

پژوهش های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

نشریه علمی - دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۱۰، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۸



با همکاری



دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید بهشتی تهران



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی کرمان



دانشگاه علوم و فنون
کشاورزی



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی مازندران

• مطالعه ارتباط بین الگوی پروتئین دانه با صفات کمی در برخی ارقام زراعی نخود
(*Cicer arietinum* L.)

مهدی کاکایی

• بررسی عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) از طریق مدیریت
کود شیمیایی و زیستی نیتروژن در تاریخ‌های کاشت مختلف

فریما دعائی، علی نخزری مقدم،
علی راحمی کاریزکی و مجید الداغی

• تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد در
ارقام عدس

سیدحسین صباغ‌پور، حجت‌الله شهبازی
و رضا رضاخانلو

• مقایسه عملکرد و کارایی مصرف آب سه رقم نخود در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

امیر هوشنگ جلالی

• تأثیر پرایمینگ بذری و گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)
رقم سان‌رایز تحت تنش کم‌آبی

سیاوش دنیس، سوران شرفی
و اسماعیل قلی‌نژاد

• اثر هم‌زیستی میکوریزا و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و عناصر دانه و بقایای گیاهی
نخود (*Cicer arietinum* L.)

محمود مظلومی ممیندی، علیرضا پیرزاد و
جلال جلیلیان

• بررسی بیان موقت پروتئین نوترکیب CCL21 انسانی در گیاه نخود به روش
آگرواینفیلتراسیون

ماریا بیهقی، عبدالرضا باقری، حسن مرعشی،
مجتبی سنکیان و افسانه سادات فرساد

• ارزیابی صفات مورفولوژیکی و زراعی برخی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

سهیلا افکار و پیام پزشکپور

• اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام لوبیاچیتی
(*Phaseolus vulgaris* L.)

سمیه قلندری، محمد کافی، مرتضی گلدانی و
علیرضا باقری

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دو فصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

با مجوز شماره ۸۸/۶۱۲۴ مورخ ۸۸/۰۸/۲۵ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
و درجه علمی پژوهشی به شماره ۳/۱۱/۳۷۸۵ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۷ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۱۰، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۸ - شماره پیاپی: ۱۹

صاحب امتیاز:

دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

دکتر محمد کافی

سر دبیر:

دکتر احمد نظامی

مدیر اجرایی:

مهندس حسن پُرسا

هیئت تحریریه:

احمد ارزانی

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

هادی استوان

استاد حشره‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

علیرضا افشاری‌فر

استاد بیماری‌های گیاهی، دانشگاه شیراز

علی ایزدی دربندی

دانشیار ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

نادعلی بابائیان جلودار

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

عبدالرضا باقری

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد

غلامحسین حق نیا

استاد خاک‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

سیدحسین صباغ‌پور

استاد اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان

محمد کافی

استاد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

سراالله گالشی

استاد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

محمد گلوی

استاد زراعت، دانشگاه زابل

علی گنجعلی

دانشیار فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

ناصر مجنون حسینی

استاد زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

حسین معصومی

استاد گیاه‌پزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

احمد نظامی

استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد

ویراستار:

مهندس حسن پُرسا (ویراستار فنی و علمی)

دکتر محمد بنایان اول (ویراستار چکیده مبسوط انگلیسی)

همکاران این شماره: حامد طلاچیان - رحمان اسدی

این نشریه در قالب تفاهم‌نامه همکاری میان دانشگاه فردوسی مشهد با دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت مدرس، شهید باهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و با هدف گسترش همکاری‌های علمی و پژوهشی منتشر می‌شود.

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:



نشانی:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی
دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴
تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نامبر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)

پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: <http://ijpr.um.ac.ir>

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

جلد ۱۰، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۸، شماره پیاپی: ۱۹

عنوان مقاله	نویسنده(گان)	صفحه
• مطالعه ارتباط بین الگوی پروتئین دانه با صفات کمی در برخی ارقام زراعی نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.)	مهدی کاکایی	۱۲
• بررسی عملکرد و اجزای عملکرد نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.) از طریق مدیریت کود شیمیایی و زیستی نیتروژن در تاریخ‌های کاشت مختلف	فریما دعائی، علی نخزری مقدم، علی راحمی کاریزکی و مجید الداغی	۲۸
• تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام عدس	سیدحسین صباغ‌پور، حجت‌الله شهبازی و رضا رضاخانلو	۴۰
• مقایسه عملکرد و کارایی مصرف آب سه رقم نخود در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی	امیر هوشنگ جلالی	۵۲
• تأثیر پرایمینگ بذر و گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) رقم سان‌رایز تحت تنش کم‌آبی	سیاوش دنییر، سوران شرفی و اسماعیل قلی‌نژاد	۶۳
• اثر همزیستی میکوریزا و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و عناصر دانه و بقایای گیاهی نخود (<i>Cicer arietinum</i>)	محمود مظلومی ممیندی، علیرضا پیرزاد و جلال جلیلیان	۷۵
• بررسی بیان موقت پروتئین نو ترکیب CCL21 انسانی در گیاه نخود به روش آگرواینفیلتراسیون	ماریا بیهقی، عبدالرضا باقری، حسن مرعشی، مجتبی سنکیان و افسانه سادات فرساد	۹۱
• ارزیابی صفات مورفولوژیکی و زراعی برخی ژنوتیپ‌های نخود (<i>Cicer arietinum</i>)	سهیلا افکار و پیام پزشکپور	۱۰۳
• اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام لوبیاچیتی (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	سمیه قلندری، محمد کافی، مرتضی گلدانی و علیرضا باقری	۱۱۴
• ارزیابی بودجه انرژی تولید لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) در نظام‌های زراعی مختلف در ایران	حسن شهلایی، محمدرضا اصغری پور، عیسی خمری و عادل غدیری	۱۲۶

۱۴۱	راهله احمدپور، نظام آرمند، سعیدرضا حسین‌زاده و گرشاسب ریگی	تأثیر کود کمپوست بر خصوصیات فیزیولوژیکی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه عدس (<i>Lens culinaris Medik</i>) تحت تنش آبی	•
۱۵۵	محمد بنیان، فاطمه یعقوبی، زهرا رشیدی و سیاوش برده‌جی	اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر اجزای عملکرد، عملکرد و بهره‌وری نیتروژن دو رقم عدس دیم	•
۱۷۱	الهام رفتاری، علی نخزری مقدم، مهدی ملاشاهی و حسین حسینی مقدم	بررسی اثر کاربرد سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط نخودفرنگی (<i>Pisum sativum</i>) و کاهو (<i>Lactuca sativa</i>)	•
۱۸۲	علیرضا خدانشناس، داود صادق‌زاده اهری، محمد دادمند و مهدی عباس‌زاده	ارزیابی اثر تاریخ کاشت و تراکم بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در شرایط دیم مشهد	•
۱۹۵	عبدالرضا احمدی، مژگان ویسی، منصور آقایی حاجی‌آبادی و سیدکریم موسوی	بررسی مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مزارع نخود دیم (<i>Cicer arietinum</i> L.)	•

سخن سردبیر

حبوبات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، دّومین منبع مهم غذایی انسان پس از غلات، به‌شمار می‌روند. این گیاهان با داشتن قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن، نقش درخور توجهی در بهبود حاصلخیزی خاک دارند. حبوبات در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی، کشت‌وکار می‌شوند و بدین‌ترتیب، با تنوع‌بخشی به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات، جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی پایدار به خود اختصاص داده‌اند. این گیاهان، کم‌توقع بوده و برای کشت در نظام‌های زراعی کم‌نهاد مناسب می‌باشند. همچنین به صورت گیاهان پوششی، در جلوگیری از فرسایش خاک مؤثرند. مجموعه این ویژگی‌ها، حبوبات را از جنبه‌های زراعی، بوم‌شناختی و زیست‌محیطی در جایگاه ارزشمندی قرار داده است.

حبوبات در ایران پس از غلات، بیشترین سطح زیرکشت را دارا هستند. بر اساس آمار، سالانه سطحی حدود یک میلیون و دویست هزار هکتار در کشور به کشت حبوبات اختصاص می‌یابد که از این سطح، سالانه حدود ۷۰۰ هزار تن محصول به‌دست می‌آید. نگاهی اجمالی به آمار تولید و سطح زیرکشت این محصولات در ایران و مقایسه آن با آمار جهانی نشان می‌دهد که بازده تولید این محصولات در کشور ما، بسیار ناچیز بوده و گاه با نوسانات شدیدی همراه است. هرچند بخشی از پایین‌بودن بازده تولید این محصولات را می‌توان به وضعیت ویژه طبیعی و اقلیمی کشور مربوط دانست، اما علت دیگر آن را باید در بی‌توجهی به سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با تولید، به‌ویژه فقر تحقیقات حبوبات جستجو کرد. این کم‌توجهی‌ها سبب شده است تا کشت بعضی محصولات زراعی مانند غلات و محصولات نقدینه‌ای، جایگزین کشت حبوبات در اراضی مرغوب شده و لذا کشت حبوبات، بیش‌ازپیش به مناطق حاشیه‌ای و کم‌بازده رانده شود. این وضعیت، چالشی بزرگ را فراروی مجموعه برنامه‌ریزان، سیاست‌گزاران و نیز محققان حبوبات در کشور قرار داده است.

اهمیت حیاتی این محصولات، به‌ویژه از نظر تأمین نیازهای پروتئینی کشور و نیز حفظ بوم‌نظام‌های طبیعی ایجاب می‌کند تا به امر پژوهش‌های دامنه‌دار پیرامون جنبه‌های مختلف تولید این محصولات، به‌منظور پاسخ‌گویی به نیازهای جدید، به‌صورت ویژه‌ای پرداخته شود. نکته مهمی که در طراحی و اجرای برنامه‌های تحقیقات حبوبات باید همواره مدّ نظر باشد، قرارداشتن کشور در وضعیت طبیعی و اقلیمی خشک است؛ به‌طوری که بیش از ۹۰ درصد از تولید حبوبات در کشور ما در شرایط دیم با بارش‌های بسیار اندک انجام می‌شود. بدین‌ترتیب، انطباق با این شرایط خشک، ضمن حفظ پایداری تولید، باید به‌عنوان یکی از اصول بنیادین در تدوین و اتخاذ سیاست‌ها و خط‌مشی‌های تحقیقاتی در رابطه با حبوبات، مدّ نظر قرار بگیرد.

به‌هر حال، تعیین یک راهبرد واحد، هماهنگی و انسجام بین مراکز علمی و تحقیقاتی و نیز تبادل اطلاعات و تجارب به‌دست‌آمده بین محققان در مراکز مختلف، عواملی هستند که ما را در رسیدن به اهداف بلندمدت تحقیقات حبوبات یاری خواهند کرد. در این راستا، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، با همکاری مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی کشور نشریه علمی «پژوهش‌های حبوبات ایران» را با هدف انتشار دستاوردهای حاصل از تحقیقات حبوبات پژوهشگران کشور، آغاز کرده است. امید است این اقدام، بستر مناسبی را جهت شکل‌گیری فضای تعامل علمی و رشد قابلیت‌های محققان این عرصه فراهم آورد.

منشور اخلاق نشریه

این نشریه عضو کمیته بین‌المللی اخلاق در انتشار (COPE) و متعهد به رعایت اصول آن است.

منشور اخلاق «نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران»، بر مبنای رهنمودهای ارائه‌شده توسط کمیته اخلاق انتشار COPE طراحی شده است و از همه مخاطبان انتظار می‌رود به اصول اخلاقی مذکور پایبند باشند. بدیهی است هرگونه سرقت علمی یا سایر رفتارهای غیراخلاقی، منجر به حذف مقاله از فرآیند داوری خواهد شد. این منشور جهت تعیین وظایف و تعهدات نویسندگان، سردبیر، اعضای هیئت تحریریه و داوران تنظیم شده است.

سردبیر و هیئت تحریریه

- **پذیرش مقالات:** سردبیر نشریه مسئول اتخاذ تصمیم جهت پذیرش یا رد مقالات ارسالی می‌باشد. سردبیر با کمک هیئت تحریریه و با در نظر گرفتن مسائل مربوط به حق کپی‌برداری، سرقت علمی و غیره، همچنین صلاح‌دید داوران و ویراستاران، اقدام به پذیرش مقاله می‌نماید.
- **عدالت:** سردبیر، وظیفه قضاوت در مورد مقالات را صرفاً از لحاظ شایستگی علمی برعهده دارد و باید بدون طرفداری یا کینه‌توزی شخصی یا در نظر گرفتن ملیت، جنسیت، مذهب و مسائل قومی‌نژادی و سیاسی عمل نماید.
- **محرمانه‌بودن:** سردبیر و هیئت تحریریه نباید اطلاعات مربوط به مقاله را در مراحل داوری و ارزیابی، برای کسی غیر از داوران، نویسندگان و ویراستاران افشاء کنند.
- **عدم افشاء و استفاده شخصی:** آن بخش از مطالب مقالات ارسالی که منتشر نشده‌اند، نباید بدون کسب رضایت مکتوب نویسنده، در پژوهش شخصی سردبیر و یا هیئت تحریریه استفاده شوند. اطلاعات و یا ایده‌های محرمانه که از طریق ارزیابی مقالات کسب شده‌اند، باید به‌طور محرمانه حفظ شوند و در جهت منافع شخصی استفاده نشوند.

داوران

- **پذیرش مقالات:** داوران به سردبیر و اعضای هیئت تحریریه در اتخاذ تصمیم برای پذیرش و یا رد مقاله کمک نموده و از طریق ارسال اصلاحیه به نویسندگان، در ارتقای مقاله آن‌ها سهیم می‌باشند.
- **حق امتناع و عدم پذیرش:** امتناع و رد درخواست ارزیابی یک مقاله بر حسب زمان و یا موقعیت، ضروری و لازم است. داوری که احساس عدم صلاحیت کافی برای قضاوت در مورد مقاله پژوهشی می‌کند، باید از ارزیابی مقاله امتناع کند.
- **محرمانه‌بودن:** داوران باید به محرمانه‌بودن فرآیند ارزیابی احترام بگذارند و نباید اطلاعات مربوط به مقاله را بدون اجازه مکتوب نویسنده در اختیار شخصی غیر از سردبیر بگذارند.
- **عدم سوگیری:** داوران باید مقالات را به‌طور عینی، بی‌طرف و عادلانه ارزیابی کنند. داوران باید از سوگیری‌های شخصی در توصیه‌ها و قضاوت‌های خود اجتناب کنند.
- **منابع:** داوران موظفند منابعی را که نویسنده به آن‌ها ارجاع داده، شناسایی و بررسی نمایند. هرگونه نتیجه‌گیری یا بحثی که پیش از این مطرح شده باشد، باید همراه با منبع ذکر شود. همچنین داوران موظفند در صورت مشاهده هرگونه شباهت یا همپوشانی بین اثر ارسالی و مقاله‌ای دیگر، مراتب را به سردبیر اطلاع دهند.
- **تضاد منافع:** داوران نباید از اطلاعات یا ایده‌هایی که طی فرآیند ارزیابی به‌دست آورده‌اند، در جهت منافع شخصی استفاده نمایند. همچنین داوران باید از ارزیابی مقالاتی که از دید آن‌ها مشمول تضاد منافع، اعم از منافع مشترک مالی، سازمانی، شخصی و یا هرگونه ارتباط یا پیوندهای دیگر با شرکت‌ها، نهادها یا افراد مرتبط با مقالات است، امتناع کنند.

نویسندگان

- **گزارش یافته‌ها:** نویسندگان مسئول مکاتبه، مسئول نهایی محتوای کُلّ مقاله ارسالی می‌باشد. نویسندگان متعهد هستند یافته‌های خود را به‌طور کامل گزارش کنند و در ارائه یافته‌ها و تفسیر آن‌ها دقت ویژه داشته باشند. مقاله باید حاوی جزئیات و منابع کافی باشد، به‌نحوی که امکان دسترسی سایر پژوهشگران به مجموعه داده‌های یکسان جهت تکرار پژوهش وجود داشته باشد.
- **سرقت علمی:** نویسندگان مسئول مکاتبه مقاله باید از این که تمامی مطالب ذکرشده، حاصل پژوهش وی و همکاران ایشان - که اسامی آنها مندرج در مقاله است - اطمینان حاصل نموده و منشأ و اصالت هر یک از مجموعه داده‌های به‌کارگرفته شده را مشخص کند.
- **اصالت:** مقاله باید کاری جدید و اصیل باشد. نویسندگان نمی‌توانند مقاله‌ای را که کُلّ یا بخشی از آن در جای دیگری تحت بررسی است و یا قبلاً به نشریه دیگری ارسال شده است، به نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران بفرستد.
- **تشکر و قدردانی:** نویسندگان باید به مراکز یا افرادی که در شکل‌گیری پژوهش آن تأثیرگذار بوده‌اند، اشاره کرده و قدردانی نمایند. همچنین در صورت نیاز، حامی مالی پژوهش در این بخش، ذکر گردد و مورد قدردانی قرار گیرد.
- **تألیف اثر:** همه نویسندگان مندرج در مقاله باید در کار پژوهش، مساعدت و همکاری جدی داشته و در مقابل نتایج، پاسخگو باشند. اعتبار و امتیاز نویسندگی یا تألیف، باید به نسبت مساعدت‌های افراد مختلف، تسهیم شود. نویسندگان باید مسئولیت و اعتبار کار را تقبل کنند. نویسندگان مسئول مکاتبه که مقاله را به نشریه ارسال می‌نماید، باید یک نسخه از مقاله یا پیش‌نویس آن را به همه نویسندگان مشترک و همکار، ارسال نموده و رضایت آن‌ها را جهت ارسال مقاله به نشریه و انتشار آن کسب کند.
- **تضاد منافع:** نویسندگان (گان) موظفند هرگونه تضاد منافی را که بر نتیجه پژوهش آن‌ها و یا تفسیر یافته‌ها تأثیرگذار بوده است، مطرح نمایند و منابع مالی حامی پژوهش خود را ذکر کنند.
- **بازبینی مقاله:** اگر نویسنده‌ای متوجه اشتباه یا بی‌دقتی مهمی در اثر خود شود، موظف است مراتب را به‌سرعت به سردبیر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران اطلاع داده و در فرآیند بازبینی و اصلاح مقاله همکاری نماید.



پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دو فصلنامه
پژوهش‌های علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

معرفی نشریه، فراخوان و شرایط پذیرش مقاله، راهنمای تهیه و ارسال مقاله

الف - معرفی نشریه، اهداف، حوزه موضوعی، زبان و قالب نشر

«پژوهش‌های حبوبات ایران» نشریه‌ای است با درجه علمی که به وسیله پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب تفاهم‌نامه همکاری با شش دانشگاه کشور شامل دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت مدرس، شهیدباهنر کرمان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، به تعداد دو شماره در سال انتشار می‌یابد. این نشریه تخصصی، نتایج تحقیقات حبوبات را در زمینه‌های مختلف پژوهشی منتشر می‌کند. منظور از حبوبات، بقولات مهم زراعی شامل نخود، عدس، انواع لوبیا، ماش، باقلا، نخودفرنگی، دال عدس و خلر است. زبان انتشار، فارسی با چکیده مبسوط انگلیسی است و به صورت الکترونیک منتشر می‌شود.

ب - فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

ب-۱- مقالات باید نتیجه پژوهش‌های اصیل در زمینه حبوبات بوده و پیش‌تر در نشریه دیگری چاپ نشده و یا همزمان به نشریه دیگری ارسال نشده باشند. مقالات، می‌توانند به صورت پژوهشی (Research Article) یا مروری (Review Article) باشند. مراحل ارسال مقاله و پیگیری وضعیت آن، از طریق پایگاه اختصاصی نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران در سامانه یکپارچه مدیریت نشریه‌های علمی دانشگاه فردوسی مشهد به نشانی <http://ijpr.um.ac.ir> خواهد بود.

ب-۲- نویسنده(گان) طی «تعهدنامه‌ای»، ضمن اعلام ارسال مقاله با ذکر عنوان، رعایت اخلاق پژوهشی و نیز اصول اخلاقی نشر را ابراز می‌نمایند. این تعهدنامه که فایل آن در سایت نشریه در بخش «ارسال مقاله، لینک راهنمای نویسندگان» موجود است، باید به امضای نویسنده مسئول و نیز یکایک نویسندگان مقاله، رسیده و پس از اسکن، از طریق سامانه اینترنتی نشریه در بخش بارگذاری فایل‌های تکمیلی، بارگذاری گردد.

ب-۳- مسئولیت هر مقاله از نظر علمی به عهده نویسنده(گان) آن خواهد بود.

ب-۴- مقالات به وسیله گروه دبیران (هیئت تحریریه) و با همکاری هیئت داوران، ارزیابی شده و در صورت تصویب، بر اساس ضوابط خاص نشریه در نوبت چاپ قرار خواهند گرفت. نشریه در ردّ یا پذیرش و نیز ویراستاری و تنظیم مطالب مقالات، آزاد است.

ب-۵- زبان اصلی نشریه، فارسی است و مقالات، حاوی چکیده مبسوط به زبان انگلیسی نیز خواهند بود.

ج - راهنمای تهیه و ارسال مقاله

ج-۱- روش نگارش

متن مقاله باید در محیط نرم افزار MS-Office Word 2007 با ابعاد A4 با فاصله ۲/۵ سانتی متر از لبه‌ها و فاصله ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی B Nazanin اندازه ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازه ۱۱ و به صورت یک ستونه تایپ شود. لازم است تمام سطرهای متن مقاله، به صورت ادامه دار (Continuous) شماره گذاری (Line numbering) شوند. همه صفحه‌های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن ترجیحاً از ۲۰ تجاوز نکند. هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به صورت واضح به همین نرم افزار انتقال یابد.

ج-۲- اجزای مقاله

هر مقاله تخصصی، حداقل باید در دو فایل جداگانه شامل فایل «صفحه مشخصات مقاله» و فایل «متن مقاله»، تهیه و ارسال شود. بخش‌های ضروری هر یک از این دو فایل و نیز اصول لازم که در تهیه آنها باید رعایت شوند، به شرح زیر است:

ج-۲-۱- در فایل صفحه مشخصات، موارد زیر باید به دقت به هردو زبان فارسی و انگلیسی، در قالب «فایل نمونه صفحه مشخصات» مندرج در بخش «ارسال مقاله، لینک راهنمای نویسندگان» قید گردند: عنوان مقاله، نام و نام خانوادگی نگارنده(گان)، رتبه و درجه علمی، رشته و مقطع تحصیلی، گرایش تخصصی و عنوان شغلی، محل خدمت، نشانی دقیق پستی، پست الکترونیک، تلفن ثابت و تلفن همراه آن‌ها. نام مسئول مکاتبه یا نویسنده مسئول (Corresponding Author) با گذاشتن ستاره‌ای روی آن، مشخص شود. چنانچه مقاله، خلاصه یا بخشی از پایان‌نامه (رساله) دانشجویی باشد، لازم است موضوع در پاورقی صفحه مشخصات با قید نام استاد راهنما و دانشگاه مربوط، منعکس شود. فایل صفحه مشخصات به صورت جدا از فایل متن مقاله، در گام‌های فرآیند ارسال مقاله (بارگذاری فایل‌های تکمیلی) بارگذاری شود.

ج-۲-۲- فایل متن مقاله، باید حاوی بخش‌های عنوان، چکیده فارسی، واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری (در صورت لزوم)، منابع و چکیده مبسوط انگلیسی باشد. در اولین صفحه، عنوان مقاله بدون هرگونه ذکر نام و مشخصات نویسنده(گان) درج شود. عنوان باید خلاصه و روشن و بیان‌کننده موضوع پژوهش بوده و از ۲۰ کلمه تجاوز نکند. چکیده فارسی، حداکثر در ۲۵۰ کلمه نوشته شده و همه آن در یک پاراگراف تنظیم شود. چکیده با وجود اختصار باید محتوای مقاله و برجسته‌ترین نتایج آن را بدون استفاده از جدول، شکل و کلمات اختصاری تعریف‌نشده ارائه کند.

ج-۲-۳- پس از چکیده، واژه‌های کلیدی آورده شود. به این منظور تنها از واژه‌هایی استفاده شود که در عنوان و حتی‌المقدور در چکیده مقاله از آنها ذکری به میان نیامده باشد.

ج-۲-۴- در مقدمه، باید سوابق پژوهشی مربوط به موضوع تحقیق، توجیه ضرورت و نیز اهداف تحقیق، به خوبی ارائه شوند.

ج-۲-۵- مواد و روش‌ها باید کاملاً گویا و روشن بوده و در آن، مشخصات محل و نحوه اجرای آزمایش، به همراه روش گردآوری داده‌ها و پردازش و تحلیل آنها با ذکر منابع، به روشنی ارائه شود. در صورت کاربرد معادلات ریاضی، باید همه اجزای معادله به طور دقیق تعریف شده و در صورت استخراج معادله توسط نگارنده(گان)، نحوه حصول آن در پیوست آورده شود. ضمناً در هرگونه فرمول در متن، تنها با استفاده از قابلیت فرمول‌نویسی در نرم‌افزار Word انجام گیرد؛ لذا از درج فرمول به شکل «تصویر»، خودداری شود. فرمول‌های تصویری، در زمان انتشار، کیفیت مناسبی نخواهند داشت. هر فرمول در متن، باید با شماره‌گذاری مشخص شود.

ج-۲-۶- نتایج و بحث باید به صورت توأم ارائه شده و یافته‌های پژوهش (نتایج) با استناد به منابع علمی مرتبط با موضوع، مورد بحث قرار گیرند. عنوان جدول‌ها، در بالا و عنوان شکل‌ها در پایین آنها آورده شود. در زیر هر عنوان فارسی، باید ترجمه انگلیسی آن نیز درج شود. عناوین، باید گویای کامل نتایج ارائه شده در جدول یا شکل بوده و همه اطلاعات و تعاریف لازم را شامل شوند، به طوری که نیاز به مراجعه به متن مقاله نباشد. در جدول‌ها، ترجمه انگلیسی عناوین سطرها، ستون‌ها و واحدهای اندازه‌گیری، در زیر یا کنار نوشته فارسی آنها درج شود. کاربرد هرگونه علائم، اختصارات و مخفف‌ها در شکل‌ها و جدول‌ها، باید همراه با درج توضیح صورت کامل آن‌ها در زیرنویس، به فارسی و انگلیسی باشد. ساختار جداول به صورت چپ‌چین تنظیم شده و محتوای آنها (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شود. شکل‌ها کاملاً به انگلیسی تهیه شوند و هیچ کلمه فارسی در داخل شکل به کارنرفته باشد. شکل‌ها و جدول‌ها بدون کادر باشند و حروف، عناوین و علائم به کاررفته در آنها، کاملاً خوانا و تفکیک‌پذیر باشند. شکل‌ها و جدول‌ها، هر کدام به طور مستقل دارای شماره ترتیبی مستقل باشند و حتماً در داخل متن به آنها ارجاع داده شود. برای بیان اوزان، واحدها و مقادیر از سیستم متریک استفاده شود.

ج-۲-۷- در صورت لزوم، جهت تشکر از شخص یا سازمان، این مطلب با عنوان «سپاسگزاری» پس از نتیجه‌گیری آورده شود.

ج-۲-۸- در بخش منابع، یک فهرست شماره‌گذاری شده از منابع استفاده‌شده که همگی به ترتیب حروف الفبا تنظیم شده باشند، ارائه شود. تنها منابعی باید ذکر شوند که در ارتباط نزدیک با کار نویسنده بوده و مستقیماً از آنها استفاده شده باشد. همه منابعی که در متن ذکر شده‌اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند. در مواردی که فقط چکیده مقاله در اختیار بوده است، پس از نام منبع، کلمه (Abstract) داخل پرانتز ذکر شود. نحوه ارجاع به منابع در متن مقاله، به صورت اسم نویسنده(گان) و تاریخ انتشار منبع باشد. حتی‌الامکان از درج نام افراد در شروع جمله خودداری گردد و منابع در

انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند؛ مانند (Nezami, 2007). برای جداسازی منابع از ";" استفاده شود؛ مانند (Saxena, 2003; Singh *et al.*, 2008; Bagheri & Ganjeali, 2009). چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود، به صورت نام (سال) نوشته شود مانند Parsa (2007). اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی، برگردان شوند. ج-۲-۹- صفحه آخر، شامل چکیده مبسوط انگلیسی است. از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود.

ج-۲-۱۰- تهیه چکیده مبسوط انگلیسی (Extended Abstract):

با توجه به اهمیت نظام‌های رتبه‌بندی و علم‌سنجی رسمی، ضروری است «چکیده مبسوط انگلیسی» (Extended Abstract) در انتهای هر مقاله، نگارش یابد. این چکیده، باید حداقل ۷۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه داشته و به تفکیک، دارای بخش‌های زیر باشد:

1. Title
2. Introduction
3. Materials & Methods
4. Results & Discussion
5. Conclusion
6. Keywords

ج-۳- نحوه تنظیم فهرست منابع

کلیه منابع فارسی و انگلیسی، به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه ۱۲ در فهرست منابع نوشته شوند. لازم است منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی، عبارت In Persian with English Summary و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی، عبارت In Persian در داخل پرانتز نوشته شود. در نوشتن منابع، نام نشریات به صورت کامل درج شود. از ذکر منابع بی‌نام و خارج از دسترس، خودداری شود. مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در زیر آمده است:

ج-۳-۱- مجلات:

Anbessa, Y., Warkentin, T., Vandenberg, A., and Ball, R. 2006. Inheritance of time to flowering in chickpea in a short-season temperate environment. *Journal of Heredity* 97(1): 55-61.

ج-۳-۲- کتاب تألیف شده:

James, E.K., Sprent, J.I., and Newton, W.E. 2008. *Nitrogen-Fixing Leguminous Symbioses*. Kluwer Academic Publishers.

ج-۳-۳- مقاله یا یک فصل از کتاب تدوین شده (Edited book):

Mettam, G.R., and Adams, L.B. 1999. How to prepare an electronic version of your article. In: B.S. Jones and R.Z. Smith (Eds.). *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, p. 281-304.

ج-۳-۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

Mantri, N.L., Ford, R., Coram, T.E., and Pang, E.C.K. 2010. Evidence of unique and shared responses to major biotic and abiotic stresses in chickpea. *Environmental and Experimental Botany* 69(3): 286-292. Available at Web site <http://www.sciencedirect.com/> (verified 1 August 2010).

ج-۳-۵- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا سازمان:

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). 2010. Crops varieties released, 1977-2007, cereal and legume varieties released by national programs: Kabuli chickpea. Available at Web site http://www.icarda.org/Crops_Varieties_KC.htm (verified 1 August 2010).

ج-۳-۶- رساله‌های تحصیلی:

Bagheri, A. 1994. Boron tolerance in grain legumes with particular reference to the genetics of boron tolerance in peas. Ph.D. Thesis. University of Adelaide, South Australia.

ج-۳-۷- کنفرانس‌های علمی:

Porsa, H., Nezami, A., Gholami, M., and Bagheri, A. 2010. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for cold tolerance at fall sowing in highland and cold areas of Iran. (abstract). In: Abstract Book of the 3rd Iranian Pulse Crops Symposium, May 19-20, 2010. Kermanshah Agricultural Jahad Organization. p. 49. (In Persian).

ج-۳-۸- نرم‌افزارهای رایانه‌ای:

SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.

MSTAT-C. Version 1.42. Freed, R.D. and Eisensmith, S.P. Crop and Soil Sciences Department. Michigan State University.

تکمیل اطلاعات فراداده مقاله

پس از بارگذاری فایل مقاله، ضروری است اطلاعات «فراداده مقاله» در سومین گام ارسال، به صورت «کامل، صحیح و درست»، برای همه نویسندگان، به فارسی و انگلیسی درج و تکمیل گردد. رعایت ترتیب نویسندگان و صحت و دقت داده‌های ورودی، بر عهده مسئول مکاتبات است.

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:



- پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)
- پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)
- بانک اطلاعات نشریات کشور (magiran)
- Google Scholar
- CIVILICA

اطلاعات تماس نشریه:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی، دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران

کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)

پست الکترونیک:

ijpr@um.ac.ir

تارنما:

<http://ijpr.um.ac.ir>

مطالعه ارتباط بین الگوی پروتئین دانه با صفات کمی در برخی ارقام زراعی نخود (*Cicer arietinum* L.)

مهدی کاکایی*

استادیار گروه مهندسی کشاورزی (اصلاح نباتات و ژنتیک)، دانشگاه پیام‌نور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۷

چکیده

از جمله روش‌های مطالعه وجود تنوع ژنتیکی میان گونه‌های گیاهی، استفاده از روش الکتروفورز پروتئین‌های بذر می‌باشد. استفاده از نشانگرهای پروتئینی در جداسازی ارقام نخود به عنوان یک منبع ارزشمند غذایی مهم است. الگوی پروتئین‌های ذخیره‌ای چهار رقم نخود (آرمان، هاشم، ILC-482 و آزاد) با روش SDS-PAGE بررسی شد. برای این منظور از ژل ۱۲/۵ درصد پلی‌اکریل‌امید استفاده گردید. نتایج الکتروفورز نشان داد که تفاوت الگوی پروتئینی ارقام مورد مطالعه بیشتر مربوط به باندهای پروتئینی موقعیت ۱۷ و ۲۵ کیلو دالتون است. بر اساس نتایج SDS-PAGE، به‌طور میانگین ۲۸/۷۵ باند پروتئینی، در محدود ۱۴ تا ۱۰۰ کیلو دالتون شناسایی گردید. حضور باندهای پروتئینی با وزن تقریبی ۱۷ کیلو دالتون در الگوی پروتئینی ارقام ILC-482، هاشم و آزاد می‌تواند به عنوان نشانگرهای پروتئینی برای این ارقام و باند پروتئینی ۱۴ کیلو دالتون برای رقم آرمان معرفی شوند. دو رقم ILC-482 و آرمان و نیز هاشم، به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد باند را داشتند و بیشترین فاصله ژنتیکی بین ارقام ILC-482 و آرمان مشاهده شد. ماتریس تشابه محاسبه و تجزیه خوشه‌ای بر اساس ضریب تشابه جاکارد به روش UPGMA انجام گردید. در رنگ آمیزی با کوماسی بلو دامنه ضرایب تشابه از ۰/۷۸ تا ۰/۸۷ متغیر بود. جهت تعیین همبستگی بین صفات زراعی و مولکولی از آزمون مانتل-هانزل (Mantel-Hansel) استفاده شد و همبستگی بین صفات زراعی در شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی با داده‌های مولکولی مشاهده گردید ($P \leq 5\%$). با بررسی شاخص‌های تنش خشکی و نتایج حاصل از بای پلات رقم آرمان به عنوان محتمل‌ترین رقم شناخته شد و در هر دو شرایط محیطی تنش خشکی و بدون تنش عملکرد بالاتری نسبت به سایر ارقام از خود بروز داد. همچنین تجزیه بای پلات نشان داد که شاخص‌های YI و HAM بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی بودند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، آزمون مانتل، بای پلات، شناساگر پروتئینی، ضریب جاکارد

مقدمه

تا ۲۸/۱ درصد پروتئین خام، ۵۰ تا ۶۰ درصد انواع کربوهیدرات‌ها و تقریباً ۶ درصد روغن و مقدار قابل توجهی فسفر، آهن، کلسیم و ویتامین‌های مختلف، به عنوان جزء مهم غذایی در بین کشورهای توسعه یافته که به کیفیت رژیم غذایی خود اهمیت می‌دهند، مطرح است (Gupta & Agrawal, 1977). نخود را به مانند عدس، «گوشت فقرا» نامیده‌اند، چراکه تا حدودی می‌تواند جای خالی گوشت حیوانی را در یک برنامه غذایی سالم پر کند. به کارگیری نشانگرهای پروتئینی با کمک روش SDS-PAGE جهت شناسایی واریته‌ها، گونه‌ها و ارقام زراعی در گیاهان مختلف توسط محققان مورد توجه قرار گرفته است. پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه پیش از این نیز برای مطالعه در برخی از گیاهان زراعی مهم نظیر بذر پسته (Ehsanporet al., 2009)، بذر برنج (Abozaryghazafroodi et al., 2006)، برگ کلزا تحت شرایط تنش خشکی و نرمال (Kakaei

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) از تیره لگومینوزه، گیاهی خودگشن و یکساله است. در بین حبوبات نخود از لحاظ سطح زیر کشت و تولید، پس از لوبیا و عدس در رتبه سوم قرار دارد (Shobeiri et al., 2007). بر اساس آخرین آمارنامه (سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳) در ایران نخود با سطح زیر کشت ۷۱۲۰۰۰ هکتار و تولید ۵۱۹ هزار تن، بخش وسیعی از کشت حبوبات را به خود اختصاص داده است (Iran's Agricultural Statistics, 2017). با توجه به مطالعات انجام شده، اثرات سوء حاصل از کمبود پروتئین و ویتامین‌های خاص را می‌توان به کمک حبوبات از جمله نخود تأمین کرد. نخود با دارا بودن ۱۲/۴

*نویسنده مسئول: همدان، اسدآباد، دانشگاه پیام‌نور مرکز اسدآباد، گروه کشاورزی
دانشگاه پیام‌نور مرکز اسدآباد، تلفن: ۰۸۱۳۳۱۱۷۱۳۱، صندوق پستی: ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵
mehdikakaei37@gmail.com

هستند (گروه C و ۴) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایینی را هم در شرایط تنش و هم بدون تنش دارند (گروه D). همچنین Fernandez (1992) ابراز کرد که بهترین معیار انتخاب برای تنش، معیاری است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد. وی در مطالعه راه‌های شناسایی ژنوتیپ‌های گروه A، شاخص‌های تحمل به تنش STI و GMP را معرفی کرد. بالابودن مقادیر شاخص‌های GMP و STI برای یک رقم، نشان از تحمل بالا نسبت به خشکی و عملکرد بالقوه بالای آن رقم داشته و می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از ژنوتیپ‌های گروه‌های B و C شناسایی و تفکیک نماید (Fernandez, 1992). شاخص دیگر مورد استفاده، شاخص میانگین هارمونیک است. هرچقدر این شاخص بزرگ‌تر باشد، مطلوب‌تر خواهد بود (Mohammadi, et al., 2005). شاخص حساسیت به تنش (SSI) توسط Fischer & Maurer (1978) ارائه گردید که هرچقدر مقدار این شاخص کمتر باشد، نشان از تحمل بیشتر ارقام دارد. شاخص متوسط بهره‌وری (MP) را Rosielle & Hamblin (1981) معرفی نمود که متوسط تولید یک رقم را در دو محیط تنش و بدون تنش نشان می‌دهد. هرچه مقدار عددی این شاخص بزرگ‌تر باشد، ژنوتیپ مورد بررسی متحمل‌تر خواهد بود (Rosielle & Hamblin, 1981). شاخص تحمل به تنش (STI) به دلیل این که ژنوتیپ‌هایی را گزینش می‌کند که عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارند، معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی شده است. در خصوص شاخص تحمل (TOL) بایستی بیان کرد که مقادیر بالای آن بیانگر حساسیت بیشتر به خشکی بوده و مقادیر پایین این شاخص برای ما مطلوب است. با توجه به تغییرات بارندگی در سال‌ها و مناطق مختلف، انتخاب گیاهان متحمل به خشکی حیاتی است. Valizadeh et al, (2011) در مطالعه ارتباط صفات مهم اقتصادی با پروتئین‌های ذخیره‌ای در لوبیا ابراز نمودند که بررسی ارتباط صفات کمی با نوارهای پروتئینی و مقایسه میانگین دو گروه واجد و فاقد این نوارها با تجزیه واریانس و آماره چندمتغیره T^2 هتلینگ نشان داده که بین وجود و عدم وجود نوارهای پروتئینی در برخی صفات از جمله وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در نیام و سایر ویژگی‌های دانه و نیام اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با توجه به اهمیت اقتصادی شناسایی و تشخیص ارقام مختلف نخود، هدف از این مطالعه، بررسی الگوی بیان پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه چهار رقم (آرمان، هاشم، ILC-482 و آزاد) به منظور معرفی باندهای پروتئینی به عنوان نشانگر برای شناسایی و تفکیک این ارقام از یکدیگر و کشت آن عمدتاً به صورت دیم با روش SDS-PAGE است.

(et al., 2012)، برگ کلزا تحت تنش رژیم‌های سرمایی (Beyranvand et al., 2006)، برگ و بذر یونجه (Fareghi) (Iqbal et al., 2005; Hameed et al., 2007)، بذر نخود (Sadia et al., 2009) و بذر باقلا (Abd El-Zaher & Mustafa, 2007) استفاده شده‌اند. روابط فیلوژنتیکی در میان گونه‌های *Cicer* بر اساس داده‌های حاصل از الکتروفورز با روش SDS-PAGE توسط et al., Slinkard (1992)، انجام شده و *Cicer reticulatum* را نیای وحشی ارقام نخود معرفی نمودند. این گزارش‌ها کارآیی نشانگر پروتئینی را در ارزیابی تنوع ژنتیکی بین جمعیت‌های گیاهی تأیید نموده و نشان داده که نشانگر پروتئینی به دلیل عدم تأثیرپذیری از شرایط محیطی اطلاعات تاکسونومیکی مفیدی را فراهم می‌نماید (SalehiShanjani et al., 2013). تکنیک SDS-PAGE، روشی ارزان، ساده و دقیق است که جهت آنالیز ساختار ژنتیکی ژرم پلاسما مورد استفاده قرار می‌گیرد. پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر به عنوان نشانگرهای ژنتیکی به چهار علت بررسی می‌شوند: ۱- آنالیز فاصله ژنتیکی درون و برون گونه‌ای، ۲- اهلی کردن گیاهان، اصلاح و حفاظت از منابع ژنتیکی، ۳- قرابت ژنتیکی و ۴- به عنوان وسیله‌ای برای توسعه محصولات (Ghafoor et al., 2002). پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه تا حدود زیادی مستقل از نوسانات محیطی هستند و برای مطالعه تنوع‌های ژنتیکی، مطلوب‌تر از پروتئین‌های رویشی هستند (Gepts, 1989; Razavizadeh & Ehsanpour, 2013). در مطالعات طبقه‌بندی از الگوهای الکتروفورزی پروتئین‌های ذخیره‌ای استفاده می‌شود. هر یک از باندهای ایجادشده در ژل الکتروفورز به عنوان صفتی مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرند (Raeesilelri et al., 2015). در تحقیقی روی برنج، Abozaryghazafroodi et al, (2006) ارقام برنج را با استفاده از داده‌های الکتروفورزی SDS-PAGE پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه و داده‌های صفات کمی گروه‌بندی کرده و ابراز داشتند که گروه‌بندی بر اساس باندهای پروتئینی مانند تجزیه خوشه‌ای بر مبنای صفات زراعی تا حدود زیادی قادر به تفکیک ارقام بومی از سایر ارقام بود و همچنین داده‌های حاصل از الکتروفورز به میزان زیادی توانایی تکمیل داده‌های مورفولوژیکی را داشته و می‌توانند مکمل هم باشند. بر اساس نظر Fernandez (1992)، ژنوتیپ‌ها بر اساس پاسخ عملکرد آن‌ها به شرایط تنش می‌توانند به چهار گروه طبقه‌بندی شوند: ۱) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش داشته باشد (گروه A)، ۲) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی را تنها در شرایط بدون تنش دارند (گروه B)، ۳) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی را تنها در شرایط تنش دارا

رنگ نشانگر به انتهای ژل ادامه یافت. بعد از الکتروفورز، رنگ آمیزی به مدت دو ساعت با کوماسی بلو بریلیانت R-250 انجام و سپس ژل با محلول رنگ‌بری تیمار شده و در نهایت ژل‌ها اسکن شدند. از پروتئین‌های اوترانسفرین (۷۸ کیلودالتون)، آلبومین گاوی (۶۶ کیلودالتون)، اوآلبومین (۴۵ کیلودالتون)، اکتینیدین (۲۹ کیلودالتون)، بتا-لاکتوگلوبولین (۱۸ کیلودالتون) و لیزوزیم (۱۴ کیلودالتون) به عنوان مارکر در ژل استفاده گردید. به منظور تجزیه و تحلیل آماری باندهای پروتئینی، ابتدا تعداد باندها مشخص گردید. وزن مولکولی پروتئین‌های مورد مطالعه با تعیین مقادیر حرکت نسبی (R_f) برای باندهای پروتئینی و مقایسه با نمودار استاندارد وزن مولکولی تعیین گردید.

خصوصیات طرح آزمایشی و عملیات زراعی

به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی در چهار رقم نخود، آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو بخش، تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی، در مزرعه آزمایشی و آزمایشگاه گروه کشاورزی دانشگاه پیام‌نور مرکز اسدآباد اجرا گردید. هر کرت شامل ۵ خط کاشت به طول ۲ متر با فواصل خطوط ۴۰ سانتی متر و فواصل بین بوته در روی ردیف، ۶ سانتی متر بودند. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و ایجاد فارو بود. کاشت به صورت دستی در اواخر اسفندماه صورت پذیرفت. آبیاری در بخش شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله پایان گل‌دهی صورت گرفت، در حالی که در بخش تنش خشکی، در مرحله انتهای گل‌دهی آبیاری صورت نگرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و در مرحله قبل از گل‌دهی صورت پذیرفت. برای انجام یادداشت‌برداری‌ها از هر ژنوتیپ در هر تکرار ۵ بوته به تصادف انتخاب گردید. برای محاسبه صفت عملکرد دانه، یک مترمربع از هر کرت برداشت گردید. جهت اندازه‌گیری طول و عرض نیام، تعداد هشت نیام به تصادف انتخاب و برای اندازه‌گیری صفت تعداد بوته در مترمربع، یک مترمربع از هر کرت در نظر گرفته شد. برداشت نهایی هر کرت، موقعی صورت گرفت که بیش از ۹۰ درصد نیام‌ها رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای به خود گرفته بودند و بر مبنای حذف اثر حاشیه‌ای در هر کدام از آزمایشات آبی و دیم انجام گردید.

همچنین بر اساس فراگیری شرایط کم‌آبی در کشور و با توجه به اهمیت نخود در بین حبوبات در ایران و ناحیه تحقیق، مطالعه صفات زراعی مهم و در نتیجه شناسایی مناسب‌ترین رقم بر اساس شاخص تحمل به خشکی در ارقام مذکور و ارتباط بین صفات کمی و الگوی باند پروتئینی ارقام، از جمله اهداف دیگر مطالعه حاضر بودند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از چهار رقم نخود زراعی با نام‌های هاشم، آرمان، ILC-482 و آزاد، تهیه شده از معاونت مؤسسه تحقیقات دیم در سرارود کرمانشاه جهت مطالعه الگوی پروتئین‌های بذر و شناسایی رقم متحمل به خشکی در منطقه تحقیق (مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشگاه پیام نور مرکز اسدآباد) استفاده شد. به منظور استخراج پروتئین‌های کل بذر، ابتدا بذرها در هاون چینی به خوبی کوبیده شد و سپس ۲۰ میلی گرم از پودر به دست آمده از بذر هر رقم با ۲ میلی لیتر بافر استخراج (تریس ۵۰ میلی مولار با pH=8.5 حاوی EDTA، ۱ میلی مولار PMSF، ۱ میلی مولار $MgCl_2$ ، ۲۰ میلی مولار، ۰/۲ درصد NP-40 و ۲ درصد 2-Mercaptoethanol) مخلوط گردید. به مخلوط حاصل پس از دو ساعت نگهداری در یخچال به مقدار دو میلی لیتر استون سرد حاوی ۱۰ درصد TCA^۱ اضافه شده و پس از دو ساعت نگهداری در فریزر به مدت ۱۵ دقیقه در $-80^{\circ}C$ سانتریفیوژ گردید. از پودر نسبتاً سفید به دست آمده، جهت الکتروفورز استفاده شد {Jinghui et al., 2006} با بعضی تغییرات.

آماده‌سازی ژل الکتروفورز: در این مطالعه از تکنیک SDS-PAGE (الکتروفورز با ژل پلی‌اکریل‌آمید با حضور سدیم دو دیسیل سولفات) {Laemmli, 1970} با کمی تغییرات استفاده گردید. مقدار پروتئین نیز با استفاده از روش Bradford (1976) ارزیابی شد. ژل‌های جداکننده (ژل پاپین) و متراکم‌کننده (ژل بالا) به ترتیب با غلظت‌های ۱۲/۵ و ۵ درصد، بهترین نسبت‌ها برای تفکیک مناسب باندهای پروتئینی تشخیص داده شد. از پروتئینی که دارای غلظت ۵ میلی گرم در میلی لیتر بود، ۱۰ میکرولیتر از پروتئین استخراجی جهت الکتروفورز با سرنگ هاملتون در داخل چاهک‌ها قرار گرفت. الکتروفورز با شدت جریان ۵۰ ولت برای حرکت پروتئین‌ها در ژل بالا (۵/۰ ساعت) و جریان ۱۵۰ ولت برای حرکت پروتئین‌ها در ژل جداکننده (۵/۱ ساعت) تا رسیدن

^۲ Relative factor

^۱ Tricolor acetic acid

تاریخ نیامدهی

این صفت فنولوژی نیز با توجه به بازدیدهای مزرعه‌ای و بر اساس ۵۰ درصد نیامدهی بوته‌ها محاسبه گردید. در هر کرت هشت بوته به صورت تصادفی انتخاب و تعداد نیام در آن‌ها شمارش گردید و میانگین آن‌ها محاسبه شد. برای تعداد شاخه‌های فرعی هشت بوته به صورت تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها محاسبه شد. ارتفاع از سطح زمین تا آخرین قسمت برگ انتهایی برای هشت بوته مورد نظر در هر کرت اندازه‌گیری گردید. طول دوره پُرشدن دانه نیز با شمارش روز از مدت زمان تشکیل نیام تا زمان رسیدگی محاسبه گردید.

محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی

به منظور بررسی ارقام از نظر واکنش به تنش خشکی، پس از تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (تنش خشکی و آبیاری تکمیلی) اقدام به محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی به شرح زیر گردید (Fischer & Maurer, 1978; Rosielle & Hamblin, 1981; Bouslama & Fernandez Schapaugh, 1984; Hossein et al., 1990 & 1992).

۱- شاخص تحمل $TOL = YP - YS$ (TOL^۱)

۲- شاخص حساسیت به تنش SSI^2

$$SSI = 1 - (YS/YP) / SI$$

$$SI = 1 - \bar{YS} / \bar{YP}$$

در این فرمول، SI^3 شدت تنش می‌باشد.

۳- میانگین هارمونیک

$$HAM = 2(YP * YS) / (YP + YS) \quad (HAM^4)$$

۴- شاخص عملکرد YI^5

۵- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

$$GMP = (YS * YP)^{1/2} \quad (GMP^6)$$

۶- شاخص پایداری عملکرد YSI^7

۷- شاخص تحمل به تنش STI^8

۸- میانگین حسابی عملکرد MP^9

YP: عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، YS:

عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش، YS: میانگین عملکرد کلیه

^۱ TOL: Tolerance

^۲ SSI: Stress Susceptibility Index

^۳ SI: Stress Intensity

^۴ HAM: Harmonic Mean

^۵ YI: Yield Index

^۶ GMP: Geometric Mean Productivity

^۷ YSI: Yield Stability Index

^۸ STI: Stress Tolerance Index

^۹ MP: Mean Productivity

ژنوتیپ‌ها در محیط تنش، YP: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، SI: شدت تنش.

تجزیه خوشه‌ای و آنالیز آماری

جهت مطالعه و آنالیزهای آماری چندمتغیره نظیر تجزیه خوشه‌ای در هر نمونه بر اساس وجود باند (کد ۱) یا فقدان باند (کد ۰)، هر باند پروتئینی کددهی شده و باندهای پروتئینی به عنوان صفات کیفی در نظر گرفته شدند. از مطالعات عینی به منظور تعیین موقعیت هر باند پروتئینی در SDS-PAGE استفاده شد. جهت تعیین میزان شباهت میان گونه‌های بررسی شده از ضریب تشابه جاکارد^{۱۰} استفاده گردید. بر اساس حضور و غیاب باندها و با تحلیل خوشه‌ای UPGMA (Sneath & Sokal, 1973) و استفاده از ضریب روابط خویشاوندی ارقام نخود با استفاده از نرم‌افزار NTSYS، SPC2 ارزیابی گردید و با کمک آزمون مانتل همبستگی بین صفات کمی و داده‌های کیفی (حاصل از الگوی باند پروتئینی) مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت رسم منحنی بای‌پلات و اشکال سه‌بعدی از نرم‌افزار SPSS Ver. 16 و محاسبه شاخص‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده گردید.

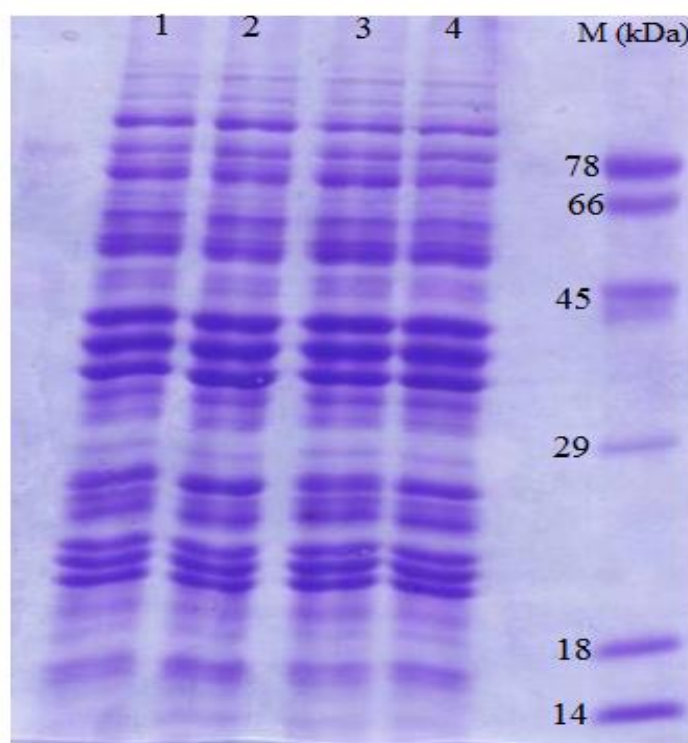
نتایج و بحث

اگرچه بسیاری از باندها در بسیاری از ارقام وجود داشتند و لیکن میزان تراکم پروتئین بعضی باندها در برخی ارقام متفاوت بود. بر اساس نتایج، به‌طور میانگین ارقام دارای حداقل ۲۸/۷۵ باند (شامل باند ضعیف و قوی) بودند. رقم هاشم در محدوده ۲۵ کیلودالتونی دارای یک باند ضعیف نسبت به سایر ارقام در این محدوده بود و سایر ارقام، این باند پروتئینی را با شدت بیشتری داشتند. در محدوده ۱۷ کیلودالتونی، ارقام آرمان و ILC-482 دارای باند پروتئینی ضعیفی نسبت به سایر ارقام در همین محدوده بودند که به نظر می‌رسد این تفاوت‌ها در مطالعات الکتروفورز دو بعدی مشهودتر باشد. در مطالعه‌ای Hameed et al, (2009) محدوده وزن مولکولی پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر ژنوتیپ‌های نخود کابلی را در ژل SDS-PAGE بین ۲۵ تا ۱۰۸ کیلودالتون بررسی و تعداد باندها را ۲۰ تا ۲۲ باند گزارش کردند. در مطالعه‌ای Iqbal et al, (2005) پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر واریته‌های نخود با تکنیک الکتروفورز تک‌بعدی ۱۲ باند پروتئینی را با محدوده وزن مولکولی ۲۴ تا ۶۶ کیلودالتون گزارش کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که در الگوی پروتئینی تفاوت چشمگیری قابل مشاهده نیست و تفاوت در باندها بسیار جزئی می‌باشد.

^{۱۰} Jaccard Coefficient

کاملاً متفاوت بودند (شکل ۱). رقم ILC-482 و آرمان و هاشم به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد باند را داشتند و بیشترین فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های ILC-482 و آرمان بود (شکل ۲). در رنگ‌آمیزی با کوماسی بلو دامنه ضرایب تشابه از ۰/۷۸ تا ۰/۸۷ متغیر بود (جدول ۱). در شرایط تنش خشکی بیشترین تشابه بین ارقام آزاد و ILC-482 (۰/۳) و در شرایط شرایط آبیاری تکمیلی بین ارقام آزاد و هاشم (۰/۵۵) مشاهده گردید (جدول ۲ و ۳). جهت تعیین همبستگی بین صفات زراعی و مولکولی از آزمون مانتل-هانزل (Mantel-Haenszel) استفاده گردید که همبستگی معنی‌داری بین صفات زراعی در شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی با داده‌های مولکولی در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. به عبارتی تنوع موجود در سطح مزرعه تنوع موجود در سطح داده‌های مولکولی را تأیید کرد. نتایج موجود در این مطالعه با نتایج Kakaeiet al, (2009) در ژنوتیپ‌های کلزا همخوانی داشت.

پیشنهاد مؤلفان بر این است که پروتئین‌های بذر و قسمت‌های رویشی در مراحل رشدی مختلف با الکتروفورز در دو بعد همراه با ژنوتیپ‌های بیشتری جهت بررسی تنوع و برنامه‌های به‌نژادی مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته و برای نتایج بهتر و با تنوع بیشتر، از نشانگرهای DNA نیز استفاده و نتایج با یکدیگر مورد ارزیابی قرار گیرند. نتایج این مطالعه بیشتر تفاوت در تعداد باندها را نشان می‌دهد. پروتئین‌های ذخیره‌ای ضمن داشتن چندشکلی زیاد، بسیار باثبات هستند، بنابراین الگوی الکتروفورزی پروتئین ذخیره بذر به تنهایی یا با سایر نشانگرها معیار مطلوبی جهت شناسایی جمعیت‌های گیاهی خواهد بود (Lawerenceet al., 1987). در تحقیقی نیز Mukhlesur & Hirata, (2004) فاصله ژنتیکی گونه‌های مختلف کلزا را بر اساس الگوی باندی SDS-PAGE بذر و برگ، مطالعه و تنوع باندی بین آن‌ها را گزارش کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، ۱۶ باند متفاوت روی صفحه ژل آکریل آمید ظاهر شد. الگوی نواری پروتئین‌ها در برخی گروه‌های مشابه و در برخی دیگر



شکل ۱- الگوی نواری پروتئین‌های بذر نخود با استفاده از SDS-PAGE

(۱) رقم ILC-482، (۲) آزاد، (۳) رقم آرمان و (۴) رقم هاشم

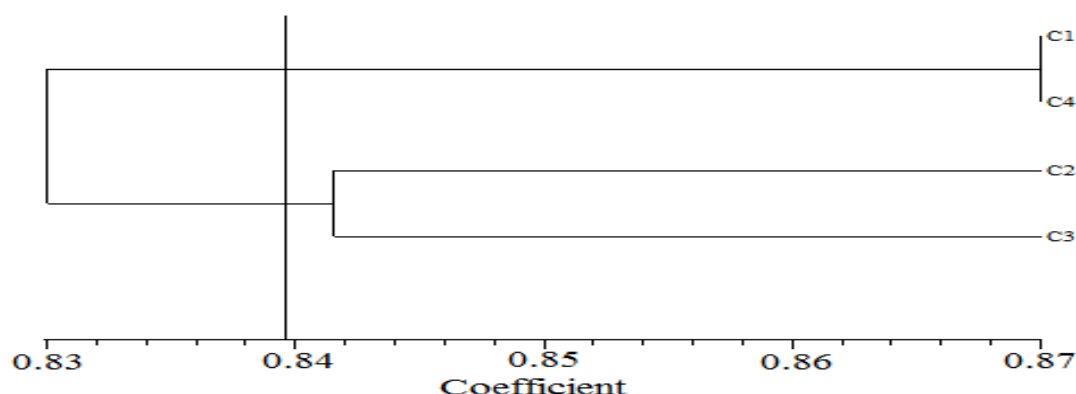
Fig. 1. Chickpea protein banding patterns using SDS-PAGE

(1) ILC-482, (2) Azad, (3) Arman, (4) Hashem

جدول ۱- ضریب تشابه جاکارد بر اساس ویژگی‌های الکتروفوری پروتئین بذر در چهار رقم نخود

Table 1. Jaccard's similarity matrix based on protein marker (Molecular Data)

	ILC-482	Azad	Arman	Hashem
ILC-482	1			
Azad	0.8	1		
Arman	0.78	0.83	1	
Hashem	0.87	0.87	0.84	1



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تحلیل داده‌های الکتروفوری بر اساس باند‌های پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه ارقام نخود با روش UPGMA

(۱) رقم ILC-482، (۲) آزاد، (۳) رقم آرمان و (۴) رقم هاشم

Fig. 2. Dendrogram for *Cicer arietinum* cultivars based on SDS-PAGE markers via UPGMA method

(1) ILC-482, (2) Azad, (3) Arman, (4) Hashem

جدول ۲- ماتریس تشابه جاکارد بر اساس داده‌های زراعی ارقام نخود در شرایط تنش خشکی

Table 2. Jaccard's similarity matrix of chickpea cultivars based on agronomy data in drought stress condition

	ILC-482	Azad	Arman	Hashem
ILC-482	1			
Azad	0.30	1		
Arman	0.0	0.20	1	
Hashem	0.143	1	0.166	1

جدول ۳- ماتریس تشابه جاکارد بر اساس داده‌های زراعی ارقام نخود در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 3. Jaccard's similarity matrix of chickpea cultivars based on agronomy data in supplementary irrigation

	ILC-482	Azad	Arman	Hashem
ILC-482	1			
Azad	0.166	1		
Arman	0.0	0.25	1	
Hashem	0.2	0.55	0.143	1

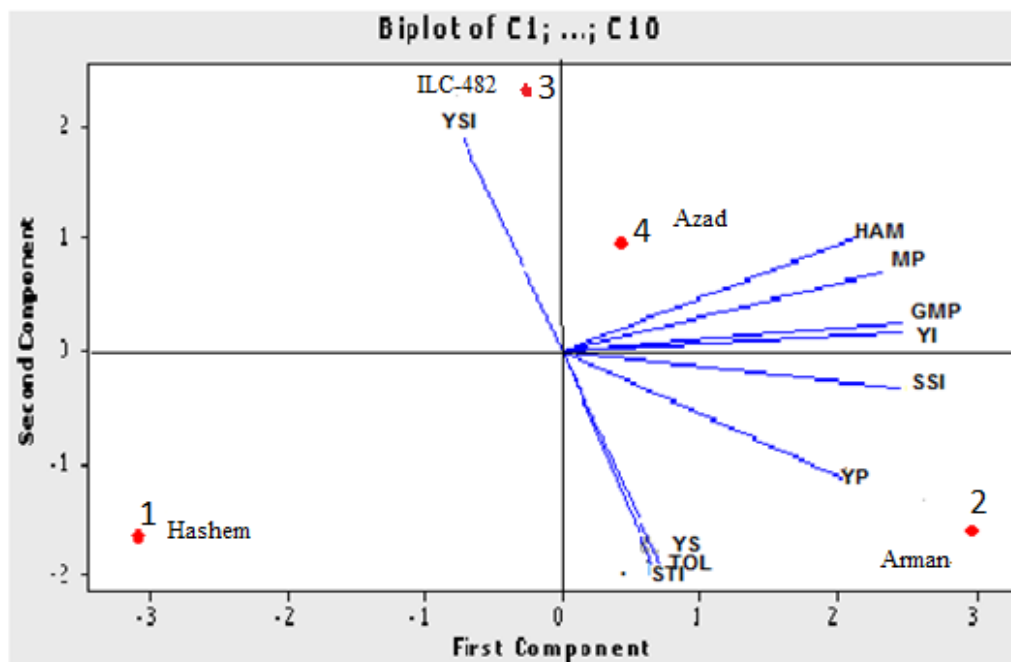
بای پلات شاخص‌های تحمل به خشکی

در بررسی بای پلات شاخص‌های تحمل به خشکی، ارقام نسبت به هم تنوع و فاصله دارند و ارقام آرمان و آزاد نسبت به دو رقم هاشم و ILC-482 تقریباً مجاور شاخص‌های تحمل به خشکی قرار دارند (شکل ۳) که نشان از حفظ عملکرد آن‌ها در شرایط تنش خشکی است. جدول ۴، مقادیر ویژه، سهم جمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در دو

شرایط محیطی را نشان می‌دهد. رقم آرمان در ناحیه چهارم قرار دارد که دارای مقدار بالای مؤلفه اول و مقدار کم مؤلفه دوم می‌باشد که این خصوصیت در جدول ۴ نیز مشهود است. رقم آزاد در ناحیه یک بای پلات قرار دارد که دارای میزان بالای مؤلفه اول و دوم می‌باشد که به‌عنوان مثال در مورد شاخص HAM در جدول ۴، بر اساس هر دو مؤلفه میزان بالایی را به خود اختصاص داده است. در خصوص رقم ILC-482 که در

گردید. در مطالعه شاخص‌های خشکی استفاده از بای پلات توسط محققان بسیاری گزارش گردیده است (Abolhassani, Farshadfar & Shutka, 2003; & Saeidi, 2006) که نشان‌دهنده اهمیت مطالعه شاخص‌های تحمل خشکی می‌باشد.

ناحیه دوم بای پلات قرار گرفته است، دارای میزان بالای مؤلفه دوم (۰/۴۹۰) و میزان کم مؤلفه اول (۰/۱۱۵-) می‌باشد که در جدول ۴ نیز مشهود است. از نمودار چندمتغیره بای پلات که امکان مطالعه رابطه بیش از سه متغیر را به صورت همزمان فراهم می‌آورد نیز به منظور گزینش دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها استفاده



شکل ۳- نمایش بای پلات شاخص‌های مورد مطالعه در ارقام نخود براساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم

Fig. 3. View Biplot indices in chickpea cultivars based on main elements of the first and second
(HAM: Harmonic Mean; YI: Yield Index; GMP: Geometric Mean Productivity; YSI: Yield Stability Index; STI: Stress Tolerance Index; TOL: Tolerance; YS: Yield Stress; YP: Yield Potential; SSI: Stress Susceptibility Index; MP: Mean productivity)

جدول ۴- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در دو شرایط محیطی

Table 4. Eigen values and eigenvectors cumulative share index of drought tolerance and yield in both conditions

مؤلفه Component	مقادیر ویژه Eigen values	سهم تجمعی Eigenvectors cumulative	SSI	MP	HAM	YI	STI	YSI	GMP	TOL	YS	YP
1	61.709	0.617	0.115	0.397	0.375	0.344	0.401	-0.115	0.399	0.106	0.344	0.328
2	38.274	0.383	-0.490	-0.088	0.184	0.265	0.046	0.490	0.068	-0.493	0.265	-0.297
3	0.0017	0	-0.156	0.305	-0.691	0.261	0.145	0.156	-0.390	0.085	0.261	0.254

(HAM: Harmonic Mean; YI: Yield Index; GMP: Geometric Mean Productivity; YSI: Yield Stability Index; STI: Stress Tolerance Index; TOL: Tolerance; YS: Yield Stress; YP: Yield Potential; SSI: Stress Susceptibility Index; MP: Mean productivity)

عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و شرایط آبیاری تکمیلی را به‌عنوان معیارهای مناسب برای تحمل به خشکی پیشنهاد نموده‌اند (Blum, 1988; Ganjeali et al., 2008). با توجه به این که شاخص‌های YI و HAM همبستگی مثبت و بسیار بالایی با عملکرد در شرایط تنش نشان دادند، می‌توان از این شاخص‌ها به‌عنوان معیارهای مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بهره گرفت (Blum, 1988; Elshazly & Warboys, 1989).

همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی

جدول ۵ همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی را با یکدیگر نشان می‌دهد. شاخص‌های YI و HAM همبستگی مثبت (به ترتیب ۱ و ۰/۹۸۴) با عملکرد در شرایط تنش دارند، همچنین شاخص HAM همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط تنش خشکی دارد (۰/۹۸۴). شاخص SSI همبستگی مثبت با TOL و همبستگی منفی با YSI داشته و MP نیز همبستگی مثبتی با GMP و STI دارد. محققان وضعیت نسبی

جدول ۵- ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 5. Correlation coefficient drought stress tolerance index

	YP	YS	TOL	GMP	YSI	STI	YI	HAM	MP	SSI
YP	1									
YS	0.394	1								
TOL	0.775	-0.275	1							
GMP	0.730	0.916	0.134	1						
YSI	-0.790	0.252	-1**	-0.157	1					
STI	0.758	0.898	0.175	0.999*	-0.199	1				
YI	0.394	1**	-0.275	0.916	0.252	0.898	1			
HAM	0.549	0.984*	-0.102	0.972*	0.078	0.961*	-0.984*	1		
MP	0.902	0.753	0.425	0.953*	-0.447	0.966*	0.753	0.856	1	
SSI	0.790	-0.252	1**	0.157	-1**	0.199	-0.252	-0.078	0.447	1

*, **: Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively

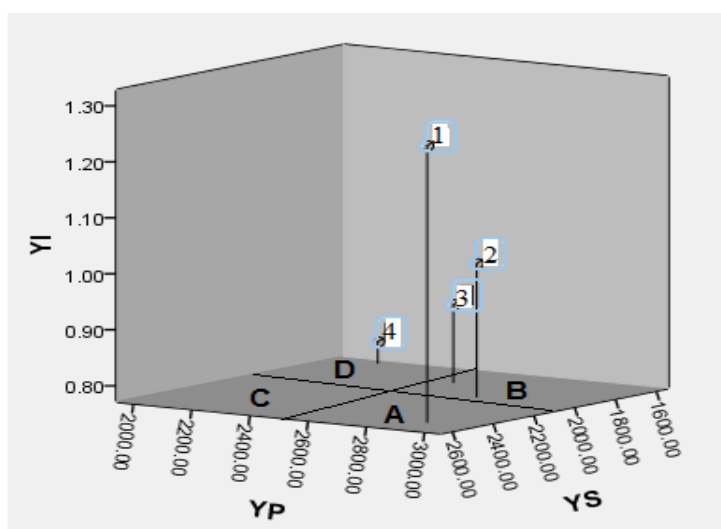
*, **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

(HAM: Harmonic Mean; YI: Yield Index; GMP: Geometric Mean Productivity; YSI: Yield Stability Index; STI: Stress Tolerance Index; TOL: Tolerance; YS: Yield Stress; YP: Yield Potential; SSI: Stress Susceptibility Index; MP: Mean productivity)

وسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروه A، B، C و D تقسیم گردید. بر اساس شاخص عملکرد (YI) رقم آرمان در گروه A نمودار قرار گرفت و از نظر شاخص‌های تحمل و پاسخ به خشکی برتر از سایرین بود. همچنین تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی عملکرد بالایی تولید کرده است که به‌عنوان ژنوتیپ کاندیدا برای تحمل به خشکی پیشنهاد می‌شود (نمودار سه‌بعدی بر اساس شاخص YI ذکر شده‌اند). استفاده از نمودار پراکنش سه‌بعدی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در مطالعات مختلف، تأیید شده است از جمله در کلزا (Kakaeiet al., 2009 و نخود (Farshadfar & Farshadfar, 2003).

گزینش بهترین ژنوتیپ‌های تحمل به خشکی

نمودار پراکنش سه‌بعدی، رابطه بین سه متغیر عملکرد در شرایط تنش (YS) و بدون تنش (YP) و نیز شاخص‌های تحمل به خشکی را بیان می‌نماید (شکل ۴). برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط از نمودار سه‌بعدی استفاده گردید که در آن عملکرد در محیط تنش روی محور X، عملکرد در محیط شرایط آبیاری تکمیلی روی محور Y و یکی از شاخص‌های انتخاب‌شده روی محور Z نمایش داده شد. برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدانمودن ژنوتیپ‌های گروه A از گروه‌های دیگر (B، C و D) و همچنین تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل خشکی، سطح X-Y به



شکل ۴- گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس مدل فرناندز توسط شاخص YI

۱- آرمان، ۲- آزد، ۳- ILC-482 و ۴- هاشم

Fig. 4. Selection of genotypes based on Fernandez method the index YI

1- Arman, 2- Azad, 3- ILC-482 and 4- Hashem

همبستگی صفات در شرایط تنش خشکی

جدول ۶، همبستگی صفات در شرایط تنش خشکی را نمایش می‌دهد. همان‌طور که از جدول مذکور نمایان است، صفت عرض کانوپی همبستگی منفی ($-0/996$) و نسبتاً بالایی با صفت تعداد شاخه فرعی دارد. همچنین صفت عرض کانوپی دارای همبستگی منفی ($-0/963$) با صفت عرض نیام می‌باشد. صفت درصد پوکی نیام با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی دارای همبستگی مثبت ($+0/973$) نسبتاً بالایی است؛ به عبارت دیگر در شرایط خشک، درصد پوکی نیام‌ها زیاد است و گرده افشانی ضعیفی صورت گرفته است. صفت تعداد نیام دوبری با صفت وزن ۱۰۰ دانه دارای همبستگی منفی زیادی است ($-0/951$) که بیان می‌کند هرچه نیام‌ها دارای دانه بیشتری باشند، به دنبال آن، وزن هر کدام از دانه‌ها کاهش می‌یابد. صفت روز تا نیام‌دهی کامل دارای همبستگی منفی نسبتاً بالایی با صفت تعداد نیام در بوته می‌باشد ($-0/965$) که در شرایط تنش خشکی گیاه رشد زایشی را جلوتر انداخته و سعی در

تولید دانه (هر چند با عملکرد کمتر) و نهایتاً حفظ بقاء را دارد. بین سایر صفات همبستگی مشاهده نگردید.

همبستگی صفات در شرایط بدون تنش (اعمال آبیاری تکمیلی)
صفت عرض نیام همبستگی مثبت و بالایی ($0/951$) با صفت ارتفاع بوته داشت (جدول ۷)، چرا که هر چه ارتفاع بیشتر باشد، بوته و نهایتاً نیام فرصت بزرگ‌تر شدن را پیدا می‌کند. همچنین صفت وزن ۱۰۰ دانه همبستگی مثبت و بالایی ($0/994$) با عملکرد دانه در شرایط کنترل داشت، زیرا وزن ۱۰۰ دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است. صفت روز تا نیام‌دهی کامل با صفت درصد پوکی نیام همبستگی همسو و مثبتی ($0/969$) داشتند. احتمالاً افزایش روز تا نیام‌دهی کامل باعث تغییرات در ژنتیک نیام شده و باعث عدم شکل‌گیری دانه در نیام و نهایتاً پوکی آن‌ها شده است. پس احتمالاً هر چقدر روز تا نیام‌دهی کامل بیشتر باشد، گیاه به علت افزایش تعداد نیام قادر به پر کردن همه نیام‌ها نخواهد بود. بین سایر صفات همبستگی خاصی ملاحظه نگردید.

جدول ۶- ضریب همبستگی ساده بین صفات زراعی مورد مطالعه در ارقام نخود در شرایط تنش خشکی
Table 6. Correlation coefficient between agronomy traits in *Cicer arietinum* cultivars under study in drought stress condition

		Pod width	Pod length	Width canopy	100 Seed weight	Percent of pod null	Number of 2seed pod
		عرض نیام	طول نیام	عرض کانوپی	وزن ۱۰۰ دانه	درصد پوکی نیام	تعداد نیام دوبری
عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی	Seed yield in drought stress condition						
تعداد شاخه فرعی	Number of sub branch						
تعداد نیام در گیاه	Number of pod in plant						
ارتفاع گیاه	Plant height						
تعداد گیاه در مترمربع	Number of plant.m ⁻²						
عرض نیام	Pod width	1					
طول نیام	Pod length	0.441	1				
عرض کانوپی	Width canopy	-0.963*	0.236	1			
وزن ۱۰۰ دانه	100 Seed weight	-0.405	-0.943	-0.266	1		
درصد پوکی نیام	Percent of pod null	0.233	-0.013	0.089	0.336	1	
تعداد نیام دوبری	Number of 2seed pod	0.104	0.865	-0.025	-0.951*	-0.474	1
روز تا نیام‌دهی کامل	Day to complete podding	0.441	-0.143	0.641	-0.130	-0.634	0.024

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

* & **: Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

ادامه جدول ۶- ضریب همبستگی ساده بین صفات زراعی مورد مطالعه در ارقام نخود در شرایط تنش خشکی
Continue the Table 6. Correlation coefficient between agronomy traits in *Cicer arietinum* cultivars under study in drought stress condition

	Seed yield in drought stress condition عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی	Number of sub branch تعداد شاخه فرعی	Number of pod in plant تعداد نیام در گیاه	Plant height ارتفاع گیاه
عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی	Seed yield in drought stress condition 1			
تعداد شاخه فرعی	Number of sub branch -0.189	1		
تعداد نیام در گیاه	Number of pod in plant 0.424	0.678	1	
ارتفاع گیاه	Plant height 0.609	-0.875	-0.421	1
تعداد گیاه در مترمربع	Number of plant.m ⁻² -0.154	-0.689	-0.945	0.587
عرض نیام	Pod width 0.438	-0.943	-0.395	0.910
طول نیام	Pod length 0.159	-0.228	0.370	0.086
عرض کانوپی	Width canopy 0.278	-0.996**	-0.625	0.913
وزن ۱۰۰ دانه	100 Seed weight 0.155	0.289	-0.126	0.004
درصد پوکی نیام	Percent of pod null -0.973*	0.002	0.495	0.469
تعداد نیام دوبذری	Number of 2seed pod -0.344	-0.009	0.240	-0.313
روز تا نیام‌دهی کامل	Day to complete podding -0.524	-0.705	-0.965*	0.355

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

* & **: Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

جدول ۷- ضریب همبستگی ساده بین صفات زراعی مورد مطالعه در ارقام نخود در شرایط کنترل (اعمال آبیاری تکمیلی)
Table 7. Correlation coefficient between agronomy traits in *Cicer arietinum* cultivars under study in control condition

	Pod width عرض نیام	Pod length طول نیام	Width canopy عرض کانوپی	100 Seed weight وزن ۱۰۰ دانه	Percent of pod null درصد پوکی نیام	Number of 2seed pod تعداد نیام دو بذری
عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی	Seed Yield in supplementary irrigation condition					
تعداد شاخه فرعی	Number of sub branch					
تعداد نیام در گیاه	Number of pod in plant					
ارتفاع گیاه	Height plant					
تعداد گیاه در مترمربع	Number of plant					
عرض نیام	Pod width 1					
طول نیام	Pod length 0.637	1				
عرض کانوپی	Width canopy 0.771	0.073	1			
وزن صد دانه	Hundred seed weight -0.840	-0.664	-0.729	1		
درصد پوکی نیام	Percent of pod null -0.145	-0.709	0.127	0.556	1	
تعداد نیام دوبذری	Number of 2seed pod 0.732	0.280	0.483	-0.247	0.458	1
روز تا نیام‌دهی کامل	Day to complete podding -0.385	-0.831	-0.060	0.721	0.696**	0.235

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

* & **: Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

ادامه جدول ۷- ضریب همبستگی ساده بین صفات زراعی مورد مطالعه در ارقام نخود در شرایط کنترل (اعمال آبیاری تکمیلی)
Continue the Table 7. Correlation coefficient between agronomy traits in *Cicer arietinum* cultivars under study in control condition

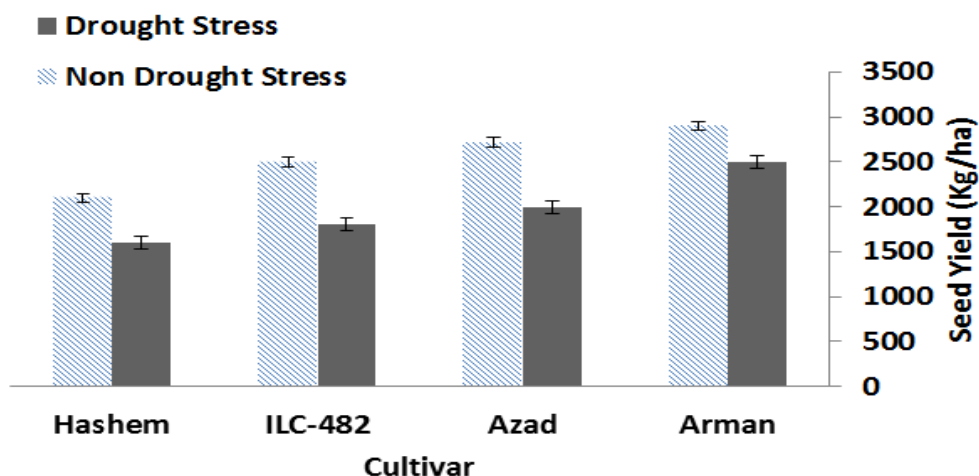
	Seed yield in supplementary irrigation condition	Number of sub branch	Number of pod in plant	Plant height	Number of plant.m ⁻²	Pod width
	عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی	تعداد شاخه فرعی	تعداد نیام در گیاه	ارتفاع گیاه	تعداد گیاه در مترمربع	عرض نیام
عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی	Seed yield in supplementary irrigation condition	1				
تعداد شاخه فرعی	Number of sub branch	-0.155	1			
تعداد نیام در گیاه	Number of pod in plant	0.675	0.789	1		
ارتفاع گیاه	Plant height	-0.846	0.378	-0.625	1	
تعداد گیاه در مترمربع	Number of plant	0.008	-0.127	0.345	0.428	1
عرض نیام	Pod width	-0.895	0.533	-0.830	0.951*	0.140
طول نیام	Pod length	-0.676	-0.154	-0.100	0.831	0.712
عرض کانوپی	Width canopy	-0.758	0.574	-0.948	0.539	-0.522
وزن ۱۰۰ دانه	100 Seed weight	0.994**	-0.056	0.615	-0.794	0.043
درصد پوکی نیام	Percent of pod null	0.487	0.757	-0.313	-0.310	-0.333
تعداد نیام دوبذری	Number of 2seed pod	0.352	0.897	-0.731	0.692	0.271
روز تا نیام‌دهی کامل	Day to complete podding	0.671	0.570	-0.093	-0.533	-0.368

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

* & **: Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

حاصل از نمودار سه بعدی و تجزیه بای پلات می‌باشد (شکل ۵).

بیشترین عملکرد در شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری تکمیلی مربوط به رقم آرمان می‌باشد که مکمل نتایج



شکل ۵- عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی (آبیاری تکمیلی)
Fig. 5. Seed yield in drought and non-drought stress (supplementary irrigation) condition

هر دو شرایط محیطی، رقمی مناسب برای کشت در منطقه تحقیق می‌باشد. در خصوص نتیجه‌گیری کلی بخش پروتئینی قابل ذکر است که الگوی پروتئینی بذره‌های نخود بر اساس حضور و عدم حضور باندهای پروتئینی تنوع‌زنتیکی را مشخص نموده و قادر است شناساگرهای پروتئینی خاصی را معرفی کند که در شناسایی ارقام مختلف مورد استفاده می‌باشد. پیشنهاد در خصوص مطالعه حاضر این است که آزمایش در سال‌های زراعی آینده در منطقه مورد مطالعه به لحاظ تغییرات شرایط آب‌وهوایی مجدداً با ژنوتیپ‌های بیشتری مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد و نیز جهت بررسی تفاوت بین ارقام از نظر مولکولی، علاوه بر نشانگر پروتئینی (SDS-PAGE) از نشانگرهای DNA هم استفاده گردد.

سپاسگزاری

از دانشگاه پیام‌نور و مرکز تحقیقات بیولوژی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه به‌ویژه دکتر علی مصطفایی که به نحوی در انجام این گزارش همکاری نمودند، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

به‌طور کلی پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر که منبع غذایی ارزشمندی برای انسان‌ها محسوب می‌شوند، در طول رویش بذر، تغییر ماهیت داده و منجر به تولید اسیدهای آمینه می‌شوند که منبع غذایی جنین در حال نمو است. پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر از جمله ابزارهای تعیین نزدیکی ژنتیکی در سطح مولکولی و حل مشکلات تاکسونومیک و تبارشناختی است. از این اطلاعات تاکنون جهت تفکیک ارقام زراعی، حصول اطمینان از تشخیص صحیح گونه و تنوع‌زنتیکی گیاهان مختلف بهره گرفته شده است (Raeesilelri et al., 2015). از باندهای اختصاصی پروتئین‌های بذر احتمالاً بتوان برای شناسایی ژنوتیپ‌ها استفاده نمود. نتایج نشان داد که الکتروفورز (SDS-PAGE) پروتئین‌های بذر، می‌تواند به‌عنوان روشی ساده و اقتصادی جهت شناسایی تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسما مورد استفاده قرار گیرد. به علت وجود تنوع ارقام در فضای بای‌پلات می‌توان عمل انتخاب را جهت برنامه‌های اصلاحی آتی از بین ارقام مورد مطالعه انجام داد. بر اساس سایر روش‌های آماری مولکولی و کمی در این مطالعه رقم آرمان با توجه به وجود بیشترین اختلاف با سایر ارقام (جدول تجزیه خوشه‌ای و جدول تشابه جاکارد) و بالابودن عملکرد در

منابع

- Ahmed, F., Gaur, P.M., and Slinkard, A.E. 1992. Isozyme polymorphism and phylogenetic interpretations in the genus *Cicer* L. as revealed by polyacrylamid gel electrophoresis of seed stronge protein. Theoretical and Applied Genetics 84: 688-692.
- Abd El-Zaher, M., and Mustafa, A. 2007. Genetic variation among Egyptian cultivars of *Vicia faba* L. Pakistan Journal of Biological Science 10(23): 4204-4210.
- Abolhassani, K.H., and Saeidi, G.H. 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. Journal of Science and Technological Agricultural and Natural 10: 407-418 (in Persian).
- Abozaryghazafrودی, A., Valizadeh, M., Honarneghad, R., and fotokeean, M.H. 2006. Comparison of clustering rice varieties the use SDS-PAGE Gel Electrophoresis Seed Proteins and Biometrical Traits data. Journal of Sciences Agricultural 36(5): 1251-1262.
- Beyranvand, A., Karimzadeh, G., and Sorooshzadeh, A. 2006. Study of a vernalization temperature on quantitative and electrophoretic changes of leaf soluble proteins in winter and spring canola (*Brassica napus*) cultivars. Journal of Agricultural Science NatureResource 12(5): 182-189.
- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environment. CRC Press. Roca Raton, FL. pp: 38-78.
- Bouslama, M., and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
- Ehsanpor, A.A., Shojaie, B., and Rostami, F. 2009. The use of embryonic markers and seed storage proteins in identification of four pistachio cultivars. Journal Taxonomy and Biosystematics 2(3): 1-10. (In Persian).
- Elshazly, M.S., and Warboys, I.B. 1989. The use of transparent flexible tubes for studying the root extension and elongation of beans. Journal of Experimental Agriculture 25: 35-37.
- Razavizadeh, R., and Ehsanpour, A.A. 2013. Application of seed storage protein marker for identification of seven soybean (*Glycine max*) cultivars. Journal of Cell & Tissue (JCT) 3(4): 319-326.

12. Fareghi, S.H., Farshadfar, M., and Farshadfar, E. 2007. Study of chemical composition and nutrition value of prenniallucerne (*Medicago sativa* L.) and genetic diversity based on SDS-PAGE markes. Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 15(3): 196-210. (In Persian).
13. Farshadfar, A., and Farshadfar, M. 2003. Evaluation of the genetic diversity of physiological and molecular markers RAPD chickpea lines in irrigated and rainfed conditions. Research and Builders 2(2): 69-63. (In Persian).
14. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.C. Kuo (Ed.). Proceeding of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
15. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-917.
16. Farshadfar, E., and Shutka, J. 2003. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. Cereal Research Communications 31: 33-40.
17. Ganjeali, A., Bagheri, A.R., and Porsa, H. 2008. Germplasm evaluation chickpea (*Cicer arietinum* L.) for drought resistance. Iran Agricultural Research Magazine 7(1): 183-194. (In Persian).
18. Gupta, P.K., and Agrawal, G.G. 1977. Consumptive use of water by gram and linseed. India Journal Agriculture Science 47: 22-26.
19. Ghafoor, A., Ahmad, Z., Qureshi, A.S., and Bashir, M. 2002. Genetic relationship in *Vigna mungo* (L.) Hepper and *V. radiata* (L.) R. Wilczek based on morphological traits and SDS-PAGE. Euphytica 123: 367-378.
20. Gepts, P. 1989. Genetic diversity of seed storage proteins in plants. In: A.H.D. Brown, M.T. Clegg, A.L. Kahler, and B.S. Weir [Eds.]. Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources 64-82. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts.
21. Hameed, A., Mahmud Shah, T., Manzooratta, B., Iqbal, N., AhsanulHaq, M., and Ali, H. 2009. Comparative seed storage protein profiling of Kabuli chickpea genotypes. Pakistan Journal Biotechnology 41(2): 703-710.
22. Iqbal, S.M., Ghafoor, A., and Ayub, N. 2005. Relationship between SDS-PAGE Markers and *Ascochyta Blight* in chickpea. Pakistan Journal Biological Science 37(1): 87-96.
23. Iran's Agricultural Statistics. 2017. <http://amar.maj.ir/Portal/File/ShowFile.aspx>.
24. Jinghui, X.X., Wang, L., Shanyu, x., Zhou, L., Yue, J.F., and Dongyun, H. 2006. Polyethylene glycol fraction improved detection of low-abundant proteins by two-dimensional electrophoresis analysis of plant proteome. Phytochemistry 67: 2341-2348.
25. Kakaei, M., Zebajadi, A.R., and Mostafaie, A. 2009. Comparison of genetic and morpho-physiological distance via SDS-PAGE marker in some Rapeseed genotypes. Journal of Agricultural Biotechnology 1(2): 1-15. (In Persian).
26. Kakaei, M., Zebajadi, A.R., Mostafaie, A., and Rezaiezd, A. 2009. Determination of drought tolerant genotypes in *Brassica napus* L. based on drought tolerance indices. Journal of Electronic Plant Production 3(4): 107-124. (In Persian).
27. Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature 227: 680-685.
28. Lawrence, G.J., Moos, H.J., Shepherd, K.W., and Wrigley, C.W. 1987. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in HMW glutenin subunits composition. Journal Cereal Science 6: 99-101.
29. Mohammadi, A., Ahmadi, J., and Habibi, D. 2005. Selection indices for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum*). Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 1: 47-62. (In Persian).
30. Mukhlesur, R.M.D., and Hirata, Y. 2004. Genetic diversity in *Brassica* species using SDS-PAGE Analysis. Journal of Biological 4(2): 234-238.
31. Raeesilelri, F., Keshavarzi, M., and Ghadam, P. 2015. Prosopis species of dark bean seed proteins investigated in Iran. Journal of Applied Biology, University of Al-Zahra 28 (1): 79-88. (In Persian).
32. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-946.
33. Sadia, M., Malik, S.A., Rabbani, M.A., and Pearce, S.R. 2009. Electrophoresis characterization and the relationship between some *Brassica* species. Electronically of Journal Biology 5(1): 1-4.
34. SalehiShanjani, P., Jafari, A.A., Kolagari, M., and Esmaeili, M. 2013. Genetic diversity and geographic relationship between the 18 wild populations of *Agropyrondesertorum* by proteins. Plant Journal (Journal of Biology Iran) 27(2): 243-255. (In Persian).

35. Shobeiri, S., Ghassemi-Golezani, K., Golechin, A. and Saba, J. 2007. Effect of water limitation on growth and yield of three chickpea cultivars in Zanjan. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 14: 32-43.
36. Sneath P.H.A., and Sokal, R.R. 1973. Numerical Taxonomy. W.H: Freeman and CO, Sanfrancisco, U.S.A.
37. Valizadeh, M., Shareati, F., Alyari, H., and Moharamneghad, S. 2011. Evaluation of relationship some of in main economical traits with storage protein in *Phaseolus vulgaris* L. Iran Agricultural Research Magazine 43(1): 163-173. (In Persian).

Study of relationship among seed proteins pattern with quantitative traits in some of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars

Kakaei*, M.¹

Assistants Professor, Department of Agriculture (Plant Breeding and Genetics), Faculty of Sciences,
Payame Noor University

Received: 15 July 2016

Accepted: 7 May 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.57457

Introduction

Abiotic stress limits crop productivity, and plays a major role in determining the distribution of plant species across different types of environments. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is an important legume crop in Iran. Genetic diversity information is crucial for the choice of proper parents to establish new breeding programs. A number of molecular techniques have been developed to unveil the genetic potentials of plant materials. One of the most important methods for studying genetic diversity is using of Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) analysis of seed protein. SDS-PAGE seems to be a reliable molecular marker to investigate the genetic diversity of chickpea genotypes in IRAN. SDS-PAGE is practically a reliable method because seed storage proteins are largely independent of environmental fluctuation. The main objectives of present research was: (1) to investigate the power of SDS-PAGE markers for estimation of genetic diversity among some chickpea genotypes in west of Iran, (2) to investigate the genetic relationships between chickpea genotypes and (3) to determine and studying main drought indexes in chickpea genotypes could be selected main cultivars in drought and non-drought condition. This information will be useful to improve techniques for sampling chickpea genetic variation which might increase efficiency of conservation of germplasm.

Materials & Methods

Field experiment was carried out with four chickpea cultivars, based on randomized complete blocks design (RCBD) with three replications at the research farm of the Payame Noor University center of Asadabad in two different conditions (Drought conditions and supplementary irrigation) during 2010 cropping season. The cultivars were taken from Dryland Agricultural Research Institute, Sararood. In this study, seed protein profile of four chickpea cultivars include Arman, Hashem, Azad and ILC-482, were analyzed by Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE using 12/5% polyacrylamide). Protein extraction and gel electrophoresis was done By Laemmle (1970) Method. The seeds were powdered separately by liquid nitrogen. Cultivars seed protein were extracted by extraction buffer. At end of electrophoresis, protein bands were revealed by Coomassie Brilliant Blue R-250 staining. Biplot, 3D Plot, coefficient jaccard, cluster analysis and other analyses were done using the statistical software MSTAT-C, NTSYS and SPSS. The data for each cultivar was collected on a plot basis.

Results & Discussion

SDS-PAGE analysis showed significant differences between four cultivars chickpea at 17 and 25 kilo Dalton (kDa) bands. There are strong and weak proteins bands differences between cultivars. On the basis of SDS-PAGE results, 28.75 protein bands were observed with the Molecular Weight (MW) of 14 to 100 kDa. The presence of protein bands about 17 (kDa) in protein pattern of ILC-482, Hashem and Azad Cultivars and the absence of protein bands with approximate molecular weight 14 (kDa) in protein pattern of Arman cultivar can be used as protein markers for these chickpea cultivars. The specific proteins bands of seed may be used as markers for identification of the genotypes. Correlation between agronomic and molecular traits was assessed using Mantel test and significant positive correlation was observed between them. The results of drought stress indices and Biplot analysis suggested Arman genotype was the most tolerant. Biplot analysis also showed HAM and YI selection indices were the best to identify drought tolerant genotypes.

*Corresponding Author: P.O.Box: 19395-4697, mehdikakaei37@gmail.com

Conclusion

In most cases, an intermediate level of polymorphism have been reported with SDS-PAGE markers, and this study showed a considerable amount of polymorphism. We recommend further studies to be conducted by using number of chickpea genotypes as well as bigger and DNA molecular markers. Results of this study can be used in germplasm management practices, developing plant geneticist and breeders for planning future explorations, and crop improvement purposes.

Keywords: Biplot, Jaccard coefficient, Mantel test, Protein Marker, Supplementary irrigation

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) از طریق مدیریت کود شیمیایی و زیستی نیتروژن در تاریخ‌های کاشت مختلف

فریما دعائی^{۱*}، علی نخزری مقدم^۲، علی راحمی کاریزکی^۳ و مجید الداغی^۴

۱- دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد کاووس

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس، اکولوژی گیاهان زراعی، a_nakhzari@yahoo.com

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس، فیزیولوژی گیاهان زراعی، alirahemi@yahoo.com

۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، گیاهپزشکی (بیوتکنولوژی) m_aldaghi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن در تاریخ‌های کاشت مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم آزاد، آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. تاریخ کاشت در دو سطح (۱۵ دی و ۱۳ بهمن ماه)، کود زیستی مزور/یزوبیوم در دو سطح (تلقیح با کود زیستی مزور/یزوبیوم و عدم تلقیح) و کود شیمیایی نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با منشأ اوره) بود. نتایج نشان داد که عامل تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، تعداد غلاف و دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تأثیرگذار بود و مقدار آن‌ها در تاریخ ۱۵ دی بیشتر بود. تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر عامل کود نیتروژن و کود زیستی مزور/یزوبیوم قرار گرفتند. کود زیستی مزور/یزوبیوم تعداد دانه در بوته را نیز تحت تأثیر قرار داد. تیمارهای مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تلقیح با کود زیستی مزور/یزوبیوم بیشترین مقدار صفات را به خود اختصاص دادند. عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه ۱۶/۸ درصد بیشتر از ۱۳ بهمن ماه بود. با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد دانه ۹/۵۷ درصد نسبت به عدم مصرف افزایش یافت. تلقیح با باکتری عملکرد دانه را ۷/۴۸ درصد افزایش داد. بنابراین استفاده از نیتروژن، تلقیح با باکتری و کاشت زودتر فرصت بهتری برای استفاده از منابع محیطی و نیتروژن برای گیاه فراهم کرد، به طوری که موجب افزایش رشد رویشی و به دنبال آن عملکرد دانه شد.

کلیدواژه‌ها: ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، کاشت زودتر، مزور/یزوبیوم

مقدمه

کودهای شیمیایی استفاده می‌شود که به عنوان ابزاری برای دستیابی به حداکثر عملکرد در واحد سطح مطرح می‌باشند. در صورتی که امروزه استفاده بیش از حد از کود شیمیایی باعث بروز مشکلاتی مانند کاهش عملکرد و کیفیت محصولات و آلودگی منابع آب و خاک گردیده است (Chen, 2006)، پیدا کردن راه کارهایی که بتواند مصرف این کودها را کاهش دهد، ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از مبنای کشاورزی اکولوژیک در بوم‌نظام‌های زراعی یکی از راه‌های رفع این مشکل و کاهش این مخاطرات می‌باشد، تا علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، به پایداری سامانه‌های کشاورزی در درازمدت نیز منجر شود. استفاده از کود زیستی جزو راهکارهای دستیابی به این اهداف می‌باشد.

برخی از گیاهان قادر هستند تمام یا بخشی از نیاز نیتروژنی خود را از طریق تثبیت زیستی نیتروژن در نتیجه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین لگووم‌های دانه‌ای (حبوبات) در جنوب آسیا می‌باشد و از نظر اهمیت بعد از لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در رتبه سوم قرار دارد. این گیاه نه تنها برای سلامت انسان بلکه برای سلامت خاک نیز مفید می‌باشد (Ahmad et al., 2005). افزایش محصول تا حد زیادی به نوع کودی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، وابسته است. آزادسازی مواد غذایی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی متفاوت می‌باشد؛ با این حال، هر نوع کود دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشد که موجب رشد محصول و حاصلخیزی خاک می‌شود. امروزه برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان از

* نویسنده مسئول: farima_doeai@yahoo.com

خشک و عملکرد دانه در گیاه نخود شد (Horn et al., 1996). نتایج Naseri et al, (2011) نشان داد که تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تاریخ کشت ۲۸ آبان ماه نسبت به ۱۷ بهمن ماه به طور معنی داری بیشتر بود. علت این امر استقرار و رشد زودتر در ابتدای فصل رشد عنوان شد که سبب استفاده بیشتر از شرایط مساعد محیطی و کاهش تأثیر تنش رطوبتی و حرارتی در اواخر فصل رشد شد.

نظر به اهمیت نخود در بین حبوبات و مدیریت نیتروژن در اکوسیستم‌های زراعی به منظور تأمین نیتروژن کافی برای رشد محصول، عملکرد و کیفیت دانه و حرکت به سوی کشاورزی پایدار با استفاده منابع جایگزین کود نیتروژن از جمله کود زیستی، این پژوهش با هدف بررسی مدیریت کود شیمیایی و زیستی نیتروژن در تاریخ‌های کاشت مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی در منطقه گنبد کاووس انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی مدیریت کود شیمیایی و زیستی نیتروژن در تاریخ‌های کاشت مختلف بر نخود (*Cicer arietinum* L. آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی به اجرا درآمد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۴۶ متر و بر اساس تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه خشک است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بود.

بذر رقم آزاد نخود مورد استفاده در این طرح از مرکز تحقیقات گنبد کاووس تهیه گردید. در این آزمایش، تاریخ کاشت در دو سطح ۱۵ دی ماه و ۱۳ بهمن ماه، کود زیستی مزور/یزوبیوم در دو سطح تلقیح با کود زیستی مزور/یزوبیوم و عدم تلقیح و کود شیمیایی نیتروژن در چهار سطح شامل ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با منشأ اوره بود.

در این تحقیق سویه خالص سازی شده SWRI14 مزور/یزوبیوم از مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران تهیه گردید. به منظور تکثیر سویه مورد نظر، کلنی باکتری به مدت پنج روز در محیط کشت YAM^۱ در انکوباتور با دمای ۲۸±۱ درجه

تعامل با باکتری‌های همزیست تأمین کنند. از این رو، گیاهان تثبیت کننده نیتروژن نسبت به گیاهان غیر تثبیت کننده، از امتیاز بزرگ رقابتی برخوردار می‌باشند (Ladha et al., 2000; Franche et al., 2009). از جمله باکتری‌های همزیست، ریزوبیوم‌ها می‌باشند که در این بین، گیاه نخود با باکتری *Mesorhizobium* رابطه همزیستی برقرار می‌کند (Laranjo et al., 2012). به هر حال، با توجه به نامناسب بودن شرایط محیطی و اقلیمی و استفاده از سموم و علف کش‌ها، جمعیت باکتری‌های ریزوسفری کاهش یافته است (Ahmad & Saghir Khan, 2010). در بررسی تلقیح بذر گیاه نخود با ریزوبیوم و مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن گزارش شد که مصرف کود شیمیایی نیتروژن بین ۵۰ تا ۷۰ کیلوگرم اوره در هکتار به عنوان شروع کننده می‌تواند به بهبود رشد، توسعه و صفات فیزیولوژیک و عملکرد کل نخود تلقیح شده کمک کند (Namvar et al., 2013). در بررسی دیگر، اثر معنی دار استفاده از مزور/یزوبیوم بر عملکرد بوته و زیست توده گیاه نخود گزارش شد (Biabani et al., 2011). Kashfi et al, (2011) بیان کردند که با افزایش مقدار کود آغازگر (پایه) نیتروژن، برخی صفات نخود مانند عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته افزایش معنی داری یافت. علاوه بر نیتروژن، رشد و نمو گیاه تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله تاریخ کاشت نیز قرار می‌گیرد.

