. Quantitative trait loci associated with traits determining grain and stove yield in pearl millet under terminal drought stress conditions. *Theoretical and Applied Genetics* 104: 67-83.

40. Yang, G., Aiwang, D., Jingsheng, S., Fusheng, L., Zugui, L., Hao, L., and Zhandong, L. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research* 111 (2): 65-73.
41. Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., and Yang, W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. *Field Crops Research* 155: 245-253.
42. Yang, N., Wang, C. L., He, W. P., Qu, Y. Z., and Li, Y. S. 2016. Photosynthetic characteristics and effects of exogenous glycine of *Chorispora bungeana* under drought stress. *Photosynthetica* 54: 459-467.
43. Yordanov, I., Velikova, V., and Tsonev, T. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 187-206.
44. Zheng, H. F., Chen, L. D., Yu, X. Y., Zhao, X. F., Ma, Y., and Ren, Z. B. 2015. Phosphorus control as an effective strategy to adapt soybean to drought at the reproductive stage: evidence from field experiments across northeast China. *Soil Use and Management* 31: 19-28.



Evaluation of Yield and Yield Components of Common Millet and Soybean in Different Intercropping Ratios under Deficit Irrigation Levels in Hamden Region

S. Hajinia¹ - G. Ahmadvand^{2*} - A. A. Mehrabi³

Received: 13-08-2017

Accepted: 21-07-2018

Introduction

Drought is one of the major abiotic stress limiting plants growth and productivity across the world. Intercropping increased the efficiency of water utilization. In arid and semi-arid regions, intercropping can improve water use efficiency and water conservation in soil. Because intercropped plants use water efficiently and caused increasing of water use efficiency. Intercropping of legumes and cereals compared with corresponding sole cropping is common and might be beneficial in semi-arid regions particularly in resource limiting conditions. Do and Goutan (1987) reported that millet can be planted in mixture with some plants such as cowpea, sorghum, peanut and soybean. The aim of the investigation was to study the impact of intercropping on the growth and yield of millet and soybean under deficit irrigation.

Materials and Methods

The experiment was carried out as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications, at the Research Farm of Agricultural Faculty of Bu-Ali Sina University in 2015. The main factor included three levels of deficit irrigation (irrigation after 60 (well-watered), 90 (mild stress) and 120 (severe stress) mm by using of class A evaporation pan) and five levels of replacement intercropping consisted of monoculture of soybean, monoculture of millet, 67% soybean+ 33% millet (67S:33M), 50% soybean+ 50% millet (50S:50M) and 33% soybean+ 67% millet (33S:67M) as subplot.

Results and Discussion

Water stress decreased chlorophyll concentration of millet and soybean. In all intercropping ratios, the chlorophyll concentration of soybean was higher than its monoculture. The rate of increase in chlorophyll concentration in (67S:33M), (50S:50M), and (33S:67M) ratios compared to monoculture of soybean, were 8.43, 8.57 and 8.76 percent respectively. The highest total chlorophyll content of millet was obtained in (50S:50M) and (33S:67M) ratios, that was 12.34 and 12.09 percent higher than monoculture of millet, respectively. The highest number of panicles per plant of millet was obtained from (50S:50M) and (67S:33M) ratios under well-watered, and the lowest one was observed in monoculture of millet under severe water stress. The highest number of seed per panicles of millet was observed at intercropping of 33S:67M, 50S:50M and 67S:33M treatments under well-watered, and the lowest value was measured in monoculture of millet under sever water stress. Water stress decreased number of pods per plant, number of seeds per pod and 100-seed weight of soybean, compared to well-watered. Number of pods per plant, number of seeds per pod and 100-seed weight of soybean reduced in severe water stress were about 50.58, 33.68 and 26.09 percent, respectively, compared to well-watered. The number of pods per plant of soybean plants in all intercropping patterns was higher than monoculture of soybean. The rate of increase in number of pods per plant in (67S:33M), (50S:50M), and (33S:67M) ratios, were 6.38, 11.63 and 7.75 percent respectively, compared to monoculture of soybean. The highest seeds per pod of soybean was obtained in (50S:50M) ratio by 13.78 percent higher than monoculture of soybean. Water stress reduced grain yield of millet and soybean by 46.8 and 50.05 percent, respectively. Under well-watered condition, the highest yield of millet was obtained in (67S:33M) and (50S:50M) ratios. The highest actual yield of soybean was observed in (50S:50M) ratio by. Maximum value of LER (1.14) was achieved in (50S:50M) ratio intercropping in severe stress.

1- PhD Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Bu Ali Sina, Hamden, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Bu Ali Sina, Hamden, Iran

3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran

(*- Corresponding Author Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

Conclusions

The best planting pattern to obtain maximum yield of millet and soybean was (50S:50M) ratio. The difference in rooting millet with soybean and better use of water in different soil depths could be reason to the high yield under water stress, the show millet and soybean intercropping were complementary.

Keywords: Chlorophyll, Irrigation, Land Equivalent Ratio, Pattern planting



اثر حاصلخیزکننده‌های آلی و شیمیایی بر صفات مؤثر بر درصد جذب نور و عصاره‌ی گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa L.*) در بیرجند

سمانه لاله^۱ - مجید جامی الاحمدی^۲ - سهیل پارسا^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

فرآهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاه و توانایی بهره‌مندی هرچه بیشتر از نور محیط، بر رشد و سنتز مواد مؤثره‌ی گیاهان دارویی اهمیت دارد. جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر صفات مؤثر بر جذب نور و عصاره‌ی گیاه دارویی شاهدانه، آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ بهصورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش شامل کود دامی (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی پوسیده شده) به عنوان کرت اصلی و کود نیتروژن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره) به همراه کود فسفر (صفر و ۸۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع کود سوپرفسفات تریپل) بهصورت فاکتوریل به عنوان کرت فرعی بودند. صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق شامل ارتفاع و قطر ساقه، سطح و تعادل برگ، درصد نیتروژن برگ، درصد جذب نور، وزن خشک برگ و ساقه، درصد عصاره‌ی گلی برگ و دانه بودند. نتایج آزمایش نشان داد که جذب نور بیشترین همبستگی را به ترتیب با تعادل بрг (۰/۵۴۳***)، نیتروژن برگ (۰/۵۶۲***)، ارتفاع ساقه (۰/۴۸۱***) داشت. افزایش وزن خشک برگ و ساقه تحت تأثیر کود دامی، نیتروژن و فسفر در افزایش درصد عصاره‌ی گلی برگ و دانه مؤثر بود. کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با ۲۰/۱۲ و ۲۰/۲۲ درصد، بیشترین محتوای عصاره‌ی گلی برگ شاهدانه را تولید نمودند. بیشترین عصاره‌ی گلی برگ دانه در تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی به همراه ۸۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد. درمجموع یافته‌های این تحقیق نشان داد که در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود دامی با افزایش سطح نیتروژن، جذب نور در شاهدانه افزایش یافت و در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی، کاربرد نیتروژن تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار، جذب نور توسط گیاه را افزایش داد و با افزایش بیشتر سطح نیتروژن، جذب نور در شاهدانه کاهش یافت. کود دامی ۳۰ تن در هکتار با تأمین فسفر و نیتروژن مورد نیاز گیاه جهت افزایش عصاره‌ی گلی برگ و دانه می‌تواند در کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفر و نیتروژن در شاهدانه مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: فسفر، کود گاوی، نیتروژن، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه

افسردگی، میگرن، سرفهای آسمی، کاهش لرزش‌های ناشی از بیماری ام اس و درمان آزاییمر مؤثر است (Tehranipour *et al.*, 2012).

یکی از نیازهای مهم در بومنظم‌های کشاورزی بهمنظور دست‌یابی به کیفیت مطلوب گیاهان دارویی، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای گیاه است. در این راستا تتفیق کودهای شیمیایی به همراه منابع آلی نتایج مطلوبی در افزایش بازدهی تولید فرآورده‌های کشاورزی داشته که خود می‌تواند راهی به سوی زراعت ارگانیک و در نهایت کشاورزی پایدار باشد. کشت ارگانیک گیاهان دارویی، کیفیت آن‌ها را تضمین می‌کند به‌طوری که اثرات منفی بر کیفیت دارویی و عملکرد آن‌ها را کاهش می‌دهد. به همین دلیل بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده‌ی داروهای گیاهی، ترکیبات گیاهی را که از طریق کشت ارگانیک یا بیودینامیک تولید شده باشند را ترجیح می‌دهند (Fallahi,

مقدمه

شاهدانه (*Cannabis sativa L.*) با هدف تولید ترکیبات دارویی، روغن، الیاف و مواد تدخینی کشت می‌شود (Da Porto *et al.*, 2014). این گیاه اثرات مثبتی در کاهش فشارخون، پایین آمدن کلسیتول، کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی، سلطان و عارضه‌ی پیرچشمی و کم‌سویی چشم^۱ دارد (Peiretti, 2009). شاهدانه همچنین در افزایش اشتها، احساس آرامش و خواب‌آلودگی، درمان

۱- دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند، ایران

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه بیرجند، ایران

(*)- نویسنده مسئول: Email: Laleh8591@yahoo.com

DOI: 10.22067/gsc.v16i4.69063

4- Age-related macular degeneration

دوره زمانی طولانی‌تری در مقداری بالا حفظ شده است. امروزه گرایش عمومی جامعه به استفاده از داروهای گیاهی و همچنین روش‌های عصاره‌گیری افزایش یافته است. به طوری که استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها در اغلب کشورهای در حال توسعه به عنوان یک هنجار برای حفظ سلامت جامعه شناخته شده است (Moradi, 2015). با وجود مطالعات وسیع انجام گرفته در ارتباط با شناسایی خواص و ترکیبات عصاره‌گیاهان دارویی، مطالعات بسیار اندکی در مورد عوامل مؤثر بر عصاره‌ی این گیاهان ازجمله اثر کوددهی انجام گرفته است. در تحقیق دو ساله بر گیاه همیشه بهار بیشترین میزان عصاره در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۲/۵۶ و ۲/۲۴ گرم در متر مربع گزارش شد و با کاهش مصرف نیتروژن درصد عصاره‌ی گیاه نیز کاهش یافت (Amiri and Nassiri, 2009). در بابونه (*Matricaria reeutilata*) بین افزایش مصرف فسفر (تیمارهای صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و منبع سوپر فسفات تریپل (Nassiri, 2009) در تیمار (L.) به ترتیب ۲۰/۷۰ و ۸۰/۲۳ گرم در بوته گزارش شد. در این تیمار تلفیقی کود دامی به میزان ۱۳۲ و ۱۹۸ کیلوگرم در هکتار NPK به همراه ۱۵ تن در هکتار کودهای شیمیایی (khalili et al., 2014) بر تأثیر کودهای شیمیایی و آلی بر کدوی تخم کاغذی (Cucurbita pepo L.) بیشترین وزن خشک گیاه در تیمار تلفیقی (Makhlouf et al., 2015) به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در همراه ۱۰ تن در هکتار کودهای شیمیایی (Calendula officinalis L.) همیشه بهار (Eslami Hosseini Vakili et al., 2014) در مطالعه‌ی Hosseini Vakili et al., 2014) در مطالعه‌ی

بر تأثیر کودهای شیمیایی و آلی بر کدوی تخم کاغذی (Portulaca oleracea L.) بیشترین سطح برگ در چین دوم در تیمار تلفیقی کود دامی و نیتروژن (منبع اوره) به دست آمد. در این تحقیق دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ در این تیمار، بهبود شرایط جذب عناصر غذایی در خاک و تأثیر این عناصر به خصوص نیتروژن بر افزایش رشد رویشی گیاه بود، که در نهایت سبب افزایش تعداد و سطح برگ‌های گیاه شد (Soltaninejhad et al., 2013). در Ocimum L. (Tehrani Sharif et al., 2015) بر ریحان بنفس (basilicum L.) با کاربرد روش تغذیه‌ی شیمیایی، تلفیقی و آلی، سطح برگ را به ترتیب ۷/۱۹ و ۱۱/۸۷٪، ۸/۲۲ و ۱۳/۳٪ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

علاوه بر تغذیه، نور نیز عامل مهم دیگری در تولید گیاهان دارویی محسوب می‌شود. در مناطقی مثل ایران وجود نور فراوان یکی از منابع بالقوه برای تولید گیاهان دارویی است که باستی با روش‌های مناسبی از آن استفاده شود (Ameri and Nassiri, 2009). گزارش شده است که بین خصوصیات نور و تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد و نقش اکوفیزیولوژی روشنایی در تولید فرآورده‌های ثانویه عمده و اساسی است. عامری و ناصری (Ameri and Nassiri, 2009) نیز اثر نور بر تغییرات رشد گیاهان دارویی و همچنین مقدار و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها مانند آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها و روغن‌های فرار آن مؤثر دانستند. در بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن (۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) نیتروژن از منبع اوره) در شاهدانه با افزایش سطح کود نیتروژن، جذب نور در کانوپی افزایش یافت و در تمامی تیمارها حداقل جذب نور حدود ۹۵ درصد برآورد شد (Asgharipour et al., 2006). این محققان همچنین بیان نمود که با افزایش سطح نیتروژن، جذب نور در

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۱۳ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا) بر گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa L.*) (توده‌ی بومی خوسف) انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار به اجرا درآمد. از چهار سطح کود دامی (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی پوسیده شده) به عنوان پلات اصلی و سه سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره) به همراه دو سطح فسفر (صفر و ۸۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع کود سوپر فسفات تریپل) به عنوان پلات‌های فرعی و به صورت فاکتوریل

(جدول ۱). مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و کود دامی مصرفی در جدول ۲ ارائه شده است.

استفاده شد. میانگین بارندگی و دما در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ از داده‌های ثبت شده توسط سازمان هواشناسی کشور به دست آمده است

جدول ۱- میانگین بارندگی و دما طی فصل رشد شاهدانه در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 1- Average precipitation and temperature during the season growth of cannabis in 2013 and 2014

		May	June	July	August	September	October	November
2013	میانگین دما Average temperature (°C)	21.1	26.7	27.2	27.2	23.6	20.9	10.4
	میانگین بارندگی Average precipitation (mm)	24.8	0.2	0	0	0	1.1	4.4
2014	میانگین دما Average temperature (°C)	22.3	25.7	28.5	25.3	22.4	19.6	13.4
	میانگین بارندگی Average precipitation (mm)	3.8	0.4	0	0	0	6.2	11.2

جدول ۲- خصوصیات خاک (عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری) و کود دامی در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 2- Properties of the soil (0-20 cm depth) and animal manure in 2013 and 2014

		pH	EC (dS m ⁻¹)	کربن آلی Organic carbon	نیتروژن Nitrogen (%)	C/N	فسفور Phosphorus (ppm)	بافت Texture	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)	
2013	خاک Soil	7.98	0.06	8.66	0.06	8.66	10.3	لومی شنی Loamy sandy clay	رسی Loamy sandy clay	26	20	54
	کود دامی Animal manure	8.5	0.66	19.09	0.66	19.09	1240	-	-	-	-	
2014	خاک Soil	7.79	0.04	7.75	0.04	7.75	9.8	لومی شنی Loamy sandy clay	رسی Loamy sandy clay	26	22	52
	کود دامی Animal manure	8.01	0.58	21.15	0.58	21.15	1180	-	-	-	-	

مناسبی نیز برای بررسی حداکثر جذب نور توسط گیاه بود. به منظور محاسبه‌ی جذب نور تشعشع رسانیده به بالا و پایین کاتوپی از AccuPAR LP-80,DECAGON devices, (Made in USA)، بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ ظهر استفاده شد. برای هر کرت، بخشی از نور که توسط کاتوپی گیاه جذب می‌شود با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست آمد (Asghari pour and *et al.*, 2006)

$$Q_T = \frac{P_0 - P_T}{P_0} \quad (1)$$

که در آن P_0 : تشعشع در بالای کاتوپی و P_T : تشعشع در پایین کاتوپی است.

جهت نمونه‌گیری در هر کرت پنج بوته‌ی ماده پس از حذف اثر حاشیه‌ای انتخاب گردید. پس از اندازه‌گیری ارتفاع و قطر ساقه در هر

کاشت شاهدانه در عمق سه تا چهار سانتی‌متر با فواصل بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در پنج ردیف انجام شد. کاشت دانه‌ها در سال ۱۳۹۳ در ۱۷ خرداد و در سال ۱۳۹۴ در ۱۵ اردیبهشت انجام گرفت. اعمال تمامی کود سوپر فسفات تریپل و نیمی از کود اوره قبل از کاشت و به صورت خطی با روش کودکاری 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 به صورت سرک (به جز شاهد) اعمال شد.

نمونه‌گیری در هر سال در مرحله‌ی ۵۰ درصد سخت شدن دانه‌ها صورت گرفت (Mediavilla *et al.*, 1998). در این مرحله با وجود دارا بودن دانه‌های رسیده در گیاه، ریزش دانه و برگ نیز وجود نداشت و زمان مناسبی برای عصاره‌گیری همزمان از برگ و دانه‌ی گیاه بود. علاوه بر این با وجود عدم ریزش برگ و بسته شدن کاتوپی زمان

مقایسه با سال ۱۳۹۳، در دمای مناسب‌تری صورت گرفته است (جدول ۱).

با توجه به این که بیشترین درصد جوانه‌زنی شاهدانه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود (Tehrani pour *et al.*, 2012) دمای ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد در اردیبهشت ۱۳۹۴ در مقایسه با دمای ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد در خرداد سال ۱۳۹۳، سبب شد تا جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی گیاه در شرایط مناسب‌تری صورت گیرد (جدول ۱). Tahami *et al.* (2010) نیز فاصله گرفتن از اوج گرمای هوا و مساعد شدن شرایط محیطی برای رشد گیاه را از عوامل تأخیر در شروع رشد زیادی، افزایش رشد رویشی و ارتفاع ساقه‌ی گیاه دانستند. نتایج این آزمایش با نتایج محققان دیگر چون Dadkhah *et al.* (2009) بر گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla*) و Rassam *et al.* (1998) بر گیاه آنسیون (*Pimpinella anisum*) مطابقت داشت.

با افزایش سطح کود دامی، ارتفاع ساقه افزایش یافت، به طوری که سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با شاهد به ترتیب سبب افزایش ۱۷/۰۹ و ۱۸/۸۱ درصدی ارتفاع ساقه شدند (جدول ۴). با افزایش میزان کود دامی روند افزایش ارتفاع ساقه کاهش یافت و بین سطوح ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). نقش مثبت کودهای دامی در تعادل مواد مغذی گیاه و اثر مستقیم آن بر تعداد گره و طول میانگرهای گیاه است، که تا سطح مشخصی منجر به افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Zariri *et al.*, 2014).

ارتفاع ساقه در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۶/۳۴ و ۲۷/۸۷ درصد افزایش یافت (جدول ۴). افزایش ارتفاع ساقه تحت تأثیر نیتروژن با نتایج به دست آمده با نتایج بررسی تأثیر نیتروژن بر عروسک پشت پرده (*Physalis alkekengi*) (Zare-Zadeh *et al.*, 2014) و گیاه بادرشبو (Jafari *et al.*, 2014) (*Dracocephalum moldavica*) مطابقت داشت. محققان افزایش ارتفاع و قطر گیاه کنف (*Crotalaria juncea* L.) تحت تأثیر نیتروژن را ناشی از تأثیر نیتروژن بر تسریع سنتز کربوهیدرات‌ها دانستند. چرا که نیتروژن جزء اصلی ساختار فتوسنتزی گیاه است و از طرفی ظرفیت تبادل کاتیونی ریشه گیاه جهت افزایش کارایی جذب دیگر مواد غذایی را می‌تواند افزایش دهد (Tripathi *et al.*, 2012). لذا کود نیتروژن از طریق تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه سبب تقسیم و بلند شدن سلول‌های گیاهی (Ng'etich *et al.*, 2013) و در نتیجه افزایش ارتفاع ساقه‌ی شاهدانه شد.

کرت، برداشت گیاهان با هدف بررسی سطح و تعداد برگ، وزن خشک برگ و ساقه گیاهان انجام گرفت. سطح برگ با استفاده از Delta-T Devices , WD₃-R₃¹ سطح برگ (model) به دست آمد.

نیتروژن برگ با روش کجلدال² (کلدا) به دست آمد (Jackson, 1958). با استفاده از رابطه‌ی زیر درصد نیتروژن برگ محاسبه شد.

$$N\% = \frac{V \times 0.14}{M} \quad (2)$$

که در آن V: حجم اسید مصرفی و M: وزن نمونه (گرم) است. به منظور به دست آوردن درصد عصاره‌ی الکلی برگ و دانه، ابتدا نمونه‌های برگ و دانه به طور جداگانه آسیاب شدند و سپس ۵۰ گرم از مواد پودر شده در اتانول ۷۰٪ به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور شیکردار با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. در پایان این دوره محلول از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد. به منظور حذف حلال از عصاره‌ی الکلی، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۴۰ درجه قرار گرفتند. سپس توزیں عصاره‌های الکلی با ترازوی یک هزارم گرم انجام گرفت. با کسر وزن ظرف به همراه عصاره‌ی استخراج شده پس از آون از وزن خالص ظرف قبل از شروع آزمایش، وزن عصاره‌ی الکلی به دست آمد (Amiri and Nassiri, 2009).

بررسی نرمال بودن داده‌ها، رسم و آنالیز رگرسیون‌ها و همچنین همبستگی صفات مورد ارزیابی توسط IBMSPSS Statistics 22 انجام گرفت. قبل از انجام تجزیه‌ی مرکب داده‌ها، به منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتیاه آزمایشی از آزمون بارتلت³ استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از برنامه‌ی آماری SAS (V.9.2) و مقایسه‌ی میانگین‌ها توسط آزمون FLSD در سطح پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع ساقه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده‌ی سال، نیتروژن و کود دامی ($p \leq 0.01$) بر ارتفاع ساقه معنی‌دار بوده است (جدول ۳). در سال دوم ارتفاع ساقه در مقایسه با سال اول ۴۳/۳۰ درصد افزایش داشت (جدول ۴). احتمالاً در سال دوم در مقایسه با سال اول به دلیل شوری کمتر خاک و کود دامی مصرفی (جدول ۲)، ارتفاع و رشد گیاهان افزایش یافت. همچنین با وجود یکسان بودن میانگین دما در دو سال، به نظر می‌رسد که رشد اولیه‌ی شاهدانه در سال ۱۳۹۴ در

1- Leaf area meter

2- Kjeldahl method

3- Bartlett's test

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شاهدنه
Table 3- Analysis of variance results for the measured traits in hemp

میانگین مربوطات	متابع تغییر Sources of Variations	ارتفاع ساقه Shoot height	قطر ساقه Shoot diameter	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Leaf number	نیتروژن Leaf nitrogen	جذب نور Light absorption	وزن خشک Shoot dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عصاره الکلی برگ Alcoholic extract of leaf	عصاره الکلی دانه Alcoholic extract of seed
Year (y) (السا)	1	55499.11 **	1.31 *	19169.24 ns	85960.35 **	2.13 **	5749.30 **	121.05 *	749.41 ns	11.30 **	78.54 **
Replication (year)	4	425.06	0.27	26260.09	1813.09	0.06	100.62	18.12	274.53	1.70	2.59
Animal manure (a)	3	3032.28 **	1.41 **	585649.61 **	85717.44 **	0.38 **	2256.83 **	305.27 **	8918.69 **	3.19 *	23.29 *
a × y	3	4.66 ns	0.01 ns	2345.37 ns	3410.95 ns	0.01 ns	12.258 ns	20.91 ns	313.99 ns	0.04 ns	0.20 ns
حکای اصلی	12	277.76	0.24	32033.5	2791.31	0.09	129.84	15.35	219.08	0.62	3.90
Error A											
Nitrogen fertilizer (n) فسفر	2	7804.32 **	5.39 **	713796.37 **	57891.76 **	1.09 **	7969.93 **	1253.71 **	18140.89 **	8.35 **	78.42 **
Phosphorus Fertilizer (p)	1	28.72 ns	0.27 ns	ns49506.62	27280.02 **	0.35 *	2226.50 **	285.13 **	4410.27 **	0.77 ns	6.37 ns
a × n	6	202.36 ns	0.14 ns	36667.2 ns	1253.30 ns	0.02 ns	175.27 *	39.84 ns	673.95 *	0.27 *	1.68 ns
a × p	3	388.23 ns	0.03 ns	56568.75 ns	1266.69 ns	0.02 ns	18.27 ns	25.80 ns	480.74 ns	2.72 ns	5.99 ns
n × p	2	498.09 ns	0.17 ns	29798.08 ns	356.30 ns	0.03 ns	4.21 ns	24.74 ns	68.17 ns	0.67 ns	0.49 ns
a × n × p	6	256.66 ns	0.21 ns	8813.63 ns	294.92 ns	0.05 ns	52.74 ns	21.68 ns	334.23 ns	1.79 ns	5.39 ns
y × n	2	38.92 ns	0.19 ns	14578.81 ns	3774.39 ns	0.07 ns	106.52 ns	43.13 ns	545.98 ns	1.25 ns	5.53 ns
y × p	1	329.15 ns	0.05 ns	29048.94 ns	2332.80 ns	0.005 ns	237.23 ns	53.61 ns	17.70 ns	1.09 ns	0.69 ns
y × a × n	6	170.49 ns	0.15 ns	2617.14 ns	2544.30 ns	0.02 ns	32.40 ns	38.76 ns	124.51 ns	0.46 ns	0.97 ns
y × a × p	3	102.83 ns	0.52 ns	7143.44 ns	112.33 ns	0.08 ns	99.99 ns	12.67 ns	247 ns	1.14 ns	7.23 ns
y × n × p	2	133.92 ns	0.03 ns	12893.96 ns	152.43 ns	0.05 ns	86.91 ns	19.27 ns	147.28 ns	0.39 ns	2.65 ns
y × a × n × p	6	225.63 ns	0.27 ns	19270.19 ns	467.08 ns	0.04 ns	77.36 ns	24.42 ns	110.28 ns	1.61 ns	4.91 ns
حکای فرعی											
Error A	80	279.18	0.22	23077.58	1958.64	0.05	69.59	18.70	252.89	0.97	8.24
شریب نتایج (%)		15.14	15.13	17.84	29.69	14.06	12.90	16.24	19.64	12.60	14.82
CV (%)											

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *: پیشتر و **: بعد از پیشتر در مطابق با ترتیب ترتیب مطابق با ترتیب ترتیب ns: Non-significant, * and ** significant at 1% and 5% levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده سال، کود دامی، نیتروژن و فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده در شاهدانه

		عصاره الکلی برگ							عصاره الکلی وزن خشک ساقه		عصاره الکلی وزن خشک برگ	
		ارتفاع ساقه	قطر ساقه	سطح برگ	تعداد برگ	نیتروژن برگ	جذب نور	نیتروژن برگ	برگ	Leaf dry weight (g plant ⁻¹)	Alcoholic extract of leaf (%)	
	Shoot height (cm)	Shoot diameter (cm)	Leaf area (cm ² plant ⁻¹)	Leaf number	Leaf nitrogen (%)	Light absorptio n (%)	Shoot dry weight (g plant ⁻¹)	Leaf dry weight (g plant ⁻¹)		Alcoholic extract of seed (%)		
سال Year												
کود دامی Animal manure (ton ha ⁻¹)	0	100.07 c	2.85 c	1806.5 d	91.30 b	1.53 c	55.45 c	23.02 c	63.25 b	18.52 b	4.26 b	
	10	105.13 b	3.08 b	1854.94 c	126.26 b	1.65 b	60.75 b	25.64 bc	72.18 b	18.83 b	4.35 b	
	20	117.18 a	3.25 a	2012.64 b	184.06 a	1.72 ab	72.26 a	28.14 ab	93.12 a	19.98 a	4.66 a	
	30	118.90 a	3.28 a	2076 a	194.47 a	1.77 a	70.16 a	29.66 a	95.25 a	20.12 a	4.86 a	
نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)	0	96.15 c	2.77 b	1804.34 b	110.29 b	1.51 b	49.90 b	20.92 b	59.27 b	17.89 b	4.15 b	
	50	111.87 b	3.13 ab	1964.51 a	159.40 ab	1.68 ab	70.37 a	28.12 a	86.75 a	19.98 a	54.4 b	
	100	122.95 a	3.44 a	2043.71 a	177.38 a	1.81 a	73.69 a	30.81 a	96.83 a	20.22 a	4.99 a	
فسفر Phosphorus fertilizer (kg ha ⁻¹)	0	109.87 a	3.07 a	1918.98 a	135.26 a	1.62 b	60.72 b	25.21 b	75.42 b	19.15 a	4.49 a	
	80	110.77 a	3.16 a	1956.06 a	162.78 b	1.72 a	68.59 a	28.02 a	86.48 a	19.57 a	4.93 a	

میانگین های باره مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری از احتمال آماری تواند (P<0.05)
Means with similar letters in each column are not significantly different (P<0.05)

۲۰ تن در هکتار این روند، کاهش یافت. نتایج همچنین نشان داد که افزایش ارتفاع ساقه بر افزایش تعداد برگ شاهدانه مؤثر است. وجود همبستگی قوی تعداد برگ با ارتفاع ساقه ($p \leq 0.06^{**}$) گواه این بیان است (جدول ۴). سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد بهتریب ۴۶/۵۲ و ۶۰/۸۳ درصد تعداد برگ گیاه را افزایش دادند که تنها سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). اثر افزایش کود نیتروژن در تعداد برگ به نقش نیتروژن در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا تأمین نیاز گیاه از لحاظ نیتروژن موجب افزایش فرآورده‌های فتوستتری و در نتیجه افزایش رشد رویشی، تعداد و سطح برگ گیاه می‌شود (Izadi et al., 2010) مقایسه با شاهد افزایش ۲۰/۳۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴).

نیتروژن برگ

اثرات ساده‌ی سال، کود دامی، نیتروژن ($p \leq 0.01$) و فسفر ($p \leq 0.05$) بر درصد نیتروژن برگ شاهدانه معنی‌دار بود (جدول ۳). نیتروژن برگ در سال دوم ۱۶/۲۳ درصد در مقایسه با سال اول افزایش داشت (جدول ۴). سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با شاهد بهتریب سبب افزایش ۱۲/۴۱، ۷/۸۷ و ۱۵/۶۸ درصد نیتروژن برگ شدند (جدول ۴). نتایج این آزمایش مطابق با نتایج Seo et al. (2002) در سورگوم و همچنین Motavallali et al. (2003) در ذرت، مبنی بر افزایش میزان نیتروژن اندام‌های هوایی تحت تأثیر سطوح بالاتر کود دامی بود. سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد بهتریب سبب افزایش ۱۱/۲۵ و ۱۹/۸۶ درصدی نیتروژن برگ شاهدانه شدند (جدول ۴).

جذب نور

اثرات ساده‌ی سال، کود دامی، نیتروژن، فسفر ($p \leq 0.01$) و همچنین اثر مقابله کود دامی و نیتروژن ($p \leq 0.01$) بر جذب نور در کانونپی معنی‌دار بود (جدول ۳). جذب نور توسط گیاه در سال دوم در مقایسه با سال اول، ۲۱/۶۶ درصد بیشتر بود (جدول ۴). کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر در مقایسه با عدم کاربرد آن، سبب افزایش ۱۲/۹۶ درصدی جذب نور توسط گیاه شد (جدول ۴). با افزایش سطح کود نیتروژن، جذب نور در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کود دامی افزایش یافت (جدول ۵). در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی، کاربرد نیتروژن تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، جذب نور توسط گیاه را افزایش داد و با افزایش بیشتر سطح نیتروژن، جذب نور کاهش یافت (جدول ۵). به نظر می‌رسد که با توجه به آرایش متناوب برگ‌های شاهدانه و شکل پنجه‌ای آن‌ها (Zaman, 2003)، جذب نور

قطر ساقه

اثرات ساده سال ($p \leq 0.05$)، کود دامی و نیتروژن ($p \leq 0.01$) بر قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). قطر نهایی ساقه در سال دوم در مقایسه با سال اول ۵/۹۶ درصد افزایش داشت (جدول ۴). با افزایش سطح کود دامی، قطر ساقه افزایش یافت به طوری که قطر ساقه در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار در مقایسه با شاهد بهتریب ۸/۰۷، ۱۴/۰۳ و ۱۵/۰۸ درصد افزایش یافت (جدول ۴). به عبارت دیگر سطوح بالای کود دامی کارایی کمتری از این لحاظ داشتند. قطر ساقه تحت تأثیر سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد بهتریب ۱۳ و ۲۴/۱۸ درصد افزایش یافت (جدول ۴). ساقه شاهدانه یک بخش چوبی در برگرفته شده با کامبیوم آوندی (یافت رویشی) و یک حلقه بیرونی از سلول‌های آبکشی، بافت اپیدرمی و کورنکس دارد (Saadati et al., 2015). لذا احتمال می‌رود که افزایش قطر ساقه تحت تأثیر نیتروژن مرتبط با افزایش رشد سلول‌های کامبیوم آوندی باشد.

سطح برگ در بوته

اثرات ساده‌ی کود دامی و نیتروژن بر سطح برگ در بوته معنی‌دار شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۳). با افزایش سطح کود دامی، سطح برگ شاهدانه افزایش یافت و سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار در مقایسه با شاهد بهتریب سبب افزایش ۲/۶۸، ۱۱/۱۱ و ۱۳/۳۹ درصدی سطح برگ گیاه شدند. بیشترین سطح برگ با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به میزان ۲۰/۷۶ سانتی‌متر مربع در بوته بود. این در حالی بود که سطوح ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (جدول ۴). سطح برگ در بوته در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد بهتریب ۸/۷۵ و ۱۳/۲۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به این که نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارد و از طرفی مهم‌ترین عنصر در سنتز پروتئین‌ها می‌باشد، افزایش آن در شرایط مطلوب تا حد مشخصی موجب افزایش تولید پروتئین می‌گردد (Medivilla et al., 1998). با افزایش پروتئین‌ها، گیاه به توسعه‌ی رویشی خود از طریق افزایش سطح برگ، ارتفاع و قطر ساقه می‌پردازد (Peiretti, 2009).

تعداد برگ در بوته

اثرات ساده‌ی سال، کود دامی، نیتروژن و فسفر بر تعداد برگ رد بوته معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۳). تعداد برگ در سال دوم در مقایسه با سال اول ۳۹/۲۲ درصد افزایش داشت (جدول ۴). سطوح کود دامی، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار در مقایسه با شاهد بهتریب سبب افزایش ۳۸/۳، ۱۰/۱۶ و ۱۱/۳ درصدی تعداد برگ شاهدانه شدند (جدول ۴). روند افزایش تعداد برگ یکنواخت نبود و با افزایش بیش از

شده باشد. با افزایش نیتروژن، سطح برگ گیاه گسترش می‌یابد و در نتیجه با نفوذ و جذب بیشتر نور، ظرفیت فتوسنتزی گیاه افزایش می‌یابد (Sajedi and Ardakani, 2010).

توسط برگ‌های گیاه نیز به خوبی صورت پذیرفته باشد و با وجود افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها تحت تأثیر کود نیتروژن (جدول ۴)، به نظر می‌رسد شرایط مناسبی برای افزایش جذب نور در گیاه فراهم

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و نیتروژن بر وزن خشک برگ و جذب نور در شاهدانه

Table 5- Mean comparisons for interaction effects of animal manure and nitrogen levels on leaf dry weight and light absorption in hemp

کود دامی Animal manure (ton ha ⁻¹)	نیتروژن Nitrogen fertilizer (kg ha ⁻¹)	جذب نور Light absorption (%)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g plant ⁻¹)
0	0	39.24h	46.11 f
	50	57.36 efg	65.74de
	100	65.74 cde	77.89cd
10	0	48.01 gh	55.28 ef
	50	62.86 def	71.99 cde
	100	68.40 bcd	89.27 bc
20	0	53.44 fg	63.07 def
	50	77.91 ab	100 ab
	100	83.42 a	116.26 a
30	0	58.20 ef	68.56 de
	50	80.44 a	109.64 a
	100	74.20 abc	103.91 ab

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری ندارند ($P<0.05$)

Means with similar letters in each column are not significantly different ($P<0.05$)

به دلیل تنفس شدید املاح، وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (Abbaszadeh *et al.*, 2007). افزایش نیتروژن در بسیاری از مواد می‌تواند موجب کاهش غلظت عناصر در گیاه نیز شود. (2006) Erdal *et al.* نیز به نتایج مشابهی در زمینه تأثیر غلظت بالای نیتروژن بر اختلال در جذب برخی عناصر غذایی توسط گیاه دست یافتند.

از آنجا که افزایش رشد رویشی گیاه منجر به افزایش سطح برگ گیاه می‌شود، هرچه بستر گیاه برای رشد مناسب‌تر باشد سطح برگ نیز افزایش پیدا خواهد کرد (Tahami *et al.*, 2010). از آن جایی که سطح برگ از عوامل مؤثر بر دریافت نور، فتوسنتز و در نتیجه عملکرد گیاه می‌باشد، اثر تغییرات آن را می‌توان بر میزان وزن خشک تولیدی در واحد سطح مشاهده نمود. به طوری که سطوحی از کود دامی که شاخص سطح برگ بیشتری داشتند، در مجموع معمولاً میزان ماده خشک بیشتری نیز تولید نمودند. استفاده از کودهای دامی و بهبود معدنی شدن نیتروژن و همچین آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی از طریق این کودها با افزایش تولید برگ و ساقه، به بهبود وزن خشک گیاه کمک می‌کند (Fallah *et al.*, 2016). از طرفی کودهای دامی با تأمین مواد آلی مورد نیاز میکروارگانیسم‌های خاک سبب تکثیر آن‌ها شده و با افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، روند تجزیه مواد آلی تسریع می‌یابد و تسریع این روند، منجر به افزایش آزادسازی مواد مورد نیاز گیاه به سیستم خاک- گیاه می‌شود (Jahanban and Lotififar, 2011).

وزن خشک ساقه
اثرات اصلی سال ($p\leq 0.05$), کود دامی، نیتروژن و فسفر بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود ($p\leq 0.01$) (جدول ۳). وزن خشک ساقه در سال دوم در مقایسه با سال اول $7/12$ درصد افزایش داشت (جدول ۴). در سطوح 10 ، 20 و 30 تن در هکتار کود دامی در مقایسه با شاهد بهتریب $11/38$ ، $11/24$ و $22/24$ درصد وزن خشک ساقه گیاه افزایش یافت (جدول ۴). وزن خشک ساقه در سطوح 50 و 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهد بهتریب $34/41$ و $47/27$ درصد، افزایش یافت (جدول ۴). فسفر وزن خشک ساقه را $11/14$ درصد افزایش داد (جدول ۴).

وزن خشک برگ
تجزیه واریانس داده‌ها برای اثرات ساده‌ی کود دامی، نیتروژن، فسفر ($p\leq 0.01$) و اثر متقابل کود دامی و نیتروژن ($p\leq 0.05$) بر وزن خشک برگ در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک برگ در تیمار تلفیقی 20 تن در هکتار کود دامی به همراه 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. کاربرد تلفیقی 30 تن در هکتار کود دامی به همراه مقادیر بیش از 50 کیلوگرم در هکتار نیتروژن، وزن خشک برگ را اندکی کاهش داد (جدول ۵). افزایش میزان کود نیتروژن در تلفیق با کود دامی بسته به میزان کود مصرفی تا حدی می‌تواند ضمن افزایش ماده خشک تولیدی گیاه، تعادل بین تولید متابولیت‌های اولیه و ثانویه را حفظ نماید و با افزایش بیشتر آن

جدول ۶- ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در شاهدانه
Table 6- Correlation coefficient between measured traits in hemp

	ارتفاع ساقه Shoot height	قطر ساقه Shoot diameter	وزن خشک Shoot dry weight	مسطح خشک Leaf area	نیتروژن برج Leaf nitrogen	تعداد برگ Leaf number	جذب نور Light absorption	عصاره الکلی برج Alcoholic extract of leaf	عصاره الکلی دانه Alcoholic extract of seed
Shoot height	1								
قطر ساقه Shoot diameter	0.460**	1							
وزن خشک ساقه Shoot dry weight	0.518**	0.473*	1						
وزن خشک برج Leaf dry weight	0.344**	0.400**	0.554**						
مسطح برج Leaf area	0.389**	0.413**	0.464**	0.609**	1				
تعداد برگ Leaf number	0.600**	0.449**	0.589**	0.577**	0.525**	1			
نیتروژن برج Leaf nitrogen	0.557**	0.403**	0.458**	0.384**	0.340**	0.563**	1		
جذب نور Light absorption	0.621**	0.481**	0.635**	0.647**	0.516**	0.676**	0.543**	1	
عصاره الکلی برج Alcoholic extract of leaf	0.032**	0.394**	0.404**	0.351**	0.284**	0.479**	0.316**	0.367**	1
عصاره الکلی دانه Alcoholic extract of seed	0.026 ^{ns}	0.227**	0.211*	0.374**	0.253**	0.146 ^{ns}	0.077 ^{ns}	0.199*	0.038 ^{ns}

: عدم وجود اختلاف معنادار ^{ns} و به ترتیب وجود اختلاف معنادار ^{*} و پنج درصد ^{**}.
ns: Non-significant, and * significant at 1% and 5% levels, respectively.

و سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۴). افزایش سطح برگ تحت تأثیر افزایش نیتروژن در گیاه و به دنبال آن افزایش فتوستتر، ساخت کربوهیدرات‌ها در گیاه افزایش می‌یابد که در نهایت با مصرف کربوهیدرات‌ها و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه، عصاره‌ی الکلی گیاه افزایش می‌یابد (Hadipour *et al.*, 2012). افزایش سطوح نیتروژن و کود دامی از طریق افزایش وزن خشک برگ و ساقه، Abbazadeh *et al.*, ۲۰۰۷ می‌تواند در افزایش عصاره‌ی گیاه مؤثر باشد (). وجود همبستگی مثبت درصد عصاره‌ی الکلی برگ گیاه با وزن خشک برگ (0.35^{***}) و ساقه (0.40^{***}) گواه این موضوع است (جدول ۴). عصاره‌ی الکلی برگ بیشترین همبستگی را با تعداد برگ (۰/۰۴۵) داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش تعداد برگ و جذب بیشتر نور از طریق افزایش تجمع عناصر غذایی در افزایش درصد عصاره‌ی الکلی برگ گیاه مؤثر باشد. وجود همبستگی تعداد برگ با جذب نور (0.676^{***}) و همچنین جذب نور با درصد عصاره‌ی الکلی برگ (0.367^{***}) گواه این موضوع است (جدول ۴). با توجه به این که ساخت مواد موجود در عصاره‌ی گیاه به ATP وابسته است و حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات اخیر ضروری می‌باشد (Yoones *et al.*, 2014)، لذا احتمال می‌رود به این دلیل نیتروژن، سبب افزایش عصاره‌ی الکلی گیاه شده باشد.

عصاره الکلی دانه

اثرات ساده‌ی سال ($p \leq 0.01$)، کود دامی ($p \leq 0.05$) و نیتروژن ($p \leq 0.01$) و همچنین اثر متقابل کود دامی و فسفر بر درصد عصاره‌ی الکلی دانه گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). درصد عصاره‌ی الکلی دانه در سال دوم ($4/84$ درصد) در مقایسه با سال اول ($4/28$ درصد)، $13/08$ درصد افزایش داشت. با افزایش سطح نیتروژن، درصد عصاره‌ی الکلی دانه افزایش یافت و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، سبب افزایش 20 درصدی آن شد (جدول ۴). کاربرد تلفیقی 30 تن در هکتار کود دامی و 80 کیلوگرم در هکتار فسفر با تولید $4/88$ درصد، بیشترین عصاره‌ی الکلی دانه را تولید نمود. درصد عصاره‌ی الکلی دانه با افزایش سطح کود دامی در هر دو شرایط حضور و عدم حضور فسفر، افزایش یافت و برای هر سطح از کود دامی نیز کاربرد فسفر در مقایسه با عدم کاربرد آن به میزان جزئی توانست محتوای عصاره‌ی الکلی دانه را افزایش دهد که معنی‌دار نبود (شکل ۱). کاربرد فسفر به میزان 80 کیلوگرم در هکتار، محتوای نیتروژن برگ گیاه را افزایش داد (جدول ۴). دلیل این موضوع را می‌توان به اثر هم‌افزایی نیتروژن و فسفر نسبت داد. فسفر موجود در خاک با توسعه سیستم ریشه‌ها می‌تواند ظرفیت تبادل مواد غذایی مانند فسفر و نیتروژن را افزایش دهد. افزایش رشد بخش‌های هوایی گیاه در اثر کود فسفر می‌تواند

همچنین کودهای آلی با ایجاد تغییرات مثبت بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین به موقع عناصر مورد نیاز گیاه در طی رشد، می‌تواند شرایط بهینه‌ای را برای افزایش وزن گیاه فراهم آورند (Li *et al.*, 2009). نتایج مشابهی در رابطه با اثر مثبت کود دامی بر وزن خشک گیاهان دارویی ریحان (*Ocimum basilicum L.*) (Tahami *et al.*, 2010) و بابونه (*Matricaria chamomilla L.*) (Fallahi, 2009). با توجه به افزایش وزن خشک برگ در تیمارهای تلفیقی کودهای دامی و نیتروژن در مقایسه با کاربرد کودهای دامی، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد کودهای دامی به تنهایی سبب محدودیت دسترسی گیاه به نیتروژن می‌شود (Pourazizi and Fallah, 2013). با کاربرد تلفیقی کودها، فرآیند تجزیه کود دامی تسریع (Lajmorak *et al.*, 2013) و 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 شد تا وزن خشک برگ گیاه افزایش یابد. در ابتدای رشد گیاه فراهم می‌کند و در دوره‌های بعدی رشد، کود دامی مواد غذایی پر مصرف و کم‌صرف لازم را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Blaise *et al.*, 2005). در تیمارهای تلفیقی اثر مفید کود دامی به همراه کودهای شیمیایی در افزایش عرضه و تعادل عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوستتر و تسهیم بهتر مواد موجب شده است که سطح سبز فتوسترنده افزایش یابد. افزایش سطح سبز فتوسترنده در نتیجه مصرف بیشتر نیتروژن و مواد غذایی آزاد شده از کود دامی، موجب تولید و انتقال بیشتر مواد فتوسترنده و هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به بخش‌های مریستمی گیاه می‌شود که خود در افزایش رشد و وزن خشک برگ‌های گیاه مؤثر است (Moradi, 2015). فسفر در مرحله 50 درصد سخت شدن دانه، وزن خشک برگ را $14/66$ درصد افزایش داد (جدول ۴).

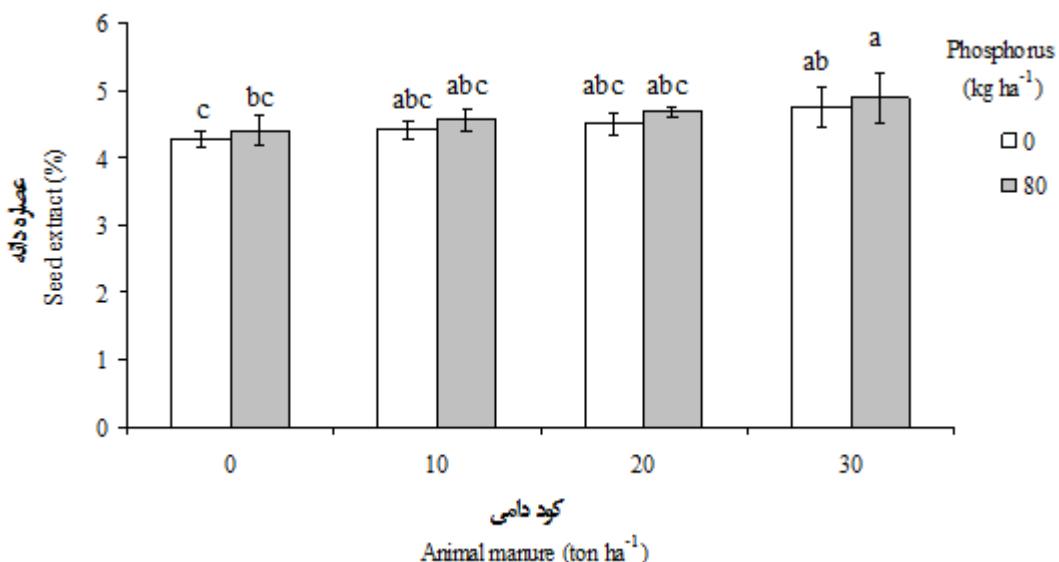
عصاره الکلی برگ

اثرات ساده‌ی سال ($p \leq 0.01$)، کود دامی ($p \leq 0.05$) و نیتروژن ($p \leq 0.01$) بر درصد عصاره‌ی الکلی برگ‌های گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). درصد عصاره‌ی الکلی برگ گیاه در سال دوم در مقایسه با سال اول $7/94$ درصد افزایش داشت (جدول ۴). با افزایش سطح کود دامی از سطح صفر تا 30 تن در هکتار درصد عصاره‌ی الکلی برگ شاهدانه افزایش یافت، به طوری که سطوح 10 ، 20 و 30 تن در هکتار کود دامی در مقایسه با شاهدانه در هکتار درصد افزایش $7/9$ و $8/65$ درصدی عصاره‌ی الکلی برگ شاهدانه شدند (جدول ۴). عصاره‌ی برگ شاهدانه در سطوح 50 و 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با شاهدانه در ترتیب $11/68$ و 13 درصد افزایش یافت

آزادسازی یون فسفات در خاک می‌شود. رقابت ترکیبات آلی با یون فسفات برای مکان‌های جذبی بر سطح ذرات کربنات کلسیم و پوشیده شدن سطوح رس و یا ذرات اکسیدهای آهن و آلومنیوم توسعه مواد آلی که ظرفیت جذب سطحی فسفات را کاهش می‌دهند، سبب افزایش فسفر در دسترس گیاه تحت تأثیر مصرف کودهای آلی می‌شود (Barahimi *et al.*, 2008). در این آزمایش اضافه نمودن کود شیمیایی فسفر به کود دامی به علت آزادسازی بیشتر فسفر در خاک، احتمالاً بیش از نیاز گیاه بوده است، لذا اختلاف معنی‌داری در کاربرد و عدم کاربرد فسفر برای هر سطح از کود دامی مشاهده نشد.

ناشی از نقش فسفر در تولید ATP و تأمین انرژی لازم برای ثبت نیتروژن در گیاه باشد (Markaryan *et al.*, 2016). فسفر با تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی و تولید مواد فتوستتری در گیاه ایفا می‌کند (Yoonesey *et al.*, 2014) که این امر سبب افزایش تجمع مواد حاصل از فتوستتر در دانه و در نهایت افزایش عصاره‌ی الکلی آن می‌شود.