تاریخ کاشت یکی از عوامل اصلی در تعیین قدرت و توانایی محصول در برابر شرایط محیطی مختلف (دما و رطوبت) می‌باشد. به دلیل مؤثر بودن شرایط محیطی روی رشد و نمو گیاه، انتخاب تاریخ کشت مناسب برای گیاهان در مزرعه مهم می‌باشد (Said et al., 2012). Sokhtesaraee et al, (2013) گزارش کردند که اثر متقابل تاریخ کاشت و نیتروژن بر صفات تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته سویا (*Glycine max*) معنی دار شد. آن‌ها بیان کردند که در تاریخ کاشت به موقع به دلیل طول دوره رشد و نمو مناسب و افزایش اجزای عملکرد، عملکرد دانه افزایش یافت و همچنین دادن حداقل یک نوبت کود سرک توانست تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد. در گزارشی دیگر بیان شد که عملکرد دانه نخود در تاریخ‌های کاشت اواخر پاییز، اوایل و اواسط زمستان نسبت به تاریخ کاشت اواخر زمستان ۵۰ تا ۸۰ درصد بیشتر بود (López-Bellido et al., 2008). علت این امر، طولانی تر شدن مرحله رویشی و زایشی اعلام شد. در پژوهشی دیگر نیز بیان شد که کاشت در اوایل زمستان نسبت به اواخر زمستان باعث کاهش عملکرد ماده

¹ Yeast Mannitol Agar

سانتی‌گراد کشت داده شد. برای تهیه سوسپانسیون مزور/یزوبیوم به عنوان مایه تلقیح، کلنی رشدیافته روی محیط کشت توسط آب استریل شده جمع‌آوری شد. غلظت موردنظر برای تلقیح 10^9 سلول در هر میلی‌لیتر بود. برای تعیین غلظت مورد نظر، جذب سوسپانسیون ریزوبیومی در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت شد که حدود ۰/۶۰۷ بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه دانشگاه گنبد کاووس

Table 1. Physicochemical characteristics of farm soil of Gonbad Kavous University

بافت	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته
Texture	Total Nitrogen (%)	Phosphorous (mg.kg ⁻¹)	Potassium (mg.kg ⁻¹)	O. C. (%)	EC (dS.m ⁻¹)	pH
سیلتی لومی Loam Silty	0.11	21.2	504	1.11	1.2	7.92

جدول ۲- میانگین درجه حرارت و بارندگی ماهانه در ایستگاه سینوپتیک گنبد کاووس

Table 2. The mean monthly of temperature and rainfall in synoptic stations of Gonbad Kavous

دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
Des-Jan	Jan-Feb	Feb-Mar	Mar-Apr	Apr-May	May-Jun
11.5	8.2	12.8	15.2	22.1	27.0
43.1	49.4	52.1	65.1	27.8	42.8
درجه حرارت (سانتی‌گراد) Temperature (°C)					
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)					

برای تعیین اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تعیین شد. برای تعیین عملکرد دانه، با حذف حاشیه‌ها، دو و نیم مترمربع از سه ردیف وسط برداشت شد (۱/۲۵ مترمربع برای شاخص‌های رشد در نظر گرفته شده بود). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1.3 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر تاریخ کاشت بر تعداد ساقه در بوته در سطح احتمال پنج درصد و بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با توجه به جدول ۳، اثر مزور/یزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد و بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل در مورد هیچ کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۳).

به منظور آماده‌سازی بستر کاشت از دو نوع عملیات شخم و دیسک استفاده شد. در این طرح هر کرت دارای پنج ردیف شش متری به فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک یک متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر و فاصله بوته روی ردیف حدود ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به منظور اطمینان از سبز شدن بذور نخود، در هر کپه دو بذر قرار داده شد و گیاهچه اضافی در مرحله چهاربرگی تنک شد تا گیاه به تراکم اصلی خود، ۳۳ بوته در مترمربع برسد. وجین علف‌های هرز به روش دستی در دو نوبت انجام شد. به منظور تلقیح بذور با کود زیستی مزور/یزوبیوم، سوسپانسیونی از باکتری در محلول آب و شکر چهار درصد با غلظت مشخص 10^9 سلول در هر میلی‌لیتر تهیه گردید و با بذور ترکیب شد. بذور عدم تلقیح نیز با محلول آب و شکر چهار درصد ترکیب شدند. کود اوره در دو مرحله، نیمی در زمان کاشت و نیم دیگر به صورت سرک در مرحله پرشدن دانه قبل از بارندگی با توجه به کاهش رابطه همزیستی بین باکتری و گیاه نخود استفاده شد. در این بررسی با توجه به بارش‌های مناسب در طول فصل رشد کشت به صورت دیم انجام شد. در انتهای فصل رشد، همزمان با زردشدن بوته‌ها و خشک‌شدن غلاف‌ها، برداشت در تاریخ چهارم و دهم خردادماه به ترتیب برای دو تاریخ کاشت ۱۵ دی‌ماه و ۱۳ بهمن‌ماه انجام شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه،

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نخود زراعی تحت تأثیر تاریخ کاشت، نیتروژن و مزورایزوبیوم

Table 3. Analysis of variation (mean squares) for effect of plant height, number of branch, number of pod per plant, number of seed per plant, 100 seed weight, seed yield, biological yield and harvest index in chickpea under planting date, nitrogen and *Mesorhizobium*

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه اصلی Number of main branch	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	4.668 ^{ns}	0.345 ^{ns}	6.007 ^{ns}	3.194 ^{ns}	0.088 ^{ns}	62009 ^{ns}	451724 ^{ns}	5.810 ^{ns}
تاریخ کاشت Planting date	1	703.5**	0.747*	405**	386.2**	7.045	4440225**	2464035**	15.36 ^{ns}
نیتروژن Nitrogen	3	6.020 ^{ns}	0.217 ^{ns}	29.23*	33.16 ^{ns}	0.050 ^{ns}	276031*	1325295*	3.924 ^{ns}
مزورایزوبیوم <i>Mesorhizobium</i>	1	7.552 ^{ns}	0.153 ^{ns}	38.36**	160.4**	4.569 ^{ns}	805749**	2183253*	16.65 ^{ns}
P*N	3	4.500 ^{ns}	0.027 ^{ns}	16.34 ^{ns}	18.86 ^{ns}	0.983 ^{ns}	97358 ^{ns}	306887 ^{ns}	2.383 ^{ns}
P*M	1	0.795 ^{ns}	0.176 ^{ns}	0.036 ^{ns}	0.076 ^{ns}	1.350 ^{ns}	19320 ^{ns}	44713 ^{ns}	0.105 ^{ns}
N*M	3	5.950 ^{ns}	0.100 ^{ns}	2.876 ^{ns}	4.198 ^{ns}	0.566 ^{ns}	53230 ^{ns}	129359 ^{ns}	1.282 ^{ns}
P *N*M	3	2.280 ^{ns}	0.053 ^{ns}	4.778 ^{ns}	11.03 ^{ns}	0.235 ^{ns}	101285 ^{ns}	158674 ^{ns}	4.413 ^{ns}
Errorخطا	30	5.016	0.165	8.516	14.94	1.790	93024	354282	4.585
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		3.665	8.160	9.117	10.440	4.923	9.197	6.329	6.087

ns, * و **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

P, N و M به ترتیب: تاریخ کاشت، نیتروژن و مزورایزوبیوم

ns, * & **: no Significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively
P, N & M: planting date, Nitrogen and *Mesorhizobium*, respectively

ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته

با توجه به جدول ۴، بیشترین ارتفاع و تعداد ساقه در بوته مربوط به تاریخ کاشت اول بود. نظر به بالا بودن دما در دی ماه نسبت به بهمن ماه (جدول ۲) تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه بعد از حدود ۲۰ روز (با متوسط دمای ۱۲/۴ درجه سانتی گراد) و تاریخ کاشت ۱۳ بهمن ماه بعد از حدود ۲۵ روز (با متوسط دمای ۹/۹۷ درجه سانتی گراد) سبز کرد. طولانی شدن دوره رشد رویشی گیاه در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه (حدود ۱۰۰ روز، تاریخ گل دهی ۱۳۹۵/۱/۲۵) نسبت به تاریخ کاشت ۱۳ بهمن ماه (حدود ۸۵ روز، تاریخ گل دهی ۱۳۹۵/۲/۷) به دلیل تأمین نیاز حرارتی گیاه منجر به افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته شد. تاریخ کاشت دیرتر با توجه به افزایش دما در ماه فروردین مراحل رشدی آن سریع تر طی شد. کاشت گیاه در ۱۵ دی ماه باعث شد گیاه به دلیل استقرار زودتر از بارندگی و مواد غذایی

به خوبی استفاده کند و همچنین دمای مناسب مخصوصاً در دوره رشد رویشی منجر به افزایش ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته شد.

نتایج (Goldani & Rezvani Moghaddam (2007) نیز نشان داد که ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته در تاریخ کاشت اول بیشتر از تاریخ کاشت دوم بود. Sokhtesaraee et al., (2013) و (Goldani & Rezvani Moghaddam (2007) نیز معتقدند که با تأخیر در کاشت به دلیل مواجه شدن گیاه با افزایش درجه حرارت، رشد و نمو گیاه تسریع می شود و گیاه دوره رشد رویشی کوتاه تری را طی می کند، به طوری که این عمل موجب کاهش دوره رویشی، رشد، ارتفاع و تعداد شاخه در بوته می شود.

جدول ۴- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود زراعی تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت، نیتروژن و مزورایزوبیوم

Table 4. Comparison of means of plant height, number of branch, number of pod per plant, number of seed per plant, seed yield and biological yield in chickpea under planting data, nitrogen and *Mesorhizobium*

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد ساقه اصلی Number of main branch	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)
planting data تاریخ کاشت						
۱۵ دی ماه 4 Jan.	64.94 ^a	5.10 ^a	34.91 ^a	39.85 ^a	3620 ^a	10120 ^a
۱۳ بهمن ماه 1 Feb.	57.28 ^b	4.85 ^b	29.10 ^b	34.18 ^b	3012 ^b	8687 ^b
Nitrogen (kg/ha) نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)						
0	-	-	30.48 ^c	-	3146 ^b	9075 ^b
20	-	-	30.58 ^{bc}	-	3227 ^{ab}	9242 ^b
40	-	-	33.18 ^{ab}	-	3402 ^a	9452 ^{ab}
60	-	-	33.51 ^a	-	3479 ^a	9845 ^a
<i>Mesorhizobium</i> مزورایزوبیوم						
شاهد Control	-	-	31.11 ^b	35.18 ^b	3186 ^b	9190 ^b
مزورایزوبیوم <i>Mesorhizobium</i>	-	-	32.90 ^a	38.84 ^a	3445 ^a	9617 ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

For each column, values marked with the same letter are no significantly different at the $P \leq 0.05$ level according LSD.

تعداد غلاف در بوته

بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه بود. تاریخ ۱۳ بهمن ماه نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه کاهش ۱۶/۶۴ درصدی در تعداد غلاف در بوته را نشان داد (جدول ۴). طولانی‌شدن دوره رشد گیاه به علت دمای پایین در طول دوره رشد و رشد خوب گیاه در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه که منجر به افزایش طول گیاه و تعداد شاخه در بوته شد (جدول ۴)، تعداد غلاف در بوته را افزایش داد. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد غلاف در بوته با

ارتفاع (** $r=0.72$ ، جدول ۵)، شرایط نیز برای افزایش تعداد غلاف در بوته فراهم شد.

Kobrayi *et al*, (2010) معتقدند که کشت زودهنگام نخود به علت فرار از خشکی آخر فصل و شرایط مساعد رطوبتی در ابتدای فصل می‌تواند منجر به افزایش تعداد غلاف‌ها گردد. نتایج بررسی López-Bellido *et al*, (2008) و (2011) Naseri *et al*, نیز نشان داد که با کاهش طول دوره رشد گیاه، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین تعداد ساقه اصلی در بوته، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه

و عملکرد بیولوژیک نخود

Table 5. Correlation coefficients among number of branch, plant height, number of pod per plant, number of seed per plant, seed yield and biological yield in chickpea

صفات Traits	تعداد ساقه اصلی Number of main branch 1	ارتفاع بوته Plant height 2	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant 3	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant 4	عملکرد دانه Seed yield 5	عملکرد بیولوژیک Biological yield 6
1	1					
2	0.21 ^{ns}	1				
3	0.33**	0.72**	1			
4	0.24 ^{ns}	0.65**	0.92**	1		
5	0.27 ^{ns}	0.72**	0.93**	0.95**	1	
6	0.47**	0.72**	0.88**	0.85**	0.92**	1

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

ns, * & **: no Significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته ($r=0.92^{**}$) نیز مؤید این نتیجه است (جدول ۵). نتایج این آزمایش همسو با نتایج (2008) Togay *et al* و (2011) Biabani *et al* در مورد افزایش تعداد دانه در بوته با تلقیح رایزوبیوم در گیاه نخود بود.

عملکرد دانه

با توجه به جدول ۴، بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه به دست آمد، به طوری که تاریخ کاشت ۱۳ بهمن ماه کاهش ۱۶/۸ درصدی نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه داشت. تحت تأثیر تاریخ کاشت، عوامل محیطی مانند دما با تأثیر بر روی سرعت نمو گیاه و طول دوره رشد گیاه نقش تعیین کننده‌ای در اندازه گیاه و در نهایت عملکرد دانه دارند (Lawlor *et al*., 2001). در این پژوهش نیز با توجه به اثر مثبت تاریخ کاشت اواسط دی ماه بر طول دوره رشد به دلیل مواجه شدن با دمای کمتر و صفاتی همچون ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته و نظر به وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته ($r=0.72^{**}$)، تعداد غلاف در بوته ($r=0.93^{**}$) و تعداد دانه در بوته ($r=0.95^{**}$) در این مطالعه (جدول ۵)، عملکرد دانه افزایش یافت.

رابطه‌های موجود در شکل ۱ نیز مؤید این نکته می‌باشد که با کاشت در تاریخ ۱۵ دی ماه، فرصت بیشتری برای استفاده از منابع مانند نیتروژن فراهم شد، به طوری که با هر واحد افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد دانه ۶/۸۷ و ۴/۷۶ کیلوگرم به ترتیب در تاریخ کاشت ۱۵ دی و ۱۳ بهمن افزایش یافت. شیب بیشتر نشان دهنده واکنش بهتر عملکرد دانه به تاریخ کاشت اول می‌باشد.

(López-Bellido *et al*., 2008) نیز طولانی تر شدن مرحله رویشی و زایشی (پر شدن دانه و رسیدگی دانه) را دلیلی بر عملکرد بیشتر دانه در تاریخ‌های کاشت اواخر پاییز، اوایل و اواسط زمستان نسبت به تاریخ کاشت اواخر زمستان دانستند. آن‌ها همچنین افزایش تعداد غلاف در بوته را از عوامل تأثیرگذار روی افزایش عملکرد بیان نمودند. (Kobrayi 2010) *et al*، معتقدند که وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه نشان دهنده آن است که تاریخ کاشت می‌تواند عملکرد نهایی را از طریق تغییر در تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر قرار دهد. در بررسی Soleimani *et al*، (2010) افزایش تعداد غلاف در بوته منجر به افزایش عملکرد دانه شد.

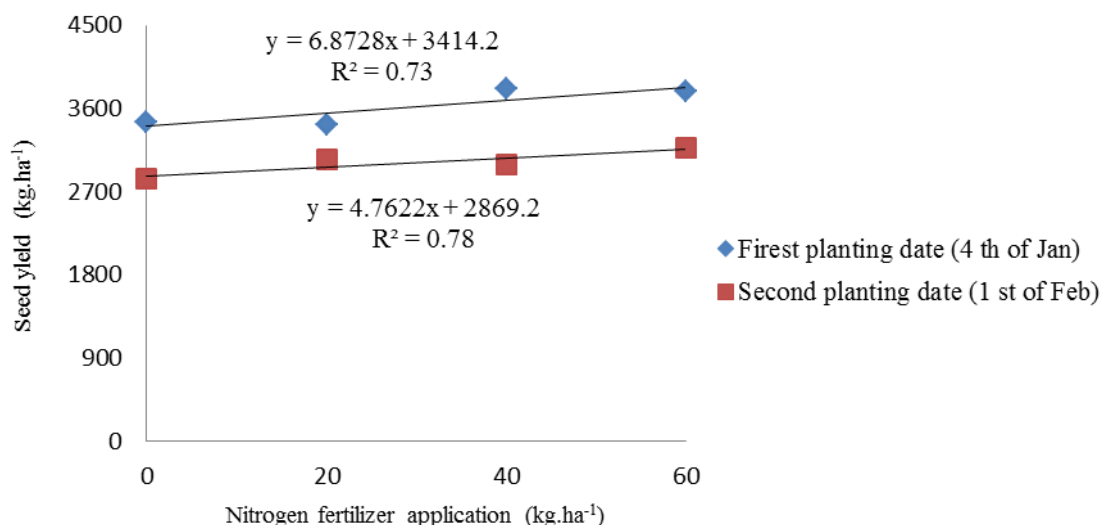
تیمار مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین و شاهد، کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (جدول ۴). با توجه به جدول ۴، با افزایش صفات مورفولوژیکی نظیر ارتفاع و تعداد ساقه اصلی در گیاه با مصرف نیتروژن، تعداد غلاف در بوته نیز افزایش یافت. (Lawlor *et al*., 2001) نیز به اثر مثبت تأمین نیتروژن روی اجزای عملکرد دانه از طریق بهبود اندام رویشی اشاره داشت. نتایج بررسی (Namvar *et al*., 2011) نیز نشان از پاسخ معنی دار گیاه نخود به مصرف کود نیتروژن در تعداد غلاف در بوته بود، به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم اوره حاصل شد. نتیجه مشابهی توسط (Amany 2007) نیز در گیاه نخود گزارش شد.

با تلقیح بذر با مزور/ایزوبیوم تعداد غلاف بیشتری تولید شد (جدول ۴). با توجه به این که مواد غذایی یکی از عوامل مؤثر در کاهش یا افزایش اجزای عملکرد است (Koocheki & Sarmadnia, 2013) و تلقیح با باکتری، نیتروژن و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌دهد، لذا به نظر می‌رسد تأمین نیتروژن از طریق تثبیت زیستی باعث افزایش تعداد گل‌های بارور و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته شد. (2011) Biabani *et al* و (2013) Namvar *et al* هم گزارش کردند که تلقیح با رایزوبیوم باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شد.

تعداد دانه در بوته

تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه نسبت به تاریخ ۱۳ بهمن ماه، افزایش ۵۵/۶۷ دانه در بوته را به همراه داشت (جدول ۴). نظر به همبستگی بین ارتفاع و تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در بوته (جدول ۵)، به نظر می‌رسد کوتاه تر شدن دوره رشد با کاهش اندام هوایی گیاه و تعداد غلاف در بوته (جدول ۴) باعث کاهش تعداد دانه در بوته شد. (Sokhtesaraee *et al*., 2013) و (Kobrayi *et al*., 2010) نیز کاهش دوره رویشی را علت پایین بودن تعداد دانه در بوته با تأخیر در کاشت به ترتیب در گیاه سویا و نخود اعلام کردند.

مصرف مزور/ایزوبیوم تعداد دانه در بوته را افزایش داد (جدول ۴). با توجه به این که تأمین نیتروژن روی همه اجزای عملکرد دانه از طریق بهبود اندام رویشی تأثیر می‌گذارد (Lawlor *et al*., 2001) در این پژوهش نیز انجام تلقیح باعث بهبود اندام رویشی شد، هر چند اختلاف بین تیمارهای مزور/ایزوبیوم معنی دار نبود (جدول ۴). همچنین، یکی از عوامل مؤثر در تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته است. با افزایش تعداد غلاف در بوته با مصرف مزور/ایزوبیوم، تعداد دانه در بوته هم افزایش یافت (جدول ۴). رابطه مثبت و معنی دار بین تعداد



شکل ۱- رابطه رگرسیونی بین مصرف کود نیتروژن و عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های مختلف

fig1. Regression communication between use of nitrogen fertilizer and seed yield in different planting dates.

به تولید اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه بیشتر می‌شود (Namvar et al., 2011).

تلقیح باکتری مزور/ریزوبیوم باعث افزایش ۷/۴۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم تلقیح شد (جدول ۴). با توجه به جدول ۴، تلقیح با مزور/ریزوبیوم اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته - که از اجزای عملکرد به‌شمار می‌روند - و به تبع آن عملکرد دانه داشت. Giri & Joshi (2010) نیز برای اطمینان از جمعیت بهینه ریزوبیوم‌ها در ریزوسفر، تلقیح بذور لگوم با سویه‌های مؤثر ریزوبیوم را امری ضروری دانستند. (Togay et al, 2008) گزارش کردند که عملکرد دانه به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر تلقیح با ریزوبیوم در هر دو سال آزمایش قرار گرفت، به‌طوری‌که عملکرد دانه در تیمار تلقیح بذر با ریزوبیوم افزایش یافت. نتایج پژوهش Verma et al, (2013) نیز نشان داد که استفاده از مزور/ریزوبیوم نسبت به عدم استفاده از آن موجب موجب افزایش عملکرد دانه شد. (Romdhane 2007) تلقیح با ریزوبیوم‌ها را برای افزایش عملکرد نخود ضروری دانست.

عملکرد بیولوژیک

مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک بود. با توجه به جدول ۴، عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت ۱۵ دی‌ماه، افزایش ۱۴/۱۶ درصدی نسبت به تاریخ کاشت ۱۳ بهمن‌ماه داشت. مطلوب‌بودن دما در تاریخ کاشت ۱۵ دی‌ماه منجر به افزایش طول دوره رشد و در نتیجه

بالاترین میزان مصرف نیتروژن (۶۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش ۹/۵۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد، ولی با تیمار مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). عملکرد بوته تحت تأثیر تعداد دانه در بوته و وزن دانه است (Lawlor et al., 2001). تعداد دانه در بوته هم تحت تأثیر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است. با توجه به این که تعداد اندام زایشی نظیر تعداد غلاف و تعداد دانه با مصرف نیتروژن به‌طور معنی‌دار افزایش یافتند (جدول ۴)، به نظر می‌رسد که عامل مؤثری در افزایش عملکرد بود. وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در غلاف نیز در این پژوهش با مصرف نیتروژن نسبت به عدم مصرف افزایش یافت که داده‌ها به دلیل عدم معنی‌داری آورده نشده است. از طرفی، با توجه به این که در مراحل اولیه رشد به دلیل رشد کم گیاه و عدم تشکیل رابطه همزیستی با باکتری، میزان تثبیت نیتروژن ناکافی به‌نظر می‌رسد، می‌توان از کود نیتروژن به‌عنوان شروع کننده در بهبود رشد رویشی و تأمین کربوهیدرات لازم برای انتقال از گیاه به باکتری و همچنین افزایش عملکرد گیاه استفاده نمود. (Sokhtesaraee et al, 2013), (Kashfi et al, 2011), (Caliskan et al, 2008), (Namvar et al, 2011) نیز گزارش کردند کود پایه و سرک نیتروژن منجر به بهبود رشد اولیه و عملکرد می‌شود.

به‌هرحال تأمین مکمل کافی نیتروژن برای گیاهان باعث افزایش رشد و توسعه گیاه می‌شود که در این حالت گیاه قادر

(جدول ۴) شد که به همراه این صفات، عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد در تاریخ کاشت ۱۵ دی ماه، مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تلقیح با باکتری *مزورایزوبیوم* نسبت به تاریخ کاشت ۱۳ بهمن ماه، عدم مصرف کود شیمیایی و عدم تلقیح به ترتیب ۱۶/۸، ۹/۵۷ و ۷/۴۸ درصد افزایش داشت. استفاده از کود نیتروژن و کود زیستی *مزورایزوبیوم* به دلیل تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه و همچنین تاریخ کاشت زودتر به دلیل طول دوره رشد بیشتر، فرصت بهتری برای استفاده از منابع محیطی و نیتروژن برای گیاه فراهم کرد، به طوری که موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته و اجزای عملکرد نظیر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته شد و به دنبال آن نیز عملکرد گیاه افزایش یافت. *مزورایزوبیوم* و نیتروژن تقریباً اثر مشابهی در سال آزمایش داشتند. در این صورت تلقیح به دلیل عدم مصرف نیتروژن مطلوب‌تر بود، اما ممکن است در سال‌های بعد اثر نیتروژن بیشتر از *رایزوبیوم* باشد، لذا در کل مشکل می‌توان فقط تلقیح را مناسب دانست و فقط برای سال آزمایش می‌توان این چنین نتیجه گرفت. بهتر است اتکای بیشتر روی استفاده حداکثری منابع داخلی باشد. از این رو لازم است خصوصاً در کشت دیم برای بهره‌گیری از منابع داخلی نظیر بارش، تاریخ کاشتی که شرایط مناسبی را برای گیاه در طول دوره رشد فراهم می‌کند، انتخاب شود.

بهبود صفات رویشی و زایشی شد و در نهایت باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد. نتایج تحقیقات (Kobrayi et al, 2010) و (Naseri et al, 2011) نیز نشان داد عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. (Naseri et al, 2011) بیان کردند که افزایش طول دوره رشد رویشی و همچنین استقرار خوب بوته‌ها باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت زودتر شد.

افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد، با این حال تفاوت معنی‌داری بین مصرف ۶۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار وجود نداشت (جدول ۴). نیتروژن به عنوان یکی از عناصر مهم در رشد و توسعه گیاه شناخته شده است، به طوری که در بسیاری از بررسی‌ها تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش ارتفاع، تعداد ساقه، سطح برگ و در نتیجه وزن ماده خشک اندام هوایی گزارش شده است (Soleimani & Walley et al., 2004; Asgharzadeh, 2010).

با توجه به جدول ۴، تلقیح با *مزورایزوبیوم* باعث افزایش ماده خشک به مقدار ۴۲۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. نتایج بررسی (Togay et al, 2008) و (Salimi et al, 2010) نشان داد که تلقیح با *رایزوبیوم* بر عملکرد بیولوژیک تأثیر مثبت داشت. با توجه به نقش باکتری *رایزوبیوم* در تثبیت نیتروژن و تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، تلقیح با آن باعث افزایش رشد رویشی گیاه، افزایش وزن کاه و زیست‌توده گیاهی (Noroozi et al., 2011; Biabani et al., 2013; Verma et al., 2013) و افزایش عملکرد دانه

منابع

- Ahemad, M., and Saghir Khan, M. 2010. Ameliorative effects of *Mesorhizobium* sp. MRC4 on chickpea yield and yield components under different doses of herbicide stress. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 98: 183-190.
- Ahmad, F., Gaur, P., and Croser, J. 2005. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In: R.J. Singh, P.P. Jauhar (Eds.). *Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement-grain Legumes* 1: 185-214.
- Amany, A.B. 2007. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3(4): 220-223.
- Biabani, A., Carpenter Boggs, L., Katozi, M., and Sabouri, H. 2011. Effects of seed deterioration and inoculation with *Mesorhizobium ciceri* on yield and plant performance of chickpea. *Australian Journal of Crop Science* 5(1): 66-70.
- Caliskan, S., Ozkaya, I., and Arslan, M., 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a mediterranean-type soil. *Field Crops Research* 108: 126-132.
- Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. October 16-20, 2006. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Bangkok, Thailand, p. 20.
- Goldani, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14(1): 229-242. (In Persian with English Summary).

8. Franche, C., Lindstro, M.K., and Elmerich, C. 2009. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. *Plant and Soil* 321: 35-59.
9. Giri, N., and Joshi, N.C. 2010. Growth and yield response of chickpea (*Cicer arietinum*) to seed inoculation with *Rhizobium* sp. *Nature and Science* 8(9): 232-236.
10. Horn, C., Birch, C., Dalal, R., and Doughton, J. 1996. Sowing time and tillage practice affect chickpea yield and nitrogen fixation. 1. Dry matter accumulation and grain yield. *Animal Production Science* 36: 695-700.
11. Kashfi, S.M.H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 2(1): 11-20. (In Persian with English Summary).
12. Kobrayi, S., Shams, K., and Pazoki, A.R. 2010. Effect of cultivar and sowing date on grain yield and quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agronomy and Plant Breeding* 6(2): 53-64. (In Persian).
13. Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 2013. *Physiology of Crop Plants*. Jihad Daneshgahi Mashhad Publication.
14. Ladha, J.K., Dawe, D., Ventura, T.S., Singh, U., Ventura, A.W., and Watanabe, I. 2000. Long-term effect of urea and green manure on rice yield and nitrogen balance. *Soil Science Society of America Journal* 64(6): 1993-2001.
15. Laranjo, M., Young, J.P., and Oliveira, S. 2012. Multilocus sequence analysis reveals multiple symbiovars within *Mesorhizobium* species. *Systematic and Applied Microbiology* 35: 359-367.
16. Lawlor, D.W., Lemaire, G., and Gastal, F. 2001. Nitrogen, Plant Growth and Crop Yield. In: P.J. Lea and J.F. Morot-Gaudry. *Plant Nitrogen*. Springer Berlin Heidelberg. p. 343-367.
17. López-Bellido, F.J., López-Bellido, R.J., Khalil, S.K., and López-Bellido, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 100: 957-964.
18. Namvar, A., Seyed sharifi, R., Sedghi, M., Asghari Zakaria, R., Khandan, T., and Eskandarpour, B. 2011. Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield, yield components, and nodulation state of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42: 1097-1109.
19. Namvar, A., Seyed Sharifi, Khandan, T., and Jafari Moghadam, M. 2013. Seed inoculation and inorganic nitrogen fertilization effects on some physiological and agronomical traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in irrigated condition. *Journal of Central European Agriculture* 14(3): 28-40.
20. Naseri, R., Siyadat, S.A., Soleymani Fard, A., Soleymani, R., and Khosh Khabar, H. 2011. Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research* 2(2): 7-18. (In Persian with English Summary).
21. Noroozi, V., Didehban, B., and Pourebadi, A.R. 2011. Effect of nitrogen level and seed inoculation with *rhizobium* bacteria on yield and yield components of Azad cultivar of chickpea in tropical dry land condition in gachsaran. 5th National Conference on New Ideas in Agriculture. February 15-16, Islamic Azad University (Isfahan Branch). p. 1-4. (In Persian with English Summary).
22. Romdhane, S.B., Tajini, F., Trabelsi, M.M Elarbi Aouani, M., and Mhamdi, R. 2007. Competition for nodule formation between introduced strains of *Mesorhizobium ciceri* and the native populations of *Rhizobia* nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) in Tunisia. *World Journal Microbiol Biotechnol* 23: 1195-1201.
23. Said, A., Gul, H., Saeed, B., Haleema, B., Badshah, N.L., and Parveen, L. 2012. Response of wheat to different planting dates and seeding rates for yield and yield components. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 7: 138-140.
24. Salimi, H., Abbasdokht, H., Asghari, H.R., and Rezvani Moghaddam, P. 2010. The effect of priming, *Rhizobium* and manure on the yield of chickpea. 11th Iranian Crop Science Congress. p. 3227-3230. (In Persian).
25. Sokhtesaraee, M., Faraji, A., Dadashi, M.R., and Hezarjaribi, E. 2013. The effect of planting date and nitrogen fertilizer on soybean pods Katool cultivars (DPX) in Golestan province. *Plant and Ecosystem* 9(1-35): 103-114. (In Persian with English Summary).

26. Soleimani, R., and Asgharzadeh, A. 2010. Effects of *Mesorhizobium* inoculation and fertilizer application on yield and yield components of rainfed chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 1-8. (In Persian with English Summary).
27. Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K.M., and Turan, M. 2008. Effect of *Rhizobium* inoculation, sulfur, and phosphorus application on yield, yield components, and nutrient uptake in chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Biotechnology 7(6): 776-782.
28. Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., and Kumar, A. 2013. Effect of indigenous *Mesorhizobium* spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. Ecological Engineering 51: 282-286.
29. Walley, F., Kyei-Boahen, S., Hnatowich, G., and Stevenson, C. 2004. Nitrogen and phosphorus fertility management for desi and Kabuli chickpea. Canadian Journal of Plant Science 85: 73-79.

Chemical and biological fertilizer management of nitrogen effects on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in different planting dates

Doaei^{1*}, F., Nakhzari Moghaddam², A., Rahemi Karizaki³, A. & Aldaghi⁴, M.

1. Ph.D. Graduated, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University
2. Assistant Professor, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, a_nakhzari@yahoo.com
3. Assistant Professor, Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, alirahemi@yahoo.com
4. Assistant Professor, Plant Protection (Biotechnology), Agriculture and Natural Resources Research Center, Mazandaran

Received: 24 December 2016
Accepted: 3 June 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.60084

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is commonly the most important food seed legume in South Asia. Nitrogen is generally a major limiting nutrient for the growth of many plants in many environments. Some plants are able to provide all or part of its nitrogen demand through biological nitrogen fixation as a result of interaction with symbiotic bacteria. *Mesorhizobium* have a symbiotic association with chickpea. Planting date is one of the important factors which determine the ability of the crop to stand against different environmental conditions (air, temperature and humidity) in the field, when environmental conditions are conducive for growth and development. Results obtained from other studies clearly have indicated that N application and *Rhizobium* inoculation had significant effects on yield and yield components. The greatest values of plant height, number of primary and secondary branches, number of pods per plant, number of grains per plant, seed yield and biological yield were obtained from the highest level of N fertilizer (100 kg. ha⁻¹ urea) and *Rhizobium* Inoculation. López-Bellido *et al*, (2008) reported that early planting date improved chickpea yield.

Materials & Methods

A field experiment was conducted on experimental farm of the Gonbad Kavous University during the growing season of 2015-2016. The experimental layout was factorial based on RCBD with three replications and three factors. Nitrogen was in four levels (no application, application of 20, 40 and 60 kg nitrogen ha⁻¹). Planting dates was in two levels (4th of January and 1st of February) and *Mesorhizobium* biological fertilizer was in two levels (inoculation with *Mesorhizobium* and no inoculation). Half of nitrogen was used at planting and the other half was used during grain filling stage. Seeds in inoculation treatments were inoculated with *Mesorhizobium*, strain SWRI14, which were obtained from the Soil and Fertilizer Research Institute, Tehran. The OD's were adjusted so that the cell concentration was 109 CFU ml⁻¹. Plots (1.5 m × 6 m) were designed as 5 rows per plot. To determine the yield components, 10 plants were selected and traits like plant height, branch numbers, number of pods per plant, number of seeds per plant, 100-seed weight, biological yield and harvest index were recorded or calculated. Seed yield was obtained by removing of two border lines and 0.5 m of each sides of three middle rows. Comparison of means was performed by LSD test for 5% probability level by using SAS statistical software version 9.1.3.

Results & Discussion

The results showed that planting date had significant effect on traits of number of stems per plant at the level of 5%, however for plant height, number of pods per plant, number of seeds per plant, seed yield and biological yield were significant at the level of 1%. These traits were higher planting date of 4 Jan. Number of pods per plant, seed yield and biological yield were significantly affected by nitrogen at 5% level. The greatest values of this trait were obtained from application of 60 kg.ha⁻¹ of nitrogen fertilizer but did not have

*Corresponding Author: farima_doei@yahoo.com

significant differences with 40 kg.ha⁻¹ of nitrogen fertilizer. *Mesorhizobium* influenced the number of pods per plant, number of seeds per plant and seed yield at level of 1% and biological yield at the level of 5%. *Mesorhizobium* inoculation increased all traits. The interaction effects of factors were not significant for any of the traits. It seems that based on the correlation between these traits with seed yield, yield components had a positive and decisive role on seed yield

Conclusion

The results showed that application of nitrogen fertilizer and *Mesorhizobium* biofertilizer due to the supply of part of required nitrogen of plant, and also early planting date due to more growth period, provided better opportunities for capturing the environmental resources and nitrogen. As a result, first planting date, use of nitrogen and *Mesorhizobium* inoculation increased plant growth and seed yield in this study.

Keywords: Biological yield, Early planting date, *Mesorhizobium*, Plant height

تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام عدس

سیدحسین صباغ‌پور^{۱*}، حجت‌الله شهبازی^۲ و رضا رضاخانلو^۳

۱- استاد پژوهش بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، shahbazi.h22@gmail.com

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، reza.rezakhanlou@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۸

چکیده

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولیدات کشاورزی به ویژه در بخش زراعی، موجب صدمات زیست‌محیطی و اختلال در حاصلخیزی خاک می‌شود. به منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های عدس، تحقیقی در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان انجام شد. این آزمایش در قالب فاکتوریل و بر مبنای طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار با پنج تیمار کودی (شاهد، سوپرنیتروپلاس، نیتروکسین، ریزوچک و کود شیمیایی نیتروژنه به عنوان استارتر) و سه رقم (بیل‌سوار و کیمیا، رقم محلی) اجرا شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار کودی تأثیر معنی‌داری از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، زیست‌توده تولیدی و عملکرد دانه داشت. ارقام مورد مطالعه نیز از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، زیست‌توده تولیدی، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار آماری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم در صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار مصرف کود ریزوچک و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود. افزون بر این، تیمار ریزوچک به ترتیب موجب افزایش ۲۹، ۱۶ و ۴۹ درصدی زیست‌توده، ارتفاع بوته و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. در بین ارقام مورد بررسی، رقم بیل‌سوار عملکرد بالاتری نسبت به عدس رقم محلی تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: ریزوچک، سوپرنیتروپلاس، غلاف‌دهی، کود شیمیایی، نیتروکسین

مقدمه

Agriculture, 2016). عوامل زیادی در پایین‌بودن عملکرد

حبوبات در کشور مؤثر می‌باشد. یکی از این عوامل، عدم تأمین نیاز غذایی مناسب در مزارع کشاورزان است. به نظر می‌رسد که این گیاه نسبت به دیگر حبوبات، سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی کشور داشته و با توجه به محدودیت‌های موجود در تأمین پروتئین‌های حیوانی، می‌تواند بخشی از پروتئین مورد نیاز کشور را تأمین نماید (Sabaghpour, 2015).

ریزوبیوم‌ها از مفیدترین باکتری‌های خاکری هستند که استفاده از آنها در سطح جهانی به عنوان یک کود بیولوژیک نیتروژنی در کشت حبوبات و گیاهان لگوم علوفه‌ای از دیرباز معمول و متداول بوده است. با این‌که بیش از یک قرن است که شناخت نقش مفید ریزوبیوم‌ها در تثبیت نیتروژن مولکولی می‌گذرد، ولی متأسفانه در خصوص توانایی‌های این گروه مهم از باکتری‌های خاکری به جز در محدوده گیاهان لگوم استفاده عملی زیادی نشده است (Vessy, 2003). در پژوهشی تلقیح

حبوبات جزو اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می‌دهد، زیرا مقادیر قابل توجه پروتئین مرغوب موجود در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی فراهم نماید (Parsa & Bagheri, 2008). در بین حبوبات، در ایران عدس (*Lens culinaris* L.) دومین گیاه پس از نخود از نظر سطح زیرکشت و تولید دارای اهمیت است. سطح زیرکشت این گیاه حدود ۱۳۲ هزار هکتار برآورد شده است که معادل ۱/۱۶ درصد از کل سطح محصولات زراعی و حدود ۱۸/۴۹ درصد از کل سطح برداشت حبوبات است و در این میان سهم اراضی دیم عدس ۹۵ درصد است. میزان عملکرد عدس در شرایط دیم در کشور ۵۵۸ کیلوگرم در هکتار است (Ministry of Jihad -e-)

*نویسنده مسئول: sabaghpour@yahoo.com

ریزوبیومی هر گیاه، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و محتوی پروتئین دانه‌ها به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Elsheik & Hadi, 1999).

با توجه به اهمیت و نقش گیاه عدس در تغذیه انسان و اثرات مفید کودهای بیولوژیک بر روی گیاهان و خاک، این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام محلی و اصلاح‌شده عدس و توصیه مناسب‌ترین کود بیولوژیک جهت افزایش عملکرد در واحد سطح اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان (ایستگاه اکباتان) با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۶۷۱ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک و سرد و کوهستانی است. میانگین درجه حرارت در گرم ترین ماه سال یعنی مرداد ماه ۲۳/۶۶ درجه سانتی‌گراد و در سردترین ماه سال یعنی بهمن ۲/۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه آن ۲۹۸/۲ میلی‌متر می‌باشد که ۶۵ تا ۷۵ درصد آن به صورت باران و مابقی بصورت برف می‌باشد. بارندگی عمدتاً از نیمه دوم آبان ماه تا نیمه اول اردیبهشت ماه صورت می‌گیرد. قبل از انجام آزمایش نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه مورد نظر تهیه و جهت انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی به بخش خاک و آب منتقل گردید. نتایج خصوصیات خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است.

بذر گندم با باکتری آزوسپیریلوم موجب افزایش جذب آهن، منیزیم، روی، مس، نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب به مقدار ۱۶، ۲۰، ۱۸، ۲۱، ۱۷، ۱۴ و ۲۰ درصد گردید (Ardekani et al., 2000). نتایج بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و تقسیط کود نیتروژن بر شاخص‌های رشد، عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک تربیتکاله نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و تقسیط کودی، موجب افزایش عملکرد و بهبود شاخص‌های رشدی و صفات مورفولوژیک گردید (Hasanzadeh & Seyedsharifii, 2014). در تحقیق دیگری مصرف تلفیقی کودهای بیولوژیک با کود شیمیایی موجب افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، تولید ماده خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص دوام سطح برگ و نسبت سطح برگ در گیاه ذرت گردید (Moghimy & Yousefi, 2010). (Eydizadeh et al., 2010). اعلام کردند که کود بیولوژیک نیتروکسین از طریق تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های محرک رشد در افزایش عملکرد گلرنگ تأثیر مثبتی دارد. (Shakeri et al, 2012) نیز بیان کردند که افزایش کود شیمیایی نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد روغن، درصد اسید اولئیک، اسید لینولنیک و اسید آراشیدیک در کنجد داشت. در مطالعه دیگری تلقیح انواع لوبیا با سویه‌های باکتری موجب برتری صفاتی چون عملکرد دانه، وزن و تعداد گره در ریشه، درصد و عملکرد پروتئین نسبت به تیمار بدون تلقیح گردید (Mehrpoyan & Shirni Rad, 2011). در آزمایشی اثرات تلقیح ریزوبیومی بر شش رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که تعداد کل گره‌های

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه ایستگاه تحقیقات اکباتان همدان
Table 1. Physicochemical characteristics of farm of Ekbatan research station on Hamedan

نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	شاخص واکنش	بافت
Total Nitrogen (%)	Available Phosphorous (mg.kg ⁻¹)	Available Potassium (mg.kg ⁻¹)	O.C. (%)	EC (dS.m ⁻¹)	pH	Texture
0.06	15.2	586	0.62	0.76	8.04	Clay loam

سوپرنیتروپلاس؛ ۳- کود زیستی نیتروکسین؛ ۴- ریزوچک؛ و ۵- کود شیمیایی نیتروژن (۲۰ کیلوگرم در هکتار با منشاء اوره) بود. غلظت باکتری در کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس ۱۰^۸ اسپور و حاوی سلول زنده باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtilis*)، سودوموناس فلورسسنس (*Pseudomonas fluorescens*) و گونه‌های (*Azospirillum* spp) است که مصرف آن در گیاهان

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در اسفندماه ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان همدان در شرایط دیم در مزرعه اجرا گردید. هر کرت شامل چهار خط چهار متری بود. فاکتور رقم شامل یک رقم توده محلی، رقم بیل‌سوار و رقم کیمیا و فاکتور کود در پنج سطح شامل ۱- شاهد (بدون کود)؛ ۲- کود زیستی

به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس وزن و یادداشت‌برداری گردید. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار EXCEL و SAS. Ver. 9.1، داده‌های آزمایش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، نمودارها ترسیم و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تیمار مدیریت کودی گیاه عدس تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی داشت. ارقام مورد بررسی نیز از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی اختلاف معنی‌داری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم در خصوص این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمار کودی نشان داد که مصرف کود بیولوژیک نیتروکسین موجب تأخیر در گل‌دهی شد (جدول ۲). مقایسه ارقام از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی نیز نشان داد که رقم کیمیا زودتر به مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی رسیده است (جدول ۳). در پژوهش مشابهی رقم کیمیا با پایداری بالای عملکرد و زودگل‌دهی از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی متمایز بود (Sabaghpour et al., 2013). در آزمایش فعلی رقم محلی همدان دیرتر از سایر ارقام به مرحله گل‌دهی رسید (جدول ۳). نتایج تحقیقات Solemani & Khodarahmi et al, (2013) و Asgharzadeh (2010) در گیاه نخود حاکی از تأثیر معنی‌دار باکتری مزوریزوبیوم بر تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی بود.

تیمار مدیریت کودی تأثیر معنی‌داری (سطح احتمال ۱ درصد) بر روی صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌بندی داشت. همچنین ارقام مورد استفاده از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌بندی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم در مورد این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مصرف نیتروکسین باعث شد تا تمامی ارقام دیرتر وارد مرحله غلاف‌بندی شوند (جدول ۳). در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم کیمیا زودتر از سایر ارقام وارد مرحله غلاف‌بندی شد (جدول ۳). مصرف سوپرنیتروپلاس موجب زود غلاف‌دهی ارقام شد (جدول ۳). نظر به این که ۹۷ درصد عدس در کشور در شرایط دیم کشت می‌گردد و تنش خشکی آخر فصل یکی از عوامل اصلی در کاهش عملکرد در واحد سطح است (Sabaghpour, 2015)، زودرسی ژنوتیپ‌ها می‌تواند میزان خسارت تنش خشکی آخر فصل را کاهش دهد. نتایج پژوهشی نشان داد لوبیاهایی که در شرایط تثبیت نیتروژن رشد کرده بودند، نسبت به آنهایی که نیتروژن آن‌ها از طریق غیرآلی تهیه شده بود، به خشکی مقاوم‌تر بودند (Lodeiro et al., 2000). در تحقیقی

مختلفی مانند ذرت، گندم و ارزن افزایش عملکرد را به دنبال داشته است (Sharma, 2004). کود زیستی نیتروکسین حاوی ۱۰^۸ باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن از نوع ازتوباکتر (*Azotobacter*) و آزوسپریلیوم (*Azospirillum*) است که علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه مانند اکسین و نیز ترشح اسیدهای آمینه مختلف سبب رشد و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی گیاه می‌گردد (Pourakbar et al., 1999). ریزوچک حاوی ۱۰^۷ باکتری‌های از جنس سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) و ۱۰^۸ باکتری از جنس مزورایزوبیوم سیسری (*Mesorhizobium ciceri*) است که تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد نخود داشته است (Asgharzadeh et al., 2000).

رقم اصلاح‌شده عدس کیمیا رقمی پرمحصول و با پایداری بالای عملکرد جهت کشت در مناطق نیمه‌گرمسیر، معتدل سرد و سرد کشور در سال ۱۳۸۸ معرفی شد (Sabaghpour et al., 2013). رقم اصلاح‌شده بیله‌سوار نیز که رقمی پرمحصول، دانه درشت و متحمل به بیماری پژمردگی فوزاریومی (*Fusarium oxyporum* f.sp. *lentis*) است که جهت کشت در مناطق نیمه‌گرمسیر، معتدل سرد و سرد کشور در سال ۱۳۹۱ معرفی شد (Sabaghpour et al., 2017).

بذرهای پس از آغشته‌شدن با محلول چسباننده، با ماده تلقیحی مخلوط گردیدند. بذرهای تلقیح‌شده پس از خشک‌شدن در سایه بعد از ۱۵ دقیقه کشت شدند (Koutroubas et al., 2009). در تیمار مصرف کود شیمیایی، کود نیتروژن اوره به میزان ۴۴ کیلوگرم در هکتار در زمان کشت به خاک مزرعه اضافه گردید. کاشت پس از یک شخم سطحی، سیکلوتیلر و ایجاد خطوط کشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع در شرایط دیم با رطوبت مناسب مزرعه در تاریخ ۱۳۹۳/۱۲/۲۵ انجام گرفت.

در طول رشد و نمو علاوه بر کنترل علف‌های هرز از صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد روز تا رسیدن کامل، یادداشت‌برداری شد. عملکرد دانه در هر کرت با حذف دو خط کناری و ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت از دو خط وسطی در سطح ۲/۱۰ مترمربع برداشت گردید و برای یادداشت‌برداری از صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های اصلی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه از پنج بوته انتخابی به‌صورت تصادفی استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری زیست‌توده گیاه، بوته‌ها (به‌جز ریشه‌ها) را در آون در دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد

سوش‌های باکتری ریزوبیوم تأثیر معنی‌داری بر تاریخ غلاف‌دهی لوبیاچیتی داشت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد روز تا غلاف‌دهی با تلقیح ازتوباکتر با سویه Rb 116 و کمترین آن مربوط به باکتری محرک رشد آروسپیرم بود (Afshari et al., 2013). تیمار مدیریت کودی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی ارتفاع بوته داشت. ارقام مورد بررسی از نظر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم بر روی ارتفاع بوته معنی‌دار نبود و نشان می‌دهد که ارقام عکس‌العمل ثابتی نسبت به تیمارهای کودی داشتند (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار ریزوچک بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که مصرف ریزوچک موجب افزایش ۱۶ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد. کمترین ارتفاع بوته مربوط تیمار شاهد بود (جدول ۳). با افزایش ارتفاع بوته ارقام اصلاح‌شده عدس، امکان برداشت مکانیزه بهتر فراهم می‌شود (Sabaghpour, 2006). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم بیله‌سوار بود (شکل ۲) که به نظر می‌رسد این پدیده می‌تواند با ویژگی‌های ژنتیکی و دوره رویش ارقام نسبت به هم قابل توجیه باشد. بالاترین ارتفاع بوته در تیمار کودی مربوط به مصرف ریزوچک به‌دست آمد که می‌تواند به‌دلیل همزیستی مناسب ریزوبیوم با گیاه باشد که موجبات جذب بیشتر مواد غذایی را فراهم کرده و ارتفاع بوته افزایش

یافته است. افزایش ارتفاع عدس از طریق زیاده‌شدن فاصله اولین گره بارور از سطح خاک امکان‌پذیر می‌شود (Majnoon-Hosseini, 2008). در تحقیق مشابهی کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین موجب افزایش ارتفاع بوته در گیاه کنجد شد (Sajadinik et al., 2011; Kumar et al., 2009). Afshari et al, (2013) و Khodarahmi et al, (2013) عدم تأثیر معنی‌دار سوش‌های باکتری بر روی ارتفاع بوته در نخود و لوبیاچیتی را گزارش کردند. تحقیقات Sharman (2004) نیز نشان داد که کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاه ذرت را افزایش داد. تیمار مدیریت کودی بر صفات تعداد روز تا رسیدن، تعداد شاخه اصلی و تعداد شاخه‌های فرعی تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). ارقام مورد بررسی نیز در مورد این صفات اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). همچنین نتایج این بررسی نشان داد که اثرات متقابل این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۲). Khodarahmi et al, (2013) عدم تأثیر معنی‌دار سوش‌های باکتری بر روی تعداد روز تا رسیدن را در گیاه نخود را گزارش کردند، در صورتی‌که Afshari et al, (2013) تأثیر معنی‌داری سوش‌های باکتری ریزوبیوم بر روی تعداد روز تا رسیدن در لوبیاچیتی را مشاهده کردند.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر مصرف انواع کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام عدس
Table 2. Analysis of variance for using effect of different biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components in lentil cultivar

		Mean of squares میانگین مربعات					
Source of variation	منابع تغییرات df	تعداد شاخه‌های ثانویه	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	زیست‌توده اندام هوایی	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه
		Lateral branches No.	Pod No. plant ⁻¹	Seed No. pod ⁻¹	Biomass	100 seed weight	Seed yield
Block	بلوک	0.31 ^{ns}	0.64 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	20.56 ^{ns}	20506.84
Fertilizer	کود	0.67 ^{ns}	26.04 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.65 ^{**}	4.47 ^{ns}	174625.53 ^{**}
Cultivar	رقم	0.06 ^{ns}	7.95 ^{**}	0.02 [*]	0.14 ^{**}	72.65 [*]	31215.41 ^{**}
Fertilizer × cultivar	کود×رقم	0.80 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1.94 ^{ns}	1811.98 ^{ns}
Error	خطا	0.42	1.02	0.01	0.02	21.38	5940.31
Coefficient variation (%)	ضریب تغییرات (درصد)	16.23	8.08	6.46	6.53	8.93	9.79

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

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

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر مصرف انواع کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام عدس
Continue of Table 2. Analysis of variance for using effect of different biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components in lentil cultivar

Source of variation	منابع تغییرات	df	Mean of squares میانگین مربعات				
			روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا غلاف‌دهی Days to podding	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه‌های اولیه Main branches No.
Block	بلوک	3	1.13 ^{ns}	2.31 ^{ns}	6.47*	1.05 ^{ns}	0.07 ^{ns}
Fertilizer	کود	4	76.94**	56.37**	0.29 ^{ns}	14.70**	0.06 ^{ns}
Cultivar	رقم	2	8.52*	12.05**	2.60 ^{ns}	35.94**	0.05 ^{ns}
Fertilizer × cultivar	کود×رقم	8	0.89 ^{ns}	3.36 ^{ns}	1.95 ^{ns}	1.63 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Error	خطا	42	1.82	2.11	1.99	1.18	0.07
Coefficient variation	ضریب تغییرات	-	2.24	2.17	1.49	5.62	11.70

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

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

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین تأثیر مصرف انواع کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه بر اجزای عملکرد ارقام عدس
Table 3. Mean comparison for using effect of different biological and chemical nitrogen fertilizers on yield components in lentil cultivar

Fertilizer cultivar						زیست توده		
منبع تغییرات	روز تا ۵۰ درصد گل دهی	روز تا غلاف دهی	تعداد غلاف در بوته	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد دانه در غلاف	تولیدی (گرم در مترمربع)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	
Source of Variation	Days to 50% flowering	Days to podding	Pod No. plant ⁻¹	Plant height (cm)	Seed No. pod ⁻¹	Biomass (g.m ⁻²)	100 Seed weight (g)	
Fertilizer	کود							
Control	شاهد	59.33 ^c	66.08 ^c	10.96 ^c	17.73 ^d	0.99 ^{ab}	170 ^c	
Super Nitro Plus	سوپر نیترو پلاس	58.25 ^c	65.00 ^c	11.14 ^c	18.77 ^c	1.04 ^a	178 ^c	
Nitroxin	نیتروکسین	64.08 ^a	70.50 ^a	14.10 ^a	20.10 ^{ab}	1.01 ^{ab}	222 ^a	
Rhizocheck	ریزو چک	61.83 ^b	67.58 ^b	13.89 ^a	20.53 ^a	1.02 ^{ab}	219 ^a	
20 kg N2/ha	۲۰ کیلوگرم ازت در هکتار	58.33 ^c	65.83 ^c	12.44 ^b	19.28 ^{bc}	0.97 ^b	197 ^b	
Cultivar	رقم							
Local check	شاهد محلی	61.10 ^a	67.80 ^a	11.80 ^b	17.92 ^c	1.04 ^a	188 ^b	
Bilesevar	بیله سوار	60.15 ^b	66.95 ^{ab}	13.01 ^a	20.60 ^a	0.99 ^b	203 ^a	
Kimia	کیمیا	59.85 ^b	66.25 ^b	12.70 ^a	19.33 ^b	0.99 ^b	201 ^a	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Similar letters in each column show non-significant difference at 5% level of probability using DMRT.

رقم بیله‌سوار و کمترین آن در رقم محلی دیده شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد باکتری‌های موجود در نیتروکسین و ریزوچک در محیط ریشه، میزان فراهمی نیتروژن برای گیاه نخود را افزایش داده و از این طریق تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته که منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته شده است. Sherifi (2013) گزارش کرد که بیشترین تعداد غلاف در بوته از مصرف کود ریزوچک در گیاه نخود به‌دست آمد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. (Solemani & Asgharzadeh 2010) گزارش کردند تلقیح باکتری همراه با مصرف ۲۵ کیلوگرم در

تیمار مدیریت کودی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی تعداد غلاف در بوته داشته است. ارقام با احتمال ۹۹ درصد از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری داشتند. اثر متقابل کود×رقم در خصوص این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج نشان داد که تیمار نیتروکسین و ریزوچک بیشترین و تیمار شاهد کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند، به‌طوری‌که مصرف نیتروکسین و ریزوچک به‌ترتیب موجب افزایش ۳۷ و ۲۸ درصدی تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۳). بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط

افزایش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک کنگد ایجاد کرده است و اظهار داشتند که هنگامی که نیتروژن کافی در اختیار گیاه قرار گیرد، موجب می‌شود که این عنصر به رشد سریع گیاه کمک کند. Subba Rao (1988) گزارش کرد افزایش عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد در اثر تلقیح بذور گندم با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن را موجب شد.

تیمار مدیریت کودی بر وزن ۱۰۰ دانه تأثیر معنی‌داری نداشت. ارقام با احتمال ۹۵ درصد از نظر وزن ۱۰۰ دانه اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که اثرات متقابل فاکتورهای آزمایشی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). عدم تأثیر معنی‌دار تلقیح با ریزوبیوم توسط Afshari et al, (2010) و Khandan Bejandi et al, (2013)، به ترتیب بر روی وزن ۱۰۰ دانه در گیاه نخود و لوبیاچیتی گزارش شده است. Solemani & Asgharzadeh (2010) گزارش کردند که تلقیح با مزوریزوبیوم همراه با مصرف سولفات روی موجب افزایش معنی‌دار وزن ۱۰۰ دانه نخود گردید و وزن ۱۰۰ دانه نسبت به شاهد ۶ درصد افزایش یافت. کاربرد نیتروکسین در کنگد (Sajadinik et al., 2011) و کاربرد ازتوباکتر آزوسپیریلوم در کلزا (Gupta & Samnotra, 2004) موجب افزایش وزن ۱۰۰ دانه گردید.

تیمار مدیریت کودی بر روی عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشته است (جدول ۲). ارقام با احتمال ۹۹ درصد از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری داشتند. تفاوت عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط محیطی یکسان نشان‌دهنده تأثیر اثرات ژنتیکی می‌باشد (Saxena & King, 1987). اثرات متقابل کود×رقم بر روی عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ریزوچک (۹۱۶ کیلوگرم) و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد (۶۱۵ کیلوگرم) تولید گردید (شکل ۱). در بین ارقام مورد بررسی نیز بیشترین عملکرد دانه از رقم بیل‌سوار (۸۳۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین از رقم محلی (۷۵۶ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۲). براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق تیمار ریزوچک بیشترین تأثیر در افزایش عملکرد را داشته است، به طوری که باعث شده است ۴۹ درصد عملکرد بیشتری نسبت به شاهد تولید نماید. باکتری‌های محرک رشد علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Karimi & Siddique, 1991). Zahir et al, (2009) گزارش کردند تلقیح با کلیه سوبیه‌های محرک رشد باعث افزایش عملکرد گندم شد. El- Habbasha et al,

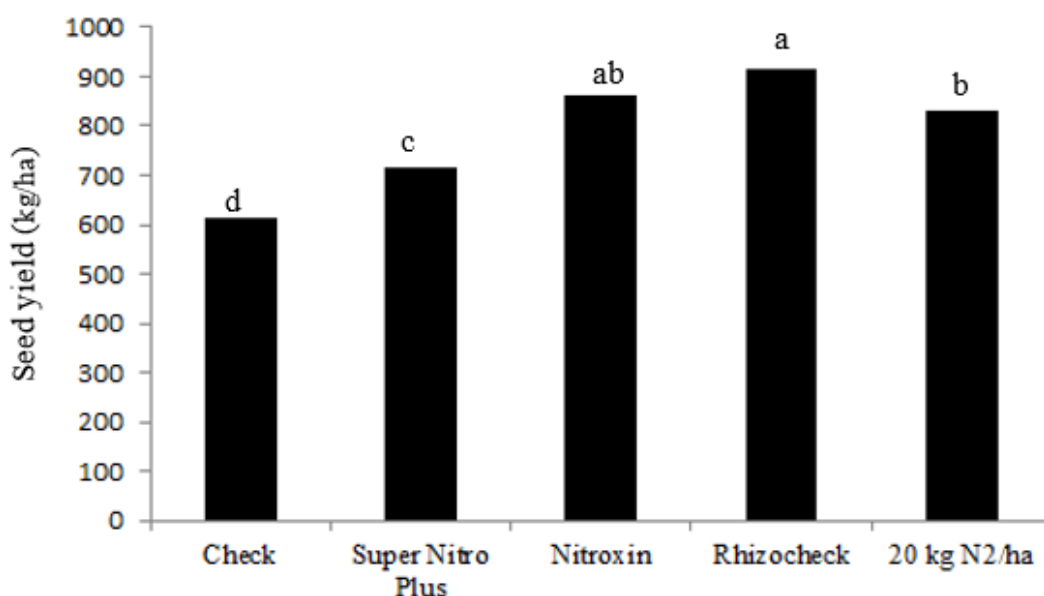
هکتار سولفات در گیاه نخود روی تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد به ترتیب ۵۰ درصد افزایش ایجاد نمود، در صورتی که Khodarahmi et al, (2013) عدم تأثیر معنی‌دار سوش‌های باکتری بر روی تعداد غلاف در بوته در گیاه نخود را گزارش کردند. سوبیه‌های مختلف ریزوبیوم تأثیر معنی‌داری بر افزایش تعداد غلاف در بوته در لوبیاچیتی داشته است (Afshari et al., 2013). بر اساس تحقیق Sajadinik et al, (2011) نیتروکسین موجب افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در کنگد شد.

تیمار مدیریت کودی از نظر آماری بر تعداد دانه در غلاف تأثیر معنی‌داری نداشت، اما ارقام از حیث این صفت در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم نیز بر روی تعداد دانه در غلاف از نظر آماری معنی‌داری نبود (جدول ۲). Sabaghpour (1997) گزارش کرد که تعداد دانه در غلاف در گیاه نخود تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است. Faraji & Khodarahmi et al, (2013) و Arzanesh (2013) به ترتیب عدم تأثیر معنی‌دار سوش‌های باکتری بر روی تعداد دانه در غلاف در نخود و تعداد دانه در خورجین کلزا را گزارش کردند. در صورتی که Khandan Bejandi et al, (2010) تأثیر معنی‌دار تلقیح با ریزوبیوم بر روی تعداد دانه در غلاف در نخود را گزارش کردند.

براساس نتایج این تحقیق تیمار مدیریت کودی تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی صفت وزن زیست‌توده عدس داشته است. ارقام از نظر تولید زیست‌توده در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم در این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). نیتروکسین و ریزوچک باعث افزایش تولید زیست‌توده اندام هوایی نسبت به شاهد گردیدند، به طوری که مصرف نیتروکسین و ریزوچک به ترتیب موجب افزایش ۳۶ و ۲۹ درصدی تولید زیست‌توده نسبت به تیمار شاهد آزمایش شد (جدول ۳). بیشترین و کمترین زیست‌توده به ترتیب مربوط به رقم بیل‌سوار و رقم محلی بود (جدول ۳). تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد توسط ریزجانداران در خاک می‌تواند رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. از آنجا که نیتروکسین شامل دو باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن (آزوسپیریلوم و ازتوباکتر) می‌باشد، با تلقیح آنها با بذر امکان استفاده گیاهچه از نیتروژن و دیگر عناصر غذایی فراهم می‌شود و گیاه در شرایط بهتری از نظر عناصر غذایی رشد می‌کند. در پژوهشی تلقیح نخود سبز با باسیلوس، بیوماس گیاه را ۱۰/۹ درصد افزایش داد (Yousry et al., 1978). Sajadinik et al, (2011) بیان کردند که تلقیح با کود زیستی نیتروکسین

است. Ghasemzadeh-Ganjehie & Asgharzadeh (2013) گزارش کردند تیمار تلقیحی سویه ریزوبیومی (SWRI12) موجب افزایش ۲۵ درصدی عملکرد در نخود نسبت به تیمار فاقد تلقیح شد. (2013) Sherifi بالاترین مقدار عملکرد دانه نخود را در تیمار کودی ریزوچک گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در مطالعه‌ای دیگر بر روی گیاه نخودفرنگی مشخص شد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد، ۳۵ درصد عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد (Mishra et al., 2010). به نظر می‌رسد کود زیستی ریزوچک با افزایش مقدار و کارایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن و ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه با افزایش دسترسی گیاه به عناصر مغذی مهمی چون نیتروژن و فسفر و افزایش تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته باعث افزایش عملکرد دانه در عدس گردیده است.

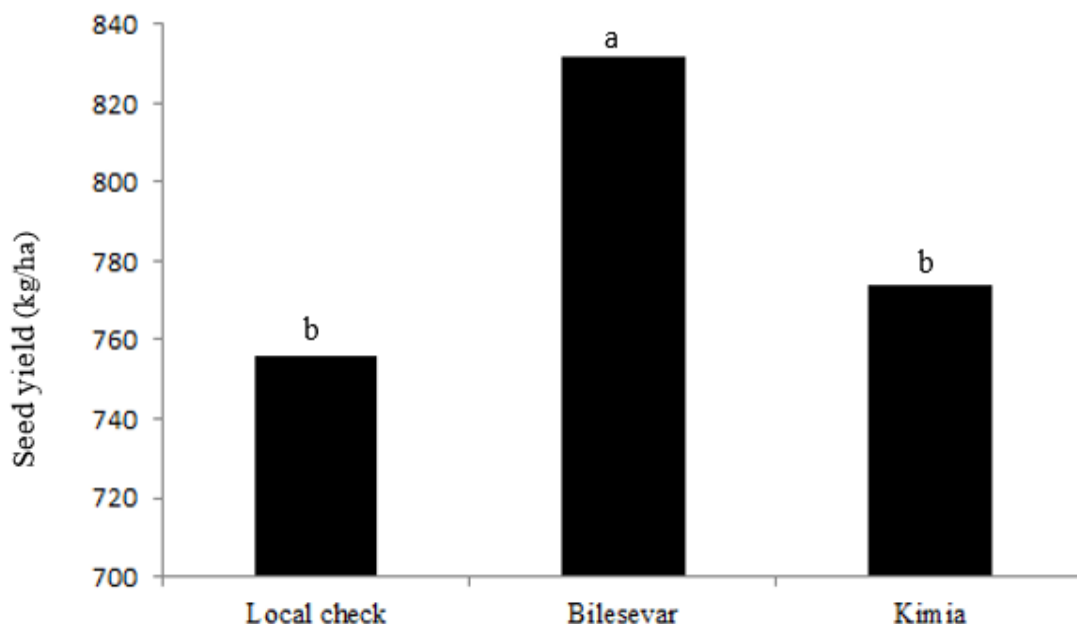
(2007) گزارش کردند که فراهمی نیتروژن موجب توسعه رشد ساقه، تولید شاخه، گسترش و دوام بیشتر سطح برگ شد و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه در کنجد شد. Solemani & Asgharzadeh (2010) گزارش کردند تلقیح باکتری همراه با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، بالاترین عملکرد دانه در نخود تولید نمود که میزان آن نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۸/۷ درصد افزایش نشان داد. (2013) Afshari et al, بیشترین عملکرد را از تلقیح سویه‌های باکتری ازتوباکتر به همراه باکتری Rb116 در لوبیاچیتی به دست آورد که موجب افزایش عملکرد ۸۰ درصدی نسبت به تیمار بدون تلقیح بود. در تحقیق دیگری تلقیح انواع لوبیا با سویه‌های باکتری توانست ۴۳ درصد عملکرد دانه را نسبت به شاهد (بدون تلقیح و بدون کود) افزایش دهد (Mehrpoyan & Shirni Rad, 2011). نتایج تحقیق Khodarahmi et al, (2013) نشان داد سوش های باکتری بر روی عملکرد دانه نخود تأثیر معنی‌داری داشته



شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارهای کودی از نظر عملکرد دانه

Fig. 1. Mean comparison of different fertilizers for grain yield

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. Similar letters in each column show non-significant difference at 5% level of probability using DMRT.



شکل ۲- مقایسه میانگین رقم‌ها از نظر عملکرد دانه

Fig. 2. Mean comparison of different cultivars for grain yield

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند. Similar letters in each column show non-significant difference at 5% level of probability using DMRT

نتیجه‌گیری

در این تحقیق بالاترین عملکرد عدس از مصرف ریزوچک در رقم بیله‌سوار به‌دست آمد. کود بیولوژیک ریزوچک احتمالاً موجب افزایش فعالیت فتوسنتز و فراهمی عناصر غذایی و قابلیت جذب بیشتر شده و از طرفی رقم بیله‌سوار احتمالاً توان تثبیت نیتروژن بیشتری داشته و ضمناً از پتانسیل ژنتیکی بالاتری

منابع

1. Afshari, A., Sabaghpour, S.H., Haj Seyyed Hadi, M.R., and Asadi Rahmani, H. 2013. Effect of *Rhizobium* and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of common Bean. *Plant Products Technology*. 13(1): 1-11. (In Persian with English Summary).
2. Ardekani, M.R., Mezaheri, D.M.F., and Noormahmadi, Gh. 2000. Role of *Azospirillum symbiosis* for absorbing micro and macro nutrition in wheat. In: Abstract Book of the 6th Iranian Congress of Crop Sciences, 3-6 Sep 2000, Mazenderan University- Babolsar-Iran. (In Persian).
3. Asgharzadeh, A., and SalehRastin, N. 2000. Investigation of potential of symbiosis nitrogen fixation of indigenous *Mesorhizobium ciceri* with two varieties of *Cicer arietinum* in Iran. *Soil and Water Journal* 12(43): 7-33. (In Persian).
4. El- Habbasha, S.F., Abdol El Salam, M.S., and Kabesh, M.O. 2007. Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of chemical fertilizer by bio-organic fertilizers. *Research Journal of Agriculture and Biological Science* 3(6): 563-571.
5. Elsheikh, E.A.E., and Hadi, E.A. 1999. Effect of *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 54: 57-63.

6. Eydzadeh, K., Mahdavi Damghani, A., Sabahi, H., and Soufizadeh, S. 2010. Effects of integrated application of biofertilizer and chemical fertilizer on growth of maize (*Zea mays* L.) in Shushtar. *Agroecology* 2(2): 292-301. (In Persian with English Summary).
7. Faraji, A., and Arzanesh, M.H. 2013. Response of two canola genotypes to plant growth promoter bacteria (*Azospirillum* spp): seed yield and its components, dry matter and harvest index. *Seed and Plant Production Journal* 29(1): 17-29. (In Persian with English Summary).
8. Ghasemzadeh-Ganjehie, M. Asgharzadeh, A. 2013. Effects of rhizobiums sush inoculation and fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*) in Khorasan-Razavi. *Iranian Journal of Pulses Research* 4(1): 51-58. (In Persian with English Summary).
9. Gupta, A.K., and Samnotra, R.K. 2004. Effect of biofertilizers and nitrogen on growth, quality and yield of cabbage (*Brassica napus* L.). *Environment Ecology* 22: 551-553.
10. Hasanzadeh, N., and Seyedsharifii, R. 2014. Effect of bacterial inoculation and nitrogen fertilizer timing on growth indices, yield and morphological traits of triticale (*Triticosecale wittmack*). *Journal of Plant Ecophysiology* 6 (18): 12-17. (In Persian with English Summary).
11. Koutroubas, S.D., Parageorgiou, M., and Fotiadis, S. 2009. Growth and nitrogen dynamics of spring chickpea genotypes in a Mediterranean-type climate. *Journal of Agriculture Science* 147: 445-458.
12. Karimi, M., and Siddique, K. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research* 42: 13-20.
13. Khandan Bejandi, T., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Asgari Zakaria, R., Namvar, A., and Jafari Moghaddam, M. 2010. Effect of plant density, rhizobia and microelements on yield and some of morphysiological characteristics of chickpea. *European Journal of Crop Production* 3(1): 139-157.
14. Khodarahmi, M., Sabaghpour, S.H., and Farnia, A. 2013. Effect of different rhizobium strains on seed yield and its components of improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Seed and Plant Journal Production* 29 (3): 403-412. (In Persian with English Summary).
15. Kumar, B., Pandey, P., and Maheshwari, D.K. 2009. Reduction in dose of chemical fertilizers and growth enhancement of sesame (*Sesamum indicum* L.) with application of rhizospheric competent *Pseudomonas aeruginosa* LES4. *European Journal of Soil Biology* 45: 334-340.
16. Lodeiro, A.R., Gonzalez, P., Hernandez, A., Balague, L.J., and Favelukes, G. 2000. Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen-grown common bean. *Plant Science* 154: 31-41.
17. Majnoon-Hosseini, N. 2008. *Agronomy and Pulses Production*. Organization of Tehran Jahad-Daneshgahi Press. Pp 283. (In Persian).
18. Mehrpoyan, M., Shirani Rad, A.H. 2011. Comparing the biological nitrogen fixation efficiency, in native and non-native strains of *Rhizobium leguminosarum*; bv. *phaseoli* ;bv.phaseoli in Common Bean. *Iranian Journal of Pulses Research* 2(2): 109-120. (In Persian with English Summary).
19. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2016. *Agricultural Statistics for Agronomy, 2014-15*. Department of Statistics and Information. Pp 163. (In Persian).
20. Mishra, A., Prasad, K., and Rai, G. 2010. Effect of bio-fertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different dose of chemical fertilizers. *Journal of Agronomy* 9(4): 163-168.
21. Moghimi, F., and Yousefi Rad, M. 2013. The effects of nitroxin (*Azotobacter*) usage on yield and yield components of safflower (cv. Goldasht) in the presence of EDTA. *Journal of Plant Ecophysiology* 5(13): 39-47. (In Persian with English Summary).
22. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. *Pulses*. Jahade Daneshghahi Ferdousi University. 267-290 p. (In Persian).
23. Pourakbar, L., Khavami, M., and Jelil, Kh. 1999. The interaction of Cu and EDTA on K⁺ leakage and some metals content in root and shoot of Maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Journal of Science of Tarbiyet Molalem* 8(2): 121-132. (In Persian with English Summary).
24. Sabaghpour, S.H. 1997. *Genetic of Chickpea*. Agriculture Education Nasher. Pp 61. (In Persian).
25. Sabaghpour, S.H. 2006. Prospects and problems for enhancing grain yield of food legume on dryland in Iran. *Iranian Journal of Crop Science* 2(30): 15-54. (In Persian with English Summary).
26. Sabaghpour, S.H. Seyedi, F., Mahmoodi, A. A. Safikhani, M., Pezeshkpour, P., and Rostemi, B. 2013. Kimiya, a new high yielding lentil cultivar for moderate cold and semi warm climate of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal* 29(1): 397-399. (In Persian with English Summary).
27. Sabaghpour, S.H. 2015. *Strategic Framework for Food Legume Research*. Chap and Entesharat Organization. Pp 412. (In Persian).

28. Sabaghpour, S.H., Pouralibaba, H.R., Mehreban, A., Mostefayee, H., Pezakhpour, P., Kerimizadeh, R., Seyedi, F., Mahmoodi, A.A., Ferayedi, Y., Kamel, M., Alahyari, N., Baghdadi, H., and Shahab, M.R. 2017. Bilehsevar, a new large seed size and tolerance to fusarium wilt lentil cultivar for dryland condition of Iran. Journal of Research Achievements for Field and Horticulture Crops. (In Persian with English Summary).
29. Sajadinik, E., Yadavi, A., Balouchi, H.R., and Farajee, H. 2011. Effect of chemical (Urea), organic (Vermicompost) and biological (Nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of sustainable Agriculture and production Science 21(2): 87-101. (In Persian with English Summary).
30. Saxena, P.K. and King, J. 1987. Morphogenesis in lentil plant regeneration from callus on *Lens culinaris* Medik via somatic embryogenesis. Plant Sciences 52: 223-227.
31. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S.A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2012. Effect of chemical fertilizer and biofertilizer on seed yield, its components, oil and protein percent in Sesame varieties. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 22(1): 71-85.
32. Sharman, A.K. 2004. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios. India.
33. Sherifi, A. 2013. The Effect of Biological and Chemical Nitrogen Fertilizers on Yield and Yield Components of Improved Chickpea Varieties. Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Breeding. Azad University, Savah Branch. M.Sc. Thesis. Pp 104. (In Persian with English summary).
34. Solemani, R., and Asgharzadeh, A. 2010. Effects of *Mesorrhizobium* inoculation and fertilizer application on yield and yield components of rain-fed chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 1-8. (In Persian with English Summary).
35. Subba Rao, N.S. 1988. Biofertilizers in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi India.
36. Vessy, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil 3: 255-258.
37. Yousry, M., Kabesh, O.M., and Saber, M.S. 1978. Manganese availability in a calcareous soil as a result of phosphate fertilization and inoculation with Phosphobacterin. African Journal Agriculture Science 5(2): 1386-1392.
38. Zahir, Z.A., Chani, U., Naveed, M., Nadeem, S.M., and Asghar, H. N. 2009. Comparative effectiveness of *Pseudomonas* and *Serratia* Sp. Containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt-stressed conditions. Archives of Microbiology Journal 191: 415-424.

The effect of using biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components in lentil cultivars

Sabaghpour^{1*}, S.H., Shahbazi², H. & Rezakhanlou³, R.

1. Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education of Center of Hamedan Province
2. MSc. Student Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University of Saveh, Iran;
shahbazi.h22@gmail.com
3. Assistants Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University of Saveh, Iran;
reza.rezakhanlou@gmail.com

Received: 15 January 2017

Accepted: 18 June 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.61850

Introduction

Excessive application of chemical fertilizers for increasing agricultural production, particularly in the agricultural sector, causing environmental damage and disturbance in soil fertility. Lentil is one of the most important pulse crop in rainfed area which is grown on 132,000 hectares in 2014-15 cropping season in Iran. Major lentil areas (95%) are planted in rain fed condition and are grown in rotation with cereals mainly wheat and barley. Mean productivity of lentil 558 kg ha⁻¹ in 2014-15 cropping season in Iran. One of the reason for low lentil productivity in Iran, is unfavorable fertilization in lentil farms. Currently biologic fertilizers as an alternative option for chemical fertilizer to enhance to soil fertility in the stable agricultural production are considered. Rhizosphere beneficial bacteria are commonly called plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and have been under researchers focus for many years. PGPRs can stimulate plant growth through different mechanisms. Solubilization of inorganic phosphate is a characteristic has been frequently used for screening these bacteria. The objective of present study was to investigate the effect of biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars.

Material & Methods

An experiment was carried out in factorial based on randomized complete block design with four replications and five levels of fertilizer treatments (without consumption the fertilizer, Super Nitro Plus, Nitroxin, Rhizocheck and 20 kg nutrition fertilizer per hectare) and three lentil varieties (Kimia, Bilesevar and local check) in Ekbatan Research Station of Hamedan during 2014-2015. During vegetative and reproductive phases, weeds were controlled and data were recorded on days to flowering, days to podding days to maturity, plant height, number of primary branches per plant, number of secondary branches per plant, biomass, number of pods per plant, number of seeds per pod, 100-seed weight, and seed yield. Data were analyzed using the SAS. Ver. 9.1 and figures drew were prepared by EXCEL and means compared by using DMRT at the 5% and 1% level.

Results & Discussion

The results of present research showed that fertilizer treatment was significant effects on days to flowering, days to podding, plant height, pod number per plant, biomass and seed yield. But fertilizer treatment had not significant effects days to maturity, number of primary branches per plant, number of secondary branches per plant and number of seeds per pod. Also the results showed that the cultivars had significant difference on days to flowering, days to podding, plant height, biomass, number of pods per plant, number of seeds per pod, 100-seed weight, and seed yield. Varieties had not significance different on days to maturity, number of primary branches per plant, number of secondary branches per plant. Interaction of fertilizer × variety on all characters was not significant. Mean comparison showed that the highest and lowest yield belong to Rhizocheck and check respectively. The utilization of Rhizocheck had been in caused 29, 16, 28 and 49 percent higher biomass, plant height, number of pods per plant and seed yield than check

*Corresponding Author: sabaghpour@yahoo.com; Zip Code: 65199-91169; P.O.Box: 887; Hamedan, Iran; Tel: (+98-81) 34374720, 4373609; Fax: (+98-81) 34373606

respectively. Also the results indicated that Bilesevar variety produced the significant and higher grain yield (832 kg/ha) than check. Bilesevar variety had the highest biomass, plant height, number of seeds per pod, and grain yield. Most of studies have reported that using biological fertilizers have been affected grain yield of chickpea, wheat, sesame and bean. According to this study results, it is recommended to inoculate Rhizoccheck on Bilesevar variety for planting under rainfed condition of Hamedan region.

Conclusions

One of the most important factor for soil fertility is microorganism ability for production. The result of present study showed the highest productivity obtained from Rhizochick application and Bilesevar improved lentil variety produced the highest grain yield. Rhizochick may enhance photosynthesis and enhancing availability of nutritional elements. Therefore grain yield have been increased. Generally, PGPR promote plant growth directly by either facilitating resource acquisition (nitrogen, phosphorus, essential element) or modulating plant hormone level. The reduction chemical application will affect decreasing environment contamination which is one of the important factor for stability. Therefore it is recommended to plant Bilesevar improved lentil variety with Rhizochick inoculation in Hamedan region.

Keywords: Lentil (*Lens culinaris* L.), Nitroxin, Rhizoccheck, Super Nitro Plus

مقایسه عملکرد و کارآیی مصرف آب سه رقم نخود در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

امیرھوشنگ جلالی*

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان،
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

چکیده

به منظور مقایسه دو شیوه کشت دیم و کشت با یک مرحله آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب سه رقم نخود پژوهشی در سال ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رزوه (شهرستان چادگان- اصفهان) انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو روش کاشت (دیم و کاشت با یک نوبت آبیاری) به عنوان کرت اصلی و سه رقم نخود (آزاد، هاشم و آرمان) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان دادند دو روش کاشت از نظر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب با هم تفاوت معنی‌دار داشتند. رقم آزاد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب با ۶۰۵/۷ و ۸۹۹/۸ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) عملکرد بالاتری نسبت به دو رقم دیگر تولید نمود. صرف نظر از نوع رقم، شاخص برداشت در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی افزایش معنی‌داری نشان داد و رقم آزاد از بیشترین مقدار شاخص برداشت (۳۴/۵ درصد) برخوردار بود. سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ازای هر میلی‌متر آبیاری تکمیلی به ترتیب ۵/۸۸، ۴/۶۸ و ۵/۴۴ کیلوگرم عملکرد اضافی (نسبت به شرایط دیم) تولید کردند. به طور خلاصه استفاده از رقم آزاد و انجام آبیاری تکمیلی نسبت به دو رقم دیگر نتایج بهتری در برداشت.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تعداد نیام، شاخص برداشت، نخود

مقدمه

از حدود ۷۷۰ هزار هکتار از زمین‌های کشاورزی کشور که سالیانه به کشت حبوبات اختصاص می‌یابد، ۶۱ درصد سهم نخود بوده که غالباً به صورت دیم کشت می‌گردد (Agricultural Statistics, 2014). سطح زیرکشت نخود در سال ۲۰۱۴ نزدیک به ۱۳/۹۸ میلیون هکتار با عملکرد متوسط ۱۳/۷۳ میلیون تن بوده است (FAOSTAT, 2016).

یکی از مسائل اساسی پیش‌رو در زمینه تولید نخود تنش خشکی بوده به گونه‌ای که در اکثر مناطق، تولید نخود در اثر کمبود رطوبت به ویژه در طی دوره رشد زایشی با محدودیت مواجه شده (Lake & Sadras, 2014) و برخی پژوهشگران سهم عامل خشکی در کاهش عملکرد نخود را معادل ۴۵ درصد می‌دانند (Pezeshkpur & Khademi, 2004). خشکی خاک مانع توسعه عادی سامانه ریشه و گره در حبوبات شده و کاهش تماس ریشه با خاک منجر به محدودیت جذب آب و عناصر غذایی می‌شود (Pacucci et al., 2006). تسریع در پیری

برگ‌ها و شروع همزمان ریزش نیام‌ها از دلایل افت عملکرد ناشی از تنش رطوبتی است (Mustafavi et al., 2013). در برخی پژوهش‌ها مرحله پرشدن دانه در گیاه نخود، به عنوان حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی معرفی شده (Mohammadi et al., 2007) و برخی دیگر هر دو مرحله گل‌دهی و پُرشدن دانه را به عنوان مرحله رشدی حساس گیاه نخود معرفی نموده‌اند (Malhotra & Saxena, 2002).

واکنش ارقام مختلف نخود به تنش، به زمان و شدت تنش بستگی داشته و در ابتدای رشد موجب کاهش ارتفاع گیاه و شاخه‌دهی شده و در مراحل انتهایی رشد نخود باعث ریزش گل و نیام می‌شود (Fang et al., 2010). در اراضی دیم ایران عملکرد نخود حدود ۵۰۰ کیلوگرم است، درحالی‌که پژوهش‌ها نشان می‌دهد تنها با بهبود عملیات زراعی (حداقل یک نوبت آبیاری تکمیلی) می‌توان عملکرد را تا ۵۰ درصد افزایش داد (Soltani et al., 2016). گزارش‌هایی مبنی بر دوبرابرشدن عملکرد دانه و سوددهی نسبی (نسبت منفعت به هزینه) نخود با انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی (گل‌دهی و دانه‌بندی) نیز وجود دارد (Feri & Nemati, 2000).

*نویسنده مسئول: اصفهان، شهرک امیریه، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی استان اصفهان، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی

jalali51@yahoo.com

بر اساس ۲۰ بوته از هر کرت اندازه‌گیری شدند. شاخص برداشت بر اساس کل سطح برداشت‌شده از هر کرت (پس از حذف حاشیه) با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد که در آن GY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیک گیاه است:

$$HI = (GY/BY) \times 100$$

آب مصرفی بر اساس تعداد آبیاری‌های انجام‌شده و با استفاده از پارشال فلوم سه‌اینچی و با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد.

$$Q_C = K H^n$$

در این فرمول Q_C و H به ترتیب دبی بر حسب متر بر ثانیه و ارتفاع آب در نقطه بالادست پارشال فلوم بر حسب متر بوده و K و n برای پارشال فلوم سه‌اینچی به ترتیب اعداد ثابت ۰/۱۷۶۵ و ۱/۵۴۷ هستند (Smith, 1981). محاسبه کارآیی مصرف آب بر اساس فرمول زیر بود

(Tanner & Sinclair, 1983):

$$WUE = Y/WC$$

در این فرمول Y عملکرد دانه و WC مقدار آب مصرفی (در شرایط دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی) است. نتایج با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آمار هواشناسی در سال انجام مطالعه بیانگر آن است که بارش اوایل بهار در مقایسه با آمار مشابه بارش درازمدت قدری بهتر بوده، ولی با نزدیک‌شدن به اواخر بهار الگوی مشابهی مشاهده می‌شود (جدول ۲). البته به این نکته نیز باید توجه نمود که بارش‌های اواخر زمستان در الگوی درازمدت بیشتر از بارش در سال مطالعه بوده است. این بارش‌ها می‌تواند نقش مهمی برای شروع رشد داشته باشد. سال انجام آزمایش با توجه به میانگین بیشینه و کمینه دما، سالی خنک‌تر نسبت به میانگین درازمدت بود.

نتیجه تجزیه واریانس صفات مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. دو روش کشت دیم و کشت با یک نوبت آبیاری تکمیلی به‌جز در رابطه با صفت تعداد شاخه در بوته بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار داشت. سه رقم استفاده‌شده در این آزمایش از نظر صفات ارتفاع، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت (در سطح احتمال ۵ درصد) و صفات عملکرد دانه و تعداد نیام در بوته (در سطح احتمال ۱ درصد) تفاوت معنی‌دار نشان دادند. تأثیر برهمکنش دو تیمار شیوه کاشت و رقم بر کلیه صفات آزمایشی (به‌جز وزن ۱۰۰ دانه، تعداد شاخه در بوته و عملکرد بیولوژیک) معنی‌دار بود.

به دلیل وجود ارقام مقاوم به سرما و مقاوم به بیماری برق زدگی^۱ مناطق وسیعی از غرب استان اصفهان (شهرستان‌های چادگان، فریدن، فریدون شهر، خوانسار، گلپایگان و سمیرم) مستعد کشت نخود به صورت دیم (یا دیم به همراه آبیاری تکمیلی) شده‌اند. پژوهش حاضر به منظور مقایسه عملکرد و ویژگی‌های زراعی سه رقم نخود (آزاد، هاشم و آرمان) در شرایط دیم و یا یک نوبت آبیاری تکمیلی در شهرستان چادگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رزوه (شهرستان چادگان) واقع در ۱۷ کیلومتری شمال شرق اصفهان (۳۲ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی) با استفاده از آزمایش کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. دو روش کاشت دیم و کاشت با یک نوبت آبیاری در اواخر دوره نیام دهی در اواخر اردیبهشت (معادل ۵۰ میلی‌متر آب در هکتار) به عنوان کرت اصلی و سه رقم جدید نخود (هاشم، آزاد و آرمان) به عنوان کرت فرعی در چهار تکرار اجرا شد. برخی ویژگی‌های خاک منطقه آزمایش در جدول ۱ و ویژگی‌های هواشناسی در شکل ۱ نشان داده شده است.

کشت به صورت دستی انجام و در هر کرت آزمایشی ۱۵ خط با فواصل بین ردیف ۳۰ و فاصله روی ردیف ۱۲ سانتی متر به طول چهار متر در تاریخ اول آذر ایجاد شد (تراکم حدود ۳۰ بوته در مترمربع).

عملیات آماده‌سازی زمین شامل یک مرحله شخم یک ماه قبل از کشت، یک مرحله دیسک و ماله‌کشی زمین بود و عمق کاشت ۷-۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از کشت بذره‌های همه ارقام (تهیه‌شده از معاونت تحقیقات دیم سرارود) با قارچ‌کش بنومیل دو در هزار ضد عفونی شدند. عملیات وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در بهار انجام شد. بر اساس نتایج آزمون خاک نیازی به مصرف کودهای فسفات و پتاسیم نبود، ولی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (از نوع اوره) در دو نوبت (نصف قبل از کاشت پس از خاک‌ورزی اولیه زمین و نصف دو هفته پس از سبز شدن) به خاک اضافه شد.

تاریخ برداشت اول تیرماه بود. در زمان برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، با حذف دو خط کناری از وسط خطوط انجام شد. اجزای عملکرد (تعداد بوته در مترمربع، تعداد دانه در هر بوته، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد نیام و تعداد دانه در نیام)

^۱ *Ascochyta blight*

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil in study location

یافت	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	هدایت الکتریکی	اسیدیته	مواد آلی (درصد)
Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	EC (dS m ⁻¹)	pH	O.C (%)
Clay-Loam	33	41	26	0.5	7.5	0.58

جدول ۲- تغییرات کمینه و بیشینه دما و میزان بارش در طول فصل رشد در مقایسه با آمار ۲۰ ساله منطقه آزمایش

Table 2. The minimum and maximum temperature variations and rainfall rates during the growing season compared with the 20-year data

	فصل رشد (Growth season)									
	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	
	June	May	Apr.	Mar.	Feb.	Jan.	Dec.	Nov.	Oct.	
کمینه دما ۲۰ ساله	12.82	9.45	6.28	2.14	-1.98	-7.35	-9.2	-5.58	0.15	The minimum temperature for 20 years
کمینه دما در سال پژوهش	11.14	6.88	4	-3.12	-1.51	-5.16	-4	-1.08	6.21	Minimum temperature in the study year
بیشینه دما ۲۰ ساله	32.27	29.1	23.14	17.99	13.47	6.45	4.75	8.18	15.37	The maximum temperature for 20 years
بیشینه دما در سال پژوهش	28.23	22.3	17.02	10.45	10.32	9.23	9.49	12.94	23.01	Maximum temperature in the study year
متوسط بارش ۲۰ ساله	0.35	3.65	15.84	39.84	34.19	53.4	44.7	44.4	48.9	The average rainfall for 20 years
متوسط بارش در سال پژوهش	0.7	20.5	29	64.2	47	10.2	24.3	72.6	8.7	Average rainfall in the study year

ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

دامنه تغییرات ارتفاع بوته از ۲۸/۲ سانتی‌متر در رقم آزاد (کشت دیم) تا ۴۰/۶ در رقم آرمان (کشت با یک نوبت آبیاری تکمیلی) تغییر کرد (جدول ۴). اگرچه ارتفاع بوته در هر سه رقم در روش کشت با یک نوبت آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر بود، اما در هر دو روش کشت، ارتفاع بوته در رقم آرمان نسبت به دو رقم دیگر به طور معنی‌داری افزایش داشت.

بخشی از این تفاوت ارتفاع بوته را می‌توان به ویژگی‌های مربوط به هر رقم مرتبط دانست. ارتفاع رقم آرمان در شرایط معمول زراعی بیش از ۵۵ سانتی‌متر بوده، در حالی که این عدد برای دو رقم آزاد و هاشم به ترتیب ۴۷ و ۵۰ سانتی‌متر است (Shobeiri, 2014). در مقایسه ۱۲ ژنوتیپ نخود در شرایط تنش خشکی، تفاوت ارتفاع بوته‌ها در درجه اول به تفاوت‌های ژنتیکی آن‌ها نسبت داده شد (Zare Mehrjerdi et al., 2012). در شرایط تنش خشکی عموماً ارتفاع بوته کاهش یافته و کاهش فاصله میان گره‌ها به عنوان سازوکاری برای مقابله با این تنش محسوب می‌شود (Abrishamchi et al., 2012).

کاهش طول دوره رشد گیاه در شرایط تنش رطوبتی نیز از دلایلی دیگری است که برخی از محققان برای کاهش ارتفاع بوته به آن اشاره نموده‌اند (Shaban et al., 2013). به هر حال تأثیر تنش رطوبتی بر ارتفاع ساقه به مرحله وقوع تنش بستگی داشته و آبیاری تکمیلی ضمن کاهش این تأثیر، باعث افزایش ارتفاع ساقه می‌گردد (Patel, 2005).

در پژوهش حاضر تأثیر آبیاری تکمیلی بر تعداد شاخه فرعی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). این نتیجه با نتایج پژوهش‌هایی که در آن تیمارهای آبیاری باعث افزایش رشد و تعداد شاخه فرعی می‌شد، متفاوت بود (Shaban et al., 2013, Goldani & Rezvani, 2007). علت این مسئله به زمان آبیاری تکمیلی برمی‌گردد.

در پژوهش حاضر زمان آبیاری تکمیلی در اواخر دوره نیام دهی انجام شد و عملاً زمان تولید شاخه فرعی برای گیاه گذشته بود. این امر به ویژه برای ارقام اصلاح‌شده (با فرم ایستا-رشد محدود) نسبت به ارقام قدیمی نخود (با فرم خوابیده-رشد نامحدود) صادق است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، کارآیی مصرف آب، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته، تعداد نیام در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و تعداد شاخه در بوته در گیاه نخود

Table 3. Analysis of variance for characteristics of plant height, water use efficiency, harvest index, biological yield, grain number plant⁻¹, pod plant⁻¹, 100 seed weight, grain yield and plant m⁻² in chickpea plants

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Branch Plant ⁻¹	عملکرد دانه Grain yield
Block بلوک	3	18.10*	51.1 ^{ns}	103.11 ^{ns}
Planting manner (A) روش کاشت	1	90.60*	300.01 ^{ns}	170.40**
Error (a) خطا	3	9.45	600.01	67.19
Cultivar (B) رقم	2	18.92*	380.1 ^{ns}	1311.30**
روش کاشت × رقم (A×B)	2	22.64*	245.3 ^{ns}	1105.60**
Error (b) خطا	12	8.15	504.1	120.1
ضریب تغییرات (CV %)		16.18	15.45	9.30

^{ns}: غیرمعنی دار، *: معنی دار در سطح ۵ درصد، **: معنی دار در سطح ۱ درصد

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

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، کارآیی مصرف آب، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته، تعداد نیام در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و تعداد شاخه در بوته در گیاه نخود

Continue of Table 3. Analysis of variance for characteristics of plant height, water use efficiency, harvest index, biological yield, grain number plant⁻¹, pod plant⁻¹, 100 seed weight, grain yield and plant m⁻² in chickpea plants

میانگین مربعات (MS)					
تعداد نیام در بوته Pod plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته Grain plant ⁻¹	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
15.13*	0.03 ^{ns}	1.08 ^{ns}	124.0 ^{ns}	14.09 ^{ns}	127.10 ^{ns}
99.86**	1.04*	96.10*	2670.36**	59.10*	167.19**
10.12	0.007	300.01	1753.02	34.37	71.01
68.01**	1.09*	17.32*	1261.21 ^{ns}	204.00 ^{ns}	13.15 ^{ns}
89.1**	1.80**	11.01**	1050.40 ^{ns}	270.3 ^{ns}	56.16*
5.31	0.008	3.18	1302.1	308.23	27.14
14.10	13.04	14.07	14.47	15.41	12.96

^{ns}: غیرمعنی دار، *: معنی دار در سطح ۵ درصد، **: معنی دار در سطح ۱ درصد

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

عملکرد دانه

اندازه‌ای نیست که بتواند حمایت کافی از گیاه جهت تولید عملکرد مناسب به عمل آورد (جدول ۱). به همین دلیل آبیاری تکمیلی با تأمین بخشی از نیاز گیاه موجب افزایش عملکرد دانه شده است. به نظر می‌رسد در صورت داشتن منابع آبی کافی حتی می‌توان دو مرحله آبیاری تکمیلی پیشنهاد نمود. در برخی از گزارش‌ها انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی (گل‌دهی و دانه‌بندی) منجر به دوبرابر شدن عملکرد دانه و سوددهی نسبی نخود شده است (Feri & Nemati, 2000). به هر حال تأکید بر تأثیر مثبت آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه نخود در سایر پژوهش‌ها نیز به چشم می‌خورد (Tuba Bicer et al., 2004) و انجام تنها ۳۰ میلی‌متر آبیاری در مرحله رشد دانه‌ها، با افزایش عملکرد ۳۰ درصدی دانه‌ها همراه بوده است (Vadez et al., 2012).

رقم آزاد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب با عملکردهای ۶۰۵/۷ و ۸۹۹/۸ کیلوگرم در هکتار به طور معنی دار (در سطح احتمال ۵ درصد) عملکرد بالاتری نسبت به دو رقم دیگر تولید نمود (جدول ۴). ارقام هاشم و آرمان در هر دو روش کشت از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در پژوهش حاضر یک نوبت آبیاری تکمیلی به ترتیب در ارقام آزاد، هاشم و آرمان موجب افزایش ۴۸/۵، ۴۴/۵ و ۵۳ درصدی عملکرد دانه شد. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران که معتقدند با یک نوبت آبیاری تکمیلی می‌توان عملکرد نخود در دیم‌زارهای کشور را ۵۰ درصد افزایش داد، مطابقت دارد (Soltani et al., 2016). مقدار بارش مؤثر از اردیبهشت به بعد (هم میانگین درازمدت منطقه و هم در سال مطالعه) به

تعداد نیام در بوته

تعداد نیام در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد گیاه نخود محسوب می‌شود. در این پژوهش تعداد نیام به ترتیب در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم در ارقام آزاد، هاشم و آرمان ۱۹، ۱۵/۵ و ۱۷/۶ درصد افزایش یافت (جدول ۳). شرایط تنش خشکی در اواخر دوره رشد نخود به ویژه در ارقام کابلی موجب عقیم‌شدن و ریزش نیام‌ها شده و آبیاری تکمیلی می‌تواند از مقدار سقط و ریزش نیام‌ها بکاهد (Leport et al., 2006). به هر صورت در هر دو نوع کشت، رقم آزاد به طور معنی‌داری تعداد نیام بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. به طور مشابه در یک پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای

آبیاری تکمیلی، انجام آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و پُرشدن دانه‌ها تعداد نیام را از ۲۱/۰۷ عدد به ۳۶/۶۸ عدد افزایش داد (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012). با تأمین رطوبت در زمان نیام‌دهی، علاوه بر این که سطح سبز گیاه (برگ‌ها) برای مدت بیشتری حفظ شده و انتقال مواد فتوسنتزی به نیام‌ها تداوم می‌یابد، ریزش نیام ناشی از کم‌آبی نیز کمتر می‌شود (Jalota et al., 2006). به هر حال تنش رطوبتی در مراحل نخستین نیام‌دهی که معمولاً با زردشدن (پیری برگ) همراه است، از مجموع تعداد نیام‌های نهایی در گیاه می‌کاهد (Liu et al., 2003).

جدول ۴- مقایسه تأثیر برهمکنش روش کشت و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد

Table 4. Comparison of the effect of interaction between planting methods and cultivar on yield and yield components

روش کاشت Planting manner	رقم Cultivar	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹)	تعداد نیام در بوته Pod plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته Grain pod ⁻¹	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
دیم Rainfed	آزاد Azad	28.2b	605.7a	18.2a	11.1a	34.5a
	هاشم Hashem	30.5b	526.4b	17.4b	9.7b	33.5ab
	آرمان Arman	35.7a	512.9b	17.3b	9.5b	33.2b
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	آزاد Azad	30.5b	899.8a	22.5a	14.0a	32.6a
	هاشم Hashem	32.6b	760.7b	20.6b	12.0b	32.0a
	آرمان Arman	40.6a	785.0b	21.0b	12.1b	32.5a

در مقایسه دو روش کاشت و ارقام در هر روش کاشت، حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD در سطح ۵ درصد).

In each planting methods, columns with similar letters are not statistically significant differences (LSD test 5%).

تعداد دانه در بوته

در شرایط آبیاری تکمیلی، تعداد دانه در بوته نسبت به شرایط دیم بیشتر بود (جدول ۴). تعداد دانه در ارقام آزاد، هاشم و آرمان در شرایط آبیاری تکمیلی به ترتیب ۱۴، ۱۲ و ۱۲/۱ عدد بود که نسبت به شرایط دیم به ترتیب ۲۶، ۲۳/۷ و ۲۷/۳ درصد افزایش نشان داد. برخی از پژوهشگران علت کاهش تعداد دانه در بوته را به کاهش تعداد نیام در شرایط تنش رطوبتی نسبت داده و معتقدند آبیاری تکمیلی می‌تواند از شدت این اثرات منفی بکاهد (Anjamshoaa et al., 2011). در پژوهشی که به منظور بررسی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر ارقام نخود انجام شد، تنش رطوبتی باعث کاهش نیام‌های دارای دانه در ارقام نخود شد و بالعکس در تیمارهای با رطوبت کافی درصد نیام‌هایی که دارای دو دانه بودند، افزایش یافت (Eivazi

et al., 2012). در پژوهشی دیگر در خرم‌آباد دو نوبت آبیاری تکمیلی، تعداد دانه در بوته را ۷۲ درصد افزایش داد (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012). تأمین ناکافی مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای تکامل بذر و جنین از دلایل دیگر کاهش تعداد دانه در شرایط دیم عنوان شده است (Tuba Bicer et al., 2004).