اسید کربنیک حاصل از گاز کربنیک به دست آمده بر اثر تجزیه‌ی مواد آلی در خاک، در تشکیل فسفر هومیک مؤثر می‌باشد که با سهولت بیشتری جذب گیاه می‌شود. یون هومات جایگزین فسفات‌هایی می‌شود که جذب سطحی ذرات خاک شده و این سبب



شکل ۱- اثر مقابل کود دامی و فسفر بر درصد عصاره‌ی الکلی دانه در شاهدانه (ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون FLSD در سطح پنج درصد می‌باشند)

Figure1- Interaction of animal manure and phosphorus on alcoholic extract of seed in hemp (The columns that share at least one letter have no significant differences according to FLSD test at 5 percent of probability)

References

- Abbaszadeh, B., Sharifi, E., Aedakani, M. R., Aliabadi, H., and Alizadeh, A. 2007. Effect of nitrogen fertilizer on quantities and qualities yield of medicinal plant balm (*Melissa officinalis* L.). 2nd National Conference of Ecological Agriculture. Iran, Gorgan, 16-17 October: 927-939. (in Persian with English abstract).
- Abdipoor, M., Farahbakhsh, J., and Panahi, Kh. 2013. The effects of different levels of nitrogen phosphorous on *Plantagomajor* extract in Yasouj. National Conference on Water and Wastewater Engineering. Tehran, Iran. (in Persian with English abstract).
- Akande, M. O., Olwatoyinbo, F. I., Makinde, E. A., Adepoju, A. S., and Adepoji, I. S. 2010. Response of okra to organic and inorganic fertilization. Journal of Nature and Science 8 (11): 261-266.
- Ameri, A., Nassiri, M. 2009. Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis* L.). Pajouhesh & Sazandegi 81: 133-144. (in Persian with English abstract).
- Asgharipour, M. R. 2010. The effects of nitrogen supply and plant population on profiles of leaf nitrogen in canopy of hemp. The First National Conference On Consumption Pattern Reforms In Agriculture, Natural Resources And Veterinary Medicine, Zabol, 16-18 February: 1461. (in Persian with English abstract).
- 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. Barahimi, N., Afyuni, M., Karami, M., and Rezaee Najad, Y. 2008. Cumulative and Residual Effects of Organic Amendments on Nitrogen, Phosphorus and Potassium Concentrations in Soil and Wheat. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 46: 803-812. (in Persian with English abstract).
 8. 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.
 9. Dadkhah, A., Kafi, M., and Rasam, Gh. 2009. The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of Matricaria (*Matricaria chamomilla*). Journal of Horticultural Sciences 23 (2): 100-108.
 10. Da Porto, C., Decorti, D., and Natolino, A. 2014. Ultrasound-assisted extraction of volatile compounds from industrial *Cannabis sativa L.* inflorescences. International Journal of Applied Research in Natural Products 7 (1): 8-14.
 11. Erdal, I., Ertek, A., Senyigit, U., and Yilmaz, H. I. 2006. Effects of different irrigation programs and nitrogen levels on nitrogen concentration, uptake and utilization in processing tomatoes. Australian Journal of Experimental Agriculture 46 (12): 1653-1660.
 12. Eslami khilili, 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. Fallah, S., Salehi, A., and Ghaemi Seyani, N. 2016. The Residual Effects of Organic and Chemical Fertilizer of Spring Crop (Black Cumin) To Production of Pea (*Pisum sativum*) Green Manure. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 25 (2): 117-132. (in Persian with English abstract).
 14. Fallahi, J. 2009. Effects of biofertilizers and chemical fertilizers on quantity and quality characterize of Chamomile (*Matricaria Chamomilla L.*) as a medicinal plant. M.Sc. Faculty of Agriculture Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract).
 15. Hadipour, A., Hoseini, M., and Mehrafarin, A. 2012. Changes in Essential Oil Content/Composition and Shoot Aerial Yield of Lavender (*Lavandula officinalis L.*) Affected by Different Treatments of Nitrogen. Journal of Medical Plant 46 (2): 156-170. (in Persian with English abstract).
 16. Hosseini Vakili, 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. (in Persian with English abstract).
 17. Izadi, Z., Ahmadvand, Gh., Esna-Ashari, M., and Piri, M. 2010. The Effect of Nitrogen and Plant Density on Some Growth Characteristics, Yield and Essential Oil in Peppermint (*Mentha piperita L.*). Iranian Journal of Field Crop Research 8 (5): 824-836. (in Persian with English abstract).
 18. Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis. First Edition. Englewood cliffs, N. J., USA: Prentice- Hall, Inc. pp: 181-203.
 19. Jafari, F., Golehin, A., and Shafiei, S. 2014. The effects of nitrogen and foliar application of iron amino chelate on yield and growth indices of dill (*Anethum graveolans L.*) medical plant. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 17 (5): 1-12. (in Persian with English abstract).
 20. Jahanban, L., and Lotififar, O. 2011. Study of the effective organism (EM) application effect on efficacy of chemical and organic fertilizers in corn cultivation (*Zea mays S.C704*). Plant Production Technology 11 (2): 43-52. (in Persian with English abstract).
 21. Lajmorak, Sh., Fallah, S., and Ghorbani Dashtaki, Sh. 2013. Effect of Solitary and Integrated Application of Urea Fertilizer, Cattle and Poultry Manures on Growth and Yield of Forage Sorghum. Plant Production Technology 13 (2): 45-54.
 22. Li, B., Wei, M., Shen, A., Xu, J., Zhang, H., and Hao, F. 2009. Changes of yields, soil properties and micronutrients as affected by 17-yr fertilization treatments. International Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 408-413.
 23. Markaryan, Sh., Najafi, N., Asgharnejad, N., and Avestan, Sh. 2016. Interactive effects of Ensifer meliloti (*Sinorhizobium meliloti*) and phosphorus on some growth characteristics of alfalfa under soil water deficit conditions. Journal of Soil Biology 3 (2): 163-178. (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. 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 efficiency in east-central Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science 84: 199-210.
 26. 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.
 27. Motavalli, P. P., Stevens, W. E., and Hartwig, G. 2003. Remediation of subsoil compaction and compaction

- effects on corn N availability by deep tillage and application of poultry manure in a sandy-textured soil. Soil and Tillage Research 71: 121-131.
28. Ng'etich, O. K., Niyokuri, A. N., Rono, J. J., Fashaho, A., and Ogweno, J. O. 2013. Effect of different rates of nitrogen fertilizer on the growth and yield of zucchini (*Cucurbita pepo* cv. Diamant L.) hybrid F1 in Rwandan high altitude zone. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5 (1): 54-62.
 29. Peiretti, P. G. 2009. Influence of the growth stage of hemp (*Cannabis sativa* L.) on fatty acid content, chemical composition and gross energy. Agricultural Journal 4 (1): 27-31.
 30. Pirzad, A., Yoosefi, M., Darvishzadeh, R., and Raei, Y. 2013. Effect of Different Rates of Zeolite and Nitrogen Fertilizer on Yield and Harvest Index of Flower, Grain, Essential oil and Seed Oil of *Calendula officinalis* L. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 23 (2): 61-75. (in Persian with English abstract).
 31. 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).
 32. Rassam, Gh., Naddaf, M., and Sefidcon, F. 1998. Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of Anise (*Pimpinella anisum* L.). Pajouhesh & Sazandegi 75: 127-133. (in Persian with English abstract).
 33. 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).
 34. Sajedi, N., and Ardakani, M. R. 2010. 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 Crop Research 6 (1): 99-110. (in Persian with English abstract).
 35. Seo, S., Kim, J. G., Chung, E. S., Kim, W. H., Choi, G. J., and Lee, J. K. 2002. Effect of application level of animal manure on the nitrate concentration, sugar content and intake of forage sorghum × Sudan grass hybrid. Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science 22: 123-130.
 36. Soltaninejad, F., Fallah, S., and Heidari, M. 2013. Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). Electronic Journal of Crop Production 6 (3): 125-143. (in Persian with English abstract).
 37. Tabrizi, L., Dezhabon, F., Mostofi, Y., and Moradi, M. 2012. Study on the effect of organic input on growth, yield and quality characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Agro ecology 2 (1): 34-51. (in Persian with English abstract).
 38. 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 Agro ecology 2 (1): 70-82. (in Persian with English abstract).
 39. Taher Abadi, Sh., Goldani, M., Taher Abadi, Sh., and Fazeli Kakhki, F. 2015. Determination of Cardinal Temperatures in the Seeds of Henbane, Aconite and Hemp. Journal of Plant Protection 29 (1): 16-22.
 40. 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).
 41. Tehrani Sharif, H., Sharifi Ashoorabadi, E., Tajali, A. A., and Makizadeh Tafti, M. 2015. Effect of plant nutrition systems on qualitative and quantitative yield of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31 (2): 306-382.
 42. Tripathi, M. K., Chaudhary, B., Bhandari, H. R., and Harish, E. R. 2012. Effect of varieties, irrigation and nitrogen management on fiber yield of sun hemp. Journal of Crop and Weed 8 (1): 84-86.
 43. Yoonesy, A. R., Sadeghan Motahar, Y., Sajedi, N., and Boroujerdi, R. 2014. Effects of biological and chemical fertilizers (nitrogen and phosphorus) on yield and oil content of peppermint plant under the climatically conditions of Arak. New Finding in Agriculture 8 (3): 275-290. (in Persian with English abstract).
 44. Zarezadeh, A., Mirshamsi, M. R., Mirhosseini, A., 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).
 45. Zariri, M., Azimzadeh, S. M., Tatari, M., and Seddighi, A. R. 2014. Effects of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 7 (5): 237-244.
 46. Zaman, S. 2003. Plant medicines. Ghognos, iran p: 134. (in Persian).



Effect of Organic and Chemical Fertilizers on effective traits on the Percentage of Light Absorption and Extract of Hemp (*Cannabis sativa L.*) in Birjand

S. Laleh^{1*} - M. Jami Al-Alhmadi² - S. Parsa³

Received: 29-11-2017

Accepted: 21-07-2018

Introduction

Availability of nutrients needed by plants and ambient light are important in the growth and synthesis of active substance of medicinal plants. Various nutritional combinations have been assessed to study their effect on improving field management and production of medicinal plants. Nitrogen is often a limiting nutrient in plant growth in most agricultural soils. Nitrogen is a major component of chlorophyll, proteins, nucleic acid, vitamins and other organic compounds by which plants use sunlight energy to produce sugars from water and carbon dioxide (i.e., photosynthesis). It is also a major component of amino acids, the building units of proteins. Phosphorus is another element which has an important role in nearly every plant process that involves energy transfer. High-energy phosphate, contained in the chemical structures of adenosine diphosphate (ADP) and ATP, is the source of energy that drives the variety of chemical reactions within the plant. Nitrogen and phosphorus can be supplied through fertilizers or animal manure. Various studies show that combined use of manure and chemical fertilizers (as N, P and ...) have positive effects on soil fertility and growth of plant as well as protecting the environment. Studies also show the effect of adequate nutrients on plant growth parameters, light absorption and biosynthesis in medicinal plants. Therefore, the present study was conducted to evaluate the effect of organic amendments enriched with chemical fertilizers (nitrogen and phosphorus) on effective traits in light absorption and alcoholic extract of hemp in two consecutive years in Birjand.

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 2013- 2014 growing seasons. Experimental factors include application of animal manure (well-rotted farmyard manure) at a rate of 0, 10, 20 and 30 ton ha^{-1} to the main plot. The sub plots were received nitrogen at rate of 0, 50 or 100 kg ha^{-1} (nitrogen in form of Urea) and phosphorus at rate of 0 or 80 kg ha^{-1} (P_2O_5 as triple superphosphate). Measured traits were shoot height and diameter, leaf area and leaf number, nitrogen percentage of leaf, canopy light absorption, shoot and leaf dry weights, percentage of extract of leaves and seeds. Nitrogen content of plants was determined by Kjeldahl method and light Absorption was measured by Sun scan. The data were statistically analyzed by SAS software (V. 9.1). Comparison of the means was performed using FLSD test at the 0.05 level of significant.

Results and Discussion

The results showed that canopy light absorption highly correlated with the leaf numbers (0.676**), shoot height (0.621**), nitrogen percentage of leaf (0.543**) and shoot diameter (0.481**) respectively. Application of 30 ton ha^{-1} of animal manure resulted in less efficiency in increasing shoot height and diameter, leaf area and number and nitrogen percentage of leaf. The absorption of light by plant was higher in treatments with higher nitrogen content in leaf. The study showed that weight of shoot and leaf following treatment increased by animal manure, nitrogen and phosphorus supplements, which subsequently increased final weight of extract from leaves and seeds.

Application of 30 ton ha^{-1} of animal manure and 100 kg ha^{-1} of nitrogen resulted in 20.1% and 20.2% increase in content of leaf extract respectively, while application of 100 kg ha^{-1} of nitrogen resulted in 20% increase in total weight of extracts from seeds. Seed extracts were also highly correlated with the dry weight of leaves. Therefore, the study suggests that adequate nutritional supplement to soil can increase plant growth and

1- Ph. D., 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: Laleh8591@yahoo.com)

final weight of the leaf and seed extracts from plants. Most seed extract estimated in combined treatment of 30 ton ha^{-1} animal manure and 80 kg ha^{-1} of phosphorus. The rate of plant growth was lower in the first year compare to the second year, which can be due to higher salinity of soil and animal manure and temperature of germination in the first year.

Overall, the findings of this study showed that application of 30 ton ha^{-1} of animal manure can provide the plants with adequate level of nitrogen and phosphorus resulting in increased level of extracts of leaf and seed in hemp plant and can reduce the need for nitrogen and phosphorus fertilizers use.

Keywords: Cow manure, Leaf dry weight, Nitrogen, Phosphorus, Shoot dry weight



تأثیر مدیریت بستر کاشت و میزان کاشت بذر بر کنترل علف‌های هرز، رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum L.*)

شیدا جعفری‌بیگی^۱ - احسان‌اله زیدعلی^{*۲} - روح‌اله مرادی^۳ - یاسر علی‌زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

در این پژوهش تأثیر بستر و تراکم‌های کاشت بر کنترل علف‌های هرز و همچنین رشد و عملکرد گندم به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان گیلان‌غرب در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل نوع بستر بذر در سه سطح (بستر دروغین، بستر زود هنگام و بستر کاشت رایج منطقه) به عنوان کرت اصلی و میزان کاشت بذر گندم در سه سطح (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار) به عنوان کرت فرعی بود. نتایج نشان داد که صفات زیست‌توده و تراکم علف‌هرز، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه تحت تأثیر اثر متقابل نوع بستر و میزان کاشت بذر گندم نوشت و میزان کاشت بذر تأثیر معنی‌داری بر تعداد سنبله و درصد خواهدگی بوتة داشت. استفاده از بسترها کاشت زود هنگام و دروغین به طور معنی‌داری سبب کاهش تراکم (به ترتیب ۱۳ و ۴۶ درصد) و زیست‌توده (به ترتیب ۱۷ و ۴۹ درصد) علف‌های هرز و افزایش تعداد پنجه بارور (به ترتیب ۱۱ و ۲۰ درصد)، تعداد سنبله (به ترتیب ۴ و ۱۹ درصد)، عملکرد زیست‌توده (به ترتیب ۲۳ و ۱۴ درصد)، عملکرد دانه (به ترتیب ۱۳ و ۴ درصد) و درصد پروتئین دانه (به ترتیب ۱۱ و ۳۴ درصد) گندم نسبت به بستر کاشت معمولی شد. افزایش تراکم گندم تأثیر مثبتی بر کنترل علف‌های هرز داشت. بیشترین عملکرد دانه گندم (۶/۹۵ تن در هکتار) در بستر کاشت زوده‌نگام و تراکم کاشت ۱۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار حاصل شد. عملکرد دانه گندم در تراکم‌های کاشت ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار به ترتیب حدود ۱۹ و ۱۴ درصد بیشتر از تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار بود. به طور کلی، استفاده از بسترها کاشت دروغین و زوده‌نگام به همراه تراکم کاشت ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بستر زوده‌نگام، بستر دروغین، پروتئین دانه، خواهدگی

مقدمه

سال ۲۰۱۳ بعد از کشورهای چین، هندوستان، امریکا، روسیه، فرانسه، کانادا، آلمان، پاکستان، استرالیا، اکراین و ترکیه، دوازدهمین کشور عمده تولیدکننده این محصول می‌باشد.

خسارت علف‌های هرز و عدم مدیریت صحیح پیش‌گیری و کنترل آن‌ها، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در کاهش کمیت و کیفیت گندم در کشور می‌باشد. بر اساس گزارش پژوهش‌های زند و همکاران (Zand *et al.*, 2009) در ایران خسارت علف‌های هرز در اقلیم‌های سرد مانند استان‌های آذربایجان غربی و کرمانشاه ۲۷ درصد، در اقلیم‌های معتدل مانند استان‌های تهران و خراسان ۱۷ درصد، در اقلیم‌های گرم مانند استان‌های خوزستان و فارس ۲۳ درصد و در اقلیم‌های خزری مانند استان گلستان ۲۸ درصد و میانگین خسارت علف‌های هرز در مزارع گندم کشور ۲۳ درصد بوده است. بر اساس پژوهش رستگار (Rastegar, 1999) خسارت علف‌های هرز در محصولات کشاورزی شامل اتلاف آب و مواد غذایی، سایه‌افکنی،

گندم (*Triticum aestivum L.*) در بین غلات به محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی سازگار است. در کشور ما نیز گندم به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی سطح وسیعی از اراضی را به خود اختصاص داده است (Siadat and Noormohammadi, 2001). بر طبق آمار فانو (FAO, 2015) ایران با تولید ۱۴ میلیون تن گندم در

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

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

(Email: E.zeidali@ilam.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v16i4.69146

(*)- نویسنده مسئول:

یکی از راه‌های افزایش عملکرد محصولات زراعی از طریق روش‌های بهزراعی می‌باشد. خصوصیات گیاه، طول دوره رویش، زمان و روش کاشت، رطوبت و حاصلخیزی خاک، اندازه بوته، تابش خورشید و الگوی کاشت عواملی هستند که بر تراکم مناسب بوته اثر می‌گذارند (Torabi-Jefroodi *et al.*, 2005) به منظور بررسی امکان به کارگیری تراکم کاشت و روش‌های مختلف آماده‌سازی بستر کاشت بذر به عنوان یک شیوه مدیریتی غیرشیمیایی در کاهش تداخل علف‌های هرز و ارزیابی میزان تأثیرگذاری این روش‌ها بر جمعیت علف‌های هرز و رشد و عملکرد گیاه زراعی گندم این تحقیق انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در غرب شهرستان گیلان‌غرب، استان کرمانشاه به مختصات طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۲ دقیقه در ارتفاع ۷۴۵ متر از سطح دریا طی فصل زراعی سال ۱۳۹۳-۹۴ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. متوسط دمای شهرستان ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین میزان بارش سالانه ۴۵۲ میلی‌متر است. آب و هوای گیلان‌غرب بر اساس طبقه‌بندی کوبن در طبقه‌بندی آب و هوای معتدل گرم قرار می‌گیرد. در گیلان‌غرب زمستان بارانی تر از تابستان است. فاکتورهای آزمایش شامل نوع بستر بذر در سه سطح (بستر دروغین، بستر زود‌هنگام و بستر کاشت معمولی منطقه) به عنوان کرت اصلی و میزان کاشت بذر گندم در سه سطح (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار) به عنوان کرت فرعی بود. میزان بذر مصرفی بر مبنای حدی بیشتر و کمتر از کشت معمول گندم (۲۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار) بود. قبل از اجرای آزمایش، خاک مزروعه در دو عمق مختلف بررسی شد که نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح به نحو مطلوب، قبل از کاشت صورت گرفت. در بستر کاشت رایج منطقه پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین کاشت در تاریخ ۱۵ آذر انجام شد و سپس آبیاری صورت گرفت. در روش بستر کاشت زود‌هنگام، پس از شخم حداقل دستکاری انجام شد، زمین شخم زده شده مدتی رها شد تا علف‌های هرز جوانه بزنند پس از آن بدون دستکاری خاک (با استفاده از علف‌کش رانداب به میزان دو لیتر در هکتار ۲۰ روز پیش از کاشت توسط سمپاش پشتی کتابی) کنترل علف‌های هرز صورت گرفت و کاشت بذر با ردیف کار به صورت مستقیم در تاریخ ۱۵ آذر انجام پذیرفت و بلافاصله زمین آبیاری شد. آبیاری به صورت غرقابی و بر اساس نیاز گیاه به صورت چشمی اعمال شد.

ترشیح مواد سمی در خاک، ایجاد هزینه برای مبارزه، کم شدن ارزش محصولات زراعی، کاهش کیفیت و خراب شدن محصولات دامی، زیان‌های بهداشتی برای انسان و دام، نامرغوب شدن بذرها و دانه‌ها، مزاحمت در برداشت محصول، میزبانی آفات و بیماری‌های گیاهی، ایجاد خوابیدگی در غلات، افزایش خطر سرمازدگی در باغ‌ها، کم شدن ارزش زمین‌ها و غیره می‌باشد.

خواجه‌پور (Khajepoor, 2003) معتقد است که هدف از کنترل علف‌های هرز کاهش تراکم و رشد آنها تا حد آستانه بیولوژیکی و در نتیجه حذف خسارت‌های اقتصادی علف‌های هرز بر محصولات کشاورزی و انسان است. روش کنترل مؤثر علف‌های هرز توسط عواملی شامل روش تولید، فصل رشد و طول دوره زندگی علف‌هرز، محصول مورد کاشت، عملیات تهیه بستر بذر، امکانات موجود برای کنترل علف‌های هرز و وضعیت اقلیمی منطقه مورد نظر تعیین می‌گردد. به طور کلی روش‌های کنترل شامل کنترل مکانیکی، اکولوژیکی، بیولوژیکی، شیمیایی و زراعی است.

تهیه بستر کاشت تأثیر زیادی روی سبز کردن علف‌های هرز دارد. آماده نمودن زمین موجب خرد شدن کلوجه‌ها و نرم تر شدن خاک می‌شود. در این مورد، بزرگ‌العی و همکاران (Barzali *et al.*, 2000) مشاهده کردند که در بسترها تسطیح شده در مقایسه با بستر غیرآماده، امکان سبز شدن تعداد بیشتری علف‌هرز فراهم می‌شود. کلیه روش‌های مبارزه با علف‌هرز بر روی علف‌های هرز کوچک تأثیر بیشتری دارد. بنابراین، استفاده از روش‌های مختلف مبارزه قبل از ظهور بوته‌ها می‌تواند بسیار مؤثر باشد. تکنیک بستر زود‌هنگام^۱ که تلقیقی از کنترل زراعی و مکانیکی و در بعضی موارد شیمیایی است، در بسیاری از کاشت‌های ارگانیک که علاقه‌ای به استفاده گستردۀ از علف‌کش‌ها ندارند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dimitri, 2008). در روش بسترها دروغین یا رها شده^۲ بعد از شخم، حداقل دستکاری انجام می‌شود، زمین شخم زده شده و مدتی رها می‌شود تا علف‌های هرز جوانه بزنند پس از آن بدون دستکاری خاک کنترل علف‌های هرز صورت می‌گیرد (Shakarami *et al.*, 2010). استفاده از این تکنیک‌ها می‌تواند به طور مؤثری در کنترل علف‌های هرز مزارع مفید باشد.

بر اساس نظر والکر و همکاران (Walker *et al.*, 2002) یکی دیگر از راهکارهای زراعی مؤثر جهت افزایش قدرت رقابت گیاه زراعی در برابر علف‌های هرز، افزایش تراکم گیاه زراعی است که در اغلب نظامهای تولید گندم، می‌تواند کنترل گردد. به طور کلی تراکم گیاه زراعی، آرایش فضایی، انتخاب رقم و تناوب از طریق تغییر قدرت رقابت بر جمعیت علف‌های هرز تأثیر می‌گذارد. تراکم بوته مطلوب،

1- Stale seedbed

2- False seedbed

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مزرعه
Table 1- Soil physical and chemical properties

عمق Depth (cm)	بافت Texture	فسفر N (‰)	پتاسیم P (ppm)	هدایت الکتریکی K (ppm)	EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	ماده آلی OM (%)
0-30	Loam لومی	0.11	19.3	315	0.31	7.46	1.15
30-60	Clay loam لومی-رسی	0.11	13.6	325	0.82	7.34	1.04

استفاده شد. جهت آنالیز واریانس داده‌ها نیز از نرمافزار آماری SAS نسخه ۹/۲ استفاده گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

زیست‌توده و تراکم علف‌هرز: پایش علفهای هرز نشان داد که یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*) و جو دره (*Hordeum spontaneum*) مهمترین علفهای هرز باریکبرگ و خاکشیر تلخ (*Sisymbrium irio*), خارلته (*Cirsium arvense*), *Geranium* باونه (*Anthemis altissima*) و شمعدانی وحشی (*tuberousum*) مهمترین علفهای هرز پهنه برگ مزراع گندم شهرستان بودند. اثرات ساده و متقابل نوع بستر کاشت و تراکم کاشت بر صفات زیست‌توده و تراکم علف‌هرز معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل بستر کاشت × تراکم نشان داد که بستر کاشت و تراکم تأثیر متفاوتی بر میزان زیست‌توده علفهای هرز داشت (جدول ۳). در هر سه روش تهیه بستر بذر افزایش تراکم از ۱۵۰ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش زیست‌توده علفهای هرز شد که این اختلاف تنها در کاشت معمول معنی‌دار شد. همچنین، در تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بستر زودهنگام و بستر دروغین به طور معنی‌داری سبب کاهش زیست‌توده علفهای هرز نسبت به کاشت معمول منطقه شدند. بالاترین میزان زیست‌توده علفهای هرز (۴۳/۳۳ گرم در متر مربع) در ترکیب تیماری کاشت معمول منطقه و تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بذر گندم و کمترین آن (۱۹/۶۶ گرم در متر مربع) در ترکیب تیماری بستر دروغین و تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار به دست آمد (جدول ۳).

برهمکنش بستر کاشت و تراکم بوته نشان داد که در هر سه روش کاشت معمول، بستر زود هنگام و بستر دروغین با افزایش تراکم گیاهی تراکم علف‌هرز به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). این کاهش در شرایط کاشت معمول و بستر دروغین بیشتر بود. همچنین، بستر زودهنگام و بستر دروغین به طور معنی‌داری سبب کاهش این صفت نسبت به بستر معمول منطقه شدند که بستر دروغین از این لحاظ بهتر بود. بیشترین تراکم علفهای هرز در مزرعه در ترکیب تیماری کاشت معمول و تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن

در روش بستر بذر کاذب (دروغین)، پس از شخم اولیه و آبیاری ۱۵ مهر، بذر کاشته نشد و زمین تا ۱۵ آذر رها شد، سپس شخم سطحی (شخم ثانویه) توسط گاوآهن برگردان دار و به عمق تقریبی ۱۵ سانتی‌متر زده شد تا گیاهان هرز رویش یافته از بین رفته و نهایتاً کاشت بذر و آبیاری در تاریخ ۱۵ آذر انجام گرفت.

فاصله بین خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر و طول خطوط کاشت ۶ متر در نظر گرفته شد. تعداد خطوط کاشت در هر کرت آزمایشی ۵ خط کاشت در نظر گرفته شد. بذرها به میزان‌های تعیین شده یعنی مقدادر ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار توزیں و کاشت گردید. کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک محاسبه و با استفاده از منابع کودی فسفات دی آمونیوم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) تعیین گردید. همچنین، سایر عملیات کاشت نظیر آبیاری به صورت یکسان برای تمامی تیمارها اعمال شد. هیچ کنترل علف‌هرزی در مراحل رشد صورت نگرفت.

در هنگام برداشت صفات به شرح زیر اندازه‌گیری شد.

به منظور اندازه‌گیری تراکم و زیست‌توده علفهای هرز در متر مربع از هر کرت علفهای هرز به مساحت ۱×۱ متر برداشت شده و تعداد علفهای هرز مشخص شدند و به مدت ۴۸ ساعت و با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون گذاشته و سپس وزن خشک آنها محاسبه گردید. درصد سبز شدن به صورت نسبت بذر کاشته شده به بوته سبز شده بررسی شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه (با استفاده از خط کش) در هر تکرار از ۱۰ گیاه به صورت تصادفی استفاده شد. برای تعیین تعداد پنجه بارور و سنبله در واحد سطح، سطحی معادل یک متر مربع در نظر گرفته شد و تعداد پنجه‌های بارور و سنبله در آن شمارش و ثبت شد. برای محاسبه این صفت نسبت بذرها کاشته شده به بذرها سبز شده به صورت درصد در واحد سطح محاسبه و ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، از هر واحد آزمایشی نمونه‌ها به طور تصادفی جدا و پس از توزیں میانگین وزن هزار دانه آن‌ها محاسبه و ثبت شد.

اندازه‌گیری عملکرد دانه و زیست‌توده پس از حذف ۲ خط از طرفین و حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری پروتئین دانه از روش کجلدال (Nelson and Sommers, 1972) استفاده شد.

از نرمافزار آماری Minitab نسخه ۱۷ برای نرمال کردن داده‌ها

زودهنگام و دروغین بود. به عبارتی، به دلیل کنترل علف‌هرز در بسترها کاشت زودهنگام و دروغین، تأثیر تراکم کاشت بر تغییر وزن علف‌هرز کمتر از کاشت رایج بود.

در شرایط بستر دروغین و تراکم‌های ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). نقش افزایش تراکم کاشت بوته گندم، بر کاهش تراکم علف‌هرز در سیستم کاشت رایج مشهودتر از بسترهاست

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد ارزیابی در گیاه گندم تحت تأثیر بستر و تراکم‌های مختلف کشت

Table 2- Analysis of variance (Mean squares) of the wheat traits as affected by different seedbed and densities

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	زیست‌توده علف‌هرز Weed biomass	تراکم علف‌هرز Weed density	ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه Tillers number	درصد سبز شدن emergence percent	تعداد سنبله Spike number
Block	2	23.11	0.25	33.64	42.00	0.70	3363
Seed bed (A)	2	279**	45.35**	234**	10421**	ns 28.44	4274**
Error 1 خطای (B)	4	4.79	0.48	22.10	109	4.05	1502
Density (B)	2	221**	62.70**	295**	21262**	ns 1.44	42990**
A × B	4	34.00**	5.90*	88.00**	2047**	ns 1.05	ns 2087
Error 2 خطای	12	5.01	1.40	7.24	63.00	8.57	1139
CV	-	11.68	7.39	4.39	8.34	4.22	10.82

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱٪ درصد

ns, * and **: non-significant and significant in the level of 5% and 1%, Respectively.

جدول ۳- برهمکنش نوع بستر کاشت و میزان تراکم کاشت بر زیست‌توده و تراکم علف‌هرز و برخی صفات گندم

Table 3- Interaction effect of seedbed and plant density on weed density and dry matter, and some wheat traits

بستر کشت Seedbed	تراکم کاشت Planting density (kg seed ha ⁻¹)	زیست‌توده علف‌هرز Weed biomass (g.m ⁻²)	تراکم علف‌هرز Weed density (Plant m ⁻²)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد پنجه Tillers number per m ²	درصد بروتین دانه Grain protein percentage
Conventional	150	43.33 ^a	18.66 ^a	101.7 ^{dc}	311 ^g	9.02 ^{cd}
	200	30.66 ^b	12.66 ^{bc}	107.1 ^{abc}	352 ^e	9.04 ^{cd}
	250	26.66 ^b	11.00 ^c	87.63 ^e	378 ^d	8.33 ^d
Zadoungam Stale	150	31.66 ^b	14.33 ^b	112.9 ^a	341 ^{ef}	10.66 ^{bc}
	200	26.66 ^b	11.33 ^c	106.2 ^{abcd}	411 ^c	9.00 ^{cd}
	250	27.66 ^b	11.66 ^c	99.73 ^d	407 ^c	9.66 ^{cd}
Droghin False	150	26.66 ^b	12.33 ^c	112.7 ^{ab}	327 ^f	9.66 ^{cd}
	200	21.03 ^b	8.33 ^d	105.8 ^{bcd}	466 ^a	13.33 ^a
	250	19.66 ^b	8.33 ^d	106.5 ^{abcd}	451 ^b	12.33 ^{ab}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نمی‌باشد.

Column means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p < 0.05$)

کیلوگرم در هکتار بستر زودهنگام و بستر دروغین به طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع بوته نسبت به کاشت معمول شدند (جدول ۳). بالاترین میزان ارتفاع بوته (۱۱۲/۹ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری بستر زودهنگام و تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بذر گندم و کمترین آن (۸۷/۶۳ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری کاشت معمول و تراکم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بذر گندم مشاهده شد (جدول ۳).

تعداد پنجه بارور در متر مربع: تأثیر اثرات ساده و متقابل تیمارهای مورد بررسی بر تعداد پنجه بارور در سطح احتمال یک

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل بستر و تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل بستر کاشت و تراکم بوته گندم نشان داد که بستر کاشت و تراکم تأثیر متفاوتی بر میزان ارتفاع بوته دارند (جدول ۳). در هر سه روش تهیه بستر بذر افزایش تراکم از ۱۵۰ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش ارتفاع بوته شد که این روند در کاشت معمول و بستر زودهنگام معنی‌دار و در بستر دروغین غیر معنی‌دار بود. همچنین، نتایج نشان داد که در تراکم ۱۵۰ و ۲۵۰

به طور معنی داری سبب افزایش تعداد سنبله نسبت به کاشت معمول منطقه شد (جدول ۵). این روند در مورد بستر زودهنگام با وجود افزایش نسبت به کاشت معمول از لحاظ آماری معنی دار نشد. افزایش تعداد سنبله تحت تأثیر بسترهای کاشت زودهنگام و دروغین نسبت به بستر کاشت معمولی به ترتیب حدود ۴ و ۱۱ درصد بود (جدول ۵). بسترهای زودهنگام و دروغین از لحاظ این صفت اختلاف آماری معنی داری با هم نداشتند. مقایسه میانگین تیمار تراکم کاشت نشان داد که با افزایش تراکم گیاهی تعداد سنبله در متر مربع به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۵). تعداد سنبله در تراکم‌های ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار به ترتیب ۴۴۱ و ۴۶۲ سنبله در متر مربع بود که اختلاف معنی داری با تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۳۳۳) داشتند. تراکم‌های ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از لحاظ تعداد سنبله در متر مربع اختلاف آماری معنی داری نداشتند (جدول ۵).

درصد معنی دار بود (جدول ۲). در هر سه روش تهیه بستر بذر، افزایش تراکم از ۱۵۰ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی دار تعداد پنجه بارور شد (جدول ۳). نتایج همچنین حاکی از آن بود که در تمام تراکم‌های کاشت، بسترهای زودهنگام و دروغین به طور معنی داری سبب افزایش تعداد پنجه بارور نسبت به کاشت معمول منطقه شدند که این افزایش در بستر دروغین بیشتر بود. درصد افزایش تعداد پنجه بارور تحت تأثیر تراکم‌های ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار، در بستر کاشت دروغین بیشتر از دیگر بسترهای کاشت بود. بالاترین ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در ترکیب تیماری بستر دروغین و تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳).

تعداد سنبله: تأثیر اثرات ساده بستر کاشت و تراکم بوته بر تعداد سنبله معنی دار بود ($p < 0.01$). در حالی که، این صفت تحت تأثیر برهمکنش این تیمارها قرار نگرفت (جدول ۲). بستر کاشت دروغین

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) در صفات مورد ارزیابی در گیاه گندم تحت تأثیر بستر و تراکم‌های مختلف کشت

Table 4- Analysis of variance (Mean squares) of the wheat traits as affected by different seedbed and densities

متتابع تغییر	S.O.V	df	درجه آزادی	وزن هزار دانه	وزن هزار دانه	عملکرد زیست توده	عملکرد دانه	میزان پروتئین دانه	درصد خوابیدگی	میزان ارزیابی	Lodging percent
بلوک	2			5.22		0.20	0.29	1.11	0.92		
(A) Seed bed	2			14.57ns		19.09**	57.2**	21.0**	87.81**		
خطای ۱	4			14.81		1.18	1.91	0.27	0.48		
(B) Density	2			71.18*		4.23ns	5.61**	1.00ns	15.81**		
A × B	4			8.19ns		0.84ns	1.09*	6.16*	0.70ns		
خطای ۲	12			15.57		2.40	0.28	1.22	1.24		
CV	-			2.38		12.22	5.87	3.18	11.95		

ns و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non-significant and significant in the level of 5% and 1%, Respectively.

جدول ۵- اثر ساده نوع بستر کاشت و میزان تراکم کاشت بر برخی صفات مورد بررسی در گندم

Table 5- Simple effects of seedbed and plant density on some studied traits of wheat

Treatment	تیمار	تعداد سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد زیست توده	درصد خوابیدگی
		Spike number per m ²	1000-seed weight (g)	Biological yield (kg ha ⁻¹)	Lodging percentage
معمول	Conventional	392 ^b	46.36 ^a	15.19 ^b	19.55 ^a
بستر کشت	زودهنگام	408 ^{ab}	45.97 ^a	18.61 ^a	19.00 ^a
Seedbed	Stale				
دوغین	False	435 ^a	45.98 ^a	17.33 ^a	13.88 ^b
تراکم کاشت	150	333 ^c	49.73 ^a	16.72 ^a	16.00 ^b
Planting density (kg seed ha ⁻¹)	200	441 ^a	48.24 ^a	16.99 ^a	17.88 ^a
	250	462 ^a	44.29 ^b	17.37 ^a	18.55 ^a

برای هر تیمار، میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نمی‌باشد.

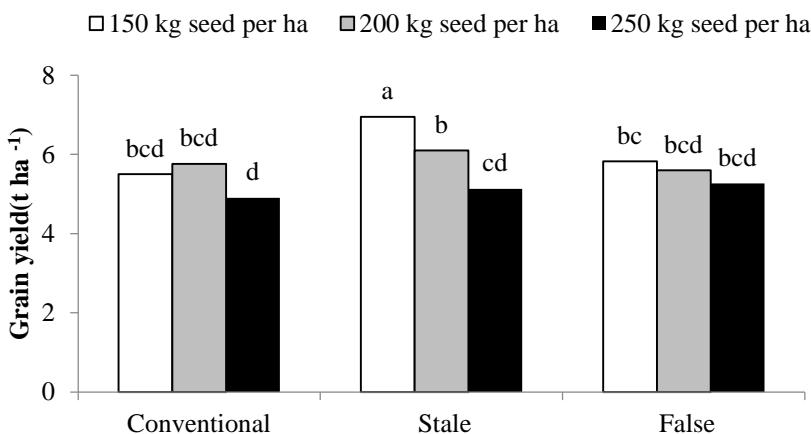
For each treatment, column means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p < 0.05$)

(۱۷/۳۳) کیلوگرم در هکتار) نداشت (جدول ۵).

عملکرد دانه: اثرات ساده بستر و تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد و برهمنکشن این دو تیمار در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم نداشتند (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه برای بسترهای کاشت زودهنگام (۶/۹۴) ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و دروغین (۵/۸۲) کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۱۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار مشاهده شد. در حالی‌که، برای بستر کاشت معمولی تراکم ۲۰۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار بالاترین (۵/۷۵) کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد دانه را شامل شد (شکل ۱). بالاترین میزان عملکرد دانه (۶/۹۴) کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری بستر زودهنگام و تراکم ۱۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار و کمترین آن (۴/۹۰) کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری کاشت معمول منطقه و تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر گندم در هکتار بدست آمد (شکل ۱).

وزن هزار دانه گندم: این صفت تنها تحت تأثیر تراکم کاشت در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). کاهش وزن هزار دانه در تراکم ۲۰۰ کیلوگرم نسبت به تراکم ۱۵۰ کیلوگرم غیر معنی‌دار و در تراکم ۲۵۰ کیلوگرم نسبت به تراکم ۱۵۰ کیلوگرم معنی‌دار بود (جدول ۵). کاهش وزن هزار دانه در تراکم ۲۵۰ بوته در هکتار نسبت به تراکم‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ به ترتیب حدود ۸ و ۱۱ درصد بود.

عملکرد زیست‌توده: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد زیست‌توده گندم تحت تأثیر اثر ساده بستر کاشت ($P<0.01$) قرار گرفت. ولی، تراکم کاشت و برهمنکشن بستر و تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴) بستر زود هنگام و بستر دروغین به طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد زیست‌توده نسبت به کاشت معمول منطقه شد (جدول ۵). بیشترین میزان میزان زودهنگام زیست‌توده گندم (۱۸/۶۱) کیلوگرم در هکتار) در بستر کاشت زودهنگام مشاهده شد که البته اختلاف آماری معنی‌داری با بستر دروغین



شکل ۱ - اثر متقابل بستر و تراکم کاشت بر عملکرد دانه گندم

میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نمی‌باشد.

Figure 1- Interaction of seedbed and plant density on grain yield of wheat
The means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p<0.05$)

نشان داد که بستر دروغین در تراکم‌های ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری سبب افزایش پروتئین دانه نسبت به بسترهای زودهنگام و کاشت معمول شد. بالاترین میزان پروتئین دانه در ترکیب تیماری بستر دروغین و تراکم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در ترکیب تیماری کاشت معمول منطقه و تراکم ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۳).

میزان خواصی (ورس) بوته: این صفت تحت تأثیر اثرات ساده بستر و تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت ولی

درصد پروتئین دانه: تأثیر تراکم بوته ($P\leq 0.01$) و برهمنکشن بستر و تراکم کاشت ($P\leq 0.05$) بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج برهمنکشن بستر و تراکم کاشت نشان داد که سطوح مختلف تراکم گیاهی در بسترهای مختلف کاشت اثر متفاوتی بر پروتئین دانه دارند (جدول ۳). به طوری که در بستر دروغین افزایش تراکم از ۱۵۰ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری سبب افزایش حدود ۳۸ درصدی پروتئین دانه شد. حال اینکه در بسترهای کاشت معمول و زود هنگام این روند مشاهده نشد. همچنین، نتایج

مدیریت علفهای هرز مزارع پنبه (Dogan *et al.*, 2009)، خیار (Riemens *et al.*, 2003) و کاهو (Lonsbary *et al.*, 2007) نیز به اثبات رسیده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین، یوسفی و پیری (Yousefi and Peri, 2015) در بررسی اثر بستر کاشت دروغین و کاشت معمول در مدیریت علفهای هرز لوبیا گزارش کردند که استفاده از بستر دروغین به طور معنی‌داری زیست‌توده علفهای هرز باریک برگ و مجموع علفهای هرز را نسبت به بستر مرسوم کاهش داد. به طوری که زیست‌توده علفهای هرز باریک برگ و مجموع علفهای هرز را به ترتیب ۲۸ و ۲۱ درصد کاهش داد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بستر دروغین باعث کاهش ۱۶ درصدی زیست‌توده علفهای هرز پهمن برگ شد.

نتایج این تحقیق همچنین سودمندی استفاده از بستر زود هنگام و بستر دروغین بر صفات زراعی و عملکرد گندم در شرایط مزرعه را نشان داد. نتایج مشخص کرد که استفاده از این بسترها نسبت به شیوه کاشت معمول منطقه سبب افزایش معنی‌دار صفاتی چون تعداد پنجه بارور، تعداد سنبله، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، پروتئین دانه و همچنین کاهش معنی‌دار درصد خوابیدگی شد. همچنین گوپنیاس و همکاران (Gopinath *et al.*, 2008) نشان دادند که استفاده از بستر زودهنجام به طور مؤثری سبب کاهش علفهای هرز و افزایش خصوصیات زراعی گیاه و عملکرد غلاف در گیاه نخود فرنگی می‌شود.

یکی از مهم‌ترین وظایف مدیریت مزرعه انتخاب تراکم بوته و آرایش مناسب کاشت جبهت جذب حداکثر مواد غذایی و نور خورشید به وسیله گیاهان زراعی و محدودیت استفاده این مواد به وسیله علفهای هرز است (Ozoni-Davaji *et al.*, 2008) تا با استفاده از این تکنیک رشد علفهای هرز در مزرعه محدود شود. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش تراکم گیاهی از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۲۵۰ کیلوگرم به طور مؤثری سبب کاهش زیست‌توده علفهای هرز و تراکم آنها شد. در هر سه شیوه مدیریت بستر بذر (کاشت معمول، بستر زودهنجام و بستر دروغین) افزایش تراکم تأثیر مفیدی در کاهش علفهای هرز داشت. به طور مسابه حسن زاده (Hassazadeh, 2002) اثرات تراکم‌های ۴۰۰، ۳۰۰ و ۲۰۰ بوته در مترمربع رقم ۵-۷۳ گندم زمستانه را در تراکم‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسیدند که افزایش تراکم گندم سبب کاهش سطح برگ و بیوماس یولاف وحشی، افزایش عملکرد و بیوماس گندم می‌شود. همچنین کریستینسن و همکاران (Kristensen *et al.*, 2008) نشان داد که در کاشت متراتکم گندم نسبت به کاشت کم تراکم، کمترین تعداد علفهای مشاهده شد، به طوری که افزایش تراکم گندم، قدرت رقابت درون گونه‌ای گیاه زراعی را با کاهش دسترسی به نور و اکسیژن

برهمکنش این دو تیمار تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که بستر زودهنجام نسبت به بستر دروغین نسبت به بسترها کاشت معمول و بستر زودهنجام سبب کاهش معنی‌دار درصد خوابیدگی شد (جدول ۵). از لحاظ این صفت بسترها کاشت معمول و زودهنجام اختلاف آماری معنی‌داری با هم نداشتند. مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم در مورد درصد خوابیدگی نشان داد که با افزایش تراکم گیاهی از ۱۵۰ به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار درصد خوابیدگی به طور معنی‌داری افزایش یافت. هر دو تراکم ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تراکم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌دار درصد خوابیدگی شدند که البته سطوح ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف آماری معنی‌دار با هم نداشتند (جدول ۵). نکته مهم در بحث کنترل علفهای هرز توجه به جنبه‌های مختلف کنترل (از جمله پایداری کنترل، هزینه و محیط‌زیست) در نتیجه روش اعمال شده است. به عقیده مورتیمر (Mortimer, 1997) در نگرش نوین مدیریت علفهای هرز، به جای حذف علفهای هرز تأکید بر مدیریت جوامع علفهای هرز است که خود مستلزم شناخت دقیق روابط علفهای هرز با گیاه زراعی است.

عموماً کنترل شیمیایی به عنوان اصلی‌ترین روش کنترل علفهای هرز مدنظر قرار می‌گیرد که آلودگی منابع زیست‌محیطی، مقاوم شدن علفهای هرز به علف‌کش‌ها، تجمع سموم در زنجیره انسان و دام، افزایش هزینه تولید از جمله مشکلات عدیده‌ی ناشی از استفاده بی‌رویه از علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها می‌باشد. موناکو و همکاران (Monaco *et al.*, 2002) بیان کردند که از جمله روش‌هایی که می‌تواند اهداف فوق را محقق سازد تعییر سیستم‌های مرسوم آماده سازی بستر بذر و افزایش تراکم گیاهان زراعی به منظور محدود کردن رشد علفهای هرز است. کاهش بانک بذر علفهای هرز قبل از کشت گیاه زراعی از طریق تهیه بسترها دروغین و زودهنجام به عنوان یک کار جهت کاهش خسارت علفهای هرز در طول رشد گیاه زراعی پیشنهاد شده است. بنا بر نظر یوسفی و پیری (Yousefi and Peri, 2015) هدف اصلی این سیستم تحریک جوانه‌زنی علفهای هرز قبل از کشت گیاه زراعی از طریق تهیه بستر زودهنجام به نابودی علفهای هرزی که قبل از گیاه زراعی سبز شده‌اند با کاربرد علف‌کش‌های عمومی است. نتایج این تحقیق به درستی این مطلب را نشان داد. نتایج نشان داد که بسترها زودهنجام و دروغین به طور معنی‌داری سبب کاهش زیست‌توده علفهای هرز و تراکم آنها در متر مربع نسبت به روش معمول تهیه بستر بذر شدند. در مورد زیست‌توده علفهای هرز در متر مربع بستر زودهنجام و بستر دروغین اختلاف آماری معنی‌داری با هم نداشتند ولی در مورد تراکم علفهای هرز در متر مربع استفاده از بستر دروغین در تمام سطوح تراکم (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) به طور معنی‌داری سبب کاهش علفهای هرز نسبت به بستر کاشت زودهنجام شد. کارایی این سیستم‌ها در

علف‌های هرز در این آزمایش، مشاهده شد که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح کارایی کنترل علف‌های هرز افزایش یافت به نحوی که بهترین سطح کارایی در تراکم بالا بوته به دست آمد. بلک شاو و همکاران (Blackshaw *et al.*, 2000) گزارش کردند که عملکرد لوبیا با کاهش فاصله ردیف کاشت از ۶۹ به ۲۳ سانتی‌متر در طی سال‌های مختلف بین ۱۸ تا ۲۱ درصد افزایش می‌یابد. علاوه بر این افزایش تراکم بوته از ۲۰ به ۵۰ بوته در متر مربع نیز عملکرد لوبیا را بین ۱۰ تا ۲۷ درصد افزایش می‌دهد. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش تراکم باعث کاهش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و همچنین افزایش درصد خواهدگی شد. صادقی و میری (Sadeghi and Miri, 2014) نشان دادند که افزایش تراکم بوته گندم از ۲۰۰ به ۵۰۰ بوته در مترمربع باعث افزایش ارتفاع بوته، کاهش وزن دانه، افزایش عملکرد دانه و افزایش خواهدگی تا ۷۰ درصد شد و تأثیر معنی‌داری بر سایر صفات نداشت.

نتیجه‌گیری

این احتمال وجود دارد که استفاده تلفیقی از تکنیک تهیه بستر زود هنگام و دروغین و افزایش تراکم گیاه زراعی کارایی لازم در کنترل علف‌هز را داشته باشد. به عبارت دیگر می‌توان با تلفیق استفاده از بستر کشت و تراکم گیاهی مطلوب و بهینه خوبه اولیه را به علف‌های هرز زد تا در ادامه گیاه زراعی را رقبابت مؤثر خود عملاً علف‌های هرز را از صحنه رقبابت خارج سازد. از طرفی اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه در تراکم‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بذر گندم در هектار مشاهده نشد. نتایج این تحقیق به درستی مطلب فوق را تأیید کرد به طوری که بیشترین کاهش زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز به همراه عملکرد مطلوب در تراکم بالاتر و بسترها کاشت زود هنگام و دروغین مشاهده شد.

کافی افزایش داد و موجب حذف علف‌هز دم روپا به شد. پروانه و همکاران (Parvaneh *et al.*, 2013) در بررسی اثر تراکم‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هектار بر عملکرد علوفه و دانه گندم گزارش کردند که افزایش تراکم بوته تا ۲۵۰ کیلوگرم در هектار به دلیل تولید بیشتر عملکرد دانه و علوفه خشک بهاره در مقایسه با سایر تراکم‌ها مناسب‌تر می‌باشد.

بنابراین، با توجه به اینکه یکی از عوامل تاثیرگذار بر عملکرد گیاهان زراعی، تراکم بوته است، لذا با توجه به محدودیت ظرفیت محیط کشت باید از تراکم استفاده نمود که جمعیت گیاهی علاوه بر تأمین نیاز از منابع محیطی (نور و آب) باکمترین رقابت درون گونه‌ای مواجه باشد (Khazaei *et al.*, 2008). تراکم مطلوب گیاه که طی آن بیشترین کارایی استفاده از نور و حداقل رشد اتفاق می‌افتد از مهمترین اهداف در مدیریت زراعی گیاهان است است (Nabavi kalat *et al.*, 2005). به عبارتی در صورتی که از حداقل انرژی خورشید حداقل استفاده به عمل آید، کارایی مصرف نور افزایش یافته و با نفوذ نور در لایه‌های مختلف کانوپی، فتوسنتز، زیست‌توده تولیدی و عملکرد افزایش می‌باید و شرایط برای آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز نامساعد می‌شود (Gholi Beygian *et al.*, 2010). نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش تراکم گندم از ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هектار، علاوه بر کنترل بهتر علف‌های هرز تأثیر مشتی بر خصوصیات زراعی و عملکرد گندم گذاشت. به طوری که افزایش تراکم باعث افزایش تعداد پنجه بارور، تعداد سنبله و پروتئین دانه شد. به طور مشابه ملک ملکی و همکاران (Malek- Maleki *et al.*, 2013) گزارش کردند که تیمار تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخن برداشت، تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته تأثیر معنی‌داری داشت. به طوری که، با افزایش تراکم بوته عدس در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخن برداشت افزایش یافت. با توجه به تأثیر معنی‌دار تیمار تراکم بوته بر زیست‌توده و کارایی کنترل

References

- Barzali, M., Javanshir, A., Ghalavand, A., Yusef-Naseri, M., and Musavi, S. 2000. Effect of various tillage systems on weed crowd in second planting of soybean. 6th congress of Agronomy and Plant Breeding. 26-28 August. Mazandaran University. Pp. 24-28. (in Persian with English abstract).
- Blackshaw, R. E., Molnar, L. J., Muendel, H. H., Saindon, G., and Li. X. 2000. Integration of cropping practices and herbicides improves weed management in Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*). Weed Technology 14: 327-336.
- Dimitri, C. 2008. USDA Economic research service. <http://www.ers.usda.gov/data/organic/March 23, 2008>.
- Dogan, M. N., Unay, A., Boz, O., and Ogut, D. 2009. Effect of pre-sowing and pre-emergence glyphosate applications on weeds in stale seedbed cotton. Crop Protection 28: 503-507.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2015. FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- Gharineh, M. H., Ghassemi- Golezani, K., Bakhshandeh, A., Valizadeh, M., and Javanshir, A. 2004. Effects of seed density and seed quality of wheat cultivars on the growth and development of weeds. Agricultural Science 14 (2): 21-29. (in Persian with English abstract).
- Gholi Beygian, M., Zarghami, R., Nasri, M., Zargari, K., and Seyedhadi, M. 2010. Effect of plant density and N-fertilizer on radiation use efficiency and extinction coefficient in milk thistle (*Silybum marianum*) as a medicinal

- plant. Journal dynamic agriculture 1: 1-12. (in Persian with English abstract).
8. Gopinath, K. A., Kumar, N., Mina, B. L., Srivastva, A. K., Gupta, H. S. 2008. Evaluation of mulching, stale seedbed, hand weeding and hoeing for weed control in organic garden pea (*Pisum sativum* sub sp. Hortens L.). Archives of Agronomy and Soil Science 55: 115-123.
 9. Hassazadeh, M. 2002. Designing the ideal type of wheat in competition with weed. PhD thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.
 10. Khajehpoor, M. R. 2003. Principles of Agriculture. Second edition. Jihad Daneshgahi Press. Technology University of Isfahan. 386 p.
 11. Khazaei, H., Teymoori, M. S., and Najafi, F. 2007. Assessing effect of different irrigation regimes and seed density on yield, yield component and quality of isabgol (*Plantago ovate*). Iranian Field Crops Researches 5: 77-84. (in Persian with English abstract).
 12. Kristensen L., Olsen, J., and Weiner, J. 2008. Crop density, sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weed suppression and yield in spring wheat. Weed Science 56: 97-102.
 13. Lonsbary, S. K., O'Sullivan, J., and Swanton, C. J. 2003. Stale-seedbed as a weed management alternative for machine-harvested cucumbers (*Cucumis sativus*). Weed Technology 17 (4): 724-730.
 14. Malek-Maleki, F., N. Majnonhoseini, and H. Alizade. 2013. A survey on the effects of weed control treatments and plant density on lentil growth and yield. Electronic Journal of Crop Production 6: 135-148. (in Persian with English abstract).
 15. Monaco, T. J., Weller, S. C., and Ashton, F. M. 2002. Weed Science: principles and practices, 4th edition. John Wiley & Sons, Inc., New York.
 16. Mortimer, M. 1997. The need for studies on weed ecology to improve weed management. Expert consolation on weed ecology and management. F.A.O. Report.
 17. Nabavi kalat, S. M., Karimi, M., Noormohammadi Gh., Sadrabadi, R., and Aziz. M. 2005. Determination of Suitable Planting Date and Plant Population in Autumn Cultivation of Safflowers in Jovain-Sabzevar. Journal of Agricultural Sciences 11: 154-156. (in Persian with English abstract).
 18. Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. Agronomy Journal 65: 109-112.
 19. Ozoni-Davaji, A., Esfahani, M., Sami Zadeh, H., and Rabiei, M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science 4: 382-400. (in Persian with English abstract).
 20. Parvaneh, B., Chitband, A., Zeidal, E., and Siahfar, M. 2013. Evaluation of seeding rate on forage and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in dual purpose cultivation in Khorramabad. Cereal Research 3: 83-94. (in Persian with English abstract).
 21. Rastegar, M. A. 1999. Weed and controlling methods. Academic publishing press. 413 p.
 22. Riemens, M. M., Van Der Weide, R. Y., Bleeker, P. O., and Lotz, L. A. P. 2007. Effect of stale seedbed preparations and subsequent weed control in lettuce (cv. Iceboll) on weed densities. Weed Research 47: 149-156.
 23. Sadeghi, M., and Miri, H. R. 2014. Evaluation of different level of choloromeqat cholorid (CCC) and plant density on lodging control in bread wheat. Journal of Plant Ecophysiology 19: 30-44. (in Persian with English abstract).
 24. Shakarami, Gh., Zeidal, E., and Musavi, K. 2010. Weed control. Islamic Azad University, Khorram Abad branch press. 211 p.
 25. Siadat, S. A., and Noormohammadi, Gh. 2001. Cereal. Shahid Chamran Ahvaz press. 389 p.
 26. Torabi-Jefroodi A., Fayaz Moghaddam. A., and Hasanzadeh Ghoort Tapeh. A. 2005. An Investigation of the Effect of Plant Population Density on Yield and its Components in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Agricultural Science 36: 25-34. (in Persian with English abstract).
 27. Walker, S. R., Medd, R. W., Robinson, G. R., and Cullis, B. R. 2002. Improved management of *Avena ludoviciana* and *Phalaris paradoxa* with more densely sown wheat and less herbicide. Weed Research 42: 257-270.
 28. Yousefi, A. R., and Peri, M. A. 2015. Use of false seedbed and reduced doses of imazethapyr for weed management in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 6: 108-116. (in Persian with English abstract).
 29. Zand, E. 2000. Study the physiological characteristics of Iranian wheat cultivars as morphology, physiology, competition within and between species. Agronomy PhD thesis. Ferdowsi University of Mashhad
 30. Zand, E., Baghestani, M. A., and Mighani, F. 2009. Sustainable management of weeds. Ferdowsi University of Mashhad Press. 453 p.
 31. Zeidal, E., Azadbakht, N., and Musavi, K. 2007. Restrictions of the herbicides application, biological control valve to sustainable agriculture. Conference on sustainability management technology, production, supply and consumption of agricultural inputs, Tehran. (in Persian with English abstract).



Effects of Seedbed and Wheat Density on Weed Control, Growth and Yield of Wheat

Sh. Jafarbeygi¹- E. Zeidali^{1*}- R. Moradi²- Y. Alizadeh¹

Received: 02-12-2017

Accepted: 21-07-2018

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the prominent cereal food grain and major staple food in Iran. However, weed infestation is a major bottleneck to higher wheat productivity, and accounts for more than 48% loss of potential wheat yield. Weeds are omnipresent pests that compete with crops for water, nutrients, space, and light; host pests and diseases; and release allelochemicals into the rhizosphere. The magnitude of weed-related losses, however, depends on the type and density of a particular weed species, its time of emergence, and the duration of interference. Yield losses are most severe when resources are limited and weeds and crops emerge simultaneously. Crop yields decrease with increasing weed competition. A strong relationship exists between the duration of competition and the competition pressure exerted on the crop, which reduces yield. Stale seedbeds are a long-established practice that can be used with supplemental herbicides in conventional systems or without them in organic systems. The aim of the study was assessing the effect of various seedbed and wheat density on weed control, and growth and yield of wheat.

Materials and Methods

The experiment was conducted in a split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications. The seedbed (false, stale and conventional seedbed) were assigned to main plots and wheat density (150, 200 and 250 kg seed ha^{-1}) were randomized in subplot. The spacing between the planting rows was 20 cm. The required fertilizers were applied based on the results of soil analysis and by phosphate di-ammonium (150 kg ha^{-1}) and urea (250 kg ha^{-1}). Also, other planting operations such as irrigation were applied uniformly to all treatments. Weed control was not carried out in growth stages.

Results and Discussion

The results showed that dry weight and density of weed, plant height, number of tiller, 1000-seed weight, grain yield and seed protein contents were affected by interaction of seedbed and plant density. Simple effect of seedbed and plant density had a significant effect on number of spike and lodging percentage of wheat. Using false and stale seedbeds led to reducing weed density and dry weight, and increasing number of tiller, number of spike, biological and grain yield and protein contents rather than conventional planting conditions, significantly. Increasing plant density had a positive effect on weed control. It seems that increasing wheat density increased the competitiveness of plant species by decreasing access to enough light and nutrients, and led to eliminating the weeds. The highest grain yield (6.95 t ha^{-1}) was assigned to stale seedbed and density of 150 kg seed ha^{-1} . Grain yield in densities of 150 and 250 kg seed ha^{-1} was higher than density of 250 kg seed ha^{-1} .

Conclusions

In general, application of false and stale seedbeds with planting 150-200 kg seed ha^{-1} is recommended.

Keywords: False seedbed, Lodging, Protein content, Stale seedbed

1- Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2- Assistant Prof. agriculture Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(*- Corresponding Author Email: E.zeidali@ilam.ac.ir)



بررسی اثرات تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک چهار رقم کلزای بهاره

حمید محمدی^{۱*}- رقیه جوادزاده^۲- بهمن پاسبان اسلام^۳- لاله پرویز^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و نمو گیاهان را محدود می‌کند اما اسید سالیسیلیک هورمون طبیعی است که رشد را کنترل نموده و باعث القاء تحمل به تنش‌های کمبود آب در گیاهان می‌شود. بدین منظور مطالعه‌ای بر روی چهار رقم کلزای بهاره (ظرف، زرفام، دلگان و RGS003) بهصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (صفر و ۱۵ پی‌پی‌ام) و تنش خشکی (عدم تنش، قطع آبیاری در مرحله گله‌ی و در مرحله خورجین‌دهی) در مرحله گله‌ی و در مرحله خورجین‌دهی در آذربایجان شرقی اجرا شد. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله گله‌ی اثرات منفی شدیدتری بر عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی داشت. قطع آبیاری در هر دو مرحله منجر به کاهش محتوای کلروفیل a، b، کل و افزایش معنی‌دار محتوای H_2O_2 و MDA گردید، همچنین ارقام زرفام و RGS003 بیشترین محتوای کلروفیل و کمترین محتوای H_2O_2 و MDA را داشتند. محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به ترتیب منجر به افزایش ۱۱/۴۱، ۳۱/۷۹ و ۷/۳۳ درصدی محتوای پروولین، کربوهیدرات محلول برگ و روغن برگ و روغن بذر و کاهش ۲۱/۱۶ و ۱۸/۶۷ درصدی محتوای MDA و H_2O_2 شد. همچنین نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک منجر به افزایش ۳۱/۹۶ درصدی عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی در مرحله خورجین‌دهی گردید. در کل، تیمار با سالیسیلیک اسید توانست تا حدی اثرات منفی تنش را برطرف نماید و حتی منجر به بهبود عملکرد و بقیه صفات شود.

واژه‌های کلیدی: رشد، سالیسیلیک اسید، شاخص‌های آسیب، عملکرد، قطع آبیاری

درصد) نسبت به سایر روغن‌های حیوانی و گیاهی می‌باشد (Vermorel, 1986). کنجاله‌ای آن ۳۷ درصد پروتئین دارد و پروتئین مناسبی برای تغذیه‌ی دام و ماکیان می‌باشد. میزان گلوكوزینولات در کنجاله بدون روغن کمتر از ۳۰ میکرو مول بر گرم است (Vermorel, 1986). کلزا نیز همانند بسیاری از گیاهان زراعی از تنش خشکی متأثر می‌شود. کمبود آب در کلزا همراه با کاهش پتانسیل آب برگ باعث افت تورم سلولی، هدایت روزنه‌ای و فتوستنتر 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 مثل تعداد و طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها اثر گذاشته و موجب کاهش عملکرد نهایی دانه می‌گردد، بنابراین بررسی پاسخ ارقام مختلف نسبت به تنش کمبود آب در مراحل فیزیولوژیک حساس رشد گیاه برای گزینش ارقام متحمل به خشکی بسیار با ارزش است (Sheikh *et al.*, 2005). محققین ویژگی‌های فیزیولوژیکی متعددی مانند، مقدار آب نسبی، دمای تاج پوشش برگی و مساحت خورجین را

مقدمه

کلزا (*Brassica napus*) پس از سویا (*Glycine max*) و نخل روغنی (*Elaeis guineensis*), با ۱۳/۹ درصد رتبه‌ی سوم تولید روغن جهان را به خود اختصاص داده است (FAO, 2011). گسترش کلزا بیش از سایر محصولات می‌باشد به طوری که در ۱۵ سال گذشته تولید سالیانه‌ی کلزا ۷۰ درصد افزایش یافته و لی در سویا این افزایش فقط ۴ درصد بوده است (Downey, 1990). دانه‌ی آن ۴۲-۴۸ درصد روغن داشته که دارای کمترین میزان روغن اشبعان (۶

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشیار، دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۳- 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: hmohammadi@azaruniv.edu)
DOI: 10.22067/gsc.v16i4.70532
*)- نویسنده مسئول:

عملکرد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک چند رقم کلزای بهاره، آزمایش مزرعه‌ای در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی به صورت اسپلیت پلات در سه تکرار اجرا شد پلات اصلی شامل سه سطح مختلف آبیاری (آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله‌ی گل دهی، قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین دهی؛ پلات فرعی شامل محلول‌پاشی غلطنهای متفاوت سالیسیلیک اسید (صفر و ۱۵۰ بی‌پی‌ام) و پلات فرعی فرعی شامل چهار رقم کلزای بهاره (ظفر، زرفام، دلگان و RGS003) بودند. هر کرت از چهار ردیف با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و به طول پنج متر تشکیل شده بود و فاصله بوته‌ها روی ردیف در هفت سانتی‌متر تنظیم شدند (در هر کرت ۲۸۰ بوته). کاشت در اول اردیبهشت ماه به صورت خشکه‌کاری انجام گرفت. کودهای مزرعه با استفاده از اوره (۷۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله بعد از ساقه‌دهی) بر مبنای نتیجه آزمون خاک صورت گرفت (Pasban Eslam, 2014). خاک مزرعه مورد آزمایش که دارای بافت لوم شنی با هدایت الکتریکی ۱/۳۵ دسی‌زیمنس بر متر، pH ۷/۷ مجموع آنیون‌ها ۲۱/۸، مجموع کاتیون‌ها ۲۲/۴ در عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متر بود. میانگین بارندگی سالیانه، ۲۷۰ میلی‌متر بود. برای اعمال تیمار آبیاری، با نمونه‌برداری مداوم و اندازه‌گیری رطوبت خاک ۷۰–۷۵ درصد آب قبل استفاده خاک و آبیاری تیمار عدم تنش به هنگام تخلیه (Pasban Eslam, 2014). در طول دوره اعمال تنش بارندگی مؤثر (بیش از ۵ میلی‌متر) رخ نداد ولی برای مهار بارندگی‌های احتمالی پوشش نایلونی روی کرت‌های تحت تنش پیش‌بینی شده بود که مورد استفاده قرار نگرفت. برای جلوگیری از نشت آب بین کرت‌های آبیاری و تنش، بین کرت‌ها ۲ متر و بین بلوک‌ها ۳ متر فاصله منظور شده بود. تنش خشکی در دو سطح به صورت قطع آبیاری در هنگام شروع گل دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (به مدت یک ماه) و رویت خورجین‌های اولیه در سطح مزرعه (رویت خورجین‌ها در طول بیش از ۵ درصد ساقه اصلی) تا رسیدگی فیزیولوژیک (دو هفته) اعمال شد. محلول ۱۵۰ بی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید در اول صبح در سه مرحله با استفاده از محلول‌پاش دستی در زمان اوایل گلدهی اعمال شد.

اندازه‌گیری صفات مربوط به عملکرد: در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین با برداشت تصادفی از ۱۰ بوته در هر کرت شمارش شد. همچنین در هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی گیاهان، وزن هزار دانه توزین شد. عملکرد دانه نیز با استفاده از کواردات در انتهای دوره رشد با حذف اثرات حاشیه‌ای با برداشت کل بوته و با استفاده از خرمن کوب تحقیقاتی انجام گرفت.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک: در این آزمایش در مرحله

برای ارزیابی ژنتیک‌های کلزا در تحمل به خشکی به کار برده‌اند (Singh *et al.*, 1985).

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی هستند که تولید محصولات زراعی را بهبوده در مناطق خشک و نیمه خشک با الگوی بارندگی نامنظم محدود می‌کنند. گیاهان از طریق تغییر متابولوسم سلولی‌شان و مکانیسم‌های دفاعی مختلف می‌توانند به تنش رطبوبتی واکنش نشان داده و سازگار شوند (Bohnert and Jensen, 1996).

کاهش اثرات مضر تنش خشکی و یا مقاوم ساختن گیاهان به تنش خشکی می‌تواند نقش مهمی در فائق آمدن بر موانع تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته باشد. سالیسیلیک اسید (SA) یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است که در رشد و نمو گیاه، واکنش به تنش‌های محیطی، جوانه‌زنی، عملکرد میوه و گلدهی نقش دارد (Qaiser *et al.*, 2010; Khan *et al.*, 2015). مطالعات نشان می‌دهد که SA در بسته شدن روزنه از طریق تولید ROS نقش دارد، که به‌واسطه‌ی یک واکنش کاتالیز شده با پراکسیداز تعدیل می‌شود (Mori *et al.*, 2001) و غیر فعال سازی کانال پتانسیمی یک طرفه‌ی درونی را تنظیم می‌کند (Khokon *et al.*, 2011).

تحقیقین نشان می‌دهد غلطنهای زیاد SA مورد استفاده (۰/۵ میلی‌مولا)، تحمل خشکی گیاهان ذرت را کاهش می‌دهد (Németh *et al.*, 2002). با این وجود، گزارشات متعددی نیز نشان می‌دهند که SA، تحمل به خشکی را افزایش می‌دهد. مصرف استیل سالیسیلیک اسید در حدود ۰/۱ تا ۱ میلی‌مولا از طریق خیساندن بذر یا اسپری برگی، باعث حفاظت گیاهچه‌های تیل یا خربزه تخم قندی (Korkmaz *et al.*, 2007). به‌طور مشابه خیساندن بذور گندم در ppm ۱۰۰ سالیسیلیک اسید مقاومت گیاه را به تنش خشکی افزایش داد (Hamada and Al-Hakimi, 2001).

با توجه به اهمیت گیاه کلزا در تأمین احتیاجات غذایی بهبوده روغن و از طرفی اثرات منفی تنش خشکی بر رشد و عملکرد این گیاه، نیاز به تحقیقات در زمینه کاهش اثرات تنش خشکی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. هرچند تحقیقات متعددی بر نقش سالیسیلیک اسید در گیاهان زراعی انجام شده است اما در مورد محلول‌پاشی این ترکیب مهم و با صرفه اقتصادی روی کلزای بهاره تحت شرایط تنش خشکی در مراحل بسیار مهم و حساس گزارش‌های اندکی صورت گرفته است. بنابراین، ارزیابی محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر رشد و شاخص‌های فیزیولوژیک چهار رقم کلزای بهاره تحت شرایط فاریاب و تنش خشکی از اهداف اصلی این آزمایش بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر رشد،

محاسبه شد (Bates *et al.*, 1973).

محتوای مالون دی آلدھید: اندازه گیری میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی بهوسیله تست تیوباربیتوريک اسید (TBAT) با سنجش میزان مالون دی آلدھید انجام شد. بافت های تر گیاهی را بعد از پودر، در هاون چینی ریخته و به آن ۱/۵ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید /۰ درصد (TCA) اضافه کرده و به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۱۲۰۰ g سانتیریفیوژ گردید. سپس ۰/۵ میلی لیتر از روشناور را برداشت و به آن یک میلی لیتر تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد (TCA) حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوريک اسید اضافه شد. مخلوط حاصله به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آبگرم ۹۵ درجه سانتی گراد) انکوبه گردید. سپس مخلوط حاصله بلافاصله در حمام یخ سرد شده و در سرعت g ۱۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتیریفیوژ گردید. میزان جذب روشناور در ۵۳۲ نانومتر تعیین و جذب غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر از آن کسر شد. محتوای مالون دی آلدھید با استفاده از ضریب تصحیح ۱۵۵ mM^{-۱} cm^{-۱} محاسبه و بر اساس واحد نانو مول بر گرم وزن تر بیان شد (Heath and Packer, 1968).

محتوای H₂O₂: ابتدا ۰/۰ گرم نمونه را خرد نموده و به آن ۵ میلی لیتر محلول اسید تری کلرواستیک یک درصد (w/v) اضافه شد. نمونه هموژنیزه شده در دور ۱۲۰۰ در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتیریفیوژ شد. ۰/۵ میلی لیتر از محلول رویی سانتیریفیوژ شده به ۰/۵ میلی لیتر محلول بافر فسفات پتابسیم ۱۰ میلی مولار (pH=۷) و یک میلی لیتر محلول یک مولار از KI اضافه خواهد گردید. محتوی H₂O₂ با توجه به نمودار استاندارد و تعیین جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر UV-VIS در طول موج ۳۹۰ نانومتر اندازه گیری شد (Velikova *et al.*, 2000).

محتوای کربوهیدرات محلول: تعداد ۵ برگ جوان و توسعه یافته برداشت و بعد از خشک نمودن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، محتوای کربوهیدرات محلول در طول موج ۴۸۵ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت، و منحنی استاندارد رسم شد. سپس میزان جذب در نمونه های گیاهی را قرائت نموده و با قرار دادن در معادله خط مقدار آن بر حسب میلی گرم بر گرم ماده خشک به دست آمد (Sheligi, 1986).

درصد روغن دانه: بعد از برداشت بوته ها و جدا کردن بذور، با استفاده از حلال اتر نفت و دستگاه سوکسله اندازه گیری شد (AOCS, 1983).

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9.1 صورت گرفت. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام گردید.

یک هفته بعد از محلول پاشی و اعمال تنفس در هر مرحله (قطع آبیاری در هنگام شروع گل دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک و رویت خورجین ها در طول بیش از ۵۰ درصد ساقه اصلی تا رسیدگی فیزیولوژیک)، در ساعت ۷ صبح ۱۳ برگ جوان و توسعه یافته از بالای پوشش گیاهی از ردیف میانی هر کرت برداشت و برای انعام آزمایش های بعدی با یخ به آزمایشگاه منتقل گردید که سه برگ برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ در نظر گرفته شد و بقیه نیز سریعاً در نیتروژن مایع فریز شده و تا زمان اندازه گیری صفات در يخجال -۸۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد.

محتوای نسبی آب برگ (RWC): برای اندازه گیری این صفت، بعد از توزین وزن تر (FW) و وزن برگ ها در شرایط اشباح رطوبتی (TW)، درآون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیده و مجدداً توزین شدند و وزن خشک برگ ها محاسبه گردید (DW) و در نهایت بهوسیله معادله زیر محاسبه شد .(Barr and Weatherley, 1962)

$$RWC = \frac{F_w - D_w}{T_w - D_w} \times 100$$

محتوای رنگیزه های فتوسنتزی: ابتدا ۰/۰ گرم از نمونه های پودر شده با استفاده از نیتروژن مایع با ترازوی دقیق توزین و در هاون چینی ریخته و حلال استون ۸۰ درصد را به آن اضافه، کاملاً حل نموده و در فالکون ها ریخته و با ورتكس مخلوط کرده و با سانتیریفیوژ با دور ۵۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه، روشناور را برداشته و در نهایت میزان جذب نور را در طول موج های ۶۴۵ و ۶۴۳ نانومتر قرائت شد. سپس اعداد خوانده شده توسط اسپکتروفوتومتر، با استفاده از نمودرام Lichtenthaler بر حسب میلی گرم در گرم ماده تر برگ بیان شد (and Wellburn, 1983).

محتوای پرولین: ۰/۰ گرم ماده تر گیاهی را با هاون خرد کرده و درون یک تیوب ریخته شد، سپس ۱۰ میلی لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۰/۰۳ به آن اضافه گردید. تیوب ها را به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتیریفیوژ شدند. ۲ میلی لیتر از محلول شناور سانتیریفیوژ شده را درون لوله های آزمایش ریخته و ۲ میلی لیتر اسید ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس برای پایان یافتن واکنش، لوله های آزمایش در داخل بسته بخی قرار گرفته و ۴ میلی لیتر تولوئن به هر لوله اضافه گردید. لوله های آزمایش مربوطه به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتكس به هم زده شد. غلظت اسید آمینه ب پرولین آزاد نمونه ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین و در نهایت بر اساس منحنی استاندارد حاصل از غلظت های مختلف پرولین بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر

نتایج و بحث

محتوای پرولین: نتایج نشان داد که هیچ کدام از اثرات متقابل از لحاظ این صفت معنی دار نشدند ولی محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۳۱/۷۹ درصدی این صفت شد (جدول ۲). حسین و همکاران (Hussein *et al.*, 2007) در بوته‌های گندم محلول‌پاشی شده با SA، افزایش در محتوای پرولین را مشاهده نمودند. مطالعات دیگری نیز حاکی از افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش خشکی در کلزا می‌باشد (Moradshahi *et al.*, 2004).

عملکرد نشان دهنده توانایی نسبی گیاه در تنظیم اسمزی می‌باشد.

محتوای پراکسیدهیدروژن و مالون دی‌آلدهید: نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر محتوی پراکسیدهیدروژن داشتند. همچنین ارقام تفاوت قابل توجهی از این نظر داشتند (جدول ۱). تنش خشکی به ویژه در مرحله گله‌ی باعث افزایش معنی‌دار پراکسیدهیدروژن گردید ولی محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث کاهش معنی‌دار محتوای پراکسیدهیدروژن در هر دو مرحله اعمال تنش گردید (۱۳/۷۱ و ۱۸/۶۷ درصد کاهش به ترتیب در مرحله گله‌ی و خورجین‌دهی) و (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم دلگان دارای بیشترین محتوای پراکسیدهیدروژن و سایر ارقام کمترین میزان را داشتند (جدول ۲).

محتوای نسبی آب برگ: اثر متقابل تنش خشکی، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و ارقم هیچ تفاوت معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ نداشتند ولی تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفت مذکور داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان مربوط به تیمار عدم تنش و تنش خشکی در مرحله خورجین‌دهی بود و کمترین آن در شرایط تنش در مرحله گله‌ی به دست آمد (جدول ۲). گزارش شده است که به دنبال بروز خشکی، محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد. بالا بودن محتوای نسبی آب برگ یکی از ویژگی‌های مؤثر در تداوم رشد کلزا تحت شرایط کمبود آب می‌باشد. مقدار بالاتر آن می‌تواند عامل استمرار رشد در شرایط خشکی باشد (Komar and Singh, 1998).

چنانچه محتوای نسبی آب برگ بالا باشد، گیاه تورم سلوی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد (Roa and Mendham, 1991).

محتوای کربوبوهیدرات محلول: نتایج نشان داد که هیچ کدام از اثرات متقابل بر محتوی کربوبوهیدرات‌های محلول برگ معنی‌دار نشدند ولی محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۱). محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۱/۴۱ درصدی این صفت شد (جدول ۲). مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در ذرت منجر به افزایش محتوای کربوبوهیدرات و در نتیجه عملکرد می‌شود (Khodary, 2004).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در چهار رقم کلزای بهاره تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک

Table 1- Analysis of variance (ANOVA) of studied traits in four spring cultivar canola under drought stress and spraying with salicylic acid

منابع تغییرات (Source)	درجه آزادی d.f	محتوای نسبی آب Relative water content	محتوای کربوبوهیدرات محلول Soluble carbohydrate content	محتوای پرولین Proline content	محتوای پراکسیدهیدروژن H ₂ O ₂ content	محتوای مالون دی‌آلدهید MDA content
بلوک	2	42.88 ^{ns}	0.11 ^{ns}	408.08 [*]	0.463 [*]	0.18 [*]
فاکتور a (تیمار آبیاری) (Factor a) (Irrigation treatment)	2	282.95 ^{**}	0.40 ^{ns}	7039.08 ^{**}	14.424 ^{**}	12.48 ^{**}
(a error) a ^{شتابه}	4	31.47	0.29	505.18	0.082	0.25
فاکتور b (محلول‌پاشی با (Factor b) (Spray with SA))	1	43.36 ^{ns}	2.23 ^{**}	945.78 ^{**}	0.894 ^{**}	2.31 ^{**}
a × b	2	14.61 ^{ns}	0.27 ^{ns}	192.98 ^{**}	0.157 ^{**}	0.26 ^{**}
b (b error) ^{شتابه}	6	2.59	0.05	16.53	0.008	0.01
فاکتور c (ارقام (Factor c) (Cultivars))	3	43.49 ^{ns}	0.13 ^{ns}	16.41 ^{ns}	0.129 ^{**}	0.42 ^{**}
a × c	6	10.62 ^{ns}	0.16 ^{ns}	35.11 ^{ns}	0.029 [*]	0.09 ^{**}
b × c	3	5.40 ^{ns}	0.07 ^{ns}	31.46 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.12 ^{**}
a × b × c	6	2.21 ^{ns}	0.07 ^{ns}	29.90 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.04 ^{ns}
(c error) c ^{شتابه}	36	17.55	0.20	48.53	0.012	0.02

*, ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و یک درصد؛ ns، عدم اختلاف معنی‌دار. ارقام شامل ظفر، زرفام، دلگان و RGS003 می‌باشد.

* and ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively. ns, Not significant. Cultivars were Zafar, Zarfam, Dalgan and RGS003.

جدول ۲- مقایسه میانگین تعدادی از صفات تحت تنش خشکی و محلول پاشی با سالیسیلیک اسید در چهار رقم کلزا بهاره

Table 2- Mean comparison of some traits under drought stress and spraying with SA in four cultivars of spring canola

تیمار آبیاری Irrigation treatment	محتوای کاروتینید Carotenoid content (mg g ⁻¹ FW)	b محتوای کلروفیل Chlorophyll b content (mg g ⁻¹ FW)	a محتوای نسبی آب Relative water content	محتوای برولین Proline content (μmol g ⁻¹ FW)
عدم تنش Control	0.376 b	1.207 a	78.305 a	9.801 b
تنش در مرحله گلدهی Stress at flowering stage	0.363 b	0.428 b	71.798 b	25.453 b
تنش در مرحله خورجین دهنده Stress at podding stage	0.438 a	0.5 b	76.952 a	44.012 a

محلول پاشی با اسید سالیسیلیک Spraying with SA	محتوای کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrate content (mg g ⁻¹ DW)	محتوای کلروفیل کل Total chlorophyll content (mg g ⁻¹ FW)	a محتوای کلروفیل a Chlorophyll a content (mg g ⁻¹ FW)	محتوای برولین Proline content (μmol g ⁻¹ FW)
0 ppm SA شاهد	24.902 b	1.911 b	1.237 b	22.798 b
150 ppm ۱۵۰ پیپیام	25.254 a	2.136 a	1.385 a	30.046 a

ارقام کلزا Canola cultivars	محتوای پراکسید هیدروژن H ₂ O ₂ content (μmol g ⁻¹ FW)	محتوای کاروتینید Carotenoid content (mg g ⁻¹ FW)	b محتوای کلروفیل Chlorophyll b content (mg g ⁻¹ FW)
Zafar ظفر	1.327 b	0.350 b	0.499 b
Zarfam زرفام	1.383 b	0.416 a	0.727 a
Dalgan دلگان	1.526 a	0.350 b	0.799 a
RGS003	1.386 b	0.454 a	0.822 a

مقادیر با حروف کوچک یکسان در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Values with the same lower case letters in a column are not significantly different at P < 0.05.

1994). این افزایش سطح ROS در گیاهان باعث آسیب اکسیداتیو به مولکول های زیستی از جمله لیپیدها، پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک شده و نهایتاً باعث تغییر در هموستازی ری داکس می شود (Smirnoff, 1993). مطالعات نشان می دهد موقعی که SA در غلظت های مناسب استفاده می شود باعث افزایش در راندمان سیستم آنتی اکسیدانتی گیاهان می شود (Knorzer *et al.*, 1999). مشاهده شده که تیمار SA باعث کاهش آسیب ناشی از تنش اکسیداتیو در گیاهان توتون و خیار می شود (Strobel and Kuo, 1995). به علاوه، تیمار با SA منجر به افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در بوته های گوجه فرنگی تحت تنش خشکی می شود (Hayat *et al.*, 2008) (Kranchev *et al.*, 2008) همچنین در مطالعه ای دیگر (Kranchev *et al.*, 2008) با کاربرد خارجی SA، افزایش در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز با کاهش در فعالیت کاتالاز را در بوته های ذرت مشاهده نمود. کاربرد خارجی SA همچنین منجر به کاهش آسیب اکسیداتیو به غشاهاي سلولی بوته های جو گردید که ممکن است با افزایش تحمل گیاه به کمود آب ارتباط معنی داری داشته باشد

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمامی اثرات متقابل دو گانه تأثیر معنی داری بر میزان محتوی مالون دی آلدهید داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده ها نیز نشان داد تنش خشکی به ویژه در مرحله گلدهی باعث افزایش معنی دار این صفت گردید ولی محلول پاشی باعث کاهش معنی دار محتوای MDA در هر دو مرحله اعمال تنش گردید (۱۸/۹۷ و ۲۱/۱۶ درصد کاهش به ترتیب در مرحله گلدهی و خورجین دهنده) (جدول ۳). بیشترین محتوای MDA در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی به دست آمد که ارقام هم در این مرحله تحت تنش خشکی تفاوت معنی داری نداشتند اما ارقام ظفر، زرفام و RGS003 در شرایط تنش خشکی در مرحله خورجین دهنده در مقایسه با رقم دلگان، کمترین محتوای MDA را داشتند (جدول ۴). محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در کل باعث کاهش معنی دار محتوای MDA در تمامی ارقام گردید ولی این کاهش در ارقام ظفر و RGS003 قابل ملاحظه بود (جدول ۵).

محیط های تنش زا باعث القاء تولید انواع اکسیژن فعال (ROS) مثل رادیکال های سوپراکسید، OH· H₂O₂ و غیره در گیاهان می شود و نهایتاً باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان می شود (Asada, ۱۹۹۰).

۱۱/۷۷ درصدی) (جدول ۲). تنش خشکی در هر دو مرحله باعث کاهش معنی دار در محتوای کلروفیل گردید و ارقام زرفام، دلگان و RGS003 بیشترین و رقم ظفر کمترین محتوای کلروفیل را داشت و ارقام در شرایط تنش در هر دو مرحله تفاوت آنچنانی نداشتند (جدول ۴). خداری (Khodary, 2004) در مطالعه خود بر گیاه ذرت محلول پاشی شده با SA، افزایش معنی داری را در رشد، محتوای رنگیزهای و سرعت فتوسنتزی گزارش نمود.

SA (Bandurska and Stroinski, 2005) از طریق بهبود سیستم آنتی اکسیدانتی منجر به کاهش در سطوح ROS از جمله H_2O_2 و نهایتاً منجر به بهبود عملکرد تحت تنش می‌شود. **محتوای کلروفیل a و b و کل:** نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و ارقام تفاوت معنی داری در سطح یک درصد و همچنین محلول پاشی با اسید سالیسیلیک تأثیر معنی داری بر محتوای کلروفیل داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که محلول پاشی، تأثیر بسیار مثبتی بر محتوای کلروفیل داشت (افزایش

جدول ۳- مقایسه میانگین تعدادی از صفات تحت تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در ارقام بهاره کلزا

Table 3- Mean comparison of some traits under drought stress and spraying with SA in cultivars of spring canola

تیمار آبیاری Irrigation treatment	محلول پاشی با اسید ساالیسیلیک SA Spraying	تعداد خورجین number of pod plant ⁻¹	عملکرد دانه Grain Yield (t ha ⁻¹)	محتوای مالون دی آلهید MDA content (nmol g ⁻¹ FW)	محتوای پراکسید هیدروژن H_2O_2 content (μ mol g ⁻¹ FW)
عدم تنش Control	0 ppm SA پی‌بی‌ام ۱۵-	شاهد	55.167 a	3.122 b	1.098 d
تنش در مرحله گلدهی Stress at flowering	0 ppm SA پی‌بی‌ام ۱۵-	شاهد	33.833 d	1.054 d	2.737 a
تنش در مرحله خورجین‌دهی Stress at podding stage	150 ppm SA پی‌بی‌ام ۱۵-	شاهد	40.917 c	1.297 d	2.229 a
تنش در مرحله خورجین‌دهی Stress at podding stage	0 ppm SA پی‌بی‌ام ۱۵-	شاهد	50.917 b	2.344 c	1.923 b
تنش در مرحله خورجین‌دهی Stress at podding stage	150 ppm SA پی‌بی‌ام ۱۵-	شاهد	52.833 ab	3.093 b	1.748 b
تنش در مرحله خورجین‌دهی Stress at podding stage	150 ppm SA پی‌بی‌ام ۱۵-	شاهد	52.833 ab	3.093 b	1.422 c

مقادیر با حروف کوچک یکسان در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Values with the same lower case letters in a column are not significantly different at P < 0.05.

جدول ۴- مقایسه میانگین تعدادی از صفات تحت تنش خشکی در چهار رقم کلزا بهاره

Table 4- Mean comparison of some traits under drought stress in four cultivars of spring canola

تیمار آبیاری Irrigation treatment	ارقام کلزا Canola cultivars	تعداد خورجین number of pod plant ⁻¹	عملکرد دانه Grain Yield (t ha ⁻¹)	a محتوای کلروفیل Chlorophyll a content (mg g ⁻¹ FW)	محتوای کلروفیل کل Total chlorophyll content (mg g ⁻¹ FW)	محتوای مالون- دی آلهید MDA content (nmol g ⁻¹ FW)
عدم تنش Control	Zafar ظفر	55.33 b	3.715 a	1.067 cde	1.873 bc	0.871 f
	Zarfam زرفام	54.67 b	3.599 a	2.071 a	3.276 a	1.110 e
	Dalgan دلگان	44.00 d	2.929 bc	2.029 a	3.336 a	1.087 ef
	RGS003	61.50 a	3.749 a	2.24 a	3.759 a	1.081 ef
تنش در مرحله گلدهی Stress at flowering stage	Zafar ظفر	40.83 d	1.013 d	0.597 f	0.929 e	2.310 c
	Zarfam زرفام	44.00 d	1.289 d	0.806 ef	1.221 de	2.590 ab
	Dalgan دلگان	32.83 e	1.183 d	1.096 cd	1.585 bcd	2.645 a
	RGS003	31.83 e	1.219 d	1.066 cde	1.547 bcd	2.365 bc
تنش در مرحله خورجین‌دهی Stress at podding stage	Zafar ظفر	54.50 b	3.091 b	0.975 de	1.337 cde	1.619 d
	Zarfam زرفام	54.00 b	2.509 c	1.038 cde	1.603 bcd	1.694 d
	Dalgan دلگان	46.67 cd	2.741 bc	1.277 bc	1.883 bc	2.178 c
	RGS003	52.33 bc	2.535 c	1.472 b	1.944 b	1.813 d

مقادیر با حروف کوچک یکسان در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Values with the same lower case letters in a column are not significantly different at P < 0.05.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و ارقام بهاره کلزا

Table 5- Mean comparison of spraying with SA, drought stress and cultivars of spring canola

محتوای مالون دی‌آلدهید MDA content (nmol g ⁻¹ FW)	روغن بذر Seed oil (%)	ارقام Cultivars	محلول پاشی با اسید Salicylic acid SA Spraying
0 ppm SA	Zafar ظفر	41.111 c	1.770 c
	Zarfam زرفام	40.444 c	1.905 abc
	Dalcan دلگان	42.000 bc	2.114 a
	RGS003	41.556 bc	2.047 ab
150 پی.پی.ام	Zafar ظفر	44.667 a	1.430 d
	Zarfam زرفام	44.444 a	1.690 c
	Dalcan دلگان	43.333 ab	1.826 bc
	RGS003	44.778 a	1.458 d

مقادیر با حروف کوچک یکسان در هر ستون، قادر اختلاف معنی دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Values with the same lower case letters in a column are not significantly different at P < 0.05.

(Singh and Usha, 2003). سینگ و اوشا (Ramanjuam, 1997) بوته های گندم تحت تنفس خشکی را با SA محلول پاشی نمودند و گزارش کردند که تحت این شرایط محتوای کلروفیل و فعالیت آنزیم راپیسکو همراه با افزایش در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت بهبود یافته و در نهایت تجمع ماده خشک افزایش می یابد.

حيات و همکاران (Hayat *et al.*, 2005) نیز افزایش در محتوای رنگیزه ها را در گیاهچه های گندم تیمار شده با SA گزارش نمودند. گای و همکاران (Ghai *et al.*, 2002) نیز افزایش در محتوای رنگیزه ها را در کلزا در شرایط تیمار با SA گزارش نمود. به هر حال، گزارش های متضادی نیز نشان می دهد که در گیاهان تیمار شده با SA، کاهش در محتوای کلروفیل مشاهده می شود (Akandhi and

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در چهار رقم کلزا بهاره تحت تنفس خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

Table 6- Analysis of variance (ANOVA) of studied traits in four spring cultivar canola under drought stress and spraying with salicylic acid

منابع تغییرات (Source)	درجه آزادی d.f	a محتوای کلروفیل Chlorophyll a content	b محتوای کلروفیل Chlorophyll b content	محتوای کلروفیل کل Total chlorophyll content	محتوای کاروتینوئید Carotenoid content
بلوک	2	0.151*	0.079 ^{ns}	0.448 ^{ns}	0.060*
فاكتور a (تیمار آبیاری) (Factor a) (Irrigation treatment)	2	5.810**	4.444**	20.166**	0.039**
(a error) a	4	0.155	0.053	0.156	0.039
فاكتور b (محلول پاشی با SA) (Factor b) (Spray with SA)	1	0.398**	0.105 ^{ns}	0.913**	0.020 ^{ns}
a × b	2	0.008 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.007 ^{ns}
(b error) b	6	0.006	0.015	0.020	0.015
فاكتور c (ارقام (Factor c) (Cultivars)	3	1.741**	0.391 **	3.771 **	0.048 **
a × c	6	0.300**	0.122 ^{ns}	0.652**	0.023*
b × c	3	0.014 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.003 ^{ns}
a × b × c	6	0.006 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.006 ^{ns}
(c error) c	36	0.027	0.081	0.115	0.007

*, ** بهتر ترتیب معنی داری در سطح ۵ و یک درصد ns عدم اختلاف معنی دار. ارقام شامل ظفر، زرفام، دلگان و RGS003 می باشد.

* and ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively. ns, Not significant. Cultivars were Zafar, Zarfarm, Dalcan and RGS003.

تعداد دانه در خورجین: نتایج نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه نتش خشکی، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و ارقام تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در خورجین داشتند (جدول ۷). جدول مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در خورجین در ابتدا مربوط به شرایط عدم تنش خشکی و سپس مربوط به تنش در مرحله خورجین دهی و با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک است و ارقام دلگان و RGS003 واکنش بهتری به محلول‌پاشی در هر دو مرحله نشان داده است (جدول ۸). تعداد دانه در خورجین و وزن دانه از Angadi *et al.*, 2003) گزارش‌ها حاکی از کاهش تعداد دانه در خورجین گیاه (2003). گزارش‌ها حاکی از کاهش تعداد دانه در خورجین (Ma *et al.*, 2006). توحیدی مقدم و همکاران (Tohidi Moghadam *et al.*, 2011) نیز کاهش محسوس تعداد دانه در خورجین را در شش رقم کلزا از ۲۷/۸ عدد در تیمار شاهد به ۲۳/۴ عدد در شرایط تنش کم آبی در مراحل گله‌ی و خورجین دهی گزارش کردند.

نتایج حاضر از این تحقیق نشان می‌دهد که تفاوتی بین تعداد دانه در خورجین در تیمارهای عدم تنش و تنش خشکی در مرحله خورجین دهی معنی‌دار نبود (جدول ۸). به نظر می‌رسد که موقع تنش در مرحله گله‌ی به‌واسطه عدم تلقیح مناسب و سقط آن‌ها باعث افزایش پوکی خورجین‌ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در آن‌ها شده است. از طرفی نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که محلول‌پاشی با احتمالاً از طریق بهبود عملکرد فتوسترنزی و افزایش رشد منجر به افزایش تعداد دانه در خورجین گردیده است.

وزن هزار دانه: نتایج نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه نتش خشکی، محلول‌پاشی و ارقام تأثیر معنی‌داری بر صفت وزن هزار دانه داشتند (جدول ۷). جدول مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در ابتدا مربوط به شرایط عدم تنش و سپس مربوط به تنش در مرحله خورجین دهی با محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک است، ارقام ظفر، RGS003 و در مواری دلگان واکنش بهتری به محلول‌پاشی در هر دو شرایط نشان دادند (جدول ۸). مطالعات نشان می‌دهد که تنش خشکی به‌واسطه بستن روزنه‌ها و کاهش سرعت فتوسترنزی، منجر به تولید دانه‌های کوچک‌تر و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه کلزا می‌شود (Sadagat *et al.*, 2003). به نظر می‌رسد که تنش خشکی در مراحل گله‌ی و خورجین دهی از طریق اختلال در فتوسترنزی و کاهش سترنز مواد آسیمیلاتی، چروکیدگی و کاهش وزن دانه را موجب شده است.

محتواهای کاروتونوئید: نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش رطوبتی، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و ارقام تفاوت معنی‌داری بر محتواهای کاروتونوئید کلزا نداشتند. اما تنش رطوبتی و ارقام به عنوان اثرات اصلی تأثیر معنی‌داری بر محتواهای کاروتونوئید داشتند (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کاروتونوئید در شرایط تنش در مرحله خورجین دهی به دست آمد (جدول ۲). در بین ارقام بیشترین میزان کاروتونوئید مربوط به رقم RGS003 حاصل شده است (جدول ۲). مطالعات نشان داد که در ارقام کلزا، تنش رطوبتی در مراحل رشد رویشی، گله‌ی و خورجین دهی سبب کاهش میزان کلروفیل a، b و کاروتونوئیدها در مقایسه با شرایط آبیاری عدم تنش (Din *et al.*, 2011; Qaderi *et al.*, 2006) رطوبتی شده است (Din *et al.*, 2011; Qaderi *et al.*, 2006). گزارش‌های دیگری نشان داده که تنش خشکی به دلیل تولید انواع اکسیژن فعل در تیلاکوئیدها سبب کاهش غلظت کلروفیل‌ها و کاروتونوئید در گیاهان می‌گردد (Farooq *et al.*, 2009; Jaleel *et al.*, 2009).

تعداد خورجین: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و همچنین تنش خشکی با ارقام در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد خورجین مربوط به شرایط فاریاب هم در حالت محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و بدون محلول‌پاشی بود. همچنین بیشترین تعداد خورجین در بوته‌ها با محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک تحت تنش از مرحله خورجین دهی و بدون تنش مشاهده شد و کمترین آن در شرایط تنش در مرحله گله‌ی به دست آمد (جدول ۳). بیشترین تعداد خورجین در مرحله اول مربوط به رقم RGS003 در شرایط عدم تنش و در مرحله بعدی مربوط به ارقام ظفر، زرفام در شرایط عدم تنش و تنش در مرحله خورجین دهی بود و کمترین آن در رقم دلگان مشاهده گردید (جدول ۴). تعداد خورجین در بوته مهمنترین اجزای عملکرد در گیاه کلزا به حساب می‌رود (Angadi *et al.*, 2003). مطالعات نشان داده است که تنش خشکی باعث کاهش تعداد خورجین در بوته می‌شود (Gan *et al.*, 2009). تنش خشکی در مرحله گله‌ی به‌واسطه ریزش شدیدتر گل سبب کاهش قابل توجه تعداد خورجین می‌گردد (Sinaki *et al.*, 2007). به عبارتی تنش خشکی از طریق کوتاه نمودن دوره گله‌ی، عدم باروری تعدادی از گل‌ها، ریزش آن‌ها، کاهش تولید مواد فتوسترنزی جهت انتقال به خورجین‌های تازه شکل گرفته و در حال رشد گیاه، کاهش تعداد خورجین در بوته را به دنبال خواهد داشت.

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در چهار رقم کلزای بهاره تحت تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

Table 7- Analysis of variance (ANOVA) of studied traits in four spring cultivar canola under drought stress and spraying with salicylic acid

منابع تغییرات (Source)	درجه آزادی d.f	تعداد خورجین number of pod plant ⁻¹	تعداد دانه در خورجین Number of grains pod ⁻¹	وزن هزار دانه 1000 Seed Weight	عملکرد دانه Seed yield	روغن بذر Seed oil
بلوک	2	79.63*	0.29 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.88 ^{ns}
فакتور a (تیمار آبیاری) (Factor a) (Irrigation treatment)	2	1946.00**	488.54**	1.582**	33.526**	0.88 ^{ns}
(a error) a _{شتاه}	4	24.63	1.33	0.009	0.046	2.13
فакتور b (محلول پاشی با SA) (Factor b) (SA Spraying)	1	82.35*	4.01 ^{ns}	1.628**	6.092**	165.01**
a × b	2	140.39**	8.18**	0.008 ^{ns}	0.516**	0.68 ^{ns}
(b error) b _{اشتباه}	6	2.54	1.21	0.008	0.051	1.46
فакتور c (ارقام) (Factor c) (Cultivars)	3	359.68**	22.46**	0.102**	0.324**	1.72 ^{ns}
a × c	6	124.50**	8.21**	0.042**	0.540**	1.36*
b × c	3	2.20 ^{ns}	7.94**	0.058**	0.128 ^{ns}	6.20 ^{ns}
a × b × c	6	8.74 ^{ns}	6.22**	0.048**	0.085 ^{ns}	2.53 ^{ns}
(c error) c _{اشتباه}	36	13.44	1.15	0.005	0.072	1.66

*** به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و یک درصد؛ ns، عدم اختلاف معنی دار. ارقام شامل ظفر، زرفام، دلگان و RGS003 می باشد.

* and ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively. ns, Not significant. Cultivars were Zafar, Zarfarm, Dalgan and RGS003.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و تنش خشکی و ارقام بهاره کلزا

Table 8- Mean comparison of spraying with SA, drought stress and cultivars of spring canola

Irrigation treatment	تیمار آبیاری	محلول پاشی با اسید سالیسیلیک	ارقام	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	
	SA Spraying	Cultivars	Number of grains pod ⁻¹	1000 seed weight (g)		
عدم تنش Control	0 ppm SA	Zafar ظفر	16 cde	3.47 ef		
		Zarfam زرفام	15 ef	3.26 h		
		Dalgan دلگان	18 ab	3.64 bcd		
		RGS003	17 bcd	3.45 ef		
تنش در مرحله گلدهی Stress at flowering	150 ppm	Zafar ظفر	16 cde	3.79 a		
		Zarfam زرفام	15 ef	3.68 abc		
		Dalgan دلگان	15 def	3.69 abc		
		RGS003	17 bcd	3.723 ab		
عدم محلول پاشی 0 ppm SA	Zafar ظفر	7 ij	2.93 jk			
		Zarfam زرفام	7 j	2.87 k		
		Dalgan دلگان	7 ij	2.88 k		
		RGS003	8 ij	3..3 ij		
تنش در مرحله خورجین دهی Stress at podding stage	150 ppm	Zafar ظفر	8 ij	3.43 fg		
		Zarfam زرفام	8 ij	3.24 h		
		Dalgan دلگان	9 i	3.07 i		
		RGS003	11 h	3.32 gh		
عدم محلول پاشی 0 ppm SA	Zafar ظفر	13 gh	3.59 cd			
		Zarfam زرفام	18 abc	3.30 h		
		Dalgan دلگان	18 ab	3.28 h		
		RGS003	15 ef	3.12 i		
150 ppm	Zafar ظفر	14 fg	3.70 abc			
		Zarfam زرفام	14 fg	3.55 de		
		Dalgan دلگان	19 a	3.46 ef		
		RGS003	18 ab	3.79 a		

مقادیر با حروف کوچک یکسان در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

Values with the same lower case letters in a column are not significantly different at P < 0.05.

می‌تواند ناشی از تقسیم سلولی (Brooks, 1982)، کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی فتواسیمیلات‌ها در دانه (Blum, 2005)، کاهش دوره رشد دانه (Ahamdi and Baker, 2001) در شرایط تنش باشد.

درصد روغن بذر: اثرات متقابل محلول‌پاشی و ارقام بر صفت درصد روغن بذر تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند ولی تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان می‌دهد که محلول‌پاشی باعث بهبود معنی‌دار این صفت در تمامی ارقام بهویژه ظفر، زرفام و RGS003 گردید (به طور میانگین ۷/۳۳ درصد افزایش را نشان داد) (جدول ۵).

مطالعات متعددی نشان می‌دهد که تنش خشکی به‌واسطه کاهش اندازه دانه سبب کاهش درصد روغن دانه می‌شود (Walton et al., 1998) ولی در بررسی زارعی و همکاران (Zarei et al., 1998) مشخص گردید که تنش خشکی کاهش چشمگیری بر درصد روغن دانه نداشت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش خشکی در مرحله گله‌ی اثرات منفی شدیدتری بر ویژگی‌های مورفولوژیک بهویژه عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک در مقایسه با تنش خشکی در مرحله خورجین‌دهی گردید. همچنین نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک منجر به افزایش صفات تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تنش خشکی در مرحله خورجین‌دهی و عدم تنش خشکی گردید. تیمار تنش خشکی در مرحله گله‌ی منجر کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید. تنش خشکی در هر دو مرحله منجر به کاهش محتوای کلروفیل a، b و کل گردید و ارقام زرفام، دلگان و RGS003 بیشترین محتوای کاروتونوئید در شرایط تنش خشکی در داشتند. همچنین محتوای کاروتونوئید را در این خصوص RGS003 مرحله خورجین‌دهی افزایش یافت و ارقام زرفام و MDA منجر به افزایش معنی‌دار در محتوای H_2O_2 و MDA در هر دو مرحله گردید اما میزان این ترکیبات در شرایط تنش رطوبتی در مرحله خورجین‌دهی در مقایسه با تنش رطوبتی در مرحله گله‌ی کمتر بود و ارقام زرفام، ظفر و RGS003 کمترین محتوی H_2O_2 و MDA را داشتند. محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک نیز منجر به بهبود محتوای پرولین، کربوهیدرات برگ و روغن بذر گردید. در کل، محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید توانست تا حدی اثرات منفی تنش خشکی را برطرف و منجر به بهبود عملکرد و کیفیت گیاه کلزا گردیده است.