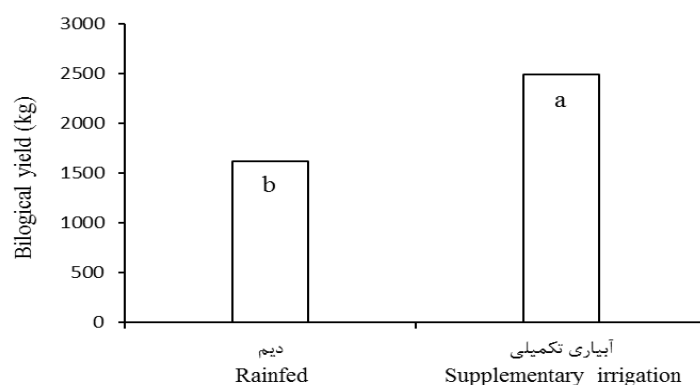
شاخص برداشت

صرفنظر از نوع رقم، شاخص برداشت در شرایط دیم نسبت به شرایط با آبیاری تکمیلی بیشتر بود (جدول ۴). در شرایط دیم رقم آزاد با شاخص برداشت ۳۴/۵ بالاترین مقدار شاخص برداشت را داشت و این مقدار به طور معنی‌داری بالاتر از شاخص برداشت رقم آرمان با شاخص برداشت ۳۳/۲ بود. در شرایط آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌داری بین شاخص برداشت ارقام مشاهده نشد. افزایش

عملکرد بیولوژیک

تأثیر برهمکنش روش کاشت و رقم بر صفت عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نبود و بین ارقام نیز از این نظر تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳). تأثیر روش کاشت بر عملکرد بیولوژیک از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه عملکرد بیولوژیک در کشت دیم با آبیاری تکمیلی بیانگر افزایش معنی‌دار این صفت (معادل ۵۳ درصد) در شرایط آبیاری تکمیلی است (شکل ۱). تأثیر مثبت آبیاری تکمیلی بر صفاتی مثل تعداد نیام، تعداد دانه در نیام و ارتفاع بوته از دلایل افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری تکمیلی بود. به طور مشابه یک نوبت آبیاری تکمیلی برای نخود باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012). افزایش طول دوره رویشی و افزایش عمر مؤثر سایه‌انداز و جذب تشعشعات فتوسنتزی با افزایش سطح برگ از دلایل دیگر افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط مطلوب رطوبتی عنوان شده است (Anjamshoaa et al., 2011).

شاخص برداشت در شرایط دیم به این دلیل است که رشد شاخسار گیاهی (کاهش رشد) در این شرایط بیش از عملکرد دانه تحت تأثیر قرار گرفته است. در نقطه مقابل در شرایط آبیاری تکمیلی تأثیر آبیاری بر رشد رویشی اندام‌های هوایی (افزایش رشد) بیش از تأثیر آن بر عملکرد دانه بوده و بنابراین شاخص برداشت ثابت باقی مانده و مقادیر آن نسبت به شرایط دیم کمتر است. نتایج مشابهی توسط برخی محققان گزارش شده (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012)، با این تفاوت که بین دو رقم آزمایشی در آن پژوهش در شرایط دیم، تفاوت معنی‌داری از نظر این نظر مشاهده نشد. بر خلاف نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، در برخی دیگر از پژوهش‌ها شاخص برداشت در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش نشان داده است (Anjamshoaa et al., 2011). در این گونه پژوهش‌ها، تنش رطوبتی به جای دوره رشد زایشی به طور یکنواخت در کل دوره رشدی گیاه اعمال شده است. به هر حال واکنش ارقام مختلف به شرایط تنش رطوبت متفاوت بوده و بر این اساس می‌توانند شاخص برداشت متفاوتی نیز داشته باشند (Imran et al., 2015).



شکل ۱- مقایسه عملکرد بیولوژیک در دو شیوه کاشت دیم و آبیاری تکمیلی

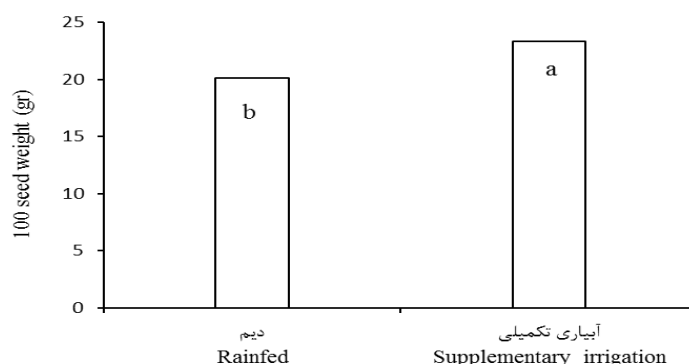
حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است.

Fig. 1. Comparison of biological yield in two methods rainfed and supplemental irrigation plantin
The same letters indicate no significant difference (LSD test 5%).

تنش‌های رطوبتی در مرحله تشکیل دانه‌ها باعث عقیمی و کاهش تعداد دانه می‌شوند و بنابراین وزن دانه‌های باقیمانده به دلیل توزیع مواد فتوسنتزی بیشتر، کاهش نمی‌یابد (Ganjeali & Nezami, 2008). اما در صورت تداوم شرایط تنش رطوبتی تا مراحل پُرسیدن دانه‌ها، با چروکیدگی دانه‌ها وزن آن‌ها نیز کاهش می‌یابد (Malhotra & Saxena, 2002).

وزن ۱۰۰ دانه

تأثیر برهمکنش (روش کاشت و رقم) و همچنین تفاوت بین ارقام بر صفت وزن ۱۰۰ دانه از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳). تأثیر روش کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). وزن ۱۰۰ دانه در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی کاهش معنی‌داری داشت (۱۴ درصد) (شکل ۲). معمولاً



شکل ۲- مقایسه وزن ۱۰۰ دانه در دو شیوه کاشت دیم و آبیاری تکمیلی

حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار است.

Fig. 2. Comparison of 100 seed weight in two methods of rainfed and supplemental irrigation planting
The same letters indicate no significant difference (LSD test 5%)

به ازای هر مترمکعب بر اساس آبیاری خالص) (Dehghan et al., 2009).

در صورتی که ملاک محاسبه برای کارایی مصرف آب فقط آب آبیاری باشد (موردی که در رابطه با روش کشت آبیاری تکمیلی مصداق دارد)، کارایی مصرف آب در سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ترتیب ۱/۷۹، ۱/۵۲ و ۱/۵۷ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب خواهد بود (جدول ۵). این مطلب به آن معنی است که سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ازای هر میلی‌متر آبیاری تکمیلی به ترتیب ۵/۸۸، ۴/۶۸ و ۵/۴۴ کیلوگرم عملکرد اضافی (نسبت به شرایط دیم) تولید کرده‌اند. به طور مشابه در پژوهش‌ها به رابطه مثبت آبیاری تکمیلی و افزایش کارایی مصرف آب اشاره شده و دامنه‌ای از ۴/۲ تا ۵/۲ کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر آبیاری تکمیلی مورد تأکید قرار گرفته است (Oweis et al., 2004).

کارایی مصرف آب

در صورتی که مجموع بارش‌ها و آبیاری تکمیلی (فقط در روش کشتی که آبیاری تکمیلی در آن انجام شده) ملاک قرار گیرد، کارایی مصرف آب در شرایط دیم در سه رقم آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت و مقدار آن در سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ترتیب برابر ۰/۲۱۸، ۰/۱۸۹ و ۰/۱۸۵ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب بود (جدول ۵). در شرایط آبیاری تکمیلی (بارش+یک مرحله آبیاری) رقم آزاد با کارایی مصرف آب ۰/۲۷۵ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب نسبت به دو رقم دیگر افزایش معنی‌دار نشان داد که بیانگر استفاده کارآمدتر این رقم از آبیاری تکمیلی است. در شرایط معمول زراعی در مناطق مختلف استان اصفهان، کارایی مصرف آب نخود با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۳۲ درصد دامنه‌ای از ۰/۰۶ تا ۰/۱۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب داشته است (معادل ۰/۱۹ تا ۰/۴۴ کیلوگرم

جدول ۵- مقایسه کارایی مصرف آب دو شیوه کاشت دیم و کاشت با آبیاری تکمیلی

Table 5. Comparison of water use efficiency in two ways of rainfed planting, and planting with supplemental irrigation

رقم Cultivar	دیم Rainfed	کارایی مصرف آب Water use efficiency (Kg m ⁻³)	
		آبیاری تکمیلی (Supplementary irrigation)	
		آبیاری Irrigation	بارش + آبیاری Rainfall + Irrigation
آزاد Azad	0.22 a	1.80 a	0.28 a
هاشم Hashem	0.19 a	1.52 b	0.23 b
آرمان Arman	0.18 a	1.57 b	0.24 b

در هر روش کاشت ستون‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD در سطح ۵ درصد).

In every cultivation way, the columns with same letters are not statistically significant differences. (LSD test 5%).

نتیجه‌گیری

بر پایه نتایج حاصل از این پژوهش کشت نخود به ویژه با استفاده از آبیاری تکمیلی می‌تواند عملکرد دانه را نسبت به شرایط دیم بهبود داده و کارایی استفاده از آب را نیز به طور قابل توجه افزایش دهد. در بین ارقام استفاده‌شده در این پژوهش رقم آزاد هم در شرایط دیم و هم در شرایط آبیاری تکمیلی می‌تواند قابل توصیه باشد.

سپاسگزاری

نویسنده بر خود لازم می‌داند از مسئولین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به جهت همکاری و تأمین اعتبار لازم جهت این پژوهش سپاسگزاری نماید.

منابع

1. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3: 17-30. (In Persian with English Summary).
2. Agricultural Statistics. 2014. Ministry of Agricultural Jihad, The First Volume, Agricultural Products, 158 pages. (In Persian).
3. Anjamshoaa, S., Moeinrad, H., and Ebrahimi, H. 2011. The effects of different irrigation levels on grain yield and yield components of four chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad climatic condition. Iranian Journal of Pulses Research 2: 69-82. (In Persian with English Summary).
4. Dehghan, A., Zabihi-Afrouz, R., and Hosseini, M. 2009. Water Use Efficiency of Crops for Iran and Compare it with Countries of the World. Research Institute of Planning, Economics and Rural Development, Ministry of Agriculture, Tehran, 82 pages. (In Persian).
5. Eivazi, A., Taghikhani, H., Shiralizadeh, S.H., Rezaei, M., and Mousavi Anzabi, S.H. 2012. Evaluation of response of chickpea genotypes to water deficit at different growth stages by using drought tolerance indices. Iranian Journal of Pulses Research 3: 81-92. (In Persian with English Summary).
6. Fang, X., Turner, N.C., Guijun, Y., Fengmin, L., and Siddique, K.H.M. 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. Journal of Experimental Botany 61: 335-345.
7. FAOSTAT. 2016. Statistics Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (verified 15 Sep. 2015).
8. Feri, F., and Nemati, A. 2000. Economic evaluation of supplemental irrigation on rainfed wheat and pulses. p. 211-215, In: Proceedings of 6th Congress of Agriculture and Plant Breeding Science, 13-16 Sep., Mazandaran University. Babolsar, Iran (In Persian).
9. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Determinative Yield of Pulses. In: M. Parsa and A. Bagheri (Eds). Pulses, Mashhad University Jihad Press. Iran. Pp.125-170 [In Persian].
10. Goldani, M., and Rezvani, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea cultivars in Mashhad. Journal of Agriculture Science 14: 1-12. (In Persian with English Summary).
11. Imran, A., Mirza, M.S., Shah, T.M., Malik, K.A., and Hafeez, F.Y. 2015. Differential response of Kabuli and Desi chickpea genotypes toward inoculation with PGPR in different soils. Frontiers in Microbiology 6: 1-14.
12. Jalota, S.K., Sood, A., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield to irrigation, water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management 79: 312-320.
13. Lake, L., and Sadras, V.O. 2014. The critical period for yield determination in chickpea. Field Crops Research 168: 1-7.
14. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236-246.
15. Liu, P., Gan, Y., Warkentinc, T., and McDonald, C. 2003. Morphological plasticity of chickpea in a semiarid environment. Crop Science 43: 426-429.
16. Malhotra, R.S., and Saxena, M.C. 2002. Strategies for overcoming drought stress in chickpea. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas 17: 20-23.
17. Mohammadi, G.H., Ghasemi-Golazani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2007. Effect of water limitation on yield of three chickpea genotypes. Journal of Science and Technology of Agriculture 2: 109-120. (In Persian with English Summary).

18. Mustafavi, S.H., Ghassemi K., Shafagh-Kalvanagh, J., and Movludi, A. 2013. Effect of irrigation disruption at reproductive stages on grain filling of chickpea cultivars. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4: 863-868.
19. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Water use efficiency of winter sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* 66: 163-179.
20. Pacucci, G., Troccoli, C., and Leoni, B. 2006. Effect of supplementary irrigation on yield of chickpea genotypes in a Mediterranean climate. *International Commission of Agricultural Engineering Journal* 8: 1-9.
21. Patel, R.A. 2005. Response of chickpea to irrigation, FYM and sulphur on a sandy clay loam soil. *International Journal of Constitutional Law* 12: 22-24.
22. Pezeshkpur, P., and Khademi, K. 2004. Agricultural and genetically strategies for drought resistance in chickpea. *Lorestan Agricultural Jihad Organization Issue* 11: 88-92. (In Persian).
23. Shaban, M., Mansourifar, C., Ghobadi, M., and Sabaghpour, S.H. 2013. Investigation of phenological and morphological characteristics and correlation them with yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and N fertilizer in Kermanshah province. *Iranian Journal of Pulses Research* 4: 59-64. (In Persian with English Summary).
24. Shobeiri, S. 2014. Technical Recommendations Planting and Harvesting Chickpea and Introduction of New Varieties. Ministry of Agricultural Jihad, Bureau of Educational Media, Publication Code 6-1-101-93. (In Persian).
25. Smith, R.E. 1981. Supercritical Flow Flumes for Measuring Sediment Laden Flow. Department of Agriculture, Technical Bulletin (1655).
26. Soltania, A., Hajjarpoura, A., and Vadez, V. 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops Research* 185: 21-30.
27. Tadayyon, M.R., and Ghorbaninejad, A.J. 2012. Effect of supplementary irrigation and compost application on morphological traits and yield of two chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. *Iranian Journal of Pulses Research* 3: 31-44. (In Persian with English Summary).
28. Tanner, C.B., and Sinclair, T.R. 1983. Efficient water use in crop production: research or re-research? In H.M. Taylor *et al.* (Eds.). *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production*. (pp. 1-27). American Statistical Association, Madison, WI.
29. Tuba-Bicer, B., Narin, K.A., and Saker, D. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. *Journal of Agronomy Asian Network Science* 3: 154-158.
30. Vadez, V., Soltani, A., and Sinclair, T.R., 2012. Modeling possible benefits of root related traits to enhance terminal drought adaptation of chickpea. *Field Crops Research* 137: 108-115.
31. Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J., and Massomi, A. 2012. Evaluation of selection to drought by PEG in hydroponic condition of twelve chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research* 8: 67-80. (In Persian with English Summary).

Comparison of yield and water use efficiency of three chickpea cultivars under rainfed and irrigation condition

Jalali*, A.H.¹

Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department,
Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received: 29 January 2017

Accepted: 2 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.62160

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the oldest pulses crops in the world and one of the seven Neolithic founder crops in the Fertile Crescent of the Near East. Chickpea cultivars are grown mainly in the Mediterranean area, the Near East, Central Asia and America. In Iran, chickpea seeds are usually consumed in the form of mature, dry seed after cooking and processing in different ways. A total pulse crop cultivation area in Iran is nearly 770000 hectares and 61% of this amount is earmarked for chickpea. The chickpea is a good source of carbohydrates and protein, and 83.9% of the total constituent carbohydrates makeup from starch. Supplemental irrigation can be practiced to achieve the best yield with the least quantity of water available during reproductive periods. The effects of supplemental irrigation in chickpea showed that supplemental irrigation would improve chickpea growth and increase yield especially under dryland conditions (<500 mm).

Materials & Methods

This field experiment was conducted at the Rozve Experiment Station, at Agriculture and Natural Resources Research Center (32°50' N, 50°34' E), Esfahan, Islamic Republic of Iran, 17 Km north of Eastern of Chadegan in one cropping season (2014) on a sandy loam soil (EC=3.78 dS m⁻¹, pH=7.7 and OM=0.55%). In rotation before the chickpea, wheat was cultivated. The experiment was conducted as a split plot arranged in a randomized complete block design with four replications. Two methods of planting included of rainfed and one supplemental irrigation were considered as the main plot and three new varieties of peas (Hashem, Azad, and Arman) and local control varieties were subplots. Before planting the seeds of all varieties (prepared by the Department of Dryland Research Sara Rud) were sterilized with fungicides benomyl 2 per 1000. The weed control was done manually in the spring. Based on soil test results, there was no need for phosphate and potassium fertilizers. Water productivity (based on irrigation (WPI) + rainfall (R)) were computed as: $WPI \text{ (kgm}^{-3}\text{)} = \text{Grain yield (kg ha}^{-1}\text{)} / \text{Irrigation water applied + Rainfall (m}^3\text{)}$. The data were subjected to analysis of variance by SAS and means Fisher's Protected LSD (5%) was used for mean comparison.

Results & Discussion

Based on this study, two methods of planting in terms of yield, yield components, and water use efficiency were significantly different. Plant height ranges changed from 28.2 cm in Azad (rainfed) to 40.6 cm in Arman (supplementary irrigation). Although plant height in all three experimental varieties in cultivation methods with supplementary irrigation was higher than rainfed conditions, but in both methods of cultivation, plant height in Arman cultivar significantly increased compared to the other two varieties. However, the effect of water stress on plant height depends on the stage of water stress. Plants grown with supplemental irrigation has more height than plants grown under dryland conditions. Azad varieties in rainfed and supplementary irrigation with 605.7 and 899.8 kg ha⁻¹ respectively, had significantly higher yield than other cultivars ($P \leq 5\%$). Inadequate supply of assimilates required for the development of seeds and embryos, is the reason for the decline in grain yield under dryland conditions. Number of pods per plant, is

*Corresponding Author: jalali51@yahoo.com

one of the most important yield components of chickpea. In this study, the number of pods under rainfed conditions was reduced 19, 15.5 and 17.6 percent in Azad cultivars, Hashem and Arman, respectively in comparison with supplemental irrigation. Regardless of the variety, harvest index under rain fed conditions showed a significant increase compared with supplemental irrigation and Azad cultivar with harvest index equal to 34.5, had the highest harvest index. Three varieties of Azad, Hashem, and Arman, for every millimeter of supplemental irrigation produced 5.88, 4.86 and 5.44 Kg extra yield (relative to rainfed conditions), respectively.

Conclusion

Based on the results of this study, chickpea cultivation especially with use of supplemental irrigation can improve grain yield than dryland conditions. Among the cultivars used in this experiment Azad cultivar both in rainfed and supplemental irrigation can be recommended.

Keywords: Chickpea, Harvest index, Number of pods, Plant height

تأثیر پرایمینگ بذر و گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) رقم سان‌رایز تحت تنش کم‌آبی

سیاوش دنیار^۱، سوران شرفی^۲ و اسماعیل قلی‌نژاد^{۳*}

۱- کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، siyavashdanirr@yahoo.com

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، sharafi_1352@yahoo.com

۳- دانشیار گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی و تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا رقم سان‌رایز آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقات هنرستان کشاورزی ارومیه در سال ۱۳۹۴ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل کم‌آبی در سه سطح (تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، و شاهد: آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان فاکتور اصلی و تیمار محرک رشد در پنج سطح (شاهد، پرایمینگ با آب مقطر، پرایمینگ با سالیسیک اسید، محلول پاشی با سالیسیک اسید، پرایمینگ و محلول پاشی با سالیسیک اسید) به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس بین صفات نشان داد که کم‌آبی و محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و ارتفاع بوته داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین (۳۳۶۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۸۶۴ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به ترتیب از تیمار آبیاری مطلوب و تنش خشکی شدید به‌دست آمد. تنش خشکی شدید در مقایسه با آبیاری مطلوب عملکرد بیولوژیک و وزن ۱۰۰ دانه را به ترتیب به میزان ۲۵ و ۳۴ درصد کاهش داد. محلول پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیک در مقایسه با تیمار شاهد (بدون پرایمینگ) عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه را به ترتیب به میزان ۵۰ و ۷۰ درصد افزایش داد. تعداد غلاف در بوته نیز در شرایط آبیاری مطلوب در مقایسه با تنش خشکی شدید حدود ۲۵ درصد و در شرایط محلول پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیک در مقایسه با تیمار شاهد (بدون پرایمینگ) حدود ۳۵ درصد افزایش یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و محلول پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیک از طریق افزایش اجزای عملکرد دانه باعث افزایش عملکرد دانه لوبیا گردید.

کلمات کلیدی: پرایمینگ، سالیسیک اسید، کم‌آبی، لوبیا، محلول پاشی

مقدمه

۲۰۰۹). بر اساس آمار فائو، آسیا بزرگ‌ترین تولید کننده حبوبات در جهان است و سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد لوبیا در جهان به ترتیب ۳۰/۶۱ میلیون هکتار، ۲۶/۵۲ میلیون تن و ۸۶۶ کیلوگرم در هکتار و سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد لوبیا در ایران به ترتیب ۱۰۹۲۴۹ هکتار، ۲۰۴۱۹۲ تن و ۱۸۶۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (FAO, 2014). لوبیا و به طور کلی حبوبات بعد از گندم و برنج از جمله مهم‌ترین محصولات کشاورزی هستند که به مصرف تغذیه انسان می‌رسند (Kocheki & Banayan Aval, 1995). مؤثرترین عامل در افزایش تولید با توجه به محدودیت اراضی، انجام تحقیقات در زمینه به‌زراعی و به‌نژادی این گیاه

حبوبات از جمله محصولات هستند که ارزش غذایی زیادی داشته و یکی از مهم‌ترین منابع غنی از پروتئین گیاهی هستند. رشد جمعیت در دو دهه اخیر باعث شده است تا مصرف مواد پروتئینی به ویژه گوشت قرمز افزایش چشمگیری یابد. بر این اساس افزایش تولید حبوبات به عنوان مکمل منابع پروتئینی در برنامه توسعه اقتصادی کشور مورد توجه قرار گرفته است. دانه حبوبات با داشتن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین، نقش مهمی در رژیم غذایی مردم دارد (Majnoon Hoseini,

*نویسنده مسئول: gholinezhad1358@yahoo.com

است تا با انتخاب و معرفی ارقام با عملکرد بالا و خواص کمی و کیفی مطلوب بتوان تولید را در واحد سطح افزایش داد (Kochehi & Banayan Aval, 1995). به گزارش پژوهشگران، کم‌آبی تأثیرات بسیار نامطلوبی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا می‌گذارد (Rosales-Serena et al., 2002). اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی باعث کاهش معنادار عملکرد دانه لوبیا شد، در حالی که مصرف اسید سالیسیلیک موجب بهبود رشد و عملکرد دانه لوبیا گردید (Sepehri et al., 2016). دور آبیاری ۱۰ و ۱۴ روز سبب کاهش عملکرد دانه لوبیا قمرز به ترتیب ۳۱ و ۹۲ درصد نسبت به تیمار بدون تنش (آبیاری ۷ روزه) شد (Agha Alikhani et al., 2002). ایجاد مقاومت به تنش خشکی در گیاه به عنوان بخشی از راهکار تلفیقی، عمده‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای کاهش اثرات تنش می‌باشد. یکی از ترکیباتی که در ایجاد تحمل و مقاومت در برابر تنش خشکی در گیاهان مؤثر است، ترکیب شبه‌هورمونی سالیسیلیک‌اسید (Salicylic acid) می‌باشد. سالیسیلیک‌اسید یک ترکیب فنلی گیاهی است که به عنوان یک هورمون گیاهی و تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته شده است و نقش آن در ارتباط با مکانیسم‌های دفاعی در برابر عوامل استرس‌زای زیستی و غیرزیستی، به خوبی مشخص شده است. این ماده در کاهش آسیب‌های اکسایشی ناشی از تنش در گیاهان و توسعه مکانیسم‌های ضد اکسایشی و ضدتنشی در گیاهان، نقش مؤثری دارد، به صورتی که سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی می‌شود و رشد و توسعه گیاه را در این شرایط بهبود می‌بخشد (Hayat & Ahmad, 2007). یکی از تکنیک‌های ساده‌ای که قدرت و استقرار گیاهچه‌ها و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می‌بخشد پرایمینگ بذر می‌باشد (Mohammadi & Amiri, 2010). بذور پرایم‌شده پس از قرار گرفتن در بستر خود زودتر جوانه زده و در طی زمان کوتاه تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش داده و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتزکننده به مرحله اتوتروفی می‌رسند. تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیکی موقعیت ویژه‌ای را به گیاهان حاصل از بذور پرایم‌شده می‌دهد (Duman, 2006). گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر این که پرایم کردن بذر با سالیسیلیک اسید ممکن است در دامنه‌ای از فرآیندهای مختلف در گیاهان نظیر جوانه‌زنی بذر (El-Tayeb, 2005; Pakmehr, 2009; Shakirova & Sahabutdinova, 2003)، سبز کردن (Miar Sadegi et al., 2011)، تبادل و انتقال یون‌ها (Harper & Balke, 1981)، فتوسنتز و سرعت رشد (Khan et al., 2003) اثر داشته باشد.

محققان در بررسی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید روی برخی صفات لوبیا چشم‌بلبلی تحت تنش کم‌آبی اعلام کردند که بیشترین افزایش در اکثر صفات در گیاهان حاصل از بذرهای پرایم‌شده با غلظت ۲۷۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید به‌دست آمد (Pakmehr et al., 2014). نتایج آزمایشی نشان داد که تکنیک کم‌هزینه پرایمینگ با اوره در شرایط مزرعه سبب افزایش عملکرد دانه باقلا می‌گردد (Zarshin Zenosh et al., 2015). محققان دیگری نیز در تأثیر پرایمینگ بذر در مزرعه و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم نخود اظهار داشتند که پرایم کردن بذر سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۳/۵ درصد شد. پرایمینگ بذر با غلظت‌های بهینه هورمون‌های رشد گیاهی به طور مؤثری موجب افزایش جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصول در گونه‌های گیاهی در هر دو شرایط تنش و نرمال گردیده است (Lee et al., 1998). نتایج نشان داده است که اعمال تنش کمبود آب (اعمال تنش از شروع گلدهی تا ۵۰ درصد تنش گلدهی و اعمال تنش در مرحله شروع تشکیل نیام تا تشکیل ۵۰ درصد نیام‌ها) باعث کاهش عملکرد در مقایسه با گیاهان شرایط غیرتنش (آبیاری منظم) در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) گردید و کاربرد اسید سالیسیلیک در سطوح ۴۵۰ میکرومولار باعث افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه نسبت به تیمار شاهد گردید (Azhdar Afshari et al., 2016). با توجه به تولید رادیکال‌های آزاد تحت تنش خشکی و توانایی اکسایشی آن‌ها توسط بعضی مواد شبه هورمونی مانند سالیسیلیک اسید، بررسی مکانیسم و اثرات این مواد تحت تنش خشکی در حبوبات و به‌خصوص در لوبیا امری ضروری است. لذا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر لوبیا با سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا معمولی در شرایط تنش کم‌آبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک-اسید و آب مقطر و محلول‌پاشی گیاه با سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد لوبیا در شرایط تنش کم‌آبی آزمایشی در سال ۱۳۹۴ در مزرعه پژوهشی هنرستان کشاورزی، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در سه شرایط جداگانه (تنش خشکی شدید، تنش خشکی خفیف و آبیاری نرمال) اجرا شد. طول جغرافیایی محل آزمایش ۴۵ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی

آن ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۲ متر می باشد. براساس آمار هواشناسی منطقه با داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک، زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک و نیمه خشک محسوب می شود. میانگین ماهانه تبخیر و رطوبت نسبی منطقه در طول رشد لوبیا به ترتیب حدود ۲۴۰ میلی متر و ۴۷ درصد بوده است. به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک مزرعه توسط اوگر به صورت تصادفی چند نمونه برداشت و پس از مخلوط کردن مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. تنش بدین صورت اعمال شد که آزمایش اول در حالت نرمال آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، در آزمایش دوم تنش متوسط آبیاری بعد از ۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و در آزمایش سوم حالت تنش شدید آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام گرفت. هر تکرار شامل پنج کرت آزمایشی بود، به صورتی که در داخل هر تکرار تیمار اول تیمار شاهد (کشت بذریه معمولی)؛ تیمار دوم

بذرهای پرایم شده لوبیا با آب مقطر، به صورتی که بذریه ۱۲ ساعت در داخل آب مقطر در دمای اتاق پرایم شدند (El-Tayeb, 2005)؛ تیمار سوم بذرهای پرایم شده با سالیسیلیک-اسید، به صورتی که بذریه به مدت ۱۲ ساعت در محلول ۰/۵ میکرومول سالیسیلیک اسید در دمای اتاق قرار گرفتند (El-Tayeb, 2005)؛ تیمار چهارم محلول پاشی گیاهان با محلول ۱ میکرومول سالیسیلیک اسید در سطح مزرعه زمانی که ۵۰ درصد تولید غلاف کرده بودند و تیمار پنجم تیمار ترکیبی پرایم کردن بذریه قبل از کاشت (بذریه به مدت ۱۲ ساعت در محلول ۰/۵ میکرومول سالیسیلیک اسید در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند) به همراه محلول پاشی گیاهان این کرت با محلول ۱ میکرومول سالیسیلیک اسید در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی بود (Azhdar Afshari et al., 2016). هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول دو متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۵ سانتی متر بود. بعد از کاشت آبیاری کل تیمارها یکسان صورت گرفت و تیمارهای آبیاری بعد از استقرار بوته‌ها (مرحله ۲-۴ برگی به بعد) اعمال شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of site soil

عمق خاک (سانتی متر) Sampling depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH	درصد مواد خشکی شونده C.C.E	رطوبت اشباع Saturation moisture (%)	آهک Lime (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg kg ⁻¹)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) Potassium (mg kg ⁻¹)
0-30	Loam- clay loam	0.70	7.38	21.6	28	-	36	28	26	1.08	0.10	5.18	226

بذریه اعمال شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS، MSTATC و رسم نمودارها با استفاده از Excel انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون توکی در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده گردید که اثر تیمارهای مختلف خشکی و محرک‌های رشد بر ارتفاع بوته لوبیا معنی دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۴۷/۵) سانتی متر) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی بود و کمترین مقدار (۳۲/۲ سانتی متر) را تیمار تنش شدید به خود اختصاص داد (جدول ۳). از لحاظ تیمارهای محرک رشد نیز مشاهده

برای اندازه گیری صفات موردنظر از هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه، تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفاتی مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، و ارتفاع بوته اندازه گیری شدند. به منظور اندازه گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در مرحله رسیدگی اقدام به برداشت بوته‌های میانی خطوط از هر کرت شد. به منظور اندازه گیری وزن ۱۰۰ دانه تعداد چهار نمونه ۱۰۰ تایی دانه به صورت تصادفی شمارش و وزن ۱۰۰ دانه تعیین شد. جهت اندازه گیری شاخص برداشت از رابطه (۱) استفاده شد.

$$HI = \frac{\text{Grain Yield}}{\text{Biological Yield}} \times 100$$

که در رابطه بالا HI شاخص برداشت، صورت کسر عملکرد دانه و مخرج آن عملکرد بیولوژیک می باشد. برای داده‌هایی که از طریق شمارش به دست آمده بودند (مانند تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در هر بوته) تبدیل

گردید که بیشترین ارتفاع بوته (۵۱/۸ سانتی‌متر) مربوط به تیمار محلول‌پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیلیک بود که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید نداشت و هردو در یک گروه آماری قرار گرفتند و همچنین کمترین ارتفاع بوته (۲۴ سانتی‌متر) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و رشد گیاه، تحت شرایط تنش و کاهش خسارات ناشی از تنش‌های شوری و خشکی و تسریع در رشد مجدد پس از رفع تنش نیز در گیاهان گندم تیمار شده با سالیسیلیک اسید گزارش گردید (Shakirova & Sahabutdinova, 2003).

اصولاً تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ، میزان کلروفیل و در مجموع رشد کلی گیاه می‌گردد (Zhu, 2002). محققان دیگری نیز نشان دادند که کمبود آب باعث کاهش ارتفاع گیاه در لوبیا گردید (Sabzi et al., 2017) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. افزایش ارتفاع بوته با کاربرد سالیسیلیک اسید را می‌توان به تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید در افزایش تقسیم سلولی در مرستم انتهایی ساقه و ریشه نسبت داد (Amira et al., 2007; Washem, 2006).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کم‌آبی و تنظیم‌کننده‌های رشد بر برخی صفات لوبیا

Table 2. Results of variance analysis of drought stress and growth regulators effect on some traits of bean

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean Squares)						شاخص برداشت Harvest index
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seeds weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
بلوک (Block)	2	90.02	0.19	0.19	24.34	142632.04	604560.14	18.90
کم‌آبی (Water deficit)	2	882.30**	6.41 **	1.91**	514.89**	8604479.60**	17602570.38**	412.37**
خطای اصلی (Error a)	4	15.34	0.03	0.39	8.93	57562.38	81382.29	12.88
تنظیم‌کننده رشد (Growth regulators)	4	1247.64**	4.74 **	1.66**	1303.23**	5075706.12**	19408347.90**	114.08**
تنش کم‌آبی × تنظیم‌کننده رشد Drought stress × Growth regulators	8	53.12 ns	0.15 ns	0.26 ns	17.11 ns	36452.36 ns	125610.43 ns	2.83 ns
خطای فرعی (Error b)	24	31.89	0.07	0.07	11.70	77199.84	178777.3	18.56
ضریب تغییرات (CV)%	-	14.19	5.96	10.04	11.50	10.37	5.69	12.21

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

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

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر کم‌آبی بر صفات مورد مطالعه

Table 3. Means comparisons of water deficit effect on studied traits

تیمار treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seeds weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index (%)
کم‌آبی Irrigation							
آبیاری مطلوب Optimum irrigation	47.5 a	5.22 a	2.97 a	35.24 a	3362 a	8401 a	39.6 a
تنش ملایم خشکی Moderate drought stress	39.6 b	4.33 b	2.71 ab	30.36 b	2807 b	7599 b	36.6 a
تنش شدید خشکی Severe drought stress	32.22 c	3.94 c	2.47 b	23.57 c	1864 c	6257 c	29.4 b

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون توکی است.

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability based on Tukey's test.

تعداد غلاف در بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده گردید که اثر تیمارهای مختلف خشکی و محرک‌های رشد بر تعداد غلاف در بوته لوبیا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۵/۲۲ عدد) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی بود و کمترین مقدار (۳/۹۴ عدد) را تیمار تنش شدید به خود اختصاص داد (جدول ۳). به هنگام کمبود آب، تعداد زیادی از گل‌هایی که توانایی تبدیل شدن به غلاف را داشتند، از بین رفته و تعداد غلاف در بوته کاهش یافته است. سایر محققان نیز کاهش تعداد غلاف در بوته تحت شرایط تنش خشکی را ناشی از ریزش اندام‌های زایشی مثل گل‌ها و نیام‌ها دانستند (Boutraa & Sanders, 2001; Mohammadzadeh *et al.*, 2013). تنش رطوبتی اعمال‌شده بر گیاه لوبیا در مراحل مختلف رشد موجب کاهش تعداد غلاف در بوته شد (Bayat, 2008). از لحاظ تیمارهای محرک رشد نیز مشاهده گردید که

بیشترین تعداد غلاف در بوته (۵/۵۳ عدد) مربوط به تیمار محلول‌پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیلیک بود و کمترین تعداد غلاف در بوته (۳/۶۴ عدد) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). محلول‌پاشی لوبیا با سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش ۴۸/۸ درصدی تعداد غلاف در بوته شد (Amira *et al.*, 2007). سایر محققان نیز افزایش تعداد غلاف در بوته را با محلول‌پاشی سالیسیلیک در لوبیا اعلام کردند (Sepehri *et al.*, 2015; Azhdar Afshari *et al.*, 2016). به نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک اسید زمینه لازم برای رشد بهتر ریشه و جذب آب با کارایی بیشتر را فراهم کرده است و اندام‌های هوایی در مرحله رشد رویشی به نحو مطلوب افزایش یافته و گیاه توانسته است تعداد واحدهای زایشی بیشتری را تولید نماید. این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Rajabi *et al.*, 2013).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر محرک‌های رشد بر صفات مورد مطالعه
Table 4. Means comparisons of growth regulators effect on studied traits

تیمار treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seeds weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index (%)
محرک‌های رشد Growth regulator							
شاهد Control	24 ^c	3.64 ^d	2.37 ^b	13 ^e	1835 ^d	5313 ^d	33.99 ^b
پرایمینگ با آب Priming with water	32 ^{bc}	4.13 ^c	2.75 ^{ab}	23 ^d	2165 ^{cd}	6678 ^c	32.08 ^b
پرایمینگ با سالیسیلیک اسید Priming with Salicylic acid	39 ^b	4.31 ^c	2.95 ^a	30 ^c	2522 ^c	7625 ^b	32.57 ^b
محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید Spraying with Salicylic acid	51 ^a	4.87 ^b	2.71 ^{ab}	43 ^a	3192 ^b	8504 ^a	37.12 ^{ab}
پرایمینگ و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید Priming and spraying with Salicylic acid	51.8 ^a	5.53 ^a	2.8 ^a	37 ^b	3675 ^a	8976 ^a	40.57 ^a

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون توکی است.

The common letters indicate non-significant at 5% level of probability based on Tukey's test.

تعداد دانه در غلاف

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده گردید که اثر تیمارهای مختلف خشکی و محرک‌های رشد بر تعداد دانه در غلاف لوبیا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف (۲/۹۷ عدد) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی بود و کمترین مقدار (۲/۴۷ عدد) را تیمار تنش شدید به خود

اختصاص داد (جدول ۳). سایر محققان نیز نشان دادند تنش کم‌آبی تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را در لوبیا کاهش داد (Soheili Movahed *et al.*, 2017). از لحاظ تیمارهای محرک رشد نیز مشاهده گردید که بیشترین تعداد دانه در غلاف (۲/۸۰ عدد) مربوط به تیمار پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بود که اختلاف آماری معنی‌داری با

تیمار محلول‌پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیلیک نداشت و کمترین تعداد دانه در غلاف (۲/۳۷ عدد) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). محققان گزارش کردند که افزایش غلظت سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد دانه در گیاه عدس شد (Mohammadi et al., 2010). وزن و تعداد دانه در گیاهان نخود اسپری‌شده با غلظت ۰/۷ میلی مولار سالیسیلیک اسید به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (Madah et al., 2007). سایر محققان نیز نشان دادند که اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف در گیاه لوبیا قرمز شد، در حالی که با کاربرد محلول پاشی سالیسیلیک اسید این صفت افزایش معنی‌داری پیدا کرد (Sepehri et al., 2016). سایر پژوهشگران نیز بیان داشتند که تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف به ترتیب به میزان ۴۳ و ۴۴ درصد و همچنین کاهش ۴۳ درصدی عملکرد دانه شد (Sio-Se Mardeh et al., 2014) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین سالیسیلیک اسید موجب بهبود انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مقصدهای فیزیولوژیک (دانه) می‌شود (Fariduddin et al., 2003). محققان گزارش کردند که محدودیت آب در گیاه نخود، باعث افزایش سقط دانه‌ها شد (Behboudian, 2001). حبوبات از نظر تولید گل، میوه و بذر دارای ظرفیت بالایی هستند که فقط بخش کوچکی از آنها به دانه تبدیل می‌شوند و یکی از دلایل اصلی عملکرد کم حبوبات کمبود مخزن است که عمدتاً به ریزش گل و میوه مربوط می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). افزایش تعداد دانه در غلاف در شرایط آبیاری مطلوب را می‌توان به تعداد غلاف بیشتر و رشد بهتر بوته‌ها نسبت داد، لذا هرچه تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد گیاه دارای مخزن بزرگ‌تر و بیشتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و افزایش این صفت باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Rezaei Chiyaneh & Pirzad, 2014). محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فتوسنتز در برگ‌ها و در نتیجه ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه، از کاهش تعداد و وزن دانه‌ها جلوگیری می‌کند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Eraslan et al., 2007).

وزن ۱۰۰ دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده گردید که اثر تیمارهای مختلف خشکی و محرک‌های رشد بر وزن ۱۰۰ دانه لوبیا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۳۵/۲۴ گرم) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی بود و کمترین مقدار (۲۳/۵۷ گرم) را تیمار تنش شدید به خود اختصاص داد

(جدول ۳). از لحاظ تیمارهای محرک رشد نیز مشاهده گردید که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۴۳ گرم) مربوط به تیمار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بود و کمترین وزن ۱۰۰ دانه (۱۳ گرم) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). سایر محققان نیز بیان داشتند که تنش خشکی موجب کاهش وزن ۱۰۰ دانه لوبیا می‌شود (Emadi et al., 2012). در گندم تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه شد، ولی محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن این صفت گردید (Sepehri et al., 2016). افزایش ماده خشک تولیدی تحت تنش خشکی احتمالاً با ایجاد پاسخ‌های ضد اکسیدانی که گیاه را از آسیب محافظت می‌کند، ارتباط دارد (Singh & Usha, 2003). افزایش وزن ۱۰۰ دانه یکی از معیارهای افزایش عملکرد و به دنبال آن افزایش شاخص برداشت است. مصرف سالیسیلیک اسید در گیاه ذرت و سویا با افزایش رشد و عملکرد به خصوص عملکرد زایشی و عملکرد دانه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و به تبع آن شاخص برداشت هم شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Abdel-Wahed et al., 2006). کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه با افزایش تنش خشکی به دلیل کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده‌افشانی در اندام‌های رویشی، کاهش دوام سطح برگ و کاهش طول دوره پر شدن دانه بود که باعث کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه در تیمار تنش خشکی گردید. همچنین از دیگر دلایل کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش جذب آب و املاح و کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و شیره پرورده به دانه‌ها بود (Gholinezhad et al., 2009). مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش فتوسنتز برگ و جریان مواد پرورده گیاه و تأمین مواد پرورده برای پر کردن دانه‌ها می‌گردد که متعاقب آن وزن ۱۰۰ دانه افزایش می‌یابد (Hayat & Ahmad, 2007).

عملکرد دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده شد که اثر تیمارهای مختلف خشکی و محرک‌های رشد بر عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۳۳۶۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی بود و کمترین مقدار (۱۸۶۴ کیلوگرم در هکتار) را تیمار تنش شدید به خود اختصاص داد (جدول ۳). از لحاظ تیمارهای محرک رشد نیز مشاهده گردید که بیشترین عملکرد دانه (۳۶۷۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار محلول‌پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیلیک بود و کمترین عملکرد دانه (۱۸۳۵ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به تیمار شاهد (بدون

می‌دهد و باعث بهبود رشد و عملکرد دانه گیاه می‌شود (Fariduddin *et al.*, 2003).

عملکرد بیولوژیک

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده شد که اثر تیمارهای مختلف خشکی و محرک‌های رشد بر عملکرد بیولوژیک لوبیا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های کم‌آبی نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۸۴۰۱ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی بود و کمترین مقدار (۶۲۵۷ کیلوگرم در هکتار) را تیمار تنش شدید به خود اختصاص داد (جدول ۳). از لحاظ تیمارهای محرک رشد نیز مشاهده شد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۸۹۷۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار محلول پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیلیک بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید نداشت و هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند و همچنین کمترین عملکرد بیولوژیک (۵۳۱۳ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). یافته‌های ما در این تحقیق با نتایج سایر محققان (Zabet & Hoseinzadeh, 2011) مطابقت دارد که گزارش کردند کاهش ارتفاع گیاه دلیلی است بر این‌که تنش کم‌آبی باعث کاهش تقسیمات سلولی گردیده و رشد رویشی گیاه کاهش داده شده، لذا عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش پیدا نموده است. سایر محققان نیز نشان دادند که با افزایش تنش کم‌آبی، عملکرد بیولوژیک لوبیا کاهش معنی‌داری یافت (Soheili Movahed *et al.*, 2017). اسید سالیسیلیک بر طبق تحقیقات سایر محققان (Mehrabian Moghaddam *et al.*, 2012) هم تأثیرات مثبتی روی عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت گیاهان زراعی داشته است. همچنین این اسید باعث طول‌شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی می‌شود که این کار با همکاری سایر تنظیم‌کننده‌ها از جمله اکسین انجام می‌شود و گسترش، تقسیم و مرگ سلولی را تنظیم می‌کند، یعنی در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می‌نماید (Noreen *et al.*, 2010). محققان دیگری نیز به اثر محافظتی اسید سالیسیلیک در برابر تنش خشکی در گیاه لوبیا اشاره کرده‌اند (Pakmehr *et al.*, 2014). این ماده در کاهش آسیب‌های اکسایشی ناشی از تنش در گیاهان و توسعه مکانسیم‌های ضد اکسایشی و ضدتنشی در گیاهان، نقش مؤثری دارد. به صورتی که سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی می‌شود و رشد و توسعه گیاه را در این شرایط بهبود می‌بخشد (Hayat & Ahmad, 2007). سایر محققان افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر محلول

پرایمینگ بود (جدول ۴). محققان با بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی بذریه دو توده بومی گیاه کوشیا بیان داشتند که خشکی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته و عملکرد گیاه دارد و باعث کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (Soleimani *et al.*, 2009) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. سایر پژوهشگران نیز اظهار داشتند که سرعت فتوسنتز، محتوای کلروفیل و عملکرد دانه در بذریه لوبیا پرایم‌شده با اسید سالیسیلیک در مقایسه با بذریه پرایم‌نشده افزایش یافت (Shekari *et al.*, 2011). بذریه پرایم‌شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک محتوای آب نسبی بیشتری به خود اختصاص دادند که این امر محافظت علیه تنش خشکی را بهبود می‌بخشد و با افزایش محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز افزایش یافت. بنابراین بذریه پرایم‌شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک بیشترین عملکرد دانه را داشتند (Pakmehr *et al.*, 2014). محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش عملکرد و تولید دانه ذرت در شرایط تنش خشکی شد (Mehrabian Moghaddam *et al.*, 2012). تیمار بذریه و گیاه با سالیسیلیک اسید موجب پاسخ حفاظتی در برابر تنش خشکی با افزایش پاسخ‌های آنتی اکسیدانی می‌شود و ضمناً کاهش در تخریب و افزایش فتوسنتز را به دنبال دارد و در نهایت موجب افزایش کارایی مصرف آب می‌شود (Senaratna *et al.*, 2003; Singh, 2003). سایر محققان نیز اظهار داشتند با افزایش تنش خشکی عملکرد دانه لوبیا کاهش معنی‌داری یافت. تنش خشکی احتمالاً با کاهش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی باعث کاهش انتقال مواد به دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه شده است (Zadeh *et al.*, 2014; Bagheri *et al.*, 2015; Sadat Rasti Sani *et al.*, 2014). علت کاهش عملکرد دانه با افزایش تنش کم‌آبی به دلیل کاهش فتوسنتز، تولید مواد فتوسنتزی و کاهش انتقال مواد به دانه بوده است. همچنین گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه پرایم‌کردن بذریه با سالیسیلیک اسید ممکن است در دامنه‌ای از فرآیندهای مختلف در گیاهان نظیر جوانه‌زنی بذرها (El-Tayeb, 2005; Pakmehr, 2009; Shakirova & Sahabutdinova, 2003)، سبز کردن (Miar Sadegi *et al.*, 2011)، تبادل و انتقال یون‌ها (Harper & Balke, 1981)، فتوسنتز و سرعت رشد (Khan *et al.*, 2003) اثر داشته باشد که برآیند آنها باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. از طرفی سالیسیلیک اسید سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های کربنیک آنیدراز و نیترات ردوکتاز می‌شود. آنزیم کربونیک آنیدراز واکنش تبدیل بی‌کربنات به دی‌اکسید کربن و آب را کاتالیز می‌کند و مقادیر کافی دی‌اکسید کربن در اختیار روبیسکو قرار

می رسد سالیسیلیک اسید تأثیر مثبت بیشتری بر بهبود عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک داشته است و این عامل باعث شده شاخص برداشت در این تحقیق افزایش یابد. یافته‌های ما با گزارش سایر محققان در مورد افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر سالیسیلیک اسید هم سو می‌باشد (Kumar, 2000; Sepehri *et al.*, 2016).

نتیجه‌گیری

اعمال تنش کم‌آبی در گیاه لوبیا رقم سان‌رایز باعث کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه شد. کاربرد محرک رشد هورمون سالیسیلیک اسید هم به صورت پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی برگی با ایجاد شرایط مناسب از طریق افزایش ارتفاع بوته، و افزایش اجزای عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه باعث افزایش عملکرد دانه گیاه لوبیا در هر سه شرایط آبیاری کامل، تنش ملایم و تنش شدید خشکی شد. به نظر می‌رسد گیاه لوبیا به آبیاری با تاخیر بیش از ۶۰ میلی‌متر تاخیر از تشنگ تبخیر کلاس A واکنش منفی نشان داده و افت عملکرد داشته باشد. همچنین کاربرد پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی برگی با سالیسیلیک اسید می‌تواند هم در شرایط تنش و بدون تنش آبی موجب افزایش عملکرد دانه گردد.

پاشی سالیسیلیک اسید را به افزایش ایجادشده در میزان فتوسنتز خالص، بازده کربوکسیلاسیون روبیسکو و فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی نسبت داده‌اند (Fariduddin *et al.*, 2003).

شاخص برداشت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۲) مشاهده گردید که اثر تیمارهای مختلف خشکی و محرک‌های رشد بر شاخص برداشت لوبیا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۳۹/۶ درصد) مربوط به تیمار بدون تنش خشکی بود و کمترین مقدار (۲۹/۴ درصد) را تیمار تنش شدید به خود اختصاص داد (جدول ۳). از لحاظ تیمارهای محرک رشد نیز مشاهده گردید که بیشترین شاخص برداشت (۴۰/۵۷ درصد) مربوط به تیمار محلول‌پاشی و پرایمینگ با اسید سالیسیلیک بود و کمترین شاخص برداشت (۳۲/۰۸ درصد) نیز مربوط به تیمار پرایمینگ با آب مقطر بود (جدول ۴). سایر پژوهشگران در بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دو ژنوتیپ لوبیاقرمز نشان دادند که تنش خشکی به طور معنی‌داری سبب کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و ارتفاع بوته گردید (Mohammadzadeh *et al.*, 2013) که با نتایج این تحقیق در یک راستا می‌باشد. به نظر

منابع

1. Abdel-Wahed, M.S.A., Amin, A.A., and Rashed, M. 2006. Physiological effect of some chemical constituents of yellow maize plants. *World Journal Agricultural Sciences* 2(2): 149-155.
2. Agha Alikhani, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Ghafari Khaligh, H. 2002. The effect of water deficit stress on yield and yield components of three genotypes of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). (Abstract). In: Abstract Book of the 7rd Iranian Crop Science Congress. August 2002. Karaj Seed and Plant Improvement Institute. p. 541. (In Persian).
3. Amira, M., Hegazi, D., Amal, M., and El-Shraiy, E. 2007. Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common Bean. *Basic and Applied Sciences* 1(4): 834-840.
4. Azhdar Afshari, M., Shekari, F., Afsahi, K., and Azimkhani, R. 2016. The effect of leaf application of Salicylic acid on dry weight, index harvest, yield and yield components of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficit stress. *Environmental Stress in Crop Science* 9(1): 51-58. (In Persian).
5. Bayat, A.A. 2008. The effect of moisture stress on yield and yield components of new cultivars Bean in Khomein. MSc. Thesis Faculty of Agriculture, Hamadan University. (In Persian).
6. Behboudian, M.H.M., Turner, N.C., and Palta, J.A. 2001. Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. *Journal of Science of Food and Agriculture* 81: 1288-1291.
7. Boutraa, T., and Sanders, F.E. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 187: 251-257.
8. Duman, I. 2006. Effect of seed priming with PEG and K₃PO₄ on germination and seedling growth in Lettuce. *Pakistan Journal of Biology Science* 9(5): 923-928.
9. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 45: 215-225.

10. Emadi, N., Balouchi, H.R., and Jahanbin, Sh. 2012. Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean in Yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production* 5(2): 1-17. (In Persian with English Summary).
11. Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., and Alpaslan, M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 113: 120-128.
12. FAO. 2014. Statistics. www.fao.org/stat.
13. Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41: 281-284.
14. Gholinezhad, E., Aeenehband, A., Hasanzade Ghorttappe, A., Barnoosi, I., and Rezaei, H. 2009. Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population in Urmieh climate conditions. *Journal of Plant Production* 16(3): 1-28. (In Persian with English Summary).
15. Harper, J.P., and Balke, N.E. 1981. Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in wheat roots by salicylic acid. *Plant Physiology* 68: 1349-1353.
16. Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. *Salicylic Acid: Plant Hormone*. Springer. p. 97-99.
17. Khan, W., Prithviraj, B., and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Plant Physiology* 160: 485-492.
18. Kocheki, A., and Banayan Aval, M. 1995. *Pulse Crops*. Jahad University of Mashhad. P. 236.
19. Kumar, H. 2000. Development potential of safflower in comparison to sunflower, sesame and safflower Newsletter. Institute of Sustainable Agriculture. Spain 15: 86-89.
20. Lee, S.S., Kim, J.H., Hong, S.B., Yuu, S.H., and Park, E.H. 1998. Priming effect of rice seeds on seedling establishment under adverse soil conditions. *Korean Journal of Crop Science* 43: 194-198.
21. Madah, S.M., Falahian, F., Sabaghpour, H., and Chalbani, F. 2007. Effect of salicylic acid on grain yield and its components and anatomical structure of pea plants (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Basic Sciences of Islamic Azad University* 1(62): 61-70. (In Persian).
22. Majnoon Hoseini, N. 2009. *Grain Legume Production*. Jihad University of Tehran. P. 294.
23. Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M.J., Khajoyinezhad, Gh., and Maghsodi, K. 2012. Effect of salicylic acid on growth, grain and forage yield of maize in drought stress conditions in farm. *Seed and Plant Improvement Journal* 27(2): 41-55. (In Persian).
24. Miar Sadegi, S., Shekari, F., Fotovat, R., and Zangani, E. 2011. The effect of priming by salicylic acid on vigor and seedling growth of canola (*Brassica napus*) under water deficit condition. *Journal of Plant Biology* 6: 55-70. (In Persian with English Abstract).
25. Mohammadi, G.R., and Amiri, F. 2010. The effect of priming on seed performance of canola (*Brasica napus* L.) under drought stress. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 9(2): 202-207.
26. Mohammadi, M., Fahimi, H., and Majd, A. 2010. The comparative effects of Salicylic acid and Gibberellin on seed germination of the Lentil (*Lens culinaris* L.). *Journal of Biology of Islamic Azad University Branch of Garmsar* 4(4): 9-12. (In Persian with English Summary).
27. Mohammadzadeh, A., Majnoon Hoseini, N., Moghaddam, H., and Akbari, M. 2013. Effect of different levels of drought stress and nitrogen on yield and yield components of two genotypes of Bean. *Iranian Journal of Field Crop Science* 43(1): 29-38. (In Persian with English Summary).
28. Noreen, Z., Ashraf, M., and Akram, N.A. 2010. Salt-induced regulation of some key antioxidant enzymes and physiobiochemical phenomena in five diverse cultivars of turnip (*Brassica rapa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 196: 273-285.
29. Pakmehr, A. 2009. Effect of priming by salicylic acid on morphological and physiological traits of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit. MSc. Thesis Faculty of Agriculture, Zanjan University. (In Persian).
30. Pakmehr, A., Shekari, F., and Rastgoo, M. 2014. Effect of seed priming by salicylic acid on some photosynthetic traits of cowpea under water deficit in flowering stage. *Iranian Journal of Pulses Research* 5(2): 19-30. (In Persian with English Summary).
31. Parsa, M. and Bagheri, A. 2008. *Pulses*. Jihad-e Daneshgahi Mashhad Publisher.
32. Rajabi, L., Sajedi, N.A., and Roshandel, M. 2013. Response of yield and yield component of dry land chickpea to salicylic acid and superabsorbent polimer. *Journal of Crop Production Research* 4(4): 343-353. (In Persian with English Summary).

33. Rezaei Chiyaneh, E., and Pirzad, A.R. 2014. The effect of salicylic acid on yield, yield components and essence of (*Nigella sativa* L.) in condition of water deficit stress. Iranian Journal of Field Crops Research 12(3): 427-437. (In Persian).
34. Rosales-Serena, R., Kohashi-Shibata, J., Trejo- Lopez, A., Ortiza-Cereceres, C., and Kelly, J.D. 2002. Yield and phonological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. Annual Red Bean Improvement Crop 45: 198-199.
35. Sabzi, S., Tahmasebi, Z., and Barari, M. 2017. The effect of irrigation different levels effect on grain yield and some traits of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Environmental Stress in Crop Science 10(1): 21-30. (In Persian).
36. Sadat Rasti Sani, M., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 5(1): 103-116. (In Persian with English Summary).
37. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. 2003. Acetyl salicylic acid (Asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation 30: 157-161.
38. Sepehri, A., Abasi, R., and Karami, A. 2016. Effect of drought stress and salicylic acid on grain yield and its component of genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Crop Improvement 17(2): 503-513. (In Persian).
39. Shakirova, F.M., and Sahabudinova, D.R. 2003. Change in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.
40. Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgho, M., Vazayefi, M., and Ghoreyshinasab, M.J. 2011. Effect of salicylic acid seed priming on physiological traits bean (*Vigna unguiculata* L.) under water stress in pod time. Agricultural Sciences Journal of Islamic Azad university of Tabriz 4(13): 13-29. (In Persian).
41. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.
42. Singh, S.H. 2003. Drought resistance in the Race Durango dry bean landraces and cultivars. Agronomy Journal 99: 1919-1225.
43. Sio-Se Mardeh, A., Sadeghi, F., Kanouni, H., Bahramnejad, B., and Gholami, S. 2014. Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 16(2): 91-108. (In Persian with English Summary).
44. Soheili Movahed, S., Esmaeili, M.A., Jabbari, F., and Foladi, A. 2017. Evaluation yield and its component some of bean genotypes in water limitation condition of season end. Agroecology Journal 9(4): 1-12.
45. Soleimani, M.R., Kafi, M., Ziaee, M., and Shabahang, J. 2009. Effect of limited irrigation with saline water on forage of two local populations of *Kochia scoparia* L. Schrad. Water and Soil 22(2): 307-317.
46. Washem, M. 2006. Influence of Exogenously Applied Salicylic Acid on Drought Tolerance of Hexaploid Wheat. Botany Department of Bitany University of Agriculture Faisalabad. Ph.D. Dissertation.
47. Zadeh Bagheri, M., Javanmardi, Sh., Alozadeh, O., and Kamelmanesh, M.M. 2015. Effects of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. Plant Ecophysiology 6(18): 1-11. (In Persian with English Summary).
48. Zarshin Zenosh, R., Ansari, M.H., and Mostafavi Rad, M. 2015. The effect of chemical and biological priming on yield and yield components of Broad Bean (*Vicia faba* L.). Plant Environmental Physiology 10(40): 73-83. (In Persian with English Abstract).
49. Zabet, M., and Hoseinzadeh, A. 2011. Determine the most important traits affecting *Vadiata wilczekvigna* yield using multivariate statistical methods in condition of drought stress and non-stress. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 87-98. (In Persian with English Summary).
50. Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology 53: 247-316.

Effect of different levels of drought stress and growth regulators on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Danir¹, S., Sharafi², S. & Gholinezhad^{*3}, E.

1. M.Sc of Agronomy, Islamic Azad University of Mahabad, siyavashdanirr@yahoo.com

2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture Faculty, Islamic Azad University of Mahabad, sharafi_1352@yahoo.com

3. Associate Professor, Department of Agriculture Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 22 February 2017

Accepted: 2 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.62772

Introduction

Legumes have great nutritional value and are an important source of vegetable protein. Population growth in recent decades has led to increased consumption of protein, especially red meat. The increase in cereal production as supplemental protein sources is considered the country's economic development program. Legumes grain have 18 to 32 percent protein and plays an important role in people's diet. Drought stress is among the main limiting factors for legumes production, and is able to reduce significantly the production of grains, in rainfed areas. Stress inhibits the full expression of the genetic potential of crops and thereby reducing the production. Salicylic acid (SA), a plant phenolic compound is known as a plant hormone and its role in relation to defense mechanisms against biotic and abiotic stresses, is well known. Priming seed is a technique which the seeds before dealing with the ecological condition, will gain ability for better germination in terms of physiological and biochemical functioning. The aim of this study was to investigate the effect of spraying and priming of beans with salicylic acid on common bean yield and its components. It was also tried to determine whether priming or spraying with salicylic acid or both of them can induce tolerance drought stress to or not.

Materials & Methods

This experiment was performed at Research Station of Agricultural School, Urmia, Iran, during 2015-2016 growing season. The experiment was conducted as split-plot arrangement based on randomized complete block design with three replications. Treatments consisted of three levels of drought stress including severe drought stress (irrigation after 120 mm evaporation by class A pan), moderate drought stress (irrigation after 90 mm evaporation by class A pan), and control (irrigation after 60 mm evaporation by class A pan) as the main factor and treatments in five levels (control, priming with distilled water, priming with salicylic acid, spraying with salicylic acid, spraying and priming with salicylic acid) as subplots. Each experiment consisted of three replication with 5 plots. The first treatment control: conventional planting seeds. Second treatment was primed seeds of beans with distilled water. The seeds were primed for 12 hours in distilled water at room temperature. The third treatment: was seed priming with salicylic acid, so that the seeds for 12 hours in a solution of 0.5 micromoles salicylic acid was used at room temperature. The fourth plot: spraying the plants with a solution of 1 micromoles of salicylic acid on the field when the plants produced about 50 percent pod. Fifth treatment (v) was a combined treatment, priming the seeds before planting (seed for 12 hours in a solution of 0.5 micromoles of salicylic acid at 25°C temperature) and spraying the plants of the plot with a solution of 1 micromoles of salicylic acid on the field at 50 percent podding. After physiological maturity of beans, the crop was harvested and biomass, grain yield, 100 grain weight, the number of pods per plant, the number of grains per pods and plant height were measured. The data were analyzed with Tukey's test at 95 percent probability ($P \leq 0.05$) using SAS and MSTATC statistical software.

*Corresponding Author: gholinezhad1358@yahoo.com

Results & Discussion

Analysis of variance showed that grain yield, biological yield, index harvest, the number of pods per plant, the number of grains per pod, pod and seed weight, 100 grain weight and plant height were significantly affected by drought stress and growth regulators. Mean comparison showed that the maximum and minimum of traits were obtained under control (without stress) and severe drought stress, respectively. The highest and lowest values of studied traits were obtained by spraying and priming with salicylic acid and control (without priming). The highest (3362 kg ha^{-1}) and lowest (1864 kg ha^{-1}) grain yield were obtained under control (without stress) and severe drought stress, respectively. Drought stress in comparison with optimum irrigation (control) reduced grain yield by 45 percent. Treatment spraying and priming with salicylic acid in comparison with control (without priming) increased grain yield about 50 percent.

Conclusion

According to this research, under Urmia climate conditions, for producing high grain yield of common bean, using spraying and priming with salicylic acid can be recommended.

Keywords: Bean, Priming, Salicylic acid, Spraying, Water deficit

اثر همزیستی میکوریزا و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و عناصر دانه و بقایای گیاهی (*Cicer arietinum*) نخود

محمود مظلومی ممیندی^۱، علیرضا پیرزاد^{۲*} و جلال جلیلیان^۳

۱- دانشجوی دکترای زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران
۲ و ۳- به ترتیب استاد و دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

چکیده

زمان پایان بارندگی‌های بهاره در موفقیت زراعت دیم مؤثر است. دو راهکار اساسی (آبیاری تکمیلی و روابط قارچ-ریشه) برای بهبود عملکرد گیاهان زراعی با اثر هم‌افزایی در اعمال توأم آن‌ها وجود دارد. برای بررسی تلقیح میکوریزایی نخود دیم، آزمایشی دوساله به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی (۲۰ اردیبهشت‌ماه، سوم خردادماه و ۱۷ خردادماه)، تلقیح میکوریزا (شاهد و قارچ گونه *Glomus intraradices*) و آبیاری (دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی) بودند. تلقیح میکوریزایی تحت شرایط آبیاری تکمیلی باعث افزایش معنی‌دار عناصر فسفر، کلسیم و خاکستر بقایا، پتاسیم و پروتئین دانه نخود نسبت به کشت دیم شد. ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد، عملکرد بقایا (۱۴۵۱ کیلوگرم در هکتار) و دانه (۶۰۲ کیلوگرم در هکتار) نخود در گیاهان میکوریزایی را تحت شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به پایان زودهنگام بارندگی‌ها (۲۰ اردیبهشت‌ماه و سوم خردادماه) افزایش بیشتری داد. به‌طور کلی کیفیت بقایا و دانه نخود در کشت دیم با یک نوبت آبیاری بهبود یافت. تلقیح میکوریزایی صرف‌نظر از زمان پایان بارندگی در میزان بهبود کیفیت و عملکرد دانه (در آبیاری تکمیلی تا ۲۰ درصد و در کشت دیم تا ۲۴ درصد) مؤثر بود. نتایج نشان داد که دو راهکار آبیاری تکمیلی و تلقیح میکوریزایی روش‌های قابل اعتمادی برای دستیابی به عملکرد مطلوب در کشت دیم نخود می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پایان بارندگی، پروتئین، فسفر، کشت دیم، *Glomus intraradices*

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا و ایران است. پاسخ گیاهان به تنش خشکی بستگی به نوع، شدت و مدت تنش و همچنین گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش دارد. به‌طور کلی در نواحی مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که عملکرد گیاه نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kafi et al., 2010). تنش کمبود آب در خاک ابتدا روی تعداد نیام در هر بوته اثر کرده و سپس اندازه بذر و تعداد دانه در نیام را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگر تنش خشکی به مدت طولانی ادامه یابد، تجدید آبیاری خسارت وارد شده به عملکرد ماش سبز را جبران نمی‌کند (Pirzad et al., 2014).

حبوبات به دلیل برخورداری از پروتئین بالای دانه اهمیت غذایی بالایی دارند. نخود (*Cicer arietinum* L.) به دلیل قابلیت همزیستی با میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، در تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم زراعی حائز اهمیت است. سطح زیرکشت نخود در دنیا ۱۱ میلیون هکتار بوده و ایران با سطح زیرکشت حدود ۷۰۰ هزار هکتار، چهارمین رتبه را در جهان پس از هند، پاکستان و ترکیه دارد (Naseri et al., 2015). نخود در بین حبوبات، مقاوم‌ترین محصول نسبت به خشکی و گرما است که تحت شرایط خاک‌های فقیر رشد می‌کند. نخود همچنین به عنوان یک محصول کم‌هزینه در نظام‌های زراعی مناطق معتدله نیمه‌خشک مطرح است (Canci et al., 2014; Toker, 2009; Patil et al., 2014). در نواحی خشک، آب مهم‌ترین منبع محدودکننده برای تولید محصولات کشاورزی است. بنابراین به حداکثر رسانیدن بهره‌برداری از آب، برای نظام‌های زراعی مناطق خشک راهبرد مناسبی به شمار می‌رود. در چنین شرایطی، می‌بایست به راهکارهای مدیریت کارآمد

*نویسنده مسئول: ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده سرو، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، کدپستی: ۵۷۱۵۹۴۴۳۹۱، تلفکس: ۰۴۴-۳۲۷۷۹۵۵۸، a.pirzad@urmia.ac.ir

مواد و روش‌ها

این آزمایش دوساله در ایستگاه ساعت‌لو مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی، واقع در ۲۷ کیلومتری شهرستان ارومیه (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۵ درجه شرقی و با ارتفاع ۱۳۲۹ متر از سطح دریا) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی در سه سطح (۲۰ اردیبهشت‌ماه، ۳ و ۱۷ خردادماه) و همزیستی قارچ میکوریز (*G. intraradices*) در دو سطح (شاهد و همزیست) در دو شرایط آبیاری تکمیلی (در مرحله شروع غلاف‌بندی) و کشت دیم بودند. بذور نخود دیم توده محلی سفید قزوين از مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی تهیه شد. بذور در عمق پنج سانتی‌متری خاک و به صورت ردیفی به فواصل ۳۰ سانتی‌متر، در کرت‌هایی به ابعاد ۴ در ۴/۵ متر در دهه اول فروردین هر دو سال کاشته شدند. بذور با تراکم ۱۸ بوته در مترمربع در روی ردیف‌ها کاشته شدند. مایه تلقیح میکوریزا شامل *G. intraradices* (تهیه‌شده از گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ارومیه) به صورت کپه‌ای در زیر بذورهای کاشته‌شده (پنج گرم در هر کپه) مصرف گردید. عملیات کنترل علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام گرفت. میزان بارندگی ماهیانه برای هر دو سال زراعی در شکل ۱ ارائه شده است. برای این‌که ادامه بارندگی‌ها بر روی تیمارهای آخرین بارندگی در ۲۰ اردیبهشت‌ماه و ۳ خردادماه تأثیر نداشته باشد، حفاظ‌هایی در برابر باران روی واحدهای آزمایشی با توجه به پیش‌بینی سازمان هواشناسی قرار داده شد. مقدار آب آبیاری تکمیلی براساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به خاک مزرعه اضافه شد (Benami & Ofen, 1984):

$$VN = [(FC - WP) \times BD \times D \times (1 - ASM) \times A] / 100$$

که در این رابطه، FC درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت مزرعه‌ای، WP درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی، BD جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، D عمق توسعه ریشه (متر)، ASM رطوبت خاک مزرعه در زمان قبل از آبیاری و A مساحت هر کرت (مترمربع) است. بر اساس توصیه آزمایشگاه تجزیه آب، خاک و گیاه، و با توجه به میزان فسفر خاک (۸ میلی گرم بر کیلوگرم)، مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره از نوع سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت به خاک اضافه شد (جدول ۱).

بهره‌برداری از آب روی آورد. آبیاری تکمیلی عملیاتی با کارآیی بالاست که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود معیشت در نواحی خشک از پتانسیل بالایی برخوردار است (Oweis & Hachum, 2006). از آنجا که تولید نخود در بیشتر مناطق در اثر کمبود رطوبت به خصوص در طی دوره رشد زایشی، محدود می‌شود، بنابراین انجام آبیاری می‌تواند در بهبود عملکرد و نیز ثبات آن مؤثر باشد. آبیاری تکمیلی به منظور رفع تنش در مراحل بحرانی رشد گیاه تأثیر جدی بر افزایش عملکرد نخود دارد (Zaferanieh et al., 2009). وقوع تنش خشکی در برخی از مراحل رشد گیاهان می‌تواند خسارت جبران‌ناپذیری وارد نماید. از این رو شناخت مراحل حساس رشد گیاهان به تنش خشکی و تأمین به موقع نیاز آن‌ها می‌تواند ما را در جهت حصول حداکثر عملکرد یاری نماید (Naseri et al., 2015). استان آذربایجان غربی بخش زیادی از سطح زیرکشت و تولید نخود کشور را دربر می‌گیرد. بر اساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ سطح زیرکشت نخود آبی و دیم به صورت پاییزه، انتظاری و بهاره در استان آذربایجان غربی ۶۶۵۰۰ هکتار بود (Agricultural Statistics, 2014). در برخی شرایط از آبیاری به صورت مکمل بارش برای افزایش تولید بهره گرفته می‌شود. تحت شرایط حاکم بر مناطق نیمه خشک اغلب در نتیجه بارش‌های غیرقابل پیش‌بینی، دماهای بالا و تشعشع خورشیدی طولانی اثرات خشکی تشدید می‌شود.

قارچ‌های میکوریزا یک گروه از کودهای بیولوژیک هستند که جزء اصلی فون محیط ریشه گیاهان در بوم‌نظام‌های طبیعی می‌باشند و رابطه همزیستی با بیشتر نهاندانگان، از جمله گیاهان زراعی دارند. روابط قارچ-ریشه‌ای (میکوریزا) می‌تواند تعادل آبی گیاهان را در شرایط فاریاب و در تنش خشکی تحت تأثیر قرار دهد. علت افزایش عملکرد محصول در گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا تعادل آبی آن‌ها در شرایط تنش خشکی و در نتیجه جذب بیشتر آب و عناصر معدنی است (Habibzadeh et al., 2015). با توجه به زمان متغیر پایان بارندگی‌های بهاره در سال‌های مختلف و تأثیر آن بر رشد و عملکرد نخود، میزان و زمان مناسب آبیاری تکمیلی در جبران خسارت تنش متفاوت است. از طرف دیگر بخشی از خسارت ناشی از کمبود آب آخر فصل رشد نخود، می‌تواند با مکانیسم همزیستی میکوریزایی جبران شود. به دست آوردن سودمندی آبیاری تکمیلی در شرایط دیم با توجه به زمان آخرین بارندگی بهاره در تلقیح و عدم تلقیح قارچ میکوریزایی از اهداف اصلی این پژوهش بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

Table 1. Result of soil analysis before experiment

بافت خاک Soil Texture	سیلت Loam	رس Clay (%)	شن Sand	پتاسیم K (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	کربن آلی OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
لومی رسی Loam-Clay	46	42	12	410	8	1.08	7.80	0.624

کلسیم از دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932 plus AB ساخت ژاپن استفاده گردید (KhosroShahi Asl, 1997). درصد پروتئین دانه و برگ، توسط دستگاه کج‌دال مدل Vapodest 20 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد (KhosroShahi Asl, 1997). برای محاسبه درصد پروتئین دانه نخود در این آزمایش، عدد ثابت ۵/۵ به‌عنوان فاکتور پروتئین مورد استفاده قرار گرفت (Mosse, 1990).

(۱)

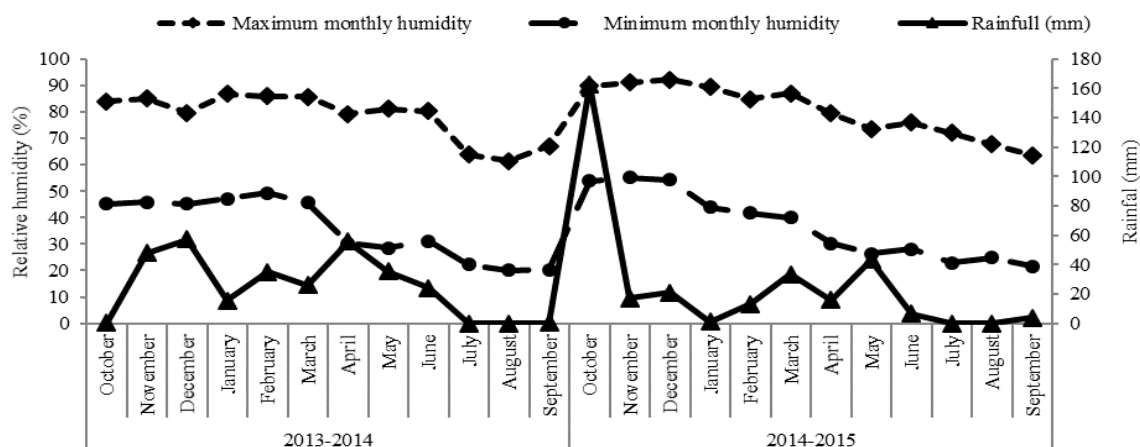
۱۰۰ × {وزن نمونه / (۰/۰۰۰۱۴ × مقدار اسید مصرف‌شده در تیتراسیون)} = درصد نیتروژن

۵/۵ × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

(۲)

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام گردید. میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

برای اندازه‌گیری عملکرد و کیفیت بقایا (در پایان مرحله غلاف‌بندی) و دانه (مرحله رسیدگی)، در هر کرت از ردیف‌های میانی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، مساحت یک مترمربع برداشت شد و عملکرد دانه و بقایا بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. نمونه‌های مربوط به هر تکرار به صورت مجزا در سایه خشک و آسیاب شدند، و در آزمایشگاه ممتاز دامپزشکی استان آذربایجان غربی میزان رطوبت، خاکستر، پتاسیم، پروتئین و کلسیم آن‌ها اندازه‌گیری شد (KhosroShahi Asl, 1997). تجزیه عناصر بافت گیاهی (بقایا و دانه) طبق استاندارد A.O.A.C به روش هضم تر با استفاده از اسیدهای نیتریک (HNO_3)، کلریدیک (HCl) و پرکلریدیک (HClO_4) صورت گرفت (Association of Official Analytical Chemists, 2005). برای اندازه‌گیری میزان فسفر دانه و بقایا از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل GEN way 630 ساخت ژاپن و برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم، خاکستر و



شکل ۱- بارندگی ماهانه، مقادیر بیشینه و کمینه رطوبت نسبی هوا در دو سال آزمایش

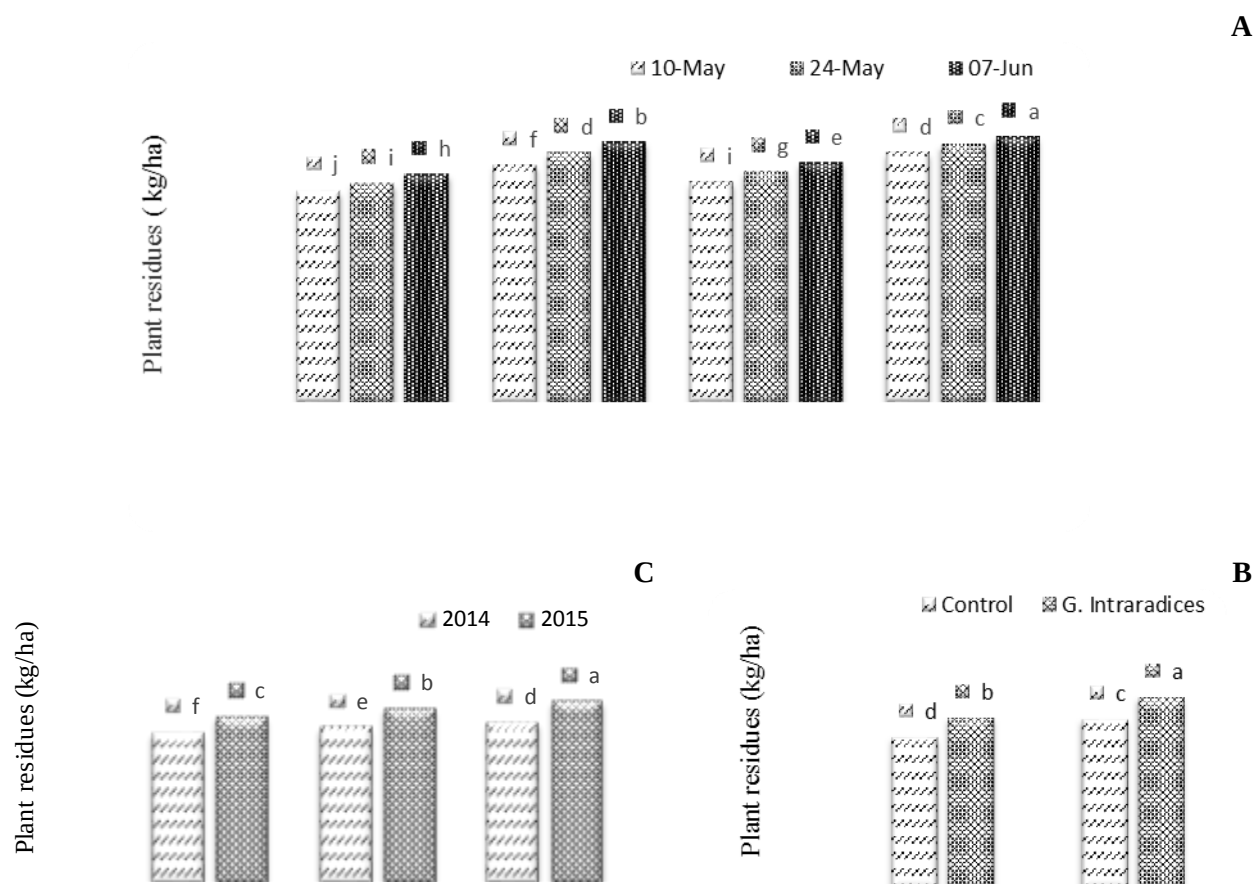
Fig. 1. Monthly rainfall, maximum and minimum relative humidity during two of experimental years

کشت دیم، و در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا نسبت به گیاهان تلقیح نشده بیشتر بود؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بقایا، از گیاهان آبیاری‌شده در همزیستی با قارچ میکوریزا و ادامه بارندگی تا ۱۷ خردادماه به‌دست آمد که نسبت به کمترین عملکرد بقایا در پایان زود هنگام بارندگی بهاره (۲۰ اردیبهشت‌ماه) در کشت دیم گیاهان تلقیح‌نشده حدود ۲۰ درصد افزایش عملکرد مشاهده شد (شکل ۲- A).

نتایج و بحث

عملکرد و کیفیت بقایا

نتایج نشان داد که در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر عملکرد بقایا در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و گیاهان شاهد با ادامه بارندگی‌ها تا زمان قطع بارندگی دیر هنگام ۱۷ خردادماه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. با این حال همواره عملکرد بقایای نخود در شرایط انجام آبیاری تکمیلی نسبت به



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش پایان بارندگی×میکوریزا×آبیاری تکمیلی (A) سال×همزیستی میکوریزا (B) و پایان بارندگی×سال (C)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 2. Means comparison of interaction effect of rain interrupted×mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×mycorrhiza (B) and rain interrupted×year (C) on the chickpea plant residues yield
Different letters show significant differences at 5% probability level

حفظ پتانسیل بالاتر آب گیاه و عملکرد بیشتر دانه در شرایط تنش مؤثر است (Ganjali *et al.*, 2009). همچنین این قارچ‌ها می‌توانند بر تعادل آبی گیاه در هردو شرایط تنش و بدون تنش اثر بگذارند و باعث افزایش عملکرد شوند (Habibzadeh *et al.*, 2013; Habibzadeh *et al.*, 2015). نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافت (Habibi *et al.*, 2013). آبیاری تکمیلی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در

بیشترین عملکرد بقایا در گیاهان همزیست به‌دست آمد. با این حال مقادیر عملکرد بقایا در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود (شکل ۲-B). در هر دو کشت سال‌های اول و دوم، با تأخیر در قطع بارندگی از ۲۰ اردیبهشت تا ۱۷ خرداد مقادیر عملکرد بقایا به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد؛ بنابراین همواره مقادیر عملکرد بقایا در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود. یعنی بیشترین عملکرد بقایا از گیاهان آبیاری‌شده در شرایط قطع بارندگی ۱۷ خرداد ماه به‌دست آمد. با این حال کمترین عملکرد بقایا در پایان زود هنگام بارندگی بهاره (۲۰ اردیبهشت ماه) حاصل شد (شکل ۲-C).

در تحقیقی که روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود صورت گرفت، مشاهده شد نسبت بالاتر وزن ریشه به اندام هوایی در

سنبله دارد (Tavakoli, 2003). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبیگری کلروپلاست، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Kafi et al., 2010; Hopkins & Huner, 2009).

نتایج مقایسه میانگین‌های دوساله آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار خاکستر بقایا از تیمار میکوریزا و آبیاری تکمیلی در سال اول به دست آمد. باین حال گیاهان دیم تلقیح شده و شاهد در هر دو سال، خاکستر بقایای کمتری نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی داشتند. آبیاری تکمیلی در گیاهان تلقیح شده، خاکستر بقایا را حداکثر ۳۲ درصد نسبت به گیاهان دیم تلقیح نشده افزایش داد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین خاکستر بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش‌های سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی

Table 2. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigation on the chickpea plant residues ash

سال Year	میکوریزا Mycorrhiza	دیم Rainfed	آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation
2014	Control شاهد	10.04 (g)	12.11 (b)
	<i>G. intraradices</i>	11.00 (f)	13.22 (a)
2015	Control شاهد	10.97 (f)	11.23 (d)
	<i>G. intraradices</i>	11.09 (e)	11.38 (c)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

میزان خاکستر بقایا با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷ خرداد در هر دو سال افزایش پیدا کرد. باین حال مقادیر خاکستر بقایا در سال اول (۱۳۹۳) در کلیه سطوح بارندگی بیشتر بود. به نظر می‌رسد تلقیح میکوریزایی و همچنین بهبود شرایط آبیاری در دو سال متوالی باعث جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش خاکستر در سال دوم (به‌ویژه در شرایطی که بارندگی‌ها تا

اواسط خرداد ادامه داشته است) شده است. یعنی بیشترین خاکستر بقایا در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت، از سال اول به دست آمد و نسبت به کمترین مقدار خاکستر بقایا در پایان زود هنگام بارندگی (۲۰ اردیبهشت) در سال دوم حدود ۱۲ درصد اختلاف نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین خاکستر بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش‌های سال×پایان بارندگی

Table 3. Means comparison of interaction effect of year×rain interrupted on the Chickpea plant residues ash

پایان بارندگی Rain interrupted			
سال Year	۲۰ اردیبهشت 10-May	سوم خرداد 24-May	۱۷ خرداد 07-Jun
2014	11.26 (d)	11.61 (c)	11.91 (a)
2015	10.56 (f)	11.20 (e)	11.72 (b)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczk)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) به اثبات رسیده است (Wu & Xia, 2004). بهبود انتقال عناصر غذایی به بافت گیاه از طریق افزایش سطح جذب ریشه‌ها توسط گسترش میسلیم‌های قارچ به فضای خارج فراریشه‌ای خاک صورت می‌گیرد که به افزایش میزان جذب فسفر، نیتروژن، گوگرد، پتاسیم، کلسیم، روی، آهن، مس و انتقال آب منجر خواهد شد (Boomsma & Vyn, 2008). تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم و قارچ‌های

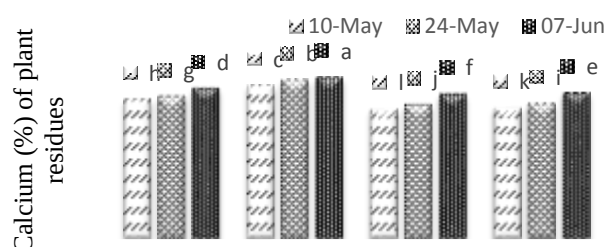
جذب عناصری چون مس، روی، گوگرد، کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن توسط قارچ‌های میکوریزی از خاک و انتقال آن به گیاه میزبان افزایش می‌یابد (Smith & Read, 2008). درصد خاکستر بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بود و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط کم‌آبی کاهش می‌یابد. در نتیجه کاهش درصد خاکستر بقایا در این شرایط بسیار محتمل است. تلقیح میکوریزا ظرفیت جذب را بهبود بخشیده و رشد گیاهان میزبان را افزایش می‌دهد که این موضوع در گیاهان نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)

مایکوریزی موجب افزایش رشد، عملکرد، ارتفاع گیاه و تعداد گرhek در ریشه و جذب عناصر معدنی (فسفر، پتاسیم، کلسیم و نیتروژن) نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه می‌شود که موجب انباشت عناصر در بافت‌های گیاهان تلقیح شده می‌گردد که این موضوع در شرایط بارندگی در اثر افزایش سطح ریشه‌ها نسبت به شرایط تنش خشکی چشمگیرتر است (Saharan & Nehra, 2011).

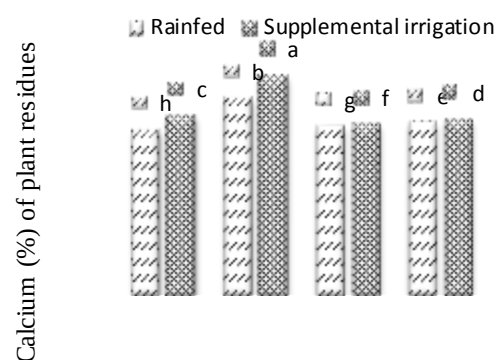
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط آبیاری تکمیلی گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا، بیشترین مقدار کلسیم بقایا را در سال اول داشتند (شکل ۳-۱). باوجود برتری

گیاهان آبیاری شده در هر دو سال، کلسیم بقایای گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی بیشتر بود (شکل ۳-۱). نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری تکمیلی در سال اول با قطع بارندگی دیر هنگام در ۱۷ خرداد ماه گیاه بیشترین کلسیم بقایای نخود را داشت. با تأخیر در پایان بارندگی‌های بهاره، درصد کلسیم بقایا افزایش معنی‌داری در هر دو سال داشت. هر چند میزان کلسیم در بقایای نخود در سال اول آزمایش بیشتر بود. در کلیه سطوح قطع بارندگی برای هر دو سال آزمایش، آبیاری تکمیلی باعث افزایش میزان کلسیم بقایا گردید (شکل ۳-۲).

B



A



شکل ۳- مقایسه میانگین کلسیم بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش‌های سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی (A) و سال×پایان بارندگی×آبیاری تکمیلی (B)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

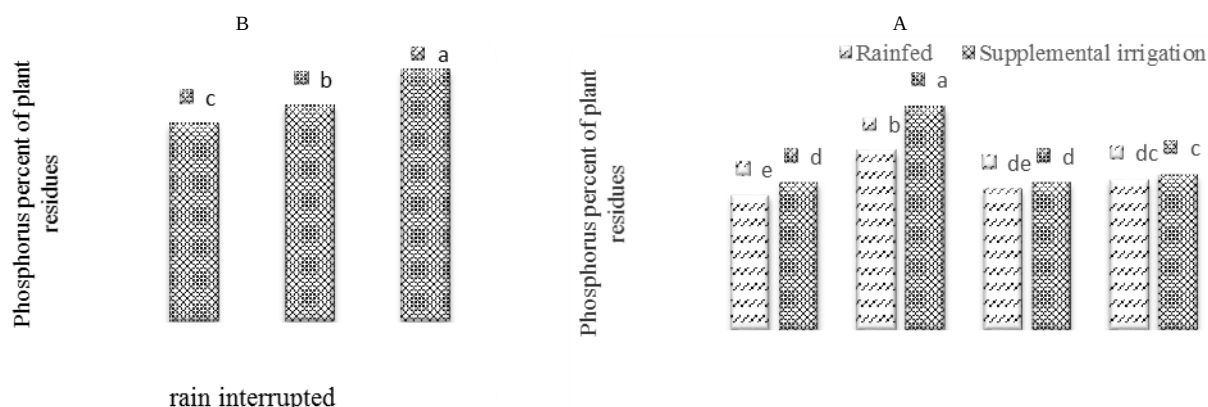
Fig. 3. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigation (A) and year×rain interrupted (B) on the Chickpea plant residues calcium. Different letters show significant differences at 5% probability level.

فسفر در تغذیه گیاه و تثبیت نیتروژن در لگوم‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند. می‌توان با همزیستی میکوریزا جذب فسفر و به همان اندازه سایر عناصر را افزایش داد (Smith & Read, 2008). تلقیح میکوریزا با ریشه اغلب گیاهان زراعی موجب افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم‌مصرف و افزایش جذب آب شده و سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در نظام‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sharma, 2002). گزارش شده که استفاده از قارچ‌های میکوریزا جذب عناصر غذایی به‌خصوص فسفر را بهبود می‌بخشند. با مطالعه اثر قارچ‌های میکوریزا بر کاهش تنش خشکی مشخص گردید که این قارچ‌ها از طریق جذب

در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر فسفر بقایا در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا در سال دوم کاهش معنی‌داری داشت. با این حال، مقادیر فسفر بقایا در آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر بود. به عبارت دیگر، بیشترین فسفر بقایای نخود که از گیاهان آبیاری شده و تلقیح شده با قارچ میکوریزا به دست آمده نسبت به کمترین مقادیر فسفر در شرایط دیم و تلقیح نشده با قارچ میکوریزا حدود ۶۷ درصد اختلاف نشان داد (شکل ۴-۱). ادامه بارندگی‌ها تا ۱۷ خرداد ماه باعث افزایش معنی‌دار مقادیر فسفر بقایای گیاه شد، به طوری که نسبت به اتمام زود هنگام بارندگی‌ها افزایش ۲۷ درصدی نشان داد (شکل ۴-۲).

(فسفر، نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، منیزیم و کلسیم) و میکرو (کبالت، مولیبدن، روی، مس، بُر و آهن) در طی تنش خشکی افزایش پیدا کرد و روابط آب برگ تحت تأثیر قرار گرفت (Goicoechea *et al.*, 1997).

عناصر غذایی (فسفر، نیتروژن، منیزیم و کلسیم)، نقش اساسی در افزایش عملکرد گیاه ایفا می‌نمایند (Evelin *et al.*, 2009). در مطالعه‌ای با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) تحت شرایط خشکی گزارش شد که در گیاهان میکوریزایی جذب عناصر غذایی ماکرو



شکل ۴- مقایسه میانگین فسفر بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی (A) و اثر پایان بارندگی (B) حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 4. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigation (A) and rain interrupted (B) on chickpea plant residues phosphorus. Different letters show significant differences at 5% probability level.

دوم آزمایش تفاوت معنی‌داری بین گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا وعدم تلقیح (شاهد) در کشت دیم و آبیاری تکمیلی مشاهده نشد (جدول ۴).

در شرایط آبیاری تکمیلی گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا دارای بیشترین مقدار پروتئین بقایا در سال اول بودند. پروتئین بقایای گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی برای سال اول بیشتر بود. در سال

جدول ۴- مقایسه میانگین پروتئین بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش سال×میکوریزا×آبیاری تکمیلی

Table 4. Means comparison of interaction effect of year×mycorrhiza×supplemental irrigation on the chickpea plant residues protein percent

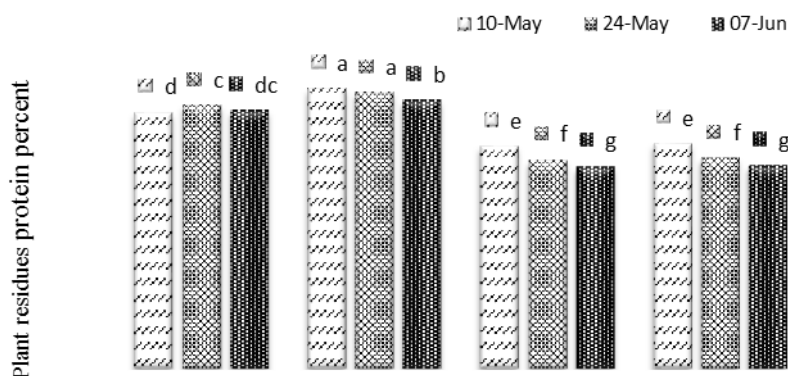
سال Year	میکوریزا Mycorrhiza	دیم Rainfed	آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation
2014	Control	11.86 (c)	11.74 (c)
	<i>G. intraradices</i>	12.20 (b)	12.84 (a)
2015	Control	9.61 (d)	9.60 (d)
	<i>G. intraradices</i>	9.65 (d)	9.72 (d)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

کمتر بود، ولی در سال دوم آزمایش ادامه بارندگی‌ها منجر به کاهش درصد پروتئین بقایا هم در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و هم گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا شد (شکل ۵).

بیشترین میزان پروتئین بقایای نخود در قطع زود هنگام بارندگی‌ها به دست آمد و ادامه بارش تا ۱۷ خرداد در هر دو سال آزمایش، هم در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و هم در گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا باعث کاهش درصد پروتئین بقایا شد. البته میزان تغییرات پروتئین در سال اول



شکل ۵- مقایسه میانگین پروتئین بقایای نخود تحت تأثیر برهمکنش سال × پایان بارندگی × میکوریزا
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 5. Means comparison of interaction effect of year×rain interrupted×mycorrhiza on the chickpea plant residues protein percent
Different letters show significant differences at 5% probability level.

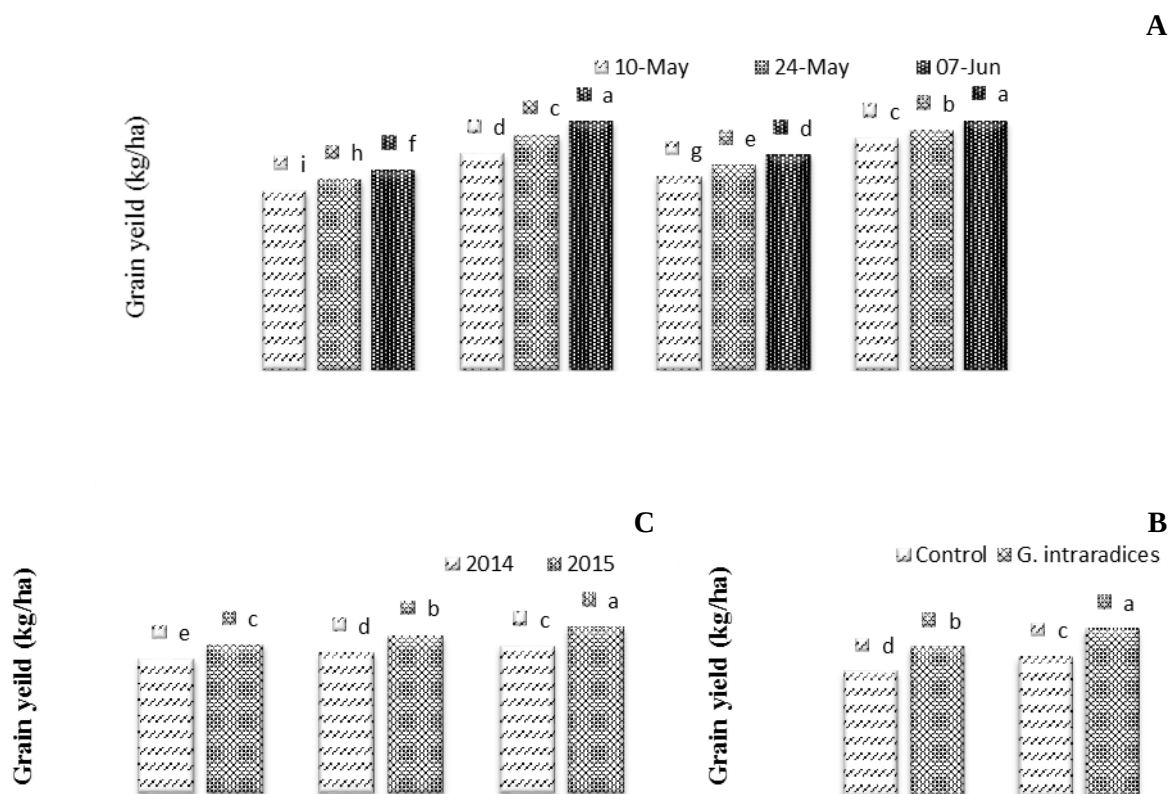
بارندگی بهار از گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا در شرایط دیم مشاهده شد (شکل ۶-۱).

بیشترین عملکرد دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا به دست آمد. همچنین مقادیر عملکرد دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود (شکل ۶-۲). در هر دو سال آزمایشی با تأخیر در قطع بارندگی از ۲۰ اردیبهشت‌ماه تا ۱۷ خردادماه مقادیر عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد و مقادیر عملکرد دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود. یعنی بیشترین عملکرد دانه نخود از قطع بارندگی دیر هنگام در ۱۷ خردادماه به دست آمد، ولی پایان زودهنگام بارندگی در ۲۰ اردیبهشت‌ماه منجر به تولید دانه‌هایی با کمترین فسفر دانه شد (شکل ۶-۳). قارچ میکوریزا با ریشه بسیاری از گیاهان همزیستی داشته و رشد رویشی و عملکرد آن‌ها را افزایش می‌دهد (Smith & Read, 2008). تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل می‌کند، به‌طوری‌که قارچ میکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد، آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می‌کند و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Sajedi & Rejali, 2011).

در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا با تأمین بیشتر نیتروژن مورد نیاز گیاه، افزایش در میزان پروتئین دانه و علوفه حاصل می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر رشد و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه *Erythrina variegata* تحت شرایط تنش کم‌آبی گزارش شد که گیاهان میکوریزایی به‌طور معنی‌داری زیست‌توده، محتوی کلروفیل، کاروتنوئیدها و محتوی پروتئین ساقه بالاتری از گیاهان غیرمیکوریزایی داشتند و گیاهان میکوریزایی قادر به حفظ تنظیم اسمزی و افزایش مقاومت در برابر تنش کم‌آبی بودند (Manoharan et al., 2010).

عملکرد و کیفیت دانه

در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر عملکرد دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در قطع دیر هنگام بارندگی (۱۷ خرداد) به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. همواره عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر است، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا آبیاری‌شده در شرایط ادامه بارندگی تا ۱۷ خردادماه به دست آمد. باین حال حداکثر عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری با گیاهان میکوریزایی کشت شده در شرایط دیم، نسبت به زمانی که اتمام بارندگی بهار ۱۷ خردادماه اتفاق افتاده بود، نشان نداد. کمترین عملکرد دانه در پایان زودهنگام



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش آبیاری تکمیلی×همزیستی میکوریزی×پایان بارندگی (A)،

سال×همزیستی میکوریزی (B) و سال×پایان بارندگی (C)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

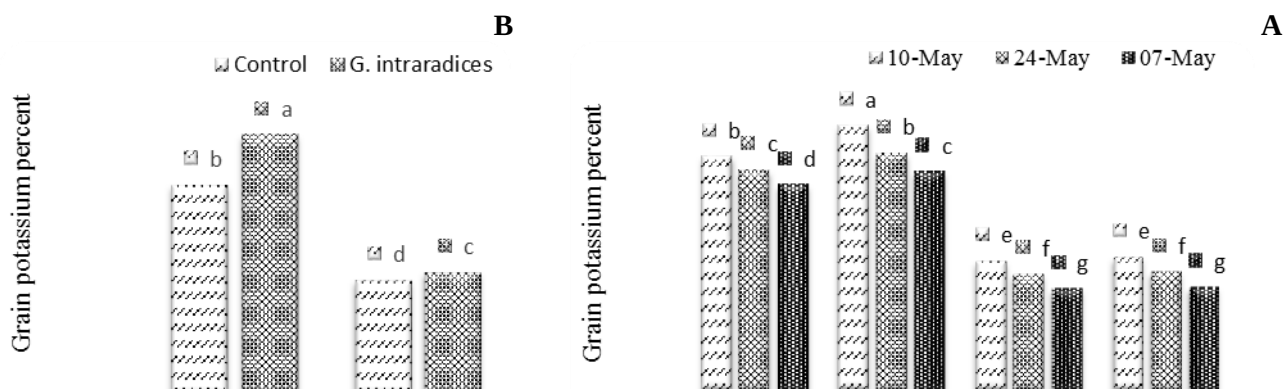
Fig. 6. Means comparison of interaction effect of rain interrupted×mycorrhiza×supplemental irrigation (A), year×mycorrhiza (B) and year×rain interrupted (C) on the chickpea grain yield

Different letters show significant differences at 5% probability level.

کمترین میزان پتاسیم دانه در همان سال آزمایش حدود ۴۵ درصد اختلاف نشان داد (شکل ۷-B).

کاهش پتاسیم دانه در تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczk) گزارش شده است (Jafardokht et al., 2015). بنابراین بهبود جذب پتاسیم در آبیاری تکمیلی (با رفع تنش خشکی) و ایجاد روابط میکوریزی (با بهبود جذب آب در شرایط پتانسیل پایین آب) در گیاه مشاهده می‌شود (Smith & Read, 2008). منابع زیادی در انباشت پتاسیم دانه در آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزی وجود ندارد، ولی همبستگی بین انباشت پتاسیم در دانه با میزان جذب پتاسیم و همچنین میزان پتاسیم برگ گزارش شده است (Thamrin et al., 2014).