عملکرد دانه: نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و همچنین تنش خشکی و ارقام در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار عدم تنش و تنش رطوبتی در مرحله خورجین‌دهی بهویژه در حالت محلول‌پاشی بود (افزایش ۳۱/۹۶ درصدی) و کمترین آن در شرایط تنش خشکی در مرحله گله‌ی گله‌ی به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین تنش در مرحله گله‌ی، بیشترین تأثیر کاهشی را بر عملکرد دانه در ارقام داشت و بیشترین عملکرد دانه مربوط به ارقام ظفر، زرفام و RGS003 در شرایط عدم تنش و در مرحله بعدی مربوط به ارقام ظفر و دلگان در شرایط تنش در مرحله خورجین‌دهی بود (جدول ۴).

با در معرض قرارگیری گیاهان در شرایط تنش خشکی، عملکرد فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان دچار اختلال می‌شود که این عمل عمدتاً از طریق کاهش در تورژسانس، رشد، سرعت فتوستتری، هدایت روزنه‌ای و آسیب به اجزای سلولی صورت می‌گیرد (Janda et al., 2007). مطالعات نشان می‌دهد که SA نقش کلیدی در تحمل گیاهان به تنش خشکی دارد در مطالعه‌ای، حیات و همکاران SA (Hayat et al., 2008) رشد گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با SA تحت تنش خشکی مطالعه نمود و گزارش کرد که تحت تنش، پارامترهای فتوستتری شاخص پایداری غشاء پتانسیل آب برگ، فعالیت آنزیم‌های نیترات ریداکتاز و کربونیک آنھیدراز، کلروفیل و محتوای نسی آب برگ کاهش می‌باید در حالی که محتوای پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت افزایش می‌باید. به هر حال، تیمار گیاهان تحت تنش با SA منجر به افزایش پارامترهای ذکر شده گردید.

گزارش‌ها نشان می‌دهد که گیاهان *Cavica papaya* تیمار شده با SA، افزایش معنی‌داری در میوه‌دهی و عملکرد داشتند (Martin-Mex et al., 2005). در مطالعه دیگری نیز افزایش در عملکرد خیار و گوجه‌فرنگی تیمار شده با غلظت کمتر SA گزارش شده است (Martin-Mex et al., 2007). کاربرد خارجی SA در سویا نیز منجر به افزایش گله‌ی و تشکیل غلاف می‌شود (Kumar et al., 1999). بنابراین ممکن است که SA به عنوان تنظیم‌کننده درونی عمل کند و رشد و تولید گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد.

مطالعات نشان می‌دهد که کمبود آب در مرحله گله‌ی باعث از بین رفتن گلچه‌ها و نیز کاهش شدید در مواد فتوستتری و نهایتاً کاهش شدید در عملکرد می‌شود. اما کمبود آب در دوره پر شدن دانه از طریق کاهش وزن دانه در بوته، کاهش محتوای نسی آب برگ و هدایت روزنه‌ها، باعث کاهش عملکرد دانه در کلزا می‌شود (Pasban et al., 2014). مطالعات دیگری نشان می‌دهد که کاهش عملکرد

References

- Ahmadi, A., and Baker, D. A. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. *Journal of Agricultural Science* 136 (03): 257-269.
- American Oil Chemists' Society. 1983. Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society. Urbana, AOCS Champaign.
- Anandhi, S., and Ramanujam, M. P. 1997. Effect of salicylic acid on black gram (*Vigna mungo*) cultivars. *Industrial Journal of Plant Physiology* 2: 138-141.
- Angadi, S. V., Cutforth, H. W., McConkey, B. G., and Gan, Y. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. *Crop Science* 43: 1358-1366.
- Asada, K. 1994. Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues. In: Foyer, C. H., Mullineaux, P. M. (Eds.) *Causes of Photooxidative stress and amelioration of defense system in plants*. C R C. Boca Raton. pp. 77-104.
- Bandurska, H., and Stroinski, A. 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum* 27: 379-386.
- Barr, H. D., and Weatherley, P. E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences* 15: 413-428.
- Bates, L. S., Waldern, R. P., and Tear, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use deficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 1159-1168.
- Bohnert, H. J., and Jensen, R. G. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in Biotechnology* 14: 89-97.
- Din, J., Khan, S. U., Ali, I., and Gurmani, A. R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *Journal of Animal and Plant Sciences* 21 (1): 78-82.
- Downey, R. K. 1990. Canola: A quality *Brassica* oilseed. p. 211-215. In: J. Janick and J.E. Simon (eds). *Advances in new crops*. Timber Press, Portland.
- Brooks, A., Jenner, C. F., and Aspinall, D. 1982. Effects of water deficit on endosperm starch granules and on grain physiology of wheat and barley. *Functional Plant Biology* 9 (4): 423-436.
- FAO. 2011. Food outlook. Global Market Analysis. Available at <http://www.fao.org>.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185-212.
- Gan, Y., Campbell, C. A., Liu, L., Basnyat, P., and McDonald, C. L. 2009. Water use and distribution profile under pulse and oilseed crops in semiarid northern high latitude areas. *Agricultural Water Management* 96: 337-348.
- Ghai, N., Setia, R. C., and Setia, N. 2002. Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, tiller activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL-1). *Phytomorphology* 52: 83-87.
- Hamada, A. M., and Al-Hakimi, A. M. A. 2001. Salicylic acid versus salinity-drought-induced stress on wheat seedlings. *Rostlinná výroba* 47: 444-450.
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B., and Ahmad, A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica* 53: 433-437.
- Hayat, S., Hasan, S. A., Fariduddin, Q., and Ahmad, A. 2008. Growth of tomato (*Lycopersicum esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *Journal of Plant Interactions* 3 (4): 297-304.
- Heath, R. L., and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 125: 189-198.
- Hussein, M. M., Balbaa, L. K., and Gaballah, M. S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research journal of agriculture and biological sciences* 3 (4): 321-328.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sankar, B., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 59: 150-157.
- Janda, T., Horvath, G., Szalai, G., and Paldi, E. 2007. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In: Hayat, S., Ahmad, A. (Eds.), *Salicylic Acid, A plant Hormone*. Springer Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., and Khan, N. A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Front Plant Science* 6: 462.
- Khodary, S. F. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 5-8.
- Khokon, A., Okuma, E., Hossain, M., Munemasa, S., Uraji, M., Nakamura, Y., Mori, I. C., and Murata, Y. 2011. Involvement of extracellular oxidative burst in salicylic acidinduced stomatal closure in *Arabidopsis*. *Plant, Cell & Environment* 34: 434-443.

28. Knorzer, O. C., Lederer, B., Durner, J., and Boger, P. 1999. Antioxidative defense activation in soybean cells. *Physiologia Plantarum* 107: 294-302.
29. Korkmaz, A., Uzunlu, M., and Demirkiran, A. R. 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologia Plantarum* 29: 503-508.
30. Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G., and Popova, L. 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. *Journal of Plant Physiology* 165: 920-931.
31. Kumar, A., and Singh, D. P. 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oil seed Brassica species. *Annals of Botany* 81: 413-420.
32. Kumar, P., Dube, S. D., and Chauhan, V. S. 1999. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Indian Journal of Plant Physiology* 4: 327-330.
33. Lichtenthaler, H. K., and Wellburn, A. R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b in leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 11: 591-602.
34. Ma, Q., Niknam, S. R., and Turner, D.W. 2006. Response of osmotic adjustment and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Australian Journal of Agricultural Research* 57 (2): 221-226.
35. Martin-Mex, R., Villanueva-Couoh, E., Herrera-Campos, T., and Larque-Saavedra, A. 2005. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae* 103: 499-502.
36. Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B., and Khodbarin, B. 2004. Physiological responses of rape (*Brassica napus*) to drought stress in vitro conditions. *Iranian Journal of Science and Technology* 28 (A1): 181.
37. Mori, I. C., Pinontoan, R., Kawano, T., and Muto, S. 2001. Involvement of superoxide generation in salicylic acid-induced stomatal closure in *Vicia faba*. *Plant and Cell Physiology* 42: 1383-1388.
38. Németh, M., Janda, T., Horváth, E., Páldi, E., and Szalai, G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Science* 162: 569-574.
39. Pasban Eslam, B. 2014. Study of some physiological indices, seed yield and its components of oilseed rape varieties under drought stress. *Journal of Plant Production Research* 149-162. (in Persian with English abstract).
40. Qaderi, M. M., Kurepin, L. V., and Reid, D. M. 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and drought. *Physiologia Plantarum* 128: 710-721.
41. Qaiser, H., Shamsul, H. M., and Aqil, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. *Environmental and Experimental Botany* 68: 14-25.
42. Rao, M. S. S., and Mendham, N. J. 1991. Soil-plant-water relations of rapeseed (*Brassica napus* and *B. campestris*). *Camb. Journal of Agricultural Science* 117: 197-205.
43. Sadaqat, H. A., Tahir, M. H. N., and Hussain, M. T. 2003. Physiogenetic Aspects of Drought Tolerance in Canola (*Brassica napus*). *International Journal of Agriculture and Biology* 5 (4): 611-614.
44. Sheikh, F., Tourchi, M., Shakiba, M., Pasban Eslam, B., and Valizadeh, M. 2005. Evaluation of drought tolerance in spring canola cultivars. *Journal of Agricultural Science* 15 (1): 163-174. (in Persian with English abstract).
45. Sheligl, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella linct. *Planta Journal* 47-51.
46. Sinaki, J. M., Heravan, E. M., Rad, A. H. S., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science* 2 (4): 417-422.
47. Singh, D. P., Singh, P., Kumar, A., and Sharma, H. C. 1985. Transpirational cooling a screening technique for drought tolerance in oilseed *Brassica*. *Annals of Botany* 56: 815-820.
48. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation* 39: 137-141.
49. Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist* 125: 27-58.
50. Strobel, N. E., and Kuc, A. 1995. Chemical and biological inducers of systemic acquired resistance to pathogens protect cucumber and tobacco from damage caused by paraquat and cupric chloride. *Phytopathology* 85: 1306-1310.
51. Tohidi-Moghaddam, H. R., Zahedi, H., and Ghooshchi, F. 2011. Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)* 41 (4): 579-586.
52. Velikova, V., Yordanov, I., and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151: 59-66.
53. Vermorel, M., Heaney, R. K., and Fenwick, G. R. 1986. Nutritive value of rapeseed: Effect of individual glucosinolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37: 1197-1202.
54. Walton, G. H. 1998. Variety and environmental impact on canola quality. *Department of Agriculture, Western Australia News Letter* 11: 3-4.
55. Zarei, G., Shamsi, H., and Dehghani, S. M. 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Research in Agricultural Science* 6: 29-37.



Evaluation of the Effects of Drought Stress and Salicylic Acid on Growth and Physiological Parameters in Four Spring Canola Cultivars

H. Mohammadi^{1*}- R. Javadzadeh²- B. Pasban Eslam³- L. Parviz⁴

Received: 29-01-2018

Accepted: 21-07-2018

Introduction

Oilseed canola plant (*Brassica napus* L.) is an important agricultural crop grown primarily for its edible oil. It is well known that abiotic stresses especially drought stress are very restrictive factors for agricultural production around the world. Drought stress affects a vast range of morphological, physiological and biochemical characteristics in plants. However, exogenous application of materials such as salicylic acid (SA) has been regarded as a good alternative to counter the adverse effects of various environmental stresses on plant functions. Salicylic acid is a naturally occurring plant hormone that controls plant growth and induces water deficit tolerance in plants.

Material and Methods

The experiment was carried out as a split split plot layout with three replications in East Azarbaijan Research Center for Agriculture and Natural Resources. Treatments included three level of drought stress (well-watered, drought stress at flowering and podding stages) (as main plot), two level of SA spraying (0 and 150 ppm) (as sub plot) and four cultivars of spring canola (Zafar, Zarfam, Dalgan and RGS003) (as sub-sub plot). The studied traits were included number of pods, number of seeds per pod, 1000 seed weight, grain yield, chlorophyll a, b and total, carotenoid, H₂O₂, MDA, proline, total sugar contents and seed oil percentage. The collected data were analyzed using SAS 9.1 software and means were compared with Duncan test at the 5% and 1% level of probability using MSTATC software.

Results and Discussion

Results indicated that withholding irrigation from flowering stage had a more negative effect on yield components and physiological traits compared to withholding irrigation from podding stage. Withholding irrigation in both stages reduced the content of chlorophyll a, b and total and increased the content of H₂O₂ and MDA. Also, Zarfam and RGS003 cultivars had the highest content of chlorophyll and the lowest content of H₂O₂ and MDA. Salicylic acid (SA) spraying increased 31.79%, 41.1% and 7.33% of proline content, leaf soluble carbohydrate and seed oil, and decreased the content of MDA and H₂O₂ by 16.1% and 18.67% respectively. The results also showed that SA spraying led to 31.96% increase in grain yield under drought stress from podding stage. SA may compensate the negative impacts of drought stress on plant yield and other parameters.

Conclusions

In general, in this experiment, the use of salicylic acid not only improved the morphological and physiological traits of the plant under drought stress, probably through the effect on the antioxidant system but also increased the yield and quality of the cultivars.

Keywords: Growth, Injury indices, Salicylic acid, Withholding irrigation, Yield

1- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

2- Graduated M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

3- Associate Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

4- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

(*- Corresponding Author Email: hmohammadi@azaruniv.edu)



بررسی تأثیر تراکم کاشت بر صفات زراعی ارقام کنجد در کرج

زینب کریمی^۱- مجید آقابخشانی^{۲*}- مجید غلامحسینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۱

چکیده

تعیین تراکم بوته بهینه در افزایش عملکرد دانه‌های روغنی نقش مهمی دارد. واکنش گیاهان زراعی مختلف و حتی ارقام یک گونه به تعداد بوته در واحد سطح متفاوت است. در این تحقیق پاسخ شش رقم کنجد (*Sesamum indicum L.*) شامل هلیل، دشتستان، ۲، داراب، ۱، اولتان، بلو وایت و ناز تکساخه به سه تراکم ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع از جبهه‌های مختلف کمی و کیفی بررسی شد. آزمایش در تابستان ۱۳۹۵ در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که تأثیر تراکم بر تمام صفات به جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تراکم و رقم بر تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن معنی‌دار شد. در تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع بیشینه عملکرد دانه از رقم دشتستان ۲ به دست آمد اما در تراکم ۶۰ بوته رقم ناز تکساخه برتر بود. اگرچه در تمامی ارقام با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع عملکرد دانه افزایش یافت اما بیش ترین مقدار افزایش مربوط به رقم ناز تکساخه بود. تمام ارقام به استثنای رقم ناز تکساخه در بالاترین سطح تراکم با افت شدید عملکرد دانه مواجه شدند. بر این اساس در انتخاب تراکم بوته باستی به ویژگی‌های ارقام توجه شود، به نحوی که ضمن استفاده گیاه از عوامل محیطی، رقابت بین بوته‌ها کاهش یافته و حداکثر عملکرد اقتصادی حاصل شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تعداد بوته در واحد سطح، دانه‌های روغنی، عملکرد دانه، عملکرد روغن

تراکم بوته و مقدار بذر مصرفی از عوامل مهم در زراعت گیاهان روغنی است و در صورت رعایت تراکم مناسب بوته، امکان استفاده بهینه از انرژی خورشیدی در اوایل فصل رشد و در نتیجه رسیدن به بیشینه عملکرد امکان‌پذیر خواهد شد. از طرف دیگر افزایش تعداد بوته در واحد سطح فراتر از حد بهینه باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Galiskan *et al.*, 2004). در مورد اثر تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد گزارش‌های متعددی وجود دارد (Aslam *et al.*, 2009; Ngala *et al.*, 2015; Nandita *et al.*, 2009) همچنین (2013) گزارش کردند با افزایش تراکم کنجد تا ۶۰ بوته در مترمربع عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت و تیمارهای خیلی تنک (۲۰ بوته در مترمربع) و خیلی انبوه (۸۰ بوته در متر مربع) کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. گزارش Koocheki *et al.* (2017) نیز حاکی از آن است که افزایش تعداد بوته در واحد سطح از ۳۰ به ۵۰ بوته در متر مربع منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در واحد سطح شد. در مقابل Sharma *et al.* (1998) اظهار داشتند که تراکم‌های ۳۰ تا ۶۰ بوته در مترمربع نتوانست اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه کنجد به وجود آورد. عملکرد کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد شاخه‌های

مقدمه

در بین دانه‌های روغنی، کنجد (*Sesamum indicum L.*) به دلیل دارا بودن میزان قابل توجهی ترکیبات ریزمندی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، یون‌های فلزی و اسید آمینه‌های ضروری و نیز اسیدهای چرب غیر اشباع به عنوان ملکه دانه‌های روغنی شناخته شده است (Eshaqi *et al.*, 2014). سطح زیرکشت جهانی کنجد در سال ۲۰۱۳ میلادی بالغ بر ۹/۴۲ میلیون هکتار و میزان تولید بیش از ۴/۸۵ میلیون تن گزارش شده است. در همین سال، سطح زیرکشت کنجد در ایران ۴۰ هزار هکتار با تولیدی معادل ۲۸۰۰۰ تن دانه بود (FAO, 2013).

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح بیانات ایران

۳- استادیار موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(Email: maghaalikhani@modares.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v16i4.70220

تراکم، کشت و کار می‌شود، بنابراین بررسی واکنش ارقام کنجد به تراکم‌های مختلف و در نهایت تعیین تراکم مطلوب برای هر رقم می‌تواند گامی در جهت اع்�تلای این گیاه سازگار به شرایط اقلیمی کشور محسوب گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تراکم (۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع) بر عملکرد و اجزای عملکرد شش رقم کنجد (هلیل، دشتستان، ۲، داراب، ۱، اولتان، یلووایت و ناز تک‌شاخه) آزمایشی در سال ۱۳۹۵ در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (با مختصات ۳۵°۰۰'۴۸''N و ۵۱°۳۳'۳۳''E) انجام شد. هر کرت طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول پنج متر بود. بذر ارقام کنجد در تاریخ ۱۶ خرداد ماه کشت و در مرحله دو تا سه برگی تا رسیدن به تراکم مورد نظر در هر تیمار تنک شدند. برای حصول تراکم‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع فاصله گیاهان روی ردیف‌ها به ترتیب ۱۶، ۸ و ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری و سایر عملیات داشت مطابق عرف منطقه انجام شد. وحین علف‌های هرز در طول فصل رشد در فواصل زمانی کوتاه انجام گرفت. کود نیتروژنی (از منبع اوره) به مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت تقسیط شده در دو مرحله، نیمی در مرحله سه تا چهار برگی کنجد و مابقی به صورت جای‌گذاری کنار ردیف‌های کاشت، در مرحله هفت تا هشت برگی به کار برد شد. با توجه به کافی بودن مقادیر پتابسیم، فسفر و سایر عناصر ریز مغذی قابل دسترس خاک هیچ‌گونه کود دیگری مصرف نشد (جدول ۱).

در پایان فصل رشد به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد کنجد، پس از حذف اثر حاشیه‌ای در هر واحد آزمایشی بوته‌های کنجد از سطحی معادل دو متر مربع کف بر شدند. برای تعیین عملکرد اقتصادی، بوته‌ها در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند سپس به دانه و کاه تقسیم گردیدند و دانه‌ها وزن شدند. درصد روغن با استفاده از دستگاه NMR (Nuclear Magnetic Resonance، MQC، Oxford instruments، England) (Ahmadi and Ahmadi, 2009) کلیه تجزیه‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel (2013) و SAS و مقایسه میانگین‌های اثر اصلی با آزمون LSD در سطح پنج درصد و مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل به روش برش‌دهی انجام شد.

فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه بستگی دارد (Foroghi *et al.*, 2013; Salehi and Saeedi, 2012). نتایج برخی مطالعات حاکی از اثر معنی دار تراکم بوته در واحد سطح بر تعداد کپسول در بوته می‌باشد (Ashok *et al.*, 1992; Ghangard *et al.*, 1991). همچنین همبستگی مثبتی بین تراکم بوته و تعداد کپسول در واحد سطح در گیاه کنجد مشاهده شده است (Salehi and Saeedi, 2012). محققان دیگر نشان دادند که شاخه‌دهی در کنجد در تراکم‌های پایین (کمتر از ۲۰ بوته در مترمربع) افزایش، ولی تعداد کپسول در بوته کاهش یافت (Avila and Adeebi *et al.*, 2005). در مقابل (Graterol, 2005) پاسخ کنجد به چهار تراکم از ۱۵ تا ۵۲ بوته در مترمربع گزارش کردند که با افزایش تراکم، شاخص برداشت، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد کپسول در بوته به صورت معنی داری کاهش یافت. همچنین Rahnama and Bakhshandeh (2006) بیان داشتند که تراکم بوته بر وزن هزار دانه و تعداد دانه در کپسول تأثیری نداشت.

بررسی اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دو ژنتیپ کنجد (توده اردستان و رقم داراب ۱۴) توسط Ghasemian *et al.* (2010) نشان داد افزایش تراکم بوته ضمن افزایش تعداد کپسول در واحد سطح و تعداد دانه در کپسول افزایش عملکرد دانه و روغن را در پی داشت. در پژوهشی دیگر (Ghangard *et al.*, 1990) دریافتند که با کاهش تراکم کنجد از ۳۳ به ۸ بوته در متر مربع، تعداد شاخه‌های فرعی و کپسول در بوته افزایش یافت. بر اساس یافته‌های Rezvani Moghaddam *et al.* (2013) تراکم بوته، وزن هزاردانه، تعداد شاخه فرعی و کپسول در بوته کاهش اما عملکرد ماده خشک و دانه به صورت معنی داری افزایش یافت. در مورد تأثیر تراکم بوته بر ویژگی‌های کیفی محصول کنجد می‌توان گفت که اگرچه عملکرد روغن یک صفت ژنتیکی است (Mohammadian *et al.*, 2013) اما تحت تأثیر شرایط محیطی و تراکم بوته قرار می‌گیرد (Sarkar and Sanyal, 2000). از آنجایی که عملکرد روغن با عملکرد دانه رابطه مثبتی دارد با افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های بالا، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد (Umar *et al.*, 2014; Ghosh and Patar, 1994) درصد روغن کنجد تحت تأثیر تراکم قرار نگرفت. طبق گزارش Lazmi *et al.* (2007) بین ارقام کنجد از نظر عملکرد روغن و درصد روغن اختلاف معنی داری وجود داشت. این نشان می‌دهد ارقام مختلف دارای درصد روغن متفاوت هستند که این موضوع ژنتیکی بودن صفت مورد نظر را به اثبات می‌رساند.

از آنجا که ارقام کنجد عادت رشدی متفاوتی دارند (بهویژه از نظر تک شاخه یا چند شاخه بودن) و متأسفانه در اکثر مناطق کشور این گیاه ارزشمند به روشی ابتدایی (کرتی - دستپاش) و بدون تنظیم دقیق

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physiochemical properties

هدايت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	رس Clay	لای Silt %	شن Sand	عمق cm
2.22	27	49	24	0-40
درصد مواد آلی Organic matter	درصد مواد آلی Organic matter	واکنش گل A.С.Н pH	درصد رطوبت قابل دسترس A.W Water content in A.W	درصد حجمی رطوبت در C.E.W Water content in C.E.W
0.58	7.24	23	11	34
مس Cu	آهن Fe	پناسیم قابل جذب Available K (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب Available P	درصد نیتروژن کل Total N
1.47	5.02	256	12.6	0.06

C.E.W. = Crop Extractable Water, F.C. = Field Capacity, A.W. = Available Water

نتایج و بحث

تعداد شاخه فرعی

فواصل آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی کنجد در واحد سطح کاهش می‌یابد. (Koocheki *et al.* (2017) تعداد شاخه فرعی کنجد در تراکم‌های پایین را مرهون فضای بیشتر در اختیار بوته دانسته‌اند. ارقام کنجد در این آزمایش نیز از نظر تعداد شاخه فرعی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) داشتند (جدول ۳).

اثر تراکم بوته بر تعداد شاخه فرعی کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به طوری که با افزایش تراکم تعداد شاخه فرعی کاهش یافت (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های Foroghi et al. (2010) و Ghasemian et al. (2013) مطابقت دارد. Rezvani Moghaddam et al. (2005) نیز بیان داشتند با افزایش

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تراکم بوته و رقم در گیاه کنجد

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for measured traits affected by plant density and cultivar in sesame

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی d.f	تعداد شاخه فرعی Number of sub. branch	تعداد کپسول در بوته Capsule number per plant	تعداد دانه در کپسول Seed number per capsule	وزن هزاردانه 1000 Seed weight	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage
تکرار Replication	2	2.46 ^{ns}	44 ^{ns}	11 ^{ns}	0.24 ^{ns}	366588 ^{ns}	3441 ^{ns}	4.66 ^{ns}	3.12**
تراکم Density	2	12**	2904**	1489**	0.46 ^{ns}	37263245**	1755433**	668 ^{ns}	3.90**
رقم Cultivar	5	52**	1587**	39**	0.87**	6285505**	352513**	151**	34**
تراکم×رقم Cultivar × Density	10	1.70 ^{ns}	318 **	7.22 ^{ns}	0.15 ^{ns}	940907 ^{ns}	77691**	16**	2.86**
خطا Error	34	1.34	81	8.63	0.16	847687	9741	5	0.48
ضریب تغییرات (%) (CV)		24	14.67	5.52	14.12	14.23	10.51	14.58	1.27

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

* Significant at the 0.05 probability level. ** Significant at the 0.01 probability level. ns: not significant

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تراکم بوته و رقم برای صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کنجد

Table 3- Mean comparison of plant density and cultivar main effect for measured traits in sesame

تیمارهای آزمایش Experiment treatments	تعداد شاخه فرعی Number of sub. branch	تعداد کپسول در بوته Capsul number per plant	تعداد دانه در کپسول Seed Number per capsule	وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield (kg. ha ⁻¹)	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter yield (kg. ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%) Harvest index	درصد روغن Oil percentage
ترکم (بوته در مترمربع) Density								
20	6	74	56	2.94	992	4839	20	55
40	5	62	60	2.94	1221	7009	18	55
60	4	49	43	2.66	603	7561	8	54
LSD	0.78	6.12	1.99	0.27	66.85	623.7	1.51	0.47
رقم Cultivar								
اولتان (Oltan)	5	57	57	2.86	909	7060	14.11	53
داراب ۱ (Darab1)	6	66	54	3.0	954	7454	13.77	57
دشتستان ۲ (Dashtestan2)	6	76	53	2.98	1129	6137	17.88	55
ناز تک شاخه (One_branch naz)	0	70	52	2.88	1108	5276	21.44	51
هلیل (Halil)	6	38	53	2.22	579	7011	9.33	54
بلووات (Yellow white)	5	63	50	3.0	953	5882	15.44	55
LSD	1.11	8.65	2.81	0.38	94.55	882.04	2.14	0.66

درونى هر رقم می‌تواند به محدودیت فضا و منابع برای تشکیل و نمو کپسول نیز مرتبط باشد (Roy *et al.*, 2009). برخی نیز عدم نفوذ نور کافی به داخل کانوپی را باعث کاهش تعداد کپسول در بوته در تراکم‌های بالا معرفی نموده‌اند (El Serogy *et al.*, 1997). تولید تعداد کمتری شاخه فرعی در تراکم بوته بالا به علت رقابت بین بوته‌ها را نیز نباید از نظر دور داشت. در مجموع افزایش تعداد کپسول در بوته خواه از طریق پتانسیل رقم یا از طریق تراکم مناسب منجر به بهبود عملکرد دانه خواهد شد.

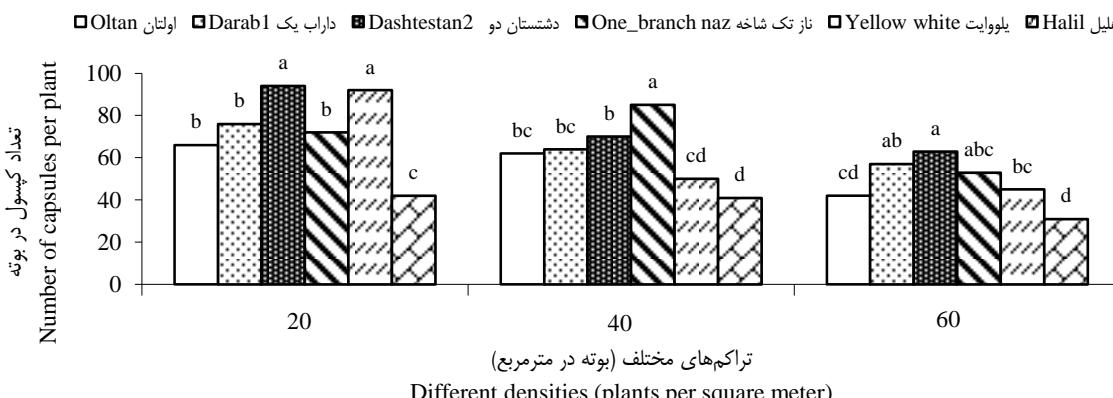
تعداد دانه در کپسول

اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع، تعداد دانه در کپسول هفت درصد افزایش یافت اما افزایش تراکم گیاهی به ۶۰ بوته در مترمربع باعث کاهش معنی‌دار این صفت شد (جدول ۳). Jakusko *et al.* (2013) نیز بیان داشتند در کشت‌های متراکم (تراکم‌های بالاتر از ۴۰ بوته در مترمربع) تشدید رقابت بین بوته‌ای و عدم توزیع مناسب نور در جامعه گیاهی منجر به کاهش تعداد دانه در کپسول کنجد می‌شود.

صرف‌نظر از رقم ناز تک‌شاخه که عدم شاخه‌زنی آن منشاء ژنتیکی دارد، بیشترین شاخه فرعی در ارقام داراب ۱، دشتستان ۲ و هلیل (۶ شاخه فرعی) و کمترین آن در ارقام اولتان و بلووات (۵ شاخه فرعی) مشاهده شد. گزارش سایر محققین (El Naim *et al.*, 2010; Ghosh and Patra, 1994) نیز بیانگر وجود تفاوت در تعداد شاخه فرعی در ارقام و ژنتیک‌های مختلف کنجد می‌باشد.

تعداد کپسول در بوته

اثر متقابل تراکم در رقم بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در تراکم‌های ۲۰ و ۶۰ بوته در مترمربع رقم دشتستان ۲ و در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع رقم ناز تک‌شاخه بیشترین تعداد کپسول در بوته را تولید کردند. در مقابل کمترین تعداد کپسول در بوته در هر سه تراکم به رقم هلیل اختصاص یافت (شکل ۱)، که با عدم تطابق دوره رشد این رقم با شرایط اقلیمی محل آزمایش مرتبط می‌باشد. (Nezami *et al.* (2014) تعداد کپسول بالاتر از ۷۰ عدد در بوته را نشانه پتانسیل بالای محیط و رقم برای عملکرد دانه دانسته‌اند. در آزمایش حاضر به دلیل تشدید رقابت درون گونه‌ای در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع، هیچ‌کدام از ارقام به آستانه ۷۰ کپسول در هر بوته نرسیدند. تفاوت در تعداد کپسول در بوته کنجد علاوه بر پتانسیل



شکل ۱- اثر متقابل تراکم و رقم بر تعداد کپسول در بوته ارقام کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

Figure 1- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame number of capsules per plant. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% probability level

(Mohammadian *et al.*, 2013; Ahmadi and Bohrani, 2009)

واکنش وزن هزار دانه به تراکم در برخی منابع متضاد گزارش شده است. Jakusko *et al.* (2013) بیان داشتند با افزایش فاصله ردیف، وزن هزار دانه کنجد به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. در عین حال کاهش وزن هزار دانه با افزایش تراکم بوته (از ۱۰ بوته در مترمربع به ۵۱ بوته در مترمربع) در کنجد توسط Ngala *et al.* (2013) نیز گزارش شده است. در مقابل (Galiskan *et al.*, 2004) نیز گزارش نمودند که اثر تراکم (از ۴ تا ۱۶ بوته در مترمربع) بر وزن هزار گزارش نمودنی دار نمی‌باشد. نتایج Lisson and Mendham (2000) نیز حاکی از آن است که تراکم (از ۱۰ تا ۴۰ بوته در مترمربع) اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه بزرگ (*Linum usitatissimum* L.) ندارد.

عملکرد ماده خشک کل

اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر عملکرد ماده خشک کل معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). بیشترین عملکرد ماده خشک ۷۵۶۱ کیلوگرم در هکتار از مترکم‌ترین تیمار به دست آمد. به بیان دیگر، کنجد در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع نسبت به تراکم ۴۰ و ۲۰ بوته به ترتیب ۸ و ۵۶ درصد ماده خشک بیشتری تولید کرد (جدول ۳). در تحقیقات دیگران نیز روند مشابه گزارش شده است (El Naim *et al.*, 2010; Caliskan *et al.*, 2004) در تراکم‌های کمتر (۹ بوته در مترمربع)، وزن خشک تک بوته کنجد افزایش ولی به لحاظ تعداد کمتر بوته در واحد سطح نسبت به تراکم‌های بالاتر (۲۷ بوته در مترمربع) عملکرد ماده خشک کاهش می‌یابد (Umar *et al.*, 2012).

بین ارقام کنجد نیز از نظر تعداد دانه در کپسول اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیشترین و کمترین تعداد دانه در کپسول به ترتیب در ارقام اولتان و بلوواتی مشاهده شد (جدول ۳). با وجود آن که نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که تفاوت در تعداد دانه در کپسول مربوط به میزان دسترسی گیاهان به آب و مواد غذایی می‌باشد (Jakusko *et al.*, 2013). ولی باقیستی توجه داشت که توانایی ارقام در تأمین مواد فتوستتری برای اختصاص به دانه متفاوت است. به علاوه همبستگی منفی و معنی‌دار به دست آمده بین تعداد دانه در کپسول با تعداد کپسول در بوته ($r^2 = -0.51^{**}$) تأیید کننده روابط جبرانی حاکم بر اجزای عملکرد کنجد است. در این آزمایش نیز رقم اولتان که از بیشترین تعداد دانه در کپسول برخوردار بود، کمترین تعداد کپسول در بوته را داشت.

وزن هزار دانه

در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه در پاسخ به تیمار تراکم و اثر متقابل تراکم در رقم تغییرات قابل توجهی نشان نداد و صرفاً اثر اصلی رقم بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین ارقام مورد بررسی رقم داراب ۱ و بلووایت سینگین‌ترین (با متوسط وزن هزار دانه ۳/۲۲ گرم) و رقم هلیل سیکترین (با متوسط وزن هزار دانه ۲/۲۲ گرم) داده‌ها را تولید کردند (جدول ۲). سایر گزارش‌های علمی نیز نشان داده‌اند که ارقام و ژنتیک‌های کنجد از نظر وزن هزار دانه با یکدیگر متفاوت هستند (Adebisi *et al.*, 2005; Roy *et al.*, 2009; Uzun *et al.*, 2006). بررسی‌ها نشان داده است که وزن هزار دانه با ثبات‌ترین جزء عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد.

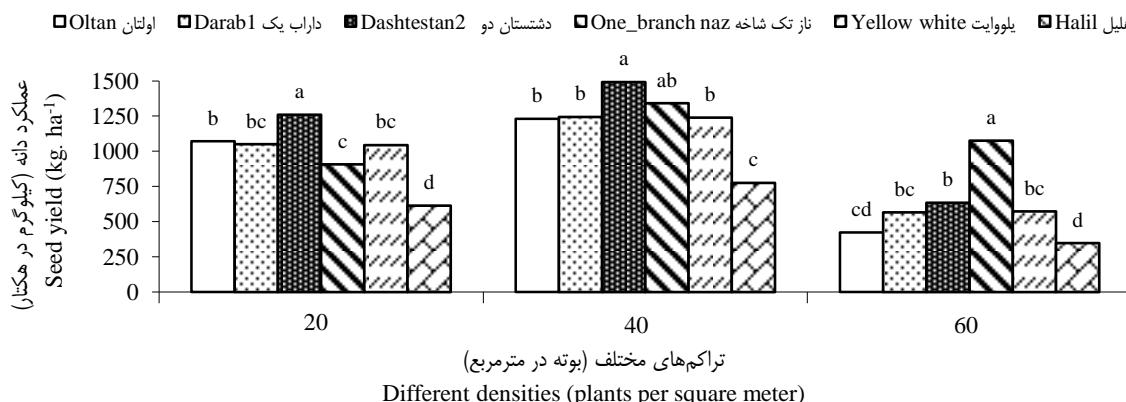
معنی دار شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). در دو تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع رقم دشتستان ۲ بیشترین عملکرد دانه را حاصل کرد در حالی که در مترکم ترین کشت، رقم ناز تک‌شاخه دارای بیشینه عملکرد دانه بود و رقم هلیل در هر سه تراکم کمترین عملکرد دانه را نشان داد (شکل ۲). اگرچه در تمامی ارقام با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع، عملکرد دانه افزایش یافت اما بیشترین مقدار افزایش مربوط به رقم ناز تک‌شاخه بود به طوری که این رقم با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع ۴۸ درصد عملکرد دانه بیشتری تولید نمود. بهبود عملکرد در تراکم بهینه را می‌توان به افزایش تعداد بوته و متعاقباً تعداد کپسول در مترمربع و تعداد دانه در کپسول نسبت داد. تیپ رشدی ارقام بدويژه از لحاظ ساخته‌دهی در تعیین عملکرد مطلوب حائز اهمیت است. تمام ارقام مورد بررسی بهجز رقم ناز تک‌شاخه با افزایش تراکم از ۲۰ به ۶۰ بوته در مترمربع با افت شدید عملکرد دانه مواجه شدند در حالی که رقم ناز تک‌شاخه ۱۸ درصد افزایش عملکرد را نشان داد. بر این اساس بهجز رقم هلیل، سایر ارقام در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع عملکردی بیش از یک تن را تولید کردند در حالی که در مترکم ترین کشت، عملکرد دانه تمامی ارقام بهجز ناز تک‌شاخه کمتر از ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

نتایج این آزمایش آشکار ساخت که افزایش عملکرد ماده خشک به‌ویژه در تراکم بالاتر از ۴۰ بوته در مترمربع لزوماً با افزایش عملکرد دانه همراه نمی‌باشد. همبستگی منفی و معنی دار بددست آمده بین عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع ($r^2 = 0.78^{**}$) تأییدکننده این فرضیه می‌باشد.

بین ارقام مورد مطالعه از نظر عملکرد ماده خشک تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۲). مهم‌ترین دلیل برای پایین بودن عملکرد ماده خشک رقم ناز تک‌شاخه ویژگی عدم شاخه‌زنی این رقم می‌باشد، به این دلیل که بین تعداد شاخه فرعی و عملکرد ماده خشک همبستگی مستقیم و معنی داری وجود دارد ($r^2 = 0.84^{**}$). به علاوه بايد توجه داشت که تفاوت ارقام از لحاظ عملکرد ماده خشک می‌تواند ناشی از پتانسیل ژنتیکی متفاوت ارقام نیز باشد. از طرف دیگر عملکرد ماده خشک بالاتر بعضی از ارقام در مقایسه با دیگر ارقام نشان‌دهنده‌ی سازگاری بیشتر اکولوژیکی این ارقام در اقلیم مورد مطالعه است.

عملکرد دانه

اثر اصلی تراکم و رقم و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه کنجد



شکل ۲- اثر متقابل تراکم و رقم بر عملکرد دانه ارقام کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

Figure 2- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame seed yield. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% probability level

برداشت ۲۵ درصد) کمتر بود. برش دهی اثر متقابل بیانگر آن است که در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تمامی ارقام به استثنای رقم هلیل در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۳). در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع دو رقم دشتستان ۲ و ناز تک‌شاخه در گروه آماری برتر، سه رقم اولتان، داراب ۱ و یلووایت در گروه آماری میانی و رقم هلیل در گروه انتهایی قرار گرفتند (شکل ۳). با افزایش تراکم از ۴۰ به ۶۰ بوته در مترمربع شاخص برداشت تمامی ارقام کاهش یافت. در کشت‌های

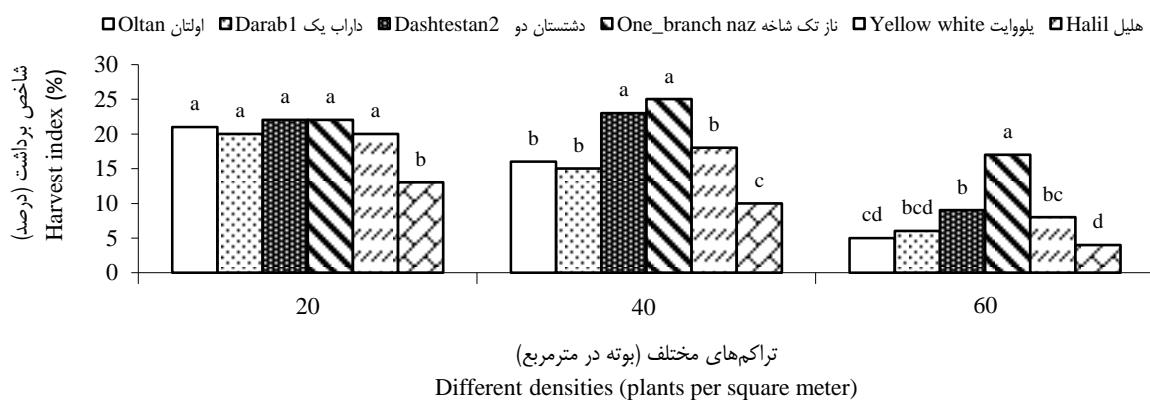
شاخص برداشت

عامل تراکم بوته تأثیر معنی داری بر شاخص برداشت کنجد نداشت، در مقابل اثر رقم و برهمکنش تراکم در رقم بر این صفت معنی دار بود (جدول ۲). میانگین شاخص برداشت به دست آمده در این آزمایش ۱۵ درصد بود که متنطبق با داده‌های گزارش شده توسط Rezvani Moghaddam *et al.* (2005) (متوسط شاخص برداشت ۱۶ درصد) و از داده‌های Nezami *et al.* (2014) (متوسط شاخص

(Bolanson and Edmeades, 1990) باز شدن گل‌ها بستگی دارد. تفاوت در شاخص برداشت ارقام در تیمارهای تراکمی مختلف می‌تواند نتیجه تفاوت در طول دوره رشد در مراحل مختلف رشد کنجد نیز باشد. با این حال در هر سه تراکم مورد بررسی، شاخص برداشت رقم ناز تک‌شاخه در مقایسه با سایر ارقام بیشتر بود (شکل ۳). به عبارت دیگر در این رقم که ویژگی شاخه‌دهی ندارد، تسهیم مواد فتوستراتیزی به اندام‌های زایشی کاراتر می‌باشد. همبستگی منفی و معنی‌دار به دست آمده بین تعداد شاخه فرعی و شاخص برداشت $-r^2 = 0.68^{**}$ تأیید کننده همین فرضیه می‌باشد.

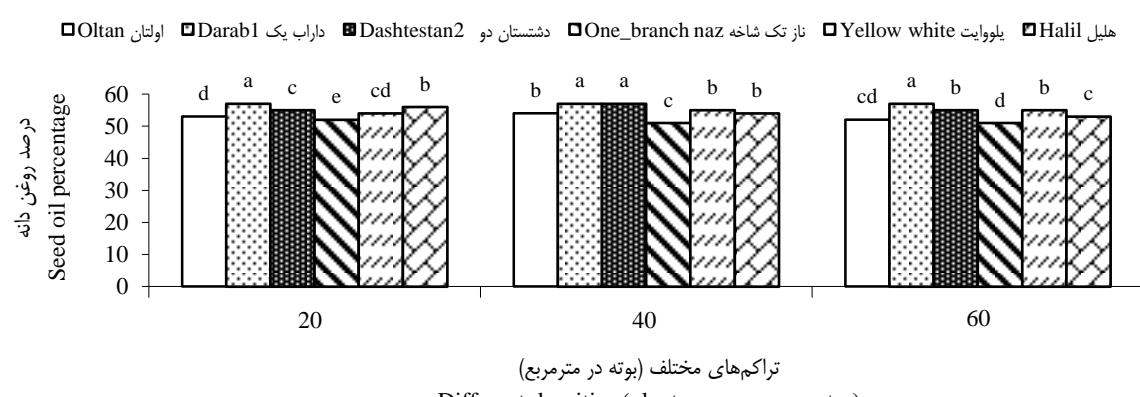
خیلی متراکم رقابت درون گونه‌ای برای جذب تشعشع فعال فتوستراتیزی بیشتر می‌شود. در این شرایط آسمیلات‌های کمتری به اندام‌های زایشی انتقال یافته و در نتیجه عملکرد دانه و شاخص برداشت کاهش می‌پائند. به نظر می‌رسد در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع توازن بین رشد رویشی و زایشی به نفع افزایش رشد رویشی مختلف شده و در نتیجه کاهش شاخص برداشت را در پی داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج Rezvani Moghaddam *et al.* (2013) مبنی بر کاهش شاخص برداشت کنجد در تراکم بالای ۴۰ بوته در مترمربع مطابقت دارد.

از آنجایی که میزان شاخص برداشت به نسبت رشد پیش و پس از



شکل ۳- اثر متقابل تراکم و رقم بر شاخص برداشت ارقام کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

Figure 3- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame harvest index. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% probability level



شکل ۴- اثر متقابل تراکم و رقم بر درصد روغن دانه کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

Figure 4- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame seed oil percentage. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% probability level.

متربع رقم دشتستان ۲ بیشترین عملکرد دانه را حاصل کرد در حالی که در متراکم‌ترین کشت (۶۰ بوته در متربع) رقم ناز تک‌شاخه دارای حداقل عملکرد دانه بود. در تمامی ارقام، افزایش متراکم کشت از ۲۰ به ۴۰ بوته باعث افزایش عملکرد دانه شد اما افزایش بیش‌تر تراکم، کاهش عملکرد دانه را در پی داشت. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش به نظر می‌رسد برای دستیابی به عملکرد مطلوب گیاه کنجد در شرایط آب و هوایی منطقه کرج تراکم ۴۰ بوته در متربع به دلیل ایجاد امکان استفاده مناسب از عوامل محیطی و زراعی منجر به بیشترین عملکرد اقتصادی می‌شود. همچنین از آنجایی که ارقام مختلف کنجد با توجه به ویژگی‌های رشدی خود که مهم‌ترین آن توانایی شاخده‌هی و یا تک شاخه بودن است، واکنش‌های متفاوتی به افزایش تراکم بوته در برخی از صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه نشان دادند، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که اگر در کشت‌های متراکم‌تر فاصله ردیفهای کشت و فاصله گیاهان روی ردیفها تعییر یابد، احتمالاً نتایج متفاوتی برای هر رقم حاصل خواهد شد. این نکته ضرورت تعیین تراکم مطلوب با توجه به آرایش کشت را خاطر نشان می‌سازد. به عنوان یک اصل کلی می‌توان چنین استنباط کرد که در انتخاب تراکم کشت بایستی به ویژگی‌های ارقام توجه شود و تراکم از طریق تعییر فاصله بین ردیفها و فاصله گیاهان روی ردیفها به نحوی تنظیم شود که ضمن استفاده گیاه از عوامل محیطی، رقابت بین بوته‌ها به حداقل رسیده و حداقل عملکرد اقتصادی حاصل شود.

درصد روغن

اثر اصلی و متقابل تیمارهای آزمایشی بر درصد روغن کنجد در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر سه تراکم مورد بررسی، رقم داراب ۱ بیش‌ترین درصد روغن دانه را داشت و تغییر تراکم، تفاوت معنی‌داری در درصد روغن ایجاد نکرد. در حالی که در سه رقم اولتان، دشتستان ۲ و یلووایت، افزایش تراکم کشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در متربع افزایش درصد روغن دانه را در پی داشت (شکل ۴). برخلاف اکثر صفات ارزیابی شده در این آزمایش که نشان داد رقم هلیل به دلیل عدم تطابق اکولوژیک به محل اجرای آزمایش در مقایسه با سایر ارقام در سطح پایین‌تری بود، از نظر صفت درصد روغن دانه و در هر سه تراکم، رقم ناز تک‌شاخه کم‌ترین مقدار را داشت (شکل ۴). این نتایج اظهارات برخی پژوهشگران (Hopkins and Hunter, 2004; Cheema *et al.*, 2001) اینکه صفت محتوای روغن دانه عمده‌تاً تحت کنترل عوامل ژنتیکی می‌باشد را تأیید می‌کند. ایشان اذعان داشته‌اند در صورتی که گیاه در معرض تنش‌های شدید محیطی نباشد درصد روغن دانه در هر رقم ثابت باقی می‌ماند. با این حال تشدید فشار رقابتی می‌تواند مقدار روغن دانه را به دلیل کاهش توانایی گیاه برای سنتز اسیدهای چرب (ناشی از کاهش توان فتوسنتری گیاه) کاهش دهد (Hendrix *et al.*, 2004).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که در دو تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در

References

1. Adebisi, M. A., Ajala, M. O., Ojo, D. K., and Salau, A. W. 2005. Influence of population density and season on seed yield and its components in Nigerian sesame genotypes. *Journal of Tropical Agriculture* 43: 13-18.
2. Ahmadi, M., and Bohrani, M. J. 2009. Effect of different nitrogen rates on yield and yield components and seed oil content of sesame cultivars in Bushehr area. *Journal of Sciences and Technology of Agricultural and Natural Resources* 48:123-131.
3. Ashok, K. S., Adhar, J., Chavan, G. V., and Gungard, S. R. 1992. Geometry of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivar under rainfeed condition .*Indian Journal of Agronomy* 37: 857-858.
4. Aslam, M., Nasrullah, H. M., Akhtar, M., Ali, B., Akram, M., Nawaz, H., and Javeed, H. M. R. 2015. Role of different planting techniques in improving the water logging tolerance and productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research* 50 (3): 193-98.
5. Avila, J. M., and Graterol, Y. E. 2005. Planting date, row spacing and fertilizer effects on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Bioagro* 17 (1): 35-40.
6. Bolanson, J., and Edmeades, G. O. 1990. The relationship between the anthesis silking interval and yield in tropocal maize under drought. In: *Agronomy Abstracts*. ASA, Madison, WI. 119 PP.
7. Cheema, M. A., Malik, M. A., Hussain, A., Shah, S. H., and Basra, S. M. A. 2001. Effect of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yield of Canola (*Brassica napus* L.). *Crop Science* 186:103-110.
8. El Naim, A. M., El Day, E. M., and Ahmed, A. A. 2010. Effect of plant density on the performance of some sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under rainfed. *Researcher Journal of Agricultural and Biologic Sciences* 6 (4): 498-504.
9. El Serogy, S. T., El Eman, M. A., and Sorour, W. A. I. 1997. The performance of two sesame varieties under different sowing method in two locations. *Annals of Agriculture Science* 42: 355-4.