در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی بسته به سال کشت با ادامه بارندگی‌ها تا ۱۷ خرداد به تدریج مقادیر پتاسیم دانه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. همچنین مقادیر پتاسیم دانه نخود در سال دوم نسبت به سال اول کاهش نشان داد، به‌طوری که کمترین مقادیر پتاسیم دانه تحت شرایط کشت دیم و اتمام دیر هنگام بارندگی در ۱۷ خرداد نسبت به بیشترین مقدار آن حدود ۶۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۷-A). در هر دو کشت سال‌های اول و دوم مقادیر پتاسیم دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. با این حال مقادیر پتاسیم دانه در سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بود. بیشترین میزان پتاسیم دانه که از گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در سال اول به دست آمده بود، در مقایسه با

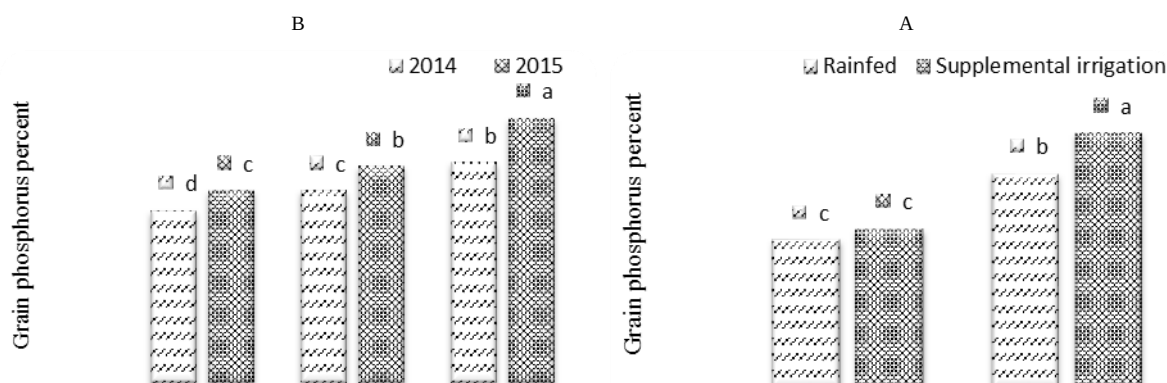


شکل ۷- مقایسه میانگین درصد پتاسیم دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش سال×پایان بارندگی×آبیاری (A) و سال×همزیستی میکوریزایی (B) حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 7. Means comparison of interaction effect of year×rain interrupted× supplemental irrigation (A) and year×mycorrhiza (B) on the chickpea grain potassium
Different letters show significant differences at 5% probability level.

۱۷ خردادماه مقادیر فسفر دانه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد؛ باین‌حال مقادیر فسفر دانه در سال دوم کشت نسبت به سال اول بیشتر بود. یعنی بیشترین فسفر دانه نخود از قطع بارندگی دیر هنگام در ۱۷ خردادماه به‌دست آمد، ولی پایان زود هنگام بارندگی در ۲۰ اردیبهشت‌ماه منجر به تولید دانه‌هایی با کمترین فسفر دانه شد (شکل ۸-B).

بیشترین مقدار فسفر دانه در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و یک نوبت آبیاری تکمیلی، و کمترین مقدار آن از گیاهان دیم تلقیح‌نشده به‌دست آمدند. با این وجود، در هر دو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا فسفر دانه بیشتری داشتند (شکل ۸-A). در هر دو سال کشت با تأخیر در قطع بارندگی از ۲۰ اردیبهشت‌ماه تا



شکل ۸- مقایسه میانگین فسفر دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش آبیاری×همزیستیمیکوریزایی (A) و سال×پایان بارندگی (B) حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 8. Means comparison of interaction effect of mycorrhiza×supplemental irrigation (A) and year×rain interrupted (B) on the chickpea grain phosphorus
Different letters show significant differences at 5% probability level.

زودهنگام بارندگی را نشان داد، هر چند این افزایش در گیاهان شاهد هم در سطوح پایین‌تری قابل مشاهده بود (جدول ۵).

ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا افزایش ۳۷ درصدی فسفر دانه نسبت به قطع

جدول ۵- مقایسه میانگین فسفر دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش پایان بارندگی×همزیستی میکوریزایی

Table 5. Means comparison of interaction effect of supplemental irrigation×mycorrhiza on the chickpea grain phosphorus

میکوریزا Mycorrhiza	۲۰ اردیبهشت 10-May	۲۳ خرداد 24-May	۱۷ خرداد 07-Jun
شاهد Control	0.36 (f)	0.41 (e)	0.47 (d)
<i>G. intraradices</i>	0.54 (c)	0.61 (b)	0.74 (a)

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letters show significant differences at 5% probability level.

اعمال‌شده) درصد پروتئین کشت دیم نسبت به شرایط ادامه بارندگی‌ها افزایش معنی‌داری نشان داد. این روند افزایشی در گیاهان آبیاری‌شده هم مشاهده شد (شکل ۹-D). انجام آبیاری تکمیلی در ارقام نخود، کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب را در مراحل مختلف فنولوژیک به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. این بهبود عملکرد از طریق افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه روی عملکرد مؤثر بود (Rezaeyan Zadeh et al., 2011). همزیستی قارچ‌های میکوریزا و گیاه سدر (*Cedrus deodara* L.) تحت تنش خشکی کلونیزاسیون میکوریزایی، تجمع اسیدآمینها و پروتئین را در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا افزایش داد (Mathur & Vyas, 2000).

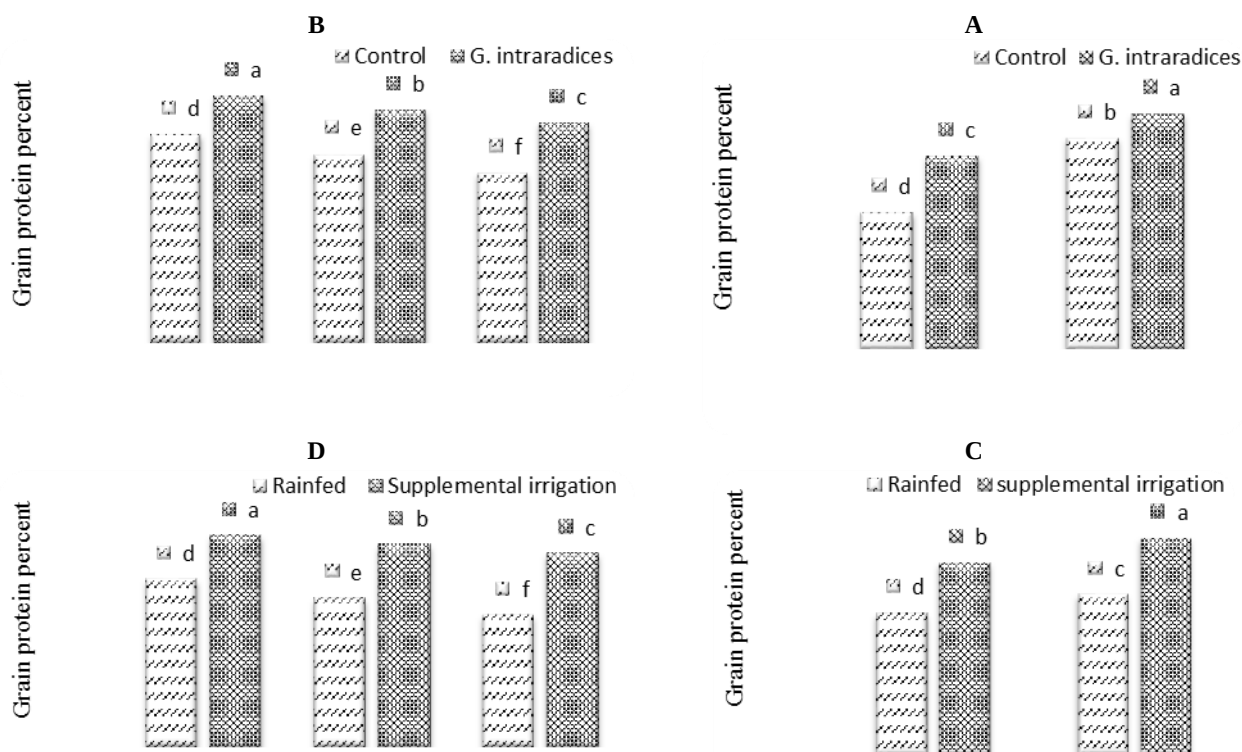
نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که انجام یک‌بار آبیاری، عملکرد دانه نخود را نسبت به شرایط دیم به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد. در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی کیفیت بقایا (فسفر، کلسیم، خاکستر و پروتئین) و دانه (فسفر و پروتئین) نخود تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا بهبود یافت. بیشترین عملکرد بقایا و دانه از گیاهان آبیاری‌شده در تلقیح گیاه نخود با قارچ میکوریزا در ادامه بارندگی تا ۱۷ خردادماه به‌دست آمد. باین‌حال همواره عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر بود. کمترین عملکرد دانه در پایان زودهنگام بارندگی بهاره (۲۰ اردیبهشت‌ماه) در گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا در شرایط دیم مشاهده شد. در کشت دیم، غلظت و محتوای فسفر در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و شاهد (تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا) به دلیل کمبود آب کاهش یافت. باین‌وجود، رابطه میکوریزایی غلظت و محتوای فسفر را در نخود افزایش داد.

قارچ‌های میکوریزا جذب عناصر غذایی به‌خصوص فسفر را بهبود می‌بخشند. غلظت فسفر در هر واحد برگ گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا بیشتر از گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا است، چون گیاه تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا بهتر از گیاهان تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا قادر به جذب فسفر از خاک خشک است (Neumann & George, 2004). مشخص شده است که کاهش محتوای رطوبت خاک با کاهش سرعت انتشار عناصر غذایی از محیط خاک به سطح جذب‌کننده ریشه همراه است و جذب عناصر غذایی از محلول خاک با وضعیت آبی خاک و نیز ریشه گیاه همبستگی بالایی دارد (Pessarakli, 1999).

بیشترین مقدار پروتئین دانه نخود در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا تحت آبیاری تکمیلی و کمترین مقدار پروتئین دانه مربوط به گیاهان شاهد دیم بود. گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا در هر دو سیستم کشت دیم و آبیاری تکمیلی پروتئین دانه بالاتری داشتند (شکل ۹-A). با افزایش شدت تنش کم آبی، هم در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا و تلقیح‌نشده با قارچ میکوریزا درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد. روابط میکوریزایی از طریق تأثیر بر قدرت جذب آب و عناصر غذایی (Habibzadeh et al., 2015) مانند نیتروژن، فسفر و روی بر درصد پروتئین دانه اثر گذاشته و موجب بهبود عملکرد پروتئین دانه می‌گردد (Habibzadeh et al., 2013; Oweis & Hachum, 2006).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا درصد پروتئین بالاتری دارند و با قطع زودهنگام بارندگی میزان پروتئین دانه نسبت به قطع دیرهنگام بارندگی بیشتر شد (شکل ۹-B). در هر دو سال کشت، میزان پروتئین دانه در گیاهان تحت شرایط آبیاری، نسبت به گیاهان دیم بیشتر بود. بیشترین افزایش آن مربوط به سال دوم در شرایط آبیاری تکمیلی به میزان ۳۶ درصد بود (شکل ۹-C). با قطع زودهنگام بارندگی در اردیبهشت‌ماه (طولانی‌ترین تنش



شکل ۹- مقایسه میانگین پروتئین دانه نخود تحت تأثیر برهمکنش آبیاری تکمیلی × همزیستی میکوریزی (A)، پایان بارندگی × همزیستی میکوریزی (B)، سال × آبیاری تکمیلی (C) و پایان بارندگی × آبیاری تکمیلی (D) حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Fig. 9. Means comparison of interaction effect of mycorrhiza × supplemental irrigation (A), rain interrupted × mycorrhiza (B), year × supplemental irrigation (C) and rain interrupted × supplemental irrigation (D) on the chickpea grain protein
Different letters show significant differences at 5% probability level.

منابع

1. Agricultural Statistics. 2014. The Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture Jihad.
2. Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC, Vol. II. Association of Official Analytical Chemist, 18th Edition, Washington DC.
3. Benami, A., and Ofen, A. 1984. Irrigation Engineering-Sprinkler, Trickle and Surface Irrigation: Principles, Design and Agricultural Practices. Irrigation Engineering Scientific Publications.
4. Boomsma, C.R., and Vyn, T.J. 2008. Maize drought tolerance: potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Field Crops Research 108: 14-31.
5. Canci, H., and Toker, C. 2009. Evaluation of annual wild *Cicer* species for drought and heat resistance under field conditions. Genetic Resources and Crop Evolution 56: 1-6.
6. Evelin, H., Kapoor, R., and Giri, B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Journal of Annals of Botany 104: 1263-1280.
7. Ganjali, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2009. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 185-196. (In Persian with English Summary).
8. Goicoechea, N., Antolin, M.C., and Sanches-Diaz, M. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* on nutrient content and water relations in drought stressed alfalfa. Journal of Plant and Soil 192: 261-268.

9. Habibi, S., Farzaneh, M., and Meskarbashee, M. 2013. Effects of inoculation with mycorrhiza (*Glomus* spp.) on growth and nutrient uptake of wheat in saline conditions. Iranian Journal of Soil and Water Research 44(3): 311-320. (In Persian with English Summary).
10. Habibzadeh, Y., Pirzad, A., Zardashti, M.R., Jalilian, J., and Eini, O. 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on seed and protein yield under water-deficit stress in Mung Bean. Agronomy Journal 105: 79-84.
11. Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M.R., Pirzad, A., and Eini, O. 2015. Some morpho-physiological characteristics of Mung Bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. Journal of Plant Nutrition 38(11): 1754-1767.
12. Hopkins, W.G., and Huner, N.P.A. 2009. Introduction to Plant Physiology. John Wiley & Sons.
13. Jafar Dokht, R., Mosavi Nik, S.M., Mehraban, A., and Basiri, M. 2015. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in mung bean. Electronic Journal of Crop Production 8: 121-141. (In Persian with English Summary).
14. Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Mahdavi-Damghani, A., and Abbasi, F. 2010. Plant Physiology (Translate). Jihad daneshgahi of Mashhad Press. (In Persian).
15. KhosroShahi Asl, A. 1997. Food Analytical Chemistry. Urmia University Press. (In Persian).
16. Manoharan, P.T., Shamugaiah, V., Balasubramanian, N., and Gomathinayagam, S. 2010. Influence of AM fungi on the growth and physiological status of *Erythrina variegata* Linn. grown under different water stress conditions. European Journal of Soil Biology 46: 151-156.
17. Mathur, N., and Vyas, A. 2000. Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass production, nutrient uptake and physiological changes in *Ziziphus mauritiana* Lam. under water stress. Journal of Arid Environment 45: 191-195.
18. Mosse, J. 1990. Nitrogen-to-protein conversion factor for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seed protein content. Journal of Agricultural and Food Chemistry 38(1): 18-24.
19. Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 78-91. (In Persian with English Summary).
20. Neumann, E., and George, E. 2004. Colonisation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. and Gerd.) enhanced phosphorus uptake from dry soil in *Sorghum bicolor* L. Plant and Soil 261(1): 245-255.
21. Oweis, T., and Hachum, A. 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Journal of Agricultural Water Management 80: 57-73.
22. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Beans. Publications University of Mashhad. (In Persian).
23. Patil, S.L., Mishra, P.K., Loganandhan, N., Ramesha, M.N., and Math, S.K.N. 2014. Energy, economics, and water use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Vertisols of semi-arid tropics, India. Current Science 107(4): 656-664.
24. Pirzad, A., Jalilian, J., and Akbari Bavandi, V. 2014. Improving grain yield of mung bean (*Vigna radiate* L.) using zeolite under water deficit condition. Research in Field Crops 3(1): 1-13. (In Persian with English Summary).
25. Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25(5): 1080-1095. (In Persian with English Summary).
26. Saharan, B.S., and Nehra, V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. Life Sciences and Medicine Research 21: 1-30.
27. Sajedi, N.A., and Rejali, F. 2011. Effects of water stress, the use of mycorrhizal inoculation on the absorption of micronutrients in corn. Journal of Soil Research (Soil and Water) 25(2): 92-83. (In Persian with English Summary).
28. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios.
29. Smith, S., and Read, D. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press.
30. Tavakoli, A. 2003. The effects of supplemental irrigation and nitrogen on yield, components Sabalan cultivar wheat yield. Seed and Plant 19(3): 367-381. (In Persian with English Summary).
31. Thamrin, M., Susanto, S., Susila, A.D., and Sutandi, D.A. 2014. Correlation between nitrogen, phosphorus and potassium leaf nutrient with fruit production of Pummelo Citrus (*Citrus maxima*). Asian Journal of Applied Sciences 7(3): 129-139.

32. Wu, Q., and Xia, R. 2004. The relation between vesicular arbuscular mycorrhizae and water metabolism in plants. Chinese Journal of Agricultural Sciences 20: 188-192.
33. Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri, A. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 473-481. (In Persian with English Summary).

Effect of mycorrhizal symbiosis and supplemental irrigation on yield, grain nutrients and plant residues of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Mazlomi Mamayandi¹, M., Pirzad^{2*}, A. & Jalilian³, J.

1. Ph.D Graduated of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Iran
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Iran

Received: 23 April 2017

Accepted: 2 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63925

Introduction

As water supplies decline and/or the cost of water increases, it is clear that producers are being driven toward deficit irrigation management, and some level of plant water stress is inevitable. The challenge is to define management systems that minimize the negative impact of the expected stress. Chickpea (*Cicer arietinum* L., Fabaceae family), a resistant pulse plant to drought and heat, produces an acceptable yield in poor soils. Chickpea is also used as a low-cost product in semi-arid tropical regions of cropping systems. Since the chickpea production in most regions is limited caused by lack of moisture particularly during the generative growth stage, irrigation can be effective for improving the performance and its stability. Supplemental irrigation has a key role to reduce tensions in the critical stages of plant growth, and also compensate the serious yield lost. The occurrence of drought stress in some stages of plant growth could be irreparable damages. The recognition of the critical stages of plant growth and water stress when they need to meet in order to obtain maximum yield. West Azerbaijan has a large portion of the area under cultivation and production of chickpea (66500 ha), especially in rainfed condition. Plant rhizosphere is known to be preferred ecological niche for soil microorganisms due to rich nutrient availability. Rhizosphere microorganisms (particularly fungi) can improve plant performance under stress environments and, consequently, enhance yield. There is considerable evidence to suggest that arbuscular mycorrhizal fungi have the potential to increase the tolerance of their host plants to water-deficit stress. The mycorrhizal fungi improve profitability nutritional status of host plant due to water and nutrient (especially P) uptake in irrigated and rainfed conditions.

Materials & Methods

A two-year (2014-2015) factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center. Treatments were rain interrupted (10 May, 24 May and 7 June), mycorrhizal symbiosis (non-mycorrhizal plants and inoculation with *Glomus intraradices*) and irrigation (rainfed and one supplemental irrigation). Plant residues (ash, protein, calcium, potassium and phosphorus) and grain (protein, potassium and phosphorus) quality were respectively determined at podding and seed maturity (Association of Official Analytical Chemists, 2005; AACC, 2000). Chickpea plant residues and grain yields were measured by harvesting of 1 m² of each plot. Data were analyzed using SAS9.1 and means were compared by Duncan's new multiple range test (MRT) at 5% level of probability.

Results & Discussion

The combined analysis of 2-year data showed a significant effects of year, rain interruption, mycorrhiza and supplemental irrigation on the forage (plant residues) yield and quality (ash, calcium, phosphorus and protein), and also significant effect on the grain yield and quality (potassium, phosphorus and protein).

*Corresponding Author: a.pirzad@urmia.ac.ir

Significant interaction effects of year, rain interruption, mycorrhiza and supplemental irrigation on quality of plant residues and grain exhibited varied response of chickpea to these above studied treatments. Means comparison indicated that in the studied area one irrigation improved the yield of chickpea grain and plant residues. In the current study, it was found that the inoculation of chickpea with *G. intraradices* regardless of irrigation regimes enhanced the plant residues (phosphorus, calcium, ash and protein) and grain (phosphorus and protein) quality. Delay in rain (from 10 May to 7 June) increased the performance of chickpea, so the highest grain and forage (plant residues) yield were obtained from irrigated mycorrhizal plants in continuing rainfall until the 7 June. Chickpea grain yield was more under supplemental irrigation than dryland farming. The early rain interruption showed a bigger yield loss because of longer stress, but the supplemental irrigation compensated a part of this negative effect. The yield compensation in mycorrhizal chickpea plants was better than non-mycorrhizal one. Rainfall continued up to 7 June, increased the plant residues (1451 kg/ha) and grain (602 kg/ha) in irrigated mycorrhizal plants more than earlier rain interruption (10 and 24 May).

Conclusion

Generally, quality of rainfed chickpea plant residues and grain were improved by supplemental irrigation. Mycorrhizal symbiosis, regardless to rainfall interruption, enhanced the quality of chickpea plant residues and grain yield (up to 20 % for supplementary irrigation and 24% for rainfed). Results showed that the supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis are reliable techniques to achieve optimal performance of rainfed chickpea.

Keywords: *Glomus intraradices*, Phosphorus, Protein, Rainfed, Rain Interruption

بررسی بیان موقت پروتئین نوترکیب CCL21 انسانی در گیاه نخود به روش آگرواینفیلتراسیون

ماریا بیهقی^۱، عبدالرضا باقری^{۲*}، حسن مرعشی^۳، مجتبی سنکیان^۴ و افسانه سادات فرساد^۵
۱- عضو هیئت علمی (استادیار) مؤسسه آموزش عالی کاویان، گروه زیست‌شناسی، مشهد، mariabeiaghhi@kavian.ac.ir
۲- استاد گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی پیوسته گروه بقولات پژوهشکده علوم گیاهی،
دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، marashi@um.ac.ir
۴- استادیار پزشکی رشته ایمونولوژی، پژوهشکده بوعلی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، sankianm@mums.ac.ir
پژوهشکده بوعلی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ایران
۵- استادیار بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، farsadafsaneh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۴

چکیده

کموکاین CCL21 از جمله کموکاین‌هایی است که خاصیت آنتی‌توموری دارد و در ایمونوتراپی بر پایه سیتوکینین‌ها بر علیه سلول‌های سرطانی مؤثر می‌باشد. با توجه به اهمیت فناوری جدید تولید پروتئین‌های نوترکیب در گیاهان، تولید پروتئین CCL21 نیز در گیاه نخود که دارای خواص آنتی‌توموری و ترکیبات معدنی و شیمیایی مناسب است، مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه حاضر از بیان موقت پروتئین CCL21 به روش آگرواینفیلتراسیون، برای تولید این پروتئین نوترکیب در گیاه نخود استفاده شده است. ۷۲ ساعت بعد از آگرواینفیلتراسیون، نتایج آزمون‌های RT-PCR، Real time PCR، دات‌بلات، وسترن‌بلات و الایزا نشان داد که سازه ژنی طراحی شده در برگ‌های نخود با میزان بالایی در سطح رونویسی و ترجمه بیان شده است. بنابراین با استفاده از روش آگرواینفیلتراسیون و انتقال سازه بیانی CCL21، نتایج نشان داد که نخود می‌تواند گیاه مناسبی جهت تولید پروتئین‌های نوترکیب باشد.

کلمات کلیدی: آگرواینفیلتراسیون، پروتئین نوترکیب، ژن *ccl21*، نخود

مقدمه

گیاهان تراریخته بهترین میزبان جهت بیان صحیح پروتئین‌های نوترکیب به حساب می‌آیند، زیرا منجر به تولید ارزان آنتی‌ژن‌ها و پروتئین‌های نوترکیبی می‌شوند که به‌عنوان واکسن تزریقی و در حالتی ایده‌آل‌تر به صورت خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kim & Yang, 2010). در حال حاضر گیاهانی با ارزش غذایی بالا، به عنوان سیستم بیانی استفاده می‌شوند، بعضی از آنها را می‌توان به صورت خام مصرف کرد که نیاز به پردازش و تخلیص را حذف می‌کند. بیان آنتی‌ژن‌های واکسن در گیاهانی مثل سیب، موز، گوجه‌فرنگی، آووکادو، بادام زمینی، ذرت، سویا و نخود (دانه) گزارش شده است (Mehrotra et al., 2011; Yajun et al., 2012).

انتقال ژن به کمک آگروباکتریوم *تومفاشینس* و تفنگ ژنی روش‌های مرسوم تولید گیاهان تراریخته می‌باشند. بر اساس الگوی بیان ژن، دو روش بیان پایدار و موقت وجود دارد. در بیان پایدار باید شرایط کشت بافت و باززایی گونه گیاهی بهینه‌شده باشد، لذا

دستیابی به گیاهان تراریخته با بیان پایدار زمان‌بر می‌باشد (Obeme et al., 2011; Koprowski & Yusibov, 2001). از طرف دیگر با توجه به مشکلات تولید پروتئین‌های نوترکیب در گیاهان تراریخته پایدار از جمله خاموشی ژن پس از انتقال، تغییرات نامطلوب در ترکیب کربوهیدرات‌های مرکب و بزرگ قندی، وقت گیر بودن تولید یک رده گیاهان تراریخته پایدار با قابلیت تولید مطلوب پروتئین و مهم‌تر از همه مشکلات زیست‌محیطی و احتمال فرار ژن و خطرات ناشی از آن سبب شده است که در سال‌های اخیر از روش‌های بیان موقت ژن در گیاه به عنوان روش‌های مناسب برای تولید فرآورده‌های نوترکیب استفاده شود (Wang & Ma, 2012). از دو روش آگرواینفیلتراسیون و آلودگی با ویروس‌های گیاهی برای بیان موقت ژن‌های خارجی استفاده می‌شود. اگرچه ناقل‌های ویروسی به دلیل آلودگی سیستمیک امکان تولید بالای مقادیر پروتئین نوترکیب را ایجاد می‌کنند، اما محدودیت در بیان ژن‌هایی با اندازه بزرگ و نگرانی‌های زیست محیطی سبب کاهش کاربرد آن‌ها شده است (Fischer et al., 2004).

* نویسنده مسئول: abagheri@ferdowsi.um.ac.ir

شود. این ترکیب نقش مؤثری در عملکرد آنزیم‌های کبدی ایفا می‌کند و به سم‌زدایی برخی از ترکیبات سرطان‌زا در بدن کمک می‌کند و علاوه بر این، سلنیوم مانع از التهاب و نیز کاهش رشد تومور می‌شود. همچنین گیاه نخود حاوی فولات می‌باشد که نقش مهمی در سنتز و ترمیم DNA ایفا کرده و در نتیجه موجب ممانعت از تشکیل سلول‌های سرطانی ناشی از جهش در DNA می‌شود. علاوه بر این ساپونین‌ها، از جمله مواد شیمیایی گیاهی موجود در نخود هستند که از تکثیر و گسترش سلول‌های سرطانی در سراسر بدن جلوگیری می‌کنند. همچنین مصرف فیبر بالا در میوه‌ها و سبزیجاتی مانند نخود با کاهش خطر سرطان روده بزرگ مرتبط می‌باشد. گیاه نخود حاوی ویتامین C است که به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی عمل می‌کند و باعث محافظت از سلول‌های بدن در برابر رادیکال‌های آزاد می‌شود (Ware, 2016). تاکنون بیان ژن‌های مختلف از طریق آگرواینفیلتراسیون در نخود گزارش شده است (Fontana et al., 1993; Krishnamurthy et al., 2000; Shivani et al., 2010).

در این پروژه نیز با توجه به جایگاه بالارزش پروتئین نوترکیب CCL21 در فعالیت آنتی‌توموری بیماران مبتلا به سرطان، بیان موقت ژن *ccl21* در گیاه نخود با روش آگرواینفیلتراسیون صورت گرفت و میزان بیان آن در سطح رونویسی و ترجمه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

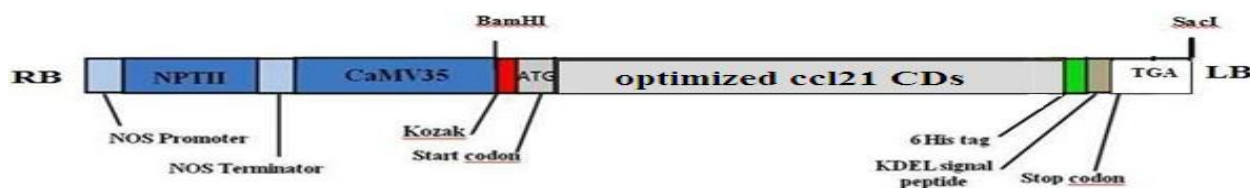
بهبودسازی توالی ترانسژن و طراحی سازه بیان

جهت افزایش میزان بیان ژن *ccl21* در باکتری و گیاه، سازه ژنی به صورت مصنوعی طراحی و ساخته شد. توالی ابتدایی این ژن ۱۴۶ جفت باز می‌باشد. پس از حذف توالی‌های اینترون و توالی مربوط به سیگنال پپتید که در ابتدای ژن قرار داشت، توالی مربوط به کدون آغازگر (AUG) و به منظور دستیابی به بیان بالا در سیستم گیاهی، توالی افزایش‌دهنده بیانی (Kozak sequence) به انتهای ۵ به عنوان جایگاه اتصال ریبوزوم اضافه شد (Kozak, 1989). سپس توالی نشانه SEKEDDEL و توالی تگ هیستیدین (6xHis) به انتهای ۳ ژن افزوده گردید (Wandel et al., 1992). برای تعیین توالی کوزاک از توالی‌های قبل از کدون شروع، در ژن‌هایی با بیان بالا در گیاهان استفاده گردید (Wang, 2004). از توالی نشانه SEKEDDEL که به عنوان یک سیگنال پپتید برای شبکه آندوپلاسمی عمل می‌کند، جهت کمک به پیچش و تولید بهتر پروتئین استفاده شده است و هدف از افزودن تگ پلی هیستیدین کمک به تخلیص پروتئین در مراحل نهایی می‌باشد.

سرطان، سومین عامل مرگ‌ومیر در ایران است. واکسن‌هایی که به منظور درمان سرطان ساخته شده‌اند، شامل واکسن‌های درمانی و واکسن‌های پیشگیری‌کننده می‌باشند. در مورد واکسن‌های نوترکیب گیاهی برای درمان سرطان، تاکنون تعداد معدودی در مرحله آزمایشگاهی در حال بررسی می‌باشند. پژوهشگران یک واکسن سرطانی با پایه گیاهی تهیه کرده‌اند که می‌تواند واکنش ایمنی بدن را فعال کرده و براساس نوع خاص تومور یک بیمار ساخته شود و در واقع با تهیه این واکسن به درمان سرطان بدون ایجاد عوارض جانبی دست یافته‌اند (Lollini et al., 2006). همچنین از ضدتومورهای مانند وین‌بلاستین و وین‌کرسستین و آلکالونیدهای که از گیاه کاتارانتوس روزئوس (پریوش) به دست می‌آیند، در درمان سرطان خون استفاده شده است (Sain & Shema, 2013). علاوه بر این پژوهشگران دریافتند پادتن ضدسرطان در دانه گندم و برنج قادر به تشخیص سلول‌های سرطان ریه، سینه و روده بزرگ می‌باشد و نیز در آینده برای تشخیص درمان سرطان سودمند است (Watson et al., 2014). یک روش جدید برای ایمونوتراپی در درمان سرطان، واکسیناسیون ژن‌های سیتوکینی به صورت زیرپوستی می‌باشد که باعث افزایش ایمنی بدن در مقابل سرطان شده و در نتیجه سلول‌های سرطانی از بین رفته و سلول‌های سالم باقی می‌مانند. کموکاین CCL21^۱ از جمله کموکاین‌هایی است که خاصیت آنتی‌توموری دارد و در ایمونوتراپی بر پایه سیتوکین‌ها بر علیه سلول‌های سرطانی مؤثر می‌باشد (Ding et al., 2003). CCL21 در بافت‌های لنفی مختلفی بیان می‌شود و به گیرنده CCR7 بر روی سلول‌های دندریتیک متصل می‌شود. این گیرنده در مهاجرت لنفوسیت‌ها به اندام‌های لنفی و نیز در خروج سلول‌های T از بافت‌های بیرونی و محیطی اعصاب به غده‌های لنفی و بالغ شدن سلول‌های دندریتیک نقش دارد (Shema, 2013) (Sain & Shema, 2013). واکسن سرطان CCL21 که تشکیل شده از سلول‌های دندریتیک به همراه پلاسمید آدنوویروس حامل ژن *ccl21*، دارای یک ایمنی بالقوه با فعالیت ضدسرطانی است (Mantovani et al., 2006). مکانیزم عمل آن به این صورت است که پس از جایگیری تومورها در درون سلول‌ها، واکسن آدنو CCL21، کموکاین CCL21 را بیان می‌کند که پاسخ ایمنی سیتوکینی آنتی‌توموری را در محیط القاء خواهد کرد (Lu et al., 2016).

گیاه نخود به علت خواص فراوان دارای ارزش غذایی بالایی بوده و در درمان سرطان مؤثر می‌باشد. ترکیبات معدنی مناسب از جمله سلنیوم به عنوان کوفاکتور آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز باعث شده تا این گیاه به عنوان یک گیاه ضدسرطان محسوب

^۱ Chemokine C-C motif ligand 21



شکل ۱- پلاسمید ناقل دوگانه pBI121 حاوی ژن *ccl21*، Nos Promoter: نواحی پیش‌بر ژن نوپالین سنتاز؛ NPTII: ژن نئومایسین فسفوترانسفراز که موجب مقاومت به کانامایسین می‌شود؛ Nos Terminator: پایان‌بر ژن نوپالین سنتاز؛ CaMV35: پروموتور ویروس موزائیک گل کلم؛ sequence KOZAK: توالی افزایش‌دهنده بیانی کوزاک (GCAACA)؛ 6His tag: تگ هیستیدین؛ TGA: کدون خاتمه؛ RB و LB: توالی‌های مرزی راست و چپ

Fig. 1. pBI121 binary vector harboring *ccl21*, Nos Promoter: Nopaline synthase Promoter; NPTII: Neomycin phosphotransferase gene which confers kanamycin resistance; Nos Terminator: Nopaline synthase Terminator; CaMV35: Cauliflower mosaic virus promoter; KOZAK sequence: The sequence (GCAACA) that increases the gene expression level; 6His tag: Histidine Tag; TGA: Stop codon. RB & LB: Right & Left Borders

معلق شده و تراکم سلولی در $OD_{600} = 0.5$ تنظیم شد. سپس سوسپانسیون حاصله به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد. برای انتقال سوسپانسیون آگروباکتریوم به برگ نخود ابتدا زخم بر روی سطح برگ ایجاد شد و سپس از سرنگ فاقد سوزن استفاده شد (Hashemi et al., 2006; Habibi et al., 2014). آنالیز بیان ژن سه روز پس از انتقال باکتری به گیاه شروع شد (Simmons et al., 2009).

استخراج RNA، RT-PCR و Real time PCR

بعد از گذشت ۷۲ ساعت از آگرواینفیلتراسیون، RNA کل با استفاده از کیت شرکت پارس توس Cat. No A101231 استخراج شد و بعد از تیمار DNase، رشته مکمل cDNA با استفاده از یک آغازگر الیگو dT (۲۰ نوکلئوتیدی) پارس توس ساخته شد (Cat.No C101131). آزمایش RT-PCR با آغازگرهای ویژه *ccl21* و ژن خانه دار ubiquitin صورت گرفت. مقادیر Ct با نرم‌افزار Bio-Rad CFX Manager به دست آمد و سطح نسبی بیان ژن در مقادیر $2^{-\Delta\Delta Ct}$ با روش لیواک و اشمیتگن (Livak & Schmittgen, 2001) محاسبه شد.

استخراج پروتئین

۱/ گرم از برگ‌های تلقیح‌شده با آگروباکتریوم، در نیتروژن مایع پودر شد و بعد از اضافه کردن ۸۰۰ میکرولیتر بافر استخراج (حاوی ۵۰ میلی‌مولار Tris-HCl (pH=۸)، ۲ میلی‌مولار EDTA (pH=۸)، ۰/۵ مولار NaCl و یک میلی‌مولار DTT (dithiothreitol) و سانتیفیوژ به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۲۰۰۰g، روشن‌آور جدا و بر اساس روش Bradford (1976) غلظت پروتئین کل اندازه‌گیری شد.

ساخت سازه بیانی

با قراردادن دو سایت برشی در دو سوی توالی مورد نظر، با استفاده از دو آنزیم برشی *BamHI* و *SacI* پلاسمید pGH حاوی ژن مورد نظر و پلاسمید pBI121 برش داده شدند و این هضم مضاعف موجب جدا شدن قطعه GUS از پلاسمید pBI121 و جدا شدن *ccl21* از pGH گردید. پس از انجام هضم، خروج GUS و خطی شدن پلاسمید، واکنش اتصال (ligation) توسط آنزیم آنزیم T4 DNA Ligase انجام شد (شکل ۲). سازه‌های ساخته‌شده توسط PCR با آغازگرهای ویژه ژنی که در جدول ۱ آورده شده است، مورد تأیید قرار گرفتند. سپس در طی فرایند اتصال سازه ژنی مورد نظر در ناقل دوگانه بیان گیاهی pBI121 درج گردید. به این ترتیب سازه ژنی حاصله، حاوی تمامی عناصر و توالی‌های لازم برای افزایش بازدهی بیان ژن شامل یک پیش‌بر قوی (پروموتور 35S)، توالی خاتمه‌دهنده (خاتمه‌دهنده nos) و ژن نشانگر گرینسگر (ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک) بود.

تهیه مایه تلقیح و انجام آگرواینفیلتراسیون

از هر کدام از کلنی‌های آگروباکتریوم سویه GV3101 حاوی پلاسمید نو ترکیب که با استفاده از روش شوک و حرارت تراریخته شدند، یک کلنی برداشته شد و به مدت ۴۸ ساعت در محیط LB حاوی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کانامایسین و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ریفامپسین داده شد. پس از رسیدن غلظت محیط کشت به $OD_{600} = 1.5$ ، سوسپانسیون باکتری سانتیفیوژ شده و پس از حذف سوپرناتانت، پلیت باکتریایی در محیط اینفیلتراسیون (محیط کشت LB مایع حاوی $MgSO_4$ ۱۰ میلی‌مولار، MES ۱۰ میلی‌مولار (-2-morpholin-4-) و ylethanesulfonic acid استوسرینگون ۱۵۰ میکرومولار)

جدول ۱- توالی آغازگرهای مورد استفاده برای آزمون PCR و Real time PCR

Table 1. Oligonucleotide primers used to PCR and Real time PCR

آغازگر پیشرو Forward Primer	آغازگر پسرو Reverse Primer	ژن Gene
5' GATGACGCACAATCCCACT 3'	5' CCCTTTCCTTCTTTCCA 3'	*CaMV-ccl21
5' GGGTTCAACAACCTTATGC 3'	5' CTTTCCCTTCTTTCCAGT 3'	**ccl21
5' CACGGTTCAACAACATCCAG 3'	5' TGAAGACCCTGACTGGGAAG 3'	***ubiquitin
5' CACGGTTCAACAACATCCAG 3'	5' TGAAGACCCTGACTGGGAAG 3'	**** nptII

* آغازگر مورد استفاده برای تأیید سازه‌های ژنی (محصول PCR، ۳۸۵ جفت باز)

** آغازگر مورد استفاده برای بررسی‌های Real time PCR (محصول PCR، ۱۰۳ جفت باز)

*** بویی کویتین، ژن استاندارد داخلی برای مقایسه سطح رونوشت‌برداری ژن *ccl21* بیان شده

**** آغازگر مورد استفاده برای بررسی حضور سازه ژنی در ناقل pBI121 (محصول PCR، ۷۹۸ جفت باز)

* primers used to verify gene constructs (PCR product: 385 bp)

** primers used for Real time PCR assay (PCR product: 103 bp)

*** Internal standard gene for comparison of *ccl21* gene transcription level

**** primers used to verify gene constructs into pBI121 vector (PCR product: 798 bp)

آزمون دات بلات

ابتدا دو میکرولیتر از پروتئین روی غشای نقطه‌گذاری شده و غشاء در ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خشک گردد. سپس غشاء به مدت یک ساعت با محلول بلوکه‌کننده (BSA) انکوبه شد. محلول بلوکه‌کننده مانع از انجام واکنش‌های غیراختصاصی می‌شود. سپس غشاء به مدت یک ساعت با آنتی‌بادی پلی هیستیدین کونژوگه انکوبه شده (دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد) و سه مرتبه با PBST/PBS شستشو داده شد. سپس غشاء با سوپسترای DAB^۱ انکوبه شد. دو میکرولیتر از پروتئین CCL21 تجاری به عنوان کنترل مثبت و حجم مشابهی از پروتئین گیاه غیرتراریخته به عنوان کنترل منفی مورد استفاده قرار گرفت.

آزمون SDS-PAGE و وسترن بلات

آزمایش SDS-PAGE روی ژل ۱۵ درصد با ۱۵ میکروگرم پروتئین کل و رنگ‌آمیزی با کوماسی بلو صورت گرفت (Farsad et al., 2016). جهت وسترن بلاتینگ ژل به غشاء نیتروسولوزی منتقل شد و با استفاده از آنتی‌بادی مونوکلونال تگ هیستیدین کونژوگه و سوپسترای DAB رنگ‌آمیزی گردید (Farsad et al., 2016) (شکل ۷).

آزمون الایزا

در نهایت میزان جذب پروتئین نوترکیب در برگ‌های تلقیح‌شده با تکنیک الایزا تعیین شد (Shoji et al., 2009)، به این ترتیب که ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی در هر چاهک پلیت الایزا ریخته شد. ۱۰۰ میکرولیتر از واکسن معمولی تب برفکی به عنوان کنترل مثبت، پروتئین استخراج شده از گیاهان غیرتراریخته و همین‌طور محلول BSA به عنوان کنترل منفی

مورد استفاده قرار گرفتند. بعد از پوشش‌دادن پلیت الایزا با آنتی‌ژن و استفاده از آنتی‌بادی پلی هیستیدین کونژوگه و سوپسترای TMB^۲، جذب OD^۳ در ۴۵۰ نانومتر در سه تکرار قرائت شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه به منظور واردنمودن توالی سازه ژن مورد نظر به درون ناقل بیانی دوگانه pBI121، واکنش هضم مضاعف انجام شد (شکل ۲).

به منظور بررسی بیان ژن *ccl21* در نخود به عنوان میزبان از روش آگرواینفیلتراسیون استفاده شد. پس از همسانه سازی ژن *ccl21* در ناقل بیانی pBI121، کلونی‌های به‌دست آمده توسط آزمون PCR با استفاده از آغازگرهای ویژه ژنی که در جدول ۱ عنوان شده‌اند، تأیید گردید (شکل ۳).

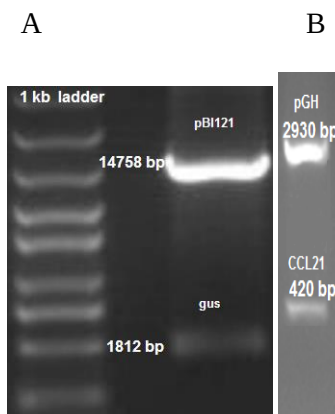
بررسی بیان ژن *ccl21* در سطح RNA

با تکثیر قطعه ۳۸۶ جفت بازی مربوط به ناحیه پیشرو پلاسمید که قسمتی از پروموتور 35S و ناحیه‌ای از ژن *ccl21* می‌باشد و نیز تکثیر قطعه ۷۹۸ جفت بازی مربوط به پرایمر *nptII* حضور قطعه مورد نظر در ژنوم نخود تأیید گردید (شکل ۴). همچنین تکثیر قطعه ۱۰۳ جفت بازی cDNA حاصل از mRNA نمونه‌های اینفیلتره‌شده در آزمون RT-PCR، رونوشت‌برداری از ژن *ccl21* را اثبات نمود (شکل ۵A). از ژن *ubiquitin* نیز به عنوان ژن کنترل داخلی جهت کمی نمودن و یکسان‌سازی غلظت‌های cDNA در برگ‌های اینفیلترشده استفاده گردید و در نهایت همان‌طور که در شکل ۵B نشان داده شده است قطعه ۱۰۵ جفت بازی تکثیر گردید.

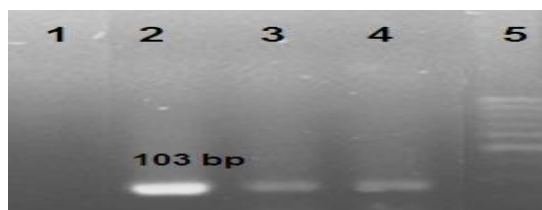
^۱ 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidine

^۲ Optical density

^۳ Di-aminobenzidine



شکل ۲- واکنش هضم پلاسمید؛ A: PBI121 حاوی ژن *gus* و B: pGH حاوی ژن *ccl21* و استفاده از آنزیم برشی *BamH I* و *Sac I*
 Fig. 2. Digestion of pGH plasmid containing the *ccl21* gene and PBI121 plasmid containing the *gus* gene with *BamH I* and *Sac I* restriction enzyme.



شکل ۳- تأیید کلنی‌های آگروباکتریوم نو ترکیب واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با استفاده از آغازگرهای اختصاصی *ccl21* جهت تکثیر قطعه ۱۰۳ جفت بازی، ۱: شاهد منفی (NT)؛ ۲، ۳، ۴: کلنی‌های مثبت حاوی ژن *ccl21*؛ ۵: نشانگر مولکولی شرکت پارس توس
 Fig. 3. Verification of recombinant *Agrobacterium* colonies with PCR by *ccl21* primers, 1: Negative Control (NT); 2,3,4: colonies that has *ccl21* gene; 5: Molecular Marker with Pars Tous

شکل ۸A نشان داده شده است، سیگنال مثبتی در محل لکه گذاری پروتئین برگ گیاه تلقیح شده دیده می‌شود؛ در حالی که در لکه مربوط به پروتئین گیاه وحشی هیچ سیگنال مشخصی دیده نمی‌شود. این نتایج حاکی از تولید صحیح پروتئین نو ترکیب CCL21 در برگ گیاه نخود از طریق بیان موقت است.

نتایج آزمون الایزا نیز با استفاده از آنتی‌بادی پلی هیستیدین کونژوگه نشان داد که پروتئین نو ترکیب CCL21 در برگ گیاه اینفیلتره شده نخود به خوبی بیان شده است (شکل ۸B). در این جا نیز نمونه‌هایی از گیاه تیمار شده، گیاه تیپ وحشی (کنترل منفی) و کنترل مثبت برای مقایسه نتایج استفاده شد. همان‌طور که در شکل ۸B دیده می‌شود، میزان بیان ژن در نمونه‌ی تلقیح شده بسیار بیشتر از گیاه تیپ وحشی بود که حاکی از بیش بیان CCL21 در برگ‌های تلقیح شده نخود می‌باشد. واکنش ناچیزی که در گیاه تیپ وحشی و Blank دیده می‌شود، به نظر می‌رسد ناشی از واکنش‌های غیر اختصاصی در چاهک الایزا باشد.

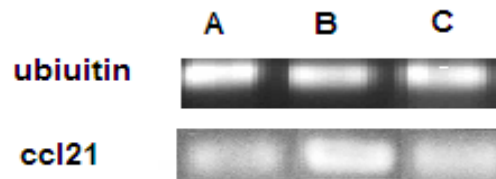
نتایج آزمون Real Time PCR با استفاده از آغازگرهای ژن مورد نظر و ژن کنترل داخلی نشان داد که مبین بیان معنی دار ژن *ccl21* در بافت‌های گیاهی تلقیح شده با آگروباکتریوم بود. (شکل ۶).

بررسی بیان ژن *ccl21* در سطح پروتئین

افزایش رونوشت‌های mRNA یک ژن الزاماً نمی‌تواند منجر به سطوح بالای بیان آن پروتئین گردد، زیرا تنها حدود ۲۰-۴۰ درصد فراوانی پروتئین با غلظت mRNA قابل تعیین است (Nie et al., 2006) و غلظت نهایی پروتئین‌ها، به سرعت ترجمه و تجزیه نیز بستگی دارد. بنابراین، جهت بررسی بیان ژن در سطح پروتئین، از آزمون‌های وسترن بلات، دات بلات و الایزا استفاده شد. نتایج آزمون SDS-PAGE حضور باند ۱۵/۵ کیلو دالتونی مربوط به پروتئین CCL21 را مورد تأیید قرار داد (شکل ۷A). آزمون وسترن بلات هم توسط آنتی‌بادی مونوکلونال کونژوگه پلی هیستیدین (شرکت Sigma) انجام شد. وزن مولکولی پروتئین توسط وسترن بلات، ۱۵/۵ کیلو دالتون تشخیص داده شد که دلیلی بر بیان موفق این پروتئین در گیاه نخود می‌باشد (شکل ۷B). همان‌طور که در

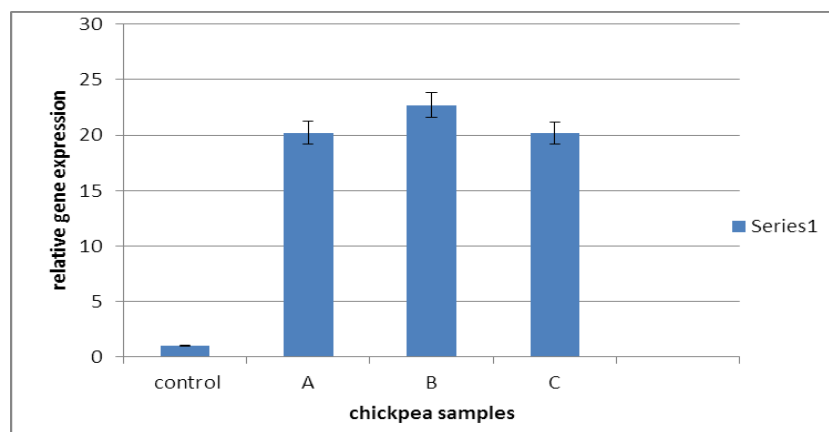


شکل ۴- تأیید حضور ترانسژن با واکنش زنجیره‌ای پلیمرز در نمونه‌های اینفیلتره‌شده گیاه نخود، ۱: نشانگر مولکولی شرکت پارس توس؛ ۲: شاهد منفی نمونه DNA استخراج‌شده از برگ نخود تلقیح نشده (NT)؛ ۳ و ۴: تأیید حضور ژن با استفاده از آغازگرهای ژن مقاومت به کانامایسین (*nptII*) (تکثیر قطعه ۷۹۸ جفت بازی)؛ ۵: تأیید حضور ژن با استفاده از آغازگرهای CaMV-CCI21 (تکثیر قطعه ۳۸۶ جفت بازی)
Fig. 4. PCR analysis for detection of *ccl21* gene in infiltrated leaves of chickpea, 1: 100bp Size marker (parstous); 2: PCR product of wild type plant (NT); 3 & 4: PCR products of infiltrated plant by *nptII* primers (798 bp); 5: PCR product of infiltrated leaves by CaMV-CCI21 primers (386 bp)



شکل ۵ - بررسی بیان ژن *ccl21*، (A): تأیید بیان *ccl21* در برگ‌های اینفیلتره‌شده گیاه نخود با روش مقایسه نیمه کمی RT-PCR، (B): تکثیر ژن *ubiquitin* نخود به عنوان ژن کنترل داخلی

Fig. 5. *ccl21* gene expression assessment, (A): Verification of *ccl21* expression in chickpea of infiltrated leaves with semi quantitative RT-PCR, (B): Amplification of chickpea *ubiquitin* as internal control



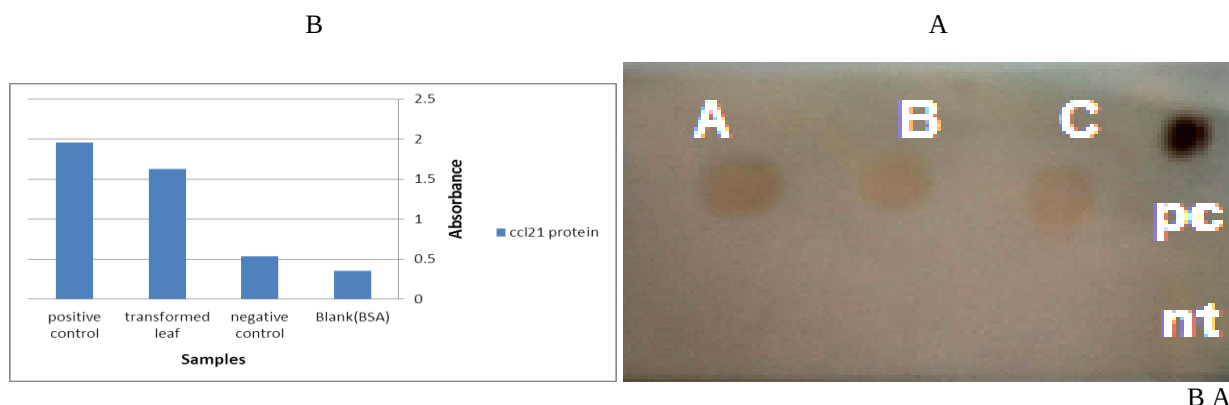
شکل ۶- بررسی بیان ژن *ccl21* با استفاده از Real time PCR، A، B و C: تأیید بیان *ccl21* در نمونه‌های اینفیلتره‌شده نخود با Real time PCR، control: ژن *ubiquitin* به عنوان ژن کنترل داخلی

Fig. 6. *ccl21* gene expression assessment, A, B & C: Verification of *ccl21* expression in chickpea samples with Real time PCR; control: *ubiquitin* as internal control



شکل ۷- بررسی نمونه‌های پروتئینی استخراج شده از برگ‌های تلقیح شده نخود توسط ژل SDS-PAGE ۱۵ درصد (A)، ladder: نشانگر مولکولی پروتئینی پارس توس؛ ۱ و ۲ و ۳: نمونه‌های برگ‌های پروتئینی تلقیح شده نخود و مشاهده باند ۱۵/۵ کیلو دالتون، B: آزمون وسترن بلات نمونه‌های پروتئینی برگ‌های اینفیلتره شده نخود، pc: نمونه کنترل مثبت ویروس مزاییک توتون؛ (او ۲: نمونه‌های پروتئینی برگ‌های اینفیلتره شده و مشاهده باند ۱۵/۵ کیلو دالتون، نشانگر مولکولی pre stained فرمنتاز

Fig. 7. 15% SDS-PAGE gel analysis of protein samples extracted from chickpea leaves (A), ladder: Protein molecular marker (Parstous); 1, 2 & 3: protein samples from chickpea leaves (15.5 KD band), Western blotting of protein samples (B), Lane 1 & 2: infiltrated protein samples, (15.5 KD band shows CCL21 molecular weight); pc: positive control mosaic virus of tobacco



B A

شکل ۸- (A): تأیید تولید پروتئین نو ترکیب CCL21 در برگ‌های نخود تزریق شده با سوسپانسیون آگروباکتریوم با استفاده از آزمون دات بلات، A, B & C: نمونه‌های پروتئینی اینفیلتره شده نخود؛ pc: نمونه کنترل مثبت؛ nt: نمونه کنترل منفی (گیاه غیر تراریخته)، (B): بررسی تولید پروتئین توسط آزمون الایزا، positive control: کنترل مثبت؛ transformed leaf: پروتئین گیاه تراریخته، negative control: کنترل منفی (پروتئین)

Fig. 8. (A): Protein dot blot for detection of recombinant protein in transformed leaves of chickpea A, B & C: protein sample of transgenic plants; pc: positive control; nt: protein sample of non-transgenic plant, B: Quantification of recombinant CCL21 protein in transgenic plants by ELISA; positive control; protein sample of transgenic plants; protein sample of non-transgenic plant as negative control and Blank

بوده و برای آنالیز عملکرد ژن در زمان کوتاه روش کارآمدی می‌باشد (Bendahmane *et al.*, 2000; Gidding *et al.*, 2000). با روش بیان موقت می‌توان توانایی سیستم بیان ژن را قبل از انتقال دائم به گیاه مورد ارزیابی قرار داد، زیرا تولید گیاه تراریخته با تظاهر دائم مستلزم صرف وقت و هزینه

بررسی بیان موقت، روشی رایج جهت ارزیابی ظرفیت سلول‌های مختلف گیاهی در تولید یک پروتئین خاص یا سنجش سازه‌های بیانی مختلف است که با استفاده از تکنیک آگرواینفیلتراسیون انجام می‌شود. این روش سریع، انعطاف‌پذیر، ساده، بی‌نیاز به کشت بافت و در بافت‌های تمایز یافته قابل اجرا

گردید. از آنجا که در پلاسمیدها و سیستم‌های تظاهر امکان جایگزینی عناصر تنظیمی مختلف و مقایسه و بررسی آنها وجود دارد، می‌توان بهترین عناصر تنظیمی بیان ژن را جهت دستیابی به بالاترین میزان تولید پروتئین نوترکیب در گیاه شناسایی نمود. در این تحقیق نیز استفاده از عوامل مختلف افزایش‌دهنده بیانی (نظیر بهینه‌سازی توالی بر اساس ترجیح کدون گیاهی، استفاده از توالی کوزاک و پپتید راهنمای SEKDEL) توانست تأثیر زیادی در میزان بیان پروتئین داشته باشد. از این رو جهت تولید گیاهان تراریخته پایدار تولیدکننده پروتئین نوترکیب CCL21 می‌توان از این ترکیب پلاسمیدی استفاده نمود.

در این پژوهش نشان داده شد که ژن *ccl21* امکان بیان در گیاه نخود را داشته و این پروتئین نوترکیب تولیدشده با استفاده از آنتی‌بادی تگ هیستیدین کونژوگه قابل شناسایی می‌باشد. از آنجایی که در این بررسی، بیان ژن مورد نظر به خوبی در گیاه نخود به عنوان یک میزبان گیاهی مناسب انجام شد، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با بهره‌گیری از روش آگرواینفیلتراسیون می‌توان میزان نسبتاً بالایی از ژن *ccl21* را در مدت زمان اندک تولید نمود و از این پروتئین نوترکیب به عنوان فاکتوری برای تقویت سیستم ایمنی انسان به خصوص در افراد مبتلا به سرطان استفاده کرد. در ادامه پروژه با بهینه سازی روش انتقال ژن به نخود و عدس می‌توان گیاه تراریخته پایداری تولید نمود که ژن *ccl21* در آن بیان شود.

است. به این ترتیب با تعیین بهترین سیستم و حذف سیستم‌هایی که کارایی کمتری دارند، می‌توان در وقت و هزینه صرفه جویی کرد. همچنین از این روش می‌توان جهت بیان سریع پروتئین‌های باارزش استفاده کرد. تکنیک استفاده‌شده در این مطالعه (آگرواینفیلتراسیون) در مقایسه با دیگر سیستم‌های تعیین بیان تراریخت، دارای چندین مزیت می‌باشد؛ از جمله این که برخلاف ناقل‌های ویروسی با محدودیت در اندازه ژن منتقل شده مواجه نیست. انجام آن ساده‌تر از بمباران ذره‌ای و تراریختی پروتوپلاست می‌باشد. سریع است و برخلاف تراریختی پایدار اجازه می‌دهد ژن‌ها آنالیز شوند و اثر زیان آوری روی رشد و نمو نداشته باشند. مقدار بافتی که ژن در آن بیان شده به صورت موقت برای انجام آنالیز پروتئین و RNA کافی است و پتانسیل استفاده برای تولید پروتئین در مقیاس آزمایشگاهی را دارد. همچنین به وسیله این روش می‌توان برخی از پروتئین‌ها را بدون نیاز به باززایی گیاهان تراریخته خصوصاً در گونه‌های گیاهی از جمله حبوبات که به سختی باززایی می‌شوند، تولید کرد (Leckie & Stewart, 2011). تاکنون مطالعات زیادی بر روی نخود انجام شده است و ژن‌های متعددی به منظور تولید صفات مختلف در گیاه نخود از طریق آگرو اینفیلتراسیون وارد شده است (Fontana et al., 1993; Krishnamurthy et al., 2000; Shivani et al., 2010).

مطالعه حاضر که اولین تحقیق در زمینه تولید پروتئین CCL21 در گیاه نخود می‌باشد، با هدف استفاده از پتانسیل بالای گیاهان جهت تولید این پروتئین نوترکیب طراحی و اجرا

منابع

1. Bendahmane, A., Querci, M., Kanyuka, K., and Baulcombe, D.C. 2000. Agrobacterium transient expression system as a tool for the isolation of disease resistance genes: application to the Rx2 locus in potato. The Plant Journal 21(1): 73-81.
2. Boehm, R. 2007. Bioproduction of therapeutic proteins in the 21st century and the role of plants and plant cells as production platforms. Annals of the New York Academy of Sciences 1102(1): 121-134.
3. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-54.
4. Ding, Y., Shimada, Y., Maeda, M., Kawabe, A., Kaganai, J., Komoto, I., and Imamura, M. 2003. Association of CC chemokine receptor 7 with lymph node metastasis of esophageal squamous cell carcinoma. Clinical Cancer Research 9(9): 3406-3412.
5. Farsad, A.S., Malekzadeh-Shafaroudi, S., Moshtaghi, N., Fotouhi, F., and Zibaee, S. 2016. Transient expression of HA1 antigen of avian influenza virus (H5N1) in alfalfa, soybean and lettuce leaves by agroinfiltration. Kerman Journal of Biotechnology 8 (1): 61-80.
6. Fischer, R., Stoger, E., Schillberg, S., Christou, P., and Twyman, R. 2004. Plant based production of Biopharmaceuticals. Current Opinion in Plant Biology 7: 152-158.
7. Floss, D.M., Falkenburg, D., and Conrad, U. 2007. Production of vaccines and therapeutic antibodies for veterinary applications in transgenic plants: an overview. Transgenic Research 16(3): 315-332.
8. Gidding, G., Allison, G., Brooks, D., and Carter, A. 2000. Transgenic plants as factories for biopharmaceuticals. Natural Biotechnology 18: 1151-1155.

9. Gollmer, K., Asperti-Boursin, F., Tanaka, Y., Okkenhaug, K., Vanhaesebroeck, B., Peterson, J.R., Fukui, Y., Donnadieu, E., and Stein, J.V. 2009. CCL21 mediates CD4+ T-cell costimulation via a DOCK2/Rac-dependent pathway. *Blood* 114: 580-588.
10. Habibi-Pirkoohi, M., Malekzadeh-Shafaroudi, S., Marashi, H., Moshtaghi, N., Nassiri, M.R., and Zibae, S. 2014. Transient expression of foot and mouth disease virus (FMDV) coat protein in tobacco (*Nicotiana tabacum*) via agroinfiltration. *Iranian Journal of Biotechnology* 12: 28-35.
11. Hashemi, H., Jourabchi, E., and Khodabandeh, M. 2005. Transient expression of human growth hormone in potato (*Solanum tuberosum*), tobacco (*Nicotiana tabacum*) and lettuce (*Lactuca sativa*) leaves by agroinfiltration. *Iranian Journal of Biotechnology* 3(2): 109.
12. Hefferon, K., Greal, M., and Mutrie, N. 2010. Transforming from Cocoon to Butterfly: The potential role of the body in the process of posttraumatic growth. *Journal of Humanistic Psychology* 50(2): 224-247.
13. Hobbs, S.L.A., Jackson, J.A., and Mahon, J.D. 1989. Specificity of strain and genotype in the susceptibility of pea to *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Reports* 8: 274-277.
14. Johnson, N., Bryant, A., Miles, T., Hogberg, T., and Cornes, P. 2011. Adjuvant Chemotherapy for Endometrial Cancer after Hysterectomy. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*.
15. Kim, T.G., and Yang, M.S. 2010. Current trends in edible vaccine development using transgenic plants. *Biotechnology and Bioengineering* 15: 61-65.
16. Koprowski, H., and Yusibov, V. 2001. The green revolution: plants as heterologous expression vectors. *Vaccine* 19(17): 2735-2741.
17. Kozak, M. 1989. The scanning model for translation: an update. *The Journal of Cell Biology* 108(2): 229-241.
18. Leckie, B.M., and Stewart, J.C.N. 2011. Agroinfiltration as a technique for rapid assays for evaluating candidate insect resistance transgenes in plants. *Plant Cell Reports* 30(3): 325-334.
19. Livak, K.J., and Schmittgen, T.D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ method. *Methods* 25: 402-408.
20. Lollini, P.L., Cavallo, F., Nanni, P., and Forni, G. 2006. Vaccines for tumour prevention. *Nature Reviews Cancer* 6(3): 204-16.
21. Lu, L.L., Chen, X.H., Zhang, G., Liu, Z.C., Wu, N., Wang, H., Qi, Y.F., Wang, H.S., Cai, S.H., and Du, J. 2016. CCL21 Facilitates Chemoresistance and Cancer Stem Cell-Like Properties of Colorectal Cancer Cells through AKT/GSK-3 β /Snail Signals. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*.
22. Mantovani, A., Bonecchi, R., and Locati, M. 2006. Tuning inflammation and immunity by chemokine sequestration: decoys and more. *Nature Reviews Immunology* 6(12): 907-918.
23. Mehrotra M, Sanyal, I., Amla, D.V. 2011. High-efficiency *Agrobacterium*-mediated transformation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and regeneration of insect-resistant transgenic plants. *Plant Cell Reports* 30: 1603-1616.
24. Muller, A., Homey, B., Soto, H., Ge, N.F., Catron, D., Buchanan, M.E., and Wagner, S.N. 2001. Involvement of chemokine receptors in breast cancer metastasis. *Nature* 410(6824): 50-56.
25. Nie, L., Wu, G., and Zhang, W. 2006. Correlation between mRNA and protein abundance in *Desulfovibrio vulgaris*: a multiple regression to identify sources of variations. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 339: 603-610.
26. Obembe, O.O., Popoola, J.O., Leelavathi, S., and Reddy, S.V. 2011. Advances in plant molecular farming. *Biotechnology Advances* 29: 210-222.
27. Sain, M., and Sharma, V. 2013. *Catharanthus roseus* (An anti-cancerous drug yielding plant)- A review of potential Therapeutic properties. *International Journal of Pure & Applied Bioscience* 1(6): 139-142.
28. Shivani I, Hari, S.M., and Susan, E., 2010. *Agrobacterium*-mediated transformation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) with an insecticidal protein gene: optimisation of different factors. *Physiol Molecular Biology Plants* 16(3): 273-284.
29. Shoji, Y., Bi, H., Musiyuk, K., Rhee, A., Horsey, A., and Roy, G. 2009. Plant-derived hemagglutinin protects ferrets against challenge infection with the A/Indonesia/05/05 strain of avian influenza. *Vaccine* 27: 1087-1092.
30. Simmons, C.W., VanderGheynst, J.S., and Upadhyaya, S.K. 2009. A model of *Agrobacterium tumefaciens* vacuum infiltration into harvested leaf tissue and subsequent in planta transgene transient expression. *Biotechnology and Bioengineering* 102(3): 965-970.
31. Wandelt, C., Rafiqul, M., Khan, S.C., Harmut, E.S., Spencer, D., and Higgins, T.J.V. 1992. Vicilin with carboxyterminal KDEL is retained in the endoplasmic reticulum and accumulates to high levels in the leaves of transgenic plants. *Plant Journal* 2: 181-192.

32. Wang, X.Q. 2004. 5-Untranslated regions with multiple upstream AUG codons can support low-level translation via leaky scanning and reinitiation. *Nucleic Acids Research* 32: 1382-1391.
33. Wang, A., and Ma, S. 2012. *Molecular Farming in Plants: Recent Advances and Future Prospects*. Springer 183-198.
34. Wang, J., Seethala, R.R., Zhang, Q., Gooding, W., Van Waes, C., Hasegawa, H., and Ferris, R.L. 2008. Autocrine and paracrine chemokine receptor 7 activation in head and neck cancer: implications for therapy. *Journal of the National Cancer Institute* 100 (7): 502-512.
35. Watson, M., Benard, V., Thomas, C., Brayboy, A., Paisano, R., and Becker, T. 2014. Cervical cancer incidence and mortality among American Indian and Alaska Native women, 1999-2009. *American Journal of Public Health* 104 (3): S415-22.
36. Ware, M. 2016. Chickpeas: Health Benefits, Nutritional Information. Available at Web site <http://www.medicalnewstoday.com>.
37. Wroblewski, T., Tomczak, A., and Michelmores, R. 2005. Optimization of *Agrobacterium*-mediated transient assays of gene expression in lettuce, tomato and *Arabidopsis*. *Plant Biotechnology Journal* 3(2): 259-273.
38. Yajun, F., Wei, L., Xiaojuan, Z., and Xingzhi, W. 2012. Transient expression of acidic fibroblast growth factor in pea (*Pisum sativum* L.) plants. *African Journal of Biotechnology* 11(22): 6060-6063.

Transient expression of CCL21 chemokine in chickpea via agroinfiltration

Beihaghi¹, M., Bagheri^{2*}, A., Marashi³, H., Sankian⁴, M. & Farsad⁵, A.S.

1. Member of Science (Assistant Professor), Department of Biology, Kavian Institute of Higher Education, Mashhad, Iran, mariabeiaghhi@kavian.ac.ir
2. Professor, Department of Biotechnology, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3. Professor, Department of Biotechnology, College of Agriculture marashi@um.ac.ir, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, marashi@um.ac.ir
4. BuAli Research Institute, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran, sankianm@mums.ac.ir
5. Contribution from College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, farsadafsanah@yahoo.com

Received: 13 November 2016

Accepted: 5 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.60228

Introduction

Chemokine (C-C motif) ligand 21 (CCL21) has anti-tumor efficacy and used for immunotherapy based on cytokinins against cancer cells. Immune potentiating of CCL21 chemokine via DC and stromal cell-based approaches for effective recruitment and activation of APC and T cells for promotion of antitumor activity in lung cancer was evaluated. Plants are now gaining widespread acceptance as a general platform and as bioreactors for the large scale production of recombinant proteins. However, the technique suffers from major drawbacks such as low expression level and long time required for the production of the recombinant protein in plant tissues. The goal of the present study was to investigate the possibility of expressing the CCL21 protein in *Cicer arietinum* via agroinfiltration. In agroinfiltration, the suspension of *Agrobacterium tumefaciens* harboring the gene(s) of interest is infiltrated into plant leaves using a needle-free syringe. This technique has been carried out in a variety of plants with different experimental purposes and it was simple, cost effective and rapid procedure. Chickpea contain several minerals and phytochemicals components for human health, for example it has selenium, that plays essential roles in liver enzyme function, and helps detoxify some cancer-causing compounds in the body, Also selenium prevents inflammation and also decreases tumor growth rates. So chickpea known as a valuable plant for the production of recombinant proteins chickpeas also contains folate, which plays a role in DNA synthesis and repair, thus preventing the formation of cancer cells from mutations in the DNA. Also it has saponins, which are phytochemicals that prevent cancer cells from multiplying and spreading throughout the body. High-fiber intakes from fruits and vegetables like chickpeas are associated with a lowered risk of colorectal cancer. Therefore, in this study, *ccl21* gene of human was synthesized and transiently expressed in *Cicer arietinum*.

Materials & Methods

To examine the possibility of expressing the CCL21 protein in *Cicer arietinum*, a cDNA fragment encoding the *ccl21* gene was synthesized de novo, modified with a Kozak sequence, a C-terminal hexahistidine (6His) tag, and an endoplasmic retention signal (SEKDEL). The construct was subcloned into vector pBI121 and *Agrobacterium* colonies were verified by PCR test. The resulting *ccl21* plasmid was agro-infiltrated into *Cicer arietinum*. The relative gene expression of recombinant plant-produced *ccl21* was measured by semi quantitative RT-PCR and quantitative real-time PCR. Guided by the gene expression profile, CCL21 protein was extracted after 72 hours. A recombinant CCL21 protein was immunogenically detected by conjugated polyhistidine antibody in western blot, dot blot and ELISA assay.

*Corresponding Author: abagheri@ferdowsi.um.ac.ir

Results & Discussion

The results of PCR assay confirmed presence of the synthetic construct in *Agrobacterium* clones. Also PCR test showed that, this construct was integrated in infiltrated leaves but the gene of interest is not integrated in the nuclear genome of plant cell. So, the transgene in plant tissue is higher than pure plasmid as control. RT-PCR and Real time PCR assay was also conducted to evaluate the expression of gene. Dot blot assay showed that, the protein sample obtained from transformed leaves generated a strong signal which is comparable to that of positive control, whereas wild type plant protein was not detectable. Also enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and western blot showed that gene construt of *ccl21* was expressed highly in transcription and translation level. Migration size of protein was detected at 15.5 KD by Western blotting. ELISA results showed that the CCL21 was expressed in the transfected leaves in high level.

Conclusion

This paper is the first research about the transient expression of the chickpea-made CCL21 protein where a synthetic sequence was used for its expression. Here, the efficacy of agroinfiltration for expression of *ccl21* gene in chickpea was illustrated. Agroinfiltration expedites the process of recombinant protein expression in plant tissues. Therefore, using agro-infiltration system in chickpea plant was the appropriate strategy for *ccl21* gene production in the assayed plants. Therefore, this method makes it possible to evaluate efficacy of a potential recombinant vaccine in a short time.

Keywords: Agro-infiltration, C-C chemokine ligand 21 (CCL21), Chickpea, Transient gene expression

ارزیابی صفات مورفولوژیکی و زراعی برخی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum*)

سهیلا افکار^{۱*} و پیام پزשکپور^۲

۱- استادیار گروه اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۹

چکیده

نخود (*Cicer arietinum*) گیاهی خودگرد افشان با تعداد کروموزم $2n=2x=16$ می‌باشد که به عنوان یکی از مهم‌ترین منبع پروتئین گیاهی در جهان شناخته شده است. ۱۵ ژنوتیپ نخود برای پارامترهای مختلف عملکرد در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه ارزیابی شدند. در این تحقیق صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد کل غلاف در بوته، تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف تک‌بذر، تعداد غلاف دوبذر، تعداد دانه در پوک، وزن دانه با پوسته غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، وزن کل دانه با کاه، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن خشک ساقه تک‌بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد کاه، شاخص برداشت و تلاش زادآوری ارزیابی شدند. وجود تغییرات بسپار معنی‌داری برای صفات وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و تعداد غلاف در هر بوته نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای این صفات است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که ژنوتیپ‌های G_1 ، G_8 ، G_{15} و G_6 به ترتیب دارای بالاترین عملکرد دانه و در بین آن‌ها دو ژنوتیپ G_8 و G_{15} از نظر عملکرد دانه و بیولوژیکی مناسب‌ترین هستند. نتایج همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت نشان داد که وزن ۱۰۰ دانه، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته (دانه + پوسته) و تعداد غلاف تک‌بذر بیشترین تأثیر را روی عملکرد دانه دارند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که وزن دانه با پوسته غلاف تک بوته، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد غلاف تک‌بذر صفات مناسبی برای اصلاح عملکرد دانه و گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالاتر در نخود می‌باشند. با توجه به این که عملکرد بالا یکی از معیارهای اصلی اکثر کشاورزان برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر است. بنابراین برای اصلاح نخود، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا می‌توانند از طریق دورگ‌گیری یا مستقیماً توسط کشاورزان استفاده شوند.

کلیدواژه: تجزیه علیت، تنوع ژنتیکی، صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه، نخود

مقدمه

سازمان جهانی غذا اعلام کرده که جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ بیشتر از ۸ میلیارد نفر می‌شود و لذا لازم است برای تأمین مواد غذایی این جمعیت، راهکارها و روش‌های جدیدی را به کار گرفت (Motavassel, 2013). نخود یک کالای باارزش بالا و منبع مهمی از پروتئین برای مصرف بشر در چندین کشور توسعه‌یافته است که در بین بذرهای با پروتئین بالا، با میانگین پروتئین ۲۲ درصد قرار می‌گیرد (Ghaffari et al., 2014)، همچنین پوشش غلاف و دانه نخود به عنوان علوفه استفاده می‌شود (Aggarwal et al., 2015) و نقش مهمی در حفظ حاصلخیزی خاک به‌ویژه در مناطق دیم و خشک بازی می‌کند (Hajibarat et al., 2014). این گیاه دیپلوئید ($2n=2x=16$)، خودگرد افشان و سومین دانه حبوبات مهم در جهان

(Naghavi et al., 2012) با بیشترین میزان تولید در منطقه آسیا با حدود ۷/۶۷ تا ۱۰/۳۸ میلیون تن از تولید جهان است. این گیاه جزء حبوبات زمستانه است که نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی در مناطق دیم دارد (Mohammadi & Talebi, 2015). ثابت شده که این لگوم در ارتباط با سایر محصولات زراعی به عنوان بخشی از تکامل کشاورزی در مناطق حاصلخیز ۱۰ هزار تا ۱۲ هزار سال پیش اهلی شده است (Naghavi et al., 2012). ایران به عنوان مرکز ثانویه تنوع برای برخی از حبوبات به طور عام و به طور ویژه برای نخود دارای تعداد زیادی از مجموعه‌هایی از ژرم پلاسما نخود در مناطق جغرافیایی متفاوت است (Ghaffari et al., 2014). تولید نخود در ایران کم و ناپایدار بوده که ممکن است با تکامل ارقام با پایه ژنتیکی ضعیف که آن‌ها را نسبت به تنش‌های زنده آسیب‌پذیر کرده، مرتبط باشد. ارقامی با پایه ژنتیکی ضعیف به علت استفاده بیش از حد از تعداد کمی ژرم پلاسماهای خویشاوند در

* نویسنده مسئول: soheila.afkar@gmail.com

باقلا، تفاوت قابل توجهی بین سه جمعیت اصلی باقلا برای صفات مورفولوژیکی مشخص شد (Backouchi et al., 2015). مطالعه‌ای برای بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی توده‌های عدس انجام شد و مشخص گردید که توده‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد تنوع خوبی دارند. ارتفاع از جمله صفاتی بود که رابطه مثبتی با عملکرد دانه داشت و همچنین همبستگی مثبتی بین صفات مورفولوژیک تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا برداشت مشاهده شد، به‌طوری‌که بایستی این ارتباطات مورد توجه اصلاح‌گران قرار بگیرد (Naroui et al., 2008). هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تنوع ژنتیکی ویژگی‌های مهم زراعی-مورفولوژیکی، روابط بین صفات مختلف با عملکرد دانه و استفاده از صفات مؤثر در برنامه به‌نژادی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نمود می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شرایط کشت و مواد ژنتیکی مورد بررسی

این مطالعه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه سراب چنگائی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان با استفاده از ۱۵ ژنوتیپ نخود (جدول ۱)، تهیه شده از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مرحله اجرا درآمد. عملیات تهیه زمین به ترتیب شامل شخم پاییزه، دو دیسک عمودبهرم و سپس تسطیح زمین توسط لولر (Leveler) بود. کود پایه بر مبنای ۵۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر اساس آزمون خاک محاسبه و قبل از کاشت در سطح مزرعه پخش و توسط دیسک با خاک مخلوط شد. جهت پیشگیری از بروز بیماری‌های خاکزی، ضدعفونی بذور قبل از کاشت توسط قارچ‌کش کاربوکسی تیرام به نسبت دو در هزار انجام شد. علف‌های هرز در دو نوبت در اواخر فروردین ماه و اوایل اردیبهشت توسط دست وجین شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری

در هنگام رسیدگی پنج بوته به طور تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب و صفات زیر اندازه‌گیری شد: ارتفاع بوته، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد کل غلاف در بوته، تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف تک‌بذر، تعداد غلاف دوبذر، تعداد غلاف پوک، وزن دانه با پوسته غلاف، وزن دانه تک‌بوته، وزن ۱۰۰ دانه، وزن کل دانه با کاه، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن خشک ساقه تک‌بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد کاه، شاخص برداشت و تلاش

برنامه‌های اصلاح گیاهان زراعی ایجاد شده‌اند (Mohammadi & Talebi, 2015). با توجه به این که کارهای اصلاحی اندکی روی ارقام نخود ایرانی صورت گرفته است، تحقیقات بیشتری برای افزایش سودمندی این لگوم غذایی ارزشمند لازم است (Naghavi et al., 2012; Aggarwal et al., 2015). عملکرد و پایداری نخود از مهم‌ترین موضوعات اصلاحی برای این محصول می‌باشند. موفقیت برنامه اصلاحی آن‌ها عمدتاً به فراوانی منابع ژنتیکی بستگی دارد (Ramanappa et al., 2013). مخزن ژنتیکی محصولات زراعی مانند ژرم‌پلاسما نخود دارای تنوع ژنتیکی بوده که می‌تواند برای برنامه‌های اصلاحی حال و آینده مفید باشد (Tsfamichael et al., 2015). متنوع بودن منابع ژرم‌پلاسما از نظر ژنتیکی، همچنین آگاهی در مورد تنوع ژنتیکی و روابط بین ویژگی‌های اقتصادی می‌تواند به اصلاحگر برای تدبیر استراتژی اصلاحی مناسب از طریق غربال کردن و انتخاب برای گسترش ژنوتیپ‌های سازگارتر و پربارتر کمک کند (Ramanappa et al., 2013; Hajibarat et al., 2014). برای تعیین خصوصیات ژنتیکی می‌توان از روش‌های مختلفی اعم از سنتی مثل ویژگی‌های مورفولوژیکی تا روش‌های مولکولی و بیوشیمیایی استفاده کرد (Hajibarat et al., 2014). عملکرد دانه متغیر کمی است که نتیجه چندین فرایند بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در مراحل رشد و نمو محصول است (Tsfamichael et al., 2015). هدف اصلی اکثر برنامه‌های اصلاحی افزایش عملکرد است، اگرچه یک موفقیت عمده در اصلاح محصولاتی با عملکرد بالا از طریق انتخاب ساده از ژرم‌پلاسما به‌دست آمده است، ولی محدوده قابل توجهی برای افزایش بیشتر در عملکرد از طریق هیبریداسیون و انتخاب وجود دارد (Ramanappa et al., 2013). در تحقیقی نتایج تجزیه واریانس در ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۵ صفت مورفولوژیکی در ۳۵ ژنوتیپ گندم مشخص کرد که اثر ژنوتیپ در تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (Babaie Zarch et al., 2013). نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ۱۰۵ توده نخود کابلی نشان می‌دهد که عملکرد بوته، تعداد شاخه‌های اولیه و شاخص برداشت به ترتیب بیشترین تغییرات را در بین توده‌های نخود داشتند. عملکرد دانه با صفات شاخص برداشت و عرض کانوپی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (Fazeli & Chegami, 2011). در تجزیه واریانس هفت صفت مورفولوژیکی، تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده نخود وجود داشت که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی است که می‌تواند از طریق انتخاب مورد بهره‌برداری قرار بگیرد (Hajibarat et al., 2014). در بررسی تنوع ژنتیکی ارقام

از کاه و کلش به صورت دستی انجام شد و سپس دانه‌ها توزین و شاخص برداشت با استفاده از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی محاسبه شد.

زادآوری. به منظور تعیین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه سطحی معادل ۱/۸ مترمربع از هر کرت بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شد. بوته‌های برداشت‌شده پس از خشک شدن برای تعیین عملکرد بیولوژیکی توزین شدند. تفکیک دانه

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 1. Studied genotypes

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	تیپ رشد
Genotype number	Genotype name	Growth type
G1	SEL.S.P.L.k3-87	ایستاده، میان‌رس*
G2	SEL.S.P.L.k4-87	ایستاده، میان‌رس
G3	SEL.SPL.K10-87	ایستاده، میان‌رس
G4	SEL.SPL.K14-87	ایستاده، میان‌رس
G5	SEL.SPL.K17-87	ایستاده، میان‌رس
G6	SEL.SP.L.K18-87	ایستاده، میان‌رس
G7	FLIP05-46C	ایستاده، میان‌رس
G8	FLIP03-17C	ایستاده، میان‌رس
G9	FLIP05-18C	ایستاده، میان‌رس
G10	SEL.SP.L.K20-87	ایستاده، میان‌رس
G11	FLIP05-22C	ایستاده، میان‌رس
G12	SAR80J910K13-87	ایستاده، میان‌رس
G13	SEL.SP.L.K2-87	ایستاده، میان‌رس
G14	AZAD	ایستاده، میان‌رس
G15	ADEL	ایستاده، میان‌رس

* تیپ رشدی همه ژنوتیپ‌ها، ایستاده و میان‌رس

Growth type of genotypes: erect & intermediate

بستگی دارد و موفقیت در اصلاح ژنتیکی یک صفت بستگی به ماهیت تنوع موجود در خزانه ژن مربوط به آن صفت دارد (Ebrahimi *et al.*, 2011). تنوع ژنتیکی مشاهده‌شده در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای عملکرد دانه، پتانسیل ژرم‌پلاسما برای تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها با سازگاری گسترده و ویژه با محیط را نشان می‌دهد. همچنین عملکرد دانه یکی از شاخص‌های اساسی برای شناسایی و گزینش ارقام برای استفاده‌کننده نهایی و کشاورزان می‌باشد (Mallu *et al.*, 2014). مشخص شده که کارایی عملکرد نخود می‌تواند توسط تعداد غلاف در بوته تعیین شود و از طرف دیگر ژنوتیپ‌هایی با تعداد غلاف بیشتر می‌توانند برای هیبریداسیون با ارقام زودرس برای به دست آوردن عملکرد بالا استفاده شوند. همچنین تعداد غلاف در بوته می‌تواند به علت رقابت برای رطوبت و مواد غذایی قابل دسترسی خاک، فاکتوری باشد که اندازه بذر را کاهش دهد. وزن دانه یکی از مهم‌ترین صفات در نخود بوده که تفاوت معنی‌دار برای این صفت در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ممکن است به علت تفاوت در اندازه غلاف و زمان پرشدن غلاف باشد که اندازه

روش‌های آماری مورد استفاده

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح ۰/۰۵، تجزیه رگرسیون، برآورد ضرایب همبستگی و تجزیه علیت با نرم‌افزارهای SPSS، Minitab 17، SAS 9.1 و Path2 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف برای صفات وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و تعداد غلاف وجود دارد و برای دیگر صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). این تغییرات نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای عملکرد و صفات مربوط به عملکرد است. تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها ی نخود (*Cicer arietinum* L.) مناطق مختلف کوسووا برای عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه مشاهده شد که با نتایج به دست آمده در این آزمایش همخوانی دارد (Aliu *et al.*, 2016). به وجود آوردن یک روش اصلاحی مؤثر به وجود تنوع ژنتیکی

بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Mallu et al., 2014). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که ژنوتیپ‌های G15، G8، G1 و G6 به ترتیب نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند، در حالی که ژنوتیپ‌های G15 و G8 بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی را تولید کرده بودند. ژنوتیپ‌های G8 و G15 برای تولید همزمان بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. بیشترین تعداد غلاف و وزن ۱۰۰ دانه، به ترتیب در ژنوتیپ G8 و G15 مشاهده شد. نتایج بررسی ژنوتیپ‌های مختلف خود اختلاف معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه نشان می‌دهد (Ahmad et al., 2012; Chegami et al., 2012; Tesfamichael et al., 2015) که تحقیقات ذکر شده تأیید کننده نتایج به دست آمده در این آزمایش بوده و مبتنی بر وجود تنوع ژنتیکی بالا برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن می‌باشد. تنوع مشاهده شده بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه فرصت خوبی برای اصلاح صفات مورد نظر در برنامه‌های اصلاحی فراهم می‌کند و با استفاده از نتایج مقایسه میانگین‌ها می‌توان ارقامی با عملکرد دانه بالا را به عنوان والدین برای کارهای اصلاحی به کار برد.

همبستگی بین صفات

عملکرد گیاه نتیجه تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های اقتصادی گیاه بوده که از طریق روابط متعادل بین منبع و مخزن حاصل می‌شود، یا بعبارت دیگر موازنه صحیح بین منبع و مخزن عامل مهم دستیابی به عملکردهای مطلوب است (Vaghar et al., 2010). در انجام برنامه‌های گزینش، داشتن آگاهی و اطلاعات از ارتباط عملکرد دانه و صفات مورفولوژیکی دیگر بسیار مهم می‌باشد. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که از اثر متقابل تعداد زیادی صفت به دست می‌آید که تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط می‌باشد. جهت ارزیابی، بهبود عملکرد دانه و تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد، برآورد همبستگی ساده ابزار مناسبی برای رسیدن به این هدف می‌باشد (Mohammadi & Talebi, 2015). نتایج حاصل از تجزیه همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات نشان داد که همبستگی صفت عملکرد دانه با صفات وزن ۱۰۰ دانه ($r_p=1$)، $r_g=0/99$ ، تعداد کل غلاف در بوته ($r_g=0/99$ ، $r_p=0/973$)، تعداد کل غلاف تک‌بذر ($r_g=0/99$ ، $r_p=0/906$)، وزن کل دانه با کاه تک‌بوته ($r_g=0/938$ ، $r_p=0/939$)، عملکرد بیولوژیکی ($r_g=0/938$ ، $r_p=0/939$)، تعداد دانه در بوته ($r_g=0/938$ ، $r_p=0/939$) و وزن دانه با پوسته غلاف ($r_g=0/871$ ، $r_p=0/989$) بسیار بالا و معنی‌دار است، اما با صفات عملکرد کاه همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱٪ ($r_p=-0/596$)

($r_g=-0/542$) دارد. علایم همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی، مشابه و از نظر مقدار تفاوت داشت که به علت کمی بودن صفات مورد مطالعه و تأثیر قابل ملاحظه محیط بر آن‌ها این اختلافات مورد انتظار است. بالابودن مقدار ضریب همبستگی ژنوتیپی نسبت به فنوتیپی تأثیر کم محیط بر صفات مورد نظر را نشان می‌دهد و برعکس (Bakhshipour et al., 2013). با توجه به بالابودن همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی عملکرد دانه با صفات وزن ۱۰۰ دانه، تعداد کل غلاف در بوته، تعداد کل غلاف تک‌بذر، عملکرد بیولوژیکی و تعداد دانه در بوته برای افزایش عملکرد دانه باید به این صفات به عنوان معیارهای مناسبی برای گزینش توجه کرد. از طرف دیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نشان می‌دهد که صفات اقتصادی می‌توانند همزمان بهبود یابند که با نتایج (Tsfamichael et al., 2015) همخوانی دارد. مطالعاتی در مورد ضریب همبستگی بین صفات کمی در گیاه نخود نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی و تعداد غلاف در بوته (Rezaeian Zadeh et al., 2011; Ebrahimi et al., 2011; Tesfamichael et al., 2015) وزن ۱۰۰ دانه (Rezaeian Zadeh et al., 2011) و تعداد دانه در بوته (Zadeh et al., 2011; Ebrahimi et al., 2011) وجود دارد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. صفت شاخص برداشت بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با صفت تعداد غلاف تک‌بذر نشان داد ($r_p=0/718$). شاخص برداشت بیانگر میزان مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن است. بدیهی است هرچه میزان مواد فتوسنتزی بیشتری از اندام‌های سبز گیاه به دانه منتقل شود، سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Fazeli & Chegami et al., 2011). همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفت عملکرد بیولوژیکی با صفات وزن کل دانه با کاه تک‌بوته ($r_g=0/99$ ، $r_p=1$)، وزن ۱۰۰ دانه ($r_p=0/939$)، $r_g=0/938$ ، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته ($r_p=0/813$)، $r_g=0/977$ ، وزن خشک ساقه تک‌بوته ($r_p=0/939$)، $r_g=0/746$ ، ارتفاع گیاه ($r_g=0/812$ ، $r_p=0/996$)، تعداد دانه در بوته ($r_g=0/99$ ، $r_p=0/901$)، تعداد شاخه اولیه ($r_g=0/99$ ، $r_p=0/667$) و تعداد کل غلاف در بوته ($r_g=0/930$)، $r_p=0/99$ بسیار بالا و معنی‌دار بود، اما با صفت عملکرد کاه همبستگی منفی و معنی‌دار ($r_g=-0/567$ ، $r_p=-0/953$) وجود داشت. به طور کلی از صفاتی که همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی داشته باشند، می‌توان برای پیش‌بینی عملکرد و شاید برای بهبود عملکرد

استفاده کرد و هرگونه افزایش مثبت در چنین صفاتی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی خود را افزایش می‌دهد.

تجزیه رگرسیون گام به گام

در تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع (Y) و بقیه صفات به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که صفات وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف تک‌بذر و وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بسته با ضریب تبیین ۱۰۰ درصد بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند که این نتایج با نتایج به دست آمده از ضرایب همبستگی مشابه می

باشند. با توجه به عملکرد دانه (Ys)، وزن ۱۰۰ دانه (X1)، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بسته (X2) و تعداد غلاف تک‌بذر (X3) معادله زیر به دست آمد:

$$Y_s = -0.14 + 29.99^{***}X_1 - 0.12^{**}X_2 + 0.13^{**}X_3$$

وجود ضریب تبیین معنی دار $R^2 = 100$ در معادله رگرسیونی فوق نشان دهنده مؤثر بودن این صفات در افزایش عملکرد دانه نبود است. نتایج نشان داد که وزن ۱۰۰ دانه و تعداد غلاف تک‌بذر باعث افزایش عملکرد دانه می‌شوند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود

Table 2. Mean squares (MS) of ANOVA morphological traits in *Cicer arietinum*

میانگین مربعات MS							
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	عملکرد کاه Straw yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد کل غلاف دوبذر Number of two-seed pod	تلاش زادآوری Productivity effort	تعداد دانه در غلاف Number of seed/pod	تعداد کل غلاف پوک Number of empty pod
تکرار Rep.	2	314387*	7 ^{ns}	2.03 ^{ns}	0.179 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.04 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	14	70946 ^{ns}	36.57 ^{ns}	0.68 ^{ns}	0.834 ^{ns}	0.58 ^{ns}	1.17 ^{ns}
خطا Error	28	57782	42.21	0.87	1.07	1.11	0.6
کل Total	44						
میانگین مربعات MS							
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	تعداد دانه در بوته Number of seed/plant	غلاف در بوته Number of pod/plant	ساقه Number of node/stem	تعداد کل بذر Number of one seed pod	وزن دانه با پوسته Pod weight (seed+shell)	وزن کل دانه با کاه تک بوته Total weight (seed+straw)
تکرار Rep.	2	646.5 ^{ns}	1787.7 ^{**}	11.15 ^{ns}	875.3*	649.08 ^{**}	985.8 ^{**}
ژنوتیپ Genotype	14	469.8 ^{ns}	407.6 ^{ns}	9.29 ^{ns}	344.7 ^{ns}	144.94 ^{ns}	325.7 ^{ns}
خطا Error	28	304.7	296.3	4.79	228.7	94.98	167.4
کل Total	44						
میانگین مربعات MS							
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه اولیه Number of primary branch	وزن خشک ساقه تک بوته Dry weight of stem/plant	تعداد شاخه ثانویه Number of secondary branch	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	تعداد غلاف بارور Number of filled pod
تکرار Rep.	2	17.65 ^{ns}	2.75 *	2.04 ^{ns}	2.2 ^{ns}	4.35 ^{**}	2.47*
ژنوتیپ Genotype	14	49.31 ^{ns}	1.19 ^{ns}	1.15 ^{ns}	1.02 ^{ns}	1.25*	1.31*
خطا Error	28	26.93	0.68	0.84	0.75	0.59	0.55
کل Total	44						

ns، *، **: غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

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

اجزای عملکرد و نشان دهنده درشتی و ریزی، کیفیت و وزن مخصوص دانه‌ها می‌باشد. همچنین یک خصوصیت ژنتیکی تقریباً کمی است که می‌تواند تحت تأثیر محیط نیز واقع شود (Mirzaei Heidari et al., 2011). در مطالعه روابط میان صفات

وزن ۱۰۰ دانه بالا، نشان دهنده استفاده از فتوسنتز در دسترس است و این دلیل همبستگی بالا و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه می‌باشد که این با نتایج دیگر (Saleem et al., 2002) مطابقت دارد. وزن ۱۰۰ دانه یکی از

تجزیه علیت

تجزیه و تحلیل علیت عملکرد دانه گیاه (جدول ۳) نشان داد که صفت وزن ۱۰۰ دانه دارای بیشترین اثرات مستقیم و مثبت (۱/۰۰۲) بر این صفت می‌باشد و چون این اثرات مستقیم با همبستگی مطابقت داشته و در یک جهت بود، انتخاب مستقیم از طریق این صفت می‌تواند مفید باشد.

اثرات غیرمستقیم وزن دانه با پوسته غلاف در بوته (۰/۸۷۳) و تعداد غلاف تک‌بذر (۰/۹۰۸) از طریق وزن ۱۰۰ دانه مثبت می‌باشد، بدین معنی که صفات ذکر شده به‌طور غیرمستقیم با افزایش وزن ۱۰۰ دانه موجب افزایش عملکرد می‌شوند. صفت وزن دانه با پوسته غلاف در بوته و تعداد غلاف تک‌بذر اثر مستقیم پایینی بر تولید بذر دارند، اما به‌طور غیرمستقیم روی عملکرد دانه توسط افزایش وزن ۱۰۰ دانه تأثیر می‌گذارند که نشان می‌دهد صفت وزن ۱۰۰ دانه کارایی بالایی برای اصلاح عملکرد دانه دارد.

مورفولوژیک توده‌های بومی گندم استان سیستان و بلوچستان تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام نشان داد که صفت وزن ۱۰۰ دانه بیشترین تأثیر روی عملکرد دانه دارد (Naroui *et al.*, 2008) و همچنین در تحقیقات دیگر شامل بررسی نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام در ژنوتیپ‌های نخود کابلی و دسی (Dashtaki *et al.*, 2012)، مطالعه همبستگی صفات و تجزیه علیت آبیاری تکمیلی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم (Nasri *et al.*, 2012)، بررسی تنوع ژنتیکی لوبیا تحت شرایط نرمال و تنش خشکی (Keshavarznia *et al.*, 2013) مشخص شد که وزن ۱۰۰ دانه تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشت که تأییدکننده نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق است. با توجه به این نتایج استنباط می‌شود که جهت افزایش عملکرد دانه انتخاب بر مبنای وزن ۱۰۰ دانه، وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته و تعداد غلاف تک‌بذر مؤثر خواهد بود و انتظار می‌رود صفات ذکر شده در مدل بیشترین سهم را در پیش‌بینی عملکرد داشته باشند.

جدول ۳- تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه

Table 3. Path analysis for seed yield trait

صفات Traits	ضریب همبستگی Correlation Coeff	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم Indirect effect		
			وزن ۱۰۰ دانه 100- seed weight	وزن دانه با پوسته غلاف Pod weight (seed+shell)	تعداد غلاف تک‌بذر Number of one-seed pod
وزن ۱۰۰ دانه 100- seed weight	1	1.002	-	-0.004	0
وزن دانه با پوسته غلاف Pod weight (seed+shell)	0.871	-0.005	0.873	-	0
تعداد غلاف تک‌بذر Number of one-seed pod	0.906	0	0.908	-0.004	-

انجام گیرد. با توجه به نتایج تجزیه علیت این آزمایش، انتخاب بر اساس صفات وزن دانه با پوسته غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود. در بررسی لاین‌های نخود در تحقیقی (Saleem *et al.*, 2002) با توجه به همبستگی معنی‌دار و مثبت عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه و اثرات غیرمستقیم بالای وزن ۱۰۰ دانه از طریق تعداد غلاف در بوته، پیشنهاد شد که صفت وزن ۱۰۰ دانه نقش مهمی در عملکرد دانه دارد که تأییدکننده نتایج این آزمایش می‌باشد. وجود تنوع ژنتیکی وسیع برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کابلی ارزیابی‌شده توسط (Tefamichael *et al.*, 2015) امکان تولید ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا برای سازگاری‌های خاص و گسترده را نشان می‌دهد که با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق همخوانی دارد. در گیاه نخود از دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های گزینش‌شده برای افزایش سازگاری به شرایط آب و هوا و خاک موجود، همچنین گسترش لاین‌هایی برای شرایط محیطی جدید

پیشنهاد می‌شود که انتخاب برای صفاتی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی عملکرد دانه تأثیر دارند و باعث افزایش عملکرد دانه شده -که با توجه به نتایج تجزیه علیت این آزمایش، بر اساس صفات وزن دانه با پوسته غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه- انجام گیرد که می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود. اثرات غیرمستقیم وزن دانه با پوسته غلاف در بوته (۰/۸۷۳) و تعداد غلاف تک‌بذر (۰/۹۰۸) از طریق وزن ۱۰۰ دانه مثبت می‌باشد، بدین معنی که صفات ذکر شده به‌طور غیرمستقیم با افزایش وزن ۱۰۰ دانه موجب افزایش عملکرد می‌شوند. صفت وزن دانه با پوسته غلاف در بوته و تعداد غلاف تک‌بذر اثر مستقیم پایینی بر تولید بذر دارند، اما به‌طور غیرمستقیم روی عملکرد دانه توسط افزایش وزن ۱۰۰ دانه تأثیر می‌گذارند که نشان می‌دهد صفت وزن ۱۰۰ دانه کارایی بالایی برای اصلاح عملکرد دانه دارد. پیشنهاد می‌شود که انتخاب برای صفاتی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی عملکرد دانه تأثیر دارند و باعث افزایش عملکرد دانه شده

نشان داد صفات وزن ۱۰۰ دانه، وزن دانه با پوسته غلاف و تعداد کل غلاف تک‌بذر مهم‌ترین اجزای مؤثر بر عملکرد دانه محسوب می‌شوند. لذا می‌توان گفت که احتمالاً اختلاف در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به علت تفاوت در این صفات است. از بین این صفات، صفت وزن ۱۰۰ دانه با توجه به مقادیر بالای همبستگی و اثر مستقیم و مثبت آن در تجزیه علیت می‌تواند بر روی بهبود عملکرد دانه و یا گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب در برنامه‌های به نژادی به‌عنوان مبنایی برای انتخاب قابل توصیه باشد.

می‌تواند استفاده کرد (Ramanappa *et al.*, 2013). با توجه به این‌که یکی از شاخص‌های اصلی برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای اکثر کشاورزان عملکرد بالا می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا می‌تواند برای اصلاح نخود از طریق دورگ‌گیری یا مستقیماً توسط کشاورزان استفاده شوند.