10. Eshaqi, M., Vakili, H., and Salimi, H. 2014. Sesame, queen oilseed. Sepid Berg Publishers, 184p.
11. F.A.O. 2013. WWW.Faostat.fao.org.
12. Foroghi, A., Gherkhlo, J., and Ghaderifar, F. 2013. Row spacing and common cocklebur interference effect on grain yield and its components of two sesame cultivars in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 6 (2): 101-116.
13. Galiskan, S., Arslan, M., Arioglu, H., and Isler, N. 2004. Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Mediterranean type of environment. Asian Journal of Plant Sciences 3 (5): 610-613.
14. Ghangard, S. R., Chavana, D. A., and Bhalerao, T. S. 1990. Correlation and regression studies in sesame. Research Buellton of Marathmada Agriculture University 14: 11-13.
15. Ghangard, S. R., Chavana, D. A., Alse, U. N., and Yeaonkar, G. V. 1991. Effect of plant density and variety on yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Indian Journal of Agronomy 37: 380-385.
16. Ghasemian, H., Shirani rad, A., and Lotififar, O. 2010. Effect of arrangement and plant density on grain yield and yield components of two sesame genotypes. Proceeding of the 3rd International Seminar on Oilseeds and Oils, Knowledge Coordination Center and Oil Seeds Industry, Tehran.
17. Ghosh, D. C., and Patar, A. K. 1994. Effect of plant density and fertility levels on productivity and economic of summer sesame (*Sesamum indicum* L.). Indian Journal of Agronomy 39: 71-75.
18. Hendrix, B. J., Young, B. G., and Chong, S. 2004. Weed management in strip tillage corn. Agronomy Journal 96: 229-235.
19. Hopkins, W. G., and Hunter, N. P. 2004. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiely and Sons publication. NewYork.
20. Jakusko, B. B., Usman, B. D., and Mustapha, A. B. 2013. Effect of row spacing on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Yola, Adamawa State, Nigeria. IOSR journal of Agriculture and Veterinary Science 2 (3): 36-39.
21. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Nourbakhsh. F., and Nehbandani, A. 2017. The Effect of planting pattern and density on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 15 (1): 31-45. (in Persian with English abstract).
22. Lazmi, A., Faramarzi, A., and Ali Mohammadi, R. 2007. Effect of planting date on yield and yield components of sesame cultivars in the middle climatic conditions. Journal of Modern Agricultural Science 3 (8): 54-69.
23. Lisson, S. N. and Mendham, N. J. 2000. Agronomic studies of flax (*Linum usitatissimum* L.) in south-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 40: 1101-1112.
24. Mansouri, S., and Tabatabai, A. 2008. Evaluation of phenotypic diversity and the association of some agronomic and physiological characteristics using multivariate statistical methods in Iranian and foreign sesame genotypes. Proceeding of 10th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, 28-30 month of Mordad, Karaj.
25. Mohammadian, M., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H., and Yaneq, A. 2013. Study of morphological and physiological indices of mixed cultivation of three sesame masses. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (3): 421-429.
26. Nandita, R., Abdullah Mamun, S. M., and Sarwar Jahan, M. D. 2009. Yield performance of sesame (*Sesamum Indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. Biology Science 5: 823-827.
27. Nezami, A., Fazeli Kakhki, F., Zarghani, H., Shabahang, J., and Gandom Zadeh, M. 2014. Preliminary Study of Performance and Yield Components of Some Common Sesame Ecotypes in Khorasan Province. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (2): 189-195.
28. Ngala, A. L., Dugje I. Y., and Yakubu, H. 2013. Effects of inter-row spacing and plant density on performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Nigerian-Sudan savanna. Sciences International (Lahore) 25 (3): 513-519.
29. Rahnama, A., and Bakhshandeh, A. 2006. Determination of optimum row spacing and plant density for unibranched sesame in Khuzestan province. Journal of Agriculture, Science and Technology 8: 25-33.
30. Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M. B., and Seyyedi, M. 2013. Effect of organic and bio-fertilizers application on yield, oil content and fatty acids composition of sesame (*Sesame indicum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 1 (3): 209-221. (in Persian with English abstract).
31. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, Gh., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A. A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, seed and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 3 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
32. Roy, N., Abdulla S. M., Amun M., and Sarwar J. 2009. Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5 (5): 823-827.
33. Salehi, M., and Saeedi, Gh. 2012. Selection indicators for improving seed function in sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 10 (4): 667-673. (in Persian with English abstract).
34. Sarkar, S., and Sanyal, S. R. 2000. Production potential and economic feasibility of sesame (*Sesamum indicum*) based on intercropping system with pulse and oil seed crops on rice fallow land. Indian Journal of Agronomy 45: 545-555.

35. Sharma, P. B., Parshar, R. R., Ambawatia, G. R., and Pillai, P. V. A. 1998. Response of sesame varieties to plant population and nitrogen levels. *Field Crop Abstract* 51: 481-484.
36. Umar, U. A., Mahmud, M., Abubakar, I. U., Babaji, B. A., and Idris, U. D. 2012. Effect of nitrogen fertilizer level and intrarow spacing on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. *Internal Journal of Agronomic and Plant Products* 3 (4): 139-44.
37. Umar, U. A., Muntaqa, A. H., Muhammad, M. B., and Jantar, H. J. 2014. Productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties as influence by seed rate. *Pacific Journal of Sciences and Technical* 15 (2): 259-64.
38. Uzun, B., and Cagirgan, M. I. 2006. Comparison of determinate and indeterminate lines of sesame for agronomic traits. *Field Crops Research* 96: 13-18.



Study of Planting Density on Agronomic Traits of Sesame Cultivars

Z. Karimi¹ · M. AghaAlikhani^{2*} · M. Gholamhoseini³

Received: 31-01-2018

Accepted: 22-07-2018

Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is considered as the queen of oilseeds for its high oil quality. Sesame oil is rich in micronutrients, antioxidants and essential amino acids as well as polyunsaturated fatty acids. It has been well documented that agronomic practices such as time and rate of planting will have a direct effect on sesame grain yield, oil content and quality. Therefore determining the optimum plant density is very important in sesame production.

Material and Methods

In the current experiment, the effect of different planting densities (20, 40 and 60 Plants per m^2) was investigated on agronomic traits of six sesame cultivars (Halil, Dashtestan 2, Darab 1, Oltan, Yellow White and Naz Tak Shakhe). The field experiment was carried out as factorial layout based on randomised complete block design with three replicates in research farm of Seed and Plant Improvement Institute, in 2016. Each experimental plot consisted of four adjacent rows, 5 m in length and 0.3 m apart. To achieve the above-mentioned planting densities, sesame seeds were sown 16, 8 and 5 cm apart on each row on 6th June. If required, the seedlings were thinned at 2-3 leaf stage. The crop was irrigated according to the conventional schedule for the region. Weeds were manually removed throughout the growing season. At physiological maturity stage, two middle rows of each plot were harvested for determination of yield and yield components. Data analysis was performed using SAS 9.1 and means were compared by the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that all measured traits except 1000-seed weight and harvest index significantly affected by planting density. Also, the interaction between planting density and cultivar was significant on the number of capsules per plant, seed yield, harvest index and oil concentration. At planting densities of 20 and 40 plants per m^2 , the maximum grain yield were related to Dashtestan 2 cultivar. At planting densities of 60 plants per m^2 , Naz Tak Shakhe was found to be the best cultivar regarding grain yield. Although the increase in planting density from 20 to 40 plants per m^2 , could increase grain yield in all cultivars, the highest grain yield was related to Naz Tak Shakhe cultivar. Furthermore, increase in planting density up to 60 plants per m^2 , caused severe grain yield loss in all cultivars except Naz Tak Shakhe cultivar which showed 18% increase in grain yield.

Conclusions

In general, it can be concluded that cultivars characteristics could be considered as essential parameters to determine the optimum planting density. Therefore, if the plant density is adjusted in such a way that plants could be able to use the environment and agronomic inputs factors with the minimum intra-specific competition, maximum economic yield will be obtained.

Keywords: Grain yield, Oilseed, Oil yield, Plant number per area, Yield components

1- Former MSc. Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Associate Prof., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(*- Corresponding Author Email: maghaalikhani@modares.ac.ir)



تأثیر زمان کاربرد کلرید کلسیم بر کاهش اثرات منفی تنفس گرما بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط اهواز

نفیسه اسدی نسب^۱- مجید نبی پور^{۲*}- حبیب الله روشن‌نکر^۳- افراسیاب راهنمای قهفرخی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر کاهش اثرات سوء تنفس گرمای پایان فصل رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم چمران) در اهواز، آزمایشی گلدانی در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. نوع محلول به عنوان فاکتور اول شامل: ۱- محلول‌پاشی با آب مقطر، ۲- محلول‌پاشی با کلرید کلسیم (۱۰ میلی‌مولار) و زمان کاربرد به عنوان فاکتور دوم شامل: ۱- روز قبل از گلدهی، ۲- گلدهی، ۳- روز پس از گلدهی، ۴- روز قبل از گلدهی و ۵- گلدهی و ۱۵ روز پس از گلدهی، ۶- روز قبل از گلدهی و ۷- روز قبل از گلدهی، ۸- گلدهی، ۹- روز پس از گلدهی در نظر گرفته شد. با توجه به مقایسه میانگین صفات، محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر وزن هزار دانه در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی افزایش ۱۱ تا ۲۱٪ داشت. بیشترین میزان وزن هزار دانه متعلق به تیمار محلول‌پاشی با کلرید کلسیم در زمان دو هفت‌هه قبل از گلدهی (۲۱/۹۲٪) افزایش در مقایسه با تیمار شاهد (۱۹/۲۳٪) افزایش در زمان گلدهی (۲۱/۰۵٪) افزایش در مقایسه با تیمار شاهد) و همچنین در زمان گلدهی و دو هفت‌هه پس از آن (۲۱/۰۵٪) افزایش در مقایسه با تیمار شاهد) سبب افزایش در وزن خشک اندام هوایی شد. وزن دانه در بوته در تمام تیمارهای محلول‌پاشی با کلرید کلسیم در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۹-۲۱٪ نشان داد. در نهایت محلول‌پاشی با کلرید کلسیم به ویژه در زمان دو هفت‌هه قبل از گلدهی به دلیل مهیا شدن سلول‌های جنسی و تعیین سطح پتانسیل فعالیت آن‌ها در عمل فتوستنت پس از ظهور سنبله، می‌تواند سبب بهبود رشد در شرایط تنفس گرمایی پایان فصل رشد شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد سنبله در بوته، تنفس گرمای، گلدهی، محلول‌پاشی، وزن هزار دانه

مقدمه

انتقال از مرحله رویشی به زایشی، ساقه رفتنه، ظهور سنبله و گرده‌افشانی به گیاه آسیب می‌رساند (Mahfoozi and Sasani, 2008). در سلول، کلسیم به عنوان پیام‌رسان ثانویه عمل کرده و با تأثیرگذاری بر پایداری و فعالیت آنزیم‌ها، شرایط تنفس را تعدیل می‌کند (Girija et al., 2002). دست‌یابی به غلظت بهینه یون کلسیم برای بالا بردن تحمل گیاه به تنفس دارای اهمیت است (Tabatabaeian, 2014). کلسیم از جمله عناصری است که دارای اثرات حفاظتی بر ریشه گیاهان بوده و بقای گیاه در شرایط تنفس را موجب می‌شود (Tabatabaeian, 2014). همچنین کلسیم از عناصر غذایی مهمی است که نقش کلیدی در ساختار دیواره‌ها و غشاها سلولی ایفا می‌کند (Kadir, 2004). گیاهان برای رشد برگ و توسعه ریشه‌ها و سایه‌انداز نیازمند کلسیم هستند (Del-Amor and Marcelis, 2003). برخی مطالعات نشان می‌دهند که کلسیم در تنظیم واکنش‌های گیاه به تنفس‌هایی از جمله گرمای دخالت دارد (Colorado

گندم (Tritium aestivum L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین مواد غذایی و محصول زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. رشد و نمو گندم از عوامل محیطی، نظیر درجه حرارت، درجه روز رشد، آب، نور، طول روز و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حاصلخیزی خاک متأثر شده و با محدود شدن آن‌ها، رشد و نمو گندم نیز محدود می‌گردد. مرحله گلدهی و پرشدن دانه از حساس‌ترین مراحل رشدی گندم به تنفس‌ها است (Abdoli et al., 2013). حرارت‌های بالا در زمان

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: Majid.Nabipour1396@gmail.com
DOI: 10.22067/gsc.v16i4.71018

قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. این آزمایش به صورت گلدانی (گلدان‌های پلاستیکی) در ۲۵ سانتی‌متر با ظرفیت ۸ کیلوگرم خاک) و خارج از گلخانه (در شرایط مزرعه) اجرا گردید. نوع محلول جهت محلول‌پاشی به عنوان فاکتور اول (شامل: ۱- محلول‌پاشی با آب مقطر ۲- محلول‌پاشی با کلرید کلسیم (۱۰ میلی‌مولار) و زمان کاربرد ترکیب شیمیایی مختلف به عنوان فاکتور دوم (شامل: ۱- روز قبل از گلدهی (آغاز تورم غلاف- کد ۶۱ زیداکس)، ۲- گلدهی (ظاهر شدن نخستین بساک‌ها- کد ۴۳ زیداکس)، ۳- روز پس از گلدهی، ۴- ۱۵ روز قبل از گلدهی و گلدهی، ۵- گلدهی و ۱۵ روز پس از گلدهی، ۶- ۱۵ روز قبل از گلدهی و ۱۵ روز پس از گلدهی و ۷- ۱۵ روز قبل از گلدهی، گلدهی، ۱۵ روز پس از گلدهی) در نظر گرفته شد. رقم گندم مورد استفاده در این تحقیق رقم چمران بود. ابتدا خاک گلدان‌ها (خاک مزرعه) توسط قارچ کش بنویل دو در هزار ضدعفونی شده و پس از آن با توجه به آزمون خاک گلدان‌ها (جدول ۱)، کودهای شیمیایی بر اساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان برای گیاه گندم (شامل: ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت تقسیط در مراحل پایه، پایان پنجه‌زنی، پایان ساقه رفت و ظهرور سنبله، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در مرحله پایه) مورد استفاده قرار گرفت و ۱۵ عدد بذر (پس از عمل ضدعفونی)، در هر گلدان کشت شد. آبیاری بر اساس توصیه‌های علمی موجود مراکز تحقیقاتی برای گیاه گندم صورت گرفته و در مرحله سه تا چهار برگی عمل نک انجام شد و تعداد گیاه‌چه‌ها به پنج بوته در هر گلدان کاهش یافت. محلول‌ها در زمان‌های مناسب و تعیین شده توسط اسپری دستی اعمال شدند. در زمان رسیدگی کامل، سه بوته از هر گلدان (در مجموع ۹ گیاه از هر تیمار) برداشت شد و صفاتی از جمله وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، طول سنبله ساقه اصلی، طول برگ پرچم، تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبله‌چه در سنبله، تعداد دانه در سنبله‌چه، تعداد دانه در سنبله اصلی، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، طول سنبله ساقه اصلی و طول برگ پرچم سنبله ساقه اصلی از خط کش میلی‌متری، و برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه از ترازوی دیجیتالی با دقیقت ۰/۰۱ استفاده شد. تجزیه واریانس صفات توسط نرم‌افزار MSTATC مقایسه میانگین صفات با استفاده از خطای استاندارد میانگین (SE) و رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

(et al., 1994) افزایش محتوای کلسیم سیتوزولی تحت تنفس گرما (Gong et al., 1998) خسارت گرما را تقلیل می‌دهد و سلول‌های گیاهی را قادر به زنده ماندن می‌کند (Gong et al., 1998). اگر کلسیم زیادی در سیتوزول آزاد گردد و غلظت کلسیم سیتوزولی بالا نگه داشته شود، ممکن است سمیت سلولی رخ دهد (Wang and Li, 1999). برخی محققان بیان کرده‌اند که تیمار گیاه ذرت (*Zea mays*) با کلسیم سبب افزایش تحمل ذاتی گیاه به تنفس گرما می‌شود (Gong et al., 1998). همچنین کاربرد کلسیم خارجی با غالظت ۵-۱۰ میلی‌مولار، افزایش نشست از غشا به دلیل گرما در ریشه‌های چند رنگ را کاهش می‌دهد (Cook et al., 1986). اگرچه برخی دیگر گزارش کرده‌اند که تأخیر رشد ناشی از تنفس گرما توانست با کاربرد کلسیم خارجی با غالظت ۱/۹ میلی‌مولار در گندم کاهش یابد (Onwueme and Laude, 1972). با این که نقش کلسیم در تحمل به تنفس گرما دقیقاً مشخص نشده است، ولی برخی مطالعات بیان می‌کنند که کلسیم ممکن است در انتقال پیام (McAinsh et al., 1996) و بیان ژن (Trofimova et al., 1999) تحت تنفس گرما دخیل باشد. دیگر محققین دریافتند که کلسیم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اسیدان را افزایش داده و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاها دخلی را کاهش می‌دهد (Gong et al., 1998). کلسیم موجب تنظیم تورژسانس سلول محافظ روزنه و باز شدن آن می‌شود (Webb et al., 1996). حفظ تورژسانس سلول به تجمع محلول‌های سازگار یا محلول‌های فعال اسموتیکی (تنظیم اسمزی) بستگی دارد (Hare et al., 1998). کلسیم خارجی ممکن است با کلسیم سلولی تداخل نماید و بر تنظیم اسمزی سلول تحت شرایط تنفس مؤثر باشد. اثرات منفی گرما بر گیاهان مشکلی جدی و اساسی است که اغلب موجب خسارت به محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌گردد. علاوه بر این‌ها مسئله گرم شدن کره زمین اهمیت تنفس گرما را افزایش می‌دهد و ممکن است این وضعیت با گرم شدن جو و تغییر در الگوی بارندگی تشیدید شود. گیاهان در تمام دوران زندگی خود با انواع مختلفی از تنفس‌ها مواجه می‌شوند. در حال حاضر برای افزایش مقاومت گیاهان به تنفس‌ها از ترکیباتی استفاده می‌شود که موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاه می‌گردد. کلرید کلسیم یکی از آن‌هاست. بدین منظور آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد کلرید کلسیم بر کاهش اثرات سوء گرما بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در اهواز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶، به صورت فاکتوریل در

جدول ۱- نتایج آزمون خاک
Table 1- Soil test results

هدايت الكتريكي EC (dS m ⁻¹)	اسيدитеه pH	نيتروزن N (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسييم K (mg kg ⁻¹)
1.40	8.04	63.00	41.00	244.00

به دست آمد که با تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در دو هفته قبل از گلدھی (۸/۴ گرم در بوته)، دو هفته پس از گلدھی (۸/۲ گرم در بوته)، گلدھی و دو هفته پس از گلدھی (۷/۶ گرم در بوته) و دو هفته قبل از گلدھی و دو هفته پس از گلدھی (۸/۲ گرم در بوته) اختلاف آماری معنی دار نداشت (شکل ۱).

ارتفاع بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۲)، اگرچه از لحاظ ارتفاع بوته، زمان محلول پاشی و نوع محلول در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار نشان دادند، ولی برهمنکش زمان محلول پاشی در نوع محلول در سطح ۵٪ تفاوت معنی دار داشت (جدول ۲).

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی

اگرچه از لحاظ وزن خشک اندام هوایی، زمان محلول پاشی و برهمنکش زمان محلول پاشی در نوع محلول در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار نشان دادند، ولی نوع محلول تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۶/۰ گرم در بوته)، در میان تیمارها متعلق به تیمار محلول پاشی با آب مقطر در زمان گلدھی و دو هفته پس از گلدھی (۲۱/۰۵٪ کمتر از تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه مشاهده شد (شکل ۱). بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۹/۱ گرم در بوته) در تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدھی و گلدھی (۲۳/۰۷٪ بیشتر از تیمار شاهد)

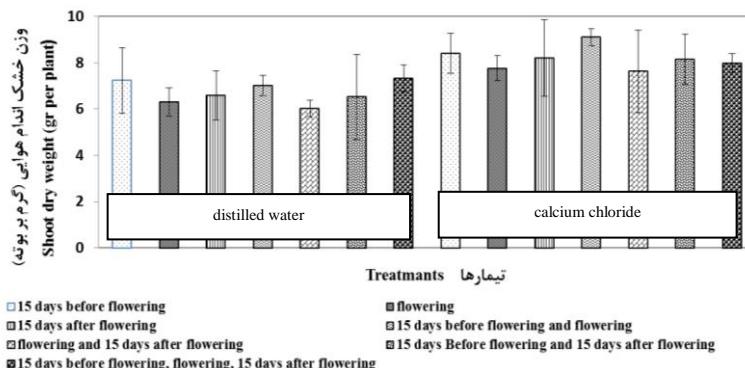
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی با آب مقطر و کلرید کلسیم در زمان های مختلف رشدی رقم چمران گندم بر صفات وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، طول سنبله ساقه اصلی، طول برگ پرچم، تعداد سنبله در بوته و تعداد سنبله در سنبله

Table 2- Analysis of variance of the effect of foliar application with distilled water and calcium chloride at different growth times of Chamran wheat cultivar on shoot dry weight, plant height, spike height, flag leaf length, spike number per plant and spikelet number per spike

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	طول برگ پرچم Flag leaf length	تعداد سنبله در در بوته Spike number per plant	تعداد سنبله در سبله Spikelet number per spike	
بلوک Replication	2	0.7 ns	2.7 ns	1.4 ns	10.5 *	0.3 ns	0.1 ns	
زمان محلول پاشی Foliar application time	6	4.2**	175.8**	2.2 ns	15.2**	0.2 ns	1.5**	
نوع محلول Solution type	1	0.1 ns	91.5**	1.2 ns	1.5 ns	0.1 ns	0.2 ns	
زمان محلول پاشی × نوع محلول Foliar application × Solution time type	6	3.1**	34.1 *	0.6 ns	4.9 *	0.4 ns	0.6 *	
خطا Error	26	0.5	14.7	1.1	2.9	0.3	0.3	
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of Variation (%)	-	8.9	9.1	16.0	17.5	15.8	3.6	

* و **: به ترتیب سطح معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می باشد. ns: فاقد اختلاف معنی دار

* and **: respectively, the significant level at the level of 5% and 1%. ns: no significant difference



شکل ۱- اثر محلول‌پاشی با آب مقطرا و کلرید کلسیم در زمان‌های متفاوت بر وزن خشک اندام هوایی گندم (رقم چمران)
(نشان‌گرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

Figure 1- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on shoot dry weight of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).

محلول‌پاشی با آب مقطرا در دو هفته قبل از گلدهی (۸/۳ سانتی‌متر، ۲۰/۴۸٪ بیشتر از تیمار محلول‌پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) بود (شکل ۳). طول سنبله در تیمار محلول‌پاشی با کلرید کلسیم در گلدهی و دو هفته پس از گلدهی (۴/۹ سانتی‌متر، ۲۲/۲۲٪ کمتر از تیمار شاهد) کمترین میزان را نشان داد (شکل ۳).

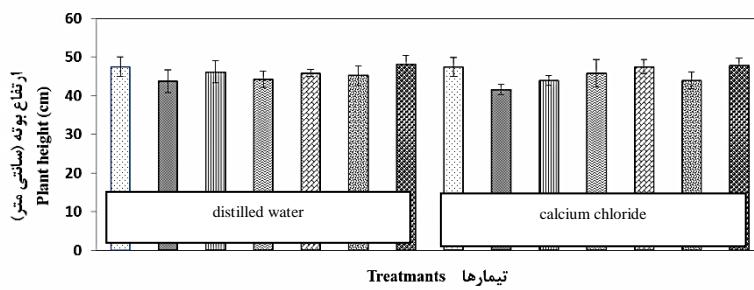
طول برگ پرچم

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۲)، از لحاظ طول برگ پرچم، زمان محلول‌پاشی (در سطح ۰/۱٪) و برهمکنش زمان محلول‌پاشی در نوع محلول (در سطح ۵٪) اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند، ولی نوع محلول تفاوت آماری معنی‌دار نشان نداد (جدول ۲).

با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب کمترین و بیشترین میزان ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، در میان تیمارها متعلق به تیمار محلول‌پاشی با کلرید کلسیم در زمان گلدهی (۴۱/۶ سانتی‌متر، ۵/۲۸٪ کمتر از تیمار شاهد) و در تیمار محلول‌پاشی با آب مقطرا در زمان دو هفته قبل از گلدهی، گلدهی و دو هفته پس از گلدهی (۴۸/۲ سانتی‌متر، ۸/۰٪ بیشتر از تیمار محلول‌پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) به دست آمد (شکل ۲).

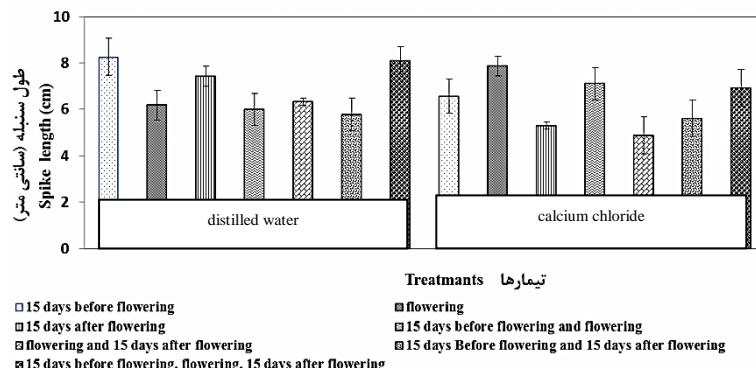
طول سنبله

از لحاظ طول سنبله، اثرات اصلی و مقابله فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین میزان طول سنبله (سانتی‌متر)، در میان تیمارها متعلق به تیمار



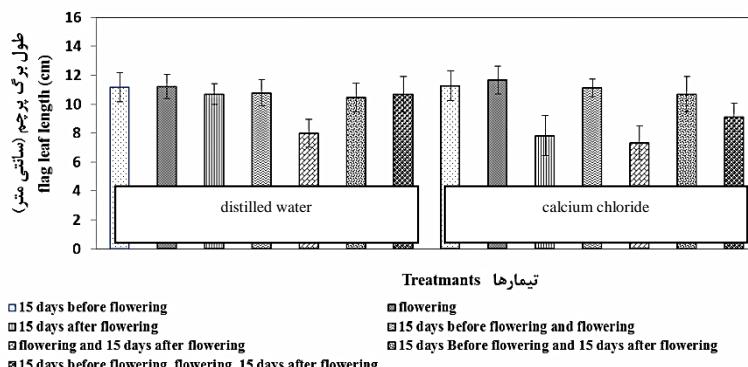
شکل ۲- اثر محلول‌پاشی با آب مقطرا و کلرید کلسیم در زمان‌های متفاوت بر ارتفاع بوته گندم (رقم چمران)
(نشان‌گرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

Figure 2- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on Plant height of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).



شکل ۳- اثر محلول پاشی با آب مقطرا و کلرید کلسیم در زمان های متفاوت بر طول سنبله گندم (رقم چمران) (نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند).

Figure 3- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on Spike length of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).



شکل ۴- اثر محلول پاشی با آب مقطرا و کلرید کلسیم در زمان های متفاوت بر طول برگ پرچم گندم (رقم چمران) (نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند).

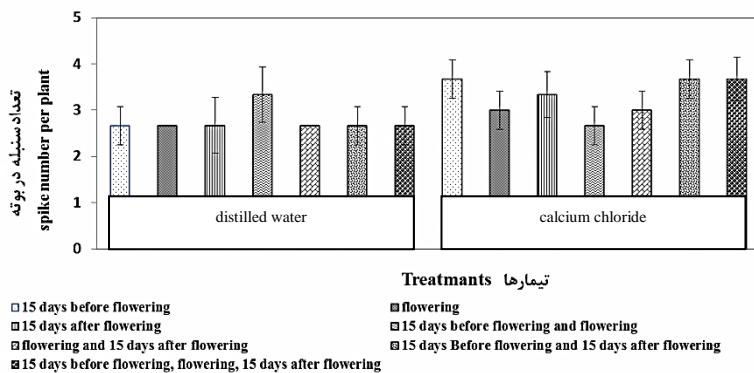
Figure 4- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on flag leaf length of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).

اختلاف آماری معنی دار نداشتند (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده در میان تیمارها، بیشترین تعداد سنبله در بوته در تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدھی، در زمان دو هفته قبل از گلدھی و دو هفته پس از گلدھی و همچنین در زمان دو هفته قبل از گلدھی، گلدھی و دو هفته پس از گلدھی به میزان ۳/۷ به دست آمد و کمترین تعداد سنبله در بوته ۲/۷ بود (شکل ۵).

تعداد سنبله در سنبله
با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۲)، از لحاظ تعداد سنبله در سنبله، زمان محلول پاشی (در سطح ۱٪) و برهمکنش زمان محلول پاشی در نوع محلول در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی دار نشان دادند، ولی نوع محلول تفاوت آماری معنی دار نداشت (جدول ۲).

با توجه به نتایج به دست آمده در شکل ۴ به ترتیب بیشترین میزان طول برگ پرچم در شرایط کاربرد آب مقطرا، در میان تیمارها متعلق به زمان دو هفته قبل از گلدھی و در زمان گلدھی (۱۱/۲ سانتی متر) و کمترین میزان آن در زمان دو هفته قبل و دو هفته پس از گلدھی به میزان ۸/۰ سانتی متر به دست آمد. بیشترین میزان طول برگ پرچم در شرایط اعمال کلرید کلسیم در زمان گلدھی (۱۱/۷ سانتی متر، ۴/۲٪ بیشتر از تیمار شاهد) مشاهده شد که با تیمارهای مربوط به محلول پاشی کلرید کلسیم در زمان های دو هفته قبل از گلدھی، دو هفته قبل از گلدھی و گلدھی و همچنین دو هفته قبل از گلدھی و دو هفته پس از گلدھی اختلاف آماری معنی دار نشان نداد (شکل ۴).

تعداد سنبله در بوته
از لحاظ تعداد سنبله در بوته، هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل



شکل ۵- اثر محلول پاشی با آب مقطر و کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف بر تعداد سنبله در بوته گندم (رقم چمران)
(نشان‌گرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

Figure 5- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on spike number per plant of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).

شکل ۸ به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد دانه در سنبله، در میان تیمارها متعلق به تیمار محلول پاشی با آب مقطر در زمان گلدهی (به میزان $۳۶/۳$ ٪ کمتر از تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) و در تیمار محلول پاشی با آب مقطر در زمان گلدهی و دو هفته پس از گلدهی (با میزان $۵۰/۰$ ٪، $۲۵/۴$ ٪ بیشتر از تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) به دست آمد (شکل ۸).

تعداد دانه در بوته

از لحاظ تعداد دانه در بوته، زمان محلول پاشی و برهمکنش زمان محلول پاشی در نوع محلول در سطح ۱ درصد اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند (جدول ۳). با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین تعداد دانه در بوته، در میان تیمارها متعلق به تیمار محلول پاشی با آب مقطر در زمان دو هفته قبل از گلدهی، گلدهی و دو هفته پس از گلدهی (با میزان $۹۱/۹$ ٪، $۹۱/۰$ ٪ بیشتر از تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) بود (شکل ۹). تعداد دانه در بوته در تیمار محلول پاشی با آب مقطر در گلدهی و دو پس از گلدهی (با میزان $۵۰/۰$ ٪، $۷۰/۸$ ٪ کمتر از تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) کمترین میزان را به خود اختصاص داد (شکل ۹).

وزن دانه در بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۳)، از لحاظ وزن دانه در بوته، هیچ‌یک از اثرات اصلی و متقابل تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند (جدول ۳). با توجه به نتایج به دست آمده در شکل ۱۰، کمترین میزان وزن دانه در بوته (به میزان $۲/۹$ گرم در بوته) در تیمار کاربرد آب مقطر در زمان‌های گلدهی ($۱۹/۴$ ٪ کمتر از تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در شرایط مشابه)، دو هفته پس از

با توجه به نتایج به دست آمده در شکل ۶ تعداد سنبله در سنبله در تیمار کاربرد آب مقطر در زمان گلدهی و دو هفته پس از گلدهی (با میزان $۱۶/۷$ ٪، $۴/۱۹$ ٪ بیشتر از تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) بیشترین میزان را دارا بود. کمترین تعداد سنبله در سنبله (با میزان $۱۵/۷$) در شرایط محلول پاشی با آب مقطر در زمان‌های گلدهی (عدم تغییر در مقایسه با تیمار شاهد) و همچنین در زمان دو هفته قبل از گلدهی، گلدهی و دو هفته قبل از گلدهی ($۳/۶۸$ ٪ کمتر از تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) و همچنین در شرایط اعمال کلرید کلسیم در زمان گلدهی و نیز در زمان دو هفته قبل از گلدهی و گلدهی ($۳/۶۸$ ٪ کمتر از تیمار شاهد) مشاهده شد (شکل ۶).

تعداد دانه در سنبله

از لحاظ تعداد دانه در سنبله، اثرات اصلی و متقابل فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بودند (جدول ۳). با توجه به نتایج به دست آمده کمترین تعداد دانه در سنبله (به میزان $۲/۳$ ، در میان تیمارها متعلق به تیمار محلول پاشی با آب مقطر در زمان گلدهی ($۲۲/۳۳$ ٪ کاهش در مقایسه با تیمار محلول پاشی کلرید کلسیم در شرایط مشابه) و همچنین تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در زمان گلدهی و دو هفته پس از گلدهی ($۲۳/۳۳$ ٪ کاهش در مقایسه با تیمار شاهد) بود. بیشترین تعداد دانه در سنبله ۳ عدد به دست آمد (شکل ۷).

تعداد دانه در سنبله

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۳)، از لحاظ تعداد دانه در سنبله، هیچ‌یک از اثرات اصلی و متقابل اختلاف آماری معنی‌دار نداشتند (جدول ۳). با توجه به نتایج به دست آمده در

میزان در تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدهی و گلدهی با میزان ۳/۹ گرم در بوته (۲۳/۰۷٪ بیشتر از تیمار شاهد) به دست آمد (شکل ۱۰).

گلدهی (۱۹/۴۴٪ کمتر از تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در شرایط مشابه) و در گلدهی و دو هفته پس از گلدهی (۲۱/۶۲٪ کمتر از تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در شرایط مشابه) و بیشترین از تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در شرایط مشابه) و بیشترین

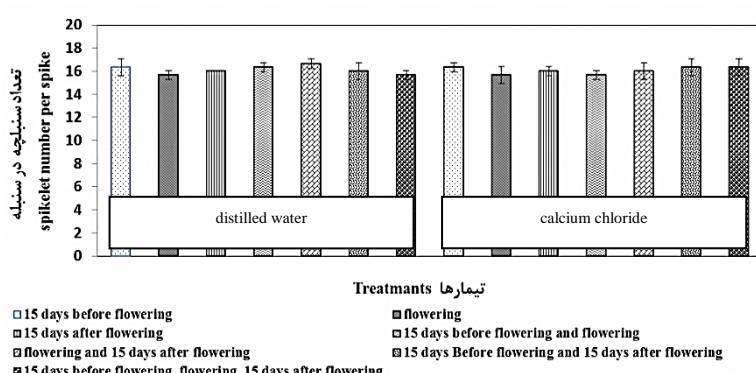
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی با آب مقطور و کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف رشدی رقم چمران گندم بر صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن دانه و شاخص برداشت

Table 3- Analysis of variance of the effect of Foliar application with distilled water and calcium chloride at different growth times of Chamran wheat cultivar on number of grains per spikelet, number of grains per spike, number of grains per plant, grain weight per plant, 1000 grain weight and harvest index.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean squares						شاخص برداشت Harvest index
		تعداد دانه در سنبله	تعداد دانه در سنبله	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته	وزن هزار دانه	وزن هزار دانه 1000 grain weight	
بلوک Replication	2	0.1 ns	0.5 ns	17.4 ns	0.6 ns	25.2 ns	28.9 ns	
زمان محلول پاشی Foliar application time	6	0.1 ns	32.9 ns	196.5 **	0.3 ns	21.4 ns	44.8 **	
نوع محلول Solution type	1	0.1 ns	0.6 ns	0.1 ns	0.1 ns	11.5 ns	48.2 *	
زمان محلول پاشی × نوع محلول Foliar × Solution application time type	6	0.1 ns	21.7 ns	322.2 **	0.4 ns	12.3 ns	21.5 ns	
خطا Error	26	0.1	23.8	0.1	0.2	12.4	12.2	
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of Variation (%)	-	9.5	10.3	0.5	11.8	8.7	7.1	

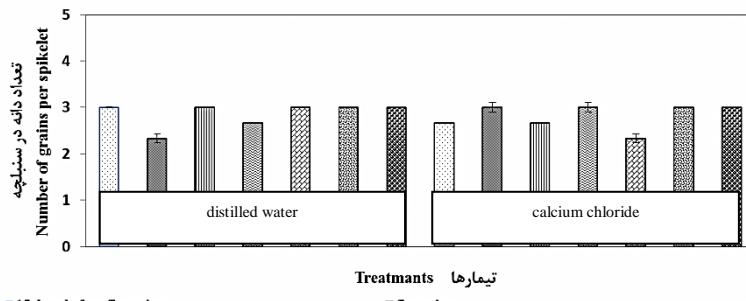
* و **: به ترتیب سطح معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد. ns: فاقد اختلاف معنی دار.

* and **: respectively, the significant level at the level of 5% and 1%. ns: no significant difference.



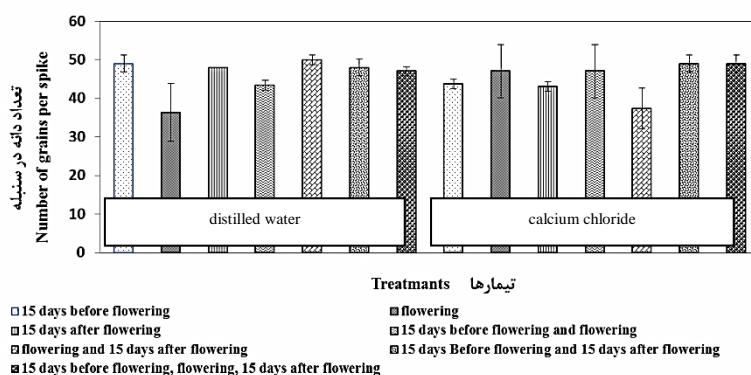
شکل ۶- اثر محلول پاشی با آب مقطور و کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف بر تعداد سنبله در سنبله گندم (رقم چمران) (نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

Figure 6- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on spikelet number per spike of wheat (Chamran cultivar) (Error bars are the standard error of the average of three repetitions).



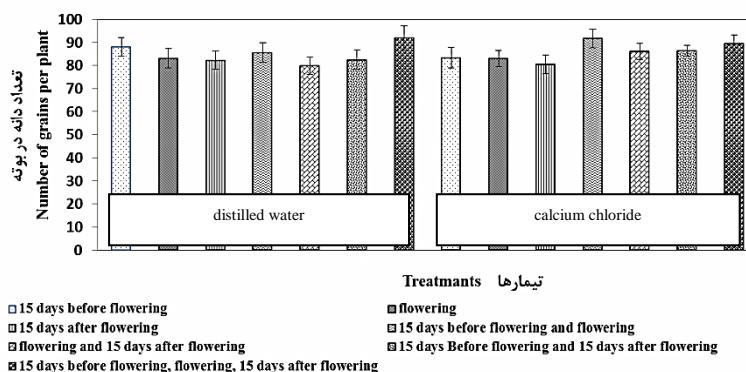
شکل ۷- اثر محلول پاشی با آب مقطرا و کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف بر تعداد دانه در سنبله گندم (رقم چمران) (نشان‌گرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

Figure 7- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on Number of grains per spikelet of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).



شکل ۸- اثر محلول پاشی با آب مقطرا و کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف بر تعداد دانه در سنبله گندم (رقم چمران) (نشان‌گرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

Figure 8- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on Number of grains per spike of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).



شکل ۹- اثر محلول پاشی با آب مقطرا و کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف بر تعداد دانه در بوته گندم (رقم چمران) (نشان‌گرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

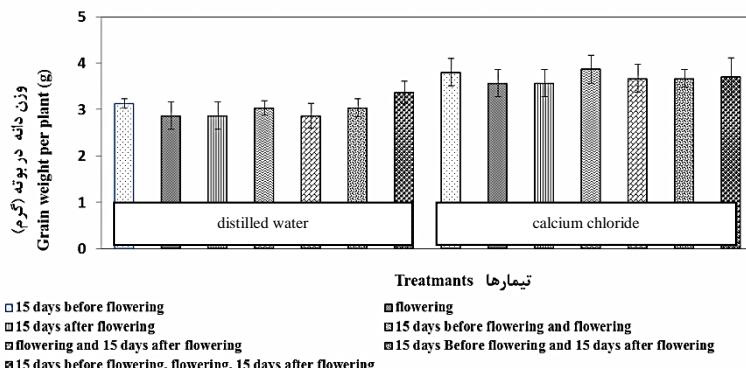
Figure 9- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on Number of grains per plant of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).

وزن هزار دانه

شاخص برداشت

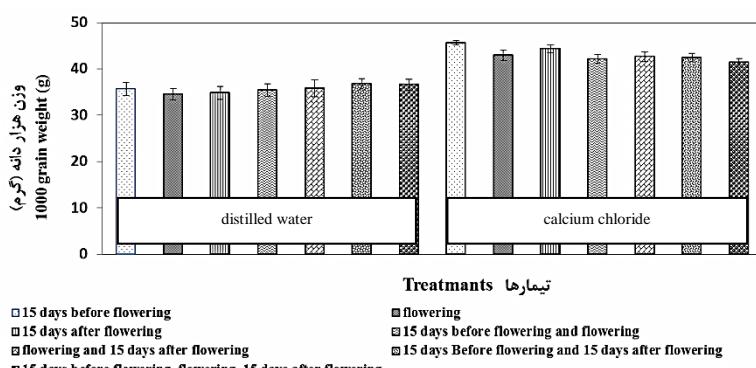
از لحاظ شاخص برداشت، زمان محلول پاشی (در سطح ۰/۱) و نوع محلول اختلاف آماری معنی دار نشان دادند، در حالی که برهمکنش زمان محلول پاشی در نوع محلول معنی دار نبود (جدول ۳). با توجه به نتایج بدست آمده (شکل ۱۲) بیشترین میزان شاخص برداشت در زمان گلدھی و دو هفته پس از گلدھی با میزان ۴۷/۸ بدست آمد (شکل ۱۲)، کمترین میزان شاخص برداشت متعلق به محلول پاشی در زمان دو هفته قبل از گلدھی و گلدھی بود (شکل ۱۲).

با توجه به جدول تجزیه واریانس صفات (جدول ۳)، از لحاظ وزن هزار دانه، اثرات اصلی و متقابل تفاوت آماری معنی دار نشان ندادند (جدول ۳). با توجه به نتایج بدست آمده در شکل ۱۱ بیشترین میزان وزن هزار دانه در میان تیمارها متعلق به تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدھی (۴۵/۶ گرم، ۲۱/۹۲٪) بیشتر از تیمار شاهد بود. کمترین میزان وزن هزار دانه در تیمار محلول پاشی با آب مقطر در زمان گلدھی با میزان ۳۴/۵ گرم (۱۹/۷۶٪) کمتر از تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم در شرایط مشابه (بدست آمد که البته این تفاوت از لحاظ آماری در مقایسه با سایر تیمارهای محلول پاشی با آب مقطر معنی دار نبود (شکل ۱۱).



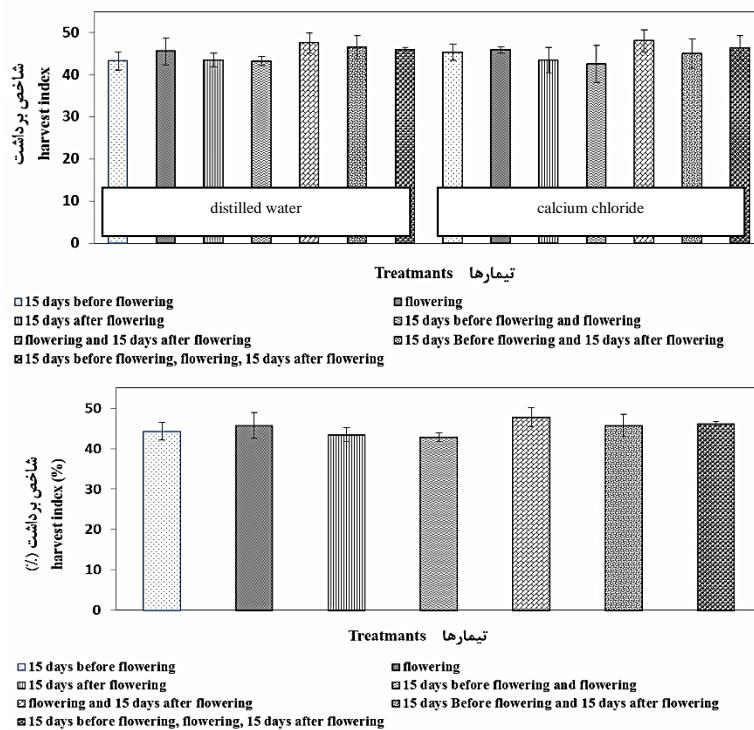
شکل ۱۰- اثر محلول پاشی با آب مقطر و کلرید کلسیم در زمان های مختلف بر وزن دانه در بوته گندم (رقم چمران)
(نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند).

Figure 10- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on Grain weight per plant of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).



شکل ۱۱- اثر محلول پاشی با آب مقطر و کلرید کلسیم در زمان های مختلف بر وزن هزار دانه گندم (رقم چمران)
(نشان گرهای میله ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می باشند).

Figure 11- Effect of foliar application with distilled water and calcium chloride in different times on 1000 grain weight of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).



شکل ۱۲- اثر اصلی زمان محلول پاشی بر شاخص برداشت گندم (رقم چمران)

(نشانگرهای میله‌ای خطای استاندارد میانگین سه تکرار می‌باشند).

Figure 12- Main effect of foliar application time on harvest index of wheat (Chamran cultivar)
(Error bars are the standard error of the average of three repetitions).

رسیدگی به عنوان یک ویژگی در پاسخ به تنش در نظر گرفته می‌شود که با قوی بودن گیاه‌چه در ارتباط است (Amani, 2014). مهم‌ترین هدف از کشت عملکرد دانه است، زیرا نتایج آن به طور اقتصادی متوجه کشاورز می‌شود. بالاترین عملکرد زمانی بدست می‌آید که بین اجزای عملکرد تعادل مناسبی وجود داشته باشد (Mohammadi et al., 2006). اجزای عملکرد به دلیل قابل مشاهده بودن و سهولت در اندازه‌گیری، در بررسی‌های مربوط به عملکرد اهمیت بالایی دارند. البته تأکید بر یکی از اجزای عملکرد، صحیح نیست زیرا بین اجزای عملکرد حالت جبران کنندگی وجود دارد (Amani, 2014). تعداد سنبله در بوته به طور ژنتیکی کنترل می‌شود، ولی تابعی از عملیات زراعی نیز هست. تعداد دانه در سنبله نیز تابع فرآیندهای فیزیولوژیکی رشد و نمو است (Koocheki and Sarmadnia, 1999). تعداد دانه کمتر در سنبله نشانه تأثیر تنش گرما بر گیاه و کاهش باروری دانه‌ها به دلیل عدم تلقیح مناسب و کمبود مواد فتوستنتزی کافی و رقابت میان دانه‌ها برای جذب مواد غذایی می‌باشد. کمبود مواد فتوستنتزی به دلیل تنش گرما در زمان پرشدن دانه‌های گندم، وزن دانه را به دلیل اختلال در انتقال مواد به دانه‌ها کاهش می‌دهد. البته نتایج نشان داد که محلول پاشی کلرید کلسیم در این شرایط، سبب بهبود باروری دانه‌ها و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله

تنش‌های محیطی از اصلی‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان به‌ویژه غلات هستند و تنش دمای بالا از جمله آن‌هاست. گرما به خصوص در مراحل گلدهی و پر شدن دانه، رشد و نمو غلات از جمله گندم را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (Kumar et al., 2012). در استان خوزستان، گندم با وجود شرایط آب و هوایی مناسب، در فصل پاییز و زمستان رشد رویشی خوبی داشته و پتانسیل تولید عملکرد آن بالاست، ولی با افزایش ناگهانی دما در مراحل گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با تنش گرمای انتهایی فصل رشد مواجه می‌شود و عملکرد آن کاهش می‌یابد. در نتایج بدست آمده نشان داده شده است که در شرایط تنش گرمای پایان فصل رشد گندم در اهواز، محلول پاشی کلرید کلسیم سبب بهبود وزن خشک اندام هوایی شد (شکل ۱). نقش افزایش وزن خشک اندام هوایی در افزایش تولید ماده خشک دانه در منابع مختلف به‌طور متفاوت بیان شده است. در Barati and Barati (2016)، همراه با افزایش وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه افزایش یافت (شکل‌های ۲ و ۱۰). نتایج حاصل (شکل‌های ۱ و ۲) نشان داد که افزایش ارتفاع بوته با افزایش در وزن خشک اندام هوایی گیاه همراه بود. ارتفاع ویژگی ارثی است ولی تا حد بالایی متأثر از عوامل محیطی است (Amani, 2014).

1998). اگر کلسیم زیادی در سیتوزول آزاد شود ممکن است سلول سمی گردد (Wang and Li, 1999). کلسیم خارجی، نشت غشای ناشی از گرما را کاهش می‌دهد (Cook *et al.*, 1986). کلسیم ممکن است در انتقال سیگال (Mc Ainch *et al.*, 1996) و بیان ژن (Trofimova *et al.*, 1999) تحت تنفس گرما دخیل باشد. محققین (Gong *et al.*, 1998) بیان کردند که کلسیم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را افزایش و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاهای سلولی را کاهش می‌دهد. همچنین کلسیم سبب تنظیم تورژسانس سلول (Webb *et al.*, 1996) و حفظ تورژسانس سلول به تجمع تنظیم‌کننده‌های اسمز بستگی دارد (Hare *et al.*, 1998). بررسی‌ها نشان داده است که محلول‌پاشی کلسیم نتایج مناسبی بر بهبود استحکام سلول‌های گیاهی و تأخیر در فرآیند پیری دارد (Ferguson, 1984). کلسیم در جوانه زدن دانه گرده و رشد لوله گرده در بسیاری از خانواده‌های گیاهی مهم است. نتایج آزمایش حاضر نیز نشان می‌دهد که محلول‌پاشی کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف سبب افزایش تعداد دانه در بوته شد (شکل ۹). کلسیم باعث تأخیر در کاهش پروتئین و فسفولیپید در سلول و افزایش فعالیت ATP آز می‌شود (Malakooti, 2001) و رشد طولی ریشه و شاخه‌ها را موجب می‌گردد (Pirmoradian, 1998). نتایج به دست آمده در شکل ۲ حاکی از این است که محلول‌پاشی کلرید کلسیم در زمان‌های مختلف، ارتفاع بوته را بهبود بخشدید. کلسیم نقش مهمی در تنظیم نفوذپذیری انتخابی غشا سلول دارد. وقتی گیاه در شرایط کمبود کلسیم رشد می‌کند غشاهای سلولی تراوا شده و کارایی خود را در ممانعت از انتشار آزاد یون‌ها از دست می‌دهد (Mojtahedi and ATP-ase). کلسیم کوفاکتور آنزیم‌های آمیلاز و Lessani, 2005 بوده و در پایداری و مقاومت دیواره سلولی و فعالیت طبیعی بسته شدن روزندها مؤثر است. این عنصر به فعالیت اکسیجن کمک کرده و در تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها، جوانزنی و رشد لوله گرده تأثیرگذار است (Fageria, 2009). کلسیم در بهبود گلدهی، بلوغ و انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به اندام‌های زایشی نقش دارد (Marschner, 1995). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد کاربرد کلرید کلسیم، افزایش در وزن دانه در بوته را به دلیل بهبود انتقال تولیدات فتوسترنزی از برگ‌ها به دانه‌ها به عنوان مخازن فیزیولوژیک به دنبال داشته نیز قابل مشاهده است (شکل ۱۰).

نتیجه‌گیری

با نگاهی به تحقیقات انجام شده، اثر مثبت کاربرد کلرید کلسیم در برخی از گیاهان در شرایط تنفس نشان داده شده است، اما اتفاق نظری در مورد بهترین زمان و یا بهترین نوع کاربرد آن وجود ندارد. القاء تنفس گرما در زمان شروع و در طول دوره گلدهی با کاهش کارایی دانه

شد. تنفس گرما در مراحل اولیه پرشدن دانه موجب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و کاهش ظرفیت مخزن برای تجمع ماده خشک می‌شود. بنابراین، حتی اگر گیاه در ادامه در تولید مواد فتوسترنزی کمبودی نداشته باشد، محدودیت جذب منبع به دلیل کاهش اندازه مخزن در گیاه اتفاق می‌افتد و کاهش وزن دانه را در پی خواهد داشت (Nabipour *et al.*, 2011). تنفس گرما در مرحله پرشدن دانه گندم، سرعت انتقال مواد ذخیره‌های ساقه به دانه‌ها را افزایش می‌دهد که موجب افزایش سرعت پرشدن دانه‌ها و کوتاه شدن دوره پرشدن دانه می‌شود (Nabipour *et al.*, 2011). برخی محققان بیان کردند که انتخاب بر اساس تعداد دانه، بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه دارد (Hamze *et al.*, 2009). تعداد دانه در سنبله یکی از اجزای عملکرد است که به دلیل ارزیابی آسان و کم هزینه بیشتر مورد توجه است. در برخی تحقیق‌ها بر گندم، بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد همبستگی مثبتی مشاهده شده است (Jafari Haghghi, 2009). با انتخاب بر اساس وزن هزار دانه به طور غیرمستقیم می‌توان عملکرد را بهبود بخشدید. عوامل مختلفی (محیطی و ژنتیکی) موجب تغییر در وزن هزار دانه می‌شوند. با وجود تغییرات در وزن هزار دانه بین این صفت و عملکرد همبستگی‌هایی بیان شده است (Mohammadi, 2014). نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش وزن دانه و کاهش وزن خشک اندام هوایی، شاخص برداشت افزایش یافت (شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲). شاخص برداشت از تقسیم وزن کل دانه بر وزن کل گیاه به دست می‌آید و شاخص برداشت بالاتر گواه کارایی بیشتر گیاه است، زیرا نسبت بالاتری از مواد جذب شده توسط گیاه به دانه انتقال پیدا کرده است. برخی محققین همبستگی‌های بین عملکرد دانه و طول سنبله گزارش کرده‌اند (Ganbalani *et al.*, 2009). برخی پژوهشگران همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و صفات طول سنبله، وزن صد دانه، قطر ساقه، تعداد سنبله‌چه و تعداد دانه در سنبله گزارش کرده‌اند (Naroui Rad *et al.*, 2006). نتایج به دست آمده نشان داد که محلول‌پاشی کلرید کلسیم سبب تقلیل اثرات تنفس گرما بر گیاه گندم شد. کلسیم به عنوان پیام‌رسان ثانویه عمل نموده و با اثر Girija *et al.*, 2002 (al., 2002). دست‌یابی به غلظت مناسب یون کلسیم به منظور افزایش مقاومت گیاه به تنفس مهم است (Tabatabaeian, 2014). کلسیم نقش کلیدی در ساختار دیواره‌ها و غشاهای سلولی ایفا می‌کند. Del-Amor and Kadir, 2004 (Kadir, 2004) و گیاهان نیازمند کلسیم هستند (Marcelis, 2003). نتایج حاصل نشان داد که محلول‌پاشی کلرید کلسیم سبب بهبود وزن خشک اندام هوایی گیاه شد. کلسیم در تنظیم واکنش‌های گیاه به تنفس‌های محیطی از جمله گرما را تقلیل دهد (Colorado *et al.*, 1994). افزایش محتوای کلسیم سیتوسولی تحت تنفس گرما (Gong *et al.*, 1998) می‌تواند خسارت گرما را تقلیل دهد و سلول‌های گیاهی را قادر به زندگانی نماید (Gong *et al.*, 2003).

و هدایت آن به سمت دانه موجب کاهش وزن دانه می‌گردد. در شرایط تنش گرما، استفاده از کلرید کلسیم باعث بهبود خصوصیاتی مانند تعداد سنبله در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه شد و اثرات مخرب گرما بر روی گیاه با کاربرد کلرید کلسیم کاهش پیدا کرد. بر طبق نتایج بدست آمده از این پژوهش، کاربرد غلظت ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدهی به منظور کاهش اثرات مخرب تنش گرما در گندم قابل توصیه می‌باشد.

گردد و تخدمدان باعث جلوگیری از انجام عمل باروری و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌شود، از طرفی زمانی که گیاهان در مرحله پس از گلدهی و در مرحله پر شدن دانه در معرض دمای بالا قرار می‌گیرند، تنش گرما با تسريع در این مرحله و کاهش دوره پر شدن دانه، موجب کاهش وزن دانه و در نتیجه عملکرد می‌شود. همچنین در این مرحله گیاه تمایل دارد که با تولید فرآورده و هدایت آن به سمت دانه با تنش گرما مقابله کند، اما تنش گرما با اختلال در عمل فتوسنتز

References

1. Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S., and Ghobadi, M. E. 2013. Investigation of some physiological and biochemical traits and their relationship with yield and its components in advanced bread wheat cultivars under post-pollinated water stress conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 6 (1): 63-47. (in Persian).
2. Amani, Sh. 2014. Study of genetic variation of some indigenous Iranian wheat germs using morphological and phenological traits in Ahwaz climatic conditions. Master's thesis. Shahid Chamran University of Ahwaz. (in Persian).
3. Barati, V., and Ghadiri, H. 2016. Effects of Drought Stress and Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and Grain Protein Content of Two Barley Cultivars. *Journal of Crop production and processing* 6 (20):191-207. (in Persian).
4. Colorado, P., Rodriguez, A., Nicolas, G., and Rodriguez, D. 1994. Abscisic acid and stress regulate gene expression during germination of chick-pea seeds. Possible role of calcium. *Physiologia Plantarum* 91: 461-467.
5. Cook, A., Cookson, A., and Earnshaw, M. J. 1986. The mechanism of action on calcium in the inhibition on high temperature-induced leakage of betacyanin from beet root discs. *New Phytologist Journal* 102: 491-497.
6. Del-Amor, F. K., and Marcelis, L. F. M. 2003. Regulation of nutrient uptake, water uptake and growth under calcium starvation and recovery. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78: 343-349.
7. Fageria, N. K. 2009. *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press, Boca Raton. FL USA.
8. Ferguson, I. B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell and Environment* 7: 77-489.
9. Ganbalani, A. N., Ganbalani, G. N., and Hassanpanah, D. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil. *Iranian Journal of Food, Agriculture and Environment* 7(3&4): 228-234. (in Persian).
10. Girija, C., Smit, B. N., and Swamy, P. 2002. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis Hypogaea L.*). *Environmental and Experimental Botany* 47: 1-10.
11. Gong, M., Van der Liut, A. H., Knight, M. R., and Trewavas, A. J. 1998. Heat-shock-induced changes in intracellular Ca^{2+} level in tobacco seedlings in relation to thermotolerance. *Plant Physiology* 116: 429-437.
12. Hamze, H., Saba, J., Jabari, F., Nassiri, J., and Alavi Hosseini, M. 2009. Estimation of components variation, genotypic and phenotypic correlation coefficients of grain yield and its component in bread wheat (*Triticum aestivum L.*) under rainfed conditions. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences* 2 (1): 29-38. (in Persian with English abstract).
13. Hare, P. D., Cress, W. A., and Van, S. J. 1998. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant, Cell and Environment* 21: 535-553.
14. Jafari Haghghi, B. 2009. Investigating the relationship between grain yield and its components in the most suitable wheat cultivars using PATH ANALYSIS. *Plant Ecophysiology* 1 (2): 25-14. (in Persian).
15. Kadir, S. A. 2004. Fruit quality at harvest of 'Jonathan' apple treated with foliar applied calcium chloride. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1991-2006.
16. Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 1999. *Physiology of crop plants* (Translation). University of Tehran Publications. (in Persian).
17. Kumar, R. R., Goswami, S., Sharma, S. K., Singh, K., Gadpayle, K. A., Kumar, N., Rai, G. K., Singh, M., and Rai, R. D. 2012. Protection against heat stress in wheat involves change in cell membrane stability, antioxidant enzymes, osmolyte, H_2O_2 and transcript of heat shock protein. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry* 4(4): 83-91.
18. Mahfoozi, S., and Sasani, S. H. 2008. Requirement of vernalization in some wheat and barley genotypes and its relation with expression of cold resistance in controlled and field conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences* 39 (1): 126-113. (in Persian).
19. Malakooti, M. J. 2001. Why calcium spray in fruit trees should be common. *Jahad Keshavarasy Embassy*,

- Horticulture section 273-283. (in Persian).
- 20. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher plants. Academic Press, London, UK.
 - 21. McAinsh, M. R., Clayton, H., Mansfield, T. A., and Hertherington, A. M. 1996. Changes in stomatal behavior and guard cell cytosolic free calcium in response to oxidative stress. *Plant Physiology* 111: 1031-1042.
 - 22. Mohammadi Sarab Badieh, M. 2006. Genetic study of traits related to drought tolerance in bread wheat by diallel method. Master's thesis. Razi University. (in Persian).
 - 23. Mohammadi, S. 2014. Study of relationship between grain yield and its components in bread wheat cultivars under full irrigation conditions and end of season moisture stress using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12 (1): 99-109. (in Persian).
 - 24. Mojtabaei, M., and Lessani, H. 2005. The life of the green plant (Translation). Tehran University Press. 587 pages. (in Persian).
 - 25. Nabipour, M., Atlasi Pak, V., Abdeshahian, M., Hasibi, P., and Saeedipour, S. 2011. Crop responses and adaptations to temperature stress (Translation). Shahid Chamran University of Ahvaz Publications. 380 pages. (in Persian).
 - 26. Naroui Rad, M., Farzanju, M., Fanay, H., Arjmandy Nejad, A., Ghasemy, A., and Polshkane Pahlevan, M. 2006. The study genetic variation and factor analysis for morphological characters of wheat native accessions of Sistan and Baluchistan. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi* 19 (4): 50-57. (in Persian with English abstract).
 - 27. Onwueme, I. C., and Laude, H. M. 1972. Heat-induced growth retardation and attempts at its prevention in barley and wheat coleoptiles. *Journal of Agricultural Science* 79: 331-333.
 - 28. Pirmoradian, M. 1998. Foliar nutrition of fruit trees. Tehran; Nashe Jahan Publications. 32 pages. (in Persian).
 - 29. Tabatabaeian, J. 2014. The effects of calcium on improvement of salt stress damages in tomato. *Plant Products Research Journal* 21 (2): 125-137. (in Persian with English abstract).
 - 30. Trofimova, M. S., Andreev, I. M., and Kuznestsov, V. V. 1999. Calcium is involved in regulation of the synthesis of HSPs in suspension-cultured sugar beet cells under hyperthermia. *Journal of Physiologia Plantarum* 105: 67-73.
 - 31. Wang, J. B., and Li, R. Q. 1999. Changes of Ca^{2+} distribution in esophyll cells of pepper under heat stress. *Acta Horticulturae Sinica* 26: 57-58.
 - 32. Webb, A. A. R., Mcainsch, M. R., Taylor, J. E., and Hetherington, A. M. 1996. Calcium ions as intercellular second messengers in higher plants. *Advances in Botanical Research* 2: 45-96.



Effect of Calcium Chloride Application Time on Reducing the Effects of Heat Exhaustion on Yield and Yield Components of Wheat in Ahvaz

N. Asadi Nasab¹- M. Nabipour^{2*}- H. Roshanfekr³- A. Rahnama Ghahfarokhi³

Received: 14-02-2018

Accepted: 21-07-2018

Introduction The negative effects of heat stress on plants are serious problems, which often cause damage to crops throughout the world. In addition, the issue of global warming increases the importance of the heat stress. Currently, to increase the resistance of plants to environmental stresses, some chemical compounds are used that improve the metabolic activity of the plant. Calcium chloride is one of them and finding the appropriate time to use it is important. For this purpose, the present experiment was conducted to investigate the effect of calcium chloride application on reducing the effects of heat stress on yield and yield components of wheat in Ahvaz.

Materials and Methods This experiment was carried out on wheat (Chamran cultivar) plant in a factorial experiment based on a complete randomized block design with three replications at the experimental farm of Shahid Chamran University of Ahvaz during a growing season 2016-2017.

The solution type was used as the initial factor: 1- foliar application with distilled water, 2- foliar application with calcium chloride (10 mM).

The application time was used as the second factor: 1- 15 days before flowering (A), 2- flowering (B), 3- 15 days after flowering (C), 4- 15 days before flowering and flowering (A*B), 5- flowering and 15 days after flowering (B*C), 6- 15 days before flowering and 15 days after flowering (A*C) and 7- 15 days before flowering, flowering, 15 days after flowering (A*B*C).

Results and Discussion Regarding the mean comparison of traits, a calcium chloride foliar application on traits such as plant height, number of spikelet's per spike, grain yield per plant and harvest index were not significant ($P \leq 0.05$). The 1000 grain weight increased under different time traits of calcium chloride foliar application. The highest 1000 grain weight belonged to the calcium chloride foliar application during two weeks before flowering. Foliar application of calcium chloride at the flowering time as well as flowering and two weeks later increased the shoot dry weight. Grain weight per plant was increased in all treatments with calcium chloride except for foliar application at flowering and two weeks before and after flowering. The highest amount of grain weight per plant was obtained in the calcium chloride foliar application during two weeks before flowering and flowering, but no significant difference was observed with other treatments with calcium chloride.

Conclusions Looking at the research, the positive effects of the use of calcium chloride in some plants have been shown under stress conditions, but there is no consensus on the best time or best type of it. Induction of heat stress at the onset and during the flowering period by decreasing pollen and ovarian grain yields prevent fertility and thus decrease grain yield. On the other hand, when the plants were in the post-flowering stage and in the grain filling stage exposure to high temperatures, heat stress accelerates this stage and reduces the grain filling period, thus reduces yield. Under heat stress conditions, the use of calcium chloride improved some properties such as number of spikes per plant, seed weight per plant and 1000-grain weight, and the destructive effects of heat stress on the plant. According to the results of this study, application of 10 mM calcium chloride concentration two weeks before flowering is recommended to reduce the damaging effects of heat stress in wheat.

Keywords: 1000 grain weight, Flowering, Foliar application, Heat stress, Number of spikes per plant

1- PhD Student of Crop Physiology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

(*- Corresponding Author Email: Majid.Nabipour1396@gmail.com)

ارزیابی اثر نوع و مقدار مدیریت کودی بر برخی خصوصیات علوفه سیلویی کنگر فرنگی (Cynara scolymus L.) در اصفهان

مرضیه الله دادی^{۱*} - بابک بحرینی نژاد^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و کیفیت علوفه سیلو شده کنگر فرنگی، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ اجرا شد. فاکتور اول شامل سطوح کود شیمیایی نیتروژن دار و فسفردار در سه سطح توصیه شده بر اساس آزمون خاک با درصد های صفر به عنوان شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ و فاکتور دوم شامل سطوح کود زیستی در چهار سطح بارور ۲، نیتروکسین، بارور ۲+ نیتروکسین و شاهد بودند. اندازه‌های در مرحله رشد رویشی برداشت گردید و عملکرد علوفه و برخی صفات کیفی علوفه سیلویی تعیین شدند. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح کود شیمیایی عملکرد علوفه تر و خشک افزایش یافت. تلقیح توأم بذور با نیتروکسین و بارور ۲ و کاربرد تنهای نیتروکسین نیز بیشترین عملکرد علوفه را داشتند. بیشترین مقدار پروتئین خام سیلو (۱۹/۲۵) درصد) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین و بارور ۲ و کمترین مقدار آن (۷/۶۸) درصد) مربوط به تیمار شاهد بود. با افزایش مصرف کودهای شیمیایی همراه با کاربرد کودهای زیستی از میزان الیاف نامحلول در شوینده خشی کاسته شد و حداقل میزان آن به تیمار تلفیقی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین + بارور ۲ اختصاص داشت. کمترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب مربوط به تیمار شاهد و بیشترین مقادیر مربوط به تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی در کلیه سطوح کود زیستی بود. کاربرد کودهای شیمیایی قابلیت هضم ماده آلی، انرژی قابل متابولیسم و انرژی ویژه شیردهی را نسبت به سطح شاهد افزایش داد. همچنین با افزایش سطوح کود شیمیایی این صفات افزایش پیدا کردند. به طور کلی، سیستم تغذیه تلفیقی در بهبود عملکرد و صفات کیفی سیلو مؤثرتر از کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی به صورت جداگانه بود و به نظر می‌رسد تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین + بارور ۲ می‌تواند برای بهبود عملکرد و کیفیت علوفه سیلو شده کنگر فرنگی پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: انرژی قابل متابولیسم، انرژی ویژه شیردهی، قابلیت هضم ماده آلی، تغذیه تلفیقی

می‌شود (Prasad, 1996). نتایج بسیاری از تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار، بر استفاده از منابع آلی و زیستی همراه با مصرف متعادل کودهای شیمیایی تأکید دارد. نتایج تحقیقات نشان داده است که کودهای زیستی و یا شیمیایی به تنهایی برای تولید پایدار محصول کشاورزی نمی‌توانند مفید واقع شوند و در بیشتر موارد کودهای زیستی به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌تواند پایداری تولید را در نظامهای کشاورزی تضمین کنند (Muyayabantu *et al.*, 2013).

کود زیستی، ماده‌ای حاوی ریزسازواره‌ها (میکرووارگانیسم‌ها) است و هنگامی که بر روی بذر، سطح ریشه و یا در خاک استفاده شود موجب تحریک محیط رشد ریشه یا خود گیاه شده و از طریق افزایش قابلیت دسترسی مواد معدنی باعث افزایش رشد گیاه می‌گردد (Vessey, 2003). در این بین می‌توان به کودهای زیستی رایج در ایران از جمله کود زیستی بارور ۲ و نیتروکسین اشاره کرد. کود

مقدمه

کاربرد سیستم‌های تغذیه تلفیقی گیاه^۳ (IPNS) بر مبنای استفاده از کودهای زیستی، از جمله مهمترین عوامل مؤثر بر پایداری تولید غذا و حفظ حاصلخیزی خاک می‌باشد (Gupta *et al.*, 2002). در این سیستم درصدی از نیاز کودی گیاه توسط کودهای شیمیایی و درصدی دیگر توسط کودهای آلی از جمله کودهای حیوانی و یا زیستی تأمین

۱- دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
کشوری، اصفهان، ایران
(Email: allahdadi_m@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i4.71036
3- Integrated Plant Nutrient Systems
*- نویسنده مسئول:

فرنگی کیفیت کمتری نسبت به یونجه دارد ولی تقریباً مشابه با سیلوی ذرت حاوی دانه کم بوده و در مقایسه با سیلوی سورگوم از Meneses *et al.*, 2007 نشان دادند که با توجه به پایین بودن محتویات اسیدهای آمینه در برگچه‌های کنگر فرنگی، تعادل اسیدهای آمینه در آن مناسب است از این رو می‌توان از این گیاه در رژیم غذایی گاوهای شیری و گوشتی استفاده نمود. همچنین در حیره غذایی گاو، برگچه‌های کنگر فرنگی دارای ارزش غذایی مشابه سیلوی ذرت است. گیاه کنگر فرنگی به علت رشد طولی و برگی زیاد تولید بالای در واحد سطح داشته و در زمینه نیاز آبی و تحمل به شوری نسبت به علوفه‌های دیگر راندمان بهتری دارد (Ranjbari *et al.*, 2013). همچنین امروزه در دنیا از این گیاه به عنوان یک گیاه دارویی استفاده می‌شود و می‌توان از ضایعات آن پس از فرآیند استخراج مواد مؤثره دارویی، به صورت سیلو یا مخلوط با سایر گیاهان علوفه‌ای در تقدیمه نشخوارکنندگان بهره گرفت (Bahreinnejad and Sadeghian, 2004). لذا تحقیق بر روی کاربرد این گیاه به عنوان یک متغیر غذایی به جای دیگر مواد خوراکی موجود می‌تواند دست تولیدکنندگان علوفه و همچنین پرورش دهنده‌گان دام را در انتخاب منابع جدید باز گذارد (Ranjbari *et al.*, 2013).

با توجه به مطالب فوق‌الذکر و همچنین اهمیت مدیریت تغذیه در گیاهان، آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر منابع کودی مختلف شامل کودهای زیستی، شیمیایی و تلفیق آنها بر عملکرد و کیفیت علوفه سیلوی کنگر فرنگی در شرایط آب و هوایی اصفهان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان واقع در ۲۵ کیلومتری غرب اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۱۲ متر از سطح دریا) اجرا شد. در این منطقه میانگین دمای سالیانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد، حداقل دما ۴۰ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما ۱۷-درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۴۰ میلی‌متر است (Karimi, 1992). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل سطوح کود شیمیایی نیتروژن دار و فسفردار در سه سطح توصیه شده بر اساس آزمون خاک با درصدهای صفر به عنوان شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ و فاکتور دوم شامل کود زیستی در چهار سطح بارور ۲، نیتروکسین، بارور +۲ نیتروکسین و شاهد بودند.

زیستی حل کننده فسفات با نام تجاری بارور ۲ که حاوی 10^8 باکتری *Pantoea agglomerans-p5* و *Pseudomonas putida-p13* هر گرم است (Green Biotech Company, 2017)، یک سوبه از این باکتری‌ها (باکتری P5)، با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی می‌شود. سوبه دیگر (باکتری P13)، با تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز، باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات آلی آن می‌شود. کود زیستی نیتروکسین حاوی 10^8 باکتری از جنس *Azotobacter/Azospirillum* و حل کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* در هر گرم می‌باشد (Biotechnology Company, 2017). باکتری‌های موجود در نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن انمسفر و معادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، باستنی و ترشح مواد محرك رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های تنظیم کننده رشد مانند اکسین (IAA)، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی‌بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن و سیدروفور موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان می‌شوند و با حفاظت ریشه گیاهان از حمله عوامل بیماری‌زای خاکزی، افزایش محصول در واحد سطح و بهبود کیفیت آنها را سبب می‌گردند (Tilak *et al.*, 2005).

کنگر فرنگی یا آرتیشو (Cynara scolymus L.) گیاهی علفی و چند ساله متعلق به تیره Asteraceae است (Ziai *et al.*, 2004) که به عنوان یک گیاه دو منظوره (دارویی-علوفه‌ای) مورد کشت قرار می‌گیرد و با توجه به خصوصیات علوفه‌ای که دارد می‌تواند نقش مهمی در تقدیمه دام ایفا کند (Bahreinnejad and Sadeghian, 2004). این گیاه با عملکرد بالا با احتساب سه بار برداشت در سال، مقدار قابل ملاحظه‌ای ماده خشک تولید می‌کند. چند ساله بودن گیاه وجود نیاز به کشت مجدد، رشد سریع آن پس از هر بار برداشت، عدم نیاز به کشت مجدد، رشد سریع آن پس از هر بار برداشت، وجود ۵-۱۵ درصد پروتئین در قسمت‌های مختلف گیاه، قابلیت هضم ۵۰-۷۰ درصدی، ارزش انرژی‌زایی بالا و خصوصیات شیرازفایی آن می‌تواند به عنوان مزایای این علوفه در تقدیمه نشخوارکنندگان مطرح شود (Gasa *et al.*, 1989). کنگر فرنگی با بوی خوشایند، ویژگی‌های سیلوی خوب، محتوای پروتئین خام ۸۸ گرم در کیلوگرم ماده خشک و پیور به مقدار ۵۰۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک، برای سیلو کردن مناسب است و سیلوی آن می‌تواند در تقدیمه نشخوارکنندگان جایگزین علوفه خشک خشن و متداول شود (Sallam *et al.*, 2008). گیول و همکاران (Gul *et al.*, 2001) گزارش دادند که محتوای تغذیه‌ای و مقدار انرژی تغذیه‌ای سیلوی حاصل از ساقه و برگ کنگر فرنگی قابل مقایسه با سیلوی گیاهان دیگر است. صادقیان و همکاران (Sadeghian *et al.*, 2015) با بررسی ترکیبات شیمیایی و خصوصیات سیلوی کنگر فرنگی اظهار داشتند که خوشخوراکی این گیاه پس از سیلو سازی سیار مناسب به نظر می‌رسد. فاتح و همکاران

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil before starting the experiment

بافت Texture	نیتروژن کل TN (%)	فسفر P(mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)	کربن آلی O.C %	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
لومی رسی Clay loam	0.04	12	250	0.065	7.7	2.8

پروتئین خام^۱ (CP)، چربی خام^۲ (CF) و خاکستر^۳ براساس روش‌های AOAC (2007) اندازه‌گیری و برای تعیین میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های خشی^۴ (NDF) از روش ونسوست و همکاران (Van Soest *et al.*, 1991) استفاده شد. کربوهیدرات‌های محلول در آب^۵ (WSC) با استفاده از روش کوکرت (Kochert, 1978) تعیین شد.

قابلیت هضم ماده آلی^۶ (OMD)، انرژی قابل متابولیسم^۷ (ME) و انرژی ویژه شیردهی^۸ (NE_L) با استفاده از روش اندازه‌گیری تولید گاز به روش فدوراک و هرودی (Fedorak and Hrudey, 1983) و معادلات ارائه شده توسط منکی و همکاران (Menke *et al.*, 1979) و منکی و استنگیس (Menke and Steingass, 1988) محاسبه گردید:

$$\text{OMD (\% DM)} = 9 + 0.9991 \times \text{GP} + 0.0595 \times \text{CP} + 0.0181 \times \text{CA} \quad (\text{n}=200, r^2 = 0.92)$$

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 1.06 + 0.1570 \times \text{GP} + 0.0084 \times \text{CP} + 0.022 \times \text{CF} - 0.0081 \times \text{CA} \quad (\text{n} = 200, r^2 = 0.94)$$

$$\text{NE}_L (\text{MJ/kg DM}) = -0.36 + 0.1149 \times \text{GP} + 0.0054 \times \text{CP} + 0.0139 \times \text{CF} - 0.0054 \times \text{CA} \quad (\text{n}=200, r^2 = 0.93)$$

معادله (۳) که در این روابط GP تولید گاز (میلی لیتر در ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک) در ۲۴ ساعت، CP پروتئین خام، CF چربی خام و CA درصد خاکستر می‌باشد. سپس داده‌ها با استفاده از نرمافزار SAS ver.9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه

اثر اصلی کود شیمیایی و زیستی بر عملکرد علوفه تر و خشک

کود زیستی نیتروکسین (به مقدار یک لیتر در هکتار) و کود زیستی حل‌کننده فسفات با نام تجاری بارور ۲ (به مقدار ۱۰۰ گرم در هکتار) در زمان کشت به صورت بذرمال و طبق دستورالعمل شرکت سازنده مورد استفاده قرار گرفتند. عملیات زراعی شامل شخم، دیسک، تسطیح، آماده‌سازی و تهیه جوی و پشتنه انجام شد. با توجه به سطوح مختلف فاکتورها و ترکیبات تیماری، هر تکرار شامل ۱۲ کرت آزمایشی بود. طول هر کرت ۵ متر و عرض آن ۳/۵ متر در نظر گرفته شد که شامل ۵ ردیف با فاصله ۷۰ سانتی‌متر بود. فواصل بوته‌ها روی پشتنه ۳۵ سانتی‌متر با تراکم ۴ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمون خاک و نیاز گیاه، کودهای شیمیایی به نسبت ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود اوره و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار به صورت P₂O₅ از منبع سوبر فسفات تریپل مورد استفاده قرار گرفتند. تمام کود اوره به صورت نواری در کشت مصرف شد، ولی کود اوره در دو مرحله یعنی نیمی قبلاً از کاشت و نیم دیگر به صورت سرک در مرحله ۷-۸ برگی مصرف شد. کاشت در تاریخ ۶ اردیبهشت ۱۳۹۳ در وسط هر پشتنه انجام شد. عمق کاشت بذر ۳-۴ سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از مرگ و میر احتمالی باکتری‌ها، بالافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام گردید. آبیاری‌های بعدی هم با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه تقریباً هر هفت روز یکبار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز تا زمان استقرار گیاه (این گیاه دارای برگ‌های بزرگی می‌باشد که روی خاک سایه می‌اندازند و سبب تحلیل رشد علف‌های هرز خواهند شد) به روش مکانیکی انجام گرفت. برای تعیین عملکرد علوفه با حذف اثر حاشیه‌ای، یک مترمربع از هر کرت در مرحله رشد رویشی (ازم به ذکر است که کنگر فرنگی در سال اول رویش به صورت روزت است و در سال دوم رویش، ساقه از مرکز برگ‌های طوقه‌ای می‌روید) در تاریخ ۹۳/۰۶/۱ برداشت و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک در سایه خشک شده و توزیع شدن. به منظور تهیه علوفه سیلوبی بوته‌های برداشت شده با استفاده از دستگاه خردکن به قطعات ۲-۳ سانتی‌متری خرد و در درون سیلوهای آزمایشگاهی از جنس لوله‌های UPVC با ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر و به قطر ۱۰ سانتی‌متر با گنجایش ۲/۵ کیلوگرمی قرار داده شدند و به مدت ۷۵ روز در دمای اتاق و محیط تاریک قرار داده شدند (Meneses *et al.*, 2007).

که بیشترین عملکرد علوفه تر شیدر ایرانی با کاربرد سودوموناس و ریزوبیوم بومی به تنها یی و در سطح مصرف حداقل کود شیمیایی حاصل می‌شود. کریمی پاشاکی و همکاران (Karimi Pashaki *et al.*, 2013) نشان دادند که مصرف مقدار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را در تریتیکاله تولید کرد و علت این امر را به افزایش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه و سطح برگ نسبت دادند. شعبانی و همکاران (Shabani *et al.*, 2011) گزارش کردند که استفاده از سیستم تقدیم تأثیر مثبتی بر عملکرد ماده خشک یونجه یک‌ساله داشت. در کشت مخلوط شیدر و چشم بالاترین عملکرد علوفه خشک از تیمار تلفیقی کود زیستی فسفورین و نایتروباین + کود مرغی + کود شیمیایی آمونیوم سولفات حاصل شد (Thalooth *et al.*, 2015).

ویژگی‌های کیفی سیلو

با افزایش مقدار کود شیمیایی بهویژه کود نیتروژن دار و همچنین کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن میزان پروتئین خام سیلو افزایش یافت. بیشترین مقدار پروتئین خام در تیمارهای تلفیقی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین و بارور ۲ با مقدار ۱۹/۲۵ درصد بود که نسبت به شاهد ۱۰۰ درصد افزایش داشت و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد به میزان ۷/۶۸ درصد بود (شکل ۱).

کنگر فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش مصرف کود شیمیایی از سطح صفر تا ۱۰۰ درصد عملکرد علوفه تر و خشک افزایش پیدا کرد به طوری که سطح کود شیمیایی بیشترین عملکرد را نسبت به سطوح دیگر داشت (جدول ۳). سطح کود زیستی نیتروکسین + بارور ۲ و کاربرد نیتروکسین نیز عملکرد بیشتری نسبت به سطح بارور ۲ و شاهد تولید نمودند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳).

پاتن و گلیک (Patten and Glick, 2002) گزارش کردند که باکتری‌های افزاینده رشد گیاه با مکانیسم‌های مختلفی مانند انحلال فسفات‌های نامحلول، تولید هورمون‌هایی مانند اکسین، جیبریلیک اسید و سیتوکینین موجب افزایش عملکرد گیاه ذرت می‌شوند. مهناز و همکاران (Mehnaz *et al.*, 2009) بیان کردند باکتری‌های سودوموناس فلورسنس با تولید اندول استیک اسید و اسیدهای حل‌کننده فسفات موجب افزایش عملکرد و وزن خشک گیاهان مختلف می‌گردند. افزایش عملکرد و جذب عناصر توسط گیاه با افزایش فسفر محلول خاک ارتباط داشته و به نقش مهم این عنصر در توسعه ریشه و جلوگیری از تجمع ترکیبات فسفره و آثار سو آن بر جذب برخی عناصر در خاک مرتبط می‌باشد (Saeednejad *et al.*, 2012a). کمبود فسفر رشد و پراکنش سیستم ریشه‌ای گیاه را محدود کرده و جذب آب و مواد غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بدین ترتیب عملکرد را کاهش می‌دهد (Day and Ludeke, 1992). نتایج پژوهش شاهوری و همکاران (Shahverdi *et al.*, 2014) نشان داد

جدول ۲

- تجزیه واریانس عملکرد علوفه کنگر فرنگی تحت تأثیر مدیریت تغذیه‌ای در مرحله رشد رویشی

Table 2- Variance analysis for effect of nutrition management on artichoke forage yield affected as in vegetative growth stage of artichoke

متابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square		
		عملکرد علوفه خشک Wet forage yield	عملکرد علوفه تر Dry matter yield	
تکرار Replication	2	316.98**	3.201 **	
کود شیمیایی Chemical fertilizers	2	2606.86**	44.162 **	
کود زیستی Bio-fertilizer	3	33.5 **	0.578 **	
کود شیمیایی × کود زیستی Chemical fertilizers× Bio-fertilizer	6	3.984 ns	0.069 ns	
خطا Error	22	6.229	0.085	
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.49	5.83	

ns, * و **: بهتر ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and ** indicate no significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- تأثیر سطوح کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد علوفه کنگ فرنگی در مرحله رشد رویشی

Table 3- Effect of chemical fertilizer levels on artichoke forage yield in vegetative growth stage

کود شیمیایی Chemical fertilizer	عملکرد علوفه تر Wet forage yield(t ha ⁻¹)	عملکرد علوفه خشک Dry matter yield(t ha ⁻¹)
شاهد Control	22.86 c	2.97 c
۵۰ درصد کود شیمیایی 50% Chemical fertilizer	40.15 b	5.23 b
۱۰۰ درصد کود شیمیایی 100% Chemical fertilizer	52.18 a	6.79 a
کود زیستی Bio-fertilizer		
شاهد Control	36.25 b	4.71 b
نیتروکسین Nitroxin	39.77 a	5.18 a
بارور ۲ Barvar 2	37.3 b	4.85 b
نیتروکسین+بارور ۲ Nitroxin+ Barvar2	40.26 a	5.24 a

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

مناطق خشک، درصد پروتئین علوفه سیلوشده را کاهش داد (McKenzie *et al.*, 1998).

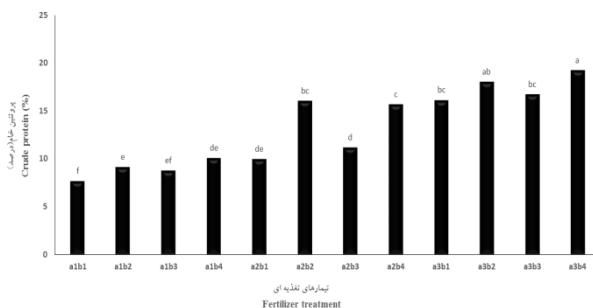
همانطور که در جدول مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی (جدول ۵) نیز مشاهده می شود، درصد چربی خام از ۲/۱۲ درصد در سطح شاهد (عدم کاربرد کود) تا ۱/۶۱ درصد در سطح ۱۰۰ درصد کود شیمیایی متغیر بود. سطح شاهد کود زیستی با میانگین ۱/۹۸ درصد بیشترین میزان چربی خام را داشت که با سطح تلقیح بذور با کود زیستی بارور ۲ از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفت. در سطوح تلقیح بذور با نیتروکسین و تلقیح همزمان با نیتروکسین و بارور ۲ هم در ارابطه با میزان چربی خام اندام هوایی از لحاظ آماری تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۵). چربی خام علوفه سیلو شده رابطه مثبت و معنی داری با میزان الیاف نامحلول در شوینده خشنا نشان داد. همبستگی منفی و معنی داری میان این صفت با سایر صفات شامل انرژی و بیزه شیردهی، ارتباط میان این ایجاد مثبت و معنی دار بود (جدول ۶).

تیمار تلفیقی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین + بارور ۲ و تیمار شاهد به ترتیب با ۲۶/۱۱ و ۳۵/۲۴ درصد حداقل و حداً کمتر الیاف نامحلول در شوینده خشنا را به خود اختصاص دادند (شکل ۲) و با افزایش مصرف کودهای شیمیایی همراه با کاربرد کودهای زیستی از الیاف نامحلول در شوینده خشنا علوفه سیلو شده کاسته شد. افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده خشنا منجر به کاهش قابلیت هضم

مطالعه ضرایب همبستگی صفات کیفی علوفه سیلو شده نشان داد که بین پروتئین خام گیاه و چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خشنا همبستگی منفی و معنی داری وجود داشت. رابطه میان این صفت با سایر صفات کیفی سیلو شامل انرژی و بیزه شیردهی، انرژی قابل متابولیسم، کربوهیدراتهای محلول در آب، قابلیت هضم ماده آلی و خاکستر مثبت و معنی دار بود (جدول ۶). درصد پروتئین در علوفه از نظر قابلیت هضم زیاد آن غالباً به عنوان ساختی از قابلیت هضم در نظر گرفته می شود (Fateh *et al.*, 2009) و افزایش آن باعث خوش خوارکی گیاه برای دام و افزایش عمل جذب و بهبود کیفیت سیلو می شود. احراری و همکاران (Ahrari *et al.*, 2013) اظهار داشتند که استفاده از کود نیتروژن دار سبب افزایش معنی دار پروتئین خام در علوفه سیلو شده علوفه گلنگ (*Carthamus tinctorius* L.) شد. وینبرگ و همکاران (Weinberg *et al.*, 2007) گزارش کردند کود نیتروژن دار محتوای پروتئین را در علوفه گلنگ و همچنین علوفه سیلو شده آن افزایش می دهد. کاربرد کود نیتروژن دار قبل و بعد از کاشت باعث افزایش درصد پروتئین سیلوی ذرت (*Zea mays* L.) شد (Islam *et al.*, 2012). میزان پروتئین علوفه سیلو شده جو (*Hordeum vulgare* L.) به طور قابل ملاحظه ای به کوددهی نیتروژنی واکنش نشان داد و با افزایش مصرف کود نیتروژن دار به صورت خطی افزایش یافت. کود فسفردار هیچ تأثیری روی میزان پروتئین سیلو در مناطق آبیاری شده نداشت اما در برخی

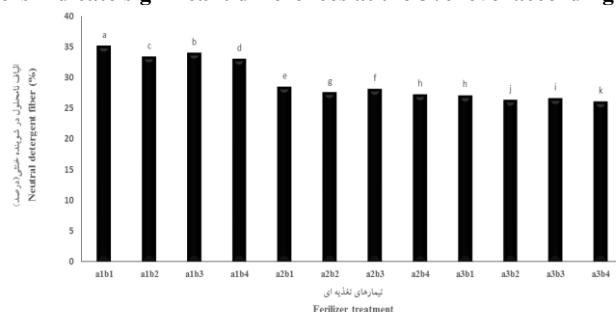
اندامهای سبزینه‌ای و درصد خوش‌خوراکی علوفه می‌شود. نتایج پژوهش اصغرزاده و همکاران (Asgharzadeh *et al.*, 2015) نشان داد که کوددهی با کود نیتروژن دار سبب کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه سیلو شده گلنگ شد. کاربرد کود نیتروژن دار قبل و بعد از کاشت ذرت سبب کاهش مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه سیلو شده شد (Islam *et al.*, 2012).

علوفه و در ترتیجه کاهش کیفیت آن می‌شود. الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه سیلو شده با تمامی صفات به جز چربی خام NDF همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۶). کاهش NDF (اجزای دیواره سلولی) منجر به بهبود کیفیت علوفه می‌شود. مقدادیر بالای این پارامتر نشان‌دهنده قابلیت هضم ضعیفتر بر به دلیل چوبی شدن بیشتر علوفه می‌باشد (McGrath, Soest, 1985). مک‌گراس (McGrath, 1992) اظهار داشت که مصرف کودهای نیتروژن دار باعث افزایش



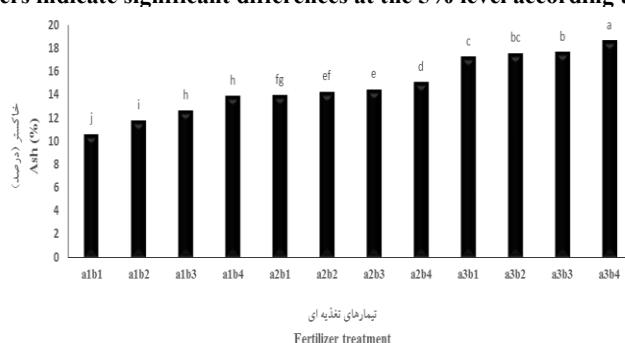
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر مدیریت تغذیه‌ای بر میزان پروتئین خام علوفه سیلو شده کنگر فرنگی (حروف غیر مشابه نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است)

Figure 1- Mean comparison for the effect of nutrition management on the crude protein percent of artichoke silage
(Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test)



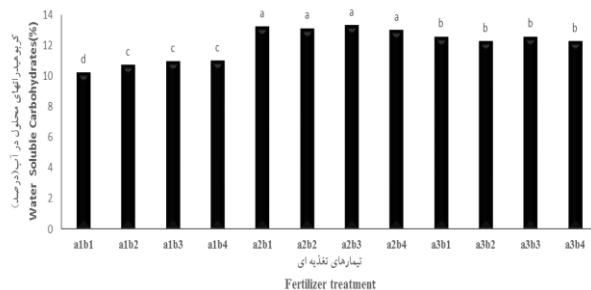
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر مدیریت تغذیه‌ای بر میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه سیلو شده کنگر فرنگی (حروف غیر مشابه نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است)

Figure 2- Mean comparison for the effect of nutrition management on the Neutral detergent fiber of artichoke silage
(Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test)



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر مدیریت تغذیه‌ای بر میزان خاکستر علوفه سیلو شده کنگر فرنگی (حروف غیر مشابه نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است)

Figure 3- Mean comparison for the effect of nutrition management on the ash percent of artichoke silage (Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test)



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر مدیریت تغذیه‌ای بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه سیلوبی کنگر فرنگی (حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است)

Figure 4- Mean comparison for the effect of nutrition management on the water soluble carbohydrates of artichoke silage
(Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test)

شاهد (a1)، ۵۰٪ درصد کود شیمیایی (a2)، ۱۰۰٪ درصد کود شیمیایی (a3)، شاهد (b1)، نیتروکسین (b2)، بارور ۲ (b3)، نیتروکسین + بارور ۲ (b4)
Control (a1), 50% chemical fertilizer (a2), 100% chemical fertilizer (a3), control (b1), Nitroxin (b2) , Barvar 2 (b3), Nitroxin + Barvar 2 (b4)

جدول ۴- تجزیه واریانس برخی صفات کیفی علوفه سیلوبی کنگر فرنگی تحت تأثیر مدیریت تغذیه‌ای در مرحله رشد رویشی

Table 4- Variance analysis for effect of nutrition management on some quality traits of artichoke silage affected as in vegetative growth stage of artichoke

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات			
			پروتئین خام Crude protein	چربی خام Crude fat	الیاف نامحلول در شوینده خشی Neutral detergent fiber	خاکستر Ash
تکرار Replication		2	3.31 ns	0.507 ns	0.484 **	3.805 **
کود شیمیایی Chemical fertilizers		2	222.49 **	0.762 **	185.48 **	94.651 **
کود زیستی Bio-fertilizer		3	28.22 **	0.087 **	3.66 **	5.709 **
کود شیمیایی × کود زیستی Chemical fertilizers× Bio-fertilizer		6	4.59 **	0.004 ns	0.238 **	0.864 **
خطا Error		22	1.154	0.009	0.024	0.039
ضریب تغییرات (درصد)			8.11	5.07	1.4	1.33
CV (%)						

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and ** indicate no significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

علوفه در واقع بیانگر میزان عناصر معدنی موجود در بافت‌های گیاهی است. عناصر معدنی در علوفه به لحاظ اینکه در سوخت و ساز تغذیه دام شرکت کرده و برای فعالیت یاخته‌های بدن لازم می‌باشند اهمیت داشته و در کیفیت علوفه مؤثر هستند (Sharma, 2002). علت افزایش درصد خاکستر، همراه با افزایش کاربرد کود نیتروژنی این است که نیتروژن باعث بهبود رشد قسمت‌های رویشی و ریشه شده و هرچه ریشه گیاه گسترش بیشتری داشته باشد، جذب مواد معدنی نیز بیشتر خواهد شد و گیاه علاوه بر تولید مواد آلی مقدار بیشتری نیز مواد معدنی را در خود نگه می‌دارد (Majidian et al., 2016).

مقایسه میانگین اثر متقابل داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین درصد خاکستر به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین + بارور ۲ با میانگین ۱۸/۶۶ درصد و تیمار شاهد با ۱۰/۶۳ درصد بود (شکل ۳). با توجه به نتایج جدول ضرایب همبستگی بین خاکستر گیاه و چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خشی همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت و همبستگی این صفت با سایر صفات کیفی سیلوبی کنگر فرنگی مثبت بود. قابلیت هضم ماده آلی و پروتئین خام مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). درصد خاکستر

ادامه جدول ۴

Table 4 (continued)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کربوهیدرات‌های محلول در آب Water Soluble Carbohydrates	میانگین مربعات Mean Square	انرژی قابل متابولیسم Metabolizable energy	انرژی ویژه شیردهی Net energy for lactation
تکرار Replication	2	1.288 **	1.75 ns	0.055 ns	0.029 ns
کود شیمیایی Chemical fertilizers	2	18.56 **	306.17 **	6.82 **	3.63 **
کود زیستی Bio-fertilizer	3	0.127 *	19.395 **	0.45 **	0.24 **
کود شیمیایی × کود زیستی Chemical fertilizers × Bio-fertilizer	6	0.187 **	1.085 ns	0.026 ns	0.014 ns
خطا Error	22	0.041	0.644	0.016	0.008
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.22	1.8	1.94	2.45

ns, * و **: بهترتب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و پنج درصد

ns, * and ** indicate no significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- تأثیر سطوح کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات کیفی علوفه سیلو شده کنگرفرنگی در مرحله رشد رویشی
Table 5- Effect of chemical fertilizer levels on some quality traits of artichoke silage in vegetative growth stage

کود شیمیایی Chemical fertilizer	چربی خام (درصد) Crude fat (%)	قابلیت هضم ماده آلی (درصد) Organic matter digestibility (%)	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) Metabolizable energy (MJ.kg ⁻¹ DM)	انرژی ویژه شیردهی (مکاژول در کیلوگرم ماده خشک) Net energy for lactation (MJ.kg ⁻¹ DM)
شاهد Control	2.12 a	39.54 c	5.76 c	3.07 c
۵۰ درصد کود شیمیایی 50% Chemical fertilizer	1.86 b	45.18 b	6.61 b	3.7 b
۱۰۰ درصد کود شیمیایی 100% Chemical fertilizer	1.61 c	49.61 a	7.26 a	4.17 a
کود زیستی Bio-fertilizer				
شاهد Control	1.98 a	42.69 c	6.23 c	3.42 c
نیتروکسین Nitroxin	1.83 bc	44.99 b	6.57 b	3.67 b
بارور ۲ Barvar 2	1.9 ab	46.11 a	6.76 a	3.8 a
نیتروکسین+ بارور ۲ Nitroxin+ Barvar 2	1.75 c	45.32 b	6.61 b	3.7 b

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

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین برخی صفات کیفی علوفه سیلو شده کنگر فرنگی

Table 6- Correlation coefficients between some qualitative traits of artichoke silage

صفات Traits	پروتئین خام (CP)	چربی خام (CF)	خاکستر (Ash)	الیاف نامحلول در شوینده خشی (NDF)	قابلیت هضم ماده آلی (OMD)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)	انرژی قابل متابولیسم (ME)	انرژی ویژه شیردهی (NE _L)
پروتئین خام	1							
چربی خام	-0.77**	1						
خاکستر	0.87**	-0.74**	1					
الیاف نامحلول در شوینده خشی	-0.86**	0.73**	-0.86**	1				
قابلیت هضم ماده آلی	0.87**	-0.67**	0.9**	-0.91**	1			
کربوهیدرات‌های محلول در آب	0.53**	-0.36*	0.79**	-0.83**	0.67**	1		
انرژی قابل متابولیسم	0.86**	-0.66**	0.89**	-0.91**	0.99**	0.68**	1	
انرژی ویژه شیردهی	0.86**	-0.66**	0.89**	-0.91**	0.99**	0.68**	0.99**	1

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد * معنی دار در سطح احتمال پنج درصد
* and ** indicate significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

هرچه مقدار آنها قبل از سیلو کردن گیاه کمتر باشد، pH سیلو بالاتر رفته و کیفیت سیلوی مورد نظر نیز کاهش می‌یابد. افزایش کود نیتروژن در خاک موجب افزایش غلظت نیتروژن گیاه می‌شود و چون همبستگی بین نیتروژن و کربوهیدرات‌های محلول در آب در گیاه منفی است بنابراین با افزایش کود نیتروژن دار خاک درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب کاهش می‌یابد. کربوهیدرات‌های محلول در آب موجود در گیاه معمولاً متعاقب کاربرد کودهای نیتروژنی کاهش می‌یابد (Van Soest, 1991) که ناشی از تسريع در رشد گیاه است که سبب کاهش مقدار فروکتان‌ها می‌شود (McDonald, 1995). نتایج یک پژوهش نشان داد که بیشترین میزان کربوهیدرات محلول در آب سیلوی کنگر فرنگی در مرحله گلدھی مربوط به تیمار اثر باقیمانده ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن دار و فسفردار ۴۸ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه + ۲۵ تن کود دامی در هکتار با مقدار ۶ درصد بود (Fateh et al., 2009). مک گراس (McGrath, 1992) با مطالعه روی گیاه چچم گزارش کرد که استفاده از کود نیتروژنی مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب را کاهش می‌دهد. اصغرزاده و همکاران (Asgharzadeh et al., 2015) اظهار داشتند که میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب موجود در گیاه گلرنگ تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن دار و سیلو کردن کاهش یافت.

نتایج مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی نشان داد که با افزایش مصرف کودهای شیمیایی قابلیت هضم ماده آلی افزایش معنی داری داشت و از ۳۹/۵۴ درصد در سطح شاهد تا ۴۹/۶۱ درصد

علاوه بر این میکروارگانیسم‌های موجود در کود زیستی با استقرار در منطقه ریزوسفر از ترشحات ریشه استفاده نموده و با تعییر pH و یا ترشح آنزیم‌ها شرایط را برای تبدیل فسفر نامحلول به شکل قابل استفاده فراهم می‌سازند (Afrasiabi et al., 2010). همچنین افزایش میزان خاکستر احتمالاً به دلیل جذب سریع عناصر موجود در کودهای شیمیایی توسط گیاه می‌باشد در نتیجه غلظت عناصر غذایی در گیاه افزایش می‌یابد. فاتح و همکاران (Fateh et al., 2009) اظهار داشتند که در مرحله گلدھی کنگر فرنگی کاربرد تیمارهای شیمیایی، تلفیقی و آلی سبب افزایش درصد خاکستر علوفه سیلو شده نسبت به تیمار شاهد شد.

با افزایش سطوح کود شیمیایی از صفر تا ۵۰ درصد در کلیه سطوح کود زیستی میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب گیاه افزایش یافت اما با افزایش مصرف کود از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد در کلیه سطوح کود زیستی، میزان آن کاهش یافت. کمترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۷/۲۳ درصد و بیشترین مقدار مربوط به تیمارهای تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی در کلیه سطوح کود زیستی با میانگین ۱۰/۳ تا ۱۰ درصد بود (شکل ۶). کربوهیدرات‌های محلول در آب با کلیه صفات کیفی به جز چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خشی همبستگی مثبت و معنی داری داشتند (جدول ۶). بالا بودن درصد کربوهیدرات محلول در آب نشان از کیفیت بالاتر علوفه دارد (Weinberg et al., 2005). این کربوهیدرات‌ها به منظور تجزیه میکروبی در سیلو مهم هستند

نیتروکسین و نیتروکسین+ بارور ۲ با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). احتمالاً کاهش مقدار فیبر نامحلول در شوینده خشی و افزایش مقدار پروتئین خام علت اصلی افزایش انرژی قابل متاپولیسم و انرژی ویژه شیردهی گیاه در اثر کوددهی بوده است. انرژی قابل متاپولیسم و انرژی ویژه شیردهی علوفه سیلو شده همبستگی مثبت و معنی‌داری با کربوهیدرات‌های محلول در آب، پروتئین خام و خاکستر داشتند (جدول ۶). همچنین رابطه بین قابلیت هضم ماده آلی و انرژی ویژه شیردهی مثبت و بسیار معنی‌دار بود ($r=0.99^{**}$). الیاف نامحلول در شوینده خشی و چربی خام همبستگی منفی و معنی‌داری با انرژی قابل متاپولیسم نشان دادند. چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خشی همبستگی منفی و معنی‌داری با انرژی ویژه شیردهی داشتند. همچنین قابلیت هضم ماده آلی و انرژی قابل متاپولیسم رابطه مثبت و بسیار معنی‌داری با انرژی ویژه شیردهی داشتند ($r=0.99^{**}$) و تغییرات آنها کاملاًوابسته و همسو با تغییر این صفت بود (جدول ۶). ماکار و همکاران (Makkar *et al.*, 1995) اظهار داشتند که همبستگی مثبتی بین انرژی قابل متاپولیسم با محتوای پروتئین خام علوفه وجود دارد. همچنین، وجود همبستگی منفی بین مقدار دیواره سلولی با انرژی قابل متاپولیسم اثبات شده است (Kamalak *et al.*, 2005). کمترین میانگین انرژی قابل متاپولیسم گلنگ در علوفه سیلو شده و کوددهی نشده مشاهده شد و کوددهی علوفه با کود نیتروژن دار سبب افزایش این صفت شد (Ahrari *et al.*, 2013). استفاده از کود نیتروژن دار به علت افزایش محتوای پروتئین خام سبب افزایش محتوای انرژی قابل متاپولیسم در سیلوی ذرت (Zea mays L.) شد (Islam *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کودهای زیستی و شیمیایی عملکرد علوفه و ویژگی‌های کیفی علوفه سیلو شده را افزایش دادند ولی تأثیرگذاری مدیریت تلفیقی کود بیشتر از کاربرد جدگانه (منفرد) کودهای شیمیایی یا زیستی بود. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان تبیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + نیتروکسین + بارور ۲ را به منظور افزایش عملکرد و کیفیت علوفه سیلو شده کنگره فرنگی پیشنهاد داد.

References

- Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M., and Modarres Sanavy, S. A. M. 2010. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata*, cv. Robinson. Journal of Science and Agriculture 4 (4): 43-54. (in Persian with English abstract).
- Ahrari, A., Fathi Nasri, M. H., Yousef Allah, M., and Riasi, A. 2013. The effect of N fertilizer and polyethylene glycol on chemical composition and digestibility of safflower forage and silage. Journal of Animal Science Researches 23 (2): 73-90. (in Persian with English abstract).
- AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. Association of official analytical chemists, Arlington, USA.