نتیجه‌گیری

با توجه به تنوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات و نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت که

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های نخود

Table 4. Mean comparison for morphological traits of chickpea genotypes

تعداد کل غلاف در بوته Number of total pod per plant	تعداد شاخه ثانویه Number of secondary branches	تعداد شاخه اولیه Number of primary branches	ارتفاع بوته Plant height (cm)	ژنوتیپ Genotype
58.7± 16.1 ^{abc}	4.1± 1.1 ^{ab}	2.76± 0.23 ^{bc}	45.20± 3.64 ^{abc}	G1
38.33± 8.09 ^c	3.36± 0.63 ^{ab}	2.93± 0.34 ^{abc}	42.10± 1.95 ^{bc}	G2
53± 8.74 ^{abc}	5.67± 0.88 ^{ab}	2.53± 0.46 ^c	44.30± 2.5 ^{abc}	G3
55± 10.2 ^{abc}	4.53± 1.44 ^{ab}	3.06± 0.29 ^{abc}	45.77± 1.86 ^{abc}	G4
50± 14.5 ^{abc}	12.83± 6.77 ^a	2.96± 0.88 ^{abc}	40.63± 3.71 ^{bc}	G5
60± 16.4 ^{abc}	5.73± 1.44 ^{ab}	3.1± 0.66 ^{abc}	45.97± 2.03 ^{abc}	G6
36.67± 2.33 ^c	2.67± 0.67 ^b	2.3± 0.17 ^c	42.10± 1.50 ^{bc}	G7
76± 1.73 ^a	8.55± 0.14 ^a	4.02± 0.33 ^a	48.65± 0.37 ^{ab}	G8
63.7± 18.7 ^{abc}	7.17± 1.95 ^a	2.73± 0.29 ^{bc}	40.73± 6.65 ^{bc}	G9
40.7± 10.7 ^{bc}	4.37± 1.1 ^{ab}	2.96± 0.2 ^{abc}	37.20± 1.59 ^c	G10
45.3± 10.2 ^{abc}	4.86± 0.94 ^{ab}	2.63± 0.52 ^{bc}	40.96± 0.49 ^{bc}	G11
51.3± 13.4 ^{abc}	4.63± 2.02 ^{ab}	2.96± 0.2 ^{abc}	40.30± 1.15 ^{bc}	G12
50.5± 7.22 ^{abc}	5.65± 0.95 ^{ab}	3.15± 0.08 ^{abc}	48.50± 5.48 ^{ab}	G13
48± 13.7 ^{abc}	5.3± 2.76 ^{ab}	3.3± 0 ^{abc}	40.63± 2.23 ^{bc}	G14
74± 1.73 ^{ab}	7.3± 0.17 ^{ab}	3.6± 0 ^{abc}	52.45± 1.07 ^a	G15

Continue of Table 4

وزن دانه با پوسته غلاف تک‌بوته Pod weight (seed+shell) (g)	وزن خشک ساقه تک‌بوته Dry weight of stem (g)	تعداد کل غلاف پوک Number of empty pods	تعداد کل غلاف تک‌بذر Number of one-seed pod	تعداد گره در ساقه Number of node per stem
32.07± 7.13 ^{abc}	15.33± 3.54 ^{ab}	2.33± 0.88 ^{abc}	48.3± 12.1 ^{abc}	20.43± 0.72 ^{ab}
19.47± 4.18 ^{bc}	11.4± 1.97 ^b	6± 2.52 ^{ab}	28.33± 7.88 ^c	16.03± 1.47 ^c
25.53± 3.78 ^{abc}	16.57± 3.06 ^{ab}	3.67± 2.67 ^{abc}	48.33± 6.17 ^{abc}	19.96± 0.82 ^{abc}
27.63± 5.89 ^{abc}	14.9± 3.06 ^{ab}	2.67± 0.67 ^{abc}	45.33± 5.46 ^{abc}	20.37± 1.21 ^{ab}
22.5± 7.21 ^{abc}	13± 4.25 ^{ab}	1± 0 ^c	41.3± 11.2 ^{abc}	18.53± 3.09 ^{abc}
30.6± 8.66 ^{abc}	18.97± 5.9 ^{ab}	2.67± 0.67 ^{abc}	49.3± 14.2 ^{abc}	18.4± 0.58 ^{ab}
16.97± 0.57 ^c	34.8± 19.1 ^{ab}	2± 0.57 ^{bc}	30.33± 2.4 ^{bc}	20.97± 1.66 ^{ab}
38.7± 2.66 ^a	21.32± 0.04 ^{ab}	6± 1.5 ^{ab}	60± 2.89 ^{ab}	22.65± 1.36 ^a
31.87± 6.77 ^{abc}	17.87± 5.29 ^{ab}	7.33± 2.33 ^a	60± 11.6 ^{ab}	20.87± 1.67 ^{ab}
18.67± 4.57 ^c	12.07± 3.42 ^{ab}	1± 0 ^c	38± 10.3 ^{abc}	20.43± 0.86 ^{ab}
32.5± 16.5 ^{abc}	12.2± 1.08 ^{ab}	3.33± 1.2 ^{abc}	38.3± 10.7 ^{abc}	19.97± 1.04 ^{abc}
24.9± 4.13 ^{abc}	13.27± 2.23 ^{ab}	5.33± 1.33 ^{ab}	43.7± 10.5 ^{abc}	18.67± 0.88 ^{abc}
26.45± 5.4 ^{abc}	18.3± 2.42 ^a	4± 1 ^{abc}	37± 11 ^{abc}	20.25± 1.01 ^{ab}
18.9± 4.32 ^c	13.07± 3.06 ^{ab}	5.33± 1.76 ^{ab}	41.7± 12.4 ^{abc}	17.73± 0.46 ^{bc}
38.25± 1.88 ^{ab}	24.4± 0.34 ^{abc}	2.5± 0.26 ^{abc}	66± 1.15 ^a	22.65± 0.37 ^a

ادامه جدول ۴ - Continue of Table 4

ژنوتیپ Genotype	عملکرد کاه (گرم) Straw yield (g)	وزن کل دانه با کاه Total weight (seed+straw) per plant (g)	عملکرد دانه Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (g.m ⁻²)
G1	805± 96 ^{ab}	43.6± 6.97 ^{ab}	716± 154 ^{abcd}	1308± 209 ^{ab}
G2	950± 149 ^{ab}	37.1± 5.92 ^b	438± 75 ^{cd}	1113± 178 ^b
G3	860± 219 ^{ab}	46.57± 3.01 ^{ab}	589± 95 ^{abcd}	1379± 90.2 ^{ab}
G4	667± 149 ^{ab}	46.17± 9.77 ^{ab}	611± 125 ^{abcd}	1385± 293 ^{ab}
G5	634± 201 ^{ab}	42.8± 15.2 ^{ab}	561± 185 ^{bcd}	1283± 455 ^{ab}
G6	716± 190 ^{ab}	56.2± 14.1 ^{ab}	700± 197 ^{abcd}	1685± 424 ^{ab}
G7	882± 83.2 ^{ab}	33.63± 3.22 ^b	378± 26.7 ^d	1009± 96.7 ^b
G8	578± 96.6 ^{ab}	63.65± 3.32 ^a	864.8± 53.3 ^a	1909.8± 96.06 ^a
G9	509± 122 ^b	54.3± 14.9 ^{ab}	717± 161 ^{abc}	1628± 446 ^{ab}
G10	644± 248 ^{ab}	32.03± 8.78 ^b	430± 89.1 ^{cd}	961± 264 ^b
G11	902± 261 ^{ab}	35.73± 6.84 ^b	434± 99.1 ^{cd}	1072± 205 ^b
G12	1011± 142 ^a	42.33± 5.42 ^{ab}	544± 106 ^{abcd}	1270± 163 ^{ab}
G13	705± 96.1 ^{ab}	51.95± 7.19 ^{ab}	588± 95.3 ^{abcd}	1559± 216 ^{ab}
G14	964± 80.5 ^{ab}	37.63± 6.61 ^b	433± 90.2 ^{cd}	1129± 198 ^b
G15	690± 0 ^{ab}	65.2± 0.75 ^a	871.5± 45.9 ^{ab}	1956± 22.5 ^a

تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	تعداد غلاف بارور Number of filled pod	شاخص برداشت Harvest index (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100- seed weight
65± 18 ^{abc}	14± 3.21 ^{ab}	42.08± 7.27 ^{ab}	23.87± 5.15 ^{abcd}
42.33± 3.38 ^c	17.67± 3.76 ^a	38.16± 3.03 ^b	14.6± 2.5 ^{cd}
59.7± 10.1 ^{abc}	12± 3.21 ^{abc}	39.95± 1.34 ^{ab}	19.63± 3.17 ^{abcd}
62± 14 ^{abc}	5± 2 ^c	42.08± 3.27 ^{ab}	20.37± 4.18 ^{abcd}
56.7± 17.8 ^{abc}	6.33± 2.19 ^{bc}	43.63± 3.48 ^{ab}	18.7± 6.15 ^{bcd}
69.2± 18 ^{abc}	8.67± 0.88 ^{abc}	47.2± 6.68 ^{ab}	23.33± 6.56 ^{abcd}
37± 4 ^c	6.67± 1.2 ^{bc}	40.76± 3.56 ^{ab}	12.6± 0.89 ^d
87.5± 8.95 ^{ab}	10± 1.53 ^{abc}	41.91± 4.79 ^{ab}	28.83± 1.78 ^a
81.3± 19.5 ^{abc}	5± 1.15 ^c	47.18± 2.59 ^{ab}	23.9± 5.38 ^{abc}
44.67± 8.74 ^{bc}	11± 3.61 ^{abc}	43.2± 2.54 ^{ab}	14.33± 2.97 ^{cd}
53± 14.4 ^{abc}	5.33± 1.76 ^c	41.05± 1.23 ^{ab}	14.47± 3.3 ^{cd}
53.7± 14.4 ^{bc}	6± 2.52 ^{bc}	45.51± 3.65 ^{ab}	18.13± 3.53 ^{abcd}
56± 4.62 ^{abc}	4.67± 1.86 ^c	41.01± 2.09 ^{ab}	19.6± 3.18 ^{abcd}
49± 11.8 ^{abc}	10.67± 5.7 ^{abc}	40.73± 0.33 ^{ab}	14.43± 3.01 ^{cd}
77± 2.89 ^a	10± 0 ^{bc}	51.68± 0 ^a	29.05± 1.53 ^{ab}

اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

Values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different at 0.05 probability level.

منابع

- Aggarwal, H., Rao, A., Singh, J., Rana, J.S., Naik, P.K., and Chhokar, V. 2015. Assessment of genetic diversity among 125 cultivars chickpea (*Cicer arietinum* L.) of Indian origin using ISSR markers. Turkish Journal of Botany 39: 218-226.
- Ahmad, Z., Mumtaz, A.S., Nisar, M., and Khan, N. 2012. Diversity analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm and its implications for conservation and crop breeding. Agriculture Sciences 3 (5): 723-731.
- Aliu, S., Kaul, H.P., Rusinovci, I., ShalaMayrhofer, V., Fetahu, S., and Zeka, D. 2016. Genetic diversity for some nutritive traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) from different regions in Kosova. Turkish Journal of Field Crops 21 (1): 156-161.
- Babaie Zarch, M.J., Fotokian, M.H., and Mahmoodi, S. 2013. Evaluation of genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for morphological traits using multivariate analysis methods. Journal of Crop Breeding 5 (12): 85-98. (In Persian with English Summary).
- Backouchi, I.Z., Aouida, M., Khemiri, N., and Jebara, M. 2015. Genetic diversity in Tunisian populations of faba bean (*Vicia faba* L.) based on morphological traits and molecular markers. Genetics and Molecular Research 14 (3): 7587-7596.
- Bakhshipour, S., Gazanchian, A., Mohaddesi, A., Rahimsouroush, H., and Nasiri, M. 2013. Genotypic and phenotypic correlations between grain yield and some agronomic traits in promising rice lines. Agronomy Journal (Pajohesh & Sazandegi) 97: 82-90. (In Persian with English Summary).
- Chegamirza, Sh., Chegamirza, K., and Mohammadi, R. 2012. Study of genetic variation in cultivars and landraces of chickpea based on agronomic traits in dryland conditions. Journal of Dry Farming 1 (1): 108-119. (In Persian).

8. Dashtaki, M., Bihamta, M.R., and Mohammad Ali Pour Yamchi, H. 2012. Evaluation of genetic diversity and morphological traits of Kabuli and Desi chickpea germplasm. Iranian Journal of Pulses Research 3 (1): 7-16. (In Persian with English Summary).
9. Ebrahimi, P., Farshadfar, E., and Farshadfar, M. 2011. Relationships between agronomic and physiologic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines in normal and drought tension conditions. 5th National Conference on New Ideas in Agriculture, February 16-17, 2011. Islamic Azad University Branch of Kermanshah. (In Persian with English Summary).
10. Fazeli, F., and Chegami, K. 2011. Genetic Variation in Iranian Chickpea (*Cicer arietinum* L. Kabuli Type) Based on Agronomic Traits and RAPD Marker. Seed and Plant Improvement Journal 4: 555-579. (In Persian with English Summary).
11. Ghaffari, P., Talebi, R., and Keshavarzi, F. 2014. Genetic diversity and geographical differentiation of Iranian landrace, cultivars and exotic chickpea lines as revealed by morphological and microsatellite markers. Physiology and Molecular Biology of Plants 20 (2): 225-233.
12. Hajibarat, Z., Saidi, A., Hajibarat, Z., and Talebi, R. 2014. Genetic diversity and population structure analysis of landrace and improved chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes using morphological and microsatellite markers. Environmental and Experimental Biology 12: 161-166.
13. Keshavarznia, R., Mohammadi Nargesi, B., and Abbasi, A.R. 2013. The study of genetic variation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on morphological traits under normal and stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 44 (2): 305-315. (In Persian with English Summary).
14. Mallu, T.S., Mwangi, S.G., Nyende, A.B., Ganga Rao, N.V.P.R., Odeny, D.A., Rathore, A., and Kumar, A. 2014. Assessment of genetic variation and heritability of agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research 5 (4): 76-88.
15. Mirzaei Heidari, M., Maleki, A., Tahmasebi, A., and Fazel, S.H. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of dryland chickpea cultivars under autumn and spring sowing in Ilam. Journal of Research in Crop Sciences 3(12): 41-56. (In Persian with English Summary).
16. Mohammadi, K., and Talebi, R. 2015. Interrelationships and genetic analysis of seed yield and morphological traits in mini core collection of Iranian landrace, breeding lines and improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Genetika 47(2): 383-393.
17. Motavassel, H. 2013. Grouping phonological and morphological characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) Ardebil region using cluster analysis and detection function. International Journal of Farming and Allied Sciences 2(23): 1091-1094.
18. Naghavi, M.R., Rashidi Monfared, S., and Humberto, G. 2012. Genetic diversity in Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces as revealed by microsatellite markers. Czech Journal Genetics and Plant Breeding 48(3): 131-138.
19. Naroui Rad, M.R., Aghaei, M.J., Fanaei, H.R., and Ghasemi, M.M. 2008. The study of genetic variation of some morphologic and phenologic characters in lentil germplasms of warm and dry regions. Pajouhesh and Sazandegi 78: 173-181. (In Persian with English Summary).
20. Nasri, R., Heidari Moghadam, A., Siadat, A.A., Paknejad, F., and Sadeghi Shoaee, M. 2012. Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 161-172. (In Persian with English Summary).
21. Nisar, M., Ghafoor, A., Rashid Khan, M., Ahmad, H., Qureshi, A.S., and Ali, Haidar. 2007. Genetic diversity and geographic relationship among local and exotic chickpea germplasm. Pakistan Journal of Botany 39(5): 1575-1581.
22. Ramanappa, T.M., Chandrashekara, K., and Nuthan, D. 2013. Analysis of variability for economically important traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences 1(3): 133-140.
23. Rezaei Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25 (5): 1080-1095. (In Persian with English Summary).
24. Saleem, M., Tahir, H.N., Kabir, R., Javid, M., and Shahzad, K. 2002. Interrelationships and path analysis of yield attributes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agriculture and Biology 4 (3): 404-406.
25. Tesfamichael, S.M., Githiri, S.M., Nyende, A.B., and Rao, N.V.P.R. 2015. Variation for agro-morphological traits among Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Journal of Agricultural 7(7): 75-92.
26. Vaghar, M.S., Nourmohamadi, Gh., Shamsi, K., Pazki, A.R., and Kebraee, S. 2010. Effect of sowing time on yield and yield components of dryfarming chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Kermanshah region. Journal of Agronomy and Plant Breeding 5(1): 1-18 (In Persian with English Summary).

Evaluation of agronomic and morphological traits of some chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes

Afkar^{1*}, S. & Pezeshkpour², P.

1. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Research Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran

Received: 25 July 2016

Accepted: 10 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.57642

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a winter crop and mostly self-pollinated with chromosome number $2n=2x=16$ that it is known as one of important source of vegetable protein in the world. It is found that 70% of the total world's chickpea production belongs to the Asian region. India, Turkey, Pakistan, and Iran are the major countries in Asia that produce chickpea. Iran is an important center of chickpea diversity but the productivity of chickpea in Iran is variable and low, which may be related to limiting climatic factors, water availability, genotype and little breeding work in Iranian chickpea cultivars. The presence of genetic diversity among genotypes indicates the genotypes are a valuable resource to increase product quality and productivity. Analysis of genetic diversity can provide practical information for selection of parental material in plant breeding programs and gene-bank management. The objectives of this study were to evaluate genetic variation among chickpea genotypes and to determine the relationships among agronomic traits with seed yield using analysis of variance, comparison of means, correlation coefficient, step-wise regression and path analysis.

Materials & Methods

The experiment was conducted in the city of Khorramabad 2014-2015, in latitude 33 degrees 36 minutes north and longitude 47 degrees and 40 minutes east of the Greenwich meridian is located. Its height from sea level is 1200 meters. Fifteen chickpea genotypes were supplied from Dryland Agricultural Research Institute, Iran and studied for various yield parameters under field conditions in a randomized complete block design with three replications. In present study 21 morphological characteristics such as plant height, number of primary branches, number of secondary branches, number of total pod per plant, number of node per stem, number of one-seed pod, number of two-seed pod, number of empty pod per plant, pod weight (seed+shell), seed weight per plant, 100- seed weight, number of filled pod, seed yield, number of seed per pod, number of seed per plant, biological yield, straw yield, harvest index, total seed weight (seed+straw), dry weight of stem and productivity effort were evaluated.

Results & Discussion

The analysis of variance showed highly significant variations ($p \leq 0.01$) among genotypes for seed weight per plant, 100-seed weight, seed yield and number of pod per plant characters. According to the mean comparison results, it was found that G8, G9, G1 and G6 genotypes have the highest seed yield respectively and G8, G9 and G13 genotypes have the highest biological yield. The correlation analysis results revealed that seed yield has a highly significant relationship with 100-seed weight, seed weight per plant, the number of pod per plant, the number of one-seed pod, the number of seed per plant and weight of pod (seed+shell) but there is a negative correlation between seed yield and straw yield. Also, there is positive and significant correlation between biological yield and total seed weight (seed+straw), 100-seed weight, pod weight (seed+shell), seed weight per plant, dry weight of stem, plant height, the number of seed per plant, the number of primary branches and the number of total pod per plant. Results of stepwise regression analysis

*Corresponding Author: soheila.afkar@gmail.com

for seed yield as a dependent variable and the other traits as independent variables showed that 100% of total variation of seed yield justified by the number of one-seed pod, pod weight (seed+shell) and 100-seed weight traits. The path analysis confirmed that weight of pod (seed+shell) has the maximum positive direct influence on seed yield plant and 100-seed weight and number of one-seed pod also exhibited a considerable indirect effect on the seed yield through the weight of pod (seed+shell). Finally, the results of simple correlation, stepwise regression and path analysis in this experiment showed the 100-seed weight, weight of pod (seed+shell) and number of one-seed pods had the greatest effect on seed yield.

Conclusion

With regard to the result of mean comparison, it can be concluded that G8 and G9 genotypes from the studied genotypes are better based on seed yield and biological yield. Also, stepwise regression and path analysis results showed that pod weight (seed+shell), 100-seed weight and one-seed pod traits would be the appropriate selection criteria for better seed yield in chickpea.

Keywords: *Cicer arietinum*, Genetic variation, Morphological characterization, Path analysis, Seed yield

اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)

سمیه قلندری^۱، محمد کافی^{۲*}، مرتضی گلدانی^۳ و علیرضا باقری^۴

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
somaye.ghalandari@yahoo.com

۲- استاد گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی پیوسته گروه بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
goldani@um.ac.ir

۳- دانشیار گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۳

چکیده

کم‌آبی امروزه از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد محصولات زراعی در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی است. به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر ارقام لوبیا آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش، رژیم رطوبتی در سه سطح (تأمین ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب نشان‌دهنده تیمار شاهد، تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید) و سه رقم لوبیاچیتی شامل تلاش، خمین و صالح بودند. نتایج نشان داد اثر تیمار آبیاری و رقم بر ارتفاع بوته، وزن شاخساره، وزن ریشه، نسبت ریشه به شاخساره، محتوای آب نسبی، نشت الکترولیت‌ها، هدایت روزنه‌ای، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بیشترین وزن شاخساره و ریشه در بین رژیم‌های آبیاری از تیمار شاهد و از رقم تلاش به دست آمد. با کاهش مقدار آب مصرفی، در مرحله زایشی کلروفیل نیز کاهش یافت، به گونه‌ای که بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد. در بین ارقام نیز بیشترین میزان کلروفیل در رقم صالح مشاهده شد. محتوای آب نسبی در شرایط تنش خشکی متوسط ۹/۹ درصد و در شرایط تنش خشکی شدید ۳۰/۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. در بین ارقام نیز بیشترین مقدار آب نسبی در رقم صالح ثبت شد. کاهش میزان آب برگ همبستگی مستقیم با افزایش نشت الکترولیت‌ها داشت، به نحوی که در شرایط تنش خشکی متوسط نشت الکترولیت‌های غشاء، ۲۴ درصد و در شرایط تنش خشکی شدید ۳۷ درصد بود. کمترین میزان نشت در بین ارقام در رقم صالح مشاهده شد. کاهش مقدار آبیاری باعث شد هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب ۳۳/۳ درصد و ۵۳/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یابد. رقم صالح در بین ارقام و آبیاری کامل در بین رژیم‌های آبیاری، بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. کاهش آب مصرفی باعث شد عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب ۳۶/۱ درصد و ۷۱/۶ درصد نسبت به تیمار بدون تنش خشکی کاهش یابد. رقم صالح از نظر صفاتی از جمله عملکرد دانه، محتوای آب نسبی، کلروفیل و هدایت روزنه‌ای نسبت به دو رقم دیگر برتری نشان داد. همچنین نشت الکترولیت‌ها نیز در این رقم کمتر از سایر ارقام بود و به نظر می‌رسد تحمل بیشتری به تنش خشکی داشته باشد.

کلمات کلیدی: کم‌آبیاری، محتوای آب نسبی، نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

۵۶۸ کیلوگرم در هکتار مجموعاً ۱۵/۵ میلیون تن تولید دارد (FAOSTAT, 2015). در کشور ما لوبیا با تولید سالانه حدود ۲۰۰ هزار تن، سطح زیرکشت سالانه حدود ۱۰۰ هزار هکتار و متوسط عملکرد ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (FAO STAT, 2015، میانگین ۱۰ ساله)، تأمین‌کننده بخش مهمی از پروتئین مورد نیاز جمعیت کشور است. حدود ۱۳ درصد زمین‌های

لوبیا یکی از مهم‌ترین حبوبات در دنیا محسوب می‌شود (Broughton et al. 2003) که دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۵۶-۵۰ درصد کربوهیدرات است. سطح زیرکشت جهانی آن بالغ بر ۲۷ میلیون هکتار بوده که با عملکردی معادل

*نویسنده مسئول: m.kafi@um.ac.ir

کم‌آبیاری باعث کاهش هدایت روزنه‌ای ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی شد. آن‌ها بیان کردند درصد کاهش هدایت روزنه‌ای در ژنوتیپ‌های مورد بررسی یکسان نبود. با توجه به مطالب بیان شده آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر پارامترهای مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک سه رقم لوبیا انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انتخاب بهترین رقم لوبیا در سطوح مختلف تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. عامل اول آبیاری در سه سطح شامل شاهد (رطوبت در حد ظرفیت زراعی)، تنش ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و عامل دوم سه رقم لوبیا شامل تلاش، خمین و صالح در نظر گرفته شد. اعمال تیمارهای آبیاری از مرحله سه‌برگی شروع شد و تا آخر دوره رشد ادامه داشت. آزمایش در گلخانه شیشه‌ای با دمای ۳۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵-۶۰ درصد اجرا شد. در هر تکرار برای هر تیمار دو گلدان استوانه‌ای با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و حاوی ۱۰ کیلوگرم خاک لومی و در هر گلدان پنج بذر با فواصل یکسان به صورت سطحی کشت شد و پس از آن در همه گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. برای تعیین میزان آب مورد نیاز هر گلدان در هر بار آبیاری در ابتدای آزمایش ظرفیت زراعی خاک مورد نظر مشخص شد. برای این کار پنج گلدان با وزن و اندازه یکسان انتخاب و درون هر کدام به میزان مساوی از خاک تهیه شده برای آزمایش پر شد و به اندازه کافی با آب اشباع شده و در زیر نایلون قرار داده شد که فقط آب از طریق ثقلی خارج گردد و هر ۸ ساعت وزن آن‌ها یادداشت شد و زمانی که منحنی خروج آب ثابت شد، با توزین گلدان‌ها میزان آب در ظرفیت زراعی مشخص شد و دو سطح دیگر تنش بر مبنای درصدی از ظرفیت زراعی اعمال گردید.

پس از سبز شدن و استقرار کامل بوته‌ها، تعداد دو بوته در هر گلدان را باقی گذاشته شده و بقیه حذف شدند. یک گلدان برای نمونه‌گیری‌های تخریبی و گلدان دیگر برای اندازه‌گیری عملکرد در نظر گرفته شد. پس از اعمال تیمارها، در مرحله زایشی صفاتی مانند محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت‌ها (Valentovic et al., 2006) و هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (LCA4) با استفاده از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته اندازه‌گیری شد.

زیرکشت حبوبات و ۴۱ درصد تولید سالانه حبوبات کشور متعلق به لوبیا می‌باشد (Agriculture Statistic, 2015).

کم‌آبی امروزه یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده ازدیاد محصول در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی دیگر است (Kafi & Mahdavi Damghani, 2007; Rodriguez, 2006). با توجه به وسعت نگران‌کننده مناطق خشک و نیمه‌خشک در ایران (۹۰ درصد کل مساحت کشور) و همچنین کاهش دسترسی به منابع آب، نیاز به تمهیدات مناسبی برای استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی است. استفاده از رژیم‌های کم‌آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به عنوان یک راهبرد مناسب در افزایش سطح زیرکشت و اصلاح الگوی کشت باشد (Jalilian et al., 2001).

کمبود آب از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو و پتانسیل عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارد (Chaves et al., 2009). در شرایط کمبود آب، نخست فرآیند بسته‌شدن روزنه‌ها به منظور ممانعت از اتلاف آب صورت می‌پذیرد (Lawlor et al., 2002) که به دنبال آن کاهش تثبیت دی اکسیدکربن و افزایش دمای کانوپی روی می‌دهد. سپس کاهش در محتوای آب نسبی برگ‌ها و افزایش در میزان نشت الکترولیت‌های غشای سلولی مشاهده می‌شود (Aown et al., 2012).

مشخص شده است که در اثر تنش خشکی ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در لوبیا کاهش می‌یابد (Emadi et al., 2012). Ramirez & Kelly (1998) گزارش کردند که وزن و قطر ساقه لوبیا در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد. تحت تنش خشکی، غشاء سلولی پایداری خود را از دست داده و در صورت قرارگرفتن برگ در یک محیط آبی، مواد محلول از سلول‌های آن تراوش می‌یابد، لذا پایداری غشاء به‌وسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن تعیین می‌شود (Sairam et al., 2002).

در شرایط کمبود آب، میزان آب برگ در اثر تنش خشکی کاهش یافته و کاهش پتانسیل آب برگ باعث بسته‌شدن روزنه و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد که این امر به نوبه خود باعث کاهش فراهمی دی‌اکسید کربن و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز و متعاقباً کاهش رشد می‌شود (Bota et al., 2004). یکی از راه‌کارهای پیشگیری از صدمات ناشی از کمبود آب در گیاهان بستن روزنه‌ها می‌باشد (Pastenes et al., 2005). نتایج مقایسه دو ژنوتیپ لوبیا در شرایط تنش و عدم تنش آب نشان داد کمبود آب باعث کاهش هدایت روزنه‌ای در هر دو ژنوتیپ شد، ولی شدت کاهش یکسان نبود (Rosales

جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (Smart & Bingham, 1974)، از طریق برداشت پنج حلقه برگ‌گی از جوان‌ترین برگ توسعه‌یافته بوته‌ها استفاده شد؛ به‌طوری‌که بعد از توزین وزن تر، دیسک‌های برگ‌گی در آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) و شرایط تاریک اشباع و سپس توزین شد و نمونه‌های توزین‌شده در آون در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفته و وزن خشک آن‌ها تعیین شد. محتوای نسبی آب برگ طبق رابطه ۱ به‌دست آمد (Rosales et al., 2012):

(۱)

$100 \times (\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع} / \text{وزن خشک} - \text{وزن تر}) = \text{محتوای آب نسبی}$
برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها از روش (Valentovic, 2006) استفاده شد. برای این منظور ابتدا از هر گلدان پنج دیسک برگ‌گی از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته تهیه و سپس نمونه‌های برگ با آب مقطر شستشو شد و در ویال حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیرشده قرار گرفت. ویال‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفته و سپس هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر مدل Genway اندازه‌گیری شد (EC1). برای اندازه‌گیری نشت کامل الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ویال‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ بار به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (EC2). سپس با استفاده از رابطه ۲ درصد نشت الکترولیت‌های هر تیمار محاسبه شد (Sairam, 1994):

(۲)

$EC = (EC1/EC2) \times 100$
میزان سبزی‌نگی نسبی نیز یک بار در مرحله قبل از گلدهی (R5) و یک بار در مرحله پُرشدن غلاف (R8) با استفاده از دستگاه اسپد مدل Minolta-502 به‌صورت غیرتخریبی اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته، وزن شاخساره و وزن ریشه نیز اندازه‌گیری شد. پس از رسیدگی، بوته‌ها برداشت شده و در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و سپس وزن کل بوته و وزن دانه‌ها اندازه‌گیری شد. در پایان، داده‌های حاصل پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری در سطح احتمال یک‌درصد و اثر رقم در سطح احتمال

پنج‌درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار است (جدول ۱). در بین رژیم‌های آبیاری، بیشترین ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش خشکی (شاهد) و در بین ارقام مورد بررسی بیشترین ارتفاع بوته در رقم تلاش، ثبت شد (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید، ارتفاع بوته به‌ترتیب ۸ درصد و ۲۱/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. تفاوت بین ارتفاع بوته ارقام لوبیا توسط (Hashemi Jazi & Danesh, 2004) نیز گزارش شده است. تنش خشکی عاملی محدودکننده و مهم در فاز ابتدایی رشد و استقرار گیاه است. فرایند رشد و نمو شامل تقسیم سلول، طول‌شدن سلول‌ها و تمایز است و این مراحل به‌علت وابستگی آن‌ها به فشار آماس، به کمبود آب بسیار حساس هستند (Sikuku et al., 2010). نتایج نشان داد قطر ساقه تحت تأثیر آبیاری و رقم قرار نگرفت (جدول ۱).

اثر آبیاری و رقم بر وزن شاخساره و ریشه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن شاخساره و ریشه در بین رژیم‌های آبیاری از تیمار شاهد و در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ژنوتیپ تلاش به‌دست آمد (جدول ۲). وزن شاخساره در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به‌ترتیب ۳۰/۱ درصد و ۷۰/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد. همچنین وزن ریشه نیز در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به‌ترتیب ۴۸/۹ درصد و ۷۳/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد. پژوهش‌گران گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، وزن خشک اندام هوایی لوبیا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Rasti Sani et al., 2014). احتمالاً کاهش فتوسنتز، افزایش مواد بازدارنده رشد و کاهش هورمون‌ها (اکسین و سیتوکینین) در تنش خشکی از جمله عواملی است که رشد وزن خشک اندام هوایی را کاهش می‌دهد (Hayat & Ahmad, 2007). کاهش وزن ماده خشک به دلیل کاهش رشد گیاه و پیری و ریزش برگ‌ها می‌باشد (Bhatt & Srinivasa, 2005). پژوهش‌گران در بررسی اثر کمبود آب بر مورفولوژی و فیزیولوژی سه رقم برنج تحت شرایط دیم دریافتند که اندازه ریشه با کاهش محتوای آب خاک کاهش یافت (Sikuku et al., 2010). آن‌ها مشاهده کردند که با افزایش کمبود آب وزن خشک و طول ریشه برنج کاهش یافت.

نتایج نشان داد اثر آبیاری و برهمکنش آبیاری×رقم بر نسبت ریشه به شاخساره معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین نسبت ریشه به شاخساره در رقم خمین و در شرایط تنش خشکی شدید مشاهده شد، در حالی که کمترین نسبت ریشه به شاخساره از رقم صالح در شرایط تنش خشکی شدید به‌دست آمد (شکل ۱). در شرایط تنش خشکی متوسط نسبت ریشه به

پژوهش‌گران در بررسی دو ژنوتیپ لوبیا در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که با افزایش سطح تنش خشکی، نسبت وزنی ریشه به شاخساره در هردو ژنوتیپ افزایش یافت (Rasti Sani *et al.*, 2014). نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی (اندام جذب کننده آب نسبت به اندام مصرف کننده آب) توان گیاه را برای افزایش تحمل به خشکی بهبود می بخشد (Ganjeali & Bagheri, 2011).

شاخساره در رقم‌های صالح و تلاش به ترتیب ۳۶/۱ درصد و ۲۸/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت، در حالی که این نسبت در رقم خمین در شرایط تنش خشکی متوسط تغییری نشان نداد. در شرایط تنش خشکی شدید نیز واکنش ارقام از نظر نسبت ریشه به شاخساره یکسان نبود، به گونه‌ای که این نسبت در رقم صالح کاهش (۴۲/۵ درصد) و در ارقام تلاش و خمین افزایش یافت (به ترتیب ۸۳ درصد و ۲۵/۱ درصد).

جدول ۱- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن شاخساره، وزن ریشه و نسبت ریشه به شاخساره ارقام لوبیاچیتی در رژیم‌های آبیاری

Table 1. Analysis of variance for height, shoot and root weight and root/shoot ratio of bean cultivars in irrigation regimes

منابع تغییر	SOV	درجه آزادی DF	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	وزن شاخساره Shoot weight	وزن ریشه Root weight	نسبت ریشه به شاخساره Root/Shoot weight
آبیاری	Irrigation (I)	2	575**	0.14ns	12**	0.5**	0.04*
رقم	Cultivar (C)	2	359*	0.13ns	3.3**	0.09**	0.01ns
آبیاری × رقم	I*C	4	96ns	0.26ns	0.23ns	0.01ns	0.03*
خطا	Error	18	61	0.2	0.11	0.005	0.009
ضریب تغییرات	CV (%)		11.7	11.1	15.6	10.7	14.3

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

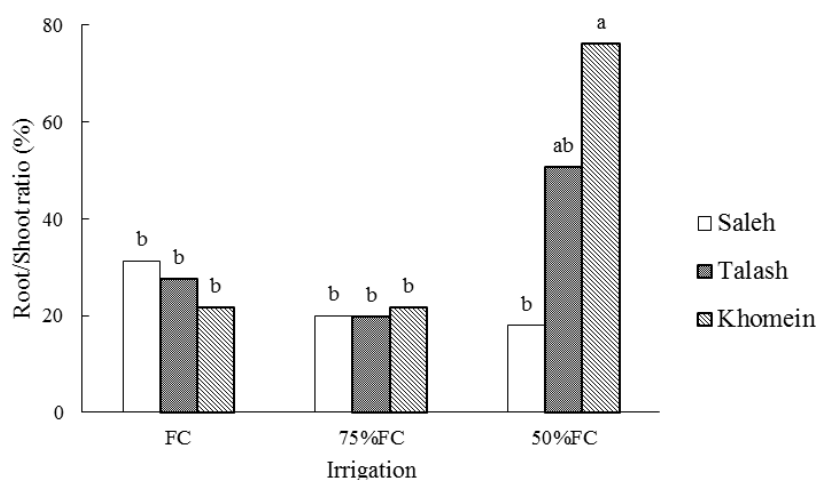
جدول ۲- میانگین ارتفاع بوته، وزن شاخساره و وزن ریشه در رژیم‌های مختلف آبیاری و ارقام لوبیاچیتی

Table 2. Means of height, shoot and root of bean cultivars and irrigation regimes

صفات	Traits	آبیاری			رقم		
		FC	75%FC	50%FC	Saleh	Talash	Khomein
ارتفاع (سانتی‌متر)	Height (cm)	74.1a	68.2b	58.3c	69.1b	71.8a	59.7c
وزن شاخساره (گرم در بوته)	Shoot weight (g/plant)	3.29a	2.30b	0.98c	2.84a	2.11b	1.63c
وزن ریشه (گرم در بوته)	Root weight (g/plant)	0.904a	0.462b	0.237c	0.704a	0.516b	0.383b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ردیف اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD=0.05).

Means with the same letters in each row are not significantly different, using LSD, $p \leq 0.05$.



شکل ۱- نسبت ریشه به شاخساره (درصد) ارقام لوبیاچیتی در رژیم‌های آبیاری

میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD=0.05).

Fig. 1. Root/shoot ratio of bean cultivars in irrigation regimes

Means with the same letters are not significantly different, using LSD, $p \leq 0.05$.

اثر آبیاری و رقم در مرحله رشد زایشی بر محتوی نسبی کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با کاهش مقدار آب مصرفی در مرحله زایشی کلروفیل نیز کاهش یافت، به گونه‌ای که بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد. در بین ارقام نیز بیشترین میزان کلروفیل در رقم صالح مشاهده شد که با رقم تلاش از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). نتایج نشان داد در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید کلروفیل در مرحله زایشی به ترتیب ۱۲/۴ درصد و ۳۱/۳ درصد کاهش داشت.

اثر آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین رژیم‌های آبیاری بیشترین محتوای آب نسبی برگ در تیمار آبیاری کامل به دست آمد. در بین ارقام نیز بیشترین میزان محتوای آب نسبی در رقم صالح مشاهده شد که با رقم تلاش از نظر آماری در یک گروه قرار داشت (جدول ۴). محتوای آب نسبی برگ در شرایط تنش خشکی متوسط ۹/۹ درصد و در شرایط تنش خشکی شدید ۳۰/۷ درصد کاهش نشان داد. مقدار نسبی آب برگ به‌طور مستقیم با آماس یاخته و پتانسیل آب گیاه ارتباط دارد. از طرف دیگر آماس برگ، در ارتباط مستقیم با توسعه و تقسیم سلولی است و بدین ترتیب ارتباطی بین میزان نسبی آب برگ و ماده خشک تولیدی وجود دارد (Yadav & Bhushan, 2001). در بررسی‌های انجام شده مشخص شده است که معمولاً، ولی نه همیشه، ارقام مقاوم به خشکی از RWC بالاتری در شرایط تنش خشکی برخوردار هستند (Schonfeld et al., 1988). محققان بیان کردند که کمبود آب به‌طور

آشکاری محتوای آب نسبی را در برگ‌های لوبیا کاهش می‌دهد (Turkan et al., 2005). در مطالعه اثر تنش کمبود آب بر گیاه عدس، کاهش محتوای آب نسبی برگ به دنبال کمبود آب گزارش شد (Salehpour et al., 2009).

اثر آبیاری و رقم بر نشت الکترولیت‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش میزان آب باعث افزایش نشت الکترولیت‌ها شد، به نحوی که در شرایط تنش خشکی متوسط نشت الکترولیت‌ها ۲۴/۷ درصد و در شرایط تنش خشکی شدید ۳۷ درصد افزایش نشان داد. کمترین میزان نشت در بین ارقام در رقم صالح مشاهده شد (جدول ۴). تنش خشکی از طریق افزایش تولید مواد

تخریب‌کننده غشاء مانند پراکسید هیدروژن باعث تخریب غشاء سلولی شده و در نتیجه نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد. افزایش پراکسیداسیون چربی و به دنبال آن کاهش پایداری غشاء و افزایش نشت الکترولیت‌ها در گندم (Sairam & Saxena, 2000) لوبیا (Turkan et al., 2005) و عدس (Salehpour et al., 2009) گزارش شده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری و رقم بر هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش میزان آب آبیاری باعث کاهش هدایت روزنه‌ای شد (شکل ۲) به گونه‌ای که بیشترین هدایت روزنه‌ای در شرایط آبیاری شاهد بدست آمد و کاهش مقدار آبیاری باعث شد هدایت روزنه در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب ۳۳/۳ درصد و ۵۳/۳ درصد کاهش یابد. در بین ارقام بیشترین هدایت روزنه‌ای در رقم صالح مشاهده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با رقم تلاش نشان نداد.

جدول ۳- تجزیه واریانس کلروفیل، محتوای آب نسبی، نشت الکترولیت و هدایت روزنه‌ای ارقام لوبیاچیتی در رژیم‌های آبیاری
Table 3. Analysis of variance of chlorophyll, RWC, electron leakage and stomatal of bean cultivars in irrigation regimes

منابع تغییر	S.O.V	درجه آزادی DF	کلروفیل در مرحله قبل از گلدهی Chlorophyll at before flowering	کلروفیل در مرحله پرشدن غلاف Chlorophyll at pod filling stage	محتوای آب نسبی RWC	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
آبیاری	Irrigation (I)	2	32.4ns	240.6**	1343**	1407**	163**	43.5**	114.5**
رقم	Cultivar (C)	2	5.9ns	31.7**	364*	144**	19**	8.3**	12.3**
آبیاری×رقم	I*C	4	0.22ns	3.1ns	25.8ns	25.2ns	0.41ns	0.1ns	12**
خطا	Error	18	26.9	5.8	32.8	22.1	3.2	0.2	1.1
ضریب تغییرات	CV (%)		18.7	8.6	8.5	5.8	15.8	12.5	8.2

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

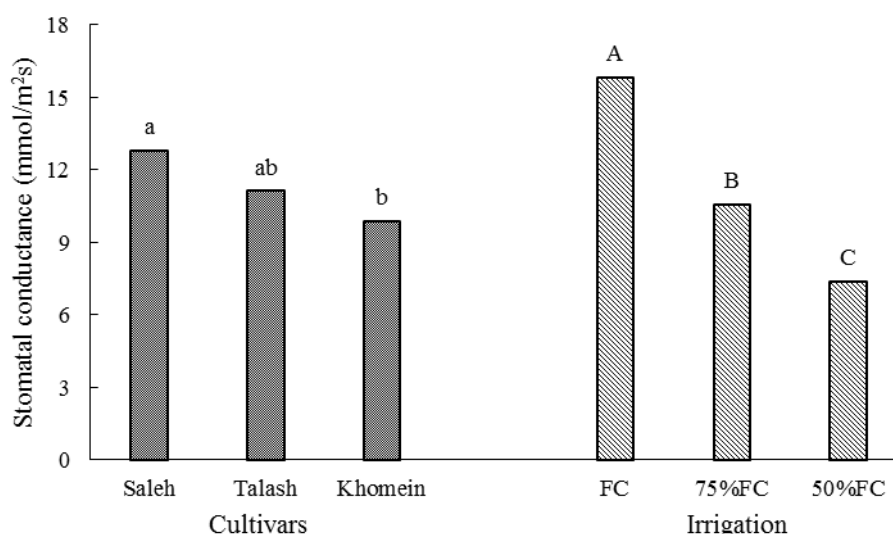
جدول ۴- میانگین‌های محتوای نسبی کلروفیل در مرحله زایشی، محتوای آب نسبی و نشت الکترولیت‌های رژیم‌های آبیاری و ارقام لوبیاجیتی

Table 4. Means of chlorophyll, RWC and electrolyte leakage of bean cultivars and irrigation regimes

صفات	Traits	آبیاری Irrigation			رقم Cultivar		
		FC	75%FC	50%FC	Saleh	Talash	Khomein
کلروفیل (پُرشدن غلاف) (SPAD)	Chlorophyll (pod filling) (SPAD)	32.8a	28.7b	22.5c	29.8a	28.2ab	26.1b
محتوای آب نسبی (%)	RWC (%)	78.1a	70.3b	54.2c	73.0a	67.5ab	62.1b
نشت الکترولیت (%)	Leakage (%)	66.4c	82.8b	91.0a	76.0b	80.2ab	84.0a

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ردیف اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD=0.05).

Means with the same letters in each row don't have significant difference, using LSD, $p \leq 0.05$.



شکل ۲- هدایت روزنه‌ای ارقام لوبیاجیتی و رژیم‌های آبیاری

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD=0.05).

حروف بزرگ مربوط به تیمارهای آبیاری و حروف کوچک مربوط به ارقام می‌باشد.

Fig. 2. Stomatal conductance of bean cultivars and irrigation regimes

Means with the same letters do not have significant difference, using LSD, $p \leq 0.05$.

Lower case letters indicates cultivars differences and upper case letters indicate irrigation differences.

آبیاری، رقم و برهمکنش آبیاری×رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳). در هر سه رژیم آبیاری عملکرد بیولوژیک رقم صالح از دو ژنوتیپ دیگر بیشتر بود، اما این تفاوت تنها در تیمار تنش خشکی متوسط معنی‌دار بود (شکل ۴). در شرایط تنش خشکی متوسط عملکرد ارقام صالح، تلاش و خمین به ترتیب ۱۲/۵ درصد، ۳۶/۳ درصد و ۴۰/۵ درصد نسبت به شرایط بدون تنش خشکی کاهش یافت. مقادیر کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی شدید نیز ۴۱ درصد، ۳۶ درصد و ۴۴ درصد به ترتیب در ارقام صالح، تلاش و خمین بود. تفاوت در عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام لوبیا که تحت تنش رطوبتی متوسط تا شدید قرار داشتند، در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Rosales-Serna *et al.*, 2002).

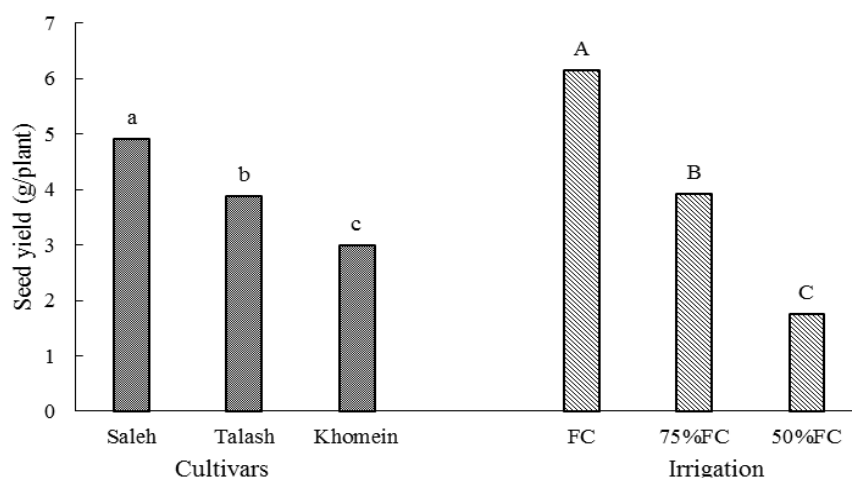
پژوهش‌گران در بررسی اثر کم‌آبیاری بر ژنوتیپ‌های لوبیا گزارش کردند محدودیت آب باعث کاهش هدایت روزنه‌ای ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد (Karimzadeh *et al.*, 2016). آن‌ها بیان کردند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه وجود داشت.

نتایج نشان داد اثر آبیاری و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم صالح در بین ارقام و آبیاری کامل در بین رژیم‌های آبیاری، بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). کاهش آب مصرفی باعث شد عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب ۳۶/۱ درصد و ۷۱/۶ درصد نسبت به تیمار بدون تنش خشکی کاهش یابد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر

هدایت روزنه‌ای و محتوای آب نسبی نشان‌دهنده بهینه‌تر بودن وضعیت آبی گیاه می‌باشد و شرایط آبی بهینه در نهایت باعث افزایش وزن خشک ریشه و شاخساره شده است. همچنین مشخص شد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن دانه با میزان سبزی‌نگی در مرحله پُرشدن غلاف، محتوای آب نسبی و هدایت روزنه‌ای وجود داشت (جدول ۵). در واقع بهتر بودن شرایط رطوبتی گیاه و فراهم‌بودن آب برای رشد و تولید در نهایت به تولید وزن دانه بیشتری منجر شده است.

کاهش محتوای آب نسبی، هدایت روزنه‌ای و افزایش نشت الکترولیت‌ها در اثر تنش خشکی، باعث آسیب‌رسانی به بافت‌های گیاه و کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک و عملکرد دانه شده است.

بررسی ضرایب همبستگی نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با وزن شاخساره، وزن ریشه، کلروفیل در مرحله زایشی، محتوای آب نسبی و هدایت روزنه‌ای وجود دارد. همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با نشت الکترولیت‌ها مشاهده شد (جدول ۵). در واقع بیشتر بودن



شکل ۱- وزن دانه ارقام لوبیاچیتی و رژیم‌های آبیاری

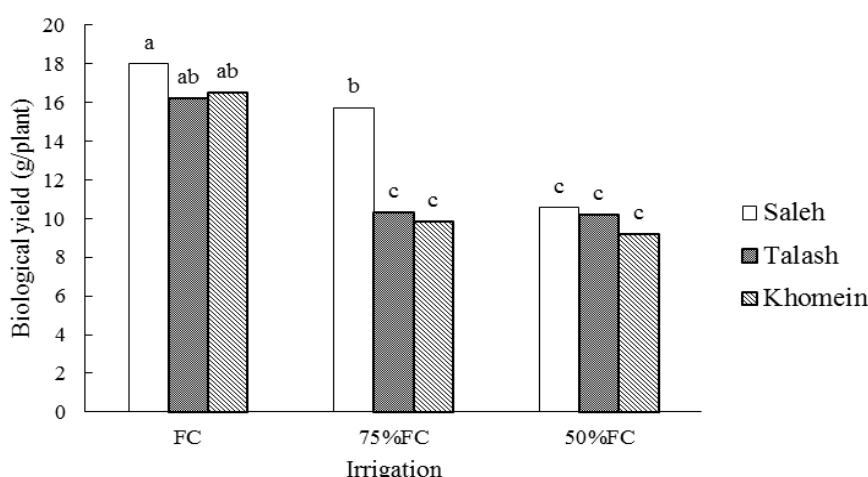
میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD=0.05).

حروف بزرگ مربوط به تیمارهای آبیاری و حروف کوچک مربوط به ارقام می‌باشد.

Fig. 3. Seed weight of bean cultivars and irrigation regimes

Means with the same letters do not have significant difference, using LSD, $p \leq 0.05$.

Lower case letters indicates cultivars differences and upper case letters indicate irrigation differences.



شکل ۲- وزن زیست‌توده ارقام لوبیاچیتی و رژیم‌های آبیاری

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD=0.05).

Fig. 4. Biological yield of bean cultivars and irrigation regimes

Means with the same letters do not have significant difference, using LSD, $p \leq 0.05$.

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد بررسی

Table 5. Pearson correlation coefficient of evaluated traits

	(۱) ارتفاع Height	(۲) قطر ساقه Stem diameter	(۳) وزن شاخساره Shoot weight	(۴) وزن ریشه Root weight	(۵) نسبت وزن ریشه به شاخساره Root/Shoot weight	(۶) کلروفیل (قبل از گل‌دهی) Chlorophyll (pre-flowering)[SPAD]
1	1.00					
2	0.33	1.00				
3	0.67**	0.15	1.00			
4	0.52**	0.07	0.84**	1.00		
5	-0.40*	-0.08	-0.58**	-0.18	1.00	
6	0.10	-0.19	0.44*	0.38	-0.29	1.00
7	0.63**	0.25	0.84**	0.75**	-0.45*	0.38
8	0.62**	0.23	0.88**	0.73**	-0.49*	0.44*
9	-0.52**	-0.15	-0.84**	-0.86**	0.29	-0.21
10	0.57**	0.11	0.87**	0.85**	-0.37	0.28
11	0.68**	0.17	0.93**	0.83**	-0.41*	0.36
12	0.42*	-0.01	0.72**	0.75**	-0.16	0.28

ادامه جدول ۵ - Continue oh table 5

	(۷) کلروفیل (پُرشدن غلاف) Chlorophyll (pod filling)	(۸) محتوای آب نسبی RWC	(۹) نشت الکترولیت Leakage	(۱۰) هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	(۱۱) عملکرد دانه Seed yield	(۱۲) عملکرد بیولوژیک Biological yield
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7	1.00					
8	0.74*	1.00				
9	-0.78**	-0.74**	1.00			
10	0.76**	0.81**	-0.95**	1.00		
11	0.82**	0.9**	-0.88**	0.91**	1	
12	0.69**	0.66**	-0.79**	0.8**	0.86**	1

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

نتیجه‌گیری

بهتر تحمل کرده باشد. همچنین نشت الکترولیت‌ها نیز در این رقم کمتر از سایر ارقام بود و این امر دلیلی بر حفظ تمامیت غشاء در شرایط تنش خشکی نسبت به دو رقم دیگر می‌باشد. البته کاهش شدید وزن زیست‌توده و وزن دانه نشان می‌دهد که اعمال کم آبیاری سنگین در این گیاه احتمالاً از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشد.

رقم لوبیاچیتی صالح از نظر صفاتی از جمله محتوای آب نسبی، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، وزن زیست‌توده و وزن دانه نسبت به دو رقم دیگر برتری داشت. کاهش نسبت ریشه به شاخساره آن هم حکایت از درک کمتر تنش خشکی داشته و مواد فتوسنتزی کمتری به ریشه اختصاص داده است. به نظر می‌رسد این رقم شرایط محدودیت آب را نسبت به دو رقم دیگر

منابع

1. Agriculture Statistics. 2015. Ministry of Agriculture Press. 167 pages.
2. Aown, M., Raza, S., Saleem, M.F., Anjum, S.A., Khaliq, T., and Wahid, M.A. 2012. Foliar application of potassium under water deficit conditions improved the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). The Journal of Animal and Plant Sciences 22(2): 431-437.
3. Bhatt, R.M., and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal of Plant Physiology 10: 54-59.

4. Bota J., Flexas, J., and Medrano, H. 2004. Is photosynthesis limit by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytologist* 162: 671-681.
5. Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., and Vanderleyden, J. 2003: Beans (*Phaseolus* spp.)-model food legumes. *Plant and Soil* 252: 55-128.
6. 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.
7. Emadi, N., Baloochi, H.R., and Jahanbin, S. 2012. Effect of drought stress on yield, yield components and some of morphological traits of bean genotype COS16. *Electronic Journal of Plant Production* (In Persian) 5: 1-17.
8. FAOSTAT. 2015. Available at <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
9. Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 101-110. (In Persian with English Summary).
10. Hashemi Jazi, S.M., and Danesh S.A. 2003. Effect of row spacing and plant distances in row on grain yield and yield components in Chiti bean cv. Talash. *Iranian Journal of Crop Science* 5(2): 155-162. (In Persian with English Summary).
11. Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid a Plant Hormone. Springer. P. 97-99.
12. Jalilian, A., Shirvani, A., Nemati, A., and Basati J. 2001. Evaluation of deficit irrigation on production and economy of sugar beet. *Sugar Beet* 17: 1-14. (In Persian with English Summary).
13. Kafi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2007. Mechanisms of Plant Resistance to Environmental Stress. Ferdowsi University of Mashhad Press, 3rd Edition. (In Persian).
14. Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M., and Tadayon, M.R. 2016. Investigation of changes in stomatal conductivity, canopy temperature and relative leaf water content of pinto bean genotypes. *Crop Physiology Journal* 8: 105-120. (In Persian with English Summary).
15. Lawlor, D.W., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment* 25: 275-294.
16. Pastenes, C., Pimentel, P., and Lillo, J. 2005. Leaf movements and photoinhibition in relation to water stress in field-grown beans. *Journal of Experimental Botany* 56(411): 425-433.
17. Ramirez-Vallejo P., and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127-136.
18. Rastisani, M.S., Lahouti, M., and Gangeali, A. 2014. Effects of drought stress on morpho-physiological and chlorophyll fluorescence of seedlings of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulse Crops* 5(1): 103-116. (In Persian with English Summary).
19. Rodriguez, L. 2006. Drought and drought stress on south Texas landscape plants. San Antonio Express News. Available at ([http: bexar – Tx. T. Tamu. edu](http://bexar-Tx.Tamu.edu)).
20. Rosales, M.A., Ocampo, E., Rodríguez-Valentín, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J., and Covarrubias, A.A. 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. *Plant Physiology and Biochemistry* 56: 24-34.
21. Sairam, R.K. 1994. Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. *Indian Journal of Experimental Biology* 32: 584-593.
22. Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184: 55-61.
23. Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. 2002. Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long-term salt stress. *Plant Science* 162: 897-904.
24. Salehpour, M., Ebadi, A., Izadi, M., and Jamaati-e-Somarin Sh. 2009. Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. *Research Journal of Environmental Science* 3(1): 103-109.
25. Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F., and Mornhinweg, D.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science* 28: 526-531.
26. Sikuku P.A., Netondo, G.W., Onyango, J.C., and Musyimi, D.M. 2010. Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties of NERICA rain fed rice (*Oryza sativa* L.). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 5: 23-28.
27. Smart, R.E., and Bingham, G.E., 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology* 53(2): 258-260.

28. Turkan, I., Melike, B., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential response of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science* 168: 223-231.
29. Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L., and Gasparikova, O., 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant, Soil and Environment* 52(4): 186-191.
30. Yadav, R.S., and Bhushan, C. 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotype. *Indian Journal of Agricultural Research* 2: 104-107.

The effect of drought stress on some of morphological and physiological traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes

Ghalandari¹, S., Kafi^{2*}, M., Goldanii³, M. & Bagheri⁴, A.

1. PhD. Students, Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, somaye.ghalandari@yahoo.com
2. Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3. Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, goldani@um.ac.ir
4. Islamic Azad University, Eghlid Branch, Iran

Received: 25 June 2017
Accepted: 14 August 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.64836

Introduction

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most important food legume and is an important source of calories, protein, dietary fiber, and minerals for human nutrition. In addition, it provides an essential source of protein for more than 300 million people worldwide including Iran. Drought is one of the most important abiotic stress factors that limits plant growth and results in significant seed yield reductions in around 60% of global bean production areas. Acclimation to water deficit in crops is the result of a series of integrated events. Upon exposure to drought stress, plants exhibit a wide range of responses at the whole-plant, cellular and molecular levels. At the whole-plant level, the effect of drought stress is usually perceived as a decrease in photosynthesis and growth, which is associated with alterations in carbon and nitrogen metabolisms. The reduction in the photosynthetic activity is due to several coordinated events, such as stomatal closure, chlorophylls cleavage and the reduced activity of photosynthetic enzymes. Stomatal closure is probably the most important factor controlling carbon metabolism, but the relative role of other limitations on photosynthesis depends on the severity of water deficit. The aim of this experiment was to determine the effect of different moisture stress levels on morph-physiological attributes of three common bean genotypes.

Materials & Methods

In order to evaluate the effect of moisture stress on some morphological and physiological traits of common bean genotypes, a greenhouse experiment was conducted as factorial design. The experimental factors included irrigation (100% FC; as control, 75% FC; as moderate drought stress and 50% FC; as severe drought stress) and three common bean cultivars (Saleh, Talash and Khomein). The experiment was performed at FUM (Ferdowsi University of Mashhad) glass house in 2015 with three replications. Pots (diameter 20 cm, height 30 cm) were filled with ten Kg of loamy soil and five seeds were planted in each of them. After emergence and establishment of seedlings, two plants were remained in each pot. Irrigation treatments were started at 4th leaf stage and continued up to the end of experiment. Plant height, stem diameter, shoot and root weight, root/shoot ratio, greenness, leaf relative water content, electrolyte leakage, stomatal conductance, biological and seed weight were measured. Data were analyzed using SAS software and least significant difference test (LSD) was used for mean comparisons at 0.05 level in MSTATC software.

Results & Discussion

The effect of Irrigation and genotype on plant height, shoot and root weight, chlorophyll at reproductive stage, relative water content, electrolyte leakage and stomatal conductance were significant. Also the interaction effect of irrigation×genotype on root/shoot ratio was significant. Drought stress decreased plant height by 8% and 21.4% in moderate and severe drought stress respectively. Shoot weight decreased by

*Corresponding Author: m.kafi@um.ac.ir

30.1% (moderate drought stress) and 70.1% (severe drought stress) and root weight decreased by 48.9% (moderate drought stress) and 73.8% (severe drought stress) compared to control. The root/shoot ratio decreased under moderate drought stress in all genotypes but under severe drought stress, root/shoot ratio were increased in Talash and Khomein genotypes. Drought stress decreased chlorophyll content, so that under moderate and severe drought stress chlorophyll content decreased by 12.4% and 31.3%, respectively compare to control. Among genotypes, Saleh accumulated higher leaf chlorophyll content. The relative water content and stomatal conductance declined under drought stress treatments but electrolyte leakage was increased under drought stress treatments. Relative water content decreased by 9.9% and 30.7% under moderate and severe drought stress conditions, respectively compared to control. Under moderate and severe drought stress conditions stomatal conductance reduced by 33.3% and 53.3% respectively compared to control. Electrolyte leakage increased by 24.7% under moderate drought stress condition and 37% under severe drought stress condition compared to control. Also higher relative water content, stomatal conductance, and lower electrolyte leakage was observed in Saleh genotype. The highest seed yield among cultivars was found in Saleh and the highest seed weight was observed in complete irrigation regime.

Conclusion

Based on our results, Saleh genotype produced more seed, biomass, relative water content, chlorophyll, stomatal conductance and lower electron leakage, therefore, it seems that this genotype is more tolerant to moisture stress. However, generally, bean plant seems susceptible to drought, and it might not be feasible to impose high levels of drought stress on this crop.

Keywords: Deficit irrigation, Electrolyte leakage, Relative water content, Stomatal conductance

ارزیابی بودجه انرژی تولید لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در نظام‌های زراعی مختلف در ایران

حسن شهقلی^۱، محمدرضا اصغری پور^{۲*}، عیسی خمری^۴ و عادل غدیری^۵

۱- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل، h_agroo2000@yahoo.com

۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ikhammari@gmail.com

۴- ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خمین، ایران، adelgh_m@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی بودجه انرژی شدت‌های مختلف مصرف نهاده در ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای کشور واقع در خمین اجرا شد. شدت‌های مختلف مصرف نهاده شامل اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط‌نهاده و پُرنهاده به‌عنوان کرت‌های اصلی و ارقام مختلف لوبیا (لوبیاسفید رقم درس، لوبیاقرمز لاین امیدبخش Ks-31169، لوبیاجیتی رقم صدری) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. شدت‌های مختلف مصرف نهاده شامل دفعات عملیات خاک‌ورزی و مقادیر مختلف کاربرد کود، سموم، بذر و آبیاری بود. برای ارزیابی شاخص‌های انرژی ابتدا مجموع انرژی خروجی، مجموع انرژی ورودی، انرژی دانه و انرژی کاه، اندازه‌گیری و سپس شاخص‌های کارایی انرژی، انرژی خالص، انرژی مخصوص، فشردگی انرژی، شدت انرژی تولیدی، مصرفی و جاری ارزیابی شد. مقدار انرژی ورودی در نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط‌نهاده و پُرنهاده به ترتیب ۱۴۱۲۱، ۳۲۴۳۲، ۲۴۲۶۰، ۳۷۱۱۸ و ۵۷۳۹۰ مگاژول در هکتار و انرژی خروجی در این نظام‌ها به ترتیب ۴۰۱۳۵، ۵۱۳۸۲، ۳۳۸۲۴، ۴۶۴۱۷ و ۶۰۱۴۲ مگاژول در هکتار تخمین زده شد. بیشترین کارایی انرژی و کارایی زیست‌محیطی انرژی کمکی مربوط به نظام اکولوژیک رقم صدری به‌ترتیب به میزان ۳/۳ و ۳/۵ بود که در مقایسه با نظام پُرنهاده رقم صدری به‌ترتیب ۱۵۵ و ۱۶۹ درصد افزایش کارایی داشته است. نتایج این مطالعه نشان داد نظام زراعی اکولوژیک با وجود کاهش شدت انرژی تولیدی و شدت انرژی مصرفی نسبت به سایر نظام‌ها کاهش کل ارزش خدمات کشاورزی اکولوژیک را به همراه داشته است؛ اما حرکت به سمت کشاورزی پایدار خدمات غیربازاری بیشتری همچون حفظ سلامت نظام تولیدی و تولید غذای سالم را دربر خواهد داشت.

کلمات کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، حبوبات، سیستم‌های تلفیقی، کارایی زیست‌محیطی

مقدمه

(Koocheki & Hosseini, 1994). طی چندین دهه اخیر، ضرورت استفاده از ارقام پُرمحصول، نیاز به مصرف کودهای شیمیایی جهت تقویت خاک و نیز سموم شیمیایی جهت مبارزه با آفات را افزایش داده است (Koocheki et al., 1995). بی شک تأمین این انرژی‌ها به‌طور نامحدود امکان‌پذیر نخواهد بود و ادامه تأمین آن‌ها در سطح فعلی نیز میسر نیست. از طرفی به علت آلودگی زیست‌محیطی و همچنین افزایش قیمت نهاده‌ها، مصرف آن‌ها از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی، مقرون به‌صرفه نخواهد بود (Qiu et al., 2007). در نظام‌های تولیدی غذا، افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها و بهره‌برداری از انرژی‌های داخلی به‌جای اتکاء به نهاده‌های خارجی از اولویت خاصی برخوردار خواهد بود (Locke et al., 2002). در این راستا کارایی انرژی مصرفی و الگوهای کشت متکی به روش‌های

سیستم‌های زراعی جوامعی از گیاهان هستند که در آن‌ها انرژی خورشیدی، سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌شوند (Koocheki et al., 1996). در سیستم‌های زراعی برخلاف سیستم‌های طبیعی، هنگام برداشت زیست‌توده مقادیر قابل توجهی از انرژی به‌جای ذخیره در سیستم به خارج از آن هدایت می‌شود. از خصوصیات دیگر سیستم‌های زراعی کاهش چرخش مواد غذایی، کاهش مکانیزم‌های تنظیم جمعیت و کاهش ثبات در مقایسه با سیستم‌های طبیعی است که با توجه به اعمال مدیریت در سیستم‌های زراعی می‌توان در جهت رفع آن‌ها اقدام کرد

* نویسنده مسئول: m_asgharipour@uoz.ac.ir

امروزه در تمامى نظام‌هاى زراعى، كاهش وابستگى به انرژى‌هاى يارانه‌اى از اهداف اساسى به شمار مى‌آيد. بديهى است، شناسايى پتانسيل‌هاى توليد در بوم‌نظام‌هاى زراعى مختلف بر پايه تحقيقات علمى كمك شايانى به افزايش بهره ورى توليد خواهد نمود. از آنجايى كه مصرف انرژى يكي از ضرورت‌هاى مهم در نظام‌هاى مختلف توليد (اكولوژيك، كم‌نهاد، متوسط نهاد، تلفيقى و پُر‌نهاد) به شمار مى‌آيد، معرفى يك سيستم كارآمد انرژى كمك بزرگى به چرخه اقتصاد كشاورزى خواهد كرد. از آنجا كه تاكنون مطالعات محدودى در مورد مصرف انرژى در سيستم‌هاى مختلف توليد لوبيا در كشور انجام شده است، اين مطالعه به‌منظور ارزيابى بودجه انرژى شدت‌هاى مختلف مصرف نهاد در ارقام مختلف لوبيا انجام شد.

مواد و روش

اين پژوهش در ايستگاه ملى تحقيقات لوبياى كشور واقع در شهرستان خمين، با موقعيت جغرافيايى ۵۰ درجه و ۰۵ دقيقه طول شرقى و عرض جغرافيايى ۳۳ درجه و ۶۳ دقيقه شمالى و ارتفاع ۴۹۸/۲ متر از سطح دريا در سال زراعى ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. ميانگين ۳۰ ساله بارندگى ۳۱۰/۵ ميلي‌متر و متوسط دماى سالانه در اين منطقه ۱۲/۴ درجه سانتى‌گراد مى‌باشد. بر اساس طبقه‌بندي امبرژه اقليم خمين نيمه‌خشك و سرد است. خصوصيات خاك محل آمايش قبل از اعمال تيمارها در جدول ۱ ارائه شده است.

زراعى كم‌نهاد، اساس رهيافت‌هاى توليدات اكولوژيكي خواهد بود (Sedighi & Rousta, 2003). نظام‌هاى زراعى فعلى كه كاملاً متكى به نهاده‌هاى بيرونى هستند، از جنبه‌هاى مختلف آسيب‌پذير مى‌باشند (Koocheki et al., 1995). به همين دليل در آستانه ورود به قرن ۲۱ ديدگاه‌هاى جديدي در اين رابطه مطرح شده‌اند. اين ديدگاه‌ها در قالب كارآيى بيشتر نهاده‌ها، حفاظت از محيط‌زيست و منابع طبيعى، اقتصاد اكولوژيكي و نهايتاً تأمين غذا و امنيت غذايى مطرح مى‌باشند (Behbahani, 2012). بدون ترديد در هر نظام توليدي كارآيى مصرف انرژى از اصول اوليه و بالابردن كارآيى توليد از اهداف اساسى مى‌باشد (Mahdavi-Damghani et al., 2006).

(Clements et al., 1995) در تحقيق خود بيان نمودند، در نظام كشت پُر‌نهاد ذرت (*Zea mays* L.)، ۱۸ درصد انرژى ورودى مربوط به كنترل علف‌هاى هرز بوده است. اين در حالى است كه كل انرژى ورودى نظام ارگانيك، يك‌سوم نظام پُر‌نهاد بود. (Zare-Faizabad & Koocheki (2000) در مقايسه نظام‌هاى زراعى متداول و اكولوژيك در گندم (*Triticum aestivum* L.) بيان نمودند كه اگرچه عملکرد در نظام‌هاى زراعى كم‌نهاد و ارگانيك كمتر از ساير نظام‌ها بود، ولى اين نظام‌ها از كارآيى انرژى بالاترى برخوردار بودند. در آزمائش‌هاى جهت بررسى كارآيى انرژى نظام‌هاى ارگانيك و متداول در محصولات ذرت، سيب‌زمينى (*Solanum tuberosum* L.) و گندم در ايالت آيداهوى آمريكا بيان شد كه كارآيى انرژى در نظام ارگانيك ذرت و گندم بين ۷۰-۲۹ درصد نسبت به نظام متداول افزايش داشته است (Pimental et al., 1983).

جدول ۱- ويژگى‌هاى خاك محل اجراى آمايش قبل از افزودن تيمارها (تا عمق ۳۰ سانتى‌متر)

Table 1. Location of experimental soil before adding treatments (up to depth of 30 cm)

بافت خاك soil texture	O.C. %	Cu mg kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	N %	pH	EC dSm ⁻¹
Clay loam رسي	0.51	1.37	2.68	7.68	1.18	280	14.5	0.07	7.54	1.9

آمايش به‌صورت كرت‌هاى خردشده در قالب طرح پايه بلوك‌هاى كامل تصادفى با سه تكرر اجرا شد. تيمارهاى آمايش عبارت بودند از سيستم‌هاى مختلف توليد شامل اكولوژيك، تلفيقى، كم‌نهاد، متوسط نهاد و پُر‌نهاد به‌عنوان كرت‌هاى اصلى و رقم مختلف لوبيا (شامل لوبياسفيد رقم درسا، لوبياقرمز لايى اميدبخش Ks-31169، لوبياچيتى رقم صدرى) به‌عنوان كرت‌هاى فرعى. شيوه اعمال شدت‌هاى مختلف مصرف نهاد بر اساس منابع موجود (Zare & Shahbazi, 2005)؛

آمايش به‌صورت كرت‌هاى خردشده در قالب طرح پايه بلوك‌هاى كامل تصادفى با سه تكرر اجرا شد. تيمارهاى آمايش عبارت بودند از سيستم‌هاى مختلف توليد شامل اكولوژيك، تلفيقى، كم‌نهاد، متوسط نهاد و پُر‌نهاد به‌عنوان كرت‌هاى اصلى و رقم مختلف لوبيا (شامل لوبياسفيد رقم درسا، لوبياقرمز لايى اميدبخش Ks-31169، لوبياچيتى رقم صدرى) به‌عنوان كرت‌هاى فرعى. شيوه اعمال شدت‌هاى مختلف مصرف نهاد بر اساس منابع موجود (Zare & Shahbazi, 2005)؛

جدول ۲- ميزان نهاده‌هاى مصرفى و عمليات زراعى در شدت‌هاى مختلف مصرف نهاده لوبيا
Table 2. Quantity of input and farming management in different energy intensity of bean

نظام‌هاى زراعى Cropping systems					
اکولوژيک Ecological	تلفيقي Integrated	کم نهاده Low input	متوسط نهاده Medium input	پُر نهاده High input	نهاده مصرفى Consumer inputs
1	1	1	1	2	شخم (تعداد) Plow (No.)
-	1	1	2	2	ديسک (تعداد) Disk (No.)
-	1	-	1	2	لولر (تعداد) Leveler (No.)
1	1	1	1	1	مرزبند (تعداد) Border (No.)
60	60	45	50	45	تراکم (دانه در مترمربع) Density (Seed m ⁻²)
-	150	75	150	225	اوره (kg ha ⁻¹) Urea
-	100	50	100	150	سوپرفسفات ساده (kg ha ⁻¹) Single superphosphate
-	10	5	10	15	سولفات پتاسيم (kg ha ⁻¹) Potassium sulfate
-	5	2.5	5	7.5	کلات آهن (kg ha ⁻¹) Chelated iron
40	15	-	-	-	کود حيوانى (ton /ha) Animal manure
-	1	1	2	2	شيميايى (تعداد) Herbicide application (No.)
3	1	2	1	-	وجين دستى (تعداد) Hand weeding (No.)
-	1	1	2	3	بارزه با آفات در صورت نياز (تعداد) Pest control (if applicable) (No.)
7	5	7	5	4	ميزان آب مصرفى (فواصل به روز) Irrigation intervals (day)

برای ارزيابى شاخص‌هاى انرژى ابتدا مجموع انرژى خروجى، مجموع انرژى ورودى، انرژى دانه، انرژى کاه محاسبه و بعد شاخص‌هاى کارآيى انرژى، انرژى خالص، انرژى مخصوص، فشردگى انرژى، شدت انرژى توليدى، مصرفى و جارى ارزيابى شد. برای اندازه‌گيرى انرژى دانه و کاه مربوط به هر کرت آزمائشى، دو ردیف کنارى به عنوان اثر حاشيه منظور گرديد و نمونه بردارى‌ها فقط از دو ردیف وسطى (البته با

احتساب ۵۰ سانتى‌متر از ابتدا و انتهای هر ردیف) با انتخاب پنج بوته به طور تصادفى صورت گرفت. نمونه‌هاى انتخابى پس از خشک‌شدن در آن طبق شرايط استاندارد آسياب گرديده و با استفاده از دستگاه بمب کالرى‌متر مقدار انرژى موجود در ماده خشک آن محاسبه شد. در پايان انرژى مجموع خروجى و ورودى هر تیمار از معادله‌هاى زیر محاسبه گرديد (Koocheki & Hosseini, 1994).

$$\sum E_{out} = (\text{عملکرد دانه لوبيا} \times \text{انرژى حاصل از هر واحد دانه لوبيا}) + (\text{عملکرد کاه لوبيا} + \text{انرژى حاصل از هر واحد کاه لوبيا}) \quad \text{معادله (۱)}$$

$$\sum E_{in} = \text{انرژى مصرفى نيروى انسانى} + \text{انرژى بذر مصرفى} + \text{انرژى مصرفى آبيارى} + \text{انرژى مصرفى کود و سموم شيميايى} + \text{انرژى مصرفى ماشين‌هاى کشاورزى} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در اين معادلات $\sum E_{in}$ و $\sum E_{out}$ مجموع انرژى خروجى و ورودى هر تیمار مى‌باشد.

(Hosseini, 1994).

روش محاسبه انرژى‌هاى ورودى

الف) انرژى ماشين آلات: محاسبه ميزان انرژى ماشين آلات به كاررفته از طريق معادله‌هاى زير محاسبه شد (Koocheki &

$$\text{معادله (۳)} \quad 1000 \text{ hr/ha} / (\text{سرعت} \times \text{راندمان} \times \text{كيلومتر در ساعت}) \times \text{عرض كار (m)} = \text{ظرفيت مؤثر}$$

$$\text{معادله (۴)} \quad \text{ساعات عمليات زراعى} = \frac{1}{\text{ظرفيت مؤثر hr/ha}}$$

$$\text{معادله (۵)} \quad \sum \text{ساعات عمليات زراعى} = \sum \frac{1}{\text{ظرفيت مؤثر hr/ha}}$$

$$\text{معادله (۶)} \quad \text{Lit/hr} (\text{تبديل گالن به ليتر}) \times 3.78 \times 0.73 = \text{قدرت تراكتور در } 0.06 \times \text{PTO} = \text{سوخت تراكتور مسى فرگوسن}$$

$$\text{معادله (۷)} \quad \text{سوخت تراكتور مسى فرگوسن} \times 285 \times \text{ساعات عمليات زراعى} = \text{سوخت مصرفى در هكتار (kcal/ha)}$$

هر گالن گازوئيل برابر ۳۶۲۲۵ كيلوكالرى:

$$\text{معادله (۸)} \quad \left(\frac{36225}{3.78} \right) \times \text{مقدار انرژى مصرفى در هكتار} = \text{مقدار انرژى سوخت مصرف شده در هكتار (kcal/ha)}$$

انرژى ساخت و استهلاك هر ساعت كار تراكتور برابر ۹۰۰۰۰ كيلوكالرى:

$$\text{معادله (۹)} \quad \sum \text{انرژى ساخت و استهلاك} = \sum \text{ساعات عمليات زراعى} \times 90000 (\text{kcal/ha})$$

$$\text{معادله (۱۰)} \quad \text{انرژى مصرفى نيروى انساني} = \left(\sum \text{تعداد ساعات} \times 175 (\text{kcal/ha}) \right)$$

معمولاً به ترتيب ۲۰ و ۸۰ درصد سموم را مواد مؤثره غيرمؤثر تشكيل مى‌دهد (Koocheki & Hosseini, 1994).

ب) انرژى بذر مصرفى

معادله (۱۱)

$$\text{ميزان انرژى واحد بذر مصرفى} \times \text{مقدار بذر مصرفى در هكتار} = \text{انرژى بذر مصرفى}$$

ه) انرژى آب آبيارى

بدین منظور ابتدا بايد قدرت مصرف‌شده، جهت استخراج آن از داخل چاه، توسط پمپ طى يك ساعت را از فرمول زير محاسبه كرد (Koocheki & Hosseini, 1994).

(معادله ۱۴)

$$E = (0.8Q \times P \times H \times e1 \times e2) / (nT \times Np)$$

E قدرت مصرف‌شده در يك ساعت (KWh-1)؛ Q دبی پمپ (m³.sec⁻¹)؛ H بار كل ديناميكي (عمق آب موجود در چاه)؛ P دانسيته آب؛ e1 ضريب مربوط به محل (در سطح دريا و دماى ۱۵ درجه معادل ۱ است)؛ e2 ضريب اطمينان از عدم وجود بار اضافى؛ nT راندمان انتقال (۹۵ درصد)؛ Np راندمان پمپ.

ج) انرژى کود مصرفى

با توجه به ميزان عنصر مورد نظر موجود در کود مصرفى، ميزان انرژى لازم براى ساخت يك كيلوگرم کود خالص (نيتروژن ۱۷۶۰۰ و فسفر ۳۱۹۰ كيلوكالرى) محاسبه گرديد (Koocheki & Hosseini, 1994). به‌عنوان مثال در مورد

کود اوره:

(معادله ۱۲ و ۱۳)

$$46\% \times \text{مقدار کود مصرفى} = \text{مقدار نيتروژن خالص مصرفى (kcal/ha)}$$

انرژى ساخت هر كيلوگرم نيتروژن خالص برابر ۱۷۶۰۰ كيلوكالرى:

$$17600 (\text{kcal}) \times \text{مقدار نيتروژن مصرفى} = \text{انرژى نيتروژن مصرفى}$$

د) انرژى علف‌كش‌ها و سموم مصرف‌شده

براى ساخت هر كيلوگرم ماده مؤثره و غيرمؤثر علف‌كش به‌ترتيب ۲۷۱۷۰ و ۱۰۰۰۰ كيلوكالرى انرژى در نظر گرفته كه

معادله (۱۵)	$3600 \frac{m^3}{hr} \times \text{دبى پمپ} = \text{آبدهى پمپ در يك ساعت}$
معادله (۱۶)	$(\text{آبدهى پمپ در يك ساعت} / \text{نياز آبى لوبيا}) = \text{تعداد ساعات آبيارى پمپ}$
معادله (۱۷)	$E = \text{تعداد ساعات آبيارى پمپ} \times \text{كيلووات ساعت لازم براى تأمين آبيارى يك هكتار لوبيا}$
در اين معادله E:	قدرت مصرف‌شده در يك ساعت (KWh-1) و يك كيلووات ساعت برابر ۵/۸۶۰ (كيلوكالرى)
معادله (۱۸)	$5.860 \times \text{كيلووات ساعت لازم براى آبيارى يك هكتار لوبيا} = \text{انرژى لازم براى آبيارى يك هكتار لوبيا} (\text{kcal/ha})$

جدول ۳- انواع انرژى ورودى از كل نرژى ورودى در شدت‌هاى مختلف نهاده در ارقام مختلف لوبيا

Table 3. Energy input types from total energy inputs in different intensity of energy consumption in different bean varieties

نوع انرژى Type of energy	رقم Varieties	درصد از كل % of total	پُر نهاده High input	درصد از كل % of total	متوسط Medium-input	درصد از كل % of total	كم نهاده Low input	درصد از كل % of total	تلفيقى Integrated	درصد از كل % of total	اكولوژىك Ecological
انرژى مستقيم Direct energy	Sadri صدرى	41	20527	42	15428	45	10617	39	12483	58	7754
	Dorsa درسا	40	20116	41	15099	43	10382	38	12154	53	7520
	Ks-31169	39	19887	40	14917	41	10252	36	11972	50	7389
انرژى غيرمستقيم Indirect energy	Sadri صدرى	59	29611	58	21344	55	13138	61	19602	42	5717
	Dorsa درسا	60	30159	59	21972	57	13846	62	20230	47	6571
	Ks-31169	61	30707	60	22595	59	14545	64	20853	50	7411
انرژى تجديد پذير Renewable energy	Sadri صدرى	6	2820	8	3000	13	3159	9	3026	28	3818
	Dorsa درسا	7	3368	10	3627	16	3867	11	3654	33	4671
	Ks-31169	8	3916	11	4250	18	4565	13	4277	37	5512
انرژى تجديد ناپذير Non-renewable energy	Sadri صدرى	94	47317	92	33772	87	20596	91	29058	72	9653
	Dorsa درسا	93	46905	90	33443	84	20361	89	28729	67	9418
	Ks-31169	92	46677	89	33260	82	20230	87	28547	63	9288
كل انرژى ورودى Total energy input	Sadri صدرى	100	50138	100	36772	100	23755	100	32086	100	13472
	Dorsa درسا		50274		37071		24228		32384		14091
	Ks-31169		50594		37511		24796		32825		14800
كل انرژى خروجى Total energy output	Sadri صدرى		64884		40198		38500		52515		44413
	Dorsa درسا		56692		46520		30785		48425		37613
	Ks-31169		60851		52534		32186		53206		38380

۱- انرژى مستقيم شامل: نيروى انسانى، سوخت موتور پمپ، سوخت ماشين آلات و آب آبيارى، ۲- انرژى غيرمستقيم شامل: بذر، كودها و مواد شيميايى، ۳- انرژى تجديدپذير شامل: نيروى انسانى و آب آبيارى، ۴- انرژى غيرقابل تجديد شامل: سوخت موتور پمپ، سوخت ماشين آلات، كودها و مواد شيميايى

1- Direct energy: Includes human labor, diesel, and electricity; 2- Indirect energy: Includes seeds, fertilizers, manure, chemicals, machinery and irrigation; 3- Renewable energy: Includes human labor, seeds, manure and irrigation; 4- Non-renewable energy: Includes diesel, chemical, fertilizers, machinery.

انرژى^۴ (كيلوگرم محصول زراعى توليدشده به مگاژول انرژى ورودى)؛ CV ، عملکرد محصول^۵ (كيلوگرم در هكتار)؛ SE ، انرژى مخصوص^۶ (مگاژول بر كيلوگرم)؛ NE ، انرژى خالص^۷ (مگاژول در هكتار)؛ EI ، فشردگى انرژى^۸؛ TCP ، كل هزينه توليد^۹ (ريال در هكتار)؛ PEI ، شدت انرژى توليدى^{۱۰}؛ PE ، انرژى توليدشده (مگاژول در هكتار)؛ CEI ، شدت انرژى مصرفى^{۱۱}؛ CE ، انرژى مصرفشده (مگاژول در هكتار)؛ FEI ، شدت انرژى جارى^{۱۲}؛ $EESE$ ، كارآيى زيست‌محيطى انرژى كمكى^{۱۳} $SOM\ cha$ ، تغيير مواد آلى^{۱۴}؛ NEE ، انرژى زيست‌محيطى خالص^{۱۵}.

براى محاسبه شاخص‌هاى انرژى از معادله‌هاى زير استفاده شد (Moerschner & Gerowitt, 2000, Asgharipour, et al., 2012).

معادله (۱۹)	$EUE = \frac{E_{out}}{E_{in}}$
معادله (۲۰)	$EP = \frac{CY}{E_{in}}$
معادله (۲۱)	$SE = \frac{E_{in}}{CY}$
معادله (۲۲)	$NE = E_{out} - E_{in}$
معادله (۲۳)	$EI = \frac{E_{in}}{TCP}$
معادله (۲۴)	$PEI = \frac{PE}{10000}$
معادله (۲۵)	$CEI = \frac{CE}{10000}$
معادله (۲۶)	$FEI = \frac{PEI}{CEI}$
معادله (۲۷)	$EESE = \frac{E_{out} + SOM\ cha}{E_{in}}$
معادله (۲۸)	$NEE = (E_{out} + SOM\ cha) - E_{in}$

EUE ، كارآيى کاربرد انرژى^۱؛ E_{out} ، انرژى خروجى^۲ (مگاژول در هكتار)؛ E_{in} ، انرژى ورودى^۳ (مگاژول در هكتار)؛ EP ، بهره‌ورى

¹ Energy Use Efficiency

² Energy output

³ Energy input

⁴ Energy Productivity

⁵ Crop Yield

⁶ Specific Energy

⁷ Net Energy

⁸ Energy Intensity

⁹ Total Cost of Production

¹⁰ Energy Intensity of Production

¹¹ Consumed Energy Intensity

¹² Current Energy Intensity

¹³ Environmental Efficiency of Support Energy

¹⁴ SOM change

¹⁵ Net Environmental Energy

نتايج و بحث

تجزيه و تحليل انرژى‌هاى ورودى و خروجى در نظام زراعى اكلوژيك ارقام مختلف لوبيا

داده‌هاى مربوط به مقدار انرژى‌هاى ورودى در نظام‌هاى توليدى ارقام مختلف لوبيا در جدول ۳ ارائه شده است. به ترتيب بيشترين مقدار انرژى ورودى مربوط به نهاده بذر لاین اميدبخش Ks-31169 (۳۳ درصد)، الكترىسته در رقم صدرى (۲۰ درصد)، ماشين آلات، سوخت و ساخت و استهلاك ماشين آلات در رقم صدرى (به ترتيب ۱۷، ۱۷ و ۱۷ درصد) و نيروى كارگرى در رقم صدرى و درسا (۳ درصد) مشاهده گرديد؛ درحالى كه كمترين مقدار انرژى ورودى مربوط به نهاده آبيارى و كود دامى (۱ و صفر درصد) در لاین اميدبخش Ks-31169 محاسبه شد (شكل ۱). لازم بذکر است در اين نظام نهاده‌هاى كود و سموم شيميايى استفاده نشده است.

در مجموع ۱۳۴۷۲، ۱۴۰۹۱ و ۱۴۸۰۰ مگاژول انرژى ورودى در هكتار و ۳۷۶۱۳، ۴۴۴۱۳ و ۳۸۳۸۰ مگاژول انرژى خروجى در هكتار به ترتيب در ارقام مختلف صدرى، درسا و لاین اميدبخش Ks-31169 در نظام توليد اكلوژيك محاسبه شد. بيشترين مقدار انرژى مستقيم و تجديدناپذير مربوط به رقم صدرى (به ترتيب ۵۸ و ۷۲ درصد) و انرژى غيرمستقيم و تجديدپذير مربوط به لاین اميدبخش Ks-31169 (به ترتيب ۵۰ و ۳۷ درصد) بود (جدول ۳). در بين شاخص‌هاى اندازه گيرى شده بيشترين كارآيى انرژى (۳/۳۰)، انرژى خالص (۳۰۹۴۱ مگاژول در هكتار)، بهره‌ورى انرژى (۲۰۱/ كيلوگرم در مگاژول)، شدت انرژى جارى (۳/۲۹ مگاژول در متر مربع)، شدت انرژى توليدى (۴/۴۴ مگاژول در مترمربع)، كارآيى زيست‌محيطى انرژى كمكى (۳/۵)، انرژى زيست‌محيطى خالص (۳۳۲۰۲ مگاژول در هكتار) مربوط به رقم صدرى بود؛ اين در حالى است كه بيشترين شاخص انرژى مخصوص (۶/۳۸ مگاژول در كيلوگرم)، فشردگى انرژى (۰/۰۰۲۴ مگاژول بر ريال) و شدت انرژى مصرفى (۱/۴۸ مگاژول بر مترمربع) مربوط به لاین اميدبخش Ks-31169 بود (جدول ۴). نظام توليدى اكلوژيك با تكيه بر نهاده‌هاى طبيعى و استفاده از نيروى انسانى كاهش ورودى هاى شيميايى و ماشين آلات را به همراه داشته است، هرچند كه در اين نظام، عملکرد نسبت به نظام پُر نهاده كمتر بود، اما افزايش ۲۷ درصدى كارآيى انرژى و كاهش آلودگى‌هاى زيست‌محيطى را به همراه داشت. در همين راستا Stolze et al. (2000) بيان نمودند سيستم ارگانيك كاهش ۲۱ تا ۴۳ درصدى انرژى ورودى را نسبت به سيستم پُر نهاده گندم را به همراه داشت. Halberg et al. (2000) اظهار داشتند

كه در روش‌هاى ارگانيك معمولاً از انرژى كمترى به ازاي هر واحد توليد در واحد سطح استفاده مى‌شود. بر اساس نتايج به دست آمده چنين مى‌توان بيان نمود كه كاهش توليد به افت غيرمعنى‌دار عملکرد و افزايش كارآيى انرژى سيستم زراعت مى‌انجامد و در نتيجه بيشترين كارآيى انرژى با كاهش توليد حاصل شد.

تجزيه و تحليل انرژى‌هاى ورودى و خروجى در نظام زراعى تلفيقى ارقام مختلف لوبيا

براساس نتايج به دست آمده در نظام زراعى تلفيقى مى‌توان چنين بيان نمود كه بين نهاده‌هاى ورودى در نظام تلفيقى به ترتيب بيشترين ميزان مربوط به نهاده‌هاى كود اوره ۳۵ درصد در رقم صدرى، ماشين آلات، ساخت و استهلاك ماشين آلات و سوخت در همه ارقام يكسان (۱۳ درصد) و الكترىسته و بذر به ترتيب ۱۰ و ۱۱ درصد در لاین اميدبخش Ks-31169 مشاهده شد. اين در حالى است كه اين نظام نسبت به نظام اكلوژيك از نظر نيروى كارگرى و كود حيوانى كاهش چشمگيرى داشته است (شكل ۲).

همان گونه كه در جدول ۳ مشاهده مى‌شود، در مجموع ۳۲۰۸۶، ۳۲۳۸۴ و ۳۲۸۲۵ مگاژول انرژى ورودى و ۵۲۵۱۵، ۴۸۴۲۵ و ۵۳۲۰۶ مگاژول انرژى خروجى به ترتيب در ارقام مختلف (صدرى، درسا و لاین اميدبخش Ks-31169) در نظام توليد تلفيقى محاسبه شد. بيشترين مقدار انرژى ورودى مربوط به انرژى‌هاى مستقيم (۵۸ درصد) و تجديدناپذير (۹۱ درصد) در رقم صدرى مشاهده شد. قابل ذکر است كه انرژى‌هاى غيرمستقيم و تجديدپذير كمترين مقدار از انرژى ورودى را به خود اختصاص داد، به طورى كه به ترتيب بيشترين مقدار (۲۰۸۵۳ و ۴۲۷۷ مگاژول در هكتار) در لاین اميدبخش Ks-31169 مشاهده شد كه هر کدام ۶۴ و ۱۳ درصد از انرژى ورودى به اين نظام را تشكيل مى‌دهند (جدول ۳). بيشترين مقدار شاخص‌هاى كارآيى (۱/۶۴)، انرژى خالص (۲۰۴۲۹ مگاژول در هكتار)، بهره‌ورى (۱۰۱/ كيلوگرم در مگاژول)، شدت انرژى جارى (۱/۶۳۷ مگاژول در مترمربع)، كارآيى زيست‌محيطى انرژى كمكى (۱/۶۹) و انرژى زيست‌محيطى خالص (۲۲۲۶۴ مگاژول در هكتار) در رقم صدرى مشاهده شد (جدول ۵). همچنين بيشترين شدت انرژى توليدى (خروجى) و شدت انرژى مصرفى (ورودى) در رقم درسا به ترتيب ۵/۳۲ و ۳/۲۸ مگاژول در مترمربع و بيشترين انرژى مخصوص و فشردگى انرژى در لاین اميدبخش Ks-31169 به ترتيب ۱۰/۹۶ مگاژول در كيلوگرم و ۰/۰۰۴۸ مگاژول در ريال به دست آمد (جدول ۴).

انرژى در بين ساير نظام ها رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است. هر چند كه نظام زراعى كم‌نهاده از نظر عملکرد راندمان كمترى داشت، اما با كاهش نهاده‌هاى انرژى و افزايش دور آبيارى (۷ روز) از نظر كارآيى مصرف انرژى در رتبه سوم بين پنج سيستم قرار گرفت. *Nassi et al*, (2011) در تحقيقى تحت عنوان مطالعه كارآيى انرژى در سيستم‌هاى زراعى مديترانه‌اى تحت مديريت‌هاى مختلف بيان نمودند كه سيستم كم‌نهاده نسبت به سيستم مرسوم عملکرد و انرژى‌هاى ورودى كمترى داشتند. اين كاهش انرژى‌هاى ورودى، افزايش كارآيى را براى اين نظام‌هاى توليدى دربرداشت. در همين راستا *Erda et al*, (2007) گزارش نمودند كه كارآيى انرژى چغندرقد (*Beta vulgaris* L.) در تركيه ۲۵/۷۵ بود. آنها علت بالا بودن كارآيى مصرف انرژى در چغندرقد را در مصرف پايين انرژى و همچنين بالا بودن معادل انرژى هر واحد محصول توليدى بيان كردند.

تجزيه و تحليل انرژى‌هاى ورودى و خروجى در نظام زراعى متوسط نهاده ارقام مختلف لوبيا

براساس نتايج به‌دست‌آمده در نظام زراعى متوسط نهاده مى‌توان بيان نمود كه از بين نهاده‌هاى ورودى در بين ارقام مختلف بيشترين ميزان انرژى ورودى مربوط به كود اوره (۳۰ درصد)، ساخت و استهلاك ماشين‌آلات (۱۵ درصد) و سوخت (۱۵ درصد) در رقم صدرى و لاين اميدبخش Ks-31169 بود (شكل ۴). بيشترين ميزان انرژى ورودى بذر و الكتريسته در بين ارقام مختلف نظام توليدى با نهاده متوسط مربوط به رقم صدرى (۱۰ درصد) بود.

در مجموع ۳۶۷۷۲، ۳۷۰۷۱ و ۳۷۵۱۱ مگاژول انرژى ورودى در هكتار و ۴۰۱۹۸، ۴۶۵۲۰ و ۵۲۵۳۴ مگاژول انرژى خروجى در هكتار به ترتيب در ارقام صدرى، درسا و لاين اميدبخش Ks-31169 در نظام توليد متوسط نهاده محاسبه شد. سهم هريك از ارقام لوبيا لاين اميدبخش Ks-31169، درسا و صدرى از انرژى مستقيم (۴۰، ۴۱ و ۴۲ درصد)، غيرمستقيم (۶۰، ۵۹ و ۵۸ درصد)، تجديديپذير (۱۱، ۱۰ و ۸ درصد) و تجديديناپذير (۸۹، ۹۰ و ۹۲ درصد) از كل انرژى‌هاى ورودى مى‌باشد (جدول ۳). رقم صدرى بيشترين ميزان از انرژى مستقيم و تجديديناپذير و لاين اميدبخش Ks-31169 بيشترين ميزان انرژى غيرمستقيم و تجديديپذير را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتايج جدول ۴ بيشترين ميزان شاخص كارآيى انرژى (۱/۴)، انرژى خالص (۱۵۰۲۳ مگاژول در هكتار)، بهره‌ورى (۰/۰۸۴ كيلوگرم درمگاژول)، شدت انرژى جارى (۱/۴ مگاژول در مترمربع)، شدت انرژى مصرفى

رقم صدرى با دارا بودن طول دوره رشدى بيشتر، از انرژى‌هاى آب، نيروى انساني و الكتريسته بيشترى نسبت به ساير ارقام برخوردار بوده است و احتمالاً به همين دليل ميزان انرژى ورودى و تجديديناپذير محاسبه شده در اين رقم نسبت به ساير ارقام كمتر بوده است. (*Ozkan et al*, 2004) پژوهشى بر روى سيستم‌هاى مختلف زراعى بيان نمودند كه در سيستم تلفيقى مصرف كود اوره و ماشين‌آلات به عنوان پراانرژى ترين نهاده‌ها لحاظ شده و استفاده كارآمد از آن‌ها از جمله مطلوب ترين روش‌ها در بهبود عملکرد انرژى سيستم هاى زراعى به شمار مى‌آيد.

تجزيه و تحليل انرژى‌هاى ورودى و خروجى در نظام زراعى كم نهاده ارقام مختلف لوبيا

بيشترين ميزان از نهاده‌هاى ورودى مربوط به نهاده‌هاى كود اوره (۲۳ درصد)، ماشين‌آلات، ساخت و استهلاك ماشين آلات، سوخت (۱۶ درصد) و الكتريسته (۱۱ درصد) در رقم صدرى بود (شكل ۳). همچنين بيشترين ميزان انرژى نهاده بذر نيز در لاين اميدبخش Ks-31169 (۱۶ درصد) مشاهده شد. از بين ساير نهاده‌ها سوپرفسفات، نيروى كارگرى، علف-كش، آفت كش، و آبيارى كمترين سهم از انرژى‌هاى ورودى در هر سه رقم را به خود اختصاص دادند (شكل ۳).

در مجموع ۲۳۷۵۵، ۲۴۲۲۸ و ۲۴۷۹۶ مگاژول انرژى ورودى در هكتار و ۳۰۷۸۵، ۳۸۵۰۰ و ۳۲۱۸۶ مگاژول انرژى خروجى در هكتار به ترتيب در ارقام مختلف صدرى، درسا و لاين اميدبخش Ks-31169 در نظام توليد كم نهاده محاسبه شد. بيشترين مقدار انرژى مستقيم و تجديديناپذير در رقم صدرى (به ترتيب ۴۵ و ۸۷ درصد) و انرژى غيرمستقيم و تجديديپذير در لاين اميدبخش Ks-31169 (به ترتيب ۵۹ و ۱۸ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). بر اساس نتايج شاخص هاى اندازه‌گيرى شده بيشترين مقدار كارآيى (۱/۶۷)، انرژى خالص (۱۴۷۴۵ مگاژول در هكتار)، بهره‌ورى (۰/۰۹۹ كيلوگرم درمگاژول)، شدت انرژى جارى (۱/۶۲۱ مگاژول در مترمربع)، شدت انرژى توليدى (۳/۸۵ مگاژول در هكتار)، كارآيى زيست محيطى انرژى كمكى (۱/۷۱) و انرژى زيست محيطى خالص (۱۶۷۷۵ مگاژول در هكتار) در رقم صدرى مشاهده شد. از طرفى لاين اميدبخش Ks-31169 در شاخص شدت انرژى مصرفى (۲/۴۸ مگاژول در متر مربع) و رقم درسا نيز در شاخص انرژى مخصوص (۱۲/۸۸ مگاژول در كيلوگرم) و فشرده گى انرژى (۰/۰۰۴۵ مگاژول در ريال)، بيشترين ميزان انرژى را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). همان گونه كه در جدول ۲ مشاهده مى شود، نظام زراعى كم نهاده از نظر مصرف

اختصاص دادند (جدول ۳). در بين ارقام مختلف، بيشترين كارآيى انرژى (۱/۲۹)، انرژى خالص (۱۴۷۴۶ مگاژول در هكتار)، بهره‌ورى (۰/۰۸ كيلوگرم در مگاژول)، شدت انرژى جارى (۱/۲۹۴ مگاژول در مترمربع)، شدت انرژى توليدى (۶/۴۹ مگاژول در مترمربع)، كارآيى زيست‌محيطى انرژى كمكى (۱/۳) و انرژى زيست‌محيطى خالص (۱۶۴۸۹ مگاژول در هكتار) در رقم صدرى مشاهده گرديد. همان‌گونه كه در جدول ۸ مشاهده مى‌شود، لاين اميدبخش Ks-31169 بيشترين ميزان فشرده‌گى انرژى (۰/۰۰۶۱ مگاژول در ريال) و شدت انرژى مصرفى (۵/۰۶ مگاژول در مترمربع) و رقم درسا بيشترين ميزان انرژى مخصوص (۱۴/۷۶ مگاژول در كيلوگرم) را به خود اختصاص دادند (جدول ۸).

در همين رابطه نيز Rathke et al, (2002) گزارش كردند كه كودهاى شيميايى ۴۰ تا ۵۰ درصد انرژى ورودى به سيستم‌هاى زراعى را شامل مى‌شوند. (Rajabi 2010) در تحقيقى بيان نمود كه عمليات تهيه زمين با ۵۴/۸ و آبيارى ۱۶/۷ درصد بالاترين سهم را در بين نهاده‌ها به خود اختصاص دادند.

نتيجه‌گيرى

در ميان نظام‌هاى مورد مطالعه، نظام اكلوژيك از نظر كارآيى انرژى، بهره‌ورى انرژى، شدت انرژى جارى، كارآيى زيست‌محيطى انرژى كمكى و انرژى زيست‌محيطى خالص نسبت به ساير نظام‌ها در سطح بالاترى قرار داشت. اين نتايج نشان‌دهنده سازگارى اين نظام با طبيعت است. اين در حالى است كه نظام پُر نهاده از نظر شدت انرژى توليدى (خروجى) و شدت انرژى مصرفى (ورودى) نسبت به ساير نظام‌ها در سطح بالاترى قرار گرفت. مقايسه انرژى‌هاى ورودى دو نظام اكلوژيك و پُر نهاده نشان مى‌دهد كه سيستم پُر نهاده ۲۷۲ درصد انرژى ورودى بيشترى نسبت به اكلوژيك داشته كه همين امر تاثير چشمگيرى بر ميزان كارآيى هردو نظام داشته است. از راهكارهاى پيشنهادهى براى كاهش مصرف انرژى مى‌توان به استفاده از سيستم‌هاى شخم حداقل يا كاهشى، استفاده از انرژى‌هاى جاگزين سوخت‌هاى فسيلي، بهينه‌سازى مصرف انواع نهاده‌ها، لحاظ نمودن انرژى انساني و استفاده از سيستم آبيارى قطره‌اى (تپ) اشاره نمود.

(۳/۷۵ مگاژول در مترمربع)، كارآيى زيست‌محيطى انرژى كمكى (۱/۴) و انرژى زيست‌محيطى خالص (۱۵۰۲۳ مگاژول در هكتار) در لاين اميدبخش Ks-31169 و بيشترين ميزان شاخص‌هاى انرژى مخصوص (۱۴/۹۹ مگاژول در كيلوگرم)، فشرده‌گى انرژى (۰/۰۰۵۳ مگاژول در ريال) و شدت انرژى توليدى (۳/۷۵ مگاژول در مترمربع) در رقم صدرى مشاهده شد. (Hatirli et al, 2006) در پژوهشى تحت عنوان بررسى الگوى مصرف انرژى و ارتباط بين انرژى ورودى و عملکرد گل رز (*Rosa hybrid L.*) گزارش نمودند كه انرژى شيميايى در بين ساير نهاده‌ها بيشترين مقدار انرژى مصرف‌شده را به خود اختصاص داد. در اين نظام به‌جز كود حيوانى تقريباً از تمامى نهاده‌هاى انرژى استفاده شد. اين نظام از لحاظ انرژى ورودى جاگاه دوم را در بين پنج نظام توليدى لوبيا به خود اختصاص داد و همين امر كاهش كارآيى انرژى را در بر داشت.

تجزيه و تحليل انرژى‌هاى ورودى و خروجى در نظام زراعى پُر نهاده ارقام مختلف لوبيا

در اين نظام در بين انرژى‌هاى ورودى بيشترين ميزان مربوط به نهاده كود اوره (۳۳ درصد)، ساخت و استهلاك ماشين‌آلات (۱۵ درصد)، سوخت (۱۵ درصد) و الكتريسيته (۹ درصد در صدرى و درسا و ۸ درصد در لاين اميدبخش Ks-31169) بود كه در هر سه رقم به‌طور يكسان مشاهده شد. بيشترين ميزان انرژى ورودى بذر مربوط به لاين اميدبخش Ks-31169 (۶ درصد) و بيشترين ميزان انرژى ورودى الكتريسيته (۹ درصد) و ماشين‌آلات (۱۶ درصد) مربوط به رقم صدرى بود (شكل ۵).

در مجموع به ترتيب ۵۰۱۳۸، ۵۰۲۷۴ و ۵۰۵۹۴ مگاژول انرژى ورودى در هكتار و ۶۴۸۸۴، ۵۶۶۹۲ و ۶۰۸۵۱ مگاژول انرژى خروجى در هكتار به ترتيب در ارقام صدرى، درسا و لاين اميدبخش Ks-31169 محاسبه شد. براساس نتايج جدول ۳، سهم هريك از ارقام، لاين اميدبخش Ks-31169، درسا و صدرى از انرژى مستقيم ۳۹، ۴۰ و ۴۱، از انرژى غير-مستقيم ۶۱، ۶۰ و ۵۹، از انرژى تجديدپذير ۸، ۷ و ۶ و از انرژى تجديدناپذير ۹۲، ۹۳ و ۹۴ درصد از كل انرژى‌هاى ورودى بود. قابل ذكر است كه رقم صدرى بيشترين ميزان از انرژى مستقيم و تجديدناپذير و لاين اميدبخش Ks-31169 بيشترين ميزان انرژى غيرمستقيم و تجديدپذير را به خود

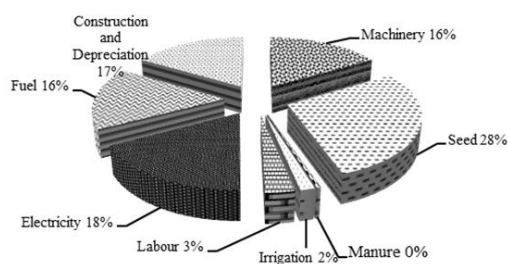


Fig. b - Cultivar Dorsa ب- رقم درسا

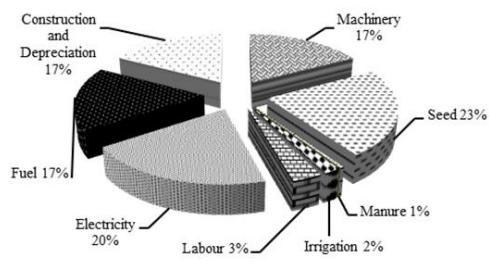


Fig. a - Cultivar Sadri الف- رقم صدرى

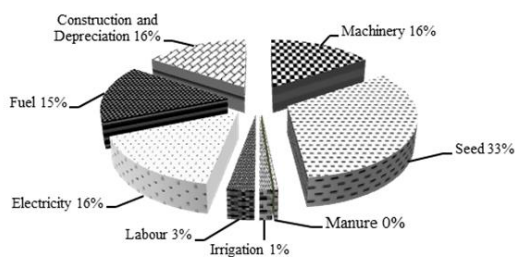


Fig c - Cultivar Ks-31169 ج- لاین Ks-31169

شكل ۱- سهم هر يك از انرژى هاى ورودى از كل انرژى ورودى به نظام زراعى اكولوژيك در ارقام مختلف لوبيا
Fig. 1. Share of each input energy from total energy of ecological farming systems in different been varieties

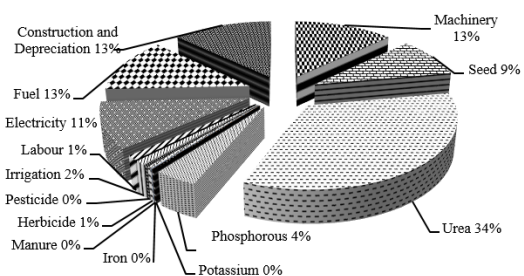


Fig. b - Cultivar Dorsa شكل ب- رقم درسا

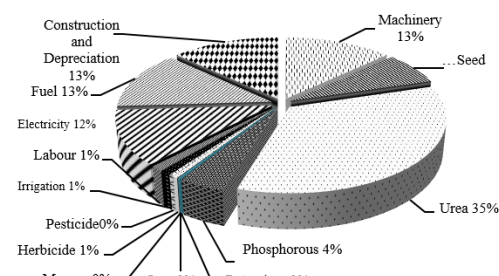


Fig. a - Cultivar Sadri شكل الف- رقم صدرى

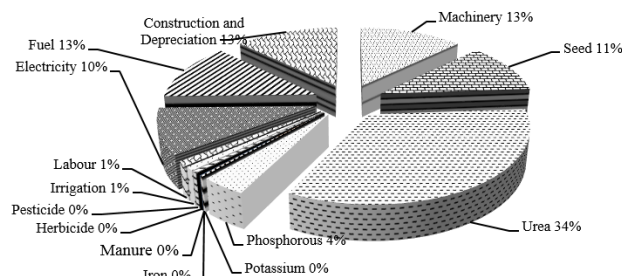
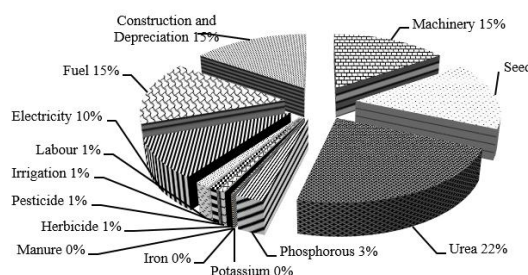
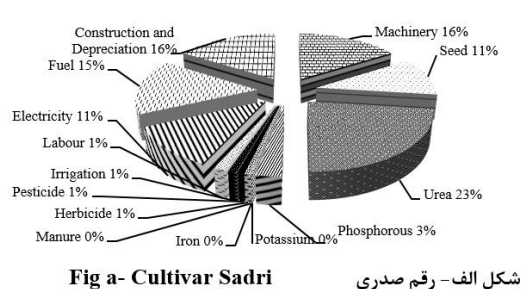
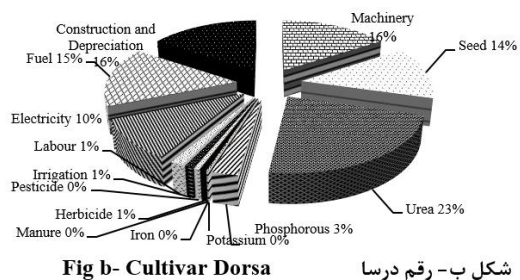
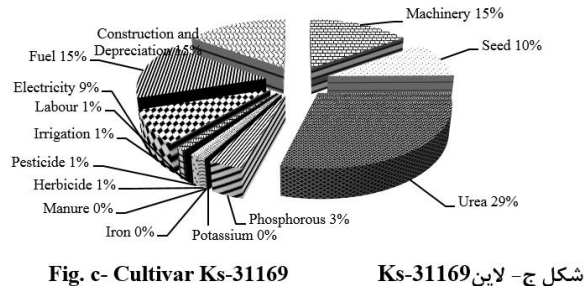
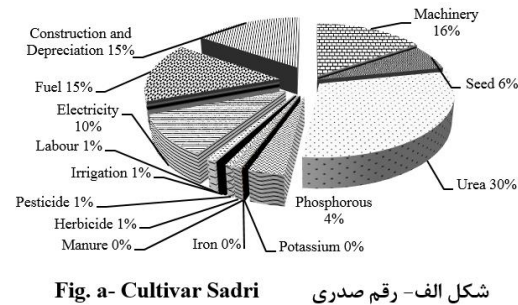
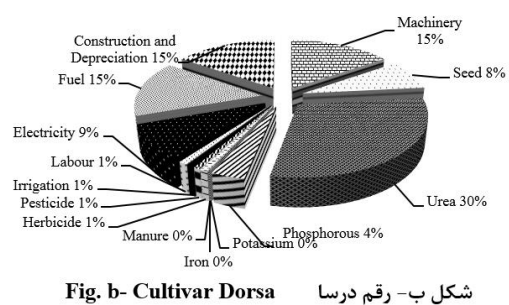


Fig. c - Cultivar Ks-31169 شكل ج- لاین Ks-31169

شكل ۲- سهم هر يك از انرژى هاى ورودى از كل انرژى ورودى به نظام زراعى تلفيقى در ارقام مختلف لوبيا
Fig. 2. Share of each energy input from total energy of integrated farming systems in different been varieties



شكل ۳- سهم هر يك از انرژى‌هاى ورودى از كل انرژى ورودى به نظام زراعى كم‌نهاد در ارقام مختلف لوبيا
Fig. 3. Share of each energy input from total energy of low input farming systems in different beean varieties



شكل ۴- سهم هر يك از انرژى‌هاى ورودى از كل انرژى ورودى به نظام زراعى متوسط‌نهاد در ارقام مختلف لوبيا
Fig. 4. Share of each energy input of the total energy of medium-input farming systems in different beean varieties

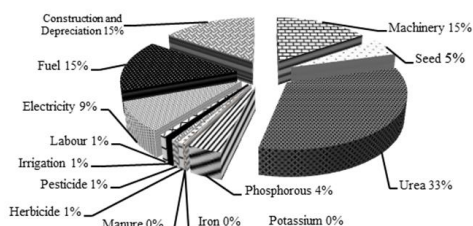


Fig 14 - Cultivar Dorsa شکل ب - رقم درسا

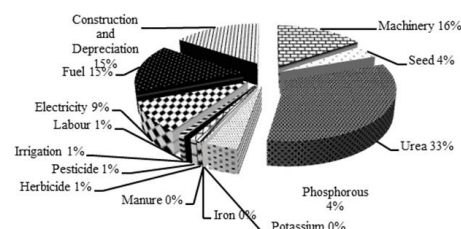


Fig13- Cultivar Sadri شکل الف - رقم صدري

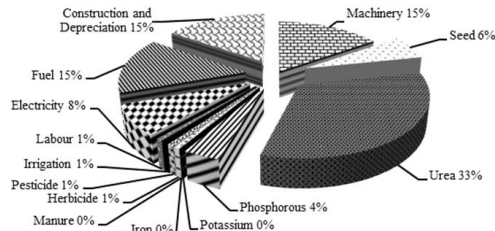


Fig 15 - Cultivar Ks-31169 شکل ج - رقم Ks-31169

شکل ۵- سهم هر یک از انرژی‌های ورودی از کل انرژی ورودی به نظام زراعی پُر نهاده در ارقام مختلف لوبیا
Fig. 5. Share of each energy input of the total energy of high-input farming systems in different bean varieties

جدول ۴- شاخص‌های اندازه‌گیری شده شدت‌های مختلف نهاده در ارقام مختلف لوبیا

Table 4. The indices measure different intensities inputs on different bean varieties

شدت‌های مختلف نهاده	پُر نهاده	متوسط	کم نهاده	تلفیقی	اکولوژیک
Different intensities inputs	High-input	Medium-input	Low-input	Integrated	Ecological
کارایی انرژی	صدري Sadri	1.29	1.09	1.62	3.30
Energy use efficiency	درسا Dorsa	1.13	1.25	1.27	2.67
	Ks-31169	1.20	1.40	1.30	2.59
انرژی خالص	صدري Sadri	14746	3426	14745	20429
Net energy (MJ ha ⁻¹)	درسا Dorsa	6418	9449	6557	16041
	Ks-31169	10257	15023	7389	20382
بهره‌وری انرژی	صدري Sadri	0.080	0.067	0.099	0.101
Energy productivity (kg MJ)	درسا Dorsa	0.068	0.076	0.078	0.091
	Ks-31169	0.074	0.084	0.080	0.100
شدت انرژی جاری	صدري Sadri	1.294	1.093	1.621	1.637
Current energy intensity (MJ m ²)	درسا Dorsa	1.128	1.255	1.271	1.495
	Ks-31169	1.203	1.400	1.298	1.621
انرژی مخصوص	صدري Sadri	12.56	14.99	10.12	9.95
Specific energy (MJ kg ⁻¹)	درسا Dorsa	14.76	13.10	12.88	10.96
	Ks-31169	13.55	11.84	12.58	9.98
فشرده‌گی انرژی	صدري Sadri	0.00058	0.00050	0.00043	0.00046
Energy intensiveness (MJ R)	درسا Dorsa	0.00060	0.00053	0.00045	0.0004780
	Ks-31169	0.00061	0.00052	0.00044	0.0004775
شدت انرژی تولیدی	صدري Sadri	6.49	4.02	3.85	5.25
Energy intensity of production (MJ m ²)	درسا Dorsa	5.67	4.65	3.08	4.84
	Ks-31169	6.09	5.25	3.22	5.32
شدت انرژی مصرفی	صدري Sadri	5.01	3.68	2.38	3.21
Intensity of energy use (MJ m ²)	درسا Dorsa	5.03	3.71	2.42	3.24
	Ks-31169	5.06	3.75	2.48	3.28
کارایی زیست‌محیطی انرژی کمکی	صدري Sadri	1.3	1.14	1.71	1.69
Environmental performance of energy subsidies	درسا Dorsa	1.16	1.25	1.35	1.6
	Ks-31169	1.24	1.40	1.38	1.68
انرژی زیست‌محیطی خالص	صدري Sadri	16489	5229	16775	22264
Environmental net Energy (MJ ha)	درسا Dorsa	8161	9449	8587	17876
	Ks-31169	12000	15023	9419	22217

سياسگزارى

اين مطالعه در قالب پايان نامه كارشناسى ارشد و با حمايت

مالى معاونت پژوهشى دانشگاه زابل با پژوهانه شماره ۹۵۱۷-۸

انجام گرديد.

منابع

1. Alfoldi, T., Spiess, E., Niggli, U., and Besson, J.M. 1995. Energy input and output for winter wheat in biodynamic, bio-organic and conventional production systems. In: Soil Management in Sustainable Agriculture. Proceedings of the 3rd International Conference on Sustainable Agriculture. Wye College, University of London, UK, 31 August to 4 September 1993, 574-578.
2. Asgharipour, M.R., Mondani, F., and Riahinia, S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy* 44: 1078-1084.
3. Behbahani, N. 2012. The role and importance of sustainable agriculture. *News, Analysis, Research* 55: 1- 5. (In Persian with English Summary).
4. Berardi, G.M. 1977. An energy and economic analysis of conventional and organic wheat farming. In: Food Fertiliser and Agricultural Residues. Proceedings of the 1977 Cornell Agricultural Waste Management Conference, Ann Arbor Science Publishers Inc. Ann Arbor, Michigan; USA. 439-447.
5. Clements, D.R., Weise, S.F., Brown, R., Stonehouse, D.P., Hume, D.J., and Swanton, C.J. 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 52: 119-128.
6. Cormack, W.F. 2000. Energy Use in Organic Farming Systems (OF0182). ADAS Consulting Ltd, Terrington.
7. Erda, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economic analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32:35-41.
8. Ghadiri, A. 2010. Evaluation of Conventional and Ecological Crop Management and Energy Efficiency in Bean in Khomein. Final Report of Research Project. Publications of Research, Education and Extension. Registration number: 44/355. (In Persian with English Summary).
9. Halberg, N., Kristensen, E.S., and Refsgaard, K. 1994. Energy use in crop production on Danish mixed farms: systemic modelling of data from farm studies. In: Researches System Agriculture Development Rural. International Symposium, Montpellier, France, 21-25 November 1994, 360-365.
10. Hatirli, S., Ozkan, B., and Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy* 31: 427-438.
11. Koocheki, A., and Hosseini, M. 1994. Energy Efficiency in Agricultural Ecosystems. Publication of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
12. Koocheki, A., and Hosseini, M. 1995. Agroecology. Publication of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
13. Koocheki, A., Hosseini, M., and Khazaei, A. 1996. Sustainable Agroecosystems. Publication of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
14. Kouhnavard, P., Jalilian, J., and Pirzad, A. 2011. The effect of foliar application of micronutrients on some agronomic characteristics of safflower in the conventional and ecological systems. *Journal of Agronomy* 4(6): 25-14. (In Persian with English Summary).
15. Locke, M.A., Reddy, K.N., and Zablotowicz, R.M. 2002. Weed management in conservation crop production systems. *Weed Biology and Management* 2(3): 123-132.
16. Mahdavi-Damghani, A.M., Koocheki, A., Rezvany-Moghadm, P., and Nasiri-Mahalati, M. 2006. The study of ecological sustainability of cotton in Khorasan wheat farming system. *Journal of Agricultural Researches* 3: 129-143. (In Persian with English Summary).
17. Moerschner, J., and Gerowitt, B. 2000. Direct and indirect energy use in arable farming- An example on winter wheat in Northern Germany. In: B.P. Weidema and M.J.G. Meeusen (Eds.). *Agricultural Data for Life Cycle Assessments*. The Hague, Agricultural Economics Research Institute (LEI), 1:195 p.
18. Nassi, N.D.N., Bosco, S., Bene, C.D., Coli, A., Mazzoncini, M., and Bonari, N. 2011. Energy efficiency in long-term Mediterranean cropping systems with different management intensities. *Energy* 36: 1924-1930.
19. Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy* 29: 39-51.

20. Pimental, D., Berardi, G., and Fast, S., 1983. Energy efficiency of farming system: organic and conventional agriculture. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment* 9: 359-372.
21. Qiu, H.J., Zhu, W.B., Wang, H.B., and Cheng, Xu. 2007. Analysis and design of agricultural sustainability indicators system. *Agricultural Sciences in China* 6(4): 475-486.
22. Rajabi, M.H. 2010. Evaluation of Energy Balance and Greenhouse Gases Emission in Wheat Production in Gorgan. Agronomy M.Sc. Thesis, Islamic Azad University of Bojnourd Branch. p 110 (In Persian with English Summary).
23. Rathke, G.W., Korschens, M., and Diepenbrock, W. 2002. Substance and energy balances in the static fertilization experiment bad Lauchstadt. Germany *Journal of Agronomy* 48: 423-433.
24. Sayadi, Z., Siadat, S.A., and Poursiah-Bidi, M.M. 2010. The impact of different food systems (low input, high input and organic) on beans varieties in north of Ilam province. *Journal of Crop Physiology* 7(3): 119: 107. (In Persian with English Summary).
25. Sedighi, H., and Rousta, K. 2003. Study of affecting factors on knowledge of sustainable agriculture in corn farmers of Fars province. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 4: 924-913. (In Persian with English Summary).
26. Stolze, M., Piorr, A., Häring, A., and Dabbert, S. 2000. The environmental impacts of organic farming in Europe. *Organic Farming in Europe: Economics and Policy*, University of Hohenheim 6: 127-132.
27. Zare, Sh., and Shahbazi, H. 2005. Comparison the Economic Viability Between High-input, Low-input and Medium-input of Sugar Beet Systems. The Final Report of the Research Project. Publications Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province. Registration number, 312/84. (In Persian with English Summary).
28. Zare-Faizabad, A.S., and Koocheki, A. 2000. The efficiency of conventional farming and ecological systems at different frequencies wheat. *Iranian Journal of Crop Sciences* 1(4): 1-12. (In Persian with English Summary).

Evaluation of energy budget of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in different cropping systems

Shahgholi¹, H., Asgharipour^{2*}, M.R., Khamari³, I. & Ghadiri⁴, A.

1. PhD. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, h_agroo2000@yahoo.com

2. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol

3., Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, ikhamari@gmail.com

4. National Bean Research Station of Khomeyn, Khomeyn, Iran, adelgh_m@yahoo.com

Received: 18 April 2017

Accepted: 24 August 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63255

Introduction

Reducing dependence on auxiliary energy is the basic objective in all farming systems. Based on scientific research, potential production of different agricultural ecosystems assists to improve the efficiency of production. Since energy consumption is one of the most important necessities in different production systems (ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated), introduction of an efficient system of agriculture will contribute to the economic cycle of agriculture. So far, a few studies have been conducted to evaluate energy consumption of different production systems of beans in Iran, therefore this study examines energy budget of different input intensity for bean varieties. There have been many attempts to define agricultural sustainability in recent decades; In fact, the concepts of sustainable agriculture have been common since the late twentieth century. But in the first decades of this century it was used as synonymous with terms such as organic agriculture, ecological, precision agriculture, biodynamic, organic and low input agriculture. The main objectives of sustainable agriculture are optimal production of food with increased quality and quantity, conserving water and soil conservation and increased economic benefits for farmers, agricultural activity accordance with ecological processes and environmental protection, the use of appropriate technologies, non-deployment of harmful inputs to the environment, as well as human health and animal.

Materials & Methods

The experimental design was a split plot with five intensities of inputs: ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated comprising the main treatments, and different bean varieties (navy bean cv. Dorsa, kidney bean cv. Ks-31169 and pinto bean cv. Sadri) as sub-treatments that were applied with three replications. The experiment was conducted in 2016 in National Bean Research Station at Khomeyn, Iran. Based on the energy equivalents of the inputs and outputs, energy use efficiency, energy productivity, specific energy, energy intensiveness, net energy and energy intensity of production were calculated.

Results & Discussion

The total energy input for ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated system was 14121, 32432, 24260, 37118 and 57390 MJ ha⁻¹, respectively. The total energy output for ecologic, low-input, medium-input, high-input and integrated systems was estimated as 40135, 51382, 33824, 46417 and 60142 MJ ha⁻¹, respectively. Averaged over five evaluated systems and three varieties of bean, the greatest and the least direct energy used in ecologic system of Sadri and integrated system of Ks-31169 (58% vs. 36%), indirect energy used in integrated system of Ks-31169 and ecological system of Sadri (64% vs. 42%), renewable energy used in ecological system of Ks-31169 and high-input system of Sadri (37 vs. 6) and non-renewable energy used in high-input system of Sadri and ecological system of Ks-31169 (94 vs. 63). The greatest energy efficiency and environmental efficiency of support energy was observed in ecologic system of Sadri (3.3 and 3.5, respectively), indicating 155 and 169 percent greater efficiency compared with the high-input system of Sadri. Zare-Faizabad and Koocheki (2000) compared conventional and ecological systems of wheat and concluded that yield of low-input and organic system is lower than other systems, but

*Corresponding Author: m_asgharipour@uoz.ac.ir

efficiency of energy is higher in this system. In a study to evaluate the energy efficiency of organic and conventional systems in corn and wheat reported that energy use efficiency of organic system was 29-70 percent greater than conventional system. Ozkan *et al.* (2004) on their study on different agronomic systems reported that, in integrated management systems urea fertilizer and machinery are the most important inputs and efficient use of them are essential to improve energy use efficiency of these systems. Nassi *et al.* (2011) stated that low-input systems had less energy inputs compared to conventional systems. This decrease in input energy resulted in greater energy use efficiency in these systems.

Conclusion

It could be concluded that ecologic system improved ecosystem service, especially non-market service in comparison with other systems. Although reduction of energy intensity of production (output energy) and energy intensity of consumption (input energy) reduced total value of the services in ecological agriculture, however moving toward sustainable and ecologic agriculture resulted in more non-market services such as health maintenance system of production and the production of healthy food.

Keywords: Environmental efficiency, Integrated systems, Pulse crops, Renewable energy

تأثیر کود کمپوست بر خصوصیات فیزیولوژیکی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه عدس (*Lens culinaris Medik*) تحت تنش آبی

راهله احمدپور^۱، نظام آرمند^{۲*}، سعیدرضا حسین‌زاده^۳ و گرشاسب ریگی^۴

- ۱- عضو هیئت علمی گروه زیست‌شناسی (مربی)، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء، ahmadpour@bkatu.ac.ir
۲- عضو هیئت علمی (استادیار) گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء، armandnezam@yahoo.com
۳- دانش‌آموخته دکتری گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، hossinzadeh_tmu@yahoo.com
۴- عضو هیئت علمی گروه ژنتیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران، garshasbiotech@sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۸

چکیده

کودهای آلی نظیر کمپوست می‌تواند نقش مهمی در رشد و تغذیه گیاهان ایفا کند و به نظر می‌رسد استفاده از این کود می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش‌های محیطی را کاهش دهد. در این راستا، به منظور بررسی اثر کود کمپوست بر خصوصیات فیزیولوژیکی، فتوسنتزی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، محتوای پروتئین و پروتئین محلول برگ گیاه عدس (رقم گجساران) در شرایط تنش کم‌آبی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط محیط گلخانه در سال ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح از کمپوست و خاک (۱۰۰:۰، ۹۵:۵، ۸۵:۱۵، ۷۵:۲۵ و ۶۵:۳۵ درصد وزنی) و سه سطح تنش کمپود آب بدون تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)، تنش ملایم (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) بود. نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش استفاده از کمپوست در سطوح ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی موجب افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی، پایداری غشاء سلول‌های برگ، کارایی فتوسیستم II، فتوسنتز خالص، CO_2 زیر روزنه، کارایی مصرف آب، محتوای پروتئین و پروتئین برگ، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با شاهد شد. در شرایط تنش آبی ملایم و شدید، استفاده از مخلوط کمپوست و خاک با نسبت درصد وزنی (۶۵:۳۵) به ترتیب منجر به افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی (۳/۳ درصد، ۱۱/۶ درصد)، پایداری غشاء سلول (۴/۴ درصد، ۹/۳ درصد)، فتوسنتز خالص (۳/۳ درصد، ۵۸/۷۷ درصد)، کارایی مصرف آب (۱۲/۱۳ درصد، ۲۲/۴۷ درصد)، محتوای پروتئین (۱۸/۸ درصد، ۷/۹ درصد)، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز (۱۸/۹ درصد، ۳/۷ درصد)، کاتالاز (در شرایط تنش ملایم حدود ۳/۷ درصد) و سوپراکسید دیسموتاز (۱۲/۵ درصد، ۱۳/۳ درصد) نسبت به سطوح شاهد شد. بر طبق نتایج این مطالعه، استفاده از کود کمپوست به‌ویژه در سطح ۳۵ درصد وزنی به منظور بهبود شرایط تنش آبی در کشت گلدانی گیاه عدس توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، فتوسنتز خالص، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کودهای آلی

مقدمه

کانادا و ترکیه می‌باشند که در مجموع بیش از ۷۳ درصد عدس دنیا را تولید می‌کنند و بر اساس آمار فائو، ایران با مجموع تولید حدود ۷۹۸۰۰ تن در رده یازدهم تولیدکننده‌های عدس در جهان قرار دارد (FAO, 2014). عدس معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا، جایی که اغلب با کمبود نزولات و آب آبیاری مواجه هستند، کشت می‌شود؛ بنابراین همه ساله بخش قابل‌توجهی از مزارع عدس با تنش خشکی مواجه می‌شوند (Oweis et al., 2005). این مشکل در استان خوزستان جدی‌تر است، به این دلیل که کشت این گیاه، به‌منظور استفاده از رطوبت ذخیره‌شده در خاک در ماه‌های انتهایی سال انجام شده و در بسیاری از مناطق تولید عدس، مقدار و پراکنش

حبوبات بعد از غلات مهم‌ترین نقش را در تغذیه بشر داشته و به‌دلیل کمبود منابع پروتئین حیوانی، عمده نیاز پروتئین از منابع گیاهی خصوصاً حبوبات تأمین می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). عدس (*Lens culinaris Medik*) گیاهی یکساله و از خانواده‌ی حبوبات (Fabaceae) است که با داشتن ۱۸-۳۲ درصد پروتئین، نقش مهمی در تأمین پروتئین مورد نیاز انسان دارد (Oweis et al., 2005). کشورهای عمده تولیدکننده عدس به ترتیب هند، استرالیا،

*نویسنده مسئول: armandnezam@yahoo.com

نشان دهنده تجمع و ایجاد بخش زیادی H_2O_2 در گیاه است (Helal & Samir, 2008). کاتالاز یک آنزیم آنتی‌اکسیدانی است و در حذف H_2O_2 تولید شده در پراکسیزوم‌ها و کاهش اثرات تخریبی گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن نقش مهمی بر عهده دارد (Abrishamchi et al., 2012). گیاهان متحمل به تنش‌های محیطی، علاوه بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی، از توانایی بیشتر سنتز پروتئین و پروتئین‌های محلول (به‌منظور کاهش پتانسیل اسمزی و حفظ آب موجود در سلول‌ها در شرایط تنش) و متعاقب آن از پایداری بیشتر غشاء برخوردار هستند که نتیجه آن، هدررفت کمتر آب از طریق غشاهای سلولی می‌باشد (Bender Özenç, 2008).

با توجه به اثرات تنش کمبود آب در ارتباط با کاهش معنی‌دار عملکرد و محصول گیاه عدس، اتخاذ راهکارهای مناسب که بتواند اثرات منفی این تنش را بهبود دهد، بسیار اهمیت دارد. استفاده از کمپوست زباله‌های آلی، مواد زائد گیاهی و جانوری در خاک، علاوه بر افزایش و حفظ ماده آلی خاک، بهبود خاک و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب، زهکشی مناسب و افزایش خلل و فرج خاک می‌شود که می‌تواند راهکاری مناسب در جهت بهبود خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی در شرایط تنش آبی به شمار رود (Chaoui et al., 2003; Mylavaram et al., 2009). کمپوست روشی برای تبدیل ضایعات آلی به مواد قابل استفاده می‌باشد که در فرآیندی هوازی و از باز یافت مواد ارگانیک تولید می‌شوند (Lakhdar et al., 2009). بالابودن میزان عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و به علاوه دارابودن عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از دیگر مزایای کودهای کمپوست است (Marinari et al., 2000; Hargreaves et al., 2008). مطالعه تأثیر کودهای آلی بر خواص شیمیایی و بیوشیمیایی خاک در زمین‌های خشک مؤید این است که کمپوست و ورمی‌کمپوست، کمیت و کیفیت کربن آلی، نیتروژن، فسفر، بیوماس میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی کل را افزایش می‌دهد (Gajalakshmi & Abbasi, 2002; Lakhdar et al., 2009; Hosseinzadeh et al., 2016).

از آنجا که خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، پایه و اساس صفات مورفولوژیکی و عملکردی گیاهان زراعی را تشکیل می‌دهد، بنابراین کاهش در این صفات تحت تنش آبی، کاهش تولید محصول را به دنبال دارد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر استفاده از کود کمپوست زباله تر شهری در نسبت های مختلف با خاک بر مهم‌ترین عوامل فیزیولوژیکی (محتوای آب نسبی، پایداری غشاء سلول‌های برگ، کلروفیل کل، کارایی

بارندگی در طول فصل رشد بسیار نامناسب است و گیاهان در دوره رشد رویشی با تنش خشکی متناوب و در مرحله رشد زایشی با تنش خشکی انتهایی و گرما به صورت توأم مواجه می‌شوند (Ahmadpour et al., 2016). بنابراین تنش آبی مهم‌ترین تهدیدکننده تولید موفقیت‌آمیز این گیاه در استان خوزستان به‌شمار می‌رود و با توجه به این‌که عدس (رقم گچساران) از ارقام متحمل به خشکی است، اما مطالعات متعددی گزارش کردند که کمبود آب از مهم‌ترین عوامل کاهش خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و عملکردی در این گیاه محسوب می‌شود (Hosseini et al., 2011; Ahmadpour & Hosseinzadeh, 2017).

تولید محصول و اجزای عملکرد گیاهان زراعی ارتباط مستقیم با خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دارد، به‌طوری که در شرایط تنش آبی کاهش معنی‌دار صفاتی نظیر فتوسنتز خالص، محتوای کلروفیل برگ، پایداری غشاء سلول، جذب عناصر غذایی، کارایی فتوسنتز II و محتوای آب نسبی برگ منجر به کاهش معنی‌دار تولید محصول در این گیاهان می‌گردد (Ganjeali et al., 2011; Amiri et al., 2017). از سوی دیگر مهم‌ترین آسیب بافتی در شرایط تنش آبی، افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و ایجاد تنش آکسیداتیو است (Abrishamchi et al., 2012). انواع مختلف اکسیژن فعال آسیب جدی به پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و غشاء سلول وارد می‌کنند که این واکنش‌ها به طور طبیعی ویژگی‌هایی چون سیالیت غشاء، انتقال یونی، فعالیت آنزیمی و سنتز پروتئین‌ها را کاهش داده و باعث تخریب DNA هسته‌ای و در نهایت مرگ سلولی می‌شوند (Unyayar et al., 2005; Ahmadpour et al., 2016). به منظور سازش و مقابله با اثرات منفی تنش اکسیداتیو در گیاهان، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی به صورت آنزیمی (نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و غیره) و غیر آنزیمی (آسکوربات، پروتئین، گلوتاتیون، پروتئین‌های محلول و کاروتنوئیدها و غیره) فعال هستند که با کارایی بالا اقدام به حذف و خنثی‌سازی گونه‌های اکسیژن فعال می‌کنند (Ahmadpour et al., 2016).

سوپراکسید دیسموتاز اولین مرحله دفاعی علیه گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن است و در نتیجه فعالیت این آنزیم سوپراکسید به پراکسید هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌شود. سپس پراکسید هیدروژن تولید شده به وسیله پراکسیدازها تجزیه می‌شود (Abrishamchi et al., 2012). پراکسیدازها معمولاً از سلول‌ها در برابر نفوذ H_2O_2 محافظت می‌کنند، به طوری که افزایش ناگهانی در فعالیت این آنزیم در شرایط کم‌آبی

ترتیب معادل ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) که انتخاب این سطوح بر مبنای آزمایش‌های مقدماتی و نتایج سایر محققان بود. هر واحد آزمایشی گلدان‌هایی با حجم ۲/۵ کیلوگرم بود. کود کمپوست طبق تیمارهای آزمایشی با خاک مخلوط شد و به میزان ۲/۵ کیلوگرم در گلدان ریخته شد. بذرها را در گلدان‌ها به عمق ۲ سانتی‌متر قرار دادند و به عمق ۲ سانتی‌متر در گلدان‌ها کاشت کردند و در مرحله رشدی به سه گیاهچه تقلیل یافت. گلدان‌ها در شرایط گلخانه با درجه حرارت روز و شب ترتیب ۲۵+ و ۲۰+ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. به منظور اعمال تنش آبی از روش درصد رطوبت وزنی استفاده شد و بر این اساس به ترتیب وزن خاک خشک و اشباع در هر گلدان اندازه گیری شد. سپس با کسر وزن گلدان اشباع‌شده از آب و خاک خشک مقدار آب نگهداری‌شده در ظرفیت زراعی تعیین شد و تیمارهای مختلف بر این مبنای محاسبه شدند (Ganjeali et al., 2011; Hosseinzadeh et al., 2016). سپس ۱۰ روز پس از کاشت (مرحله گیاهچه‌ای)، سطوح مختلف تنش بر روی ارقام مورد بررسی اعمال شد و تا پایان دوره رشد زایشی ادامه یافت. برداشت نمونه‌ها در انتهای مرحله غلاف‌دهی (۵۶ روز پس از کاشت) انجام شد.

فتوسیستم II، CO₂ زیر روزنه، فتوسنتز خالص و کارایی مصرف آب) و بیوشیمیایی (غلظت عناصر برگ، محتوای پروتئین و پروتئین برگ، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز) در شرایط کم‌آبی است تا مشخص شود آیا استفاده از این کود می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش آب را بهبود دهد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی کاربرد کود کمپوست در بهبود اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه عدس (رقم گچساران)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در دانشگاه خاتم الانبیاء بهبهان انجام شد. تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از: الف) نسبت‌های مختلف از کمپوست و خاک در ۵ سطح ۱۰۰:۰؛ ۹۵:۵؛ ۸۵:۱۵؛ ۷۵:۲۵ و ۶۵:۳۵ درصد وزنی (به ترتیب معادل ۲۵۰۰:۰؛ ۲۲۵۰:۰؛ ۲۰۰۰:۰؛ ۱۷۵۰:۰؛ ۱۵۰۰:۰ گرم و ۱۲۵:۱۲۵ گرم، ۲۱۲۵:۳۷۵ گرم، ۱۸۷۵:۶۲۵ گرم و ۱۶۲۵:۸۷۵ گرم) بود که خصوصیات خاک و کود مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ ذکر شده است. کود کمپوست از شرکت آرمان کاران زیده در تهران تهیه شد. ب) تیمار تنش آبی در سه سطح بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید (به

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک و کود کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Some of soil and compost fertilizer characteristics used in the experiment

ماده آلی Organic matter (%)	نیترژن کل Total N (%)	منیزیم Mg (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	آهن Fe (%)	کلسیم Ca (%)	کربن / نیترژن C/N	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)	اسیدیته pH	خصوصیات Properties
21.3	3	1.3	1.5	1.3	0.6	5.5	21.4	2.5	7.08	کمپوست Compost
12.1	1.5	0.05	0.4	0.01	0.002	1	17.4	1.4	7.40	خاک Soil

معادله (۱) $RWC \times 100 = (FW - DW) / (TW - DW)$ در این معادله، RWC محتوای نسبی آب، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است. ۲/۰ گرم برگ از هر تیمار به منظور سنجش پایداری غشاء سلول‌های برگ برداشت شد و داخل دو گروه لوله آزمایش، حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته شدند. یک بخش از لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری (Model WNB 14, Memmert Instrument, Germany) ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بخش دیگر به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از کاهش دمای لوله‌ها تا حد دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به

سنجش محتوای آب نسبی، پایداری غشاء و کارایی فتوسیستم II

برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ از روش (Bian & Jiang, 2008) استفاده شد، به‌طوری‌که ۵/۰ گرم از برگ دوم و سوم گیاه برداشت و برای ۴۸ ساعت در آب غوطه‌ور شد. سپس برگ‌ها از آب خارج و سطح آن‌ها به آرامی با دستمال کاغذی خشک شد و توزین گردید. در انتها برگ‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس مجدداً وزن شدند. با سنجش شاخص‌های وزنی فوق از طریق معادله (۱) این صفت برای هر تیمار تعیین شد.

جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Model SPEKOL 2000, Analyticjena, Germany) خوانده شد. غلظت پروتئین موجود در هر نمونه با کمک منحنی استاندارد آلومین سرم گاوی تعیین شد و مقدار آن بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ محاسبه گردید.

سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان از برگ‌های ششم، هفتم و هشتم انجام شد. برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز در بافت ریشه، ۲ میلی لیتر تامپون استات ۰/۲ مولار با ۰/۲ میلی لیتر آب اکسیژنه ۰/۳ درصد و ۰/۱ میلی لیتر بنزیدین ۰/۲ مولار محلول در متانول ۵۰ درصد در حمام یخ مخلوط شدند و سپس ۰/۱ میلی لیتر عصاره آنزیمی به آن اضافه شد و سپس هر ۳۰ ثانیه به مدت ۳ دقیقه جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۳۰ نانومتر رسم شد و در نهایت فعالیت ویژه آنزیم بر حسب تغییرات واحد آنزیم در دقیقه به ازاء هر میلی گرم پروتئین محاسبه شد (Holy, 1972). برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش کندلی و اسکاندلیوس (Candlee & Scandalios, 1984) استفاده شد. ابتدا ۲/۵ میلی لیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۵ مولار و ۰/۳ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳ درصد در حمام یخ با یکدیگر مخلوط شدند و بلافاصله ۰/۲ میلی لیتر از عصاره آنزیم برگی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳-۴ دقیقه بررسی شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از روش Beauchamp & Fridovich (1971) استفاده شد. بدین منظور ابتدا محلول بافر فسفات ۵۰ میلی مولار تهیه شد و سپس ترکیبات زیر EDTA ۰/۱ میلی مولار، نیتروبلوتترازولیوم (NBT) ۷۵ میکرومولار، متیونین ۱۳ میلی مولار، ریبوفلاوین ۴ میکرومولار، به ترتیب اضافه گردید. در نهایت با اضافه شدن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره تحت روشنایی لامپ فلورسنت واکنش آغاز می‌شود و پس از گذشت ۱۵ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. اختلاف جذب نمونه‌ها در ۵۶۰ نانومتر، مهار احیاء نوری NBT در حضور آنزیم سوپراکسید دیسموتاز موجود در نمونه‌ها را نشان داد. با استفاده از این اختلاف جذب، فعالیت آنزیمی بر حسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلی گرم) در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره محاسبه شد.

وسیله دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (Model RS232, AZ Instrument Corp, Taiwan) اندازه‌گیری و سپس با استفاده از معادله (۲) مطابق روش (Sairam & Saxena, 2001) این شاخص محاسبه شد.

معادله (۲)

= شاخص پایداری غشاء

هدایت الکتریکی آب در دمای ۱۰۰°C / هدایت الکتریکی آب در دمای ۴۰°C - ۱
کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) به وسیله دستگاه کلروفیل فلوریمتر (Pocket PEA, Hansatech, Instruments Ltd., King's Lynn, Norfolk, England) گرفته شده و با استفاده از شرایط تاریکی قرار گرفت. سپس با اتصال رابط دستگاه به برگ، نسبت Fv/Fm به صورت اتوماتیک در هر تیمار شش بار خوانده شد و میانگین کل به عنوان عدد موردنظر یادداشت گردید.

سنجش خصوصیات فتوسنتزی

با استفاده از دستگاه سنجش تبادلات گازی برگ (KR8700 system, Korea Tech Inc. Suwon., Korea) برخی صفات فتوسنتزی نظیر فتوسنتز خالص (آسیمیلیسیون CO₂)، کارایی مصرف آب (به صورت خودکار نسبت فتوسنتز خالص به تعرق توسط دستگاه) و CO₂ درون‌برگی در مرحله غلاف‌دهی اندازه‌گیری شد. این دستگاه از یک بخش مرکزی که مسئول پردازش داده‌ها و از یک اتاقک برگ که محل قرارگیری برگ جوان و سالم گیاه است، تشکیل شده است. تعیین این صفات به منظور رعایت شرایط یکنواخت بر روی برگ‌های دوم و سوم انجام شد و بر اساس میانگین سه تکرار در هر تیمار بود. شاخص کلروفیل برگی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (CCM-200 plus, Opti-Sciences Inc, NH., USA) و بر مبنای میانگین ۱۰ تکرار در هر تیمار بود.

سنجش پرولین و پروتئین محلول برگی

به منظور سنجش پرولین از روش Bates et al, (1973) استفاده شد، بدین صورت که یک گرم بافت برگ از برگ چهارم و پنجم در سولفوسالسیلیک اسید ۳/۳ درصد حجمی ساییده شده و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. در مرحله بعد ۲ میلی لیتر از محلول رویی عصاره برگی به دست آمده به همراه ۲ میلی لیتر از ناین‌هیدرین و اسید استیک گلاسیال مخلوط شدند. سپس لوله آزمایش به مدت یک ساعت در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از اضافه نمودن ۴ میلی لیتر تولوئن، میزان جذب نمونه در ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. اندازه‌گیری پروتئین محلول برگی به روش (Lowry, 1951) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p \leq 0.05$) انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل کاربرد کود کمپوست و تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ (RWC)، پایداری غشاء سلول، نسبت F_v/F_m در

سطح احتمال خطای یک درصد و فتوسنتز خالص، CO_2 درون سلولی در سطح احتمال ۵ درصد داشت (جدول ۲ و ۳). مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی ملایم، استفاده از سطوح ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی کود کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی برگ در مقایسه با سطوح شاهد در شرایط بدون تنش و تنش ملایم شد. در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) تنها سطح ۳۵ درصد وزنی در مقایسه با سایر سطوح کمپوست توانست به صورت معنی‌داری محتوای نسبی آب را افزایش دهد (جدول ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیک گیاه عدس در سطوح مختلف کاربرد کمپوست و تنش کم‌آبی

Table 2. Analysis of variance of compost application and water stress on some of physiological parameters of lentil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	محتوای آب نسبی Relative water content	پایداری غشاء سلول Cell membrane stability	کارایی فتوسنتز PSII efficiency	CO_2 درون‌برگی Intracellular CO_2	فتوسنتز خالص Net-photosynthesis	کارایی مصرف آب Water use efficiency
کمپوست/Compost (a)	4	0.001**	0.0004**	0.0001**	1844.782**	4.306**	61.765**
تنش آب/Water stress (b)	2	0.033**	0.022**	0.025**	65063.022**	340.032**	1417.362**
کمپوست×تنش/ a×b	8	0.0002**	0.0003**	0.0001**	372.489 *	1.591*	9.155**
خطای آزمایش/ Error	30	0.0001	0.00001	0.0002	276.872	0.762	2.224
CV (%) / ضریب تغییرات	-	0.74	1.11	0.95	3.50	7.76	4.32

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

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

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات بیوشیمیایی گیاه عدس در سطوح مختلف کاربرد کمپوست و تنش کم‌آبی

Table 3. Analysis of variance of compost application and water stress on some of biochemical parameters of lentil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	پرولین Proline	پروتئین محلول برگ Leaf protein content	پراکسیداز POX	کاتالاز CAT	سوپراکسید دیسموتاز SOD
کمپوست/Compost (a)	4	0.030**	122.176**	0.002**	0.0007**	0.006**
تنش آب/Water stress (b)	2	1.262**	205.744**	1.622**	0.005**	0.632**
کمپوست×تنش/ a×b	8	0.002*	8.458**	0.001*	0.0004*	0.003**
خطای آزمایش/ Error	30	0.007	1.530	0.001	0.00001	0.0003
CV (%) / ضریب تغییرات	-	1.28	1.72	1.79	0.69	1.83

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

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

تنش کم‌آبی ریشه‌های گیاه عدس تحت تأثیر قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که در یک مطالعه بر روی ارقام عدس در شرایط تنش کمبود آب مشاهده شد که بسیاری از خصوصیات ریشه نظیر طول، سطح، حجم و وزن خشک ریشه در شرایط تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری دارد (Ahmadpour et al., 2016). در شرایط تنش‌های کمبود آب شدید علاوه بر کاهش جذب آب توسط ریشه، کاهش پتانسیل آب در سلول‌های ریشه اتفاق می‌افتد که سبب اختلال در انتقال آب در آوند چوبی می‌شود (Rahbarian et al.,

RWC یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی بالایی با تحمل به تنش کمبود آب نشان می‌دهد و از آن به عنوان شاخص مقاومت به تنش خشکی در تحقیقات استفاده می‌شود، به‌طوری‌که RWC بالاتر گیاه، به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش است (Rahbarian et al., 2011). یکی از دلایل کاهش RWC در شرایط کمبود آب تأخیر در رشد ریشه و کاهش فعالیت آن به منظور جذب آب از خاک گزارش شده است (Tartoura, 2010). محققان گزارش کردند که در شرایط

استفاده از این کودها علاوه بر این که آب قابل دسترس در محیط ریشه را افزایش می‌دهد، منجر به افزایش نسبی پتانسیل آب در سلول‌های ریشه و حفظ مسیر انتقال آب در آوند چوب از ریشه به اندام هوایی می‌شود (Chanda *et al.*, 2011; Amiri *et al.*, 2017).

(2011). بنابراین به نظر می‌رسد با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌توان در کاهش اثرات منفی ناشی از کم‌آبی نقش داشت. کودهای آلی نظیر کمپوست با افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری آب در بهبود خواص فیزیکی خاک در شرایط تنش‌های محیطی مانند کم‌آبی نقش به‌سزایی دارند (Chanda *et al.*, 2011).

جدول ۴- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیولوژیک گیاه عدس تحت تأثیر سطوح مختلف کمپوست و تنش آبی

Table 4. Mean comparison of physiological characteristics of lentil under different levels of compost and water stress

تیمارها/ کمپوست (درصد وزنی) Compost/Treatments (Wt%)	محتوای آب نسبی Relative water content (%)	پایداری غشاء سلول Cell membrane stability	کارایی فتوسیستم II PSII efficiency	CO ₂ درون‌برگی (میکرومول CO ₂ بر مول) Intracellular CO ₂ ($\mu\text{mol CO}_2$ mol^{-1})	فتوسنتز خالص (میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) Net- photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	کارایی مصرف آب Water use efficiency
Non stress (75% field capacity)						
شاهد/Control	0.694 bc	0.449 b	0.862 bc	513.6 bc	12.46 b	40.10 c
5%	0.698 b	0.450 b	0.857 c	515.7 bc	12.92 b	40.93 c
15%	0.711 b	0.475 a	0.870 abc	534.4 ab	15.35 a	46.07 b
25%	0.732 a	0.478 a	0.878 ab	556.7 a	15.45 a	48.23 ab
35%	0.738 a	0.479 a	0.884 a	548.5 a	15.47 a	50.23 a
Moderate water stress (50% field capacity)						
شاهد/Control	0.658 e	0.418 e	0.830 d	478.7 d	7.23 c	30.17 e
5%	0.664 de	0.421 de	0.832 d	477.5 d	6.92 c	31.83 de
15%	0.670 de	0.425 cd	0.836 d	488.1 cd	7.45 c	33.23 d
25%	0.677 cd	0.426 c	0.837 d	500.9 cd	11.85 b	33.60 d
35%	0.680 cd	0.429 c	0.835 d	504.4 cd	11.95 b	33.83 d
Severe water stress (25% field capacity)						
شاهد/Control	0.616 f	0.389 f	0.792 e	395.9 f	4.68 d	22.43 g
5%	0.617 f	0.390 f	0.790 e	389.8 f	4.93 d	25.63 f
15%	0.622 f	0.391 f	0.788 e	412.9 ef	5.18 d	27.13 f
25%	0.625 f	0.390 f	0.782 e	390.1 f	7.25 c	27.27 f
35%	0.654 e	0.393 f	0.790 e	432.7 e	7.43 c	27.47 f

*: در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test.

ترکیبات مخرب نظیر گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) شده که یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب غشاهای سلول به‌شمار می‌رود (Ahmadpour *et al.*, 2016). در تحقیقات متعدد بر گیاهان زراعی مشاهده شد که علاوه بر افزایش ROS ها، در شرایط تنش خشکی کاهش فشار تورگر در سلول‌ها نقش مستقیمی در تخریب غشاءهای سلولی و کاهش رشد دارند (Bayoumi *et al.*, 2008; Abrishamchi *et al.*, 2012). از مزایای افزودن کودهای آلی نظیر کمپوست به خاک افزایش قابلیت دسترسی عناصر مغذی و مواد هومیکی است که می‌تواند با کاهش پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه، موجب کاهش پتانسیل آب و در نهایت حفظ بیشتر آب در محیط ریشه (ریزوسفر) شود (Pritam & Garg, 2010). در آزمایشی بر روی لوبیا در شرایط تنش شوری و بر روی نخود در شرایط

کاربرد کمپوست در سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی در شرایط بدون تنش و تنش آبی ملایم، به صورت معنی‌داری پایداری غشاء سلول‌های برگ را نسبت به شاهد افزایش داد، در حالی که در شرایط تنش شدید در مقایسه بین تیمارهای کود کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). تنش خشکی به‌خصوص در شدت‌های بالا منجر به تغییرات اساسی در فسفولیپیدهای غشاء شده (ایجاد ساختار شش‌وجهی و تبدیل ساختار غشاء به ساختار منفذدار) که در این حالت غشاء سلولی پایداری خود را از دست داده و در صورت قرارگرفتن برگ در یک محیط آبی مواد محلول از سلول‌های آن تراوش می‌یابد، لذا پایداری غشاء به‌وسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن تعیین می‌شود (Bayoumi *et al.*, 2008). کمبود آب در محیط اطراف ریشه منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو و افزایش

بدون تنش مؤثر بود و توانست کارایی فتوسیستم II را نسبت به شاهد افزایش دهد.

در بررسی اثرات متقابل کمپوست و تنش در ارتباط با CO_2 درون سلول‌های برگ‌ی نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش کم‌آبی، سطوح ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی به صورت معنی‌داری در مقایسه با شاهد این صفت را افزایش دادند، اما در شرایط تنش ملایم، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. در شرایط تنش شدید، سطح ۳۵ درصد وزنی کمپوست نسبت به دیگر سطوح به جز سطح ۱۵ درصد وزنی، افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با فتوسنتز خالص در گیاه عدس نشان داد که در شرایط بدون تنش، اضافه نمودن کمپوست به خاک در سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی منجر به افزایش معنی‌داری فتوسنتز برگ‌ی در مقایسه با سایر سطوح شد، اما در شرایط تنش ملایم و شدید، تیمارهای ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی کمپوست موجب افزایش معنی‌داری این صفت گردید (جدول ۴).

مطالعات متعدد بر روی حبوبات از قبیل نخود، لوبیا و عدس نشان داده است که تحت تأثیر تنش کم‌آبی غلظت CO_2 درون برگ‌ی و فتوسنتز خالص به واسطه بسته‌شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد (Rasti Sani et al., 2014; Ahmadpour et al., 2016; Amiri et al., 2017). نتایج این مطالعه نیز با نتایج فوق مطابقت داشت، به طوری که تنش خشکی شدید منجر به کاهش معنی‌داری نرخ فتوسنتز و غلظت CO_2 درون برگ‌ی در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی جهت حفظ آب برگ و جلوگیری از هدررفت آن با بستن روزنه‌ها، تعرق را به شدت کاهش می‌دهند، در نتیجه فرآیند صعود آب در آوند چوب به علت کاهش مکش حاصل از تعرق آسیب دیده و اثرات منفی تنش کم‌آبی بر سیستم فتوسنتزی بیشتر نمایان می‌شود (Hosseinzadeh et al., 2016). محققان معتقدند که گیاهانی که از مکانیسم‌های کارآمدتری برای کنترل بازبسته‌شدن روزنه‌ها به منظور تنظیم تعرق برخوردار هستند، قادر به تحمل بهتر شرایط تنش کم‌آبی بوده و نیز ثبات بیشتری در سیستم فتوسنتزی دارند (Rahbarian et al., 2011). محققان گزارش کردند که استفاده از کود کمپوست منجر به افزایش جمعیت برخی میکروارگانیسم‌های خاک نظیر باکتری‌های تثبیت‌کننده اکتینومیست و نیز جمعیت میکروبی‌زایی همزیست با ریشه گیاهان می‌شود (Marinari et al., 2000). میکروارگانیسم‌های خاک مثل قارچ میکوریزا برای متابولیسم خود به کربوهیدرات‌های گیاه نیاز دارند، به همین دلیل تجمع قندها در ریشه افزایش یافته و با توجه به این که قندها از اسمولیت‌های

تنش خشکی گزارش شد که کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی (نیتروژن و فسفر) منجر به افزایش معنی‌داری طول و سطح ریشه می‌گردد (Beyk Khurmizi et al., 2010; Amiri et al., 2017). در این مطالعه نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، سطوح کمپوست مورد استفاده توانست شاخص پایداری غشاء را بهبود دهد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش کم‌آبی، سطح ۳۵ درصد وزنی کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد و ۵ درصد وزنی منجر به افزایش معنی‌داری نسبت F_v/F_m شد، اما در شرایط تنش ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری بین سطوح کمپوست مورد بررسی وجود نداشت. از طرف دیگر با بررسی اثرات تنش کم‌آبی به تنهایی مشاهده شد که تنش ملایم و شدید منجر به کاهش معنی‌داری کارایی فتوسیستم II در مقایسه با شرایط بدون تنش شد (جدول ۴).

شیوه سنجش کارایی فتوسیستم II (نسبت F_v/F_m) در سال‌های اخیر در مطالعات اکوفیزیولوژی گیاهی به عنوان یک روش سریع، حساس و غیر تخریبی مورد توجه بسیار قرار گرفته است و شاخص مناسبی برای عملکرد فتوسنتزی گیاه و مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است (Rasti Sani et al., 2014). تنش خشکی با تجمع ناقلین پرانرژی در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی، تشکیل رادیکال‌های آزاد، تخریب کمپلکس‌های پروتئینی جمع‌کننده نور، تخریب پروتئین D_1 (پلی‌پپتید ساختمانی موجود در PSII) و کمپلکس آزادکننده اکسیژن، موجب آسیب به فتوسیستم (PSII) و کاهش نسبت F_v/F_m می‌شود (Rahbarian et al., 2011). کاهش نسبت F_v/F_m تحت شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف نظیر نخود، لوبیا، ذرت و گندم نیز گزارش شد (Rasti Sani et al., 2014; Amiri et al., 2017). مطالعات مختلفی در ارتباط با کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست نشان داده‌اند که استفاده از این کودها می‌تواند در حفظ فعالیت فتوسنتزی و کارایی فتوسیستم II (به عنوان اولین سیستم نوری درگیرشونده در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی) نقش داشته باشند (Bender Ozenç, 2006; Hosseinzadeh et al., 2016). این محققان نشان دادند که افزودن کودهای آلی نظیر کمپوست و ورمی‌کمپوست به خاک با افزایش ظرفیت نگهداری آب، رشد ریشه، عناصر مغذی موجب کمتر بسته‌شدن روزنه‌ها، افزایش CO_2 درون سلولی، حفظ انتقال غیرفعال در آوند چوب و افزایش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو می‌گردد. در این مطالعه استفاده از کود کمپوست (۳۵ درصد وزنی) در شرایط

(Bolandnazar et al., 2007). در تحقیقات دیگر، محققان گزارش کردند که کود کمپوست حاوی میکروارگانیسم‌هایی از قبیل میکوریزا است که باعث افزایش سطح ورود آب به ریشه شده و توان گیاه را برای جذب بیشتر عناصر غذایی و حفظ رطوبت افزایش داده که پیامد اصلی آن بیشتر بازماندن روزه‌ها، افزایش فتوسنتز خالص (ماده خشک تولیدی) و در نهایت افزایش کارایی مصرف آب است (Gajalakshmi & Abbasi, 2002; Bender Özenç, 2008).

خصوصیات بیوشیمیایی

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که کمپوست، تنش کم‌آبی و اثرات متقابل آن‌ها با یکدیگر اثر معنی‌داری بر محتوای پروتئین و پروتئین محلول برگی دارد (جدول ۳). اثر برهم‌کنش تیمارها نشان داد که در شرایط بدون تنش آبی، تیمارهای ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی کود کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار محتوای پروتئین در مقایسه با سطح شاهد شد. در شرایط تنش ملایم، تنها سطح ۳۵ درصد وزنی در مقایسه با شاهد محتوای این پارامتر را به صورت معنی‌داری افزایش داد. در شرایط تنش شدید، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت (جدول ۵). نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که محتوای پروتئین محلول برگی در شرایط بدون تنش و تنش ملایم (به ترتیب ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، با کاربرد کمپوست در تمامی سطوح نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش کم‌آبی شدید، محتوای پروتئین در سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی در مقایسه با شاهد و سطح ۵ درصد وزنی افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۵).

تنش‌های محیطی نظیر خشکی، شوری، گرما و سرما، موجب افزایش بیان یکسری از ترکیبات پروتئینی در گیاهان زراعی می‌شوند (Rahbarian et al., 2011; Lakhdar et al., 2009). تحقیقات نشان داده است که این ترکیبات پروتئینی نقش مهمی در ایجاد سازگاری با شرایط تنش دارند، به‌طوری‌که افزایش محتوای پروتئین کل و پروتئین به عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی، نقش اساسی در تنظیم اسمزی تحت شرایط کمبود آب در گیاهان دارند، بنابراین افزایش این ترکیبات منجر به کاهش اثرات تخریبی ناشی از تنش کم‌آبی در گیاهان می‌شود (Abrishamchi et al., 2012). دهیدرین‌ها، آنزیم‌های سنتزکننده متابولیت‌ها و همچنین پروتئین‌هایی که در پاسخ به آسیب سلولی درگیر می‌شوند (پروتئین‌های شوک حرارتی)، از مهم‌ترین پروتئین‌های محلول در ریشه می‌باشند. (Rahbarian et al., 2011).

سازگار محسوب می‌شوند، بنابراین می‌تواند در جهت تنظیم فشار اسمزی محیط ریشه نقش ایفا کند و منجر به بهبود اثرات منفی تنش مانند کمتر بسته شدن روزه‌ها و فراهم شدن CO_2 مورد نیاز برای فتوسنتز شود (Bender Özenç, 2006). در آزمایشی که بر روی اثرات استفاده از مخلوط کمپوست و خاک در بستر کشت گیاهان انجام شد، نتایج نشان داد که استفاده از کمپوست در خاک منجر به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و افزایش غلظت CO_2 محیط آزمایش شد که در تأمین CO_2 فتوسنتزی می‌تواند نقش مهمی داشته باشد (Marinari et al., 2000). در حالت کلی، به نظر می‌رسد که استفاده از کود کمپوست با کاهش محدودیت‌های روزه‌ای (نظیر ورود CO_2 به عنوان ماده اولیه فتوسنتزی، کاهش تنفس نوری، حفظ مکانیسم تعرق و انتقال غیرفعال در آوند چوب) می‌تواند نقش مهمی در ثبات و عملکرد سیستم فتوسنتزی داشته باشد.

اثرات متقابل کود کمپوست و تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب در گیاه عدس دارد (جدول ۲). نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی ملایم، سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی منجر به افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب در سلول‌های برگی نسبت به سطوح شاهد شدند. در شرایط تنش کم‌آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، تمامی سطوح کمپوست مورد بررسی در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری کارایی مصرف آب را افزایش دادند (جدول ۴). کارایی مصرف آب شاخص مناسبی جهت ارزیابی تحمل به تنش کمبود آب در گیاهان زراعی محسوب می‌شود و از طریق نسبت تولید ماده خشک (تثبیت CO_2) به میزان تعرق سنجش می‌شود (Bayoumi et al., 2008). در اثر تنش کم‌آبی مقدار آب مصرفی گیاه کاهش می‌یابد که مربوط به کاهش پتانسیل آب محیط ریشه و کاهش توان گیاه در جذب آب می‌باشد (Johnson et al., 2002). افزودن کودهای آلی به خاک منجر به افزایش اسید هیومیک شده که توسط میکروارگانیسم‌ها تولید شده و نقش بسیار مهمی در اصلاح ساختار خاک دارند (Gajalakshmi & Abbasi, 2002). مولکول‌های اسید هیومیک شبیه یک چسب آلی عمل می‌کنند و با کانی‌های خاک تشکیل پیوند داده و شبکه‌ای به هم پیوسته را ایجاد می‌کنند که علاوه بر تولید گرانول‌های درشت‌تر، ایجاد فضای مناسب برای میکروارگانیسم‌ها، نفوذ بیشتر هوا و رشد ریشه می‌توانند حجم زیادی از آب را نیز ذخیره کنند (Bolandnazar et al., 2007). بنابراین هیومیک اسید موجود در کمپوست می‌تواند با افزایش ظرفیت نگهداری آب، راندمان مصرف آب را در گیاهان زراعی بهبود دهد.

جدول ۵- مقایسه میانگین خصوصیات بیوشیمیایی گیاه عدس تحت تأثیر سطوح مختلف کمپوست و تنش آبی

Table 5. Comparison of biochemical characteristics of lentil under different levels of compost and water stress

تیماها/ کمپوست (درصد وزنی) Compost/Treatments (Wt %)	پروترین (میکرو مول برگرم وزن تر) Prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$)	محتوای پروتئین (میلی گرم برگرم وزن خشک) Protein content ($\text{mg g}^{-1}\text{DW}$)	فعالیت پراکسیداز (واحد آنزیمی در یک میلی گرم پروتئین) POX Activity (enzyme per mg protein)	فعالیت کاتالاز (واحد آنزیمی در یک میلی گرم پروتئین) CAT Activity (enzyme per mg protein)	فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (واحد آنزیمی در یک میلی گرم پروتئین) SOD Activity (enzyme per mg protein)
Non stress (75% field capacity)					
شاهد/Control	5.88 f	62.38 g	1.508 d	0.438 e	0.740 i
5%	5.96 ef	68.10 f	1.517 d	0.438 e	0.762 h
15%	6.01 ef	69.28 ef	1.526 d	0.444 d	0.764 gh
25%	6.04 e	70.71 de	1.519 d	0.447 cd	0.769 gh
35%	6.08 e	72.08 cd	1.532 d	0.451 c	0.773 g
Moderate water stress (50% field capacity)					
شاهد/Control	6.27 d	63.07 g	1.752 c	0.464 b	0.868 f
5%	6.33 cd	71.53 d	1.750 c	0.465 b	0.873 ef
15%	6.39 bcd	73.58 bc	1.771 c	0.465 b	0.873 ef
25%	6.40 bcd	74.41 b	2.076 b	0.466 b	0.876 ef
35%	6.46 abc	74.95 b	2.083 b	0.481 a	0.879 e
Severe water stress (25% field capacity)					
شاهد/Control	6.53 ab	72.86 bcd	2.148 b	0.478 a	1.077 d
5%	6.55 a	72.77 bcd	2.151 b	0.479 a	1.111 c
15%	6.56 a	77.06 a	2.156 b	0.482 a	1.205 a
25%	6.58 a	78.05 a	2.224 a	0.483 a	1.194 b
35%	6.60 a	78.65 a	2.227 a	0.483 a	1.212 a

*: در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $P \leq 0.05$ according to Duncan's test.

نتایج نشان داد که کود کمپوست و تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگی (پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) دارند (جدول ۳). تنش کم‌آبی شدید و ملایم منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت این آنزیم در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. بین سطوح کمپوست مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در شرایط بدون تنش مشاهده نشد، اما در شرایط تنش شدید و ملایم، سطوح ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی کمپوست موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به سطوح شاهد شد (جدول ۵). با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط بدون تنش، تحت تأثیر سطوح ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی کمپوست نسبت به سطح شاهد و ۵۰ درصد وزنی کمپوست معنی‌داری داشت. در شرایط تنش کم‌آبی ملایم، سطح ۳۵ درصد وزنی کمپوست به صورت معنی‌داری فعالیت این آنزیم را در مقایسه با سایر سطوح کمپوست افزایش داد. در شرایط تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری از لحاظ فعالیت آنزیم کاتالاز بین تیمارهای کمپوست مورد

پروترین در سلول‌های تحت تنش به دلیل خاصیت هیدروفیلی قادر است جایگزین مولکول‌های آب در اطراف نوکلئیک اسیدها، پروتئین‌ها و مولکول‌های غشایی گردد و بدین وسیله از ساختار غشاء سلول محافظت می‌کند (Bayoumi *et al.*, 2008). از دیگر مزایای کاربرد کود کمپوست در خاک افزایش نیتروژن قابل دسترس برای گیاه است که علت آن افزایش جمعیت‌های میکروبی خاک از قبیل تثبیت‌کننده‌های نیتروژن، اکتینومیسیت و همچنین جمعیت میکوریزایی همزیست با ریشه گیاهان است (Gajalakshmi & Abbasi, 2002; Bender Özenç, 2008). نیتروژن از مواد اولیه لازم برای بیوسنتز ترکیبات پروتئینی محسوب می‌شود و با توجه به این‌که پروتئین محلول برگری و پروترین ماهیت نیتروژنی دارند، بنابراین افزایش پروترین و پروتئین کل برگری در سطوح کمپوست مورد استفاده، ارتباط مستقیم با افزایش نیتروژن در خاک و جذب آن توسط گیاه دارد. در نتایج مشابه نیز گزارش شد که استفاده از کمپوست منجر به افزایش ماده آلی و نیتروژن کل در خاک می‌گردد (Mylavarapu *et al.*, 2009).

بررسی وجود نداشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل کمپوست و تنش بر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نشان داد که در شرایط تنش شدید و بدون تنش کم‌آبی، کلیه سطوح کمپوست مورد بررسی در مقایسه با سطوح شاهد به صورت معنی‌داری فعالیت این آنزیم را افزایش دادند. در شرایط تنش ملایم، سطح ۳۵ درصد وزنی نسبت به سطح شاهد منجر به افزایش معنی‌داری فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز شد، در حالی که با سایر سطوح کمپوست مورد استفاده تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

مکانیسم‌هایی که تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند، نقش مهمی در بهبود تحمل به تنش کم‌آبی ایفا می‌کنند (Abrishamchi et al., 2012). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، دارای سیستم دفاعی کارآمدی هستند که می‌توانند رادیکال‌های آزاد (نظیر H_2O_2 ، OH^- و O_2^-) را از بین برده و یا خنثی کنند (Abrishamchi et al., 2012). این سیستم دفاعی شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POX)، کاتالاز (CAT) و غیره می‌باشند. اولین پاسخ گیاهان به تنش‌های آبی بستن روزنه‌ها و کاهش ترق است (Porsa et al., 2001). بستن روزنه‌ها منجر به کاهش غلظت CO_2 در سلول‌های مزوفیل برگ و تجمع NADPH می‌گردد که در این حالت اکسیژن به عنوان پذیرنده نهایی الکترون‌ها عمل می‌کند و رادیکال سوپراکسید (O_2^-) ایجاد می‌شود (Rahbarian et al., 2011). در شرایط تنش های کم‌آبی شدید بر روی ارقام گیاه عدس مشخص شد که برخی عناصر مورد نیاز جهت فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند منیزیم و آهن کاهش می‌یابد، در نتیجه سیستم دفاعی در برابر تنش اکسیداتیو کارآمد نیست و مقاومت گیاه نسبت به تنش به شدت کاهش می‌یابد (Ahmadpour et al., 2016). مهم‌ترین و برجسته‌ترین ویژگی استفاده از کود کمپوست بالا بودن میزان عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از در مقایسه با سایر کودهای شیمیایی و حیوانی است (Hargreaves et al., 2008). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کود کمپوست با در دسترس قرار دادن برخی عناصر مغذی

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط بدون تنش کم آبی، سطوح ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی کمپوست در تمامی صفات مورد بررسی به جز فعالیت آنزیم پراکسیداز بر سطح شاهد برتری داشت. زمانی که بستر کشت گیاه با تنش کم‌آبی ملایم و شدید روبه‌رو شد، کاهش معنی‌دار در کلیه صفات مورد بررسی رخ داد. افزودن کود کمپوست به خاک به خصوص در سطوح ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی در اکثر صفات مورد بررسی (محتوای آب نسبی برگ، پایداری غشاء سلول، فتوسنتز خالص، کارایی مصرف آب، محتوای پرولین، محتوای پروتئین کل محلول برگ، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) در شرایط تنش ملایم منجر به بهبود اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی شد. در شرایط تنش کم‌آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، سطح ۳۵ درصد وزنی کمپوست موجب افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی، کارایی مصرف آب، فتوسنتز خالص، CO_2 درون برگ، محتوای پروتئین کل، فعالیت آنزیم پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با سطح شاهد شد. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان کاربرد کمپوست زباله‌تر شهری را در سطوح ۲۵ و ۳۵ درصد وزنی در جهت بهبود اثرات منفی تنش کم‌آبی برای گیاه عدس پیشنهاد داد.

منابع

1. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 17-30. (In Persian with English Summary).
2. Ahmadpour, R., and Hosseinzadeh, S.R. 2017. Change in growth and photosynthetic parameters of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to methanol foliar application and drought stress. International Journal Agriculture and Bioscience 6(1): 7-12.

3. Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R., and Chashiani, S. 2016. Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to moisture stress. Journal of Iranian Plant Echophysiological Research 2(2): 123-135. (In Persian with English Summary).
4. Amiri, H., Ismaili, A., and Hosseinzadeh, S.R. 2017. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. karaj). Compost Science and Utilization 26: 1-14.
5. Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil Environment 39: 205-207.
6. Bayoumi, T.Y., Eid, M., and Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology 7: 2341-2352.
7. Beauchamp, C., and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acryl amide gels. Annual Reviw Biochemistry 44: 276-287.
8. Bender Ozenç, D. 2006. Effects of composted hazelnut husk on growth of tomato plants. Compost Science and Utilization 14: 271-275.
9. Bender Özenç, D. 2008. Growth and transpiration of tomato seedlings grown in Hazelnut Husk compost under water-deficit stress. Compost Science and Utilization 16: 125-13.
10. Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P., and Parsa, M. 2010. The effect of vermicompost on salt tolerance of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecology 23: 474-485.
11. Bian, Sh., and Jiang, Y. 2008. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae 120: 264-270.
12. Bolandnazar, S., Aliasgarzad, N., Neishabury, M.R., and Chaparzadeh, N. 2007. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficit condition. Scientia Horticulturae 114: 11-15.
13. Chanda, G.K., Bhunia, G., and Chakraborty, S.K. 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. Journal of Horticulture and Forestry 3(2): 42-45.
14. Chandlee, J.M., and Scandalios, J.G. 1984. Analysis of variants affecting the catalase development program in Maize scutellum. Journal of Apply Genetic 69: 71-77.
15. Chaoui, H.I., Zibilske, L.M., and Ohno, T. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. Soil Biology and Biochemistry 35: 295-302.
16. FAO. 2014. <http://www.fao.org>.
17. Gajalakshmi, S., and Abbasi, S.A. 2002. Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of *Crassandra undulaefolia*, and on several vegetables. Bioresource Technology 85: 197-199.
18. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agriculture Water Management 98: 1477-1484.
19. Hargreaves, J.C., Adl, M.S., and Warman, P.R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agriculture Ecosystem and Environment 123: 1-14.
20. Helal, R.M., and Samir, M. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. Australian Journal Crops Science 1: 31-36.
21. Holy, M.C. 1972. Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. Journal of Plant Physiology 50: 15-18.
22. Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2011. Effects of supplementary irrigation on yield and yield components of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad climate. Journal of Water and Soil 25(3): 625-633. (In Persian with English Summary).
23. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica 54 (1): 87-92.
24. Johnson, J.D., Tognetti, T., and Paris, P. 2002. Water relations and gas exchange in poplar and willow under water stress and elevated atmospheric CO₂. Physiology Plantarum 115: 93-100.
25. Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., and Abdely, C. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. Hazardous Materials 171(3): 29-37.
26. Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology 72: 9-17.
27. Mylavaram, R.S., and Zinati, G.M. 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. Scientia Horticulturae 120: 426-430.

28. Oweis, T., Hachum A., and Pala, M. 2005. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agriculture Water Management* 68: 251-265.
29. Porsa, H., Bagheri, A., Nezami, A., Mohammadabadi, A.A., and Langari, M. 2001. Evaluation of fall winter planting of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dryland conditions of North Khorasan. *Iranian Journal of Science and Technology* 16: 143-152. (In Persian with English Summary).
30. Pritam, S.V.K., and Garg, C.P.K. 2010. Growth and yield response of marigold to potting media containing vermicompost produced from different wastes. *Environmentalist* 30: 123-130.
31. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri A.R., and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia* 53: 47-56.
32. Rasti Sani, M., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 5(1):103-116.
33. Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2001. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184: 55-61.
34. 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.
35. Unyayar, S., Kele, Y., and Cekic, F.O. 2005. The antioxidative response of two tomato species with different drought tolerances as a result of drought and cadmium stress combinations. *Plant Soil Environment* 51(2): 57-64.

Effect of compost fertilizer on antioxidant activity and physiological characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik) under water stress

Ahmadpour¹, R., Armand^{*1}, N., Hosseinzadeh², S.R. & Rigi³, G.

1. Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Iran
(ahmadpour@bkatu.ac.ir; nezam_armand@yahoo.com; respectively)

2. Department of Biology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran; hossinzadeh_tmu@yahoo.com

3. Department of Genetics, Faculty of Science, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran; garshasbiotech@sku.ac.ir

Received: 22 April 2017
Accepted: 9 September 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63836

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* M. cv. GACHSARAN) has a high percentage of protein content, in comparison with animal protein so it is an important food source especially for people on low incomes and in developing countries. Lentil is a crop grown all over the world and is compatible with different climatic conditions; from temperate to thermal and humid to arid. Water stress is the most critical environmental factor that limits crop production. Yield reductions reported from different parts of the world caused by drought stress average at more than 50%. Responses of plants to moisture deficiency in soil are different and depend on the intensity and period of stress. These responses are of two types: 1- Moisture deficiency in low intensity leads to transpiration reduction, disruption of water translocation from roots to shoots, reduction of the photosynthetic products which ultimately lowers crop and morphological traits. 2- Moisture deficiency in high intensity that produces reactive oxygen species (ROS) in plants; it has a detrimental effect on D₁ protein of PSII, electron transport and production of high-energy molecules such as ATP and NADPH. In recent decades, bio-fertilizer appli Study on the effects of organic fertilizer such as compost demonstrated that using this fertilizer can increase nitrogen in the soil by about 42%, phosphorus by about 29% and potassium by 57% cation has become a common method for improving land affected by drought. In comparison with other organic fertilizers, compost consists of high levels of nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, as well as micronutrients such as iron, zinc, copper and manganese. Compost is rich in humic compounds and researchers speculate that the hormone-like activities of humic substances play a role in amelioration of water deficit stress. Agricultural land in Iran is facing water shortage and lentil is an economically valuable crop that has a significant role in the human diet. The aim of this study was to investigate reducing the negative effects of water stress with compost fertilizer application.

Materials & Methods

In order to evaluate the effects of compost fertilizer on physiological and biochemical indices of lentil under water stress, a factorial experiment based on completely randomized design was conducted with three replications in 2016 at the Khatam-Alanbia University of Technology. Treatments consisted of five levels compost fertilizer and soil ratio (0:100, 5:95, 15:85, 25:75 and 35:65) and three levels of water stress non-stress (75% of field capacity), moderate stress (50% of field capacity) and severe stress (25% of field capacity). The internal leaf CO₂ concentration (ppm), net-photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and water-use efficiency ($\text{kg mm}^{-1} \text{ha}^{-1}$) were measured on the central sector of the youngest fully-expanded leaf and non-detached young. Measurements were performed between 9:00 and 11:00 am using a portable infrared gas analyzer (KR8700 system; Korea Tech Inc. Suwon., Korea). Evaluation of the F_v/F_m ratio was determined for lentil plants using a portable chlorophyll fluorometer (Pocket PEA, Hansatech, Instruments Ltd., King's Lynn, Norfolk, England). Proline assay was determined according to the method cited in of Bates et al. (1973). Leaf soluble protein was measured by the Lowry method. Peroxidase enzyme (EC

*Corresponding Author: armandnezam@yahoo.com

1.11.1.7, POX) activity was measured by Holy protocol. To measure activity of catalase enzyme (EC 1.11.1.6, CAT), the Candlee & Scandalios (1984) method was used. The method cited in Beauchamp & Fridovich (1971) was applied for measuring superoxide dismutase activity (EC 1.15.1.1, SOD).

Results & Discussion

All of the physiological traits were mainly affected by severe water stress. Results showed that under non-stress, compost fertilizer application (25 and 35 Wt %) resulted in a significant increase in all studied traits. Under moderate and severe stress, application of compost (35 Wt%) significantly increased RWC (3.3%, 6.17%), Cell membrane stability (5.4%), leaf CO₂ consenteration (9.3%), net-photosynthesis (58.77%, 65.3%), WUE (12.13%, 22.47%), proline (3%), total protein (18.8%, 7.9%), POX (3.7%, 18.9%), CAT (3.7%) and SOD (1.3%, 12.5%). Compost containing high levels of nutrients, plant hormones, and with good water storage capacity leads to improved uptake of nutrients that serves to reduce the detrimental effects of drought stress. Humic and fulvic acids and other organic acids found in compost, as well as the frequency of nutrients, especially nitrogen can stimulate physiological traits.

Conclusion

In summary, due to the structural properties and mineral nutrients in compost it has several advantages compared to cultivation in the soil alone. This study demonstrated that the addition of compost to soil (25 and 35 Wt%) increased RWC, Cell membrane stability, leaf CO₂ consenteration, net-photosynthesis, WUE, proline, total protein, POX, CAT and SOD. The use of compost in the soil increased N content of soil leads to increased proline and protein biosynthesis in plants, and these compounds have the role of protecting osmosis (compatible osmolyte) in water deficit conditions. Using the ratio of 35:65 (compost:soil) presented the most effective levels of compost for reducing the negative impact of water deficit stress.

Keywords: Antioxidant enzyme activity, Environmental stresses, Net-photosynthesis, Organic fertilizers

اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر اجزای عملکرد، عملکرد و بهره‌وری نیتروژن دو رقم عدس دیم

محمد بنایان^{۱*}، فاطمه یعقوبی^۲، زهرا رشیدی^۳ و سیاوش برده‌جی^۴

۱- استاد گروه آگرو تکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، fa.yaghoubi@stu.um.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری آگرو اکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، rashidi_z@ymail.com

۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آگرو اکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، siavash.bardehji@stu.um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای آن و همچنین مطالعه کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن دو رقم عدس دیم، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. فاکتور اصلی این آزمایش سطوح مختلف کود نیتروژن از منبع اوره (۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور فرعی شامل دو رقم عدس دیم (بیرجند و رباط) بود. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه به ترتیب در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند و تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط حاصل شد. تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند حداکثر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه (۳۳۸/۲۳ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۳۲۹۱/۶۸ کیلوگرم در هکتار)، میزان نیتروژن زیست‌توده و کارایی جذب نیتروژن را به خود اختصاص داد. بالاترین بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه (۳/۳۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) و زیست‌توده (۳۳/۴۸ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم خاک) در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن و رقم بیرجند به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند نداشت. با توجه به نتایج حاصله به منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف کود و جلوگیری از تبعات منفی ناشی از زیادی مصرف آن، مصرف ۴۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و استفاده از رقم بیرجند با رعایت تاریخ کاشت بهینه (با توجه به دیررس بودن آن) برای کشت عدس به صورت دیم در منطقه مورد مطالعه، مطلوب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: رقم بیرجند، رقم رباط، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن

مقدمه

تولید محصولات زراعی و ۱۵/۸ درصد از کل میزان تولید حبوبات است. عملکرد عدس کشور در اراضی آبی ۱۱۹۵ کیلوگرم در هکتار و در اراضی دیم ۴۷۶ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (MAJ, 2015). عوامل مختلفی در پایین بودن عملکرد عدس مؤثر هستند که مهم‌ترین آن‌ها پتانسیل پایین عملکرد ارقام بومی و عدم رعایت نکات به زراعی از جمله محدودیت یا توزیع نامناسب مصرف کود در مورد آن است (Sabaghpour et al., 2013). عدس با دارا بودن حدود ۲۵ درصد پروتئین و عملکرد متوسط ۷۵۰ کیلوگرم دانه در هکتار تقریباً ۳۷/۵ کیلوگرم نیتروژن خالص (N)، ۱۰/۵ کیلوگرم فسفر خالص (P₂O₅) و ۲۸/۲ کیلوگرم پتاس (K₂O) از یک هکتار زمین برداشت می‌کند (Azad & Gill, 1989).

گیاه عدس (*Lens culinaris Medic.*) به عنوان یکی از مهم‌ترین حبوبات سرمادوست، منبع عمده پروتئین در تغذیه انسان و دام بوده (Miguel et al., 2005) که در ایران اغلب به صورت دیم کشت می‌گردد. این گیاه به علت توانایی تثبیت نیتروژن، موجب افزایش حاصلخیزی خاک شده و در تناوب با برخی از گیاهان زراعی خصوصاً غلاتی مانند گندم و جو، بهبود و پایداری عملکرد را به دنبال خواهد داشت (Bagheri & Parsa, 2009). سطح زیر کشت عدس در ایران ۱۵۵۷۰۰ هکتار برآورد شده که سهم اراضی دیم ۹۴/۷ درصد و بقیه به صورت کشت آبی می‌باشد. میزان تولید عدس در کشور حدود ۸۰ هزار تن برآورد شده که معادل ۰/۱ درصد از کل میزان

* نویسنده مسئول: banayan@um.ac.ir

نیتروژن، می‌تواند به راحتی شسته شود و موجب آلودگی بیشتر منابع آبی گردد (Coque & Gallais, 2007). به‌طور کلی، کارایی به مقدار محصول تولیدشده به ازای هر واحد نهاده مصرف‌شده گفته می‌شود. کارایی زراعی یا بهره‌وری نیتروژن نیز به‌عنوان عملکرد دانه تولیدشده به ازای واحد نیتروژن در دسترس تعریف می‌گردد که حاصلضرب دو فاکتور فیزیولوژیک شامل کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن و کارایی مصرف یا کارایی فیزیولوژیک نیتروژن می‌باشد. کارایی جذب، میزان نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه به ازای واحد نیتروژن قابل‌دسترس و کارایی مصرف میزان عملکرد دانه تولیدشده به ازای واحد نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه می‌باشد (Moll et al., 1982).

Joudi et al, (2011) در مطالعه‌ای بر روی چهار ژنوتیپ عدس نشان دادند تأثیر سطوح کود نیتروژن بر کارایی زراعی و بازیافت نیتروژن معنی‌دار نبود. Mohammadjanloo et al, (2012) ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار درصد نیتروژن دانه، جذب نیتروژن در دانه، درصد پروتئین در دانه و درصد نیتروژن اندام هوایی عدس را به‌طور معنی‌داری نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن افزایش داد.

با توجه به این‌که بهبود کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی در کشت‌بوم‌های زراعی به علت آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از ورود نیتروژن اضافی به منابع طبیعی و در نتیجه برهم‌خوردن تعادل آن‌ها، امری ضروری بوده و همچنین با در نظر گرفتن این مسئله که تأمین کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عدس به کمک مصرف دقیق کودها به ویژه در خاک‌های فقیر باعث افزایش میزان محصول و بهبود کارایی مصرف نیتروژن خواهد گردید، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم عدس دیم تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و همچنین بررسی کارایی جذب، مصرف و در نهایت بهره‌وری نیتروژن برای تعیین بهترین سطح کودی و رقم برای منطقه مورد مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب‌شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ درجه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. متوسط بارندگی سالانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب

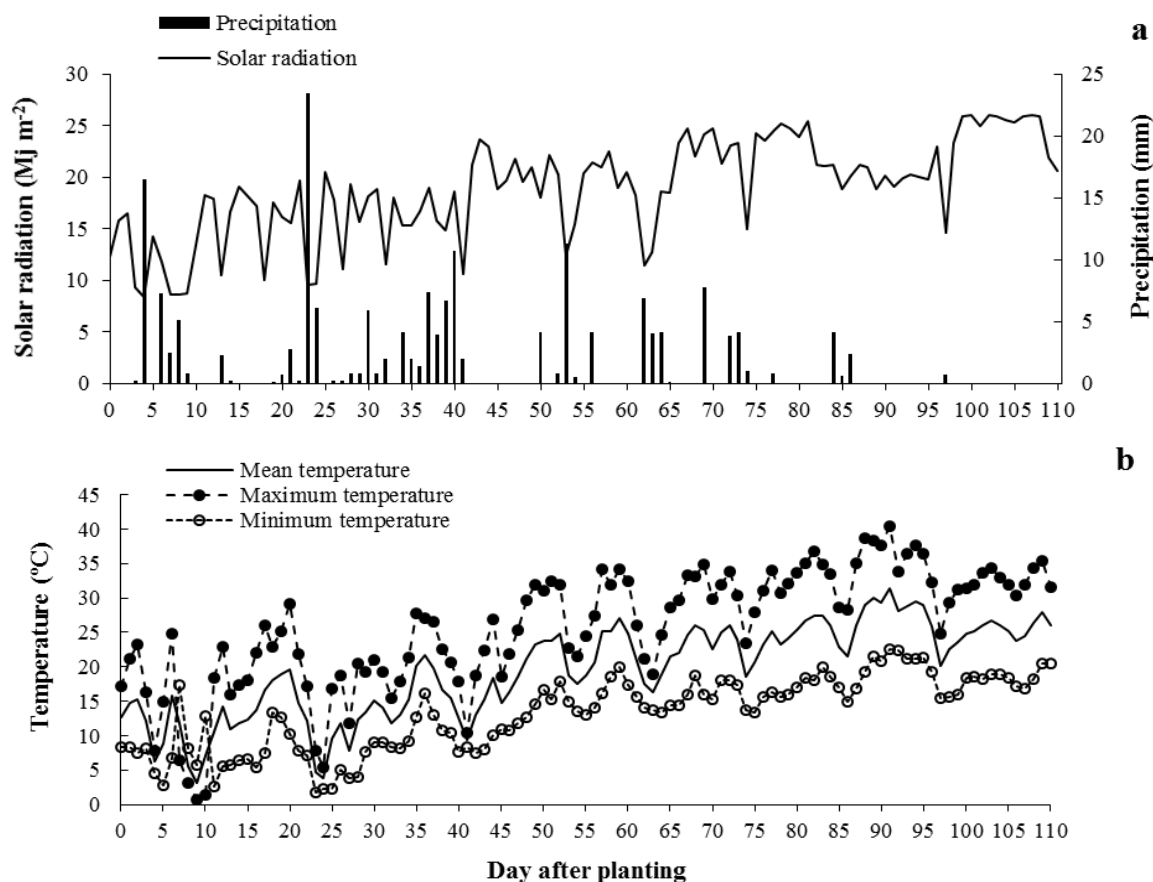
نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی در تولید گیاهان زراعی به شمار می‌آید که کمبود آن تقریباً در همه جا وجود دارد و بیش از هر عنصر دیگری عامل محدودکننده رشد است (Feiziasl et al., 2014). جذب و شرکت نیتروژن در متابولیسم گیاهی بیشتر به عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و خصوصیات ژنتیکی گیاه از جمله خصوصیات ریشه و قدرت انتقال مجدد نیتروژن بستگی دارد که این موضوع مشکلات مدیریت مصرف نیتروژن را در شرایط دیم دوچندان می‌کند (Feiziasl et al., 2014). در مناطق گرم و خشک به دلیل کمبود مواد آلی ناشی از تجزیه سریع و فقدان باقیمانده گیاهی، کمبود نیتروژن احساس می‌شود و در این مورد نیتروژن اولیه خاک، کمتر می‌تواند نیاز نیتروژن گیاه را تأمین نماید؛ در نتیجه عدم تعادل مواد غذایی در خاک می‌تواند اختلالاتی را در جذب مواد غذایی به‌وجود آورد (Bagheri et al., 1997).

مصرف کود نیتروژن در حبوبات به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) شده است (Mohammadzadeh et al., 2012). Kumar et al, (1993) گزارش کردند که با کاربرد ۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تعداد غلاف و عملکرد دانه عدس به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. Togay et al, (2005) با بررسی تأثیر سطوح نیتروژن (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) و چهار ترکیب نیتروژن (نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، اوره و نیتروژن آلی) در دو سال بر روی عدس دریافتند که با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع سولفات آمونیوم، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Nakhzari Moghadam & Ramroudi (2003) در بررسی میزان نیتروژن سرک بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس نشان دادند که نیتروژن بر هیچ یک از اجزای عملکرد و عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشت. Mohseni Mohammadjanloo et al, (2012) نشان دادند که مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعداد کل غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه عدس را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

با وجود مزایای بی‌شمار کودهای نیتروژن‌دار در افزایش رشد، تولید و عملکرد گیاهان زراعی، مصرف بیش از حد آن‌ها می‌تواند از طریق آلودگی و فرسایش موجب افزایش آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی و افزایش هزینه‌ها گردد. بر طبق برآوردهای انجام‌شده تنها حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد کود نیتروژنه اضافه‌شده به خاک از طریق محصول کشاورزی از خاک خارج می‌شود (Koocheki et al., 2015). البته این مقدار نیز با افزایش کاربرد کود کاهش می‌یابد. در نتیجه، میزان باقیمانده کود در خاک افزایش می‌یابد و علاوه بر کاهش کارایی مصرف

رشد عدس (اسفند تا تیرماه) و در سال زراعی مورد مطالعه برای ایستگاه هواشناسی مشهد نشان می‌دهد.

و هوای منطقه براساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد. شکل ۱ مشخصات هواشناسی محل آزمایش را در طول فصل



شکل ۱- الف: بارندگی و تشعشع روزانه، ب: میانگین دما، دمای حداکثر و حداقل روزانه ایستگاه هواشناسی مشهد در طول فصل رشد عدس طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴

Fig. 1. a: Daily precipitation and solar radiation; b: daily mean, maximum and minimum temperature of Mashhad meteorological station during the lentil growing season in 2015-2016

جدول ۱ نشان داده شده است. پس از آماده‌سازی زمین تیمار کودی در نسبت‌های ذکر شده اعمال گردید. جهت پیشگیری از بروز بیماری‌های خاکزی، ضدعفونی بذور قبل از کاشت توسط قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار انجام شد. کشت عدس در ۱۹ اسفندماه ۱۳۹۴ در عمق سه سانتی‌متری خاک و در کرت‌هایی با ابعاد ۱/۵ در ۴ متر صورت گرفت. فاصله خطوط کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲/۵ سانتی‌متر بود. وجین علف‌های هرز به صورت دستی در طی فصل رشد صورت گرفت و همچنین در طول فصل رشد از هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کشی استفاده نشد.

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن کود نیتروژن به عنوان عامل اصلی در سه سطح (صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و ارقام عدس دیم به عنوان عامل فرعی در دو سطح (رباط و بیرجند) در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل اسفندماه ۱۳۹۴ انجام شد؛ بدین صورت که ابتدا شخم و سپس دوبار دیسک عمودبرهم زده شد و با لولر تسطیح صورت گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه جهت انجام تجزیه های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد که نتایج آن در

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical particular of research station soil

کلاس بافت خاک Soil texture class	درصد ذرات Particle percent			نیتروژن (میلی گرم بر کیلوگرم) Nitrogen (mg kg ⁻¹)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زمینس بر متر) EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH
	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt				
لومی Loamy	39.84	12.74	47.42	15.52	0.96	0.58	7.45

موجود در خاک بر اساس عمق ۳۰ سانتی متری و وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۵۵ گرم در سانتی متر مکعب) صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد و عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کود نیتروژن تأثیر معنی داری ($p \leq 0.05$) بر تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک داشت. بین دو رقم مورد مطالعه از نظر تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) و از نظر تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) وجود داشت. اثر متقابل کود نیتروژن و رقم نیز بر تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) و بر تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) معنی دار بود (جدول ۲).

بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۳۳/۴۷ در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند و کمترین میزان آن با میانگین ۱۷/۶۰ در تیمار ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط حاصل شد (شکل ۲-ا). اختلاف بین تیمارها با توجه به معنی دار نبودن اثر کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته (جدول ۲) ناشی از اختلاف بین دو رقم بوده است، به طوری که در تمامی سطوح کود نیتروژن رقم بیرجند تعداد غلاف در بوته بالاتری نسبت به رقم رباط داشت (شکل ۲-ب). در برخی مطالعات همبستگی مثبت و معنی داری بین تعداد غلاف در بوته و طول دوره رشد زایشی عدس گزارش شده است، به طوری که افزایش طول دوره رشد زایشی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شده است (Manova & Manara, 1988; Hosseini et al., 2011)، لذا بالاتر بودن این صفت برای رقم بیرجند احتمالاً به طول دوره رشد زایشی بالاتر این رقم نسبت به رقم رباط مربوط می گردد (جدول ۳).

زمان مراحل فنولوژیک بر اساس زمان وقوع ۵۰ درصد هر یک از مراحل سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی (رشد رویشی)، گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (رشد زایشی) برای هر کرت مشخص و ثبت گردید. به منظور تعیین اجزای عملکرد، در پایان فصل رشد تعداد پنج بوته به طور تصادفی از هر کرت برداشت و تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در هر غلاف و وزن ۱۰۰ دانه اندازه گیری و ثبت شد. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز پس از حذف اثرات حاشیه ای (یک ردیف کناری از هر طرف و نیم متر از بالا و پایین هر کرت) با برداشت سطحی معادل سه متر مربع از وسط هر کرت تعیین گردید. به منظور تعیین درصد نیتروژن اندام های هوایی، ابتدا نمونه های گیاهی آسیاب و پس از هضم با اسید سولفوریک و کاتالیزور، درصد نیتروژن موجود در عصاره حاصل توسط روش کج لیدال اندازه گیری شد. محاسبه شاخص های مختلف کارایی نیتروژن بر اساس مطالعه Bingham et al, (2012) طبق معادلات یک تا پنج به صورت زیر انجام شد.

$$\begin{aligned} \text{NupE} &= N_{\text{off}} / N_s & 1 \\ \text{NutE}_b &= B / N_{\text{off}} & 2 \\ \text{NutE}_s &= S_w / N_{\text{off}} & 3 \\ \text{NUE}_b &= B / N_s & 4 \\ \text{NUE}_s &= S_w / N_s & 5 \end{aligned}$$

در این معادلات، NupE کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن، N_{off} میزان نیتروژن موجود در زیست توده (کیلوگرم در هکتار)، N_s میزان نیتروژن موجود در خاک (کیلوگرم در هکتار) که شامل نیتروژن اولیه خاک و نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) می باشد؛ NutE_b کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد زیست توده؛ B عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار)؛ NutE_s کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد دانه؛ S_w عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)؛ NUE_b بهره وری یا کارایی استفاده نیتروژن بر حسب عملکرد زیست توده و NUE_s بهره وری یا کارایی استفاده نیتروژن بر حسب عملکرد دانه می باشد.

میزان نیتروژن زیست توده از حاصل ضرب درصد نیتروژن در وزن خشک زیست توده تعیین شد. محاسبه میزان نیتروژن

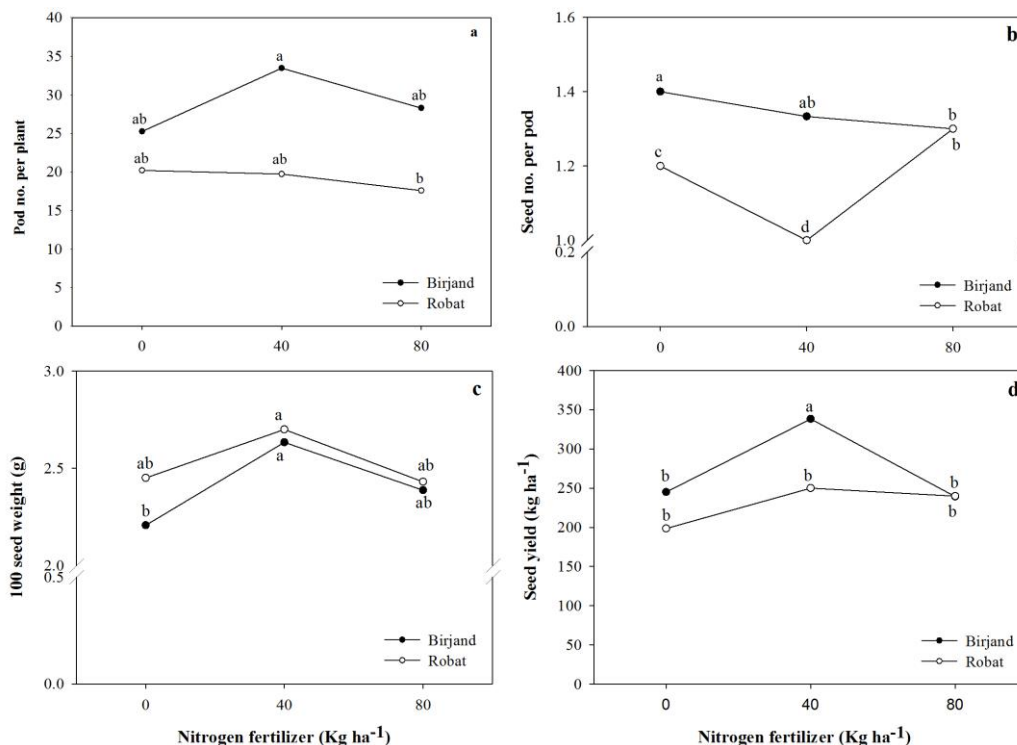
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کود نیتروژن و رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد عدس

Table 2. Analysis of variance for effects of nitrogen fertilizer and cultivar on yield components and yield of lentil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
		تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	36.42 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.105 ^{ns}	454.30 ^{ns}	24578.87 ^{ns}	0.76 ^{ns}
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	2	28.32 ^{ns}	0.035 [*]	0.188 [*]	8530.45 [*]	692404.28 [*]	1.28 ^{ns}
خطای a Error a	4	63.77	0.002	0.079	1166.26	44619.51	2.11
رقم Cultivar	1	435.13 [*]	0.142 ^{**}	0.062 ^{ns}	8986.94 [*]	8417619.07 ^{**}	317.46 ^{**}
کود نیتروژن × رقم Nitrogen fertilizer × cultivar	2	29.01 [*]	0.042 ^{**}	0.018 [*]	2962.68 [*]	719876.49 ^{**}	9.80 [*]
خطای b Error b	6	54.1	0.002	0.023	1388.68	64708.12	1.46
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	29.52	3.75	6.13	14.79	13.42	8.05

* و **: به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

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



شکل ۲- اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: (a) تعداد غلاف در بوته، (b) تعداد دانه در غلاف، (c) وزن ۱۰۰ دانه و (d) عملکرد دانه

Fig. 2. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) pod no. per plant, b) seed no. per pod, c) 100 seed weight and d) seed yield

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

جدول ۳- میانگین فواصل زمانی مراحل فنولوژیکی دو رقم بیرجند و رباط
Table 3. The duration of the phenological stages of Birjand and Robat cultivars

مرحله رشدی Growth stage	رقم بیرجند Birjand cultivar		رقم رباط Robat cultivar	
	درجه روز رشد GDD	تعداد روز Days	درجه روز رشد GDD	تعداد روز Days
کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	88.43	14	74.79	12
سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	669.98	54.22	583.86	50.33
گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	679.35	33.22	538.27	28
کاشت تا برداشت Planting to harvesting	1437.77	101.44	1196.91	90.33

بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۲/۷۰ گرم) در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط به دست آمد که با تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند در یک سطح قرار گرفت (شکل ۲-۲). با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0.46$) تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه (جدول ۴)، می‌توان علت این امر را به تشکیل تعداد دانه کمتر در غلاف و به دنبال آن افزایش سهم مواد فتوسنتزی انتقال یافته به دانه‌های این تیمار نسبت به سایر تیمارها نسبت داد. برخی مطالعات توسعه دوره رشد کند دانه را سبب افزایش وزن ۱۰۰ دانه دانسته‌اند و بیان کرده‌اند که بیشتر تقسیمات سلول‌های مولد آندوسپرم در این دوره اتفاق می‌افتد.