در سطح ۱۰۰ درصد کود شیمیایی متغیر بود (جدول ۵). در میان سطوح کود زیستی تلقیح بذور با کود زیستی بارور ۲ بیشترین میزان قابلیت هضم را با میانگین ۴۶/۱۱ درصد داشت و سطح تلقیح توأم بذور با کودهای زیستی نیتروکسین و بارور ۲ با سطح کاربرد جدگانه نیتروکسین از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). مطالعه ضرایب همبستگی صفات نشان داد که قابلیت هضم ماده آلی با صفات پروتئین خام، خاکستر و کربوهیدرات‌های محلول در آب همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همچنین انرژی ویژه شیردهی و انرژی قابل متاپولیسم نیز رابطه مثبت و بسیار معنی‌داری با میزان چربی خام و الیاف نامحلول در شوینده خشی منفی و معنی‌داری بود (جدول ۶). قابلیت هضم ماده آلی از متغیرهایی است که بیشتر تحت تأثیر مرحله بلوغ گیاه، نسبت برگ به ساقه و شرایط محیطی است. همچنین این شاخص دارای همبستگی بالایی با قابلیت هضم ماده خشک و درصد خاکستر می‌باشد. مطالعه سعید نژاد و همکاران (Saeednejad *et al.*, 2012b) نشان داد که درصد قابلیت هضم ماده آلی، تحت تأثیر مواد آلی، کودهای زیستی و شیمیایی قرار نمی‌گیرد و به نظر می‌رسد که این صفت بیشتر تحت تأثیر عواملی مثل زمان برداشت، مرحله بلوغ و خصوصیات ذاتی گیاه بوده است. نتایج مطالعه احراری و همکاران (Ahrari *et al.*, 2013) نشان داد که کمترین میانگین ماده آلی قابل هضم گلنگ به لحاظ عددی در علوفه سیلو شده علوفه کوددهی نشده که دارای بیشترین میانگین اجزای یافی بود مشاهده شد. کوددهی علوفه با کود نیتروژن دار سبب افزایش مقدار قابلیت هضم ماده آلی می‌شود زیرا به نظر می‌رسد نیتروژن مورد نیاز برای میکروارگانیسم‌ها از طریق افزودن کود تأمین شده است.

مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی نشان داد که سطح ۱۰۰ درصد کود شیمیایی بیشترین انرژی قابل متاپولیسم و انرژی ویژه شیردهی را به ترتیب با میانگین‌های ۷/۲۶ و ۴/۱۷ کیلوگرم ماده خشک تولید کرد و کمترین میزان آنها به سطح شاهد تعلق داشت (جدول ۵). تلقیح بذور با کود زیستی بارور ۲ در میان سطوح کود زیستی بیشترین انرژی قابل متاپولیسم و انرژی ویژه شیردهی را با میانگین‌های ۶/۷۶ و ۳/۸ مکاژول در کیلوگرم ماده خشک به خود اختصاص داد و سطوح تلقیح بذور با کودهای زیستی

4. Asgharzadeh, F., Fathi, M. H., and Behdani, M. A. 2015. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on nutritive value of safflower forage and silage. Iranian Journal of Animal Science 45 (4): 375-38. (in Persian with English abstract).
5. Bahreininejad, B., and Sadeghian, M. 2004. The quantitative and qualitative evaluation of artichoke and its by-products as a new and high production plant. The 2nd congress on applied biology (international approach) review reports. Department of Biology, Islamic Azad University, Mashhad, Iran, 29-30 September 2004.
6. Day, A. D., and Ludeke, K. L. 1992. Plant nutrients in desert environment. Springer Velage.
7. Fateh, E., Chaichi, M. R., Sharifi Ashoorabadi, E., and Mazaheri, D. 2009. Effects of chemical and organic fertilizers on some silage chemical properties of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). 11th Iranian Crop Science Congress, Environmental Sciences research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, 24-26 July 2009. (in Persian with English abstract).
8. Fedorak, P. M., and Hruday, S. E. 1983. A Simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultuvesin serum bottles. Environmental Technology Letters 4: 425-435.
9. Gasa, J., Castrillo, C., Baucells, M. D., and Guada, J. A. 1989. By- products from the canning industry as feedstuff for ruminants: Digestibility and it's prediction from chemical composition and laboratory bioassays. Animal Feed Science and Technology 25: 67-77.
10. Green Biotech Company. 2017. PhosphoBARVAR-2 (Phosphate Biofertilizer). <http://www.greenbiotech-co.com>
11. Gul, M. A., Alcicek, A., and Tumer, S. 2001. Research on silage possibility and feeding value of artichoke stalks with leaves. Anadolu Journal of Agricultural Sciences 11: 20-32.
12. Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77-79.
13. Islam, M. R., Garcia, S. C., and Horadagoda, A. 2012. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and in vitro gas production characteristics of whole crop maize silage. Animal Feed Science and Technology 172: 125-135.
14. Kamalak, A., Canbolat, O., Erol, A., Kilinc, C., Kizilsmsek, M., Ozkan, C. O., and Ozkose, E. 2005. Effect of variety on chemical composition, in vitro gas production, metabolizable energy and organic matter digestibility of alfalfa hays. Livestock Research for Rural Development 17 (7): 1707-1712.
15. Karimi Pashaki, S., Mirhadi, S., Rabiee, M., and Shahdi Kumleh, A. 2013. Effects of nitrogen and phosphorus levels stress on the qualitative traits and forage yield of triticale as double cropping in a paddy field of Guilan. Crop Production in Environmental Stress 4 (4): 27-38. (in Persian with English abstract).
16. Karimi, M. M. 1992. Isfahan Province Climate. Budget and planning organization of Isfahan province, Isfahan. (in Persian).
17. Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol-sulphuric acid method. In: Handbook of Phycological Methods, Physiological and Biochemical Methods. Hellebust JA, Craigie, JS, editors. Cambridge: Cambridge University Press, 95-97 p.
18. Majidian, M., Khoshchehreh Ziba, E., and Mansouri Far, C. 2016. Yield and quality of two forage sorghum cultivars influenced by manure and nitrogen fertilizer. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 26 (1): 131-143. (in Persian with English abstract).
19. Makkar, H. P. S., Blummel, M., and Becker, K. 1995. Formation of complexes between polyvinyle pyrrolidonates or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in in vitro techniques. British Journal of Nutrition 73: 897-913.
20. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., and Morgan, C. A. 1995. Animal Nutrition. Longman Scientific and Technical, New York, USA.
21. McGrath, D. 1992. A note on the influence of nitrogen application and time of cutting on water soluble carbohydrate production by Italian ryegrass. Irish Journal of Agricultural and Food Research 31: 189-192.
22. McKenzie, R. H. Middleton, A. Solberg, E. DeMulder, J., and Najda, H. 1998. Nitrogen and Phosphorus Optimize Barley Silage Production. Better Crops 82 (4): 22-23.
23. Mehnaz, S., Weselowski, B., Mufti, F. A., Zahid, S., Lazarovits, G., and Iqbal, J. 2009. Isolation, characterization and effect of fluorescent pseudomonads on micropopulated sugarcane. Canadian Journal of Microbiology 55: 1007-1011.
24. MehrAsia Biotechnology Company. 2017. Nitroxin-General. <http://www.mabco.asia.com>
25. Meneses, M., Megias, M. D., Madrid, J., Martinez-Teruel, A., Fernandez, F., and Oliva, J. 2007. Evaluation of the phytosanitary, fermentative and nutritive characteristics of the silage made from crude artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-product feeding for ruminants. Small Ruminant Research 70: 292-296.
26. Menke, K. H., and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research Development 28: 7-55.
27. Menke, K. H., Rabb, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., and Schnider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when they are

- incubated with rumen liquor in vitro. Journal of Agricultural Science 93: 217-222.
28. Muyayabantu, G. M., Kadiata, B. D., and Nkongolo, K. K. 2013. Assessing the effects of integrated soil fertility management on biological efficiency and economic advantages of intercropped maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) in DR Congo. American Journal of Experimental Agriculture 3 (3): 520-541.
 29. Patten, C. L., and Glick, B. R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indole acetic acid in development of host plant root system. Applied Environmental Microbiology 68 (8): 3795-3801.
 30. Prasad, R. 1996. Cropping systems and sustainable agriculture. Indian Farming 46: 39-45.
 31. Ranjbari, A., Mosharraf, S. H., Rasti Ardakani, M., and Bahraininejad, B. 2013. Evaluation of the nutritive value of artichoke as a source of feed for ruminants. Institute of Forests and Rangelands. (in Persian).
 32. Sadeghian, M., Allame, S. K., Ebadi, M. R., and Bahreininejad, B. 2015. Investigation of chemical composition and silage characterizations of *Cynara scolymus* L. to use in animal nutrition. The National Conference of the Organic Animal, Poultry and Aquatics Products. 2 and 3 September, Gilan University.
 33. Saeidnejad, A., Khazaei, H., and Rezvani Moghaddam, P. 2012a. Assessing the effect of organic compounds, biofertilizers and chemical fertilizers on morphological properties, yield and yield components of forage sorghum (*Sorghum bicolor*). Iranian Journal of Field Crops Research 10 (3): 503-510. (in Persian with English abstract).
 34. Saeidnejad, A., Rezvani Moghaddam, P., Khazaei, H., and Nassiri Mohallati, M. 2012b. Assessment the effect of organic fertilizers, biofertilizers and chemical on the dry matter digestibility and protein content of forage sorghum. Iranian Journal of Field Crops Research 9 (4): 623-630. (in Persian with English abstract).
 35. Sallam, S. M. A., Bueno, I. C. S., Godoy, P. B., Nozella, E. F., Vitti, D. M. S. S. and Abdalla, A. L. 2008. Nutritive value assessment of the artichoke (*Cynara scolymus*) by-product as an alternative feed resource for ruminants. Tropical and Subtropical Agro ecosystems 8: 181-189.
 36. Shabani, G. H., Ardakani, M. R., Chaichi, M. R., Friedel, J. K., and Khavaz, K. 2015. Effect of Different fertilizing treatments on nutrient uptake in annual medic (*Medicago scutellata* cv. Robinson) under irrigated and dry farming systems. Journal of Agricultural Science and Technology 17: 299-310. (in Persian with English abstract).
 37. Shahverdi, M., Mirshekari, B., Asadi Rahmani, H., Rashidi, V., and Ardakani, M. 2014. Effect of biological and reduced rates of chemical fertilizers on forage yield in Persian clover. Journal of Crops Improvement 16 (2): 271-287. (in Persian with English abstract).
 38. Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Central Arid Zone Research Institute Godhpur, India.
 39. Soest, P. J. V. 1985. Composition, Fiber quality, and Nutritive value of forages. In: Forages, The Science of grassland Agriculture. Maurice, E.H., B. F. Robert, and M.S. Darrel (4th Ed), Iowa state Univ. press Ames, Iowa, USA. p. 413-421.
 40. Thalooth, A. T., Sary, G. A. -L., El-Nagar, H. M., El-Kramany, M. F., Kabesh, M. O., and Bakhoum, G. S. H. 2015. Yield and quality response of Ryegrass, Egyptian clover and their Mixtures to different sources of fertilizers. Agricultural Sciences 6: 137-145.
 41. Tilak, K. V. B. R., Ranganayaki, N., Pal KK, D. R., Saxena, A. K., Nautiyal, C. S., Mittal, S., Tripathi, A. K., and Johri, B. N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89 (1): 136-150.
 42. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.
 43. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil 255: 571-586.
 44. Weinberg, Z., Landau, S., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamborg, M., Brener, S., and Dvash, L. 2005. Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius*) as an alternative winter forage crop in Israel. Paper presented at the Proceedings of the 15th International Silage Conference. Belfast.
 45. Weinberg, Z. G., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamborg, M., Brener, S., Dvash, L., Markovitz, T., and Landau, S. 2007. The effects of irrigation and nitrogen fertilization on the ensiling of safflower (*Carthamus tinctorius*). Animal Feed Science and Technology 134: 152-161.
 46. Ziaee, S., Dast Pak, A., Naghdi Abadi, A., Poor Hosseini, H., Hemati Moghadam, L., Gharavi, A., and Naeini, M. 2004. Review on *Cynara scolymus* L. Journal of Medicinal Plants 4 (13): 1-10. (in Persian with English abstract).



Evaluation of the Effect of Type and Amount of Fertilizer Management on Some Silage Characteristics of Artichoke (*Cynara scolymus L.*) in Isfahan

M. Allahdadi^{1*}- B. Bahreininejad²

Received: 17-02-2018

Accepted: 21-07-2018

Introduction

Artichoke (*Cynara scolymus L.*) is an herbaceous perennial plant belongs to the Asteraceae family (Ziai *et al.*, 2004). Artichoke silage quality was less than alfalfa silage but it is as much as corn silage with lower seed contents and was more than sorghum silage and the palatability of this plant increased after ensiling. Application of Integrated Nutrition Systems (IPNS) based on the use of biofertilizer is one of the most important factors affecting the sustainability of food production and soil fertility. Researches have shown that biological or chemical fertilizers alone cannot be used for sustainable agricultural production, and in most cases, bio-fertilizers as a supplement to chemical fertilizers can ensure the sustainability of production in agricultural systems. Regarding the importance of nutrition management in plants, the present experiment was conducted with the aim of investigating the effect of different fertilizer sources (bio-fertilizers, chemical fertilizers and their integration) on yield and artichoke silage quality in Isfahan climate conditions.

Material and Methods

This experiment was conducted as a factorial based on RCBD design with three replications at the Research Station of Isfahan Agricultural and Natural Resources, Iran, during 2014-2015. The first factor consisted of chemical fertilizers at levels of 100% chemical fertilizer (200 and 100 kg ha⁻¹ NP), 50% chemical fertilizer (100 and 50 kg ha⁻¹ NP), and control (no fertilizers). The second factor comprised bio-fertilizer at levels of 1 liter ha⁻¹ Nitroxin (include *Azotobacter*, *Azospirillum*, and *Pseudomonas*), 100 gha⁻¹ Barvar 2 (include *Pseudomonas potida* and *Bacillus lenthus*), 1 liter ha⁻¹ Nitroxin +100 gha⁻¹ Barvar 2 and control (without inoculation). Seeds were sown on 26 April 2014. Chemical fertilizer (urea and triple superphosphate) applied based on soil analysis results. The first half of the nitrogen fertilizer was utilized as strip takes under seed before sowing and the rest at 7-8 leaf stage of the crop. The plants were harvested at vegetative rosette stage. The harvested material was chopped and stored for about 75 days in laboratory silos. Wet and dry forage yield and Silage quality indices as crude protein (CP), crude fat (CF), ash, neutral detergent fiber (NDF), water soluble carbohydrates (WSC), organic matter digestibility (OMD), metabolizable energy (ME) and net energy for lactation (NE_L) were measured. Analysis of variance was done using SAS ver.9.1 software and comparison of the means was conducted using by Duncan at 5% level.

Results and Discussion

The results showed that soil fertilizer management systems significantly affected forage yield and silage quality of artichoke. Increasing the levels of chemical fertilizer increased wet and dry forage yield. Among the bio-fertilizer levels, combined fertilization with Nitroxin and Barvar 2 and application of Nitroxin alone had the highest forage yield. The effect of integrated fertilizer management on silage quality was higher than the single application of chemical fertilizer or bio-fertilizer. The highest CP percent (19.25 %) and lowest CP (7.68 %) were obtained by 100% chemical fertilizer + Nitroxin+ Barvar 2 and control treatment, respectively. NDF reduced with the application of chemical and biological fertilizer and 100% chemical fertilizer + Nitroxin+ Barvar 2 had the minimum values of them. The highest amount of WSC was related to 50% chemical fertilizer at all levels of bio-fertilizer. Application of bio-fertilizers increased the OMD, ME and NE_L compared to control level. Also, these traits increased by the increment of chemical fertilizer application.

1- Ph. D. in Agroecology, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3- Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

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

Conclusions

Based on the results of this research, using 50% chemical fertilizer + Nitroxin+ Barvar 2 can be recommended to improve the silage quality of artichoke.

Keywords: Metabolizable energy, Net energy for lactation, Organic matter digestibility, Integrated nutrient



ارزیابی عملکرد کمی و کیفی علوفه ذرت ۲۶۰ تحت تاثیر مدیریت تلفیقی کود و بقایای گیاهی

حسنعلی پور اسماعیل^۱- مهدی دهمرد^{۲*}- احمد قنبری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

کشاورزی پایدار بر پایه مدیریت کارآمد عناصر تولید در جهت بهبود کیفیت خاک استوار است و یکی از مشکلات اصلی در کشاورزی پایدار کمبود مواد آلی خاک و تبعات آن می‌باشد. یکی از راههای ممکن، ارزان و قابل اجرا برای افزایش مواد آلی در اراضی کشاورزی برگرداندن بقایای محصولات زراعی به خاک است. در کشاورزی پایدار استفاده از کمبوست و ورمی کمبوست باعث افزایش فعالیت میکروبی خاک شده و این باعث افزایش عناصر غذایی مورد نیاز گیاه خصوصاً عناصر پر مصرف گردیده و این افزایش عملکرد گیاه زراعی را به دنبال دارد. به منظور ارزیابی سیستم تلفیقی مدیریت کودی و زمان برداشت بر کمیت و کیفیت علوفه ذرت رقم ۲۶۰ (رقم زودرس)، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل سطوح مختلف سیستم تلفیقی مدیریت کودی در ده سطح: (شاهد، ۰، ۳۰ درصد بقایای گندم، ۶۰ درصد بقایای گندم، ۹۰ درصد بقایای گندم، ۱۰۰ درصد ورمی کمبوست، ۱۰۰ درصد ورمی کمبوست، ۱۰ درصد ورمی کمبوست بعلاوه ۹۰ درصد بقایای گندم، ۴۰ درصد ورمی کمبوست بعلاوه ۶۰ درصد بقایای گندم و ۷۰ درصد ورمی کمبوست بعلاوه ۳۰ درصد بقایای گندم) و فاکتور دوم زمان برداشت در دو سطح: (برداشت در مرحله شیری و خمیری) بودند. صفات مورد مطالعه شامل وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، قابلیت هضم ماده خشک، هیدرات‌های کربن محلول در آب، درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین، فیبر خام، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، الیاف نامحلول در شوینده خشک و خاکستر بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش مرحله برداشت با سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر وزن خشک ساقه، قابلیت هضم ماده خشک، درصد هیدرات‌های کربن محلول در آب و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی معنی دار بود. همچنین اثر مرحله برداشت بر درصد پروتئین خام و درصد خاکستر بسیار معنی دار؛ اثر مرحله برداشت و اثر سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر درصد فیبر خام معنی دار و اثر ساده سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر الیاف نامحلول در شوینده خشک معنی دار بود. بیشترین وزن خشک برگ (۱۴۶ گرم) و وزن خشک ساقه (۱۸۵/۳۳ گرم) در مرحله شیری شدن دانه و در شرایط کاربرد ۷۰ درصد ورمی کمبوست به‌علاوه ۳۰ درصد بقایای گندم به دست آمد. کیفیت مطلوب زمانی حاصل می‌شود که گیاه دارای قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، هیدرات‌های کربن محلول در آب و درصد خاکستر بیشتری باشد. به طور کلی استفاده از نسبت‌های ۶۰ و ۱۰۰ درصد ورمی کمبوست و ۶۰ درصد بقایای گندم باعث بهبود کیفیت علوفه گردید.

واژه‌های کلیدی: بقایای گندم، پروتئین خام، زمان برداشت، ورمی کمبوست

برخوردار است (Koocheki *et al.*, 2007). کشاورزی پایدار بر پایه مدیریت کارآمد عناصر تولید در جهت بهبود کیفیت خاک استوار است و یکی از مشکلات اصلی در کشاورزی پایدار کمبود مواد آلی خاک و تبعات آن می‌باشد. در خاک‌های زراعی، سالیانه مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد غذایی خاک به صورت محصول و مواد آلی از زمین خارج می‌شود. با خروج این حجم عظیم از مواد گیاهی، منابع تأمین انرژی و مواد غذایی بویژه مواد آلی در خاک به تدریج دچار نقصان می‌شود. یکی از راهکارهای ممکن، ارزان و قابل اجرا برای افزایش مواد آلی در اراضی کشاورزی برگرداندن بقایای محصولات زراعی به خاک است. برگردانیدن بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش

مقدمه

گسترش جهانی عملیات کشاورزی حفاظتی در حال حاضر به بیش از ۱۵۵ میلیون هکتار رسیده است (Kassam *et al.*, 2014). لزوم به کارگیری مدیریت کشاورزی پایدار خصوصاً در زمین‌های زراعی یا مشکل توسعه زمین‌های قابلیت کشت از اهمیت بالایی

۱- دانشجوی دکترای زراعت، گروه اگرواکلولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲- دانشیار، گروه اگرواکلولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳- استاد، گروه اگرواکلولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(*)- نویسنده مسئول: dahmard@yahoo.com

DOI: 10.22067/gsc.v16i4.72820

چهار و نیم میلیون نفر در ۹۴ کشور در حال توسعه، جایی که یک‌سوم کودکان در آنجا سوء‌تغذیه دارند، فراهم می‌کند (Chaudhary *et al.*, 2014). تا سال ۲۰۵۰ تقاضا برای ذرت در کشورهای در حال توسعه دو برابر تقاضای فعلی خواهد شد (Von Braun *et al.*, 2010) و این در حالی است که هرساله عملکرد ذرت در دنیا به سبب رخداد خشکی حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد و در سال‌های آینده این میزان به سبب خشکی‌های شدیدتر بیشتر خواهد شد (FAO, 2014). در ایران نیز زراعت ذرت در سال‌های اخیر از رونق زیادی برخوردار بوده و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی گسترش یافته است (Emam and Niknejad, 2004). سطح زیر کشت ذرت در ایران در سال ۲۰۱۴ حدود ۳۵۰ هزار هکتار بوده و تولید آن به یک میلیون و دویست و پنجاه هزار تن رسیده است (FAO, 2014).

ذرت به دلیل قابلیت‌های زیاد از جمله موادر متعدد مصرف در بسیاری از کشورها به طور گسترده کشت می‌شود این گیاه، علاوه بر آن که علوفه‌ای بسیار مطلوب برای دام می‌باشد، از نظر تأمین انرژی برای دام نیز مناسب است (Karimi, 2007). ذرت یکی از گیاهان استراتژیک است که زمان برداشت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه آن بسیار مؤثر است. فاکتورهای متعددی شامل عوامل قابل کنترل مدیریتی و عوامل محیطی غیر قابل کنترل بر کیفیت علوفه تأثیر می‌گذارند. کیفیت علوفه و عملکرد آن رابطه معکوسی با همدیگر دارد (Sedighiniya, 2003). زمان برداشت یکی از مهمترین و اصلی‌ترین فاکتورهای مؤثر بر کیفیت علوفه (محتوای پروتئین خام و قابلیت هضم ماده خشک) می‌باشد. علوفه‌ای که در مراحل اولیه رشد رویشی برداشت می‌گردد، بالاترین ارزش غذایی را برای دام دارد. با افزایش سن گیاه، در زمان برداشت تغییر زیادی در خوش خوارکی و قابلیت هضم آن ایجاد می‌گردد (Ghanbari *et al.*, 2009; Nazari *et al.*, 2014). اگرچه ذرت توانایی تولید ماده خشک بالایی دارد، اما مشکل اصلی ذرت پایین بودن محتوای پروتئین خام آن است (Eskandari and Ghanbari, 2009). با تعیین زمان مناسب برداشت جهت تأمین علوفه دام، می‌توان هم از لحاظ کمی و هم از نظر خصوصیات کیفی، خوش خوارکی و ارزش غذایی علوفه، حداکثر تولید و عملکرد را به دست آورد. برداشت دیر هنگام ذرت به منظور استفاده از علوفه آن موجب افزایش عملکرد کمی می‌گردد؛ این در حالی است که با نزدیک شدن به پایان دوره رشد گیاه، کیفیت علوفه آن کاهش می‌یابد. این دو عامل عکس یکدیگر عمل می‌کنند، بنابراین باستثنی مناسب‌ترین زمان برداشت علوفه ذرت را تعیین نمود تا در نتیجه آن بالاترین عملکرد با بهترین کیفیت حاصل گردد (Rezvani'moghadam and Nasiri'mahalati, 2004).

همانطور که در فوق اشاره شد در کشور ایران با توجه به کمبود مراعع غنی و تراکم زیاد دام در آنها، تولید ذرت علوفه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد. مشکلات زیستمحیطی ناشی از کاربرد کودهای

خلل و فرج و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و به تبع آن افزایش ظرفیت ذخیره سازی آب و تبادل هوا در خاک خواهد شد. که به تبع آن اثر مثبت در کاهش فرسایش، تعدیل دمای خاک و فراهم بودن عناصر مختلف به خصوص نیتروژن در خاک دارد همچنین تجزیه تدریجی بقایای گیاهی باعث افزایش مواد آلی خاک می‌گردد. کیفیت خاک نه تنها به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی وابسته است بلکه ارتباط نزدیکی با خصوصیات بیولوژیکی آن دارد (Govaerts *et al.*, 2007).

یک سیستم ریشه‌ای فعال، ترکیباتی را به طور منظم به محیط ریشه گیاه آزاد می‌کند. این ترکیبات سبب تحریک رشد و افزایش جامعه میکروبی خاک شده که به دنبال آن تنوع کارکردی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bending *et al.*, 2002). اهمیت جوامع میکروبی برای کارکرد یک اکوسیستم به دلیل نقش مهمی است که در فرآیندهای خاک که تعیین کننده تولید گیاه می‌باشد ایفا می‌کند. نخستین عامل محدودکننده زیستی در اکثر خاک‌ها، فعالیت میکروبی برای تجزیه کربن آلی است. وقتی مواد گیاهی حاوی کربن به خاک افروده شود، میکروب‌های تجزیه کننده برای کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و غیره مورد نیاز خود به دو منبع شکل‌های در دسترس این عناصر موجود در خود خاک و مواد آلی اضافه شده به خاک متکی هستند، بنابراین با اضافه شدن بقایای گیاهی این میکروب‌ها به تجزیه بقایای گیاهی اقدام می‌کنند (Juan *et al.*, 2008). میزان کربن و نیتروژن خاک دو عامل عمده‌ای هستند که برروی فعالیت میکروبی خاک تأثیر می‌گذارند (Yuste *et al.*, 2007). ورمی کمپوست یک ماده آلی است که باعث افزایش تهווیه خاک، جذب بیشتر رطوبت و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. کربن موجود در ورمی کمپوست باعث می‌شود عناصر غذایی به طور یکنواخت در سیستم رشد گیاهی آزاد شده و گیاه قادر به جذب عناصر غذایی می‌گردد (Alikhani and Savabeghi, 2006). در کشاورزی پایدار استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست باعث افزایش فعالیت میکروبی خاک شده و این باعث افزایش عناصر غذایی مورد نیاز گیاه خصوصاً عناصر پر مصرف گردیده و این افزایش عملکرد گیاه زراعی را به دنبال دارد (Aranon *et al.*, 2004).

در بین گیاهان زراعی، ذرت (*Zea mays* L.) نقش مؤثری در تأمین غذای انسان‌ها و دام ایفا می‌کند. استفاده انسان از ذرت عمدهاً به صورت غیرمستقیم است، به طوری که حدود ۷۵ درصد از تولید جهانی ذرت به صورت علوفه در اختیار دام‌ها قرار می‌گیرد (Bozorgmehr and Nasrabadi, 2014). ذرت یکی از مهمترین غلات دانه‌ای است که در بیش از ۱۸۰ میلیون هکتار از راضی دنیا کشت می‌شود و تولید آن بالغ بر ۱۰۰۰ میلیون تن است (FAO, 2014). ذرت به همراه گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) حداقل ۳۰ درصد کالری غذایی را برای بیش از

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی سیستم تلفیقی مدیریت کودی و بقايا بر کمیت و کیفیت علوفه ذرت در دو مرحله فنولوژیکی رشد، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل سطوح مختلف سیستم تلفیقی مدیریت کودی در ده سطح: (شاهد، ۳۰، ۶۰ درصد بقایای گندم، ۶۰ درصد بقایای گندم، ۹۰ درصد بقایای گندم، ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۶۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد ورمی‌کمپوست، ۱۰ درصد ورمی‌کمپوست به علاوه ۹۰ درصد بقایای گندم، ۴۰ درصد ورمی‌کمپوست به علاوه ۶۰ درصد بقایای گندم و ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست به علاوه ۳۰ درصد بقایای گندم) و فاکتور دوم زمان برداشت در دو سطح: (برداشت در مرحله شیری و خمیری) بودند.

مقدار ورمی‌کمپوست مورد استفاده بر مبنای ۱۰ تن در هکتار محاسبه گردیده و میزان بقایای گندم بر اساس ۵ تن در هکتار برآورد گردیده است (بر اساس میانگین عملکرد کاه و کلش گندم در منطقه). قبل از کاشت نمونه خاک، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد (جدول ۱).

شیمیایی، انرژی کمکی و سایر نهادهای تولید به مقدار بیش از حد مجاز، تأثیر سویی بر چرخه‌های زیستی و پایداری بوم‌نظام‌های زراعی داشته است (Ibrahim'ghoochi *et al.*, 2013). برای توسعه کشاورزی پایدار اجرای سیستم‌های کشاورزی با نهاده کافی به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی، زیستی و آلی به منظور تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح قابل قبول راهکار موثری است (Sharma, 2003). کودهای آلی علاوه بر دارا بودن منبع ماده آلی برای تقویت خاک و مواد مغذی، یکی از کودهای ارزان قیمت در مقایسه با کودهای متدائل در تولید گیاهان زراعی است و از نظر محتوی نیتروژن غنی است (Hirzell and Walter, 2008). با توجه به شرایط آب و هوایی کشور و خشکسالی‌های اخیر انجام آزمایشات و ارائه راهکارهای مناسب جهت افزایش عملکرد و کیفیت پایدار محصولات کشاورزی و استفاده بهینه از اراضی کشاورزی و حفظ مراتع و منابع طبیعی از ضروریات کشاورزی است. با توجه به اهمیت تولید ذرت در کشور و استفاده بهینه از منابع موجود در راستای کشاورزی پایدار و لزوم تعیین مناسب‌ترین زمان برداشت جهت حصول حداقل عملکرد کمی و کیفی، این آزمایش با هدف بررسی همزمان اثرات مدیریت تلفیقی کود و بقايا بر شاخص‌های کمی و کیفی علوفه ذرت طی دو زمان برداشت انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical properties of soil

بافت Texture	pH	EC (dS m ⁻¹)	Mg	Ca	Na	K (meq L ⁻¹)	SO ₄	OC (g kg ⁻¹ Soil)	T.N.V. (%)	N (ppm)	P (ppm)	تخلخل Porosity
لوم رسی Loam clay	8.03	3.39	8.8	6	18.8	0.34	16.2	9.7	12.8	0.019	6.11	35

جدول ۲- نتایج تجزیه بقایای گندم استفاده شده در آزمایش

Table 2- Results of the decomposition of wheat residues used in the experiment

N	P	K	Protein	C/N
(%)				
0.42	0.27	1.79	2.53	23.04

جدول ۳- خواص و ترکیب عناصر در ورمی‌کمپوست استفاده شده در آزمایش

Table 3- Properties and combination of elements in the vermicompost used in the experiment

OC	N	P	K
(%)			
8.16	1.72	0.35	0.64

کلوخه‌ها توسط دیسک و تسطیح زمین به وسیله لولر، زمین به صورت جوی و پشته آماده گردید. نقشه کاشت به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوك‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار پیاده گردید.

جهت انجام آزمایش، عملیات آماده‌سازی زمین از اوایل فروردین سال ۱۳۹۶ آغاز گردید که شامل دو مرحله شخم، دیسک و لولر جهت تسطیح کامل زمین و آماده‌سازی بستر کاشت بود. پس از خردکردن

اواسط دهه ۵۰ از استان اصفهان جمع‌آوری شده بود استخراج شد و طی سال‌های متمادی خودگشته، به خلوص رسید. لاین مادری (K) ۱-۱۲۶۴ این هیبرید در اوخر دهه ۵۰ از یک جمعیت محلی از استان فارس جمع‌آوری و خودگشته آن از همان سال‌ها شروع شد و طی سال‌های متمادی بررسی و در سال ۱۳۷۷-۸ به خلوص رسید. در سال ۱۳۷۷ برای اولین بار تلاقی بین این دو لاین \times ۱-۵/۱۲۶۴ (KSC 260) در کرج انجام شد و با نام سینگل کراس (KSC 260) در بررسی مقدماتی در سال ۱۳۷۸ با میانگین عملکرد دانه ۱۰/۹۳ تن در هکتار به عنوان رقم برتر از شاهد 260 (با میانگین عملکرد ۶/۳۶ تن در هکتار) گزینش شد (Dehghan'poor, 2010).

پس از هر مرحله در زمان برداشت شیری و خمیری شدن دانه‌ها، اقدام به برداشت بوته‌ها از سطح یک متر مربع انجام گردید و اندام‌های گیاه به تفکیک برگ، ساقه، بلال و اندام نر به طور جداگانه در آون و در دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و پس از ۴۸ ساعت اقدام به اندازه‌گیری وزن خشک هر بخش از اندام گیاه گردید. در نهایت وزن کل برداشتی در یک متر مربع به هکتار تعیین داده شد و جهت بدست آوردن عملکرد پروتئین از ضرب درصد پروتئین در عملکرد خشک اندام هوایی استفاده گردید. ویژگی‌های کیفی شامل: خاکستر (Ash)، پروتئین خام (CP)، هیدرات‌های کربن محلول در آب (WSC)، ماده خشک قابل هضم (DMD)، الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDF^۱)، الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF^۲)، فیرخام (CF) با استفاده از دستگاه Near Infra Red (Near Infra Red SAS نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام می‌شود.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر وزن خشک علوفه ذرت در سال اول آزمایش در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر مرحله برداشت، اثر سیستم‌های تلفیقی کود و اثر برهمکنش آنها بر وزن خشک برگ بسیار معنی دار بود (جدول ۴).

به منظور اعمال تیمارها ابتدا بستر کاشت بر اساس زمان برداشت در دو مرحله شیری و خمیری به دو قسمت مساوی تقسیم شد. سپس همه بلوک‌ها به صورت عمودی به ده کرت مساوی تقسیم شدند و در هر کدام از آنها سطوح مختلف کودی در ده سطح روی بقایای کاه و کلش گندم (ساقه‌های قطع شده) و ورمی کمپوست اعمال شد. ابتدا بقایای کاه و کلش گندم با خاک مخلوط گردید. ورمی کمپوست به کار رفته در آزمایش نیز با استفاده از کود دامی و گونه‌ای کرم خاکی به نام Eisenia foetida در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل تهیه گردید. جهت اعمال تیمارها، در کثار هر خط کاشت، شیاری در سراسر پشته به عمق ۵ سانتی‌متر ایجاد نموده و کود ورمی کمپوست را در داخل شیار ریخته و به وسیله شن کش روی آن خاک داده شد. به منظور تأمین نیاز غذایی خاک و گیاه در قطعه زمین مورد نظر طبق جواب آزمایش خاک به مقدار ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ کیلوگرم به ترتیب از منبع اوره، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به ترتیب در مرحله آماده‌سازی زمین مصرف گردید. پس از اعمال تیمارها کودی عملیات خاک‌ورزی انجام شد. علاوه بر آن میزان ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره نیز طی دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه رفتن به صورت سرک در اختیار گیاه قرار داده شد. آزمایش جماعتی ۶۰ کرت بود. هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۴ متر با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فواصل بین بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مساحت هر کرت ۱۶ متر مربع، فواصل بین کرت‌ها یک متر و فواصل بین تکرارها $1/5$ متر بود. بذرهای ذرت، بر اساس تیمارهای آزمایش کشت شدند. کاشت به صورت هیرم‌کاری انجام و پس از سبز شدن در مرحله ۴ برگی نسبت به تنک نمودن بوته‌ها برای رسیدن به تراکم دلخواه (۱۰۰ هزار بوته در هکتار) اقدام گردید. در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی اعمال شد.

بذر ذرت رقم فجر یا ۲۶۰ K.S.C از شرکت کشاورزی برکت جوین تهییه شد. ارقام زودرس ذرت که شامل گروه‌های رسیدن FAO ۴۰۰-۱۰۰ هستند، نسبت به ارقام دیررس طول دوره رشد و نمو کوتاه‌تری دارند و می‌توانند در اکثر مناطق ذرت کاری ایران به خصوص در مناطق سرد و معتدل به صورت کشت دوم و در مناطق بسیار سرد کشور در کشت اول (بهاره) مورد استفاده قرار گیرند. کشت در مناطق گرم نیز برای کشت تابستانه حداکثر تا نیمه اول تیرماه امکان‌پذیر است. کاشت ارقام دیررس در مناطق فوق به دلیل محدودیت طول فصل زراعی و محدودیت آب، قبل از مرحله گلدهی و یا قبل از پر شدن دانه، با سرما یا گرمای مواجه می‌شود و سبب افت کمی و کیفی محصول می‌شود، بنابراین معرفی و کشت هیبریدهای پرمحصول زودرس ذرت می‌تواند علاوه بر حل مشکل فوق از خسارت وارده به کشاورزان و افت تولید در کشور جلوگیری کند (Dehghan'poor, 2010).

لاین پدری (K) این هیبرید از یک رقم محلی که در

1- Crude Protein

2- Water-soluble Carbon Hydrates

3- Dry Matter Digestibility

4- Neutral Detergent Fiber

5- Acidic Detergent Fiber

6- Crude Fiber

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر وزن خشک علوفه ذرت

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of harvest stage and integrated fertilizer management on dry weight forage maize

منبع تغییرات (S.O.V)	df	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک بالا Ear dry weight	وزن تاسل Tassal Weight
تکرار Replication	2	190.41ns	111.61ns	226.71ns	7.01ns
مرحله برداشت Harvest stage	1	1008.60**	10507.26**	16867.26**	21.60**
سیستم تلفیقی مدیریت کودی Integrated fertilizer management	9	1601.25**	2131.28**	5580.70**	6.22*
اثرات متقابل ورمی کمپوست و بقاوی‌گیاهی Interaction of vermicompost and crop Residues	9	622.63**	690.48**	3397.67**	5.007*
خطا Error	38	122.59	81.56	157.34	2.20
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	9.66	8.59	11.16	15.22

ns: Non significant

ns: غیر معنی‌دار

*and**: significant at 5 and 1% probability level

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جهت رابطه منبع و مخزن در گیاه باشد. در مطالعات دیگر در نتایجی مخالف با نتایج این تحقیق، رشد بیشتر گیاه در مرحله خمیری نسبت به مرحله شیری شدن دانه می‌تواند دلیل افزایش عملکرد باشد. افزایش عملکرد ماده خشک با افزایش سن توسط سایر محققین گزارش شده است (Gul *et al.*, 2008).

وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مرحله برداشت، اثر سیستم‌های تلفیقی کود و اثر برهمکنش آنها بر وزن خشک ساقه بسیار معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ (۱۴۶ گرم) در مرحله شیری شدن دانه و در شرایط کاربرد ۷۰ درصد ورمی کمپوست به علاوه ۳۰ درصد بقاوی‌گیاهی گندم به دست آمد (جدول ۵). اهمیت توجه به صفت وزن خشک برگ به این دلیل است که کشت ذرت با هدف تولید علوفه اجرا شده، لذا هر عاملی که این صفت را بهبود بخشد، بر کیفیت تغذیه علوفه ذرت نیز تأثیرگذار خواهد بود. در کلیه نسبت‌های کودی، وزن برگ گیاهان ذرت به طور میانگین بیشتر از تیمار شاهد بود که نشان می‌دهد تیمار ۷۰ درصد ورمی کمپوست به علاوه ۳۰ درصد بقاوی‌گیاهی گندم در مرحله برداشت شیری تعداد برگ بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد تولید کرده‌اند. احتمالاً خواص موجود در ورمی کمپوست و بقاوی‌گیاهی طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و فعالیت ریزموچودات، باعث افزایش در تعداد برگ و سطح برگ و در نتیجه افزایش وزن خشک برگ شده است. صفایی و همکاران (Safa'i *et al.*, 2012) در آزمایشی که عوامل آن شامل سه سطح کمپوست (۰، ۱۱۲۵ و ۲۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح کود نیتروژن (۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و دو رقم گلرنگ (گلدشت و فرامان) بود به این نتیجه رسیدند که کاربرد کمپوست به میزان ۲۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سایر تیمارها بر شاخص سطح برگ بیشترین تاثیر را داشت و نیز با مصرف ۱۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کمپوست، بیشترین وزن خشک برگ تولید شد.

بخشی از کمتر بودن وزن خشک برگ در مرحله خمیری نسبت به مرحله شیری می‌تواند به دلیل ویژگی انتقال مجدد مواد و تغییر

جدول ۵- اثر متقابل مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر وزن خشک علوفه ذرت

Table 5- Interaction of harvest stage and integrated fertilizer management on dry weight forage maize

		وزن تاسل	وزن خشک بلال	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ					
مرحله برداشت Harvest stage	تیمارهای آزمایشی Treatments			Leaf dry weight	Stem dry weight	Ear dry weight	Tassal Weight			
Shiriy Milky	سیستم تلفیقی مدیریت کودی Integrated fertilizer management	عدم کوددهی (شاهد)	90	hi	104.33	def	61.33	lm	10.33	abcd
	Without fertilizer (Control)	بقاوی گیاهی ۳۰%	116.33	cdefg	130.66	b	95	hij	9.33	bcd
	30% Crop residues	ورمی کمپوست ۳۰%	92	hi	99	efg	53	m	11	abc
	30% Vermicompost	ورمی کمپوست ۶۰%	141	ab	103.66	defg	94.67	hij	12.33	a
	60% Vermicompost	بقاوی گیاهی ۶۰%	101	fghi	130.33	b	71	klm	10.33	abcd
	60% Crop residues	بقاوی گیاهی ۹۰%	91.66	hi	95	efghi	83.33	jkl	7.33	d
	90% Crop residues	ورمی کمپوست ۱۰۰%	87	i	125.33	bc	64	lm	9.66	abcd
	100% Vermicompost	(ورمی کمپوست + بقاوی گیاهی) ۹۰+۱۰	115.66	cdefg	109.66	cde	145.67	de	10	abcd
	10+90 (Vermicompost+Crop residues)	(ورمی کمپوست + بقاوی گیاهی) ۳۰+۷۰	146	a	185.33	a	131.33	ef	8	bcd
	30+70 (Vermicompost+Crop residues)	(ورمی کمپوست + بقاوی گیاهی) ۶۰+۴۰	124.33	bcde	99.33	efg	178.67	b	10.33	abcd
	40+60 (Vermicompost+Crop residues)	عدم کوددهی (شاهد)	103	fghi	81	hij	105.33	ghij	9	bcd
	Without fertilizer (Control)	بقاوی گیاهی ۳۰%	133	abcd	110.33	cde	112.67	fg	10	abcd
	30% Crop residues	ورمی کمپوست ۳۰%	98	ghi	98	efgh	96	hij	8.33	bcd
	30% Vermicompost	ورمی کمپوست ۶۰%	136.66	abc	118.66	bcd	101.33	hij	11.33	ab
خمیری Doughy	60% Vermicompost	بقاوی گیاهی ۶۰%	115	defg	89	fghi	170.67	bc	9.33	bcd
	60% Crop residues	بقاوی گیاهی ۹۰%	121.33	bcdef	86.66	ghij	155.67	cd	9.33	bcd
	90% Crop residues	ورمی کمپوست ۱۰۰%	98	ghi	71	j	87.33	ijk	7.66	d
	100% Vermicompost	(ورمی کمپوست + بقاوی گیاهی) ۹۰+۱۰	145.33	a	90.66	fghi	126	efg	10.33	abcd
	10+90 (Vermicompost+Crop residues)	(ورمی کمپوست + بقاوی گیاهی) ۳۰+۷۰	125.33	abcde	78.66	ij	204.67	a	12.66	a
	30+70 (Vermicompost+Crop residues)	(ورمی کمپوست + بقاوی گیاهی) ۶۰+۴۰	110	efgh	94	efghi	109	fghi	8.33	bcd

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

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

منابع مختلف مواد آلی را بر عملکرد ذرت مثبت گزارش نمودند.

کرمی و نیازی (Karami And Niazi, 2005) اثرات مثبت

دانه و در شرایط کاربرد ۷۰ درصد ورمی کمپوست به علاوه ۳۰ درصد بقایای گندم به دست آمد (جدول ۵). وزن خشک اندام‌های زایشی در ذرت شامل وزن تاسل و وزن بلال و دانه‌ها بود. به هر حال وزن اندام‌های زایشی در مقایسه با دو صفت وزن خشک برگ و ساقه از اهمیت کمتری در تولید علوفه برخوردار است. نکته قابل توجه در خصوص صفت وزن خشک تاسل این است که زمان برداشت گیاه بر کمیت این صفت، تاثیرگذار بود. شایان ذکر است اثر صفت وزن خشک اندام‌های زایشی بر وزن خشک ساقه را می‌توان چنین تفسیر نمود که بخشی از کمتر بودن وزن خشک ساقه در مرحله خمیری نسبت به مرحله شیری علاوه بر وجود ارتفاع کمتر و ساقه‌های ضعیفتر، ناشی از این نکته نیز می‌باشد که گیاهان ذرت به لحاظ فنولوژیکی در مرحله اولی دانه‌بندی بوده که می‌تواند با ویژگی انتقال مجدد مواد و تغییر جهت رابطه منبع و مخزن در این گیاه در ارتباط باشد. این مسئله باعث شد که به طور معمول وزن اندام‌های زایشی در گیاهان ذرت در مرحله خمیری بیشتر از وزن اندام‌های زایشی در مرحله شیری باشد. لذا بیشتر بودن وزن خشک اندام‌های زایشی ذرت ناشی از سنگین تر بودن بلالهای تولیدی و دانه‌های درون آن می‌باشد.

استفاده از کودهای زیستی کمپوستی و غیر کمپوستی باعث افزایش عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌گردد (Ghanbari *et al.*, 2013). علاوه بر عناصر غذایی و مواد آلی، کمپوست و ورمی کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد، که این مواد از طریق بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی خاص، بهویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولسیم گیاهی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Tartoura, 2010).

قابلیت هضم ماده خشک (DMD)

نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر خصوصیات کیفی ذرت در سال اول آزمایش در جدول ۶ نشان داده شده است. اثر مرحله برداشت و برهمکنش آن با سیستم‌های تلفیقی کود بر قابلیت هضم ماده خشک معنی‌دار بود، اما اثر ساده سیستم‌های تلفیقی کود معنی‌دار نبود (جدول ۶).

مقایسه میانگین اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین قابلیت هضم ماده خشک (۶۹/۷۲ درصد) در مرحله شیری شدن دانه و در شرایط کاربرد ۶۰ درصد بقایای گندم به دست آمد (جدول ۷). مرحله رشد در زمان برداشت، مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده کیفیت علوفه، یک گونه معین است. کیفیت علوفه با پیشرفت مراحل رشد کاهش می‌باید (Arzani, 2009). دلیل افزایش قابلیت هضم در زمان شیری شدن دانه را می‌توان، افزایش مقدار وزن برگ نسبت به ساقه و افزایش درصد پروتئین خام علوفه دانست.

روغنیان (Roghaniyan, 2005) در بررسی تاثیر شیرابه زباله و کود کمپوست بر پاسخ‌های گیاه ذرت نشان داد که استفاده از کمپوست در هر سه سطح ۱۵، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک گیاه گردید.

چندا و همکاران (Chanda *et al.*, 2011) بیان کردند که بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی بستر کشت بهوسیله کمپوست زباله شهری دلیل افزایش رشد گیاه نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. علاوه بر عناصر غذایی و مواد آلی، کمپوست و ورمی کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد، که این مواد از طریق بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی خاص، بهویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولسیم گیاهی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Tartoura, 2010).

البته به این نکته نیز اشاره شده که اضافه نمودن مقدار کل بقایای گیاهی در مقایسه با سوزندان کامل بقايا، عملکرد ذرت را بیش از ۵۰ درصد بهبود بخشید. این افزایش عملکرد در نتیجه کاهش در تلفات روان آب (تا ۵۰ درصد) و آبشوی عناصر (تا ۸۰ درصد) و نیز بهبود توزیع آب و عناصر غذایی در تمام طول دوره رشد گیاه (تا ۸۰ درصد) حاصل شد (Miller *et al.*, 2002). همچنین اظهار شده است با آنکه عملکرد ذرت و گندم با کاربرد بقایای گیاهی افزایش یافت ولی مخلوط کردن بقايا در مقایسه با مقدار کل بقايا اثر بهتری بر عملکرد داشت (Fischer *et al.*, 2002).

دلیل کمتر بودن وزن خشک ساقه در مرحله خمیری نسبت به مرحله شیری را می‌توان چنین بیان کرد که علاوه بر وجود ارتفاع کمتر و ساقه‌های ضعیفتر، ناشی از این نکته نیز می‌باشد که گیاهان ذرت به لحاظ فنولوژیکی در مرحله اولی دانه‌بندی بوده که می‌تواند با ویژگی انتقال مجدد مواد و تغییر جهت رابطه منبع و مخزن در این گیاه در ارتباط باشد. نسبت برگ به ساقه به عنوان یکی از شاخص‌های رشد گیاهان از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. همچنان که گیاه بالغ می‌شود و ساقه‌ها رشد می‌کنند، نسبت برگ به ساقه در علوفه کاهش می‌یابد. در گراس‌ها در مراحل اولیه رشد ساقه‌ها کوتاه و نسبت برگ به ساقه در آن‌ها زیاد است. وقتی که رشد گیاه کامل شد، ساقه‌ها بیشتر حجم علوفه تولیدی را به خود اختصاص می‌دهند (Arzani, 2009).