بیشترین تعداد دانه در غلاف (۱/۴۰) در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی و رقم بیرجند حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند (۱/۳۳) نداشت. کمترین مقدار این صفت (۱) نیز در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط به دست آمد (شکل ۲-۲). برخی محققان معتقدند که با افزایش طول دوره زایشی، تعداد دانه در غلاف نیز افزایش می‌یابد (Monteith, 1977)، در این بین طول دوره از زمان طویل شدن غلاف تا پُر شدن دانه دارای بیشترین تأثیر بر تعداد بذر در هر غلاف است (Bagheri *et al.*, 1997)، لذا شاید اختلاف طول دوره زایشی بین تیمارها به علت مصرف کود نیتروژن و تفاوت ژنتیکی دو رقم سبب بروز این نتایج شده است.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد عدس
Table 4- Correlation coefficients between yield components and yield of lentil

متغیر Variable	تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	1					
تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	0.39 ^{ns}	1				
وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	-0.01 ^{ns}	-0.46 *	1			
عملکرد دانه Seed yield	0.69**	0.20 ^{ns}	0.23 ^{ns}	1		
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.67 **	0.56 *	-0.07 ^{ns}	0.77 **	1	
شاخص برداشت Harvest index	-0.51 *	-0.7 **	0.34 ^{ns}	0.45 *	-0.89 **	1

* و **: به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

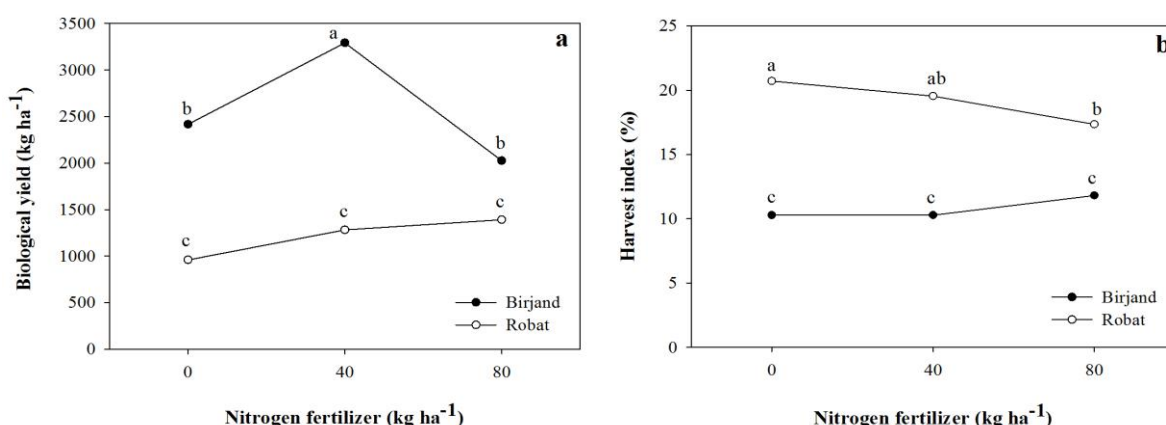
*, **: Significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

دادند که مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد دانه را نسبت به سطح ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در مطالعه Joudi *et al.*, (2011) نیز بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. تعداد غلاف در بوته حساس‌ترین و مهم‌ترین خصوصیت در تعیین عملکرد محسوب می‌شود و بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد (Tiwari & Vyas, 1994; Ghahghaei *et al.*, 2010) که با نتایج این تحقیق منطبق است (جدول ۴)، لذا علت بالا بودن عملکرد در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند را می‌توان به تعداد غلاف در بوته بیشتر و علاوه بر آن وزن ۱۰۰ دانه بالاتر این تیمار نسبت داد (شکل ۲-۳). Murari *et al.*, (1988) و Younis *et al.*, (2008) بیان داشتند که وزن ۱۰۰ دانه به‌عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده عملکرد دانه در عدس، اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه دارد.

حداکثر عملکرد بیولوژیک با میانگین ۳۲۹۱/۶۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند به‌دست آمد (شکل ۳-۳). در این تیمار به دلیل وجود نیتروژن کافی در دوران رشد رویشی، گیاه فرصت داشته تا شاخص سطح برگ خود را افزایش دهد و رشد اندام هوایی به خوبی صورت گیرد. در تمام سطوح کود نیتروژن، رقم بیرجند دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم رباط بود و با آن اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۳-۳). این امر می‌تواند به دیررس بودن رقم بیرجند نسبت به رقم رباط و بیشتر بودن طول دوره رشد رویشی این رقم مربوط باشد (جدول ۳).

لذا کوتاه‌شدن این دوره به هر دلیل از جمله تنش تغذیه ای باعث اختلال در تقسیم و تولید سلول‌های کمتری در آندوسپرم خواهد شد (Saeidipour, 2010). با توجه به مطالب بیان‌شده طولانی‌بودن دوره پُرشدن دانه در رقم بیرجند (جدول ۳) سبب شده است باوجود بالا بودن تعداد دانه در غلاف در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند، وزن ۱۰۰ دانه در این تیمار بالا باشد. آزمایشات زیادی همبستگی بسیار نزدیک و مثبتی بین تعداد سلول‌های آندوسپرم و عملکرد یا وزن دانه را نشان داده است (Hashemidezfooli *et al.*, 1998). کمترین وزن ۱۰۰ دانه نیز در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و رقم بیرجند به‌دست آمد (شکل ۲-۳) که بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشت (شکل ۲-۳).

تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند بیشترین عملکرد دانه را با میانگین ۳۳۸/۲۳ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۲-۳). مصرف کود نیتروژن در حبوبات به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) شده است (Hatami *et al.*, 2009). وجود کود نیتروژن سبب استقرار سریع‌تر گیاه در مزرعه، افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. همچنین وجود نیتروژن در ابتدا و تا قبل از این‌که تثبیت نیتروژن توسط گرهمک‌های ریشه در گیاه صورت گیرد، نیتروژن مورد نیاز آن را تأمین می‌نماید (Kashafi *et al.*, 2011). Mohseni Mohammadjanloo *et al.*, (2012) نیز نشان



شکل ۳-۳. اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: (a) عملکرد بیولوژیک و (b) شاخص برداشت

Fig. 3. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) biological yield and b) harvest index

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۲۰/۷۱ درصد در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و رقم رباط به‌دست آمد (شکل ۳-b) که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را دارا بود (شکل ۳-a). در سایر سطوح کود نیتروژن نیز رقم رباط بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داد (شکل ۶). شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه ($r=0/45$) و همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک ($r=-0/89$) داشت (جدول ۴). لذا با توجه به همبستگی بیشتر شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک می‌توان نتیجه گرفت شاخص برداشت بالاتر رقم رباط، به عملکرد بیولوژیک پایین‌تر این رقم مربوط می‌گردد (شکل ۳-a).

بهره‌وری نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده نشان داد که کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر درصد و میزان نیتروژن زیست‌توده و کارایی جذب

نیتروژن در سطح احتمال پنج‌درصد ($p \leq 0/05$) و بر بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه در سطح احتمال یک‌درصد ($p \leq 0/01$) داشت. بین دو رقم مورد مطالعه از نظر میزان نیتروژن زیست‌توده، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/01$) مشاهده شد. اثر متقابل کود نیتروژن و رقم نیز بر کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه در سطح احتمال پنج‌درصد ($p \leq 0/05$) و بر میزان نیتروژن زیست‌توده، کارایی جذب و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در سطح احتمال یک‌درصد ($p \leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کود نیتروژن و رقم بر میزان نیتروژن زیست‌توده، کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه عدس

Table 5. Analysis of variance for effects of nitrogen fertilizer and cultivar on nitrogen content of biomass, nitrogen uptake, utilization and use efficiency based on biological and seed yields of lentil

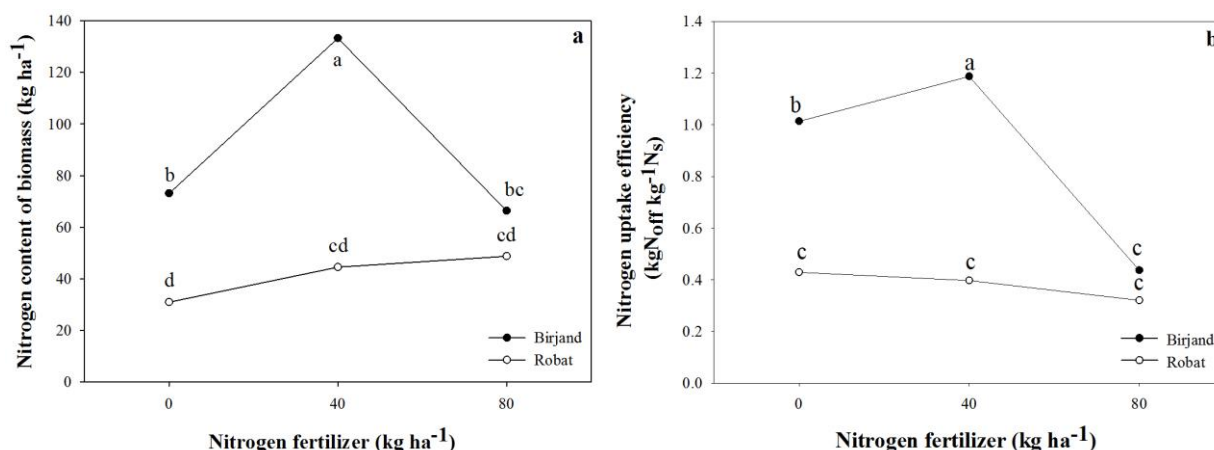
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میزان نیتروژن زیست‌توده Nitrogen content of biomass	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency	میانگین مربعات Mean of Squares			
				کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen utilization efficiency		بهره‌وری نیتروژن Nitrogen use efficiency	
				عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	2.958 ^{ns}	0.002 ^{ns}	1.442 ^{ns}	0.101 ^{ns}	4.612 ^{ns}	0.117 ^{ns}
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	2	2366.958*	0.294*	39.101 ^{ns}	0.950 ^{ns}	240.307**	3.550**
خطای a Error a	4	242.815	0.021	57.434	0.695	4.383	0.149
رقم Cultivar	1	11035.418**	1.113**	0.431 ^{ns}	27.615**	894.501**	1.017 ^{ns}
کود نیتروژن × رقم Nitrogen fertilizer × Cultivar	2	1954.513**	0.179**	22.700*	1.727*	112.875**	0.266*
خطای b Error b	4	119.03	0.007	8.11	0.403	7.362	0.187
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	16.49	13.07	9.54	14.22	14.8	17.84

زیست‌توده و عملکرد زیست‌توده وجود داشت (جدول ۶)، دلیل بالا بودن میزان نیتروژن زیست‌توده این تیمار را می‌توان به عملکرد زیست‌توده بالاتر آن نسبت داد (جدول ۷). Rostami (2008) نیز در مطالعه خود بر روی ذرت، ارتباط معنی‌داری را

بیشترین و کمترین میزان نیتروژن زیست‌توده به‌ترتیب در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند و تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم رباط به‌دست آمد (شکل ۴-a). با توجه به این‌که همبستگی بالایی بین میزان نیتروژن

بیرجند در تمامی سطوح کود نیتروژن عملکرد زیست‌توده بالاتری نسبت به رقم رباط داشت (شکل ۳-ا).

بین عملکرد و میزان نیتروژن جذب‌شده مشاهده کرد. در تمامی سطوح کود نیتروژن، رقم بیرجند میزان نیتروژن بیشتری نسبت به رقم رباط داشت (شکل ۴-ا). زیرا رقم



شکل ۴- اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: (a) میزان نیتروژن زیست‌توده و (b) کارایی جذب نیتروژن

Fig. 4. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) nitrogen content of biomass and b) nitrogen uptake efficiency

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین مقدار کود نیتروژن مصرف‌شده، میزان نیتروژن زیست‌توده، کارایی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه عدس

Table 6. Correlation coefficients between nitrogen fertilizer, nitrogen content of biomass, nitrogen uptake, utilization and use efficiency based on seed and biological yields of lentil

متغیر Variable	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	میزان نیتروژن زیست توده Nitrogen content of biomass	NupE	NutE _b	NUE _b	NutE _s	NUE _s
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	1								
عملکرد دانه Seed yield	0.14 ^{ns}	1							
عملکرد زیست‌توده Biological yield	0.01 ^{ns}	0.77**	1						
میزان نیتروژن زیست‌توده Nitrogen content of biomass	0.06 ^{ns}	0.85**	0.94**	1					
NupE	-0.40 ^{ns}	0.69**	0.87**	0.86**	1				
NutE _b	-0.14 ^{ns}	-0.45 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.49*	-0.29 ^{ns}	1			
NUE _b	-0.51*	0.50*	0.82**	0.69**	0.93**	0.01	1		
NutE _s	-0.14 ^{ns}	-0.58*	-0.88**	-0.86**	-0.77**	0.37	-0.69**	1	
NUE _s	-0.80**	0.44 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.75**	-0.06	0.78**	-0.23 ^{ns}	1

NupE، NutE_b، NUE_b، NutE_s و NUE_s: به ترتیب کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده، بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده،

کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه، بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه

NupE، NutE_b، NUE_b، NutE_s and NUE_s: nitrogen uptake efficiency, nitrogen utilization efficiency based on biological yield, nitrogen use efficiency based on biological yield, nitrogen utilization efficiency based on seed yield and nitrogen use efficiency based on seed yield, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد؛ NS: غیرمعنی‌دار

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

بیشترین کارایی جذب نیتروژن با ۱/۱۹ کیلوگرم نیتروژن اندام گیاهی به کیلوگرم نیتروژن خاک در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند به دست آمد (شکل ۴-b). در هر دو رقم تیمار ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار کمترین کارایی جذب نیتروژن را به خود اختصاص داد (شکل ۴-b). توانایی گیاه برای جذب بیشتر نیتروژن در مقادیر بیشتر مصرف نیتروژن تحت فرآیندهای متابولیکی درون گیاه و شرایط محیطی می‌باشد (Jafariani et al., 2010). از آنجایی که طبق نظر برخی از پژوهشگران، کاهش کارایی جذب نیتروژن در اثر افزایش مصرف نیتروژن به دلیل عدم توانایی ریشه گیاه برای جذب نیتروژن معدنی نیست (Sowers et al., 1994)، لذا احتمالاً مصرف زیادتر نیتروژن موجب هدررفت نیتروژن از طریق آبشویی، تصعید و یا هردو شده است و در نهایت موجب کاهش کارایی جذب گردیده است. Rochester et al, (2001) در بررسی تأثیر بقولات و سطوح کود نیتروژنه بر کارایی مصرف و جذب نیتروژن در گیاه پنبه بیان نمودند که اگر نیتروژن بالاتر از حد بهینه اقتصادی مصرف شود، کارایی جذب آن کاهش می‌یابد. Zhang et al, (2012) در آزمایشی بر روی پنبه نشان دادند که افزایش کود مصرفی از صفر به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کارایی جذب نیتروژن را به‌طور معنی داری کاهش داد. نتایج آزمایشی بر روی گیاه دارویی اسفرزه نیز نشان داد که کارایی جذب نیتروژن زیست‌توده با مقدار مصرف کود نیتروژن رابطه عکس داشت (Asadi et al., 2013). در تمامی سطوح کود نیتروژن، رقم بیرجند دارای کارایی جذب زیست‌توده بالاتری نسبت به رقم رباط بود، اما در تیمار ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری بین دو رقم وجود نداشت (شکل ۴-b). در مطالعه Rostami (2008) نیز کارایی جذب رقم دیررس ذرت در کلیه سطوح کود نیتروژن بیشتر از رقم زودرس بود.

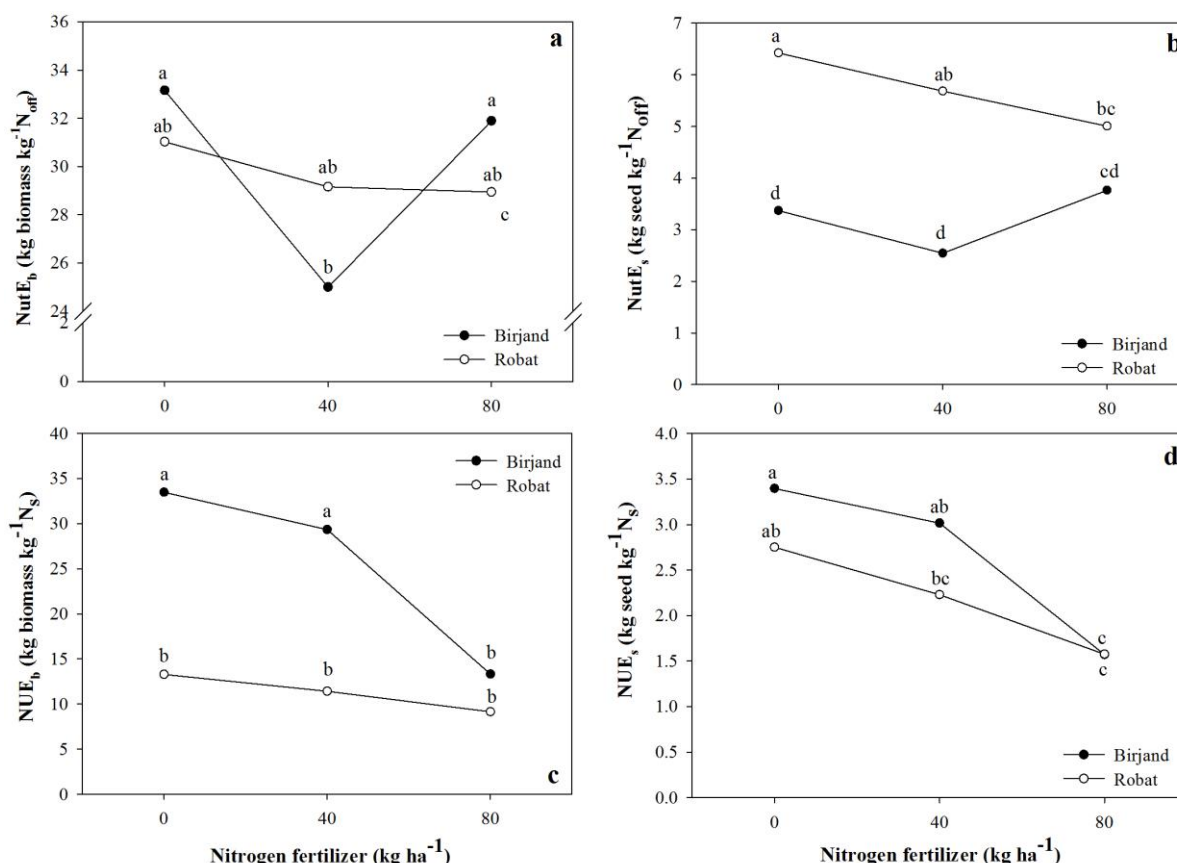
بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند و کمترین میزان آن در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند حاصل شد (شکل ۵-a). همبستگی منفی و معنی‌داری بین کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و میزان نیتروژن زیست‌توده ($r = -0/49$) وجود داشت (جدول ۶). با توجه به همبستگی مشاهده شده، دلیل بالا بودن کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند و همچنین پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند را

می‌توان به ترتیب به اختصاص یافتن پایین‌ترین و بالاترین میزان نیتروژن زیست‌توده به این تیمارها نسبت داد (شکل ۴-a). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه با میانگین ۶/۴۲ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن اندام گیاهی در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم رباط حاصل شد (شکل ۵-b). زیرا با مصرف زیادتر نیتروژن، رشد رویشی تحریک و میزان زیادتری از نیتروژن در بافت‌های رویشی ذخیره و مواد فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها منتقل شده است. Asadi et al, (2013) نیز در مطالعه‌ای بر روی گیاه اسفرزه بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه را در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به دست آوردند که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. در تمامی سطوح نیتروژن رقم رباط، کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه بالاتری را دارا بود (شکل ۵-b). با توجه به رابطه عکس بین مقدار نیتروژن جذب‌شده در زیست‌توده با کارایی مصرف نیتروژن، چنین به نظر می‌رسد که دلیل افزایش کارایی مصرف نیتروژن رقم رباط می‌تواند به دلیل زودرس‌تر بودن آن نسبت به رقم بیرجند و در نتیجه کاهش جذب نیتروژن و میزان نیتروژن زیست‌توده پایین‌تر این تیمار باشد. زیرا همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -0/86$) بین کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و میزان نیتروژن زیست‌توده وجود داشت (جدول ۶).

تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند بیشترین بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده را با میانگین ۳۳/۴۸ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن خاک به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند نداشت، اما با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ۵-c). با توجه به همبستگی مثبت معنی‌دار ($r = 0/93$) بین بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و کارایی جذب نیتروژن (جدول ۶)، این امر می‌تواند به بالاتر بودن کارایی جذب دو تیمار بیان شده مربوط باشد (شکل ۴-b). با توجه به شکل ۵-c با افزایش نیتروژن مصرفی، در هر دو رقم بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده کاهش یافت. نتایج همبستگی‌های انجام شده نیز حاکی از همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0/51$) بین کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و مقدار کود نیتروژن مصرف شده بود (جدول ۶). کاهش بهره‌وری نیتروژن با افزایش مقدار کود مصرفی در مطالعات بسیاری گزارش شده است (Drycoat & Christenson, 2003; Noshad et al., 2012). به‌طور کلی، زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آن‌ها به خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر

اساس عملکرد زیست‌توده در سطح بالاتری نسبت به رقم رباط قرار گرفت، اما در دو سطح صفر و ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بین دو رقم اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۵-۵).

بیشتر کودی کمتر می‌گردد (Tousi *et al.*, 2014). بنابراین بهره‌وری نیتروژن با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود. در تمامی سطوح کود نیتروژن رقم بیرجند از نظر بهره‌وری نیتروژن بر



شکل ۵-۵ اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: (a) کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده (NutE_b), (b) کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه (NUE_b), (c) بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه (NUE_s), (d) بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده (NutE_s).

Fig. 5. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) nitrogen utilization efficiency based on biological yield (NutE_b), b) nitrogen utilization efficiency based on seed yield (NutE_s), c) nitrogen use efficiency based on biological yield (NUE_b), d) nitrogen use efficiency based on seed yield (NUE_s)

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

فصل رشد مدنظر قرار گیرد رقم رباط (زودرس) نسبت به رقم بیرجند (دیررس) ارجحیت دارد. ولی با توجه به این‌که طول دوره رشد دو رقم متفاوت است، نهایتاً طولانی‌تر بودن دوره رشد رقم بیرجند باعث گردید که بهره‌وری نیتروژن این رقم بیشتر از رقم رباط باشد. اکثر شیوه‌های مناسب برای برآورد بهره‌وری نیتروژن وابسته به گیاه، تولید محصول و فرایندهای مرتبط با آن است (Pathak *et al.*, 2008). (Noulas *et al.*, 2004). نیز عقیده دارند که ارقام مختلف گیاهان زراعی، می‌توانند به دلیل تفاوت در میزان جذب، انتقال مجدد و مصرف نیتروژن، بهره‌وری نیتروژن متفاوتی داشته باشند.

از آنجایی‌که کارایی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در تمامی سطوح کود نیتروژن مورد بررسی بین دو رقم اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۵-۵)، دلیل بالابودن بهره‌وری بالای رقم بیرجند به کارایی جذب نیتروژن بالاتر آن مربوط می‌گردد (شکل ۴-۲). از طرف دیگر Sinebo *et al.* (2002) عقیده دارند که ارقامی که استقرار سریع‌تر و بهتری دارند، از نظر بهره‌وری نیتروژن در مقایسه با ارقام دیگر مزیت دارند، زیرا این ارقام می‌توانند نیتروژن معدنی‌شده خاک را قبل از این‌که در اثر شسته‌شدن از دسترس گیاه خارج شود، جذب کنند و چنانچه میزان بهره‌وری فقط برای چند هفته ابتدای

بیرجند، احتمال برخورد مرحله پرشدن دانه با خشکی وجود دارد. لذا برای کاربرد در منطقه مورد مطالعه رعایت تاریخ کاشت بهینه الزامی است.

با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین بهره‌وری و کارایی جذب نیتروژن و عدم ارتباط معنی‌دار بهره‌وری و کارایی مصرف نیتروژن و همچنین با در نظر گرفتن این‌که کارایی جذب در مقایسه با کارایی مصرف نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت، می‌توان بیان داشت که کارایی جذب از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و به نحو بهتری توان بیولوژیک گیاه برای استفاده از نیتروژن را نشان می‌دهد. لذا در جریان اصلاح این گیاه بهتر است به دنبال ارقامی باشیم که نیتروژن را با کارایی بیشتری جذب می‌کنند تا علاوه بر بهبود بهره‌وری نیتروژن و کاهش آلودگی‌های محیطی در جهت افزایش عملکرد آن نیز عمل نماییم.

در نهایت کم‌تر بودن عملکرد عدس در این پژوهش را می‌توان به کم‌بودن میزان بارندگی در طی فصل رشد و به‌ویژه در مرحله زایشی این گیاه نسبت داد. در کشور ما به دلیل توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارندگی، محصولات دیم در طول مراحل مختلف رشد با تنش خشکی مواجه می‌شوند که موجب کاهش عملکرد محصول می‌گردد. لذا، افزایش بهره‌وری آب باران از راهکارهای مؤثر در کاهش تنش‌های وارده بر گیاه خواهد بود. انجام آبیاری تکمیلی و کاشت محصول در زمان مناسب از روش‌های مدیریتی پیشنهاد شده در این زمینه است که می‌تواند به بهبود عملکرد این گیاه در شرایط دیم کمک نماید.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهش مصوب با کد ۳۹۰۵۰ مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه به ترتیب با میانگین ۳/۳۹ و ۱/۵۷ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک در تیمارهای عدم کاربرد کود نیتروژن و مصرف ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار هر دو برای رقم بیرجند به دست آمد، به طوری که در هر دو رقم افزایش مصرف کود نیتروژن سبب کاهش بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه گردید (شکل ۵-d). همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0.80$) بین بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و مقدار کود نیتروژن مصرف شده نیز مؤید این امر می‌باشد (جدول ۶). با توجه به قانون بازده نزولی در مورد مصرف عناصر غذایی مبنی بر این‌که واحدهای اولیه کود مصرفی تأثیر بیشتری روی عملکرد دارند، هر چه مصرف نیتروژن افزایش یابد، بهره‌وری آن کاهش می‌یابد (Ameri et al, 2008). در بسیاری از مطالعات نیز کاهش کارایی مصرف نیتروژن با افزایش کود نیتروژن مصرفی گزارش شده است (Koocheki et al., 2015; Uribe-larrea et al., 2007). در مطالعه‌ای بر روی گیاه برنج افزایش مصرف نیتروژن از ۹۰ به ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش بهره‌وری نیتروژن از ۸/۹ به ۵/۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن گردید (Timsina et al., 2001). Jafariani et al, (2010) نیز در مطالعه‌ای بر روی سورگوم کاهش بهره‌وری نیتروژن را با افزایش کود نیتروژن مصرفی گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که تیمار ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند عملکرد دانه، کارایی جذب و بهره‌وری نیتروژن بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشت، به منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف کود و جلوگیری از تبعات منفی ناشی از زیادی مصرف آن، مصرف ۴۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و استفاده از رقم بیرجند برای کشت عدس به صورت دیم در منطقه مورد مطالعه، مطلوب به نظر می‌رسد. اما با توجه به دیررس بودن رقم

منابع

1. Ameri, A., Nassiri, M., and Rezvani, P. 2008. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 315-325. (In Persian with English Summary).
2. Asadi, G.A., Moemen, A., Nurzadeh Namaghi, M., Khorramdel, S. 2013. Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology 5(4): 373-382. (In Persian with English Summary).
3. Azad, A.S., and Gill, A.A. 1989. Effect of the application of phosphorus fertilizer on grain yield of lentil. Lens Newsletter 16(1): 28-30.
4. Bagheri, A., Goldani, M., and Hasanzadeh, M. 1997. Agronomy and Breeding of Lentil. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
5. Bagheri, A.R., and Parsa, M. 2009. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).

6. Bingham, I.J., Karley, A.J., White, P.J., Thomas, W.T.B., and Russell, J.R. 2012. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy* 42: 49-58.
7. Coque, M., and Gallais, A. 2007. Genetic variation among European maize varieties for nitrogen use efficiency under low and high nitrogen fertilization. *Maydica* 52: 383-397.
8. Draycott, A.P., and Christenson, D.R. 2003. *Nutrients for Sugar Beet Production: Soil-Plant Relationships*. CABI Publishing, Wallingford.
9. Feiziasl, V., Fotovat, A., Astraei, A.R., Lakziyan, A., and Mosavi, S.B. 2014. Effect of optimized nitrogen application in reducing drought stress effect on grain yield of some rainfall bread wheat genotypes. *Seed and Plant Production Journal* 30 (2): 169-198. (In Persian with English Summary).
10. Ghahghaei, F., Galavi, M., Ramroodi, M., and Bagheri, A. 2010. The comparison of yield and yield components of lentil genotypes at low irrigation in Sistan region. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(3): 431-437. (In Persian with English Summary).
11. Hashemidezfooli, A., Koochaki, A., and Banayanavval, M. 1998. *Crop Plant Improvement*. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
12. Hatami, H., Inehband, A., Azizi, M., and Dadkhah, A. 2009. Effect of N fertilizer on growth and yield of soybean at North Khorasan. *Electronic Journal of Crop Productivity (EJCP)* 2(2): 25-42. (In Persian with English Summary).
13. Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2011. Effect of supplementary irrigation on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad climate. *Journal of Water and Soil* 25(3): 625-633. (In Persian with English Summary).
14. Jafariani, M., Beheshti, A.R., and Taheri, G. 2010. Evaluation of nitrogen efficiency on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. *Journal of Agroecology* 2(3): 502-511. (In Persian with English Summary).
15. Joudi, F., Tobeh, A., Ebadi, A., Mostafaei, H., and Jamaati-e-Somarin, Sh. 2011. Nitrogen effects on yield, yield components, agronomical and recovery nitrogen use efficiency in lentil genotypes. *Electronic Journal of Crop Productivity (EJCP)* 4(4): 39-50. (In Persian with English Summary).
16. Kashafi, S.M.H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. *Pulses Research* 1(2): 11-20. (In Persian with English Summary).
17. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizade, Y. 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13(1): 1-13. (In Persian with English Summary).
18. Kumar, P., Agrawal, J.P., and Chandra, S. 1993. Effect of inoculation, nitrogen and phosphorus on growth and yield of lentil. *Lens-Newsletter (ICARDA)*. Lentil Experimental News Service 20: 57-59.
19. Manova, N.T.F., and Manara, W. 1988. Simple correlation and multiple regression studies in lentil. *Legume Research* 11(2): 34-36.
20. Miguele, Z., Frade, M.M., and Valenciano, J.B. 2005. Effect of sowing density on the yield and yield components of spring-sowing irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) growing in Spain. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science* 33: 367-371.
21. Ministry of Agriculture Jihad (MAJ). 2015. *Statistical Yearbook of Agriculture, Volume I: Field Crops 2012-13*. Available at Web site <http://www.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx?>. (verified 4 January 2015).
22. Mohammadzadeh, A., Majnun Hoseini, N., Moghaddam, H., and Akbari, M. 2012. Effect of different of drought stress and yield components of two genotype of common bean. *Iranian Journal of Crop Science* 43(1): 29-38. (In Persian with English Summary).
23. Mohseni Mohammadjanloo, A., Tobeh, A., Gholipouri, A., and Mostafai, H. 2012. The effects of potassium application on uptake and allocation of nitrogen and seed protein on two lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in rain-fed condition. *Iranian Journal of Pulses Research* 2(1): 31-40. (In Persian with English Summary).
24. Monteith, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 281: 277- 294.
25. Moll, R.H., Kamprath, E.J., and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal* 74: 562-564.
26. Murari, K., Pandey, S.L., and Kumar, V. 1988. Simple correlation and multiple regression studies in lentil. *Legume Research* 11: 101-102.

27. Nakhzari Moghadam, A., and Ramroudi, M. 2003. Effects of planting date and nitrogen rate on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris*). Journal of Agriculture Science and Natural Resources 9(4): 33-42. (In Persian with English Summary).
28. Noshad, H., Abdollahian Noghabi, M., and Babae, B. 2012. Effect of nitrogen and phosphorous application on the efficiency of nitrogen uptake and consumption in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 43(3): 529-539. (In Persian with English Summary).
29. Noulas, C.T., Stamp, P.T., Soldati, A., and Liedgens, M. 2004. Nitrogen use efficiency of spring wheat genotypes under field and lysimeter conditions. Agronomy and Crop Science 190: 111-198.
30. Pathak, R.R., Ahmad, A., Lochab, S., and Raghuram, N. 2008. Molecular physiology of plant nitrogen use efficiency and biotechnological options for its enhancement. Current Science 94: 1394-1403.
31. Rochester, I.J., Peoples, M.B., and Constable, G.A. 2001. Estimation of the N fertilizer requirement of cotton grown after legume crops. Field Crops Research 70: 43-53.
32. Rostami, M. Evaluation of Use Efficiency and Nitrogen Dynamics in Corn Cultivars. PhD Dissertation, Faculty of Agricultural, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
33. Sabaghpour, S.H., Seyyedi, F., Mahmoudi, A.A., Safi Khani, M., Pezeshkpour, P., Rostami, B., Kamel, M., Farayadi, Y., Alahyari, N., Mehdipour Siabidi, M., Kanouni, H., Mahmoudi, F., Pouralibaba, H., Karami, I., and Jahangiri, A. 2013. Kimiya, a new high yielding lentil cultivar for moderate cold and semi warm climate of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 29-1(2): 397-399. (In Persian with English Summary).
34. Saeidipour, S. 2010. The effect of nitrogen split on assimilation and partitioning dry matter and nitrogen in chickpea under Ahvaz conditions. Plant Production Science (Journal of Agricultural Research) 2(3): 13-23. (in Persian with English abstract)
35. Sinebo, W., Gretzmacher, R., and Edelbauer, A. 2002. Environment of selection for grain yield in low fertilizer input barley. Field Crops Research 74: 151-162.
36. Sowers, K.E., Pan, W.L., Miller, B.C., and Smith, J.L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. Agronomy Journal 86: 942-948.
37. Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner C., and Amin, M.R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Research 72: 43-161.
38. Tiwari, R.J., and Vyas, M.D. 1994. Effect of soil moisture content on the field emergence and yield of lentil. Lens Newsletter 21(1): 20-21.
39. Togay, Y., Togay, N., Dogan, Y., and Ciftici, V. 2005. Effects of nitrogen levels and forms on the yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medic.). Asian Journal of Plant Science 4: 64-66.
40. Tousi, P., Pirzad, A., Atabaki, A. 2014. Effect of nitrogen levels on NUE and oil content in two cultivars of rapeseed. Research in Crop Ecosystems 1(2): 63-72. (In Persian with English Summary).
41. Uribelarrea, M., Moose, S.P., and Below, F.E. 2007. Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Research 100: 82-90.
42. Younis, N., Hanif, M., Sadiq, S., Abbas, G., Javad, A.M., and Ahsanul, H.M. 2008. Estimates of genetic parameters and path analysis in lentil (*Lense culinaris* Medik). Pakistan Journal of Agricultural Science 45: 44-48.
43. Zhang, D., Li, W., Xin, C., Tang, W., Eneji, A.E., and Dong, H. 2012. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. Field Crops Research 138: 63-70.

Effect of different nitrogen levels on yield components, yield and nitrogen use efficiency of two lentil cultivars in rainfed conditions

Bannayan^{1*}, M., Yaghoubi², F., Rashidi³, Z. & Bardehji⁴, S.

1. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2. PhD. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, fa.yaghoubi@stu.um.ac.ir

3. PhD. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

rashidi_z@yahoo.com

4. Former MSc. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and PhD. Student of Agronomy, Faculty of Agricultural Engineering, Isfahan University of Technology, siavash.bardehji@stu.um.ac.ir

Received: 22 October 2016

Accepted: 10 September 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.59699

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medic.) is an important grain legume adapted to cool climates. It is cultivated on 155700 hectares in Iran with 94.7 % of this area under rainfed conditions. The average lentil yield in Iran is 1195 and 476 kg per hectare in irrigated and rainfed farms, respectively. Low productivity is due to use of local varieties, which have low yield potential, and poor agronomic management practices applied by the farmers such as limitation or inappropriate distribution of fertilizer. Nitrogen is an essential element for the growth of crops and its deficiency exists almost everywhere. It is the limiting factor in the crop growth more than any other element, unless use the nitrogen as a fertilizer. Despite the numerous advantages of nitrogen fertilizers, excessive consumption of nitrogen can cause pollution of surface and ground water through leaching and erosion and also increases costs. According to an adequate supply of nutrient elements by careful use of fertilizers, especially in poor soils, yield increases and nitrogen use efficiency improves. The objective of this study was evaluation of yield of two lentil cultivars under the influence of nitrogen fertilizer and also, investigation the nitrogen uptake, utilization and use efficiency to determine the best level of nitrogen fertilizer and cultivar for the study area.

Materials & Methods

The experiment was conducted as split plot based on randomized complete blocks design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during growth season 2015-16. Nitrogen fertilizer (in three levels i.e. 0, 40 and 80 kg per hectare) and cultivar (Birjand and Robat) were in main plots and sub plots, respectively. Nitrogen fertilizer was applied as urea to the plots before sowing. The sowing date was 9th March in 2016. Sampling was done at harvest time and included pod number per plant, seed number per pod, 100 seed weight, seed yield, biological yield and harvest index. Percentage of biomass nitrogen were measured with the Kjeldahl method and the efficiency index calculated by using the following equation:

$$\text{NupE} = N_{\text{off}} / N_s$$

$$\text{NutE}_b = B / N_{\text{off}}$$

$$\text{NutE}_s = S_w / N_{\text{off}}$$

$$\text{NUE}_b = B / N_s$$

$$\text{NUE}_s = S_w / N_s$$

Where NupE is the nitrogen (N) uptake efficiency, N_{off} is the N in above ground dry matter, N_s is the soil N supply, NutE_b is the N utilization efficiency based on biomass basis, B is the total above ground biomass at harvest, NutE_s is the N utilization efficiency based on seed yield, S_w is the seed weight, NUE_b is the N use efficiency based on biological yield, NUE_s is the N use efficiency based on seed yield. Data were analyzed with the SAS software; obtained averages compared with LSD test at the 5% level.

*Corresponding Author: banayan@um.ac.ir

Results & Discussion

The results showed that the interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar was significant on yield components, seed and biological yield. 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar showed that maximum of pod number per plant (33.47), seed (338.23 kg per hectare) and biological yield (3291.68 kg per hectare). Maximum of seed number per pod and 100 seed weight were obtained in treatment of non-use of nitrogen fertilizer and Birjand cultivar and treatment of 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Robat cultivar, respectively. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar was significant on nitrogen content of biomass, nitrogen uptake, utilization and use efficiency based on seed and biological yields. 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar showed that maximum of nitrogen content of biomass and nitrogen uptake efficiency. The highest nitrogen use efficiency based on seed yield (3.39 kg seed per kg Ns) and biological yield (33.48 kg biomass per kg Ns) were obtained in treatment of non-use of nitrogen fertilizer and Birjand cultivar that the difference was no significant with the treatment of 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar. Analysis of correlation showed that, yield and nitrogen use efficiency had positive and significant correlations with the pod number per plant and nitrogen uptake efficiency, respectively. Also, there was positive and significant correlation between nitrogen uptake efficiency and yield.

Conclusion

The results of this study indicated that treatment of 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar are able to achieve maximum yield and nitrogen use efficiency. However, Birjand cultivar is a late cultivar and requires the optimum planting date for cultivation in this region. According to the observed correlations, breeding of this plant should be cultivars that they absorb nitrogen with more efficiently, so that in addition to improving nitrogen use efficiency and reducing environmental pollution also yield increase.

Keywords: Birjand cultivar, Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen utilization efficiency, Robat cultivar

بررسی اثر کاربرد سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط نخودفرنگی (*Pisum sativum*) و کاهو (*Lactuca sativa*)

الهام رفتاری^{۱*}، علی نخزری مقدم^۲، مهدی ملاشاهی^۲ و حسین حسینی مقدم^۲

۱- کارشناس ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه اکروتکنولوژی، دانشگاه گنبد

۲- اعضای هیئت علمی (استادیار) گروه اکروتکنولوژی، دانشگاه گنبد

(به ترتیب m_mollashahi@yahoo.com، a_nakhzari@yahoo.com و hhm548@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. عامل‌های مورد بررسی شامل نیتروژن خالص در سه سطح: صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار و الگوی کاشت در نه سطح: کشت خالص نخودفرنگی، کشت مخلوط جایگزین ۳۳، ۵۰ و ۶۷ درصد کاهو، کشت مخلوط افزایش ۳۳، ۵۰ و ۶۷ درصد کاهو و کشت خالص کاهو بود. الگوی کاشت و نیتروژن اثر معنی‌داری بر ارتفاع، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بوته، وزن غلاف در بوته، درصد پروتئین، درصد کربوهیدرات محلول دانه و عملکرد کل داشت. ارتفاع بوته در تیمارهای افزایشی بیش از جایگزین و کشت خالص نخودفرنگی بود، اما تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و وزن غلاف در بوته در تیمارهای جایگزین و خالص بیشتر از افزایشی بود. بین دو تیمار مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مورد اکثر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. درصد پروتئین در تیمار کشت خالص نخودفرنگی و تیمار جایگزین ۳۳ درصد کاهو به جای نخودفرنگی بیش از سایر تیمارها بود. درصد کربوهیدرات محلول در تیمار مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کاهو به جای نخودفرنگی و افزایش ۶۷ و ۱۰۰ درصد کاهو به نخودفرنگی بیش از سایر تیمارها بود. به هر حال، عملکرد بوته نخودفرنگی در تیمار جایگزین ۶۷ درصد کاهو و ۳۳ درصد نخودفرنگی و همچنین ۵۰ درصد کاهو و ۵۰ درصد نخودفرنگی به ترتیب با ۳۰/۲۵ و ۲۷/۴۴ گرم بیش از تیمارهای دیگر بود. در کلیه تیمارها و به خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد نسبت به کشت خالص نخودفرنگی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین، غلاف، کربوهیدرات محلول، کشت جایگزین

مقدمه

بیشتر کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه اجرا می‌شود (Maffei et al., 2003). علاوه بر این، کشت مخلوط به عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند. کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها به شرط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی آن، یکی از اهداف اصلی کشت مخلوط در کشاورزی پایدار است (Fernandez Aparicio et al., 2007).

کشت مخلوط گیاهان تیره لگومینوز با گیاهان دیگر علاوه بر استفاده بهینه از زمین، موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت شده به وسیله لگوم‌ها به گیاهان همراه آن‌ها منتقل می‌شود و می‌تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاد کمک کند (Banik et al.,

در سال‌های اخیر مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب و خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های زراعی، توجه محققان را بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف کرده است (Bedoussac & Justes, 2010). یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم‌نظام‌های کشاورزی استفاده از کشت مخلوط است. کشت مخلوط به عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم‌راستا با اهداف اکولوژیک (Raei et al., 2011)، افزایش کارایی مصرف منابع (Mushagalusa et al., 2008) و پایداری عملکرد (Darbaghshahi et al., 2012) را به همراه دارد. این شیوه یکی از نظام‌های کشاورزی پایدار است که در

* نویسنده مسئول: raftarielham70@yahoo.com

به حداکثر خود می‌رسد (Koocheki & Soltani, 1998). با کاربرد اوره به میزان ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در چهار مرحله مختلف از گلدهی تا پایان غلاف‌بندی نخود، میزان پروتئین دانه نخود افزایش یافت (Palta et al., 2005). با توجه به اطلاعات اندک در زمینه کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو در منطقه گنبد کاووس با وجود عدم نیاز این دو گیاه به آبیاری و برداشت زودتر آن‌ها و تخلیه زودتر زمین برای کشت بعدی، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کود نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط این دو گیاه بر عملکرد دو گیاه، نسبت برابری زمین و برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. طول جغرافیایی محل آزمایش ۵۵ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و عرض آن ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی است. ارتفاع از سطح دریا ۴۶ متر و براساس تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه خشک است.

برای تعیین مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت از عمق ۳۰-۵۰ سانتی‌متری چند نمونه خاک تهیه و مخلوط شد و در نهایت یک نمونه به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ آورده شده است.

در بررسی (Najafi & Keshtehgar, 2014) کشت مخلوط حبوبات با گیاهان غیرحبوبات علاوه بر استفاده صحیح و بهینه و عادلانه از منابع مثل زمین و نیروی کار، باعث افزایش بهره‌وری در واحد سطح و تقویت بهره‌وری کل در واحد سطح و زمان شد. در پژوهشی کشت مخلوط گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) تأثیر مثبتی بر عملکرد بیولوژیک آن‌ها و درصد نیتروژن زیست‌توده گیاه گشنیز داشت (Bigonah et al., 2014). نتایج بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزین سویا (*Glycine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) نشان داد که کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰ دانه سویا داشت (Ahmadvand & Hajinia, 2015). تعداد دانه و غلاف در بوته، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته سویا تحت تأثیر کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) قرار گرفت (Alizadeh et al., 2010). در بررسی (Yildirim & Turan, 2013) سیستم کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی بر وزن بوته تأثیر گذاشت. نتایج بررسی کشت مخلوط کاهو و سیر نشان داد که میانگین عملکرد کاهو در کشت مخلوط دو ردیف سیر با ۲۰ سانتی‌متر فاصله بین ۵۰ سانتی‌متر ردیف کاهو بیشتر از کشت خالص بود (Amoli, 2012).

کمبرود نیتروژن یکی از معمول‌ترین مشکلات تغذیه‌ای در گیاهان است. مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است. مقدار آن در مراحل اولیه کم و سپس با رشد گیاه افزایش می‌یابد، به‌طوری که در زمان گل‌دهی تا میوه‌دهی

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه دانشگاه گنبد کاووس در محدوده آزمایش

Table 1. Soil characteristics of Gonbad Kavous University farm in the range of test

عمق نمونه‌برداری Depth sample (cm)	نیتروژن N (%)	فسفر P (mg/k)	پتاسیم K (mg/kg)	اسیدیته pH -	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	ماده آلی Organic matter (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	0.08	11	409	7.94	0.77	0.78	Silt-loam سیلنی لومی

نخودفرنگی و ۵۰ درصد کاهو، ۱۰۰ درصد نخودفرنگی و ۶۷ درصد کاهو، ۱۰۰ درصد نخودفرنگی و ۱۰۰ درصد کاهو و کشت خالص کاهو بود.

در این بررسی، از کاهوی سفید فرانسوی و رقم آسگرو نخودفرنگی استفاده شد. نظر به این که زمین آزمایش در سال قبل زیرکشت گندم بود، بقایای گیاهان با عملیات شخم در خاک مدفون شد. پس از شخم، زمین دیسک زده شد و آماده

عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف و مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره ۴۶ درصد و الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخودفرنگی، کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد کاهو، ۵۰ درصد نخودفرنگی و ۵۰ درصد کاهو، ۳۳ درصد نخودفرنگی و ۶۷ درصد کاهو، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد کاهو، ۱۰۰ درصد

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Ver. 9.1 SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد نخودفرنگی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار شدن اثر کشت مخلوط بر کلیه صفات مورد بررسی به جز درصد پروتئین دانه در سطح یک‌درصد بود. تأثیر نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه در سطح پنج‌درصد و بر بقیه صفات در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل در مورد هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲).

با افزایش مصرف نیتروژن ارتفاع بوته نخودفرنگی افزایش یافت (جدول ۳). دلیل این امر را می‌توان به تأثیر نیتروژن بر تعداد و طول میان‌گره، تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و رقابت بین ساقه‌ها دانست که احتمالاً منجر به افزایش ارتفاع ساقه شد. (Ali et al, 2003) نیز با بررسی تأثیر نیتروژن بر گندم (*Triticum aestivum*) افزایش ارتفاع ساقه را در اثر مصرف نیتروژن گزارش کردند.

بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کاهو به نخودفرنگی با ۸۹/۷۲ سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کاهو به جای نخودفرنگی نداشت (جدول ۴). افزایش رقابت برون‌گونه‌ای برای جذب نور به خصوص در تیمارهای افزایشی را می‌توان عامل اصلی افزایش ارتفاع بوته نخودفرنگی در این تیمارها دانست، زیرا با افزایش جمعیت گیاهی، رقابت برای جذب نور به علت کاهش نور دریافتی توسط هر بوته افزایش می‌یابد. پایین بودن ارتفاع بوته در تیمارهای کشت خالص نخودفرنگی و کشت مخلوط جایگزین با درصد بالای نخودفرنگی را می‌توان به کاهش رقابت بین بوته‌ها نسبت داد. با توجه به رشد مستقیم کاهو، به نظر می‌رسد فضای بیشتری برای نخودفرنگی در کشت مخلوط جایگزین با ردیف کم نخودفرنگی فراهم شد، لذا ارتفاع بوته نسبت به کشت خالص نخودفرنگی افزایش یافت. در بررسی (Ahlawat & Gangaiah 2010) نخود زراعی در مخلوط با کتان به خاطر رقابت برای جذب نور ارتفاع بیشتری نسبت به کشت خالص داشت.

تعداد غلاف در بوته در تیمار مصرف ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش از تیمار عدم مصرف نیتروژن بود. حداقل تعداد غلاف در بوته هم به تیمار عدم مصرف کود

کاشت گردید. تعداد ردیف‌های کاشت در کشت خالص چهار خط، کشت مخلوط جایگزین ۵۰ درصد چهار خط به صورت کاهو-نخودفرنگی-کاهو-نخودفرنگی، در کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد کاهو و ۳۳ درصد نخودفرنگی و ۶۷ درصد کاهو شامل ۵ خط به صورت کاهو-نخودفرنگی-نخودفرنگی-کاهو-نخودفرنگی و نخودفرنگی-کاهو-نخودفرنگی-کاهو-نخودفرنگی شامل هشت خط و به صورت یک در میان به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از هم بود. طول ردیف‌ها سه متر بود. در زمان کاشت ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار مصرف گردید. بذر نخودفرنگی آمریکایی و کاهوی فرانسوی (بسته‌بندی شده) از گنبد تهیه شد. کشت هر دو گیاه (نشای کاهو ۳ برگی) و بذر نخودفرنگی در اواخر آذرماه ۱۳۹۳ انجام شد. کود نیتروژن خالص با توجه به میزان تعیین‌شده در تیمارها به صورت پایه و سرک (هر یک ۵۰ درصد) مصرف شد. کود سرک در زمان پر شدن دانه همزمان با کاهش تثبیت نیتروژن (اواخر فروردین ماه ۱۳۹۴) مصرف شد. در کشت خالص، فاصله بوته روی ردیف برای کاهو ۲۰ سانتی‌متر و برای نخودفرنگی ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به این ترتیب تراکم کاهو ۱۶/۶۷ و نخودفرنگی ۳۳/۳۳ بوته در مترمربع (Biabani, 2008) بود. کشت کاهو به صورت نشائی انجام شد. بذور نخودفرنگی در عمق سه سانتی‌متر بر روی ردیف‌ها کشت شدند. در هر کپه دو بذر کاشته شد که در مرحله ۳-۴ برگی بوته‌های اضافی نخودفرنگی حذف و در هر کپه یک بوته باقی ماند. در طول دوره رشد زمین آبیاری نشد، اما با علف‌های هرز در طول دوره رشد مبارزه شد. برداشت غلاف سبز نخودفرنگی پس از پر شدن دانه و رنگ سبز پررنگ و قابل‌عرضه به بازار با حذف ردیف‌های حاشیه و نیم‌متر از دو طرف ردیف‌های وسط انجام شد. برای تعیین صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بوته، وزن غلاف در بوته، پروتئین و کربوهیدرات، تعداد پنج بوته انتخاب و اندازه‌گیری‌های لازم انجام شد. برای تعیین وزن خشک بوته، نمونه‌ها خرد و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (حدود ۴۸ ساعت) در داخل اون الکتریکی قرار داده شدند. برای تعیین کیفیت، ابتدا دانه‌های خشک‌شده آسیاب و به صورت پودر درآمدند و سپس مقدار ۱ گرم از هر کرت انتخاب و درصد پروتئین دانه با استفاده از دستگاه‌های هضم مدل ۱۰۱۵، تقطیر کج‌الدال و دستگاه تیتراسیون مدل ۱۰۳۰ (شرکت Tecator کشور سوئد) تعیین گردید که برای این کار از روش AOAC (2003) استفاده شد. اندازه‌گیری کربوهیدرات کل براساس روش هج و هوفرتر انجام شد.

نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). افزایش تعداد غلاف در بوته همراه با افزایش سطح نیتروژن را می‌توان احتمالاً به تأثیر مثبت آن در لقاح و تشکیل دانه در غلاف به‌دلیل افزایش فتوسنتز و انتقال بهتر مواد غذایی به غلاف نسبت داد. فراهمی سطوح متعادل نیتروژن احتمالاً سبب افزایش توسعه کانوپی شده و در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه شده که این امر منجر به افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در گیاه شده است. (Ramroodi et al. 2008) نیز نتایج مشابهی را از تأثیر نیتروژن بر عدس (*Lens culinaris* L.) گزارش کردند.

تعداد غلاف در بوته در تیمارهای ۶۷، ۵۰ و ۳۳ درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی بیش از تیمارهای دیگر بود. در واقع، مطلوب‌بودن شرایط برای رشد نخودفرنگی با توجه به نوع رشد کاهو و کاهش تعداد ردیف نخودفرنگی را می‌توان عامل اصلی افزایش تعداد غلاف در بوته نخودفرنگی احتمالاً به‌علت رقابت کم بین بوته‌ها دانست (جدول ۴). در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، تعداد غلاف در بوته کم‌تر از تیمارهای کشت مخلوط جایگزین بود. در این تیمارها، افزایش تراکم، رقابت بین بوته‌ها را بیشتر کرد لذا، تعداد غلاف در بوته نخودفرنگی کاهش یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی تحت تأثیر الگوی کاشت و نیتروژن

Table 2. Analysis of variance (mean squares) of some quality and quantity traits of pea under planting pattern and nitrogen

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Number of Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100- seed weight	عملکرد د بوته Plant yield	وزن غلاف در بوته Pod weight per plant	درصد پروتئین Protein percent	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrates	عملکرد Yield
تکرار Replication	2	7.152 ^{ns}	1.062 ^{ns}	0.019 ^{ns}	17.20 ^{ns}	0.133 ^{ns}	0.264 ^{ns}	0.833 ^{ns}	0.093 ^{ns}	14.04 ^{ns}	50666441
کشت مخلوط Intercropping (I)	7	57.21 ^{**}	21.09 ^{**}	0.770 ^{**}	849.8 ^{**}	38.64 ^{**}	268.4 ^{**}	597.7 ^{**}	4.415 [*]	82.56 ^{**}	215655662 ^{**}
نیتروژن Nitrogen (N)	2	133.5 ^{**}	15.37 ^{**}	0.597 [*]	606.3 ^{**}	53.43 [*]	255.9 ^{**}	540.4 ^{**}	19.27 ^{**}	129.4 ^{**}	421899496 ^{**}
× کشت مخلوط (I × N)	14	0.782 ^{ns}	1.503 ^{ns}	0.034 ^{ns}	28.91 ^{ns}	1.751 ^{ns}	9.852 ^{ns}	21.83 ^{ns}	0.211 ^{ns}	18.88 ^{ns}	4613909 ^{ns}
خطا Error	46	15.76	2.252	0.169	60.54	11.3	13.63	28.82	1.495	22.99	24429175
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.60	16.79	8.97	18.79	6.26	16.75	16.56	5.63	7.41	11.89

^{ns}، * و **: به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

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

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی تحت تأثیر مصرف نیتروژن

Table 3. Mean comparison of some quality and quantity traits of pea under nitrogen consumption

صفات Traits	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight (g)	عملکرد غلاف بوته (گرم) Plant pod yield (g)	وزن غلاف در بوته (گرم) Pod weight per plant(g)	درصد پروتئین Protein percent	درصد کربوهیدرات محلول Percent soluble carbohydrates	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total yield (kg. ha ⁻¹)
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg. ha ⁻¹)										
0	83.65 ^b	8.12 ^b	4.42 ^b	36.29 ^c	52.04 ^b	18.80 ^c	27.67 ^c	20.73 ^b	64.8 ^{ab}	37432 ^c
25	86.73 ^a	8.96 ^a	4.59 ^{ab}	41.53 ^b	53.98 ^{ab}	22.01 ^b	32.40 ^b	21.93 ^a	66.95 ^a	41935 ^b
50	88.28 ^a	9.72 ^a	4.74 ^a	46.34 ^a	54.98 ^a	25.33 ^a	37.16 ^a	22.48 ^a	62.31 ^b	45311 ^a
LSD (%5)	2.30	0.87	0.23	4.52	1.95	2.15	3.12	0.71	2.79	2699

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$ based on LSD.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفی نخودفرنگی و نسبت برابری زمین تحت تأثیر الگوی کاشت

Table 4. Mean comparison of some quality and quantity traits of pea and land equivalent ratio under planting pattern

صفات Traits	نسبت کاشت Planting pattern	ارتفاع بوته (سانتی متر) plant height (cm)	تعداد گل‌اف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در گل‌اف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight (g)	عملکرد بوته (گرم) Plant yield (g)	وزن گل‌اف در بوته (گرم) Pod weight per plant (g)	درصد پروتئین Protein percent	درصد کربوهیدرات محلول Percent soluble carbohydrates	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total yield (kg ha ⁻¹)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio		
												نخودفرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total
کشت خالص نخودفرنگی Sole cropping of pea		82.48 ^c	9.52 ^b	4.60 ^{bcd}	44.13 ^{bc}	53.18 ^{ab}	23.79 ^{cd}	35.18 ^{bc}	22.94 ^a	60.83 ^d	11759 ^e	-	-	-
کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کاهو به جای نخودفرنگی 33% lettuce instead of pea		83.55 ^{bc}	9.86 ^{ab}	4.87 ^{ab}	48.37 ^b	54.65 ^{ab}	24.50 ^{bc}	36.45 ^b	22.56 ^{ab}	62.96 ^d	33224 ^d	0.69	1.08	1.08
کشت مخلوط جایگزین ۵۰ درصد کاهو به جای نخودفرنگی 50% lettuce instead of pea		84.21 ^{bc}	10.10 ^a	4.75 ^{abc}	47.87 ^b	55.67 ^a	27.44 ^{ab}	40.10 ^{ab}	21.7 ^{bc}	61.99 ^d	41063 ^c	0.57	1.11	1.11
کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کاهو به جای نخودفرنگی 67% lettuce instead of pea		87.03 ^{ab}	11.16 ^a	5.07 ^a	56.92 ^a	56.19 ^a	30.25 ^a	44.57 ^a	21.17 ^c	68.49 ^a	48048 ^b	0.42	1.1	1.1
کشت مخلوط افزایش ۳۳ درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 33% lettuce		87.12 ^{ab}	9.01 ^{bc}	4.41 ^{cd}	39.76 ^{cd}	54.47 ^{ab}	20.91 ^{de}	30.85 ^{cd}	21.69 ^{bc}	63.39 ^{cd}	32054 ^d	0.88	1.23	1.23
کشت مخلوط افزایش ۵۰ درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 50% lettuce		87.28 ^{ab}	7.76 ^{cd}	4.45 ^{cd}	34.38 ^d	53.55 ^{ab}	18.73 ^{ef}	27.22 ^{de}	21.56 ^{bc}	63.83 ^{bcd}	38654 ^c	0.77	1.24	1.24
کشت مخلوط افزایش ۶۷ درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 67% lettuce		88.35 ^a	7.35 ^d	4.24 ^d	30.96 ^e	51.63 ^{bc}	16.42 ^{gh}	24.01 ^{ef}	21.1 ^c	68.1 ^{ab}	46198 ^b	0.68	1.29	1.29
کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کاهو به نخودفرنگی 100% pea + 100% lettuce		89.72 ^a	6.70 ^d	4.28 ^d	28.70 ^e	49.97 ^c	14.34 ^g	20.87 ^f	20.99 ^c	67.93 ^{abc}	61565 ^a	0.59	1.48	1.48
کشت خالص کاهو Sole cropping lettuce		-	-	-	-	-	-	-	-	-	61473 ^a	-	-	-
LSD(%5)		3.76	1.42	0.39	7.38	3.19	3.50	5.09	1.16	4.55	4675			

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$ based on LSD.

مخلوط جایگزین به خصوص ۳۳ درصد نخودفرنگی و ۶۷ درصد کاهو فرصت کافی برای رشد بهتر بوته‌های نخودفرنگی با توجه به رشد عمودی کاهو فراهم شد. بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۵/۰۷ در این تیمار مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دو تیمار دیگر کشت مخلوط جایگزین نداشت. در بررسی (Gill et al, 2009) تعداد دانه در گندم در کشت مخلوط با نخود ۶۳۵ عدد بود که نسبت به کشت خالص ۴۰۵ عدد بیشتر بود. دلیل افزایش تعداد دانه، گسترش ریشه‌ها و استفاده از حجم بیشتری از خاک به خصوص مواد غذایی همچون فسفر گزارش شد.

تعداد دانه در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است. افزایش این دو صفت در تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث شد بیشترین تعداد دانه در بوته با ۴۶/۳۴ مربوط به این تیمار باشد. کمترین تعداد دانه در بوته با ۳۶/۲۹ مربوط به تیمار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول ۳).

در بررسی (Zarifpour et al, 2014) بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود زراعی مربوط به تیمار ۸۰ درصد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و ۲۰ درصد نخود بود که این افزایش به کاهش رقابت درون‌گونه‌ای نخود و افزایش نور در کانوپی نسبت داده شد.

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۴/۷۴ مربوط به تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تیمار مصرف ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۴/۵۹ تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین تعداد دانه در غلاف از تیمار عدم مصرف نیتروژن به دست آمد (جدول ۳).

تعداد دانه در غلاف در تیمارهای جایگزین بیش از تیمارهای افزایشی و کشت خالص نخودفرنگی بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش رقابت بین بوته‌های نخودفرنگی و کاهو در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف در این تیمارها شد. در واقع، افزایش تراکم در این تیمارها با وجود ثابت‌بودن تعداد بوته نخودفرنگی در واحد سطح باعث افزایش رقابت شد، درحالی‌که در تیمارهای کشت

بالا بودن تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی و ۶۷ درصد کاهو نیز باعث افزایش تعداد دانه در بوته در این تیمار شد، به طوری که حداکثر تعداد دانه در بوته در این تیمار با ۵۶/۹۲ مشاهده شد (جدول ۴). تیمارهای دیگر کشت مخلوط جایگزین هم تعداد دانه در بوته بیشتری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط افزایشی داشتند. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش تعداد دانه در بوته شد. کاهش تراکم نخودفرنگی در واحد سطح در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین به دلیل کاهش حضور گیاه هم‌نوع در ردیف‌های مجاور و همچنین نوع رشد گیاه مجاور (مستقیم) که فضای بیشتری در اختیار نخودفرنگی قرار داد، میزان رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌ها را کاهش داد و این امر منجر به افزایش این صفت شد. (2015) Ahmadvand & Hajinia با بررسی الگوهای کشت مخلوط جایگزین سویا و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته را در نسبت‌های برابر سویا و ارزن (۵۰:۵۰) گزارش کردند. در بررسی Alizadeh et al, (2010) لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در کشت مخلوط، از کشت خالص تعداد دانه در بوته بیشتری تولید کرد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰ دانه نخودفرنگی داشت. حداکثر وزن ۱۰۰ دانه نخودفرنگی با ۵۴/۹۸ گرم به تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق داشت که این تیمار تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با وزن ۱۰۰ دانه ۵۳/۹۸ گرم نداشت و حداقل وزن ۱۰۰ دانه نخودفرنگی با ۵۲/۰۴ گرم به تیمار عدم مصرف نیتروژن تعلق داشت (جدول ۳). Yazdi-Samadi et al, (2001) با بررسی تأثیر نیتروژن بر عدس بیان کردند که حداکثر وزن ۱۰۰ دانه عدس با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطوح صفر و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین وزن ۱۰۰ دانه به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کاهو به جای نخودفرنگی با ۵۶/۱۹ گرم تعلق داشت که با تیمارهای دیگر کشت مخلوط جایگزین و کشت خالص نخودفرنگی و کشت مخلوط افزایش ۳۳ و ۵۰ درصد کاهو به نخودفرنگی اختلاف معنی‌داری نداشت. افزایش تراکم در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که طبعاً دریافت نور توسط هر بوته نخودفرنگی را کاهش داد، شرایط را برای پرشدن دانه نامناسب کرد و به این ترتیب وزن دانه کاهش یافت. کاهش رقابت درون گونه‌ای بین

بوته‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در کشت مخلوط با لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus*) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) سبب بهبود رشد رویشی شد و در نتیجه تولید و تجمع مواد فتوسنتزی آفتابگردان در شرایط مخلوط ردیفی افزایش یافت که این امر منجر به بهبود وزن ۱۰۰ دانه شد (Koocheki et al., 2016).

عملکرد بوته در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر بود. حداقل عملکرد بوته هم به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). درواقع در شرایط سطح متعادل کود نیتروژن گیاه با رشد رویشی مناسبی وارد مرحله زایشی می‌شود که این امر موجب حمایت مناسب اندام‌های زایشی، خصوصاً غلاف‌های در حال پرشدن می‌شود و به دنبال آن وزن دانه افزایش می‌یابد.

عملکرد بوته در تیمارهای جایگزین بیش از افزایشی بود. زیاد بودن تعداد دانه در بوته در تیمارهای جایگزین باعث افزایش عملکرد بوته شد (جدول ۴). حداکثر عملکرد بوته به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کاهو به جای نخودفرنگی با ۳۰/۲۵ گرم تعلق داشت که با تیمار کشت مخلوط جایگزین ۵۰ درصد کاهو به جای نخودفرنگی با ۲۷/۴۴ گرم اختلاف معنی‌داری نداشت. با کاهش نسبت نخودفرنگی در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین نسبت به کشت خالص، رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌ها کاهش یافت و این امر منجر به افزایش این صفت شد. در بررسی Ahmadvand & Hajinia (2015) تعداد غلاف در بوته سویا در تیمار کشت مخلوط بیش از کشت خالص بود.

وزن غلاف در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و وزن یک غلاف است. مقایسه میانگین نشان داد که وزن غلاف در بوته در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر (۳۷/۱۶ گرم) بود. حداقل وزن غلاف در بوته (۲۷/۶۷ گرم) به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). افزایش مقدار مصرف نیتروژن سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شد که در کل سبب افزایش وزن غلاف در بوته شد. Panbekar et al, (2014) گزارش کردند که مصرف نیتروژن بر وزن غلاف در بوته در باقلا (*Vicia faba* L.) اثر معنی‌داری داشت و بیشترین وزن غلاف در بوته با ۱۴۰/۳ گرم از تیمار ۱۰۰ درصد مصرف نیتروژن حاصل شد.

زیاد بودن تعداد غلاف در بوته در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین باعث افزایش وزن غلاف در بوته شد (جدول ۴). حداکثر وزن غلاف در بوته به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کاهو به جای نخودفرنگی با ۴۴/۵۷ گرم تعلق داشت که

با تیمار کشت مخلوط جایگزین ۵۰ درصد کاهو به جای نخودفرنگی (۴۰/۱۰) اختلاف معنی‌داری نداشت.

افزایش مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه را افزایش داد به‌طوری‌که حداکثر پروتئین دانه (۲۲/۴۸ درصد) با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به‌دست آمد که با تیمار مصرف ۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. کودهای نیتروژنی، احتمالاً مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین شده است. (Achakzai & Bangulzai, 2006) بررسی نخودفرنگی گزارش کردند که افزایش نیتروژن باعث افزایش درصد پروتئین دانه گردید. افزایش مصرف نیتروژن درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب را کاهش داد، به‌طوری‌که درصد کربوهیدرات محلول دانه سبز در تیمار مصرف ۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با ۶۵/۹۵ درصد حداکثر بود که با تیمار عدم مصرف نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). با افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه سطح برگ، تعداد کلروپلاست، سرعت فتوسنتز و سرعت رشد افزایش پیدا می‌کند و منجر به افزایش ذخایر کربوهیدراتی در گیاه می‌شود. زمانی‌که ذخایر کربوهیدرات گیاه به حداکثر میزان خود رسیدند، افزایش بیشتر نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب نمی‌گذارد (Sarmadnia & Koochehi, 2013).

بیشترین درصد پروتئین دانه سبز متعلق به تیمار کشت خالص نخودفرنگی با ۲۲/۹۴ بود که با تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد نخودفرنگی + ۳۳ درصد کاهو تفاوت معنی‌داری نداشت. بالا بودن درصد پروتئین در تیمار کشت خالص مربوط به تثبیت نیتروژن بیشتر توسط نخودفرنگی باشد. (Nazari et al, 2014) علت کاهش پروتئین در تیمار کشت خالص ذرت را فقدان یک گیاه لگوم که سبب افزایش نیتروژن خاک می‌گردد می‌دانستند. (Eskandari & Ghanbari, 2009) نیز در این رابطه گزارش دادند که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis*)، کمترین پروتئین خام مربوط به تیمار کشت خالص ذرت و بالاترین عملکرد پروتئین در تیمارهای کشت مخلوط بود. بیشترین کربوهیدرات محلول دانه سبز متعلق به کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی + ۶۷ درصد کاهو و کشت خالص نخودفرنگی به ترتیب با ۶۸/۴۹ و ۶۰/۸۳ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط ۱۰۰ درصد نخودفرنگی + ۶۷ درصد کاهو و تیمار کشت مخلوط ۱۰۰ درصد نخودفرنگی + ۱۰۰ درصد کاهو نداشت (جدول ۴).

بیشترین و کمترین عملکرد از تیمارهای مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به ترتیب با ۴۵۳۱۱ و ۳۷۴۳۲ تن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). با وجود این‌که نخودفرنگی یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفر است، نیتروژن تأثیر زیادی بر عملکرد داشت. مقدار هر سطح نیتروژن مصرفی برای نه تیمار الگوی کاشت بود، از جمله کشت خالص کاهو و کشت‌های مخلوط افزایشی. این امر باعث شد نیاز این تیمارها به نیتروژن زیاد باشد، لذا تثبیت نیتروژن به تنهایی برای تولید بالا مناسب نبود. این امر بیان‌گر عدم تأمین نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیک است. تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر وزن خشک علوفه ذرت با بررسی مقادیر صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به عدم مصرف کود گزارش شده است (Baser Kouchébagh et al., 2012).

مقایسه عملکرد در تیمارهای الگوی کاشت نشان داد که حداکثر عملکرد کل به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی + ۱۰۰ درصد کاهو و تیمار کشت خالص کاهو به ترتیب با ۶۱۵۶۵ و ۶۱۴۷۳ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۴). از دلایل بالا بودن عملکرد در این تیمارها نسبت به کشت خالص، تراکم بالای نخودفرنگی و کاهو بود. در تیمار کشت خالص نخودفرنگی عملکرد ۱۱۷۵۹ کیلوگرم در هکتار بود که کمتر از سایر تیمارها بود. سیستم ریشه‌ای و آرایش فضایی متفاوت گیاهان در کشت مخلوط منجر به افزایش استفاده از منابع قابل دسترس گردید. برخی محققان با بررسی کشت مخلوط جو و باقلا افزایش عملکرد در کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی گزارش کردند (Agegnehu et al., 2006). با بررسی تیمارهای کشت مخلوط افزایش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تراکم مطلوب لوبیا به ذرت (*Zea mays* L.)، با افزایش تراکم لوبیا از ۲۵ به ۷۵ درصد، عملکرد کل افزایش یافت. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد هم افزایش یافت (Morgado & Willey, 2006).

نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بیش از تیمارهای کشت مخلوط جایگزین و خالص بود. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نخودفرنگی + ۱۰۰ درصد کاهو با ۱/۴۸ بود (جدول ۴). حداکثر نسبت برابری زمین نخودفرنگی متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نخودفرنگی + ۳۳ درصد کاهو با ۰/۸۸ و حداکثر نسبت برابری زمین کاهو متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نخودفرنگی + ۱۰۰ درصد کاهو با ۰/۸۹ بود. این امر احتمالاً به دلیل برداشت سبز دو گیاه اتفاق افتاد، زیرا با وجود رقابت زیاد بین بوته‌ها به دلیل تراکم بالا، باز هم در تیمارهای افزایشی عملکرد بیشتری تولید شد. بنابراین،

احتمالاً به دلیل تأمین بخشی از نیاز گیاه به نیتروژن از طریق همزیستی گیاه نخودفرنگی با رایزوبیوم مربوط بود. از بین دو گیاه نخودفرنگی و کاهو، کاهو با وجود تراکم کمتر عملکرد بیشتری تولید کرد. تولید بیشتر کاهو را می‌توان به نوع ویژگی ژنتیکی گیاه، قسمت برداشت‌شده و وزن بوته کاهو نسبت داد. تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کاهو به نخودفرنگی و کشت خالص کاهو حداکثر عملکرد و تیمار کشت خالص نخودفرنگی حداقل عملکرد را تولید کردند. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد هر دو گیاه افزایش یافت. بیشترین کمترین عملکرد به ترتیب از تیمارهای مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به دست آمد. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار افزایشی ۱۰۰ درصد کاهو به نخودفرنگی بود. بنابراین، از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو مناسب بود.

از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو مناسب بود. در بررسی Hosseini *et al*, (2003) بالاترین مقدار LER را با ۱/۳۷ از تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد ارزن و ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره گزارش کردند. در بررسی کشت مخلوط، کشت مخلوط کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با کنجد و ماش (*Vigna radiata* L. R. Wilczek) مقدار LER در تمام تیمارها بالاتر از یک بود که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد و نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (Rastgoo *et al*, 2015).

نتیجه‌گیری

بین دو تیمار مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مورد اکثر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این امر

منابع

- Achakzai, A.K.K., and Bangulzai, M.I. 2006. Effect of various levels of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of pea (*Pisium sativum* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Botany* 38(2): 331-340.
- Agegehu, 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(3): 202-207.
- Ahlawat, I.P.S., and Gangaiah, B. 2010. Effect of land configuration and irrigation on sole linseed (*Linum usitatissimum*) intercropped chickpea (*Cicer arietinum*). *Indian Journal of Agricultural Science* 80(3): 250-253.
- Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2015. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). *Journal of Agroecology* 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary).
- Ali, L., Uddin, Q., and Ali, M. 2003. Effect of different doses of nitrogen fertilizer on the yield of wheat. *International Journal of Agriculture and Biology* 5(4): 438-439.
- Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology* 2(3): 383-397. (In Persian with English Summary).
- Amoli, N. 2012. Investigation on yield of lettuce and garlic intercropping in rice harvested lands. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4(9): 573-577.
- AOAC 'Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists'. 2003. (17th ed. 2nd revision) AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Banik, P., Mydia, A., Sarkar, B.K., and Ghose S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping system in an additive series experiment: Advantage and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-333.
- Baser Kouchebagh, S., Mirshekari, B., and farahvash, F. 2012. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. *World Applied Sciences Journal* 16(9): 1239-1242.
- Bedoussac, L., and Justes, E. 2010. Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat-winter pea intercrop. *Journal of Plant and Soil* 330(1-2): 37-54.
- Biabani, A. 2008. Effect of planting patterns (row spacing and plant to plant in row) on the green yield pea garden (*Pisum sativum* var. Shamshiri). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15(5): 39-43.
- Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(3): 369-377. (In Persian with English Summary).

14. Darbaghshahi, M.N., Banitaba, A., and Bahari, B. 2012. Evaluating the possibility of saffron and chamomile mixed culture. *African Journal of Agricultural Research* 7(20): 3060-3065.
15. Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2009. Intercropping of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) as whole crop 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.
16. Fernandez Aparicio, M., Sillero, J.C., and Rubials, D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by orobanche crenata in legumes. *Crop Protection* 26: 1166-1172.
17. Gill, S., Abid, M., and Azam, F. 2009. Mixed cropping effects on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 41(3): 1029-1036.
18. Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. *Journal of Pajouhesh va Sazandegi* 16(2): 60-67. (In Persian with English Summary).
19. Koocheki, A., and Soltani, A. 1998. *Agriculture in Dry Lands, Principles and Practices*. Agricultural Education Publish. 287p. (In Persian with English Summary).
20. Koocheki, A., Zarghani, H., and Norooziyan, A. 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different Intercropping arrangements. *Iranian Journal of Field Crops Research* 14(2): 226-243. (In Persian with English Summary).
21. Maffei, M., and Mucciarelli, A. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research* 84: 229-240.
22. Morgado, L., and Willey, R.W. 2003. Effects of plant population and nitrogen fertilizer on yield and efficiency of maize-bean intercropping. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 38(11): 1257-1264.
23. Mushagalusa, G.N., Ledent J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany* 64: 180-188.
24. Najafi, S., and Keshtehgar, A. 2014. Effect of intercropping on increase yield. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 8(5): 549-552.
25. Nazari, Sh., Zaeifrian, F., Farahmandfar, E., Zand, E., and Azimi Sooran, S. 2014. Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(2): 237-245. (In Persian with English Summary).
26. Palta, J.A., Nandwal, A.S., Kumari, S., and Turner, N.C. 2005. Foliar nitrogen applications increase the seed yield and protein content in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subject to terminal drought. *Australian Journal of Agricultural Research* 56(2): 105-112.
27. Panbekar, N. A., Dastan, S., Yadi, R., and Shahidifar, A. 2014. Effect of nitrogen splitting and planting row Space on yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.) Barkat cultivar. *Journal of Crop Production Research* 6(4): 341-355. (In Persian with English Summary).
28. Raei, Y., Bolandnazar, S. A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 21(2): 131-142. (In Persian with English Summary).
29. Ramroodi, M., Galavi, M., and Nakhzari Moghaddam, A. 2008. Evaluation of yield and yield components of some lentil genotypes to different planting dates. *Agricultural Research (Water, Soil & Plant in Agriculture)* 8(2): 69-77. (In Persian with English Summary).
30. Rastgoo, S., Ayneband, A., and Fateh, E. 2015. Competitiveness of sesame and mung bean crops in both monocropping and intercropping systems. *Journal of Agroecology* 7(3): 356-367. (In Persian with English Summary).
31. Sarmadnia, Gh., and Koocheki, A. 2013. *Physiology of Crop Plants*. University of Mashhad Press, 400p. (In Persian with English Summary).
32. Yazdi-Samadi, B., Peighambari, S. A., and MajnounHosseini, N. 2001. Effect of application of nitrogen and phosphorus fertilizers on agronomic traits of lentil in Karaj region. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 32(2): 415-423. (In Persian with English Summary).
33. Yildirim, E., and Turan, M. 2013. Growth, yield and mineral content of broccoli intercropped with lettuce. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23(3): 919-922.
34. Zarifpour, N., Naseri, M. T., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Evaluate the effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristics of species. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(1): 34-43. (In Persian with English Summary).

The effect application of nitrogen levels and intercropping ratios of pea (*Pisum sativum*) and lettuce (*Lactuca sativa*)

Raftari^{1*}, E., Nakhzari Moghaddam², A., Mollashahi², M. & Hosseini Moghaddam², H.

1. MSc. of Agroecology, Department of Agrotechnology, University of Gonbad Kavous

2. Assistant Professor, Department of Agrotechnology, University of Gonbad Kavous
(a_nakhzari@yahoo.com; m_mollashahi@yahoo.com; hhm548@yahoo.com; respectively)

Received: 3 July 2017

Accepted: 7 October 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.65544

Introduction

The practice of growing two or more crops simultaneously in the same field is called intercropping and it is a common feature in traditional farming of small landholders. It provides farmers with a variety of returns from land and labour, often increases the efficiency with which scarce resources are used and reduces the failure risk of a single crop that is susceptible to environmental and economic fluctuation. This approach is increasing agricultural production per unit area by growing more than one crop in a year. Intercropping will be successful when competition for sources is less than competition within a species. Plants in the mixture can be chosen in a way that a species benefits from environmental changes caused by other species in mixed cultures directly. Intercropping inhibits the growth and development of weeds and leads to increased production. Since the system will reduce the pesticide use, environmental pollution will be also less proportionally. According to studying the intercropping of peas and lettuce in Gonbad Kavous despite the lack of need for the plant to irrigate and harvest earlier and unloading earlier land for cultivation next, objectives of the present study were to study the effect of nitrogen fertilizer and planting ratios mixture two plants on the performance of the plant, LER and some qualitative and quantitative characteristics of the pea.

Materials & Methods

In order to study the effect of nitrogen rates and planting patterns of pea and lettuce on quality and quantity of green pea seeds, a factorial layout based on a Randomized Complete Block Design was conducted with three replications at Gonbad Kavous University during 2014-2015 growing season. The treatments of planting pattern were included 9 levels of sole pea, 67% pea + 33% lettuce, 50% pea + 50% lettuce, 33% pea + 67% lettuce, 100% pea + 33% lettuce, 100% pea + 50 % lettuce, 100% pea + 67% lettuce, 100% pea + 100% lettuce and sole lettuce and nitrogen factor was included three levels of non-application and application of 25 and 50 kg N/ha. Row spacing was 30cm. Density of pea was 33.3 plants/m² and lettuce was 16.7/m². For analysis variance of data software of SAS Ver.9.1.3 were used and treatment mean differences were separated by the least significant difference (LSD) test at the 0.05 probability level.

Results & Discussion

The results showed that planting patterns and nitrogen rates had significant effect on plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, seed weight per plant, pods weight per plant, protein percent, solution carbohydrate percent and total yield. Plant height in additive intercropping was more than replacement intercropping but number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, seed weight per plant and pods weight per plant in replacement treatments and sole cropping of pea was more than additive treatments. Protein percent in sole cropping of pea and replacement intercropping of 67% lettuce instead of pea was greater than other treatments. At least percent of protein obtained from additive intercropping and replacement intercropping of 50 and 67% lettuce instead of pea. Solution carbohydrate percent in replacement intercropping of 67% lettuce instead of pea and additive intercropping of 100% pea + 67% lettuce and additive intercropping of 100% pea + 100% lettuce was more than other treatments. However, plant yield of pea in treatment of 67%

*Corresponding Author: raftarielham70@yahoo.com

lettuce and 33% pea and 50% lettuce and 50% pea with 30.25 and 27.44 respectively, was greater than other treatments. Land equivalent ratio in intercropping treatments was greater than sole cropping. The maximum land equivalent ratio with 1.48 belonged to additive intercropping of 100% pea + 100% lettuce. Therefore, intercropping of pea and lettuce especially in additive series was appropriate.

Conclusion

Of the two plants of pea and lettuce, lettuce plant produced more yield than pea plant in all treatments. Additive treatment of 100% lettuce to pea and lettuce sole crop with 61565 and 61473 kg/ha produced the maximum yield and pea sole crop with 11759 kg/ha produced the minimum total yield. With increasing of nitrogen fertilizer consumption, yield was increased. Protein percent in sole cropping of pea and replacement intercropping of 67% lettuce instead of pea was greater than other treatments.

Keywords: Intercropping, Percent protein, Replacement cropping, Soluble carbohydrates

ارزیابی اثر تاریخ کاشت و تراکم بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در شرایط دیم مشهد

علیرضا خداشناس^{۱*}، داود صادق‌زاده اهری^۲، محمد دادمند^۳ و مهدی عباس‌زاده^۴

۱- دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، محقق بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۳- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۴- کارشناس ارشد، سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی واکنش ارقام و برخی توده‌های محلی نخود دیم به تاریخ کاشت و تراکم بذر، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق در مشهد به اجرا درآمد. تاریخ کاشت با دو سطح کشت در انتهای پاییز (انتظار) و کشت معمول کشاورزان (نیمه دوم اسفندماه) به‌عنوان کرت اصلی و پنج ژنوتیپ نخود شامل سه رقم جم، سارال و بینالود و دو توده محلی نیشابور و قوچان به‌عنوان کرت فرعی و دو تراکم بذر ۴۰ و ۵۰ بذر در مترمربع به‌عنوان کرت فرعی-فرعی تیمارهای آزمایش بودند. میزان بارندگی طی سال زراعی انجام آزمایش ۲۷۶ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد که از نظر بسیاری از صفات مورد بررسی از جمله وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری بین تاریخ‌های کاشت و ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی وجود دارد. میانگین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به میانگین عملکرد دانه در تاریخ کاشت دوم با ۳۸۰ کیلوگرم در هکتار برتری قابل توجهی داشت. اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی نیز بر تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بر مبنای کمیت دانه تولیدی، ارقام سارال و جم و توده نیشابور به‌ترتیب با عملکرد دانه ۱۰۳۸، ۹۰۰ و ۹۰۸ کیلوگرم در هکتار برای کشت در شرایط انتظار و به‌ترتیب با ۸۳۷ درصد، ۱۴۴ درصد و ۱۴۶ درصد افزایش عملکرد نسبت به تاریخ کاشت دوم، بر سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشتند، اما چنانچه بازارپسندی نیز موردتوجه باشد، به علت ریزبودن دانه‌ها در توده نیشابور (وزن ۱۰۰ دانه ۱۷/۷ گرم)، ارقام جم و سارال به‌ترتیب با وزن ۱۰۰ دانه ۲۵/۹ و ۲۶/۸ گرم برای این تاریخ کاشت مناسب خواهند بود. بر اساس نتایج این مطالعه واکنش ارقام به تغییر تاریخ کاشت متفاوت بود، بنابراین در انتخاب رقم برای کاشت در هر منطقه، باید عادت رشدی و امکان تامین نیازهای اکولوژیکی آن رقم مدنظر قرار گیرد. تراکم بذر تأثیر قابل توجهی بر صفات مورد ارزیابی نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: ارقام نخود، تاریخ کاشت، کشاورزی دیم

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از محصولات زراعی خانواده حبوبات با ویژگی‌های ارزشمند تغذیه‌ای شناخته شده و منبع مهمی برای تغذیه انسان، خوراک دام و علوفه است (Fang et al., 2011). نخود سومین محصول زراعی مهم خانواده حبوبات و یکی از محصولات غذایی اصلی است که بعد از لوبیا و نخودفرنگی بیشترین سطح زیرکشت را در بین بقولات و در سطح جهانی دارد و مهم‌ترین محصول گروه حبوبات در

غرب و مرکز آسیا و شمال آفریقا است (Yau, 2005; Fernández-García et al., 2013). تقریباً ۹۰ درصد از کشت گیاه نخود در سطح جهان به‌صورت دیم انجام می‌شود و تولید آن طی ۳۰ سال گذشته از ۶/۶ میلیون تن به ۱۰ میلیون تن افزایش یافته است. (CGIAR, 2017 Kumar & Abbo, 2011). یکی از علت‌های گسترش سطح زیرکشت نخود، افزایش تمایل به پایداری نظام‌های کشاورزی ذکر شده است، زیرا حبوبات می‌توانند در تناوب با سایر محصولات زراعی باعث بهبود نیتروژن خاک شوند (Fernández-García et al., 2013). اثرات نخود در تناوب شامل کاهش شدت بیماری‌ها و افزایش نیتروژن قابل‌دسترس است، اگرچه عموماً در مناطق

*نویسنده مسئول: مشهد، روبروی پلیس‌راه طرق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، کد پستی: ۹۱۷۳۵، صندوق پستی: ۴۸۸، khodashenas48@yahoo.com

نشان داد که عملکرد دانه تاریخ کاشت آخر پاییز و ابتدا و نیمه زمستان در مقایسه با تاریخ کاشت دیر هنگام آخر زمستان، ۵۰-۸۰ درصد بیشتر بود و دو تاریخ کاشت اولیه تفاوتی نداشتند (López-Bellido *et al.*, 2008). Mousavi & Pezeshkpour (2006) واکنش سه ژنوتیپ نخود را در سه تاریخ کاشت پاییزه، زمستانه و بهار در منطقه نیمه گرمسیر جنوب استان لرستان مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که با تأخیر در زمان کاشت و مصادف شدن مرحله پرشدن دانه با تنش خشکی و درجه حرارت‌های نسبتاً بالا در انتهای فصل رشد، تولید زیست توده و عملکرد دانه نخود به ترتیب به میزان ۶۶ و ۸۹ درصد کاهش یافت. طبق گزارش این محققان کاهش تعداد غلاف در بوته (۶۰ درصد) و کاهش وزن ۱۰۰ دانه (۳۲ درصد) بیشترین نقش را در کاهش عملکرد داشته است.

Haghpourast & Maleki Farahani (2013) طی یک مطالعه تنش خشکی و محلول پاشی روی سه ژنوتیپ نخود اعلام داشتند که به طور کلی ارقام نخود به لحاظ ژنتیکی، تفاوت‌هایی در میزان شاخه‌دهی، ارتفاع بوته و قطر سایه‌انداز دارند که باعث واکنش‌های مختلفی نسبت به محلول پاشی و تنش خشکی می‌شود. چنین به نظر می‌رسد که رقم هاشم به لحاظ حالت رشد رویشی نسبت به سایر ارقام، ارتفاع و شاخه‌دهی بیشتری دارد، اما حساسیت این رقم به تنش خشکی بیشتر از سایر ارقام بود به طوری که شاخه‌دهی و سایه‌انداز آن در پاسخ به تنش کاهش بیشتری یافت. (Sedaghat Khahi *et al.*, 2011) طی بررسی صفات فنولوژیک و مورفولوژیک ژنوتیپ‌های نخود اعلام داشتند که تفاوت ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر طول مراحل نمو (شامل کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی، گلدهی تا غلاف‌دهی و غلاف‌دهی تا رسیدگی) و ویژگی‌های مورفولوژیک (شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و مجموع طول شاخه‌ها در بوته) معنی‌دار بوده است. Mousavi & Pezeshkpour (2006) طی بررسی سه ژنوتیپ نخود اعلام داشتند که توده محلی گریت با ۹۶۷/۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و رقم هاشم با ۵۷۸/۴۴ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. برتری عملکرد توده محلی گریت به سازگاری بیشتر با شرایط محیطی و عملکرد کمتر رقم هاشم به دیررسی و عدم سازگاری آن با شرایط آب و هوایی نسبت داده شده است. Zaferanieh *et al.*, (2009) طی ارزیابی ۸۱ ژنوتیپ نخود در شرایط کشت پاییزه در مشهد گزارش نمودند که بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه تفاوت قابل توجهی وجود دارد و این تفاوت از ۲۳/۳ تا ۲۰۱/۳ گرم در مترمربع متغیر است. بیماری برق‌زدگی می‌تواند تولید نخود را از طریق تأثیر شدید بر

خشک این اثر کمتر است (Kirkegaard & Hunt, 2010). گزارش شده است که نخود قادر به تثبیت نیتروژن به مقدار بیش از ۱۴۰ کیلوگرم در خاک است، اگرچه مقدار معمول تثبیت نیتروژن توسط این گیاه ۶۰-۲۰ کیلوگرم در هکتار است (López-Bellido *et al.*, 2011). با توجه به رشد جمعیت در سال‌های آتی و لزوم تأمین نیاز غذایی کشور، جایگاه پراهمیت حبوبات به خصوص نخود از لحاظ اقتصادی، تغذیه، اصلاح زمین‌های زراعی و تناوب بسیار محسوس می‌باشد (Sabaghpour *et al.*, 2010). حبوبات در اغلب کشورهای در حال توسعه از جمله مهم‌ترین منابع پروتئینی محسوب می‌شوند و در میان حبوبات، نخود با داشتن میزان پروتئین خام بین ۱۷ تا ۲۳ درصد که دو تا سه برابر پروتئین موجود در غلات می‌باشد، می‌تواند بخشی از پروتئین مورد نیاز کشور را تأمین کند (Zaferanieh *et al.*, 2009).

نخود معمولاً در مناطق مورد کشت در معرض خشکی انتهای فصل رشد به عنوان محدودیت عمده تولید مواجه است (Fang *et al.*, 2011) و تاریخ کاشت معمولاً بر عملکرد این محصول تأثیر قابل توجهی دارد، زیرا بر شرایط و دوره رشدی گیاه تأثیر می‌گذارد (Yau, 2005). در اغلب نواحی مدیترانه‌ای و نیز شرق نزدیک که بارندگی عمدتاً در زمستان اتفاق می‌افتد و تابستان‌ها معمولاً گرم و خشک است، نخود در روش سنتی در ابتدای بهار و نزدیک پایان فصل بارندگی کشت می‌شود و به این معنا است که محصول عمدتاً وابسته به ذخیره آب خاک است که می‌تواند پتانسیل تولید را محدود کند (Yau, 2005). مرحله کلیدی در دوره رشد نخود، زمان بین گلدهی و رسیدگی دانه است. این مرحله بیشتر طی ماه‌های دارای دمای بالا و تبخیر زیاد از سطح خاک در نواحی مدیترانه‌ای واقع می‌شود؛ بنابراین باعث کاهش عملکرد دانه خواهد شد. این در حالی است که در نواحی مدیترانه‌ای نخود در پاییز و زمستان قابل کشت است، اما به طور سنتی در ابتدای بهار کشت می‌شود (Fernández-García *et al.*, 2013). زمان کاشت نخود در منطقه‌ای در شمال غرب بنگلادش برای موفقیت تولید بحرانی ارزیابی شده است. گزارش شده است که کشت دیر هنگام گیاهچه‌ها را در معرض درجه حرارت‌های پایین قرار می‌دهد که تولید زیست توده را محدود می‌کند و دوره رشد رویشی را به سمت دماهای حداکثر گسترش می‌دهد، به گونه‌ای که منجر به غلاف‌های خالی و ایجاد تنش برای عملکرد دانه می‌شود (Vance *et al.*, 2014). طی آزمایشی عملکرد دانه دو رقم نخود، با مقاومت متفاوت به بیماری برق‌زدگی، طی چهار تاریخ کاشت انتهای پاییز، ابتدای زمستان، نیمه زمستان و تاریخ کاشت سنتی آخر زمستان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج

عملکرد دانه و کیفیت بذر محدود کند. مدیریت برق‌زدگی در غرب کانادا عمدتاً با تناوب، شخم، مصرف متعدد قارچ‌کش، به ویژه در شرایط مطلوب برای گسترش بیماری صورت می‌گیرد (Chang et al., 2007). برای کاهش خسارت این بیماری کشت ارقام متحمل یا مقاوم به بیماری برق‌زدگی نسبت به سایر ارقام ارزشمندتر توصیه شده است (Radicetti et al., 2012).

میزان بذر می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر تولید نخود داشته باشد. مقدار بذر توصیه‌شده با توجه به رقم، اندازه بذر، محل، رطوبت خاک و شرایط محیطی نظیر باران و درجه حرارت متفاوت است. بین میزان بذر (تراکم بوته) و عملکرد دانه در مطالعات متعدد ارتباط مثبتی گزارش شده است. منافع ناشی از تراکم بوته بالا شامل افزایش رقابت با علف‌های هرز، کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش ارتفاع برداشت است (Chang et al., 2007). Mousavi & Ahmadi (2009) طی آزمایشی روی تراکم بذر و تاریخ کاشت نخود رقم آرمان نتیجه گرفتند که افزایش تراکم کاشت از ۲۵ بوته در مترمربع به ۵۰ و ۷۵ بوته در مترمربع به ترتیب سبب افزایش ۲۴ و ۲۷ درصدی عملکرد دانه نخود در واحد سطح شد، اما افزایش تراکم کاشت از ۵۰ به ۷۵ بوته در مترمربع باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نخود نگردید. Yau (2005) سه تراکم بذر ۲۵، ۴۰ و ۵۵ بوته در مترمربع را در شرایط دیم مورد بررسی قرار داد و اعلام داشت که تراکم بذر تأثیری معنی‌داری بر عملکرد نخود ندارد و از آنجا که تراکم ۲۵ بوته در مترمربع بذور بزرگ‌تر و بازارپسندتری تولید نمود، مورد توصیه قرار گرفت. López et al. (2008) تراکم بوته را مؤثرترین جزء بر عملکرد دانه نخود گزارش نموده‌اند. Bayat et al. (2012) نخود رقم آرمان را در تراکم‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در شرایط همدان با میزان بارندگی ۳۸۴/۸ میلی‌متر در سال انجام آزمایش و با هدف دستیابی به بهترین تاریخ کاشت و تراکم بوته این رقم مورد بررسی قرار داده و اظهار داشتند که تراکم بوته، تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشت. در این آزمایش عملکرد دانه رقم آرمان در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع بر دو تراکم دیگر برتری داشت. & Kanouni (2013) Nemati-Fard نیز تراکم بوته ۲۵، ۳۵ و ۴۵ بوته در مترمربع را بر روی دو ژنوتیپ نخود کابلی در شرایط دیم استان کردستان با میزان بارندگی سالیانه ۴۴۵/۵ میلی‌متر برای تعیین تاریخ کاشت و تراکم بوته مناسب مورد ارزیابی قرار داده و تراکم ۳۵ بوته در مترمربع را برای این استان مناسب گزارش نمودند.

سطح زیرکشت نخود دیم در استان خراسان رضوی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ معادل ۸۹۳۵ هکتار بوده است (Anonymous, 2013). نظر به اهمیت این محصول در جایگاه تغذیه‌ای، به‌ویژه برای مناطق خشک و نقش مثبت آن در تناوب با محصولات زراعی دیم، هرگونه بهبود عملکرد دانه در واحد سطح ناشی از شناخت ویژگی‌های ارقام، تاریخ کاشت مناسب و یا تراکم مطلوب بوته می‌تواند منجر به گسترش سطح زیرکشت این محصول ارزشمند شود. با توجه به وجود باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا در ریشه نخود، این گیاه در حاصلخیزی خاک و تناوب زراعی نقش مؤثری دارد و از زمان‌های دور نیز کشت آن در تناوب با غلات مرسوم بوده است (Sabaghpour et al., 2010). در نواحی کشاورزی دیم مدیرانه‌ای، به طور معمول نخود در تناوب با گندم یا سایر سبزیجات و به‌منظور بهبود نیتروژن خاک و شکستن چرخه زندگی بیماری‌های محصولات زراعی خانواده غلات کشت می‌شود (Radicetti et al., 2012). توسعه سطح زیرکشت این محصول و ورود آن به چرخه تناوبی محصولات کشاورزی دیم استان خراسان رضوی تنوع پایین محصولات زراعی دیم استان را که ناشی از محدودیت‌های اقلیمی و عمدتاً بارندگی است، بهبود می‌بخشد و تأثیر مثبتی بر روند تولید محصولات دیم استان خواهد داشت. این مطالعه با هدف شناسایی و معرفی ارقام نخود دیم سازگار و با عملکرد بالا، تعیین تاریخ کاشت مطلوب و تراکم بذر مناسب به‌عنوان مبانی اساسی گسترش سطح زیرکشت و افزایش عملکرد دانه در واحد سطح این محصول انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه عملکرد دانه و ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های نخود در شرایط دیم به تاریخ کاشت و تراکم بذر، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق در مشهد به اجرا درآمد. تاریخ کاشت شامل دو سطح کشت انتظار (۱۳۹۴/۱۰/۶) و کشت معمول کشاورزان (نیمه دوم اسفندماه؛ ۱۳۹۴/۱۲/۱۷) به‌عنوان کرت اصلی و پنج ژنوتیپ نخود شامل سه رقم سارال، جم و بینالود (رقم توصیه‌شده برای شرایط آبی) و دو توده محلی نیشابور و قوچان به‌عنوان کرت فرعی و دو تراکم ۴۰ (توصیه‌شده برای شرایط دیم) و ۵۰ (۲۵ درصد تراکم بیشتر) بذر در مترمربع به‌عنوان کرت فرعی-فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات خاک‌ورزی شامل استفاده از گاوآهن برگرداندار و دیسک بود و در همان سال به اجرا درآمد. پس از مصرف کودهای پایه در خاک بر مبنای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار

از کودهای فسفات آمونیوم، اوره و سولفات پتاسیم، زمین جهت کشت ردیفی بذور آماده و کرت‌ها مشخص شدند. هر کرت شامل شش خط کاشت به طول چهار متر و فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود و با فاصله بذر حدود ۱۰ و ۸ سانتی‌متر به ترتیب برای تراکم های ۴۰ و ۵۰ بذر در مترمربع کشت شد. در عملیات داشت، علف‌های هرز با دست وجین شد و بر علیه آفت کرم غلاف‌خوار در هر دو تاریخ کاشت با استفاده از آفت‌کش کلرپیریفوس دو نوبت سمپاشی در مراحل حدود ۵۰ درصد گلدهی تاریخ کاشت اول و حدود ۷۰ درصد گلدهی تاریخ کاشت دوم انجام شد. مراحل نمو شامل رشد رویشی، گلدهی، غلافدهی و رسیدگی فیزیولوژیک نیز بر مبنای مرحله نمو ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت ثبت شد (Yau, 2005). پس از رسیدگی محصول پنج بوته از هر کرت جهت اندازه‌گیری تعداد غلاف در بوته، غلاف‌های خسارت‌دیده و تعداد دانه در غلاف برداشت گردید و سپس کل کرت با مساحت حدود شش مترمربع با دست برداشت و پس از جداسازی کاه و دانه، عملکرد دانه در واحد سطح تعیین شد. نتایج با نرم‌افزار آماری SAS (8.2) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شد.

نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی

بر اساس گزارش هواشناسی استان خراسان رضوی، میانگین بارندگی مشهد در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ بیشتر از میانگین درازمدت و به میزان ۲۷۶ میلی‌متر بوده است. توزیع بارندگی در این سال متفاوت بود و بخش قابل توجهی از آن در فصل بهار اتفاق افتاد. میزان بارندگی در پاییز، زمستان و بهار سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ به ترتیب ۴۷/۳، ۶۴/۱ و ۱۶۴/۶ میلی‌متر بود. در این سال زراعی دمای هوای مشهد در زمستان بالاتر از حد معمول بود، یخبندان‌های معمول زمستانه رخ نداد و بارندگی‌ها به صورت باران اتفاق افتاد.