وزن خشک تاسل و بلال

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مرحله برداشت، اثر سیستم‌های تلفیقی کود و اثر برهمکنش آنها بر وزن خشک تاسل و وزن خشک بلال معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین وزن خشک تاسل (۱۲/۶۶ گرم) و بیشترین وزن خشک بلال (۲۰/۴ گرم) در مرحله خمیری شدن

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر صفات کیفی ذرت

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of harvest stage and integrated fertilizer management on quality traits of maize

منبع تغییرات (S.O.V)	df	DMD	WSC	CP	CF	ADF	NDF	Ash	عملکرد پروتئین Protein yield
تکرار Replication	2	17.001ns	4.408ns	0.063ns	4.73ns	28.17ns	25.90*	0.14ns	20533.13ns
مرحله برداشت Harvest stage	1	93.67**	8.97ns	39.60**	63.57**	51.54*	12.73ns	3.27**	123685.2*
سیستم تلفیقی مدیریت کودی Integrated fertilizer management	9	16.16ns	18.91**	0.97ns	5.89*	14.17ns	15.80*	0.33ns	545094.6*
اثرات متقابل ورمیکمپوست و بقاوی گیاهی Interaction of vermicompost and crop Residues	9	25.52*	17.59**	1.114ns	3.66ns	22.95*	12.67ns	0.38ns	21067.8ns
خطا Error	38	10.29	5.25	1.52	2.19	9.12	6.96	0.23	22682.94
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	4.90	13.13	14.49	4.30	10.81	5.40	7.004	25.1

ns: Non significant

*and**: significant at 5 and 1% probability level

ns: غیر معنی‌دار

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

CP= Crude Protein

WSC= Water-Soluble Carbon Hydrates

DMD= Dry Matter Digestibility

NDF= Neutral Detergent Fiber

ADF= Acidic Detergent Fiber

CF= Crude Fiber

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قابلیت هضم ماده خشک در شرایط کاربرد ۶۰ درصد بقاوی‌ای گندم بدست آمد و اکثر تیمارهای دیگر با این تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند. احتمالاً دلیل افزایش میزان هضم ماده خشک قابل هضم تحت تأثیر ورمیکمپوست و بقاوی‌ای گندم به دلیل افزایش ماده آلی و عناصر خاک باشد. رمrodی و همکاران (2005) گزارش نمودند گیاهان پوششی و کود نیتروژن باعث افزایش ماده خشک قابل هضم سورگوم می‌شود. المدرس و همکاران (2009) گزارش نمودند افزایش می‌شود. المدرس و همکاران (Almodares et al., 2009) گزارش نمودند با افزایش کود نیتروژن ماده خشک قابل هضم روند افزایشی طی نمود که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد. قابلیت هضم معمولاً بر مبنای ماده خشک محاسبه می‌شود و به صورت ضریب یا درصد، ذکر می‌شود و هضم به عنوان آماده شدن خوراک برای جذب توسط دستگاه گواراش تعریف می‌شود (McDonald et al., 1991). میرلوحی و همکاران (Mirlohi et al., 2000) گزارش نمودند که با افزایش میزان نیتروژن در خاک توسط بقاوی‌ای گیاهان و مصرف کود نیتروژن ماده خشک قابل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

ارزانی (Arzani, 2009) بیان نمود که کاهش نسبت برگ به ساقه، یک عامل اصلی کاهش کیفیت علوفه، هم‌زمان با پیشرفت مراحل رشد است. برگ‌ها کیفیت مطلوب‌تری نسبت به ساقه‌ها دارند و همچنان که گیاه بالغ می‌شود، مقدار برگ‌ها در علوفه کاهش می‌باید. هضم‌پذیری کمتر ساقه نسبت به برگ، مرتبط با ویژگی آنatomی آنها است. قسمت اعظم ساختمان پهنه‌ک برگ به نام مزوپیل، از سلول‌های پارانشیمی با دیواره نازک سلولزی تشکیل شده است، در صورتی که بیشتر حجم ساقه را بافت‌های نگاه دارنده یا مکانیکی شامل، کلانشیم و به‌ویژه اسکلرانشیم تشکیل می‌دهد. در این گونه بافت‌ها نسبت به بافت پارانشیمی، غشاء سلولی ضخیم‌تر شده و با پیشرفت مراحل رشد بر ضخامت آنها افزوده و به‌طور کامل چوبی (پدیده لیگنیفیکاسیون) می‌شود، در نتیجه هضم‌پذیری آن‌ها کمتر خواهد شد. مهاجری و همکاران (Mohajeri et al., 2015) در ارزیابی عملکرد کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای در نظامهای زراعت متداول نشان دادند بیشترین مقادیر ارتفاع بوته و نیتروژن برگ از نظام تولید متداول و بیشترین عملکرد علوفه‌تر و خشک از نظام تولید تلفیقی حاصل گردید. نتایج سایر محققین نیز تأثیر مثبت کود آلی (ورمیکمپوست) را بر ویژگی‌های گیاهان نشان می‌دهد

جدول ۷- اثر متقابل مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر صفات کیفی ذرت

Table 7- Interaction of harvest stage and integrated fertilizer management on quality traits of maize

تیمارهای آزمایشی Treatments		DMD	WSC	ADF
مرحله برداشت Harvest stage	سیستم تلفیقی مدیریت کودی Integrated fertilizer management			
شیری Milky	عدم کوددهی (شاهد) Without fertilizer (Control)	67.08ab	17.22abc	27.02c
	۳۰% بقاوی‌گیاهی Crop residues	66.78ab	18.55abc	29.92abc
	۳۰% ورمی‌کمپوست Vermicompost	68.93ab	19.20abc	33.20ab
	۶۰% ورمی‌کمپوست Vermicompost	64.32abcd	17.08abcd	29.23bc
	۶۰% بقاوی‌گیاهی Crop residues	69.72a	19.43abc	29.02bc
	۹۰% بقاوی‌گیاهی Crop residues	64.13abcd	17.18abcd	29.09bc
	۱۰۰% ورمی‌کمپوست Vermicompost	67.6ab	17.93abc	27.39bc
	(ورمی‌کمپوست+بقاوی‌گیاهی) 10+90 (Vermicompost+Crop residues)	66.96ab	16.35bcd	27.67bc
	(ورمی‌کمپوست+بقاوی‌گیاهی) 30+70 (Vermicompost+Crop residues)	65.43ab	16.60bcd	34.85a
	(ورمی‌کمپوست+بقاوی‌گیاهی) 40+60 (Vermicompost+Crop residues)	65.79ab	16.96abcd	28.12bc
	عدم کوددهی (شاهد) Without fertilizer (Control)	67.03ab	17.95abc	26.42c
	۳۰% بقاوی‌گیاهی Crop residues	62.96bcd	16.65abcd	25.22c
خمیری Doughy	۳۰% ورمی‌کمپوست Vermicompost	59.23cd	12.93ed	25.36c
	۶۰% ورمی‌کمپوست Vermicompost	69.06ab	20.39ab	24.32c
	۶۰% بقاوی‌گیاهی Crop residues	64.13abcd	21.17a	24.62c
	۹۰% بقاوی‌گیاهی Crop residues	63.82abcd	15.58cd	28.02bc
	۱۰۰% ورمی‌کمپوست Vermicompost	65.68ab	17.57abc	26.83c
	(ورمی‌کمپوست+بقاوی‌گیاهی) 10+90 (Vermicompost+Crop residues)	65.06abc	19.11abc	27.25c
	(ورمی‌کمپوست+بقاوی‌گیاهی) 30+70 (Vermicompost+Crop residues)	58.59d	10.78e	28.42bc
	(ورمی‌کمپوست+بقاوی‌گیاهی) 40+60 (Vermicompost+Crop residues)	65.93ab	20.11abc	26.79c
	عدم کوددهی (شاهد) Without fertilizer (Control)	67.03ab	17.95abc	26.42c
	۳۰% بقاوی‌گیاهی Crop residues	62.96bcd	16.65abcd	25.22c
	۳۰% ورمی‌کمپوست Vermicompost	59.23cd	12.93ed	25.36c

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

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

CP= Crude Protein

WSC= Water-Soluble Carbon Hydrates

DMD= Dry Matter Digestibility

NDF= Neutral Detergent Fiber

ADF= Acidic Detergent Fiber

نیتروژن در خاک توسط بقایای گیاهان و مصرف کود نیتروژن درصد فندهای محلول در آب به طور معنی داری افزایش یافت. وارد و همکاران (Ward *et al.*, 2001) گزارش نمودند افزایش فندهای محلول در آب ناشی از کود نیتروژن حاصل از بقایای گیاهان می‌باشد.

درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین خام در تنظیم چیره دام به منظور حفظ وضعیت گوارش نشخوارکنندگان مورد توجه قرار دارد (National Research Council, 1978). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مرحله برداشت بر درصد پروتئین خام بسیار معنی دار بود، اما اثر ساده سیستم‌های تلفیقی کود و برهmekش آن با مرحله برداشت ساده سیستم‌های تلفیقی کود را بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای نشان دادند تیمار ۷۵ درصد کود و تلقیح بذر دارای بالاترین میزان در آنترین صفات موردنظر بود. از نظر کیفیت علوفه نیز تیمار ۷۵ درصد کود و تلقیح بذر بیشترین قابلیت هضم علوفه خشک، پروتئین خام و کربوهیدرات محلول در آب را به خود اختصاص داد. بیشترین فیر خام و خاکستر نیز در تیمار بدون کود و بدون تلقیح بذر با باکتری حل کننده فسفات مشاهده شد. همچنین، بالاترین درصد بازده نسبی زراعی و بازده زراعی کود در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر و کمترین آن در تیمار بدون کود و بدون تلقیح بود. گل و همکاران (Gul *et al.*, 2008) بیان نمودند که ذرت تا قبل از مرحله شیری شدن دانه کربوهیدرات‌های کمی ذخیره نموده و با افزایش سن گیاه این میزان افزایش می‌یابد. بسیاری از محققین بیان نمودند که گیاهان قبل از مرحله شیری شدن دانه به اندازه کافی کربوهیدرات‌های محلول در آب ذخیره نکرده و این باعث کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب خواهد شد و بیان نمودند که کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب در اواسط گلدهی و با افزایش رسیدگی تا مرحله خمیری سخت افزایش می‌یابد (Gul *et al.*, 2008). آگیلی (Agele, 2006) بیان نمود که با افزایش رسیدگی ذرت به دلیل انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول در آب از برگ و ساقه به دانه، عملکرد دانه بهبود می‌یابد، همچنین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب در ساقه بیشتر از برگ بوده و افزایش نسبت ساقه به برگ باعث افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه خواهد شد.

بالا بودن پروتئین خام تا مرحله شیری شدن دانه بیانگر این موضوع است که در این مرحله از رشد حداقل پروتئین خام و فرآوردهای فتوسترنزی را در گیاه داریم، اما با شروع مرحله خمیری شدن دانه، به تدریج از کیفیت و کیفیت علوفه و پروتئین خام کاسته شده و در مقابل شاهد افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه خواهیم بود. نتایج سایر محققان نیز نشان داد که برداشت در مراحل اولیه نسبت به مراحل بعدی باعث افزایش کیفیت علوفه می‌گردد (Sarepoua *et al.*, 2015; Hatew *et al.*, 2016). ارزانی (Arzani, 2009) در گزارش نتایج پژوهش خود بیان کرد که بیشترین درصد پروتئین خام و ماده خشک قابل هضم علوفه ذرت به ترتیب در تاریخ اول و دوم لوبیا چشم بلبلی و سویا به دست آمد. اندامهای گیاهان در ابتدای رشد بیشترین مقدار پروتئین خام و به دنبال آن کیفیت علوفه را دارند (Arzani, 2009). با افزایش سن گیاه میزان پروتئین خام علوفه کاهش یافت. بیشترین درصد پروتئین خام علوفه در مرحله شیری شدن دانه به دست آمد. کاهش پروتئین خام با افزایش رسیدگی محصول توسط سایر محققین گزارش شده است (Gul *et al.*, 2008; Selahattin and Musa, 2008).

هیدرات‌های کربن محلول در آب (WSC)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سیستم‌های تلفیقی کود و برهmekش آن با مرحله برداشت بر درصد هیدرات‌های کربن محلول در آب بسیار معنی دار بود، اما اثر ساده مرحله برداشت معنی دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین درصد هیدرات‌های کربن محلول در آب (۲۱/۱۷ درصد) در مرحله خمیری شدن دانه و در شرایط کاربرد ۶۰ درصد بقایای گندم به دست آمد (جدول ۷). احتشامی و همکاران (Ehteshami *et al.*, 2013) با بررسی تأثیر مدیریت تلفیقی کود را بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای نشان دادند تیمار ۷۵ درصد کود و تلقیح بذر دارای بالاترین میزان در آنترین صفات موردنظر بود. از نظر کیفیت علوفه نیز تیمار ۷۵ درصد کود و تلقیح بذر بیشترین قابلیت هضم علوفه خشک، پروتئین خام و کربوهیدرات محلول در آب را به خود اختصاص داد. بیشترین فیر خام و خاکستر نیز در تیمار بدون کود و بدون تلقیح بذر با باکتری حل کننده فسفات مشاهده شد. همچنین، بالاترین درصد بازده نسبی زراعی و بازده زراعی کود در تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی و تلقیح بذر و کمترین آن در تیمار بدون کود و بدون تلقیح بود. گل و همکاران (Gul *et al.*, 2008) بیان نمودند که ذرت تا قبل از مرحله شیری شدن دانه کربوهیدرات‌های کمی ذخیره نموده و با افزایش سن گیاه این میزان افزایش می‌یابد. بسیاری از محققین بیان نمودند که گیاهان قبل از مرحله شیری شدن دانه به اندازه کافی کربوهیدرات‌های محلول در آب ذخیره نکرده و این باعث کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب خواهد شد و بیان نمودند که کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب در اواسط گلدهی و با افزایش رسیدگی تا مرحله خمیری سخت افزایش می‌یابد (Gul *et al.*, 2008). آگیلی (Agele, 2006) بیان نمود که با افزایش رسیدگی ذرت به دلیل انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول در آب از برگ و ساقه به دانه، عملکرد دانه بهبود می‌یابد، همچنین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب در ساقه بیشتر از برگ بوده و افزایش نسبت ساقه به برگ باعث افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه خواهد شد.

کربوهیدرات‌های محلول که بخش عمده‌ای از کربوهیدرات‌های غیرساختمنی را تشکیل داده، یکی از مهمترین اجزای تعیین کننده کیفیت علوفه است که وظیفه آن تأمین انرژی برای میکرووارگانیسم‌های شکمبه و حفظ سلامت دستگاه گوارشی دام می‌باشد (Lithourgidis *et al.*, 2006). میرلوحی و همکاران

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر مرحله برداشت و سیستم تلفیقی مدیریت کودی بر صفات کیفی ذرت

Table 8- Means comparison effects of harvest stage and integrated fertilizer management on quality traits of maize

تیمارهای آزمایشی Treatments	CP	CF	NDF	Ash	عملکرد پروتئین Protein yield
مرحله برداشت Harvest stage					
شیری Milky	9.32a	33.39b	49.31a	7.21a	629.51a
خمیری Dough	7.70b	35.45a	48.36a	6.74b	538.7b
سیستم تلفیقی مدیریت کودی Integrated fertilizer management					
عدم کوددهی (شاهد) Without fertilizer (Control)	8.64a	34.32b	49b	6.92ab	490.12c
۳۰٪ بقاوی‌گیاهی 30% Crop residues	7.66a	34.07b	47.57b	7.08ab	543.17bc
۳۰٪ ورمیکمپوست 30% Vermicompost	8.32a	35.20ab	50.46ab	7.04ab	456.3c
۶۰٪ ورمیکمپوست 60% Vermicompost	9.19a	33.53b	47.48b	7.16ab	769a
۶۰٪ بقاوی‌گیاهی 60% Crop residues	8.28a	33.57b	47.74b	6.65b	569.1bc
۹۰٪ بقاوی‌گیاهی 90% Crop residues	8.40a	34.04b	48.46b	7.15b	565.3bc
۱۰۰٪ ورمیکمپوست 100% Vermicompost	8.74a	34.10b	47.47b	7.39a	479.3c
(ورمیکمپوست+بقاوی‌گیاهی) 10+90 (Vermicompost+Crop residues)	8.52a	34.73b	49.34ab	6.65b	625.7abc
(ورمیکمپوست+بقاوی‌گیاهی) 30+70 (Vermicompost+Crop residues)	8.82a	36.85a	52.58a	6.88ab	696.8ab
(ورمیکمپوست+بقاوی‌گیاهی) 40+60 (Vermicompost+Crop residues)	8.56a	33.83b	48.45b	6.82ab	645.9abc

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

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

CP= Crude Protein

WSC= Water-Soluble Carbon Hydrates

DMD= Dry Matter Digestibility

NDF= Neutral Detergent Fiber

ADF= Acidic Detergent Fiber

می‌گردد. مقصودی و همکاران (Maghsoudi *et al.*, 2014) تأثیر راهبردهای مدیریتی کود بر صفات مورفولوژیک و صفات کیفی ذرت را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده، داشتند. بیشترین میزان ساخته سطح برگ و درصد پروتئین از سطح کود زیستی به دست آمد. همچنین در بذور تلقیح شده با کود زیستی صفات اندازه‌گیری شده از میزان بیشتری نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) برخوردار بودند. نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2013) در بررسی اثر کشت مخلوط و کود دامی بر رشد، عملکرد و غلظت پروتئین ذرت، لوبيا و گاوادانه نشان دادند که کاربرد کود دامی وزن خشک علوفه، غلظت پروتئین خام و

قنبی (Ghanbari, 2000) در بررسی کشت مخلوط باقلاء- گندم بیان نمود که با افزایش رسیدگی محصول درصد پروتئین خام علوفه کاهش یافت. نتایج نشان داد که برداشت در مرحله شیری شدن دانه درصد پروتئین بیشتری نسبت به مرحله خمیری شدن دانه دارد. بنابراین با توجه به هدف تولید می‌توان بیان نمود که برای تغذیه دام‌هایی با تولید شیر بیشتر و کیفیت بالاتر برداشت در مرحله شیری توصیه می‌شود، اما در این مرحله میزان عملکرد ماده خشک کاهش می‌باشد. کوریا و همکاران (Correa *et al.*, 2003) بیان نمودند که برداشت ذرت سخت در مرحله شیری باعث افزایش وزن دام، عملکرد شیر، عملکرد چربی، درصد پروتئین و چربی شیر در نژاد هلشتاین

مرحله خمیری سبب افزایش ماده خشک شد. بررسی‌ها نشان داد برداشت در مرحله شیری نسبت به مرحله خمیری از کیفیت علوفه (Ghanbari *et al.*, 2009) بالاتری برخوردار بود. قنبری و همکاران (Ghanbari *et al.*, 2009) به بررسی تأثیر زمان برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه ذرت پرداختند. نتایج نشان داد تأخیر در برداشت باعث تغییرات کیفی علوفه گردید، به طوری که باعث افزایش ماده خشک، درصد چربی، دیواره سلولی، دیواره سلولی بدون همی سلولز و لیگنین شد. همچنین، میزان کربوهیدرات محلول در آب در مرحله شیری شدن دانه نسبت به سایر مرافق در حداقل بود و بعد از آن کاهش شدیدی یافت. میزان خاکستر و درصد پروتئین خام علوفه بعد از مرحله ظهور اندام‌های نر در ذرت ثابت بود.

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، بخشی از الیاف که قابلیت هضم آن کمتر است را اندازه‌گیری می‌کند و شامل لیگنین خام و سلولز است (McDonald *et al.*, 1990). الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تحت تأثیر شرایط محیطی و اکولوژیکی قرار می‌گیرد و با غالب متغیرها همبستگی معنی دار نشان می‌دهد. این متغیر، هیدرات‌های کربن نامحلول را به صورت دقیق‌تری تفکیک می‌کند و در تعیین هضم‌پذیری به کار می‌رود. الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شامل سلولز و لیگنین است که با افزایش لیگنین، هضم‌پذیری کاهش می‌یابد تفاوت NDF با ADF در میزان همی‌سلولز می‌باشد و نشان‌دهنده میزان سلولز، همی‌سلولز و لیگنین بوده در حالی که ADF فقط میزان سلولز و لیگنین را شامل می‌شود (Arzani, 2009). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مرحله برداشت و برهمکنش آن با سیستم‌های تلفیقی کود بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی معنی دار بود، اما اثر ساده سیستم‌های تلفیقی کود معنی دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی $34/85$ گرم بر کیلوگرم ماده خشک (در مرحله شیری شدن دانه و در شرایط کاربرد ۷۰ درصد ورمی کمپوست به علاوه 30 درصد بقایای گندم به دست آمد (جدول ۷). ابراهیم قوچی و همکاران (Ibrahim ghooochi *et al.*, 2013) کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و دامی را بر خصوصیات رشدی ذرت علوفه‌ای بررسی نمودند. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه خشک تیمارهای کود شیمیایی خالص و 50 درصد کود شیمیایی $+ 50$ درصد کود دامی به ترتیب 19225 و 16175 کیلوگرم در هکتار بود. نتایج عملکرد کیفی نیز نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین، عملکرد کربوهیدرات محلول در آب، خاکستر، فیبر و فیبر محلول در شوینده اسیدی از تیمارهای کود شیمیایی خالص و تیمار 50 درصد کود دامی $+ 50$ درصد کود شیمیایی، 75 درصد کود شیمیایی $+$ زیستی و 50 درصد کود شیمیایی $+$ زیستی حاصل شد.

ارتفاع ذرت را افزایش داد ولی تأثیری بر تعداد برگ در بوته ذرت نداشت. کاربرد کود دامی و کشت مخلوط ذرت و گاودانه شاخص برداشت، تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه و غلظت پروتئین خام در شاخصاره و دانه گاودانه را افزایش داد. همانطور که از نتایج مشخص است غلظت پروتئین خام تحت تأثیر بقایای گندم و ورمی کمپوست در یک گروه آماری قرار گرفته، که در نسبت‌های کمتر از نظر اقتصادی بسیار با ارزش می‌باشد و همین طور در بلندمدت وجود بقایای گندم و ورمی کمپوست باعث افزایش محتوای نیتروژن و کربن آلی خاک می‌شود. مقایسه میانگین عملکرد پروتئین نشان داد که بیشتری میزان عملکرد پروتئین $769/07$ کیلوگرم در هکتار (در تیمار استفاده از 60 درصد ورمی کمپوست حاصل گردید که نسبت به تیمار شاهد 56 درصد افزایش نشان داد (جدول ۴) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمار 60 درصد ورمی کمپوست با تیمار 70 درصد ورمی کمپوست و 30 درصد بقایای گندم مشاهده نگردید. نتایج مطالعه محمدآبادی و همکاران (Mohammadabadi *et al.*, 2002) نیز نشان داد که شاخص پروتئین خام گیاه علوفه‌ای شبیله تحت تأثیر کود آلی و کود نیتروژن قرار گرفت. پاور و همکاران (Power *et al.*, 1991) افزایش درصد پروتئین خام ذرت بعد از تیمار ماشک گل خوشه‌ای را به داشتن ریشه‌های عمیق و گستره آن که قادر به جذب عناصر غذایی از اعماق خاک و نیز پوسیدن سریع بقایای آن، علاوه بر تثبیت نیتروژن که سبب افزایش نیتروژن خاک گردیده، گزارش کرده‌اند. رمروزی و همکاران (Ramroudi *et al.*, 2005) گزارش نمودند گیاهان پوششی و کود نیتروژن باعث افزایش درصد پروتئین خام سورگوم شد. این یافته‌ها با نتایج به دست آمده توسط المدرس و همکاران (Almodares *et al.*, 2009) مطابقت دارد.

فیبر خام (CF)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مرحله برداشت بر فیبر خام بسیار معنی دار و اثر سیستم‌های تلفیقی کود معنی دار، اما برهمکنش آنها معنی دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد فیبر خام در مرحله خمیری شدن دانه $35/45$ درصد (در شرایط کاربرد 70 درصد ورمی کمپوست به علاوه 30 درصد بقایای گندم $36/85$ درصد) به دست آمد (جدول ۸). همانطور که مشاهده می‌شود، هرچه گیاه به اوخر دوره رشد نزدیک‌تر می‌شود و سن آن افزایش می‌یابد میزان فیبر و بافت‌های سلولزی در گیاه بیشتر می‌شود و از طرفی از میزان پروتئین بافت‌های گیاهی کاسته شده و کیفیت علوفه کاهش می‌یابد. نظری و همکاران (Nazari *et al.*, 2014) تأثیر زمان‌های مختلف برداشت را بر عملکرد و کیفیت علوفه ذرت تحت شرایط کشت مخلوط با گیاهان لگومینه بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تأخیر در زمان برداشت از مرحله شیری تا

غذایی در رقم پگاه و تیمارهای کودی تلفیقی و سپس در تیمارهای شیمیایی مشاهده شد. گل و همکاران (Gul *et al.*, 2008) بیان نمودند که زمان برداشت، فاکتور مهم در تعیین ارزش غذایی علوفه (Selahattin and Musa, 2008) می‌باشد. صلاح الدین و موسوی (Selahattin and Musa, 2008) یک رابطه منفی و معنی‌داری بین میزان دانه و الیاف حاصل از شوینده خشی به‌دست آوردن و نمو دانه را یکی از عوامل مؤثر در کیفیت علوفه اعلام نمودند. نتایج جانسون و همکاران (Johnson *et al.*, 2001) نیز مؤید همین مطلب می‌باشد که میزان الیاف حاصل از شوینده خشی با افزایش سن رسیدگی در ذرت کاهش می‌باید. موسوی (Mousavi, 1995) بیان نمود که الیاف خام تیره گندمیان بالاترین افزایش را در مرحله ساقه و خوش رفتن دارد. الیاف نامحلول در شوینده خشی، میزان سلولز، همی‌سلولز و لیگنین را اندازه‌گیری نموده و به طور منفی با پتانسیل جذب علوفه همبسته است (Martin *et al.*, 1990). الیاف نامحلول در شوینده خشی به عنوان یک معیار شکم پر کن دام برای پیش‌بینی مصرف اختیاری غذا مورد استفاده قرار گرفته و تحت تأثیر شرایط محیطی و اکولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد (Arzani, 2009). المدرس و همکاران (Almodares *et al.*, 2009) گزارش نمودند با افزایش کود نیتروژن فیبر خام کاهش می‌باید که این امر باعث افزایش هضم و خوش‌خوارکی می‌شود که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد.

خاکستر (Ash)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مرحله برداشت بر درصد خاکستر بسیار معنی‌دار بود، اما اثر ساده سیستم‌های تلفیقی کود و برهmekنشن آن با مرحله برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد خاکستر (۷/۲۱ درصد) در مرحله شیری شدن دانه به‌دست آمد (جدول ۸). تغییرات میزان خاکستر علوفه نشان داد که با افزایش رسیدگی گیاه میزان خاکستر علوفه کاهش می‌باید. بالاترین میزان خاکستر در مرحله شیری شدن دانه به‌دست آمد. با افزایش رسیدگی گیاه عناصر معدنی کاهش می‌باید و این به خاطر فرآیند دیلوشن^۱ (رقیق‌سازی) می‌باشد. تغییرات میزان خاکستر علوفه در مرحله شیری تا مرحله خمیری شدن دانه با مطالعات قبلی که بیان نموده، بیشترین و کمترین میزان خاکستر گیاهان در مرحله رویشی و رسیدگی می‌باشد، مطابقت دارد (Varmaghani, 2005). افزایش میزان خاکستر در زمان استفاده از ورمی‌کمپوست می‌تواند به‌دلیل آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست باشد که در نتیجه باعث می‌شود درصد خاکستر که نماینده‌ای از

نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر محققین که بیان نمودند ارتباط منفی و معنی‌داری بین میزان دانه و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی وجود دارد، مطابقت دارد (Selahattin and Musa, 2008). کورس و همکاران (Coors *et al.*, 1997) بیان کردند علوفه گیاهانی که با افزایش رسیدگی میزان دانه آنها بیشتر می‌شود میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی آنها کاهش می‌باید و این به خاطر افزایش میزان دانه در این گیاهان می‌باشد. با بلوغ گیاه، ساقه و برگ‌ها لیفی شده، ولی در مراحل بعدی رسیدگی افزایش فیبر با افزایش نشاسته حاصل (Forouzmand *et al.*, 2005) و قنبری و لی (Ghanbari Bonjar and Lee, 2002) بیان می‌کنند که درصد الیاف نامحلول در شوینده خشی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و سلولز علوفه با افزایش رسیدگی گیاه کاهش می‌باید و این کاهش به خاطر افزایش مقدار دانه نسبت به کل گیاه می‌باشد، به عبارتی بهترین زمان برداشت ذرت به عنوان علوفه در مرحله ۱/۴ تا ۲/۳ مرحله شیری شدن دانه می‌باشد که در این مرحله حداقل قابلیت جذب و همچنین حداقل میزان تولید شیر در نشخوارکنندگان را دارا می‌باشد و برداشت محصول خارج از این محدوده باعث کاهش کیفیت علوفه خواهد شد. نتایج دیمارکو و همکاران (Di Marko *et al.*, 2002) نیز مؤید همین مطلب می‌باشد که میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با افزایش سن رسیدگی در ذرت کاهش می‌باید.

همانطور که مشاهده می‌شود نسبت‌های کمتر ورمی‌کمپوست و بقایای گندم باعث کاهش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شده است. این موضوع احتمالاً به این دلیل باشد که در این تیمارها روند پوسیدگی مدت زمان بیشتری طول می‌کشد. در گزارش نتایج پژوهش کاکس و همکاران (Cox *et al.*, 2003) بیان شد که با افزایش نیتروژن خاک توسط پوسیدن بقایای گیاهان پیش‌کاشت، میزان درصد پیش‌کاشت کاهش می‌نماید. نتایج این پژوهش نشان داد که در شوینده اسیدی افزایش یافت.

الیاف نامحلول در شوینده خشی (NDF)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سیستم‌های تلفیقی کود بر الیاف نامحلول در شوینده خشی معنی‌دار بود، اما اثر مرحله برداشت و برهmekنشن آن با سیستم‌های تلفیقی کود معنی‌دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین الیاف نامحلول در شوینده خشی (۵۲/۵۸ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) در شرایط کاربرد ۷۰ درصد ورمی‌کمپوست به علاوه ۳۰ درصد بقایای گندم به‌دست آمد (جدول ۸). مجیدیان و همکاران (Majidiyan *et al.*, 2016) عملکرد و کیفیت دو رقم سورگوم علوفه‌ای را تحت تأثیر کود دامی و نیتروژنی مقایسه نمودند. نتایج نشان داد در کلیه صفات مورد بررسی بیشترین میانگین به‌دلیل بهبود شرایط در جذب مواد

تأثیر نمود. با توجه به نتایج این پژوهش کاربرد تلفیقی کود ورمی کمپوست با بقایای گندم، باعث بهبود صفات کمی و کیفی مورد بررسی در ذرت شده است. به طوری که کاربرد ۷۰ درصد ورمی کمپوست به علاوه ۳۰ درصد بقایای گیاهی گندم باعث افزایش دو درصدی پروتئین نسبت به شاهد گردید. از این رو کاربرد سیستم تلفیقی کود در بلندمدت باعث افزایش محتوای نیتروژن و کربن آلی خاک می‌شود. مرحله رشد در زمان برداشت، مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده کیفیت علوفه، یک گونه معین است. کیفیت علوفه با پیشرفت مراحل رشد کاهش می‌باید. به طور کلی استفاده از نسبت‌های ۷۰ و ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست و ۶۰ درصد بقایای گندم باعث بهبود کیفیت علوفه در زمان برداشت از مرحله شیری شدن دانه گردید.

غلظت عناصر غذایی در گیاه است افزایش یابد (Eghball, 2002). خاکستر دارای عناصر معدنی مختلفی از جمله کلسیم، منیزیم، فسفر، پتاسیم، روی و منگنز می‌باشد (Danesh Mesgaran *et al.*, 2004). اهمیت عناصر معدنی به دلیل نیاز آنها برای فعالیت سولولهای بدن است. یافته‌ها با نتایج به دست آمده توسعه میرلوحی و همکاران (Mirlohi *et al.*, 2000) مطابقت دارد، این پژوهشگران گزارش نمودند که بقایای گیاهان پوششی برگردانده شده در خاک باعث افزایش محتوای نیتروژن کل خاک و کربن آلی می‌شود و به تبع آن درصد خاکستر کل در گیاه افزایش می‌باید.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق اهمیت مواد آلی خاک در بهبود کیفیت علوفه را

References

1. Agele, S. O. 2006. Weather and seasonal effects on growth, seed yield and soluble carbohydrate concentrations in selected maize cultivars in the humid areas of Nigeria. African Journal of Agricultural Research 101-110.
2. Alikani, H., and Savabeghi, G. R. 2006. Vermicomposting for sustainable agriculture, Jihad Daneshgahi Tehran Press. (in Persian).
3. Almodares, A., Jafarinia, M., and Hadi, M. R. 2009. The effect of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 6: 441-446.
4. Aracon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., and Metger, D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries. I. effects on growth and yields. Bioresearch Technology 93:145-153.
5. Arzani, H. 2009. The quality of forage and the daily requirement of grazing livestock from pasture. Tehran University Press. 354 p. (in Persian).
6. Bending, G. D., Turner, M. K., and Jones, J. E. 2002. Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry 34: 1073-1082.
7. Bozorgmehr, J., and Nastaran nasrabadi, H. 2014. Effect of planting date and cultivar on yield and quality of forage corn. Applied Field Crop Research 27 (104): 160-164. (in Persian with English abstract).
8. Chanda, G. K., Bhunia, G., and Chakraborty, S. K. 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. Journal Horticulture and Forestry 3 (2): 42-45.
9. Chaudhary, H. K., Kaila, V., and Rather, S. A., 2014. Maize. In: Pratap, A., Kumar, J., (eds), Alien Gene Transfer in Crop Plants: Achievements and Impacts, Springer, New York, USA.
10. Coors, J. G., Albercht, K. A., and Bures, E. J. 1997. Ear-Fill effects on yield and quality of silage corn. Crop Science 37: 243-247.
11. Correa, C. E. S., Pereira, M. N., Oliveira, S. G., and Ramos, M. H. 2003. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. Scientia Agricola 60 (4): 621-629.
12. Cox, W. J., Kalonge, S., Cherney, D. J. R., and Reid, W. S. 1993. Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. Agronomy Journal 85: 341-347.
13. Danesh Mesgaran, M., Heravi Mousavi, A., and Fathi, M. H. 2004. Feeding the dairy cow. Ferdowsi University of Mashhad Press. 559 p. (in Persian).
14. Dehghan'poor, Z. 2010. Early grain corn Fajr (Single Cross 260). Ministry of Agriculture, Agricultural Research, Training, and Promotion Institute of Seed and Plant Improvement Research. 8p. (in Persian).
15. Di Marko, O. N., Aello, M. S., Nomdedeu, M., and Houtte, S. V. 2002. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). Animal Feed Science and Technology 99: 37-43.
16. Eghball, B. 2002. Soil properties influenced by phosphorous and nitrogen based manure and compost applications. Agronomy Journal 94: 128-135.
17. Ehteshami S. M. R., Jan zamin, A., Ramazani, M., Khavazi, K., and Zand, B. 2013. The Effect of combined Phosphorus Fertilizer Management on Quantitative and Qualitative Yield of Two Corn Varieties in Varamin. Agricultural Crop Management 15 (1): 95-110. (in Persian with English abstract).
18. Emam, Y., and Niknejad, M. 2004. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press. 571p. (in Persian).

19. Eskandari, H., and Ghanbari. A. 2009. Intercropping of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) as wholecrop forage: Effect of different planting pattern on total dry matter production and maize forage quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37 (2): 152-155.
20. FAOSTAT. 2014. Statistical database of the food and agriculture organization of the united nations. FAO, Rome.
21. 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. II Maize and system performance. *Field Crops Research* 79: 123-137.
22. Forouzmand, M. A., Ghorbani, G. R., and Alikhani, M. 2005. Influence of Hybrid and Maturity on the Nutritional Value of Corn Silage for Lactating Dairy Cows 1: Intake, Milk Production and Component Yield. *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (6): 435-441.
23. Ghanbari, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. PhD Thesis. Wye College University of London.
24. Ghanbari, A., and Lee, H. C. 2002. Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: Effect of nitrogen on forage yield and quality. *Journal of Agriculture Science, Cambridge* 138: 311-314.
25. Ghanbari, A., Ahmadiyan, A., Mir, B., and Razmjoo, A. 2010. Effect of harvesting time on quantitative and qualitative characteristics of corn forage. *Journal of Crop Ecophysiology* 4 (15): 41-54. (in Persian with English abstract).
26. Ghanbari, A., Ismailian, Y., and Babaiean, B. 2013. Effect of animal and chemical fertilizers on forage yield, grain and concentration of some nutrients in barley corn. *Journal of Plant Ecophysiology of Iran* 31 (3): 23-36. (in Persian with English abstract).
27. Govaerts, B., Mezzalama, M., Unno, Y., Sayre, K., Luna-Guido, M., Vanherck, K., Dendooven, L., and Deckers, J. 2007. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. *Applied Soil Ecology* 37: 18-30.
28. Gul, I., Demirel, R., Kilicalp, N., Sumerli, M., and Kilic, H. 2008. Effect of crop maturity stages on yield, Silage Chemical Composition and In vivo Digestibilities of the maize, sorghum and sorghum sudangrass hybridsg in semi-arid conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8: 1021-1028.
29. Hatew, B., Bannink, A., Van Lear, H., Degonge, L. H., and Dijkstra, J. 2016. Increasing harvest maturity of whole corn silage reduces methane emission lactating dairy cows. *Journal of dairy Science* 99 (1): 354-368.
30. Hirzell, J., and Walter, I. 2008. Availability of nitrogen, phosphorus and potassium from poultry litter and conventional fertilizers in a volcanic soil cultivated with silage corn. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68: 264-273.
31. Ibrahim ghoochi, Z., Mohsen abadi, Gh. R., Ehteshami, S. M. R., and Forghani, A. 2013. Combined application of chemical, biological and livestock fertilizers on growth characteristics of forage corn in Rasht, *Cereal Research* 3 (2): 143-154. (in Persian with English abstract).
32. Johnson, L. J., Harrison, H., Davidson, D., Mahanna, W. C., Shinners, K., and Linker, D. 2001. Corn silage management Effect of maturity, Inoculation and mechanical processing on pack Density and Aerobic stability. *Journal Dairy Science* 85: 434-444.
33. Juan, L., Bing-qing, Z., Xiu-ying, L., Rui-bo, J., and Hwat Big, S. 2008. Effect of long- term combined application of organic and mineral fertilizers on microbial biomass, soil enzyme activities and soil fertility. *Agricultural Sciences in China* 7 (3): 336- 343.
34. Karami, A., and Niazi, J. 2005. Effect of sources and quantities of organic matter on soil properties and grain corn function. The 9th Iranian Soil Science Congress 75-78. (in Persian).
35. Karimi, H. 2007. Farming and breeding of forage plants. Tehran University Press. 428 p. (in Persian).
36. Kassam, A. H., Friedrich, T., Derpsch, R., and Kienzle, J. 2014. Worldwide adoption of conservation agriculture. 6th World Congress on Conservation Agriculture: 22-27 June 2014, Winnipeg, Canada.
37. Koochaki, A., Hosseini, M., and Hashemi Dezfouli, A. 2007. Sustainable agriculture (translation and editing). *Jahad Daneshgahi Mashhad* Press. 163 p. (in Persian).
38. Lazcano, C., Revilla, P., Anamalwar, R., and Dominguez, J. 2011. Yield and fruit quality of four sweet corn hybrids (*Zea mays*) under conventional and integrated fertilization with vermicompost. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91 (7): 1244-1253.
39. Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., Ohima, K. V., Dordas, C. A., and Yiakoulaki, M. D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research* 99: 106-113.
40. Maghsoodi, A., Ghalvand, A., and Aghaalakhani, M. 2014. Effect of nitrogen and biodiversity management strategies on morphological traits, grain yield and quality traits of single cross 704 corn. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12 (2): 272-282. (in Persian with English abstract).
41. Majidiyan, M., Khosh chereh Ziba, A., and Mansoorifar, S. 2016. Yield and Quality of Two Sorghum Cultivars affected by Domestic and Nitrogen Fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 26 (1):

- 132-143. (in Persian with English abstract).
42. Martin, R., Voldengh, H., and Smith, O. 1990. Intercropping corn soybean for silage in a cool temperate region. Yield, protein and economic effects. *Field crops Research* 23 (3-4): 295-310.
 43. McDonald, P. R., Edwards, A., and Greenhalgh, J. F. D. 1990. *Animal Nutrition*. 4th edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.
 44. McDonald, P., Henderson, A. R., and Heron, S. J. E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd Ed. Chalcombe publications; Canterbury, UK. 340p.
 45. Miller, P., McConkey, B., and Clayton, G. 2002. Pulse crop adaptation in the northern Great Plains. *Agronomy Journal* 94: 261-272.
 46. Mirlohi, A., Bozorgvar, N., and Basiri, M. 2000. Effect of nitrogen rate on growth, forage yield and silage quality of three sorghum hybrids. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 4 (2): 105-116. (in Persian with English abstract).
 47. Mohajeri, A., Haj seyed hadi, M. R., and Shahsavar, A. M. 2015. Evaluation of Quantitative and Qualitative Yield of KSC704 and KSC260 Forage Forms in Common Agricultural, Combined and Organic Farming Systems, New Finding in Agriculture 9 (4): 313-326. (in Persian with English abstract).
 48. Mohammadabadi, A., Mohammad, A. N., Asif, T., and Azhar, H. 2002. Effect of different levels of nitrogen and harvesting times on the growth, yield and quality of sorghum fodder. *Asian Journal of Plant Sciences* 1 (4): 304-307.
 49. Mousavi, M. A. 1995. Determination of Chemical Composition and Raw Energy of Livestock and Poultry Food in Kermanshah Province. Master's Thesis of Agriculture. University of Tehran. 134 p. (in Persian with English abstract).
 50. Najafi, N. A., Mostafaei, M., Dabbagh, A., and Ostan, Sh. 2013. Effect of intercropping and livestock manure on growth, yield and protein concentration of corn, bean and goat. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 23 (1): 99-115. (in Persian with English abstract).
 51. National Research Council (NRC). 1978. Nutrient requirements of domestic animals. No.6. Nutrient Requirements of horses. National Academic Science, Natural Resource Council, Washington, D. C. 180 p.
 52. Nazari, Sh., Zaefarian, F., Farahmandfar, A., Zand, A., and Azimi Soran, S. 2014. Effect of different harvesting times on yield and quality of corn forage under intercropping conditions with leguminous plants. *Iranian Journal of Field Crops Research* 2 (44): 237-245. (in Persian with English abstract).
 53. Power, J. F., Doran, J. W., and Koerner, P. T. 1991. Hairy vetch as a winter cover crop for dryland corn production. *Journal of Production Agriculture* 4: 62-67.
 54. Ramroudi, M., Mazaheri, D., Majnon Hosseini, N., Hossein Zadeh, A., and Hosseini, M. 2005. The effect of cover crops, tillage systems and nitrogen fertilizer on yield of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 41 (4): 763-769. (in Persian with English abstract).
 55. Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Determination of digestibility of dry matter and protein percentage of forage for three varieties of forage sorghum at different harvesting times, *Iranian Journal of Agricultural Science* 35 (4): 787-796. (in Persian with English abstract).
 56. Roghanian, S. 2005. Effect of dry matter and compost on some chemical properties of soil and response of corn. *Journal of Crops* 1: 531-556. (in Persian with English abstract).
 57. Safa'i, S., Asghari, H., Firouz'abadi, M., and Abbas'dokht, H. 2012. Effect of compost and nitrogen fertilizer on leaf area index and some characteristics of safflower. 12th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding 1-4. (in Persian).
 58. Samuel, R., Simon, F., and Bababbo, P. 2015. Yield performance of sweet corn (*Zea mays*) Using vermicompost as a component of balanced fertilization strategy. *International journal of Chemical Environmental and Biological Science* 3 (3): 224-227.
 59. Sarepoua, E., Tangwongchai, R., Suriharn, B., and Lertrat, K. 2015. Influence of variety and harvest maturity on phytochemical content in corn silk. *Food Chemistry* 169 (15): 424-429.
 60. Sedighiniya, H. 2003. Effect of harvesting time on yield and quality of dill sorghum silage, Master's thesis in agriculture, Faculty of Agriculture, Zabol University. (in Persian with English abstract).
 61. Selahattin, P. T. A., and Musa, Y. 2008. Effect of Pollination Levels on Yield and Quality of Maize Grown for Silage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 32: 41-48.
 62. Sharma, A. K. 2003. *Biofertilizer for sustainable agriculture*. Agrobios Publication, India.
 63. Tartoura, A. H. 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *American-Eurasian Journal Agriculture Environment Science* 9 (2): 208-216.
 64. Varmaghani, S. 2005. Determination of Chemical Composition and Raw Material for Rangeland Forage in Ilam Province. Quarterly Pajouhesh-va-Sazandegi (Natural Resources) 74: 79-86. (in Persian with English abstract).
 65. Von Braun, J., Byerlee, D., Chartres, C., Lumpkin, T., Olecko, N., and Waage, J. J. 2010. A draft strategy and results framework for the CGIAR. World Bank, CGIAR, Washington DC, USA.
 66. Ward, J. D., Redfearn, D. D., McCormick, M. E., and Cuomo, G. J. 2001. Chemical composition, ensiling

- characteristics, and apparent digestibility of summer annual forage in a subtropical double cropping system with annual ryegrass. *Journal of Dairy Science* 84: 177-182.
67. Yuste, C. J., Baldocchi, D. D., Gershenson, A., Goldestein, A., Mission, L., and Wong, S. 2007. Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Global Change Biology* 13: 1-18.



Assessment of Forage Yield and Quality of Corn (*Zea mays*) KSC 260 Cultivar under Different Integrate Management of Soil Amendment and Plant Residue

H. A. Pooresmail¹ - M. Dahmardeh^{2*} - A. Ghanbari³

Received: 20-05-2018

Accepted: 21-07-2018

Introduction

The necessity of using sustainable agricultural systems, especially in agricultural fields, is more important than the development of arable land. Sustainable agriculture is based on the efficient management of the elements of production to improve soil quality and one of the main problems in sustainable agriculture is the lack of organic matter and its consequences. One of the possible, inexpensive and feasible ways to increase organic matter in agricultural lands is to return crop residues to the soil. In sustainable agriculture, the use of compost and vermicompost increases the microbial activity of the soil, which increases the nutrient requirements of the plant, especially the consumed elements, which leads to increased crop yields. In order to evaluate integrated fertilizer management and harvest time on the quality and quantity of corn forage, this experiment was conducted in the research farm of Zabol University in 2016-17 crop year.

Materials and Methods

An experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with three replications in the research farm of Zabol University during 2016-17 cropping year. The first factor included 10 fertilization levels: (without fertilization, 30% wheat residue, 60% wheat residues, 90% wheat residues, 30% vermicompost, 60% vermicompost, 100% vermicompost, 10% vermicompost + 90% wheat residues, 40% of vermicompost + 60% of wheat residues and 70% vermicompost + 30% of wheat residues) and the second factor of harvesting time were at two levels: (harvest in milky and dough stages). The studied traits included leaf dry weight, stem dry weight, dry matter digestibility, water-soluble carbon hydrates, crude protein and protein yield, crude fiber, insoluble fiber in acid detergent, insoluble fibers in neutral detergent and ash.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that the effect of interaction between harvesting stage and combined fertilizer management systems on leaf dry weight, stem dry weight, dry matter digestibility, the percentage of water-soluble hydrocarbons and insoluble fiber in acid detergent was significant. As the plant mature and the stems grow, the ratio of leaf to stem decreases in forage. The highest leaf dry weight (146 g) and stem dry weight (185.33 g) were obtained in milk militias and in the application of 70% vermicompost and 30% of wheat residues. Mean comparisons showed that the highest digestibility of dry matter (69.72%), the highest percentage of water-soluble carbohydrate (21.17%) was observed in dough stage with the application of 60% of wheat residues. The highest non-soluble fiber in acid detergent (34.85 g / kg dry matter) was obtained in the milky stage of grain and in the application of 70% vermicompost and 30% of the wheat residues. Insoluble fiber in acid detergent was the most important determinant of forage quality. The results of the analysis of variance showed that the effect of harvesting stage on the percentage of crude protein and ash content was very significant; the effect of harvesting stage and the effect of combined fertilizer management systems on the percentage of CF was significant; and the simple effect of combined fertilizer management on the non-soluble fiber (CF) in neutral detergent was meaningful. Comparison of means showed that the highest percentage of crude protein (9.32%) was observed in the milky stage; the highest percentage of crude fiber in the grain dough stage (35.45%) and in the application of 70% vermicompost + 30% wheat residues (36.85%); The most NDF (52.58 g / kg dry matter) in terms of application of 70% vermicompost + 30% of wheat residues; and the highest percentage of Ash (7.21%) in milky stage was obtained. The optimal quality is obtained when the plant has a digestibility of dry matter, crude protein, WSC, and more ash content. In general, using 60% and 100% vermicompost ratios and 60% of wheat residues improved the quality of forage at harvest time from the milky

1- PhD student of Agro ecology, Department of Agronomy, University of Zabol

2- Associated professor of Agro ecology, Department of Agronomy, University of Zabol

3- Professor of Agro ecology, Department of Agronomy, University of Zabol

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

stage. The results of this study confirmed the importance of soil organic matter in improving forage quality.

Conclusions

The results of this study confirmed the importance of soil organic matter in improving forage quality. According to the results of this study, the combined application of vermicompost with wheat residues has improved the quantitative and qualitative traits studied in corn. So that application of 70% vermicompost plus 30% wheat residues increased 2% protein percentage compared to control. Therefore, the application of the combined fertilizer system in the long term increases the content of nitrogen and organic carbon in soil. In general, 70% and 100% vermicompost ratios and 60% of wheat residues improved the quality of forage at harvest time from milking stage. The growth stage at harvest time, the most important determinant of forage quality, is a definite species. Forage quality decreases with the advancement of growth stages.

Keywords: Crude and yield protein, Harvesting time, Plant remnants, Vermicompost

Contents

Moisture Stress impacts on Growth Traits of three Populations of Black Cumin (<i>Bunium persicum</i>) during the First Year of its Growth	706
S. Farahbakhsh- A. Nezami- M. Khajeh-Hosseini	
The Impact of Different Levels of Irrigation, Planting Date and Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa L.</i>) in Minab	720
M. R. Yazdanpanah- P. Rezvani Moghaddam- Gh. A. Asadi- A. Shahriari	
Yield Monitoring for Wheat and Sugar beet in Khorasan Province: 1- Analysis of Methods for Estimating Potential Yield	741
M. Nassiri Mahalati- A. Koocheki	
Photosynthetic Characteristics of Kochia as Affected by Salinity Stress	758
J. Nabati- M. Kafi- E. Boroumand Rezazadeh- A. Masoumi- M. Zare Mehrjerdi	
Evaluation of Yield and Yield Components of Common Millet and Soybean in Different Intercropping Ratios under Deficit Irrigation Levels in Hamden Region	778
S. Hajinia- G. Ahmadvand- A. A. Mehrabi	
Effect of Organic and Chemical Fertilizers on effective traits on the Percentage of Light Absorption and Extract of Hemp (<i>Cannabis sativa L.</i>) in Birjand	794
S. Laleh- M. Jami Al-Alhmadi- S. Parsa	
Effects of Seedbed and Wheat Density on Weed Control, Growth and Yield of Wheat	806
Sh. Jafarbeygi- E. Zeidal- R. Moradi- Y. Alizadeh	
Evaluation of the Effects of Drought Stress and Salicylic Acid on Growth and Physiological Parameters in Four Spring Canola Cultivars	819
H. Mohammadi- R. Javadzadeh- B. Pasban Eslam- L. Parviz	
Study of Planting Density on Agronomic Traits of Sesame Cultivars	831
Z. Karimi- M. AghaAlikhani- M. Gholamhoseini	
Effect of Calcium Chloride Application Time on Reducing the Effects of Heat Exhaustion on Yield and Yield Components of Wheat in Ahvaz	846
N. Asadi Nasab- M. Nabipour- H. Roshanfekr- A. Rahnama Ghahfarokhi	
Evaluation of the Effect of Type and Amount of Fertilizer Management on Some Silage Characteristics of Artichoke (<i>Cynara scolymus L.</i>) in Isfahan	859
M. Allahdadi- B. Bahreininejad	
Assessment of Forage Yield and Quality of Corn (<i>Zea mays</i>) KSC 260 Cultivar under Different Integrate Management of Soil Amendment and Plant Residue	878
H. A. Pooresmail- M. Dahmardeh- A. Ghanbari	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 16

No. 4

2019

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

Iranian Journal of Field Crops Research

Vol.16 No.4

2018

ISSN:2008-1472

Contents

Moisture Stress Impacts on Growth Traits of three Populations of Black Cumin (<i>Bunium persicum</i>) during the First Year of its Growth.....	706
S. Farajabakhsh- A. Nezami- M. Khajeh-Hosseini	
The Impact of Different Levels of Irrigation, Planting Date and Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa L.</i>) in Minab	720
M. R. Yazdanpanah- P. Rezvani Moghaddam- Gh. A. Asadi- A. Shahriari	
Yield Monitoring for Wheat and Sugar beet in Khorasan Province: 1- Analysis of Methods for Estimating Potential Yield.....	741
M. Nassiri Mahalati- A. Koocheki	
Photosynthetic Characteristics of Kochia as Affected by Salinity Stress.....	758
J. Nabati- M. Kafi- E. Boroumand Rezazadeh- A. Masoumi- M. Zare Mehrjerdi	
Evaluation of Yield and Yield Components of Common Millet and Soybean in Different Intercropping Ratios under Deficit Irrigation Levels in Hamadan Region	778
S. Hajinia- G. Ahmadvand- A. A. Mehrabi	
Effect of Organic and Chemical Fertilizers on effective traits on the Percentage of Light Absorption and Extract of Hemp (<i>Cannabis sativa L.</i>) in Birjand	794
S. Laleh- M. Jami Al-Alhmadi- S. Parsu	
Effects of Seedbed and Wheat Density on Weed Control, Growth and Yield of Wheat.....	806
Sh. Jafarbeygi- E. Zeidali- R. Moradi- Y. Alizadeh	
Evaluation of the Effects of Drought Stress and Salicylic Acid on Growth and Physiological Parameters in Four Spring Canola Cultivars	819
H. Mohammadi- R. Javadzadeh- B. Pasban Eslam- T. Parviz	
Study of Planting Density on Agronomic Traits of Sesame Cultivars	831
Z. Karimi- M. AghaAlikhani- M. Gholamhosseini	
Effect of Calcium Chloride Application Time on Reducing the Effects of Heat Exhaustion on Yield and Yield Components of Wheat in Ahvaz.....	846
N. Asadi Nasab- M. Nabipour- H. Roshanfekr- A. Rahnama Ghahfarokhi	
Evaluation of the Effect of Type and Amount of Fertilizer Management on Some Silage Characteristics of Artichoke (<i>Cynara scolymus L.</i>) in Isfahan.....	859
M. Allahdadi- B. Bahreininejad	
Assessment of Forage Yield and Quality of Corn (<i>Zea mays</i>) KSC 260 Cultivar under Different Integrate Management of Soil Amendment and Plant Residue.....	878
H. A. Pooremail- M. Dahmardchi- A. Ghanbari	