مراحل نمو

حدود مراحل نمو ثبت‌شده برای ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی در تاریخ کاشت‌های مختلف در جدول ۱ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد ارقام و توده‌ها از نظر طی مراحل فنولوژیکی تفاوت نشان می‌دهند و این تفاوت در مراحل حساس رشدی نیز قابل ملاحظه است به عبارت دیگر شروع و تداوم دوره‌های رشد زایشی برای تاریخ‌های کاشت و ارقام متفاوت بوده است. گزارش شده است که تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک، روز تا گلدهی و رسیدگی، دوره پرشدن دانه، وزن خشک در زمان گلدهی، شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته

نخود تأثیر معنی‌داری دارد (Yau, 2005). اطلاعات جدول ۱ نشان می‌دهد که در تاریخ کاشت اول رقم جم رشد زایشی را سریع‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها آغاز نموده و توده نیشابور و رقم سارال در رتبه بعدی قرار داشتند، در مقابل رقم بینالود رشد زایشی را دیرتر و با تفاوت قابل توجه نسبت به رقم زودرس آغاز نمود. در سایر مراحل نمو توده قوچان مشابه گروه زودرس بود اما تفاوت رقم بینالود با سایر ژنوتیپ‌ها تا پایان مراحل نمو ادامه یافت. در تاریخ کاشت دوم شرایط به گونه‌ای دیگر بود، واکنش دوره رشدی رقم جم و توده‌های نیشابور و قوچان مشابه تاریخ اول بود و رقم بینالود نیز دیررسی نشان داد و تقریباً مرحله گلدهی و غلاف دهی قابل تمایز نداشت و عملاً در دوره زمانی کاشت تا برداشت بیشتر رشد رویشی داشت (دوره رشد زایشی محدود و در همه بوته‌ها نیز اتفاق نیفتاد) که می‌توان آن را نیز تقریباً مشابه تاریخ اول دانست. اما نکته قابل توجه در مورد رقم سارال است که در تاریخ کاشت دوم واکنشی کاملاً متفاوت با تاریخ کاشت اول داشت؛ به عبارت دیگر با وجود این که در تاریخ کاشت اول در همه مراحل نمو رفتاری مشابه ژنوتیپ‌های زودرس داشت اما در تاریخ کاشت دوم دیررسی نشان داد و گلدهی آن بسیار دیرتر از ارقام زودرس و مشابه رقم دیررس بینالود بود؛ به بیان دیگر واکنشی مشابه تامین نیاز سرمایی غلات زمستانه برای شروع گلدهی نشان داد. از آنجا که شرایط محیطی برای ارقام مشابه بوده است، به نظر می‌رسد این رقم برای ورود به مرحله زایشی نیازی دارد (احتمالاً نیاز سرمایی) و پس از رفع آن، مرحله زایشی را آغاز خواهد نمود. درجه حرارت محیط، فتوپریود و ورنالیزاسیون عوامل مهم محیطی هستند که بر زمان گلدهی محصولات زراعی مؤثر هستند (Wang et al., 2015). رقم سارال در تاریخ کاشت دوم دیر به مرحله گلدهی وارد شد و گلدهی فراوانی نداشت، ضمن این که این مرحله با تنش گرمایی آخر فصل نیز همراه بود. گلدهی مرحله حساسی از نمو در چرخه زندگی اغلب محصولات زراعی است که بر شانس گرده افشانی و سایر واکنش‌های محصولات زراعی مانند توسعه برگ، رشد ریشه و جذب مواد غذایی تأثیر دارد (Wang et al., 2015). تنش حرارتی طی دوره رشد زایشی می‌تواند باعث کاهش معنی‌دار عملکرد در نخود گردد. زمان گلدهی، عدم هماهنگی زمانی بین نمو اندام‌های نر و ماده و اختلال در کارکرد اندام‌های نر و ماده گل، مهم‌ترین اثرات تنش حرارتی طی دوره رشد زایشی نخود هستند که بر غلاف‌بندی، دانه‌بندی و عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند (Devasirvatham et al., 2012). طی آزمایشی در شرایط گلخانه، با قطع آبیاری و اعمال تنش خشکی در مرحله قبل از شروع رشد زایشی برای دو رقم

در این تاریخ کاشت‌ها مرحله قبل از گلدهی طولانی‌تر می‌شود و گیاه فرصت بیشتری برای رشد رویشی پیدا می‌کند. دوره رشد رویشی گیاه در این شرایط با کاهش درجه حرارت و طول روز آغاز می‌شود. به علاوه دوره رشد زایشی نیز طولانی‌تر و با شرایط حرارتی و رطوبتی مناسب‌تری نسبت به کشت بهاره مواجه می‌شود (Mousavi & Pezeshkpour, 2006).

نخود راپولی (تیپ دیسی) و آلماز (تیپ کابلی)، تولید گل در تیمار تنش حدود ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد و عملکرد دانه در بوته نیز برای دو رقم راپولی و آلماز به ترتیب ۳۱ و ۳۸ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت (Fang *et al.*, 2011). کشت‌های پاییزه و انتظاری به انطباق فنولوژی نخود با درجه حرارت و رژیم رطوبتی مطلوب کمک می‌کند. همچنین

جدول ۱- تعداد روز تقریبی تا وقوع مراحل نمو ژنوتیپ‌های نخود

Table 1. Days to occurrence of developmental stages of chickpea genotypes

تاریخ کاشت Sowing date	ژنوتیپ Genotype	از کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	از سبز شدن تا From emergence to		
			۵۰ درصد گلدهی 50% Flowering	۵۰ درصد غلاف دهی 50% Pod development	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity
۱۳۹۴/۱۰/۶ 2015 Dec. 27	Saral سارال	50	71	85	100
	Jam جم	50	69	85	100
	Binalood بینالود	50	75	88	109
	Neyshaboور توده نیشابور	50	70	85	100
	landrace توده قوچان	50	72	85	100
۱۳۹۴/۱۲/۱۷ 2016 Mar. 8	Quchan landrace				
	Saral سارال	21	50	61	71
	Jam جم	21	39	50	67
	Binalood بینالود	21	54 *	62 **	73
	Neyshaboور توده نیشابور	21	39	49	65
	landrace توده قوچان	21	39	50	65
	Quchan landrace				

* گلدهی بسیار کم؛ ** تشکیل غلاف، بسیار کم

*Low flowering; ** Very poor podding

میانگین این جزء مؤثر بر کمیت و کیفیت نخود تولیدی در تاریخ کاشت دوم (۱۸/۸ گرم) برتری معنی‌داری داشت. پرشدن نهایی اندوسپرم بذر نخود تحت تأثیر دمای بالا قرار گرفته و منجر به بذور کوچک یا چروکیده می‌گردد. علت احتمالی اندوسپرم کوچک یا اندازه کوچک بذر طی تنش حرارتی بعد از گرده‌افشانی این است که اختصاص مجدد مواد فتوسنتزی به دانه کاهش می‌یابد و چون عموماً بخش مهمی از کربوهیدرات‌ها برای پرشدن دانه حبوبات مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین بر وزن و تعداد دانه تأثیر می‌گذارد (Devasirvatham *et al.*, 2012). میانگین شاخص برداشت نیز تحت تأثیر معنی‌دار تأخیر در کاشت قرار گرفت و از ۳۴/۷ درصد در تاریخ کاشت اول به ۲۳/۱ درصد در تاریخ کاشت دوم کاهش یافت. تفاوت میانگین عملکرد بیولوژیک در دو تاریخ کاشت نیز قابل‌توجه و معنی‌دار بود و از نظر این صفت، تاریخ کاشت اول با میانگین عملکرد بیولوژیک ۲۴۰۵ کیلوگرم در هکتار بر تاریخ کاشت دوم (۱۳۸۲ کیلوگرم در هکتار) برتری نشان داد. با توجه به برتری

ارتفاع بوته و عملکرد و اجزای عملکرد دانه

نتایج تجزیه آماری نشان داد که اغلب صفات مورد مطالعه تحت تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت واقع شد (جدول ۲) و با تأخیر در کاشت کاهش معنی‌داری نشان دادند (جدول ۳). تعداد دانه در غلاف و درصد غلاف آفت‌زده، دو صفتی بودند که تحت تأثیر تاریخ کاشت تغییر معنی‌داری نشان ندادند.

میانگین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت اول ۴۱/۸ سانتی‌متر بود و بر میانگین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت دوم (۳۱/۵ سانتی‌متر) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳). ارتفاع بیشتر در تاریخ کاشت زمستانه برداشت با ماشین را راحت‌تر می‌سازد (Yau, 2005). از نظر تعداد غلاف در بوته به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد دانه نیز تفاوت تاریخ کاشت‌ها قابل‌توجه و معنی‌دار بود، به گونه‌ای که میانگین این صفت در تاریخ کاشت اول (۱۵/۵ غلاف در بوته) نزدیک به دو برابر تاریخ کاشت دوم (۸/۱ غلاف در بوته) بود (جدول ۳). میانگین وزن ۱۰۰ دانه ارقام نخود در تاریخ کاشت اول ۲۲/۶ گرم بود و بر

چشمگیر میانگین بسیاری از اجزای عملکرد در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم، میانگین عملکرد دانه به‌عنوان برآیند مجموع این صفات در تاریخ کاشت اول به میزان قابل توجهی بیشتر از تاریخ کاشت دوم بود، به گونه‌ای که میانگین عملکرد دانه با تأخیر در کاشت از ۸۶۰ به ۳۸۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. گزارش شده است که عملکرد دانه نخود تحت تأثیر تنش خشکی و به علت دانه کمتر در غلاف و دانه‌های کوچک‌تر در تعدادی از ژنوتیپ‌های نخود کاهش یافت (Fang *et al.*, 2011)؛ شرایطی که با تأخیر در

کاشت در این مطالعه نیز مشاهده شده و از علت‌های اصلی کاهش عملکرد دانه بود. طی مطالعه‌ای تاریخ کاشت بهار منجر به تأخیر در گلدهی بوته‌ها و کاهش ارتفاع بوته شد و با وجود شاخص برداشت بیشتر، اما عملکرد بیولوژیک و دانه در تاریخ کاشت بهار کمتر از تاریخ کاشت پاییزه بود. همچنین بذرها کوچک‌تر بودند و تاریخ کاشت زمستانه ۳۶ درصد عملکرد بیشتری نسبت به تاریخ کاشت بهار تولید نمود (Yau, 2005).

جدول ۲- میانگین مربعات اثرات تاریخ کاشت، رقم و تراکم بذر بر ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد نخود

Table 2. Mean squares of planting date, cultivar and seed density effects on plant height, yield and yield components of chickpea

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod	درصد غلاف آفت‌زده Infested pod (%)	وزن ۱۰۰ دانه 100 seeds weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	59.7	5	0.14	133	1.7	82.3	332408	59194
تاریخ کاشت Sowing date	1	1581 **	815 **	0.6 ns	1772 ns	212 **	1895 *	15685150 *	3455482*
اشتباه اول Error a	2	12.2	8.1	0.06	113	4	57.2	361943	98097
رقم Cultivar	4	274 **	200 **	0.38 **	37 ns	152 **	945 **	530797 **	355641 **
رقم × تاریخ کاشت cultivar×sowing date	4	21 **	43 **	0.22 ns	46 ns	14.3 **	657 **	444036**	243505 **
اشتباه دوم Error b	16	5.3	7.2	0.07	80	0.86	17.4	45511	11889
تراکم بذر Seed density	1	5.4 ns	32 *	0.02 ns	0.3 ns	0.2 ns	9.1 ns	272099 *	12094 ns
تراکم بذر × تاریخ کاشت Seed density× sowing date	1	0.004 ns	0.23 ns	0.0008 ns	159 ns	0.0002 ns	1 ns	7135 ns	683 ns
تراکم بذر × رقم Seed density×cultivar	4	1.02 ns	3.8 ns	0.05 ns	127 ns	2.6 *	8.7 ns	145443 *	29075 *
تراکم بذر × تاریخ کاشت × رقم Seed density× cultivar×sowing date	4	1.7 ns	5.9 ns	0.02 ns	40 ns	1.9 ns	0.84 ns	102322 ns	ns 11769
اشتباه سوم Error c	20	3.5	5.1	0.03	58	0.75	7.4	38735	8571
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		5.1	19.3	24.6	25.9	4.2	9.4	10.4	14.9

*, **, ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد و عدم معنی‌داری تیمارها

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

پنج درصد غلاف‌های آفت‌زده تحت تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت و رقم و تراکم بذر قرار نگرفت، اما همان‌گونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، تفاوت دو تاریخ کاشت از نظر این صفت قابل توجه است و درصد خسارت آفت در تاریخ کاشت اول به طور میانگین ۷۴ درصد نسبت به تاریخ کاشت دوم

افزایش یافته است؛ گرچه با وجود این میزان خسارت، عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم برتری چشم‌گیری داشت. نتایج مطالعه Ghorbani *et al.*, (2012) نیز حاکی از افزایش خسارت آفت پیل‌خوار نخود در کشت زود هنگام نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها و به میزان پنج برابر

بود، اما با این وجود، عملکرد دانه در این تاریخ کاشت ۶۱/۶ درصد افزایش نشان داد. بنابراین با فرض این که خسارت آفت در تاریخ کاشت اول بیشتر است، باز هم کشت انتظار و شرایط تاریخ کاشت اول بر تاریخ کاشت دوم برتری خواهد داشت؛ ضمن این که در صورت کنترل مناسب این آفت و کاهش خسارت آن، سهمی که به عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول بر مبنای تعداد غلاف افزوده خواهد شد، حدود ۱/۵ برابر تاریخ کاشت دوم بوده و با توجه این که ۱/۵ برابر نسبتی از عملکرد دانه تاریخ کاشت اول خواهد بود، تفاوت عملکرد دانه دو تاریخ کاشت بیش از پیش افزایش خواهد یافت.

ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه صفاتی هستند که تحت تأثیر معنی‌دار ژنوتیپ‌های مورد بررسی قرار گرفتند. در این بررسی رقم بینالود با میانگین ۴۳/۳ سانتی‌متر بیشترین و رقم سارال با میانگین ۳۲/۱ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). از نظر تعداد غلاف در بوته، توده نیشابور با میانگین ۱۷/۲ غلاف در بوته برتری معنی‌داری

بر سایر ژنوتیپ‌ها داشت و رقم بینالود با میانگین ۷/۴ غلاف در بوته کمترین مقدار این صفت را نشان داد. وزن ۱۰۰ دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان داد و رقم جم بیشترین (۲۵/۳ گرم) و توده نیشابور کمترین (۱۶/۷ گرم) میانگین این صفت را دارا بودند. از نظر شاخص برداشت نیز واکنش ژنوتیپ‌ها متفاوت بود، به گونه‌ای که توده نیشابور با میانگین ۳۶/۲ درصد بیشترین و رقم بینالود با میانگین ۱۴/۹ درصد کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند. تفاوت میانگین عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌ها نیز قابل توجه و معنی‌دار بود. در این بررسی رقم جم بیشترین (۲۱۷۲ کیلوگرم در هکتار) و رقم بینالود کمترین (۱۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) میانگین عملکرد بیولوژیک را نشان دادند (جدول ۳). میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز اختلاف معنی‌داری داشت، به گونه‌ای که توده نیشابور و رقم جم به ترتیب با میانگین ۷۶۴ و ۷۶۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم بینالود با میانگین ۳۴۵ کیلوگرم کمترین میانگین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی روی صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود

Table 3. Comparison of mean of treatments effect on studied traits of chickpea genotypes

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod	درصد غلاف آفت‌زده Infested pod (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seeds weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)
تاریخ کاشت Sowing date								
۱۳۹۴/۱۰/۶ 2015 Dec. 27	41.8 A	15.5 A	0.77 A	35.5 A	22.6 A	34.7 A	2405 A	860 A
۱۳۹۴/۱۲/۱۷ 2016 Mar. 8	31.5 B	8.1 B	0.56 A	20.4 A	18.8 B	23.5 B	1382 B	380 B
ژنوتیپ Genotype								
سارال Saral	32.1 C	8.2 CD	0.47 A	27.8 A	22.5 B	25.9 B	1738 C	581 B
جم Jam	39.8 B	12 BC	0.83 A	31.6 A	25.3 A	34.2 A	2172 A	761 A
بینالود Binalood	43.3 A	7.4 D	0.48 A	31.3 A	21.2 B	14.9 C	1682 C	345 C
توده نیشابور Neyshaboore landrace	34.8 C	17.2 A	0.75 A	28.9 A	16.7 C	36.2 A	2053 AB	764 A
توده قوچان Quchan landrace	33.2 C	14.1 AB	0.8 A	27.5 A	17.6 C	34.2 A	1823 BC	649 AB
تراکم بذر Seed density								
۴۰ بذر در مترمربع 40 seed.m ⁻²	36.9 A	12.5 A	0.68 A	30.1 A	20.7 A	29.5 A	1961 A	634 A
۵۰ بذر در مترمربع 50 seed.m ⁻²	36.3 A	11 B	0.65 A	28.6 A	20.6 A	28.7 A	1826 B	606 A

* میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means of each column with at least one common letter, are not significantly different, based on Duncans multiple range test.

اثرات متقابل ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی دار بود. در این بررسی بیشترین ارتفاع بوته با ۴۹/۳ سانتی متر به رقم بینالود و در تاریخ کاشت اول و کمترین ارتفاع بوته به رقم سارال و توده‌های نیشابور و قوچان در تاریخ کاشت دوم و به ترتیب با ۲۸/۷، ۲۸/۳ و ۲۸/۷ سانتی متر اختصاص داشت (جدول ۴). علاوه بر ارتفاع بوته، ارتفاع تشکیل غلاف‌ها نیز در رقم بینالود از سایر ارقام بیشتر بود که برای برداشت مکانیزه مناسب تر به نظر می رسد. بیشترین تعداد غلاف در بوته برای رقم نیشابور در تاریخ کاشت اول و به تعداد ۱۹/۵ غلاف در هر بوته ثبت شد. از نظر این صفت رقم بینالود با ۱/۱ غلاف در هر بوته در تاریخ کاشت دوم کمترین مقدار را نشان داد. این غلاف‌ها بسیار دیر هنگام نیز تشکیل شد و عملاً منجر به عملکرد دانه‌ای نگردید (جدول ۴). به عبارت دیگر این جزء مهم از عملکرد دانه ارقام، تأثیر زیادی از تاریخ کاشت می‌پذیرد و باید در انتخاب ارقام برای دوره کاشت مورد توجه باشد. رقم جم با وزن ۱۰۰ دانه ۲۶/۸ گرم در تاریخ کاشت اول بیشترین مقدار این صفت را در دو تیمار آزمایش به خود اختصاص داد و توده نیشابور کمترین مقدار این صفت (۱۵/۷ گرم) را در تاریخ کاشت دوم نشان داد. نکته قابل توجه این است که رقم جم در هر دو تاریخ کاشت بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را نسبت به سایر ارقام دارا بود (جدول ۴). با وجود این که شاخص برداشت رقم سارال در تاریخ کاشت اول بیشترین مقدار (۴۰/۶ درصد) در این آزمایش بود، اما در تاریخ کاشت دوم کاهش چشمگیری نشان داد. البته کمترین مقدار شاخص

برداشت برای رقم بینالود و به میزان ۲/۶ درصد در تاریخ کاشت دوم ثبت گردید. به نظر می‌رسد شاخص برداشت رقم جم و توده های نیشابور و قوچان نسبت به دو رقم دیگر کمتر تحت تأثیر تاریخ کاشت واقع شده است. عملکرد بیولوژیک نیز تحت تأثیر متقابل رقم و تاریخ کاشت قرار گرفت. رقم جم با میانگین ۲۵۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم سارال با ۹۸۳ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک را نشان دادند. برهمکنش تاریخ کاشت و رقم عملکرد دانه را تحت تأثیر معنی داری قرار داد و اختلاف قابل توجهی بین ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف مشاهده گردید، به گونه‌ای که رقم سارال با ۱۰۳۸ کیلوگرم عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول بیشترین و رقم بینالود با حدود ۳۰ کیلوگرم عملکرد دانه در هکتار در تاریخ کاشت دوم کمترین مقدار این صفت را نشان دادند (جدول ۴). گرچه در این آزمایش با تأخیر در کاشت عملکرد دانه همه ارقام و توده‌های مورد بررسی کاهش یافته است، اما این کاهش برای ارقام سارال (۸۸ درصد) و بینالود (حدود ۹۵ درصد) بیشترین مقدار بوده است.

تراکم بذر تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داد و بر سایر صفات اثر معنی داری نداشت (جدول ۲). بیشترین مقدار این دو صفت نیز در تراکم ۴۰ بذر در مترمربع حاصل گردید (جدول ۳). اثرات متقابل تراکم بذر و رقم بر وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی دار شد (جدول ۵). توده نیشابور در تراکم ۵۰ بذر در مترمربع عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بیشتری نسبت به تراکم ۴۰ بذر در مترمربع داشت.

جدول ۴- اثرات متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ روی صفات مورد مطالعه نخود

Table 4. Interaction of planting date and genotype on studied traits of chickpea

تاریخ کاشت Sowing date	ژنوتیپ Genotype	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seeds weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)
۱۳۹۴/۱۰/۶ 2015 Dec. 27	Saral سارال	13.2 BCD	35.5 D	25.9 A	40.6 A	2493 A	1038 A
	Jam جم	13.9 BCD	45.7 B	26.8 A	33.6 AB	2560 A	900 AB
	Binalood بینالود	13.7 BCD	49.3 A	23.9 A	27.2 B	2340 ABC	661 AB
	Neyshaboor landrace توده نیشابور	19.5 A	41.2 C	17.7 BC	35.3 AB	2490 AB	908 AB
	Quchan landrace توده قوچان	17.1 AB	37.2 D	18.5 BC	36.8 AB	2101 ABC	795 AB
	Saral سارال	3.1 E	28.7 E	19.2 B	11.1 C	983 D	124 CD
۱۳۹۴/۱۲/۱۷ 2016 Mar. 8	Jam جم	10.1 D	34 D	23.9 A	34.8 AB	1743 ABCD	623 AB
	Binalood بینالود	1.1 E	37.3 D	18.5 BC	2.6 C	1023 D	30 D
	Neyshaboor landrace توده نیشابور	14.9 ABC	28.3 E	15.7 C	37.2 AB	1616 CD	621 ABC
	Quchan landrace توده قوچان	11.1 CD	28.7 E	16.8 BC	31.6 AB	1545 CD	504 BC
	Quchan landrace						

* میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

* Means of each column with at least one common letter, are not significantly different, based on Duncans multiple range test.

جدول ۵- اثرات متقابل ژنوتیپ و تراکم بذر روی صفات مورد مطالعه نخود

Table 5. Interaction of genotype and seed density on studied traits of chickpea

تراکم بذر Seed density	ژنوتیپ Genotype	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)
۴۰ بذر در مترمربع 40 seed/m ²	Saral	23.1 B	1676 B	579 D
	Jam	25.9 A	2228 A	785 AB
	Binalood	20.8 C	1646 B	351 E
	توده نیشابور	16.6 E	1807 B	664 BCD
	Neyshaboor landrace			
	توده قوچان	17.3 E	1774 B	651 BCD
۵۰ بذر در مترمربع 50 seed/m ²	Quchan landrace			
	Saral	22 BC	1800 B	583 D
	Jam	24.8 A	2116 A	737 ABC
	Binalood	21.5 C	1717 B	340 E
	توده نیشابور	16.8 E	2299 A	865 A
	Neyshaboor landrace			
	توده قوچان	18 D	1872 B	647 CD
	Quchan landrace			

* میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means of each column with at least one common letter, are not significantly different, based on Duncan's multiple range test.

نتیجه‌گیری

مجموع ارقام جم و سارال برای کشت در شرایط انتظار قابل توصیه هستند. رقم سارال واکنش ویژه به تاریخ کاشت نشان داد و در کشت بهاره با تأخیر به مرحله زایشی وارد شد و عملکرد دانه کمتری داشت. به نظر می‌رسد با توجه به شرایط یکسان برای ارقام و توده‌ها، این واکنش می‌تواند ناشی از نوعی تامین نیاز (احتمالاً سرمایی) برای ظهور گل باشد و این نکته لزوم دقت در انتخاب رقم مناسب برای هر تاریخ کاشت را نشان می‌دهد. بنابراین چنانچه به هر علتی کشت انتظاری در آخر پاییز تحقق نیافت، به علت تفاوت واکنش ارقام به تاریخ کاشت، برای تاریخ کاشت نیمه اسفندماه از بین ارقام و توده‌های مورد بررسی رقم جم مورد توصیه خواهد بود. در این بررسی تراکم بذر تأثیری بر عملکرد دانه نشان نداد، بنابراین مصرف بذر کمتر و تراکم ۴۰ بذر در مترمربع مناسب به نظر می‌رسد.

نتایج حاکی از آن است که تاریخ کاشت انتظار بر تاریخ کاشت بهاره برتری دارد. علاوه بر برتری کمی عملکرد دانه در کشت انتظار، میانگین وزن ۱۰۰ دانه نیز در کشت انتظار نسبت به کشت بهاره ۲۰/۲ درصد افزایش یافته و کیفیت و بازارپسندی محصول را بهبود بخشیده است. مصرف‌کننده‌ها دانه‌های بزرگ تر نخود را ترجیح می‌دهند و بهای دانه‌های بزرگتر بیشتر از دانه‌های کوچک است و گاهی فروش نخودهای ریزدانه برای کشاورزان بسیار مشکل می‌شود (Yau, 2005). بنابراین از نظر کمیت دانه تولیدی ارقام سارال و جم و توده نیشابور برای تاریخ کاشت انتظار مناسب‌تر از رقم بینالود و توده قوچان به نظر می‌رسند، اما با توجه به این که ارقام دانه درشت عموماً بازارپسندی بیشتری دارند و توده نیشابور ریزدانه است، در

منابع

1. Anonymous. 2013. Yearbook of Agricultural Statistics. Agricultural Jihad of Khorasan Razavi Organization. Deputy of Programming and Economic Affairs, from [Http://www.koaj.ir](http://www.koaj.ir) (In Persian).
2. Bayat, R., Sabaghpour, S.H., Hatami, A., and Mehrabi, A.A. 2012. Study on effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components of improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) Kabuli type var. Arman. Iranian Journal of Pulses Research 3: 65-72. (In Persian with English Summary).
3. Chang, K.F., Ahmed, H.U., Hwang, S.F., Gossen, B.D., Howard, R.J., Warkentin, T.D., Strelkov S.E., and Blade, S.F. 2007. Impact of cultivar, row spacing and seeding rate on ascochyta blight severity and yield of chickpea. Canadian Journal of Plant Science 87: 395-403.
4. Consultative Group for International Agricultural Research. 2017. Our-strategy: Chickpea. Available at Web site <http://www.cgiar.org/our-strategy/crop-factsheets/chickpea>

5. Devasirvatham, V., Tan, D.K.Y., Gaur, P.M., Raju, T.N., and Trethowan, R.M. 2012. High temperature tolerance in chickpea and its implications for plant improvement. *Crop & Pasture Science* 63: 419-428.
6. Fang, X.W., Turner, N.C., Li, F.M., and Siddique, K.H.M. 2011. An early transient water deficit reduces flower number and pod production but increases seed size in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Crop and Pasture Science* 62: 481-487.
7. Fernández-García, P., López-Bellido, L., Munoz-Romero, V., and López-Bellido, R.J. 2013. Chickpea water use efficiency as affected by tillage in rainfed Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management* 129: 194-199.
8. Ghorbani, R., Mousavi, S.K., Ghiasvand, M., and Karimzade Esfahani, J. 2012. The effect of sowing date and plant density on population and infestation of chickpea pod borers in Lorestan province. *Iranian Journal of Pulses Research* 3: 85-96. (In Persian with English Summary).
9. Haghparast, M., and Maleki Farahani, S. 2013. Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. *Iranian Journal of Pulses Research* 4: 77-86. (In Persian with English Summary).
10. Kanouni, H., and Nemati-Fard, M. 2013. Effect of sowing time and seeding rate on seed yield and some agronomic traits of two Kabuli chickpea genotypes in autumn sowing in rainfed conditions in Kurdistan province of Iran. *Seed and Plant Production Journal* 29: 185-200. (In Persian with English Summary).
11. Khorsandi, H., Valizadeh-Osalo, G., Sadeghzadeh-Ahari, D., and Farayedi, Y. 2015. Study on effects of nitrogen starter and spray fertilizer application differences on chickpea genotype and variety yields and yield components in dryland condition. *Iranian Journal of Dryland Agriculture* 4: 211-220. (In Persian with English Summary).
12. Kirkegaard, J.A., and Hunt, J.R. 2010. Increasing productivity by matching farming system management and genotype in water-limited environments. *Journal of Experimental Botany* 61: 4129-4143.
13. Kumar, J., and Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. *Advances in Agronomy* 72: 107-138.
14. López-Bellido, F.J., López-Bellido, R.J., Khalil, S.K., and López-Bellido, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 100: 957-964.
15. Lopez-Bellido, R.J., Lopez-Bellido, L., Benitez-Vega, J., Munoz-Romero, V., Lopez-Bellido, F.J., and Redondo, R. 2011. Chickpea and faba bean nitrogen fixation in a Mediterranean rainfed Vertisol: effect of the tillage system. *European Journal of Agronomy* 34: 222-230.
16. Mousavi, S.K., and Pezeshkpour, P. 2006. Evaluation of kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars response to sowing date. *Iranian Journal of Field Crops Research* 4: 141-154. (In Persian with English Summary).
17. Mousavi, S.K., and Ahmadi, A. 2010. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield and yield components to sowing date, crop density and weed interference in Lorestan province. *Journal of Plant Protection* 23: 1-13. (In Persian with English Summary).
18. Radicetti, E., Mancinelli, R., and Campiglia, E. 2012. Combined effect of genotype and inter-row tillage on yield and weed control of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a rainfed Mediterranean environment. *Field Crops Research* 127: 161-169.
19. Sabaghpour, S.H., Pezeshkpour, P., Sarparast, R., Saeed, A., Safikhani, M., Hashembeigi, A., and Karami, M. 2010. Study of seed yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in autumn planting in dryland conditions. *Seed and Plant Improvement Journal* 26: 173-191. (In Persian with English Summary).
20. Sedaghat Khahi, H., Parsa, M., Nezami, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2011. Evaluating of the morphological and phenological characteristics of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes at entezary sowing in Mashhad conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 3: 41-52. (In Persian with English Summary).
21. Vance, W.H., Bell, R.W., Johansen, C., Haque, M.E., Musa, A.M., Shahidullah, A.K.M., and Mia, M.N.N. 2014. Optimum time of sowing for rainfed winter chickpea with one-pass mechanised row-sowing: an example for small-holder farms in north-west Bangladesh. *Crop and Pasture Science* 65: 602-613.

22. Wang, B., Liu, D.L., Asseng, S., Macadame, I., and Yua, Q. 2015. Impact of climate change on wheat flowering time in eastern Australia. *Agricultural and Forest Meteorology* 209: 11-21.
23. Yau, S.K. 2005. Optimal sowing time and seeding rate for winter-sown, rain-fed chickpea in a cool, semi-arid Mediterranean area. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 1227-1233.
24. Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri, A. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 483-492. (In Persian with English Summary).

Assessment of planting date and seed density impact on yield and yield components of chickpea genotypes in dryland conditions of Mashhad

Khodashenas^{1*}, A., Sadeghzadeh-Ahari², D., Dadmand³, M. & Abbaszadeh⁴, M.

1. PhD. in Crop Ecology, Researcher, Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
2. Faculty Member of Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
3. MSc., Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
4. MSc., Khorasan Razavi Agricultural Jihad Organization

Received: 15 April 2017
Accepted: 10 October 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.63131

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a pulse crop with high nutritional properties and is an important source for food, feed and forage. It is a drought-tolerant crop that is mainly cultivated in dryland farming and able to fix nitrogen at least 20-60 kg/ha. Nitrogen fixation and other characteristics of this crop are the reasons for expansion of chickpea cultivated land and use of this crop in rotation with other crops. It has been reported that planting date, cultivar and seed density have the important effects on quantity and quality of chickpea seed. Traditionally chickpea is planted in early spring in mostly cultivated land in Mediterranean regions and specially in our country and Khorasan Razavi province, while this crop could be cultivated in autumn or early of winter and reported that these planting dates had improved seed yield. Diverse cultivars of dryland chickpea with special characteristics have been introduced in our country that have the ability to adopt in dryland regions and increase the yield in unit area of dryland cultivation. Also has been reported that seed density affects on chickpea yield in dryland conditions. With attention to these matters, the aim of this experiment was determination of optimum planting date, introduction of proper chickpea cultivars and seed density for improvement of seed yield and developed chickpea cultivated land in dryland conditions of khorasan Razavi provinces.

Material & Methods

In order to evaluate the effects of planting date and seed density on three cultivars and two landraces of chickpea, an experiment with split-split plot in randomized complete block design with three replications was conducted on Torogh agricultural and natural resources research station in 2015-2016. Treatments included of two planting dates, end of autumn (2015 Dec. 27) and usual planting date (2016 Mar. 8) as main plot, five genotypes of chickpea, included of Saral, Jam, Binalood cultivars and Neyshaboor and Ghouchan landraces as sub plot and two seed density of 40 and 50 seed/m² as sub-sub plot. After moldboard plow and disc, base fertilizer added to soil and plots determined. Each plot included of 6 row with 4 meter length and 25 centimeter row width. Weeding was made by hand and pest control was made by pesticides. Growth stages recorded weekly and in ripening stage, 5 plants harvested from each plot for determining of yield components and then whole plant of each plot harvested for seed yield determination.

Results & Discussion

Results showed that besides of yield and yield components, growth stage of studied genotype was affected by planting dates. Saral cultivar that was early maturity in first planting date, in second planting date was late. Also results showed that most of studied traits significantly were affected by planting date and with delay in planting date they significantly reduced. There was significant differences between planting dates and studied chickpea genotypes for many traits such as plant height, number of pod per plant, harvest index, biological yield, 100seed weight and grain yield. Mean grain yield of first planting date was 860 kg/ha that

*Corresponding Author: khodashenas48@yahoo.com

had significant advantage to second date (360 kg/ha). Jam cultivar and Neyshaboor landrace with mean yield of 761 and 764 kg/ha had the greater mean grain yield than other cultivars in two planting dates, but Jam and Saral cultivars and Neyshaboor landrace with grain yield of 1038, 900 and 908 kg/ha, respectively in first planting date, had the most yield and Binalood cultivar in second date with 30 kg/ha had the least seed yield among cultivars in this experiment.

Conclusion

First planting date (27 Dec. 2015) improved the quantity and quality of produced grain in all cultivars and therefore is preferred to traditional planting date (8 Mar. 2016) and recommended. In the end of autumn planting date Saral and Jam cultivars and Neyshaboor landrace are best for cultivation from quantity aspect of grain production but if marketing is considered, because of small grain of Neyshaboor landrace (100seed weight was 17.7 g), Jam and Saral cultivars with 100seed weight of 25.9 and 26.8 g, respectively are appropriate for first planting date. In this study reaction of cultivars to planting date was differed and this point must be considered in selection of cultivars for each planting date. Seed density had not significant effect on the most important traits and therefore lower density will be recommended. With this considerations, chickpea has the potential as a useful crop in rotation with other dryland crops.

Keywords: Chickpea cultivars, Dryland agriculture, Planting date

بررسی مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مزارع نخود دیم (*Cicer arietinum* L.)

عبدالرضا احمدی^{۱*}، مژگان ویسی^۲، منصور آقایی حاجی آبادی^۳ و سیدکریم موسوی^۴

۱- دانشیار مدیریت علف‌های هرز، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲- استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، movassi2002@yahoo.com

۳- دانش‌آموخته مدیریت علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، mansour.aghaei33@gmail.com

۴- استادیار بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لرستان، ایران، skmousavi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۳۰

چکیده

به منظور بررسی کارایی چند علف‌کش در تلفیق با کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها جهت کنترل علف‌های هرز مزارع نخود، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در استان کرمانشاه به صورت استریپ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا درآمد. عامل اصلی شامل عملیات کولتیواتور (کولتیواتورزنی و عدم کاربرد کولتیواتور) و عامل فرعی شامل کاربرد علف‌کش‌های پندی‌متالین، لینورون، پیریدیت، ایزوکسافلوتل، متری‌بیوزین و پاراکوات به ترتیب به میزان‌های ۰/۸۲، ۰/۶۷، ۱/۵، ۰/۴۸، ۰/۴۲ و ۰/۰۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار و شاهد دوبار وجین بودند. نتایج نشان داد که علف‌کش‌های پیریدیت و ایزوکسافلوتل به ترتیب با ۷۸ و ۷۵ درصد، بیشترین و لینورون و پاراکوات به ترتیب با ۲۹ و ۳۴ درصد، کمترین کنترل تراکم کل علف‌های هرز را داشتند. تیمارهای وجین + کولتیواتور، پیریدیت + کولتیواتور و پیریدیت، به ترتیب با ۴۴/۸۳، ۴۴/۴۶، ۴۰/۵۸ درصد افزایش، بیشترین عملکرد دانه نخود را به خود اختصاص دادند. همچنین تیمارهای ایزوکسافلوتل + کولتیواتور و ایزوکسافلوتل به ترتیب ۳۷/۱۸ و ۳۴ درصد عملکرد دانه نخود را افزایش دادند. نتایج نشان داد افزودن کولتیواتور به تیمارهای کاربرد علف‌کش‌های پیریدیت و ایزوکسافلوتل، تأثیر معنی‌دار آماری از نظر کاهش علف‌های هرز و افزایش عملکرد نخود نداشت. مناسب‌ترین تیمار در جهت افزایش عملکرد دانه نخود، کاربرد علف‌کش پیریدیت به میزان ۱/۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار بود و کاربرد علف‌کش ایزوکسافلوتل از نظر عملکرد دانه، تعداد غلاف و وزن خشک بوته نخود اختلاف معنی‌دار آماری با علف‌کش پیریدیت نداشت.

واژه‌های کلیدی: علف‌کش، عملکرد دانه، غلاف، کنترل تلفیقی، کنترل مکانیکی

مقدمه

حبوبات به دلیل برخورداری از پروتئین زیاد در دانه از اهمیت غذایی بالایی برخوردارند. این گیاهان به دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی، در تعادل عناصر معدنی خاک در بوم‌نظام‌های زراعی حائز اهمیت ویژه‌ای هستند (Kumar & Abbo, 2001). بر اساس آمار ارائه‌شده از سوی فائو سطح برداشت نخود در جهان، ۱۳۹۸۱۲۱۸ هکتار در سال ۲۰۱۴ می‌باشد (FAO, 2015). سطح زیرکشت نخود دیم در ایران ۴۵۵۵۳۸ هکتار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ می‌باشد که از این میزان ۲۶/۴ درصد آن متعلق به استان کرمانشاه است. در همین سال زراعی میزان تولید نخود در کشور ۱۹۳ هزار تن برآورد شده است که

۱۹/۴ درصد آن متعلق به استان کرمانشاه می‌باشد (Ahmadi et al., 2016).

علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید نخود هستند. حصول ظرفیت تولید در این گیاه نیازمند حذف رقابت علف‌های هرز است. نخود به دلیل رشد نسبتاً کند و سطح برگ محدود در اوایل رشد توانایی اندکی در رقابت با علف‌های هرز دارد. با افزایش طول دوره تداخل، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز افزایش و عملکرد نخود به صورت خطی و معنی‌دار کاهش می‌یابد (Heshmatnia & Armin, 2016). حضور علف‌های هرز در مزارع نخود در برخی شرایط موجب کاهش ۹۰ درصدی عملکرد می‌شود (Tepe et al., 2011). خسارت علف‌های هرز به محصول نخود در ایران ۴۸ تا ۶۶/۴ درصد تخمین زده شده است (Mohammadi et al., 2005).

*نویسنده مسئول: ahmadi1024@gmail.com

کولتیواتورزدن بین ردیف‌ها یکی از روش‌های متداول کنترل علف‌های هرز در گیاهان ردیفی است. این عمل ممکن است بذور علف‌های هرزی که امکان جوانه‌زنی نداشته باشند را در معرض جوانه‌زنی قرار دهد و یا این‌که موجب تکثیر علف‌های هرز چندساله‌ای شود که توسط ریزوم‌ها و غده‌ها ازدیاد می‌یابند (Radicetti et al., 2012). از آنجا که کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها، صرفاً علف‌های هرز داخل جوی را کنترل می‌کند و به همین دلیل نمی‌تواند کنترل کاملی بر کل علف‌های هرز داشته باشد، بین تیمارهای کنترل علف‌های هرز داخل جوی (توسط کولتیواتور) و تیمارهای کنترل علف‌های هرز روی پشته (توسط وجین) از نظر تأثیر بر عملکرد و برخی صفات زراعی گیاه نخود اختلاف معنی‌دار وجود دارد (Bakhtiari et al., 2012). در گزارشی اعمال کولتیواتور بین ردیف‌های کشت به همراه وجین، موجب افزایش عملکرد دانه نخود در مراغه شده است (Bazzazi et al., 1995). تلفیق کولتیواسیون بین ردیف‌ها و مصرف علف‌کش، ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب در گیاهان وجینی، نیاز به مصرف علف‌کش را کاهش می‌دهد (Swanton et al., 1996).

تعداد علف‌کش‌های ثبت‌شده برای کاربرد در مزارع نخود در سطح دنیا محدود و در کشور ایران محدودتر است. از طرفی وجود فقط یک علف‌کش به ثبت رسیده برای نخود به نام پیریدیت و گران‌بودن و دردسترس نبودن آن باعث شده است که کشاورزان هزینه زیادی بابت وجین علف‌های هرز متحمل شوند. از طرفی بهترین گزینه برای تولید در سطح وسیع، توسعه و به‌کارگیری مدیریت تلفیقی علف‌های هرز می‌باشد (Buhler, 2002). هدف از این آزمایش بررسی کارایی علف‌کش‌های جدید، همین‌طور تلفیق این علف‌کش‌ها با کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها، به‌منظور کنترل بهینه علف‌های هرز و افزایش عملکرد دانه نخود می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر علف‌کش‌های مختلف و کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها بر روی علف‌های هرز و عملکرد و ویژگی‌های بوته نخود، آزمایشی به‌صورت استریپ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه ای واقع در شهرستان کرمانشاه (منطقه دروفرمان) از استان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱۳۷۴ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. عامل اصلی شامل کولتیواتورزنی و عامل فرعی شامل

علف‌کش‌ها به دلیل کارایی و صرفه اقتصادی نقش محوری در مدیریت علف‌های هرز ایفا می‌کنند (Mckey et al., 2002). تعداد علف‌کش‌های ثبت‌شده در زراعت نخود در سطح دنیا محدود و در کشور ایران محدودتر است. پیریدیت تنها علف‌کشی است که در سال ۱۳۷۷ برای نخود در ایران به ثبت رسیده است (Veisi, 1998). علف‌کش ایزوکسافلوتل (SC240%) با نام تجاری مرلین فلکس^۱، مهارکننده رنگدانه کاروتنوئید است. این علف‌کش در گروه شیمیایی مهارکننده های HPPD یا ۴-هیدروکسی فیل پیروات دی اکسیژناز قرار دارد و حاوی ۲۴۰ گرم در لیتر ایزوکسافلوتل و ۲۴۰ گرم در لیتر ایمن‌کننده سیپروسولفامید^۲ می‌باشد (Anonymous, 2015).

در یک بررسی، کاربرد پس‌رویشی علف‌کش ایزوکسافلوتل در کرمانشاه موجب کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز نخود، نسبت به شاهد بدون کنترل شد (Veisi, 2001). در استان لرستان، تیمارهای کاربرد پس‌رویشی ایزوکسافلوتل و فومسافن به‌ترتیب ۹۶/۵ و ۹۹ درصد علف‌های هرز را کنترل کردند و مناسب‌ترین تیمارها از نظر کاهش علف‌های هرز مزارع نخود بودند (Mousavi et al., 2010). در استرالیا، تلفیق علف‌کش‌های متری‌بیوزین + سافلوفناسیل، بهترین کنترل را روی علف‌هرز بابونه‌ی صحرایی^۳ داشته است و عملکرد نخود نیز در آن نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده است، درحالی‌که تیمارهای علف‌کشی لینورون + فلومیوکسازین و لینورون + ایمازاتاپیر تأثیر ناچیزی روی علف‌هرز بابونه صحرایی داشتند (Mahoney, 1984). تیمار وجین علف‌های هرز و تیمار کاربرد علف‌کش پندی‌متالین به میزان ۰/۷۵ کیلوگرم در هکتار همراه با یک بار وجین، بیشترین میزان عملکرد را در هند داشته است (Patil et al., 2002). در بررسی دیگر، بیشترین میزان عملکرد دانه نخود، متعلق به تیمار پندی‌متالین به میزان ۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار به همراه وجین و همین‌طور پندی‌متالین به همراه کوئیزالوفوپ‌پی‌اتیل بود (Kumar et al., 2015). در پاکستان، کاربرد علف‌کش پندی‌متالین و پندی‌متالین + متولاکلر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نخود، تعداد غلاف و تعداد شاخه در هر بوته شد (Abbas et al., 2016). از طرفی بالاترین میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه نخود در تیمارهای ترکیب کاربرد پندی‌متالین و دوبار وجین مشاهده شده است (Singh et al., 2017).

^۱ Merlin flex

^۲ cyprosulfamide

^۳ Anthemis cotula

استاندارد EWRC^۴ (درصد خسارت در دامنه صفر تا ۱۰۰، در مورد گیاه زراعی، صفر گویای فقدان اثرات گیاه‌سوزی روی گیاه زراعی و ۱۰۰ به منزله نابودی کامل گیاه زراعی، در مورد علف‌های هرز صفر به معنای نابودی کامل و ۱۰۰ به معنای بی تأثیر بودن علف‌کش) ارزیابی شد (Mousavi et al., 2010; Sandral et al., 1997). درصد کاهش علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون عملکرد به صورت زیر محاسبه شد (فرمول ۲).

$$\text{reduction} = 100 \left(\frac{\text{weednospray} - \text{weedspray}}{\text{weednospray}} \right) \quad (2)$$

عملکرد دانه نخود با برداشت پنج ردیف میانی هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای (۰/۵ متر از هر طرف) به مساحت شیش مترمربع اندازه‌گیری شد. تعیین صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد نیز بر مبنای ۱۰ بوته با انتخاب تصادفی از هر کرت در مرحله برداشت نهایی صورت گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع بوته، عملکرد دانه، تعداد غلاف در هر بوته و وزن خشک تک‌بوته بود. در انتهای فصل رشد، بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی محصول، عملکرد نخود با برداشت پنج ردیف میانی هر کرت نیمه سم‌پاشی شده و نشده، با در نظر گرفتن اثر حاشیه (۰/۵ متر از هر طرف) به مساحت شیش مترمربع اندازه‌گیری شد. سپس درصد عملکرد نخود نسبت به شاهد محاسبه گردید (فرمول ۱).

$$\% \text{Yield} = 100 \left(\frac{\text{Yieldspray} - \text{yieldnospray}}{\text{Yieldnospray}} \right) \quad (1)$$

تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش از طریق آنالیز واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1) صورت گرفت. برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تاج‌خروس، سلمه‌تره و پیچک صحرایی بیشترین تراکم و وفور نسبی را در مزرعه داشتند (جدول ۱).

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

نتایج نشان داد بین تیمارهای کولتیواتورزنی (عامل اصلی) و همین‌طور بین کاربرد علف‌کش‌های مختلف (عامل فرعی)، از نظر تراکم و وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد، وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که کولتیواتورزدن بین ردیف‌ها باعث کاهش جمعیت سلمه‌تره در کرت‌های آزمایشی شده است (جدول ۴).

کاربرد پیش‌کاشت^۱ (قبل از کشت نخود) علف‌کش لینورون (SC 45%) به میزان ۰/۶۷ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار، کاربرد پیش‌رویشی^۲ (پس از کشت نخود و قبل از سبز شدن علف‌های هرز و نخود) علف‌کش متری بیوزین (WP 70%) به میزان ۰/۴۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار، کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش پندی‌متالین (EC 33%) به میزان ۰/۸۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار، کاربرد پس‌رویشی^۳ (پس از سبز شدن نخود و در مرحله دو تا چهاربرگی علف‌های هرز) علف‌کش پیریدیت (EC 60%) به میزان ۱/۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار، کاربرد پس‌رویشی علف‌کش ایزوکسافلوتل (EC 60%) به میزان ۰/۴۸ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار، کاربرد پس‌رویشی علف‌کش پاراکوات (SL 20%) به میزان ۰/۰۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار و شاهد دوبار وجین دستی بودند.

بدین منظور در پاییز سال ۱۳۹۳ زمینی دارای سابقه آلودگی کافی به علف‌های هرز انتخاب شد. پس از انجام عملیات تهیه زمین و بستر بذر در اسفندماه، کرت‌های آماده‌شده با استفاده از بذر کار پنوماتیک کشت گردید. ابعاد هر کرت آزمایش ۸×۳ متر در نظر گرفته شد. فواصل ردیف‌های کشت، ۶۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۴۵ بذر در مترمربع بود. هر کرت آزمایشی از نظر طولی به دو قسمت تقسیم گردید، به‌طوری‌که قسمت بالایی هر کرت سم‌پاشی نشده و به عنوان شاهد آن کرت در نظر گرفته شد و قسمت پایینی آن اعمال تیمار گردید. شاخص تراکم و وفور نسبی علف‌های هرز در کل مزرعه با استفاده از انداختن دو کوادرات ۰/۵ × ۰/۵ متری در نیمه سم‌پاشی نشده کرت‌های آزمایشی تعیین شد (Minbashi Moeini et al., 2008; Veisi et al., 2014).

سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش پستی مدل MATABI با نازل شره‌ای کالیبره شده با پاشش ۳۰۰ لیتر آب در هکتار انجام شد. اختلاط علف‌کش‌های پیش‌کاشت با خاک توسط شن‌کش در تاریخ ۹۳/۱۲/۱۰ انجام شد. کاشت نخود رقم ILC482 در تاریخ ۹۳/۱۲/۱۲ صورت گرفت. سم‌پاشی بر مبنای تیمارهای ذکر شده به صورت پیش‌رویشی و پس‌رویشی در تاریخ‌های ۹۳/۱۲/۱۷ و ۹۴/۲/۶ انجام شد. کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها نیز در تاریخ ۹۴/۲/۹ اعمال شد. ۳۰ روز پس از آخرین سم‌پاشی، ارزیابی تراکم و وزن خشک علف‌های هرز با نمونه‌برداری از دو کادر ۰/۵ × ۰/۵ متری در هر کرت صورت گرفت و خسارت علف‌کش‌ها روی نخود و علف‌هرز بر اساس شاخص

^۱ Preplanting

^۲ Preemergence

^۳ Post emergence

^۴ European Weed Research Committee

جدول ۱- علف‌های هرز مزرعه نخود به ترتیب غالبیت
Table 1. Weeds based on dominance in chickpea field

نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	خانواده Family	تراکم Density (plant/m ²)	فراوانی نسبی (درصد) Relative frequency %Relative
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	تاج‌خروس	Amaranthaceae	23.94	11.38
<i>Chenopodium album</i> L.	سلمه‌تره	Chenopodiaceae	18.53	10.57
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	پیچک	Convolvulaceae	16.82	9.76
<i>Sophora alopecuroides</i> L.	تلخ بیان	Fabaceae	8.29	8.94
<i>Cichorium intybus</i> L.	کاسنی	Asteraceae	3.47	8.94
<i>Carthamus oxycantha</i> M.B.	گل‌رنگ وحشی	Asteraceae	2.29	8.94
<i>Centaurea balsamita</i> Lam.	گل‌گندم	Asteraceae	4.41	8.13
<i>Cephalaria syriaca</i> (L.) Roemer & Schultes	سرشکافته	Dipsaceae	3.76	8.13
<i>Vicia assyriaca</i> Boiss.	ماشک	Fabaceae	0.94	7.32
<i>Galium tricornutum</i> Dandy.	بی‌تی‌راخ	Rubiaceae	1.41	7.32
<i>Anthemis cotula</i> L.	بابونه صحرایی	Asteraceae	0.59	5.69
<i>Triticum aestivum</i> L.	گندم خودرو	Poaceae	0.41	4.88

داشت (جدول ۴). همچنین کولتیواتور تأثیر معنی‌داری بر افزایش تأثیر پیریدیت، ایزوکسافلوتل و متری‌بیوزین بر وزن خشک سلمه‌تره نداشت، اما باعث افزایش تأثیر علف‌کش‌های پاراکوات، پندی‌متالین و لینورون بر کاهش وزن خشک سلمه‌تره شد (جدول ۵). در مطالعه‌ای دیگر، تلفیق سه روش تغییر تاریخ کاشت، کاربرد علف‌کش پیریدیت و کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها، علف‌های هرز غالب مزرعه نخود را تا ۶۷ درصد کنترل کرد (Jafarzadeh, 2004).

نتایج تجزیه واریانس تراکم علف‌هرز پیچک نشان داد که بین تیمارهای کولتیواتورزنی و عدم کولتیواتور اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که بهترین تیمارها از نظر کاهش درصد تراکم پیچک نسبت به شاهد بدون سم‌پاشی، تیمار وجین دستی و وجین به همراه کولتیواتور بوده است که به ترتیب ۱۰۰ و ۹۰ درصد پیچک را کنترل کرد و کمترین تأثیر را لینورون با ۱۴/۳۷ درصد کاهش نسبت به شاهد بدون کنترل داشته است (جدول ۵). مناسب ترین تیمارها پس از وجین، تیمارهای پیریدیت، پیریدیت به همراه کولتیواتور، ایزوکسافلوتل و پندی‌متالین به ترتیب با ۴۴/۸۷، ۳۶/۹۴، ۳۶/۷ و ۳۶/۱۳ درصد کاهش نسبت به شاهد بدون کنترل بودند. نتایج نشان داد که پس از وجین، علف‌کش پیریدیت با ۴۰/۹ درصد بیشترین کنترل را بر تراکم پیچک داشته است، درحالی‌که کمترین تأثیر در تیمارهای لینورون + کولتیواتور، متری‌بیوزین، پاراکوات + کولتیواتور، لینورون، متری‌بیوزین + کولتیواتور و پاراکوات مشاهده شد (جدول ۴). وزن خشک پیچک در تیمارهای تلفیق علف‌کش با

با توجه به اثر متقابل کولتیواتور و علف‌کش (جدول ۳)، تأثیر مثبت تلفیق این دو با یکدیگر بر روی کنترل سلمه‌تره در مقایسات میانگین در تیمارهای لینورون، پندی‌متالین و پاراکوات قابل مشاهده است (جدول ۴). یک بررسی نشان داده که استفاده از پنجه‌غازی قبل از کشت به همراه دوبار کولتیواتورزدن بین ردیف‌ها در زراعت نخود بیشترین عملکرد نخود را به همراه داشته است (Khattak & Khan, 2005). علف‌کش‌های پاراکوات، پندی‌متالین و لینورون به ترتیب با ۴۳/۵، ۵۲/۵ و ۵۹/۱ درصد کمترین تأثیر و علف‌کش‌های ایزوکسافلوتل، پیریدیت و متری‌بیوزین به ترتیب با ۹۸، ۹۵/۹ و ۹۷/۹ درصد کنترل بیشترین تأثیر را بر کاهش علف‌های هرز داشتند (جدول ۴). در مطالعه‌ای کاربرد علف‌کش ایزوکسافلوتل به هر دو صورت پس‌رویشی و پیش‌رویشی، باعث کاهش معنی‌دار علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون کنترل شد (Veisi, 2001). در تحقیقی دیگر، علف‌کش پندی‌متالین به تنهایی نتوانست علف‌های هرز را کنترل کند، بلکه تلفیق آن با وجین پس از ۴۵ روز باعث افزایش تأثیر آن شد (Kaur & Kumar, 2016). استفاده از کولتیواتور بین ردیف‌ها به همراه علف‌کش‌های پیریدیت، ایزوکسافلوتل و متری‌بیوزین به ترتیب ۱۰۰، ۹۹/۶ و ۹۸/۵۵ درصد جمعیت سلمه‌تره را کاهش داد و اختلاف معنی‌دار آماری با کاربرد تنهای این علف‌کش‌ها نداشت (جدول ۵). این مسئله نشان می‌دهد که این علف‌کش‌ها به تنهایی قادر به کنترل مناسب علف‌های هرز در مزرعه هستند و طیف علف‌کشی وسیعی دارند، درحالی‌که کولتیواتورزنی باعث افزایش تأثیر علف‌کش‌های پاراکوات، پندی‌متالین و لینورون شد و با مصرف منفرد این علف‌کش‌ها اختلاف معنی‌دار آماری

(جدول ۴). کاربرد تیمارهای پیریدیت، وجین دستی، پیریدیت + کولتیواتور، وجین دستی + کولتیواتور، ایزوکسافلوتل + کولتیواتور و متری بیوزین + کولتیواتور بیشترین کاهش وزن خشک تاج خروس را نسبت به شاهد بدون کنترل نشان دادند (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین‌های تراکم کل علف‌های هرز نشان داد که کولتیواتورزی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین کاربرد علف‌کش‌ها به تنهایی و اثر متقابل علف‌کش و کولتیواتورزی در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). علف‌کش‌های پیریدیت و ایزوکسافلوتل به ترتیب با ۷۸ و ۷۵ درصد کاهش، برترین تیمارها پس از وجین بودند. علف‌کش متری بیوزین با ۷۱ درصد کاهش با ایزوکسافلوتل اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۴). لینورون با ۲۹ درصد کاهش، ضعیف‌ترین تیمار بود (جدول ۴)، درحالی‌که گزارش شده است علف‌کش لینورون به مقدار ۱/۵ و ۲ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش علف‌های هرز در سطح مطلوبی در کشت نخود در مراغه شد (Bazzazi & Faghhih, 1994).

بررسی مقایسه میانگین تأثیر متقابل علف‌کش و کولتیواتور در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که تلفیق کولتیواتور با علف‌کش‌های پیریدیت، ایزوکسافلوتل و متری بیوزین موجب اختلاف معنی‌دار آماری از نظر کنترل تراکم کل علف‌های هرز نشد، درحالی‌که این تأثیر در مورد لینورون، پاراکوات و پندی‌متالین معنی‌دار بود (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که طیف علف‌کشی پیریدیت، ایزوکسافلوتل و متری بیوزین وسیع بوده و زدن کولتیواتور تأثیر معنی‌دار ایجاد نکرده است.

کولتیواتور بیشتر از کاربرد علف‌کش‌ها به تنهایی بود، اما این تأثیر فقط در متری بیوزین معنی‌دار شد. نتایج حاکی از آن است که کولتیواتور باعث افزایش تراکم پیچک در سطح مزرعه شد. به طور کلی دیسک، چیزل و شخم‌های سطحی موجب گسترش پیچک صحرایی می‌شوند. در سیستم‌های کشت دیم مناسب‌ترین روش مدیریت پیچک صحرایی استفاده از سیستم بدون شخم به همراه علف‌کش می‌باشد (Ali et al., 2016). در تحقیقی ذکر شده است که از زدن کولتیواتور جهت کنترل پیچک صحرایی باید پرهیز کرد، چون باعث می‌شود قطعات ریشه پراکنده شده و دوباره جوانه بزند (Doyle et al., 2005). در یک بررسی در مزرعه چغندر قند تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شخم و عدم شخم از نظر تراکم و وزن خشک پیچک مشاهده نشد و وزن خشک پیچک صحرایی با عدم خاک ورزی کاهش بیشتری نشان داد و عملکرد چغندر با خاک‌ورزی افزایش بیشتری داشت (Mighani & Karaminejad, 2015).

ارزیابی‌ها نشان داد که تراکم تاج خروس به صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد تحت تأثیر کولتیواتور، علف‌کش‌ها و تأثیر متقابل این دو قرار گرفت. علف‌کش‌های ایزوکسافلوتل، متری بیوزین و پیریدیت به صورت منفرد و همراه با کولتیواتور با یکدیگر و با تیمار وجین دستی اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند. این نتایج اشاره دارد به این‌که علف‌کش‌های ایزوکسافلوتل، متری بیوزین و پیریدیت به تنهایی می‌توانند در سطح مطلوبی تاج خروس را کاهش دهند و نیاز به استفاده از کولتیواتور نیست (جدول ۵). کاربرد کولتیواتور موجب کاهش وزن خشک تاج خروس شد، اما تأثیر معنی‌دار آماری نداشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس درصد کاهش جمعیت و وزن خشک علف‌های هرز

Table 2. Analysis of variances of percent weed population and dry weight reductions

منابع تغییر	Source of variances	درجه آزادی d.f	تراکم سلمه‌تره <i>C. albus</i> population	تراکم تاج خروس <i>A. retroflexus</i> population
تکرار	Replication	3	7.1 ^{ns}	44.9 ^{ns}
کولتیواتور	Row cultivator (R)	1	1427.6 ^{**}	773.39 [*]
خطا	Error	3	16.84	59.67
علف‌کش	Herbicide (H)	6	7070.46 ^{**}	6548.34 ^{**}
خطا	Error	18	6.55	76.39
کولتیواتور × علف‌کش	H × R	6	149.07 ^{**}	148.31 ^{**}
خطا	Error	18	6.43	31.25
ضریب تغییرات (درصد)	cv%		10.22	7.4

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

ns, * and **: No significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس درصد کاهش جمعیت و وزن خشک علف‌های هرز

Continue of Table 2. Analysis of variances of percent weed population and dry weight reductions

تراکم کل علف‌های هرز	وزن خشک پیچک صحرایی	وزن خشک تاج‌خروس	وزن خشک سلمه‌تره	تراکم پیچک صحرایی
Total weed density	<i>C. arvensis</i> dry weight	<i>A. retroflexus</i> dry weight	<i>C. album</i> dry weight	<i>C. arvensis</i> population
3.435ns	5.369 ^{ns}	160.13ns	115.79ns	19.48ns
217.84*	10.013**	326.653ns	5185.76ns	837.47*
14.54	76.379	140.11	97.52	75.93
5323.07**	6623.04**	4136.68**	4442.83**	6851.32**
10.8	61.15	136.78	85.38	53.86
86.43**	80.36ns	793.84**	1159.37**	95.47ns
7.76	29.8	128.31	75.1	50.78
4.56	12.9	16.93	13.83	11.44

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
ns, * and **: No significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات علف‌کش‌ها بر درصد کاهش جمعیت و وزن خشک علف‌های هرز

Table 3. Effect of herbicides on percent weed population and dry weight reductions

تیمار	Treatments	کاهش وزن خشک (درصد)		
		Dry weight reduction (%)		
		وزن خشک سلمه‌تره	وزن خشک تاج‌خروس	وزن خشک پیچک صحرایی
		<i>C. album</i> dry weight	<i>A. retroflexus</i> dry weight	<i>C. arvensis</i> dry weight
عدم کولتیواتور	Without Cultivator	74.19b	67.07a	36.72a
کولتیواتور	Cultivator	91.69a	71.9a	35.8a
لینورون	Linuron	69.74b	36.26d	11.9f
ایزوکسافلوتل	Isoxaflutole	96.3a	58.84b	24.43d
متری‌بیوزین	Metribuzin	98.2a	79.76b	21.39de
پاراکوآت	Paraquat	53.92c	48.71c	15.95ef
پندیمتالین	Pendimethalin	57.5c	55.64c	34.21c
پیریدیت	Pyridate	99.42a	95.19a	42.57b
وجین	Hand weeding	100a	81.34b	100a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات علف‌کش‌ها بر درصد کاهش جمعیت و وزن خشک علف‌های هرز

Continue of Table 3. Effect of herbicides on percent weed population and dry weight reductions

تیمار	Treatments	کاهش جمعیت (درصد)		
		Population reduction (%)		
		تراکم سلمه‌تره	تراکم تاج‌خروس	تراکم پیچک صحرایی
		<i>C. album</i> population	<i>A. retroflexus</i> population	<i>C. arvensis</i> population
عدم کولتیواتور	Without Cultivator	69.75b	71.81b	39.9a
کولتیواتور	Cultivator	81.77a	79.25a	29.36b
لینورون	Linuron	59.18b	37.25c	9.2d
ایزوکسافلوتل	Isoxaflutole	98.3a	99.46a	29.85c
متری‌بیوزین	Metribuzin	97.94a	94.93a	14.91d
پاراکوآت	Paraquat	43.54b	45.98bc	15.95d
پندیمتالین	Pendimethalin	52.57b	52.9b	26.78c
پیریدیت	Pyridate	95.88a	98.18a	40.9b
وجین	Hand weeding	96.88a	100a	95a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%.

جدول ۴- تأثیر متقابل عامل اصلی و فرعی بر درصد کاهش جمعیت و وزن خشک علف‌های هرز

Table 4. Effect of main and secondary factors interactions on percent weed population and dry weight reductions

تیمار	Treatments	کاهش وزن خشک (درصد) Dry weight reduction (%)		
		وزن خشک سلمه‌تره <i>C. album</i> dry weight	وزن خشک تاج‌خروس <i>A. retroflexus</i> dry weight	وزن خشک پیچک صحرایی <i>C. arvensis</i> dry weight
لینورون	Linuron	51.86c	24.89f	13.1e
ایزوکسافلوتل	Isoxaflutole	100a	83.62ab	27.67cd
متری‌بیوزین	Metribuzin	100a	74.71bc	14.32e
پاراکوآت	Paraquat	29.24d	42.01ef	16.47e
پندیمتالین	Pendimethalin	38.74cd	46.58de	36.86bc
پیریدیت	Pyridate	99.47a	97.68a	47.26b
وجین	Hand weeding	100a	62.7a	100a
لینورون + کولتیواتور	Linuron + cultivation (C)	87.61ab	47.63de	20.72d
ایزوکسافلوتل + کولتیواتور	Isoxaflutole + C	100a	88.07ab	21.19de
متری‌بیوزین + کولتیواتور	Metribuzin + C	100a	84.82ab	28.47cd
پاراکوآت + کولتیواتور	Paraquat + C	78.6b	55.42de	15.43e
پندیمتالین + کولتیواتور	Pendimethalin + C	76.26b	64.7cd	31.55cd
پیریدیت + کولتیواتور	Pyridate + C	99.38a	92.7a	42.88b
وجین + کولتیواتور	Hand weeding + C	100a	100a	100a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%.

ادامه جدول ۴- تأثیر متقابل عامل اصلی و فرعی بر درصد کاهش جمعیت و وزن خشک علف‌های هرز

Continue of Table 4. Effect of main and secondary factors interactions on percent weed population and dry weight reductions

تیمار	Treatments	کاهش جمعیت (درصد) Population reduction (%)			
		تراکم سلمه‌تره <i>C. album</i> population	تراکم تاج‌خروس <i>A. retroflexus</i> population	تراکم پیچک صحرایی <i>C. arvensis</i> population	تراکم کل علف‌های هرز Total weed density
لینورون	Linuron	32.45c	26.29d	9.82d	22.59i
ایزوکسافلوتل	Isoxaflutole	97.03a	98.91a	36.7b	75.94bcd
متری‌بیوزین	Metribuzin	97.33a	92.20a	15.32cd	71.76d
پاراکوآت	Paraquat	26.57c	37.69c	16.85cd	27.48h
پندیمتالین	Pendimethalin	49.34b	49.58b	36.13b	42.4ef
پیریدیت	Pyridate	91.77a	98.03a	44.87b	77.42bc
وجین	Hand weeding	93.76a	100a	90a	96.66a
لینورون + کولتیواتور	Linuron + cultivation (C)	57.91b	48.22b	28.58c	35.41g
ایزوکسافلوتل + کولتیواتور	Isoxaflutole + C	99.58a	100a	23.01c	74.14cd
متری‌بیوزین + کولتیواتور	Metribuzin + C	98.55a	97.67a	14.51cd	71.97d
پاراکوآت + کولتیواتور	Paraquat + C	60.52b	54.28b	15.06cd	40.63f
پندیمتالین + کولتیواتور	Pendimethalin + C	55.8b	56.22b	17.44cd	45.26e
پیریدیت + کولتیواتور	Pyridate + C	100a	98.33a	36.94b	78.79b
وجین + کولتیواتور	Hand weeding + C	100a	100a	100a	100a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%.

عملکرد و رشد نخود

براساس نتایج، کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها تأثیر معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته نخود نداشت. همچنین تأثیر معنی‌دار متقابل بین کاربرد علف‌کش و کولتیواتور بین ردیف‌ها بر روی این دو صفت مشاهده نشد. اما کولتیواتور بین ردیف‌ها، علف‌کش و تأثیر متقابل این دو تأثیر معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر روی عملکرد دانه نخود و وزن خشک بوته نخود داشتند (جدول ۶). در یک بررسی در ایتالیا به‌کاربردن شخم بین ردیف‌ها ۲۵ و ۵۰ روز پس از جوانه‌زنی نخود باعث کاهش علف‌های هرز و افزایش عملکرد دانه شد (Radice et al., 2012). در بررسی دیگر اشاره شده که اعمال دیسک، شخم عمیق و کولتیواتور قبل از کشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و ویژگی‌های بوته نخود ندارد (Emenky et al., 2010).

بررسی مقایسه میانگین‌های اثرات ساده علف‌کش‌ها در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد بیشترین افزایش در عملکرد دانه نخود به کاربرد علف‌کش پیریدیت با ۴۲/۵۲ درصد افزایش نسبت به شاهد بدون کنترل اختصاص داشت که با تیمار دوبار وجین تفاوت معنی‌دار نداشت. کاربرد علف‌کش ایزوکسافلوتل ۳۵/۵۷ درصد عملکرد دانه نخود را افزایش داد که با تیمار پیریدیت اختلاف معنی‌دار آماری (در سطح ۵ درصد) داشت. نتایج حاصل از یک بررسی در آذربایجان غربی نشان داد که کاربرد علف‌کش پیریدیت و ایزوکسافلوتل به‌صورت پس‌رویشی به‌ترتیب موجب افزایش عملکرد به میزان ۱۰۰ و ۶۲ درصدی نخود در کشت انتظاری و ۵۲ و ۴۷ درصدی در کشت پاییزه نسبت به تیمار بدون وجین شدند (Jafarzadeh & shimi, 2001). علف‌کش متری بیوزین، ۳۱/۴ درصد عملکرد دانه نخود را افزایش داد. کمترین عملکرد دانه نخود متعلق به علف‌کش پاراکوات به میزان ۱۴/۸۳ درصد افزایش نسبت به شاهد بدون کنترل بود (جدول ۷). کاربرد علف‌کش پیریدیت موجب افزایش وزن خشک بوته نخود به میزان ۴۱/۹۷ درصد نسبت به شاهد بدون کنترل شد و با وجین دستی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۷) و علف‌کش ایزوکسافلوتل با ۳۴/۳ درصد افزایش وزن خشک بوته نخود اختلاف معنی‌دار آماری با پیریدیت داشت. کمترین تأثیر را در این زمینه، پاراکوات و پندی‌متالین به‌ترتیب با ۱۳/۶ و ۲۲/۲۳ درصد افزایش به خود اختصاص دادند. بیشترین افزایش ارتفاع بوته نخود در تیمارهای با کاربرد علف‌کش‌های پیریدیت، وجین، ایزوکسافلوتل و متری بیوزین به‌ترتیب ۲۱/۷۳، ۲۱/۳۴، ۲۱/۳ و ۲۰/۹۴ درصد افزایش مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. کمترین درصد افزایش ارتفاع بوته نخود متعلق به

پندی‌متالین با ۱۹/۱ درصد بود. بیشترین افزایش تعداد غلاف نخود به تیمارهای پیریدیت (۸۴/۳ درصد) و وجین دستی (۶۷/۷ درصد) تعلق داشت که با هم اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند، درحالی‌که ایزوکسافلوتل و متری بیوزین به‌ترتیب با ۵۹ و ۵۸ درصد افزایش تعداد غلاف با پیریدیت و وجین دستی اختلاف معنی‌دار آماری داشتند. (جدول ۷).

ارزیابی مقایسه میانگین‌های دو عامل علف‌کش و عملیات کولتیواتور در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که تیمارهای پیریدیت + کولتیواتور، وجین + کولتیواتور و پیریدیت به‌ترتیب ۴۴/۸، ۴۴/۵ و ۴۳/۶ درصد افزایش عملکرد دانه نخود نسبت به شاهد بدون کنترل داشتند و بین این تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۸). تیمارهای وجین، ایزوکسافلوتل و ایزوکسافلوتل + کولتیواتور موجب افزایش عملکرد دانه نخود به‌ترتیب ۳۷/۲، ۳۴ و ۳۷/۲ درصد شدند (جدول ۸). نتایج تحقیقی نشان داده که تأثیر متقابل معنی‌دار بین وجین و شخم سنتی قبل از کشت، همین‌طور بین وجین و کولتیواتور بین ردیف‌ها از نظر تأثیر بر روی عملکرد نخود وجود دارد (Emenky et al., 2010). کاربرد تیمار پیریدیت + کولتیواتور، ۴۲ درصد وزن خشک تک‌بوته نخود را افزایش داد. تیمارهای کاربرد ایزوکسافلوتل و ایزوکسافلوتل + کولتیواتور به‌ترتیب با ۳۳/۷ و ۳۴/۹ درصد افزایش، اختلاف معنی‌دار آماری با تیمار پیریدیت + کولتیواتور داشتند. نتایج ذکرشده در بالا نشان داد که پیریدیت و ایزوکسافلوتل برای افزایش عملکرد دانه نخود، نیازی به کولتیواتور ندارد، زیرا بین کاربرد این علف‌کش‌ها به تنهایی و تلفیق آن‌ها با کولتیواتورزنی بین ردیف‌ها از نظر افزایش عملکرد دانه و وزن خشک تک‌بوته، اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. در مطالعه‌ای ذکر شده است که کاربرد علف‌کش‌های انتخابی توصیه‌شده در سیستم‌های بدون شخم، موجب افزایش عملکرد نخود و افزایش سوددهی و کاهش هزینه‌های آن نسبت به روش‌های سنتی (شخم عمیق قبل از کشت و وجین دستی) می‌شوند (Dixit et al., 2015). تیمارهای ایزوکسافلوتل، پیریدیت، ایزوکسافلوتل + کولتیواتور، پیریدیت + کولتیواتور و وجین + کولتیواتور بین ۲۱/۲ و ۲۱/۶۵ درصد ارتفاع بوته نخود را افزایش دادند و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند (جدول ۸). بیشترین تعداد غلاف متعلق به تیمارهای وجین (۸۶/۳ درصد)، پیریدیت (۸۳/۳ درصد)، وجین + کولتیواتور (۸۵/۳ درصد) و پیریدیت + کولتیواتور (۸۷ درصد) بود. تیمارهای ایزوکسافلوتل، متری بیوزین، ایزوکسافلوتل + کولتیواتور و متری بیوزین + کولتیواتور، به‌ترتیب ۵۸/۶۷، ۵۷/۶، ۵۹/۶ و ۵۸/۲ درصد تعداد غلاف نخود را افزایش دادند (جدول ۸).

بر اساس ارزیابی چشمی (استاندارد انجمن علف‌های هرز اروپا) صورت گرفته، علف‌کش‌های لینورون، پندی‌متالین و متری‌بیوزین به ترتیب با ۳۰، ۲۰ و ۱۷/۲ درصد گیاه‌سوزی، بیشترین خسارت را به نخود زدند و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار آماری داشتند.

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد و رشد گیاه زراعی نخود

Table 5. Analysis of variance chickpea yield and growth

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن خشک تک بوته	تعداد غلاف در هر بوته	عملکرد دانه	گیاه‌سوزی
Source of variances	d.f	Plant height	Dry weight per plant	Number of pods per plant	Grain yield	Phytotoxicity
تکرار	3	0.50ns	3.20ns	11.8ns	3.06ns	0.732
Replication						
کولتیواتور	1	0.49ns	43.59*	27.99ns	143.07*	0.13
Cultivator (C)						
خطا	3	0.552	2.75	22.758	5.405	1.076
Error						
علف‌کش	6	3.66**	952.81**	6392.40**	932.22**	902.842
Herbicide (H)						
خطا	18	0.53	3.021	15.222	1.77	0.748
Error						
کولتیواتور × علف‌کش	6	0.75ns	11.94**	10.53ns	17.79**	0.509
H × C						
خطا	18	0.37	2.62	15.02	1.38	0.723
Error						
ضریب تغییرات		18.4	5.45	7.63	7.06	8.23
Cv%						

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

ns, * and **: No significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۶- تأثیر علف‌کش‌های مختلف بر درصد گیاه‌سوزی، درصد افزایش عملکرد و رشد گیاه زراعی نخود

Table 6. Effect of different herbicides on percent phytotoxicity, improving yield and growth of chickpea

افزایش عملکرد و رشد گیاه زراعی نخود (درصد)						
Improving yield and growth of chickpea (%)						
تیمار	Treatments	ارتفاع بوته	وزن خشک تک بوته	تعداد غلاف در هر بوته	عملکرد دانه	گیاه‌سوزی (درصد)
		Plant height	Dry weight per plant	Number of pods per plant	Grain yield	Phytotoxicity (%)
عدم کولتیواتور	Without Cultivator	20.73a	28.79b	50.85a	28.48b	14.45a
کولتیواتور	Cultivator	20.91a	30.55a	52.31a	31.39a	14.34a
لینورون	Linuron	20.1bc	22.54d	14.23e	21.87d	30a
ایزوکسافلوتل	Isoxaflutole	21.29a	34.28b	59.13b	35.57b	13.63d
متری‌بیوزین	Metribuzin	20.94ab	30.12c	57.91b	31.39c	17.25c
پاراکوات	Paraquat	20.36bc	13.6e	33.18c	14.83f	3.25e
پندی‌متالین	Pendimethalin	19.99c	22.23d	25.86d	20.35e	20.2b
پیریدیت	Pyridate	21.73a	41.97a	84.27a	42.52a	2f
وحین	Hand weeding	21.34a	42.99a	86.69a	41.6a	-

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%.

جدول ۷- تأثیر متقابل علف‌کش و کولتیواتور بر درصد افزایش عملکرد و رشد گیاه زراعی نخود

Table 7. Interaction of the effect of herbicide and cultivation on percent improving yield and growth of chickpea

افزایش عملکرد و رشد گیاه زراعی نخود (درصد)					
Improving yield and growth of chickpea (%)					
تیمار	Treatments	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک تک‌بوته Dry weight per plant	تعداد غلاف در هر بوته Number of pods per plant	عملکرد دانه Grain yield
لینورون	Linuron	19.92d	20.15e	11.53f	19.86fg
ایزوکسافلوتل	Isoxaflutole	21.27ab	33.68b	58.67b	33.96bc
متری‌بیوزین	Metribuzin	20.25cd	29.28c	57.6b	30.63cd
پاراکوآت	Paraquat	20.61bcd	12.56f	34.26c	13.44i
متالین‌پندی	Pendimethalin	19.95d	19.92e	24.62e	18.7gh
پیریدیت	Pyridate	21.62a	41.89a	83.26a	43.6a
وجین	Hand weeding	21.49ab	44.08a	86.37a	37.18b
لینورون+کولتیواتور	Linuron+cultivator (C)	20.28cd	24.93d	16.92f	23.88e
ایزوکسافلوتل + کولتیواتور	Isoxaflutole + C	21.31ab	34.89b	59.58b	37.18b
متری‌بیوزین + کولتیواتور	Metribuzin + C	21.65a	30.96c	58.21b	32.15d
پاراکوآت + کولتیواتور	Paraquat + C	20.11d	14.65f	32.1cd	16.22gh
پندیمتالین+کولتیواتور	Pendimethalin + C	20.04d	24.54d	27.09de	22.01ef
پیریدیت + کولتیواتور	Pyridate + C	21.84a	42.04a	85.28a	44.46a
وجین+کولتیواتور	Hand weeding + C	21.18abc	41.9a	87.02a	45.83a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different on Duncan's multiple range test, 5%.

افزایش عملکرد بر روی آن‌ها نداشت. علف‌کش ایزوکسافلوتل به دلیل گیاه‌سوزی بر روی نخود، عملکرد دانه، تعداد غلاف و وزن خشک بوته کمتری نسبت به تیمار کاربرد پیریدیت داشت. علف‌کش متری‌بیوزین نیز با وجود این‌که علف‌های هرز را در سطح مناسبی کاهش داد، اما به دلیل گیاه‌سوزی بر روی نخود از کارایی رضایت‌بخشی برخوردار نبود. علف‌کش‌های پندی‌متالین، لینورون و پاراکوآت به تنهایی تأثیر کمی در کاهش علف‌های هرز داشتند، اما همراه با کولتیواتور این تأثیر به‌صورت معنی‌دار افزایش یافت و عملکرد دانه در این تیمارها به دلیل گیاه‌سوزی این علف‌کش‌ها بر روی نخود پایین بود.

به طور کلی کاربرد علف‌کش پیریدیت، مناسب‌ترین تیمار در جهت افزایش عملکرد دانه و کنترل علف‌های هرز مزرعه نخود بود. همچنین، در این بررسی علف‌کش ایزوکسافلوتل طیف وسیعی از علف‌های هرز را کنترل کرد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده بررسی‌های بیشتری در زمینه مصرف این علف‌کش در زمان‌های متفاوت کاربرد (پیش‌رویشی و پس‌رویشی) و مقادیر مختلف، انجام شود.

تحمل ارقام مختلف نخود نسبت به علف‌کش متری‌بیوزین متفاوت است. در یک مطالعه ۳۰۰ ژنوتیپ نخود از نظر تحمل به ایمازاتاپیر و متری‌بیوزین بررسی شدند که از این میان هشت گونه متحمل به علف‌کش متری‌بیوزین تشخیص داده شد (Gaur *et al.*, 2013). علف‌کش ایزوکسافلوتل به میزان ۱۳/۶ درصد گیاه‌سوزی بر روی نخود داشت (جدول ۷). در بررسی دیگر اشاره شده است که علف‌کش ایزوکسافلوتل تأثیر منفی مشخصی بر روی نخود ندارد (Veisi, 2001). پژوهش (Datta *et al.*, 2007) بر روی علف‌های هرز نخود نیز مؤید این موضوع است. اما اشاره شده است که گیاه‌سوزی ناشی از این علف‌کش در خاک‌های با محتوای مواد آلی پایین و pH بالا وجود دارد (Wicks *et al.*, 2000). کنترل دامنه وسیعی از گونه‌های پهن‌برگ، کنترل برخی علف‌های هرز مشکل‌ساز و کارایی بالا، حتی در شرایط نسبتاً خشک از ویژگی‌های علف‌کش ایزوکسافلوتل است (Anonymous, 2015).

نتایج کلی آزمایش نشان داد به دلیل طیف علف‌کشی وسیعی که دو علف‌کش پیریدیت و ایزوکسافلوتل دارند، کولتیواتور تأثیر معنی‌داری از نظر کاهش علف‌های هرز و

منابع

1. Abbas, G., Ahmad, A., Amer, M., Abbas, Z., Rehman, M., Hussain, A., and Khan, A. 2016. Impact of pre-emergence herbicides for the control of weeds in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under hot arid climate. *Journal of Biosciences Management* 3: 54-60.

2. Ali, S., Malik, M.A., Ansar, M., Qadir, G., and Qureshi, R. 2016. Seed bank density and weed flora dynamics of bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) as affected by different tillage systems in rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture & Biology 18: 231-237.
3. Ahmadi, K., Gholizade, H.R., Hatami, F., Fazli Estabragh, M., Hossienpoor, R., Kazemian, A., and Rafiei, M. 2016. Agricultural statistics 2014-15. Ministry of Agriculture, Department of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. 174p. (In Persian). Available at: <http://amar.maj.ir>. (Verified 3 July 2017).
4. Anonymous, 2015. Isoxaflutole. New Active Ingredient Review. Available at: <http://www.mda.state.mn.us/chemicals/pesticides/regs/~media/Files/chemicals/reviews/nair-isoxaflutole.pdf>. (Verified 5 July 2017).
5. Bakhtiari Moghadam, M., Vazan, S., Farahani, M.A., Azizkhani, S., and Rezae, K. 2012. Study on time and location management of weed control on yield and some chickpea cultivated triats. Journal of Plant Cultivation and Breeding 8: 87-96. (In Persian with English Summary).
6. Bazzazi, D., and Faghih, S.A. 1994. Compare the effects of several herbicides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) weeds. Annual Report. Dryland Agricultural Research Institute of Maragheh 24pp. (In Persian).
7. Bazzazi, D., and Asghari-Meidani, J. 1995. Evaluating the use of instruments to mechanical weed control in dry land chickpea production. Dryland Research Institute Press, 45-49. (In Persian).
8. Buhler, D.D. 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. Weed Science 50: 273-280.
9. Datta, A.B., Smedl, M., Jessop, R.S., Kristiansen, P., and Felton, W.L. 2007. phytotoxic response and yield chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotyps with pre-emergence application of isoxaflutole. Australian Journal of Experimental Agriculture 47: 1460-1467.
10. Doyle, S., Morgan, M., and Mcdonald, S.K. 2005. Organic noxious weed management field bindweed (*convolvulus arvensis* L.) family convolvulaceae. Available at: <http://foodsystems.msu.edu/uploads/files/fieldbindweed.pdf>
11. Dixit, A.K., Kumar, S., Rai, A.K., and Kumar, T.K. 2015. System productivity, profitability, nutrient uptake and soil health under tillage, nutrient and weed management in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) fodder sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cropping system. Indian Journal of Agronomy 60: 205-211.
12. Emenky, F.A., Khalaf, A.S., and Salim, N.M. 2010. Influence of tillage and weed management methods on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield and yield components. Pakistan Journal of Weed Science Research 16: 189-198.
13. FAO. 2015. Food and Agriculture organization of the United Nations. Available at Web Site <http://www.fao.org/>. (Verified 2 September 2017).
14. Gaur, P.M., Jukanti, A.K., Samineni, S., Chaturvedi, S.K., Singh, S., Tripathi, S., Singh, I., Singh, G., Das, T.K., Aski, M., and Mishra, N. 2013. Large genetic variability in chickpea for tolerance to herbicides imazethapyr and metribuzin. Agronomy 3: 524-536.
15. Jafarzadeh, N., and Ghahremanian, G. 2004. Investigation of Different Methods to Broadleaf Control in Winter Rainfed Chickpea. Final Report of Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Western Azarbayjan, Iran. (In Persian).
16. Jafarzadeh, N., and Shimi, P. 2001. Investigation of New Herbicide Isoxaflutole in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Fields. Final Report of Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, western Azarbayjan, Iran. (In Persian).
17. Heshmatnia, M., and Armin, M. 2016. The effect of weed interference duration on yield and yield components of Iranian chickpea at two cultivation systems. Journal of Crop Production 9: 25-47.
18. Kaur, T., and Kumar, R. 2016. Weed-management strategies in chickpea (*Cicer arietinum*) for higher productivity and profitability in north-western part of India. Indian Journal of Agronomy 61: 484-488.
19. Khattak., M.K., and Khan, M.J. 2005. Effect of different tillage practices on weed and yield of chickpea under sandy loam soil condition. Pakistan Journal of Weed Science Research 11: 157-164.
20. Kumar, N., Hazra, K.K., Yadav, S.L., and Singh, S.S. 2015. Weed dynamics and productivity of chickpea (*Cicer arietinum*) under pre-and post-emergence application of herbicides. Indian Journal of Agronomy 60: 570-575.
21. Kumar, J., and Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. Advances in Agronomy 72: 122-124.

22. McKay, K., Miller, P., Jenks, B., Riesselman, J., Neill, K., Buschena, D., and Bussan, A.J. 2002. Growing Chickpea in the Northern Great Plains. Extension Bulletin A-1236. North Dakota State University, Fargo, North Dakota, USA, 8 pp.
23. Mighani, F., and Karaminejad, M. 2015. Weed management (Chemical and mechanical) on velvet leaf (*Convolvulus arvensis* L.) in fallow- sugarbeet rotation. Journal of Agricultural 17: 607-619. (In Persian with English Summary).
24. Mohammadi, G., Javanshir, A., Khooshe, F.R., Mohammadi, S.A., and Zehtab Salmasi, S. 2005. Critical period of weed interference in chickpea. Weed Research 45: 57-63.
25. Mahoney, J.E., 1984. Broadleaf weed control in chickpeas. International Chickpea Newsletter Australian Weeds 3: 125-127.
26. Minbashi, M., Baghestani, M. A., and Rahimian, H. 2008. Introducing abundance index for assessing weed flora in survey studies. Weed Biology and Management 8: 172-180.
27. Mousavi, S.K., Sabeti, P., Jafarzadeh, N., and Bazzazi, D. 2010. Evaluation of some herbicides efficacy for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 1: 19-31. (In Persian with English Summary).
28. Patil, R.J., Dudhade, D.O., and Patil, J.V. 2002. Response of chickpea to phosphorus under varying moisture regime. Agricultural Science Digest 22: 130-13.
29. Radicetti, E., Mancinelli, R., and Campiglia, E. 2012. Combined effect of genotype and inter-row tillage on yield and weed control of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a rainfed mediterranean environment. Field Crops Research 127: 161-169.
30. Sandral, G.H., Dear, B.S., Pratley, J.E., and Cullis, B.R. 1997. Herbicide dose response rate response curve in subterranean clover determined by a bioassay. Australian Journal of Experimental Agricultural 37: 67-74.
31. Singh, B., Somanagouda, G., Das, R.C., and Lal, G. 2017. Effects of integrated weed management practices on nutrient uptake by weeds and chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal Current Microbiology and Applied Sciences 6: 2338-2343.
32. Swanton, C. J., and Murphy, S.D. 1996. Weed science beyond the weeds: the role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. Weed Science 1: 437-445.
33. Tepe, I., Erman, M., Yergin, R., and Bükün, B. 2011. Critical period of weed control in chickpea under non-irrigated conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 35: 525-534.
34. Veisi, M., Rahimian Mashhadi, H., Alizade, H., Minbashi Moeini, M., and Oveisi, M. 2014. Weed flora change in irrigated wheat fields of kermanshah after a decade. Iranian Journal of Weed Science 10:1-20. (In Persian with English Summary).
35. Veisi, M. 2001. Investigation of New Herbicide Isoxaflutole in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Fields. Final report of Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran. No 397. (In Persian).
36. Veisi, M. 1998. Study on Efficiency of Some Herbicides on Broadleaf Weeds in Rainfed Chickpea. Final Report of Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran. 10p. (In Persian).
37. Wicks, G.A., Wilson, R.G., Klein, R.N., Knezevic, S., Roeth, F.W., and Martin, A.R. 2000. Why RPA 201172 injured corn in Nebraska in 1999. In: Proceeding of Western Society of Weed Science 53:78-84.

Studying of integrated weed management in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Ahmadi^{1*}, A., Veisi², M., Aghaei Haji Abadi³, M. & Mousavi⁴, S.K.

1. Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University of Khorramabad, Iran
2. Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran, movassi2002@yahoo.com
3. MSc. Graduated in Weed Management, Faculty of Agriculture, Lorestan University of Khorramabad, Iran mansour.aghaei33@gmail.com
4. Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran, skmousavi@gmail.com

Received: 11 December 2017

Accepted: 21 November 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.61733

Introduction

Chickpea is important due to its grain high protein. Chickpea is weak to compete with weeds because of the retard growth at the early stages. Therefore, weed control at this time plays an important role to gain high production. Chickpea is being grown in both dry land and irrigated systems, and growers in both systems are finding weed control to be a major obstacle to profitable production. Weed control is essential for maximum seed yield and seed quality. Selection of the herbicide plus cultivator between rows can effectively control weeds. Herbicide due to efficiency and cost savings play a basic role in weed management. Application of Isoxaflutole controlled weeds in chickpea fields with very low phytotoxicity on chickpea. But the risk of crop injury from Isoxaflutole has been reported to be greatest in soils with low organic matter content and high pH. The only herbicide registered for chickpea in Iran, is pyridate in 1998. Considering the importance of agriculture chickpea in Kermanshah and high cost of hand weeding in the fields, this study was projected to achieve the most appropriate herbicides in combination with mechanical methods (row cultivator), in order to optimally control weeds and increase the yield of chickpea. The objective of this research was to identify efficacious chemical weed-control plus cultivation options for rainfed production of chickpea in Kermanshah.

Materials & Methods

The experiment was carried out as strip plot based on complete randomized block design with four replications during 2014-2015 in Kermanshah province. The main factor included inter-row cultivation and without inter-row cultivation and the sub factor consisted of applications of Linuron (pre planting), Isoxaflutole (post emergence), Metribuzin (pre emergence), Paraquat (post emergence), Pendimethalin (pre emergence), Pyridate (post emergence) at rates 0.67, 0.48, 0.42, 0.05, 0.82, 1.5 kg a.i./ha respectively and hand weeding. Chickpea (ILC482) were sown on March 3th placing 45 seeds m⁻² in rows 0.6 m apart. All herbicides were sprayed with an Elegance 18 electric knapsack sprayer equipped with flooding nozzle and calibrated to deliver 300 L/ha of spray solution at a pressure of 2.5 bar. Herbicides were applied in one-half of each plot, and the other half kept as its control. The inter-row cultivation was applied on April 29th 2014. Percent weed population and biomass reduction in all treatments was measured separately for each weed species by counting the number of weeds 30 days after treatment within two fixed 1m² quadrates that were dropped in the treated and untreated halves of each plot. The data were subjected to the analysis of variance using SAS. Means were compared using Duncan's Multiple Range test at P=0.05 level of significance.

*Corresponding Author: ahmadi1024@gmail.com

Results & Discussion

Results showed that cultivation between rows reduced population of Lambs quarters and Redroot Pigweed significantly. Linurin and Paraquat could not provide acceptable biomass and population reduction. But Pyridate, Isoxaflutole and Metribuzin could control satisfactorily weeds. None of herbicide treatments could reduce Field binweed populations satisfactorily, so that the highest population reduction was observed in Lambs quarters (100%) where sprayed with Metribuzin. Percent total weed density reduction by pyridate and Isoxaflutole was highest (78% and 57%). Metribuzin reduced total weed density by at least 71%. Hand weeding plus cultivation, Pyridate plus inter-row cultivation and pyridate, caused chickpea grain yield to increase by 44.83%, 44.46%, 40.58% respectively compared with weedy check. Isoxaflutole plus inter-row cultivation and Isoxaflutole caused chickpea grain yield to increase 37.18% and 34% respectively. The highest chickpea phytotoxicity (30%) was achieved where Linuron applied.

Conclusion

Overall results showed that pyridate at rate 1.5 kg a.i./ha is a suitable option for control of weeds and increasing the chickpea grain yield. The results also showed that inter-row cultivation had no significant effect on weed reduction and grain yield by pyridate and Isoxaflutole. In this study, isoxaflutole controlled a wide range of weeds. It is suggested that further studies be carried out on the use of this herbicide at different times of application (pre emergence and post emergence) and different amounts.

Keywords: Grain yield, Herbicide, Integrated control, Mechanical control, Pod

پژوهش‌های حوالت ایران

نشریه علمی - دو فصلنامه

پژوهش‌های علوم گیاهی و دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران جلد ۱۰ شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۸، شماره پیاپی: ۱۹

(به ترتیب حروف الفبا)

دکتر	یحیی	امام	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	محمد بهزاد	امیری	مجتمع آموزش عالی گناباد
دکتر	ابراهیم	ایزدی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	عباس	بیابانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد
مهندس	حسن	پرسا	پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمود رضا	تدین	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
دکتر	منیره	چنیانی	دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجید	دشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر	ابراهیم	دورانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
دکتر	فاطمه	ذاکر تولایی	مجتمع آموزش عالی شیروان
دکتر	جعفر	ذوالعلی	دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر	علی	سپهری	دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر	وحید	سرابی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
دکتر	آسیه	سیاهمرگویی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر	داود	صادق زاده اهری	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور - مراغه
دکتر	سید حسین	صباغ پور	دانشکده کشاورزی دانشگاه همدان
دکتر	الهام	عزیزی	دانشگاه پیام نور سبزوار
دکتر	مرتضی	عظیم زاده	دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد شیروان
دکتر	حمید رضا	فلاحی	دانشگاه بیرجند
دکتر	اسماعیل	قلی نژاد	دانشگاه پیام نور مرکز تهران
دکتر	سید عبدالرضا	کاظمینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	همایون	کانونی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
دکتر	هدایت اله	کریم زاده سورشجانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مرتضی	گلدانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	غلامرضا	محسن آبادی	دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
دکتر	قاسم	محمدی نژاد	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
مهندس	علی اکبر	محمودی	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (دانشجوی دکتری)
دکتر	سید حسن	مرعشی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	نسرین	مشتاقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	عبدالمجید	مهدوی دامغانی	پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی تهران
دکتر	جعفر	نباتی	پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سعید رضا	وصال	پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد



پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دوفصلنامه
پژوهشگاه علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

فرم اشتراک

خواهشمند است فرم زیر را پس از تکمیل، به نشانی زیر ارسال فرمایید:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشگاه علوم گیاهی
دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

مشخصات متقاضی: (لطفاً با ذکر جزئیات، مشخص فرمایید)

نام: (وزارت / سازمان / مؤسسه / شرکت / دانشگاه / دانشکده / کتابخانه / بخش خصوصی / شخصی / سایر)

نشانی دقیق پستی:

.....

تلفن (با کد شهرستان):

تلفن همراه:

نمابر:

نحوه اشتراک:

مایل به اشتراک نشریه از تاریخ تا می‌باشم.

بهای هر شماره از نشریه، ۵۰۰۰ ریال می‌باشد. خواهشمند است مبلغ مربوط به تعداد شماره‌های مورد نیاز را به حساب شماره ۹۹۶۵۴ به نام عواید اختصاصی پژوهشگاه علوم گیاهی نزد بانک تجارت شعبه دانشگاه فردوسی واریز نموده و فیش آن را همراه با فرم، به دفتر نشریه ارسال فرمایید. هزینه‌های پستی به‌عهده متقاضی می‌باشد.

امضاء:

تاریخ:

Title	Author(s)	Page
• Effect of compost fertilizer on antioxidant activity and physiological characteristics of lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik) under water stress	Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, S.R. & Rigi, G.	141
• Effect of different nitrogen levels on yield components, yield and nitrogen use efficiency of two lentil cultivars in rainfed conditions	Bannayan, M., Yaghoubi, F., Rashidi, Z. & Bardehji, S.	155
• The effect application of nitrogen levels and intercropping ratios of pea (<i>Pisum sativum</i>) and lettuce (<i>Lactuca sativa</i>)	Raftari, E., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M. & Hosseini Moghaddam, H.	171
• Assessment of planting date and seed density impact on yield and yield components of chickpea genotypes in dryland conditions of Mashhad	Khodashenas, A., Sadeghzadeh-Ahari, D., Dadmand, M. & Abbaszadeh, M.	182
• Studying of integrated weed management in rainfed chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Ahmadi, A., Veisi, M., Aghaei Haji Abadi, M. & Mousavi, S.K.	195

Iranian Journal of Pulses Research

List of Articles
Vol. 10, No. 1, 2019, S. No.: 19

Title	Author(s)	Page
• Study of relationship among seed proteins pattern with quantitative traits in some of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	Kakaei, M.	12
• Chemical and biological fertilizer management of nitrogen effects on yield and yield components of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) in different planting dates	Doaei, F., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. & Aldaghi, M.	28
• The effect of using biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components in lentil cultivars	Sabaghpour, S.H., Shahbazi, H. & Rezakhanlou, R.	40
• Comparison of yield and water use efficiency of three chickpea cultivars under rainfed and irrigation condition	Jalali, A.H.	52
• Effect of different levels of drought stress and growth regulators on yield and yield components of common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Danir, S., Sharafi, S. & Gholinezhad, E.	63
• Effect of mycorrhizal symbiosis and supplemental irrigation on yield, grain nutrients and plant residues of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Mazlomi Mamyandi, M., Pirzad, A. & Jalilian, J.	75
• Transient expression of CCL21 chemokine in chickpea via agroinfiltration	Beihaghi, M., Bagheri, A., Marashi, H., Sankian, M. & Farsad, A.S.	91
• Evaluation of agronomic and morphological traits of some chickpea (<i>Cicer arietinum</i>) genotypes	Afkar, S. & Pezeshkpour, P.	103
• The effect of drought stress on some of morphological and physiological traits of common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) genotypes	Ghalandari, S., Kafi, M., Goldani, M. & Bagheri, A.	114
• Evaluation of energy budget of bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) production in different cropping systems	Shahgholi, H., Asgharipour, M.R., Khamari, I. & Ghadiri, A.	126

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

**Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 10, No. 1, 2019, S. No.: 19**

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi

Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami

Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar

Professor, Shiraz University

Ahmad Arzani

Professor, College of Agriculture, Isfahan University of Technology (IUT)

Nadeali Babaeian Jelodar

Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abdolreza Bagheri

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Mohammad Galavi

Professor, Zabol University

Serrollah Galeshi

Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Ali Ganjeali

Associate Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Gholam Hossein Haghnia

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Ali Izadi Darbandi

Associate Professor, Tehran University

Mohammad Kafi

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini

Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Hossain Massumi

Professor, University of Shahid Bahonar Kerman

Ahmad Nezami

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Hadi Ostovan

Professor, College of Agricultural Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University

Sayyed Hossain Sabaghpour

Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa (MSc.); Dr. Bannayan

Assistant: Talachian, Asadi

This journal has the "Scholarly Grade" issued by the Ministry of Sciences, Research & Technology (No. 3/11/3785 dated 07/06/2010) and is published based on a Memorandum of Cooperation between Mashhad Ferdowsi University and the following universities: Isfahan University of Technology; Tarbiat Modares University; University of Shahid Bahonar Kerman; Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; Shiraz Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: (ISC) Islamic World Science Citation Center (<http://www.isc.gov.ir>); (magiran) Iranian Journals Database (<http://www.magiran.com>); (SID) Scientific Information Database (www.SID.ir); Google Scholar (<http://scholar.google.com>)

Address:

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran

P.O. Box: 91775-1653; **ZIP Code:** 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804801 & 38804812; **Fax:** +98-51-38807024;

E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** <http://ijpr.um.ac.ir>

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

ISSN 2008-725X

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 10(1) June 2019 S.No.19

- Study of relationship among seed proteins pattern with quantitative traits in some of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars Kakaei, M.
- Chemical and biological fertilizer management of nitrogen effects on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in different planting dates Doaei, F., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. & Aldaghi, M.
- The effect of using biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components in lentil cultivars Sabaghpour, S.H., Shahbazi, H. & Rezakhanlou, R.
- Comparison of yield and water use efficiency of three chickpea cultivars under rainfed and irrigation condition Jalali, A.H.
- Effect of different levels of drought stress and growth regulators on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Danir, S., Sharafi, S. & Gholinezhad, E.
- Effect of mycorrhizal symbiosis and supplemental irrigation on yield, grain nutrients and plant residues of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Mazlomi Mamyandi, M., Pirzad, A. & Jalilian, J.
- Transient expression of CCL21 chemokine in chickpea via agroinfiltration Beihaghi, M., Bagheri, A., Marashi, H., Sankian, M. & Farsad, A.S.
- Evaluation of agronomic and morphological traits of some chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes Afkar, S. & Pezeshkpour, P.
- The effect of drought stress on some of morphological and physiological traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes Ghalandari, S., Kafi, M., Goldani, M. & Bagheri, A.

(Complete list, inside the journal...)



پژوهشگاه علوم گیاهی و دامپزشکی
فردوسی مشهد



دانشگاه صنعتی امشاد



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید بهشتی تهران



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی کرمان



دانشگاه علوم و فنون
تاریخات



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری

جلد ۱۰، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۸