پژوهش های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

نشریه علمی - دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

جلد۱۰، شماره۲، نیمه دوّم ۱۳۹۸ - شماره پیاپی: ۲۰

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

با همکاری

دانشگاه فردوسی مشهد

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشگاه تربیت مدرس

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

واحد علوم و تحقیقات

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
پژوهش های حبوبات ایران
نشریه علمی - دوفصلنامه
جلد۱۰، شماره۲، نیمه دوّم ۱۳۹۸

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی- دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

با مجوز شمارهٔ ۸۸/۶۱۲۴ مورخ ۱۳۸۸/۰۸/۲۵ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
و درجه علمی‌پژوهشی به شمارهٔ ۳/۱۱/۳۷۸۵ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۷ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۱۰، شمار ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۸- شمارهٔ پیاپی: ۲۰

این نشریه در قالب تفاهم‌نامهٔ 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، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی
دفتر نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴
تلفن: ۳۸۸۰۴۸۱۲ و ۳۸۸۰۴۸۰۱ (۰۵۱)، نمابر: ۳۸۸۰۷۰۲۴ (۰۵۱)
پُست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir
تارنما: http://ijpr.um.ac.ir

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

جلد۱۰، شمارۀ۲، نیمۀ دوّم۱۳۹۸، شمارۀ پیاپی: ۲۰

سخن سردبیر

حبوبات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، دوّمین منبع مهم غذایی انسان پس از غلات، به‌شمار می‌روند. این گیاهان با داشتن قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن، نقش درخورتوجهی 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 کم‌نهاده مناسب می‌باشند. همچنین به صورت گیاهان پوششی، در جلوگیری از فرسایش خاک مؤثرند. مجموعهٔ 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 میلیون‌ودویست‌هزارهکتار در کشور به کشت حبوبات اختصاص می‌یابد که از این سطح، سالانه حدود ۷۰۰هزارتُن محصول به‌دست می‌آید. نگاهی اجمالی به آمار تولید و سطح زیرکشت این محصولات در ایران و مقایسهٔ 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 ویژهٔ 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 مجموعهٔ 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. نکتهٔ مهمی که در طراحی و اجرای برنامه‌های تحقیقات حبوبات باید همواره مدّ نظر باشد، قرارداشتن کشور در وضعیت طبیعی و اقلیمیِ خشک است؛ به‌طوری که بیش از ۹۰درصد از تولید حبوبات در کشور ما در شرایط دیم با بارش‌های بسیاراندک 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 تجاربِ به‌دست‌آمده بین محقّقان در مراکز مختلف، عواملی هستند که ما را در رسیدن به اهداف بلندمدت تحقیقات حبوبات یاری خواهند کرد. در این راستا، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، با همکاری مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی کشور نشریهٔ 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 «**نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران**»، بر مبنای رهنمودهای ارائه‌شده توسط **کمیتهٔ اخلاق انتشار COPE** طراحی شده است و از همهٔ 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 درنظرگرفتن 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 درنظرگرفتن ملّیت، 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 استفادهٔ 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 ردّ مقاله کمک نموده و از طریق ارسال اصلاحیه به نویسندگان، در ارتقای مقالهٔ آن‌ها سهیم می‌باشند.
- **حق امتناع و عدم پذیرش:** امتناع و ردّ 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 مشاهدهٔ 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:** نویسنده مسئول مکاتبه، مسئول نهایی محتوای کُلّ مقالهٔ ارسالی می‌باشد. نویسندگان متعهد هستند یافته‌های خود را به‌طور کامل گزارش کنند و در ارائهٔ یافته‌ها و تفسیر آن‌ها دقت ویژه داشته باشند. مقاله باید حاوی جزئیات و منابع کافی باشد، به‌نحوی‌که امکان دسترسی سایر پژوهشگران به مجموعهٔ داده‌های یکسان جهت تکرار پژوهش وجود داشته باشد.
- **سرقت علمی:** نویسنده 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 مجموعهٔ داده‌های‌به‌کارگرفته شده را مشخص کند.
- **اصالت:** مقاله باید کاری جدید و اصیل باشد. نویسنده نمی‌تواند مقاله‌ای را که کُلّ یا بخشی از آن در جای دیگری تحت بررسی است و یا قبلاً به نشریه دیگری ارسال شده است، به نشریهٔ 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 جدّی 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. نویسنده مسئول مکاتبه که مقاله را به نشریه ارسال می‌نماید، باید یک نسخه از مقاله یا پیش‌نویس آن را به همهٔ نویسندگان مشترک و همکار، ارسال نموده و رضایت آن‌ها را جهت ارسال مقاله به نشریه و انتشار آن کسب کند.
- **تضاد منافع:** نویسنده(گان) موظفند هرگونه تضاد منافعی را که بر نتیجهٔ 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.

باسمه‌تعالی

پژوهش‌های حبوبات ایران
نشریه علمی- دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

«پژوهش‌های حبوبات ایران» نشریه‌ای است با درجهٔ علمی که به‌وسیلهٔ پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب تفاهم‌نامهٔ همکاری با شِش دانشگاه کشور شامل دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، تربیت‌مدرس، شهیدباهنرکرمان، علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، آزاد اسلامی واحد شیراز و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، به تعداد دو شماره در سال انتشار می‌یابد. این نشریهٔ 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، دال‌عدس و خُلّر است. زبان انتشار، **فارسی** با چکیدهٔ مبسوط انگلیسی است و به‌صورت **الکترونیک** منتشر می‌شود.

ب- فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

ب-۱- مقالات باید نتیجهٔ پژوهش‌های اصیل در زمینهٔ حبوبات بوده و پیش‌تر در نشریهٔ دیگری چاپ نشده و یا همزمان به نشریهٔ دیگری ارسال نشده باشند. مقالات، می‌توانند به‌صورت پژوهشی (Research Article) یا مروری (Review Article) باشند. مراحل ارسال مقاله و پیگیری وضعیت آن، از طریق پایگاه اختصاصی نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران در سامانهٔ یکپارچهٔ 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 نویسندهٔ مسئول و نیز یکایک نویسندگان مقاله، رسیده و پس از اسکن، از طریق سامانهٔ اینترنتی نشریه در بخش بارگذاری فایل‌های تکمیلی، بارگذاری گردد.

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

ب-۴- مقالات به وسیلهٔ 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 چکیدهٔ مبسوط به زبان انگلیسی نیز خواهند بود.

ج- راهنمای تهیه و ارسال مقاله

ج-۱- روش نگارش

متن مقاله باید در محیط نرم‌افزار MS-Office Word 2007 با ابعاد A4 با فاصلهٔ ۲/۵سانتی‌متر از لبه‌ها و فاصلهٔ۱/۵ بین خطوط با قلم فارسی B Nazanin اندازهٔ۱۲ و قلم انگلیسی Times New Roman اندازهٔ۱۱ و به‌صورت یک‌ستونه تایپ شود. لازم است تمام سطرهای متن مقاله، به‌صورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند. همهٔ صفحه‌های مقاله باید دارای شماره بوده و تعداد آن ترجیحاً از۲۰ تجاوز نکند. هرگونه شکل، جدول و فرمول نیز به‌صورت واضح به همین نرم‌افزار انتقال یابد.

ج-۲- اجزای مقاله

هر مقالهٔ تخصصی، حداقل باید در دو فایل جداگانه شامل فایل «صفحهٔ مشخصات مقاله» و فایل «متن مقاله»، تهیه و ارسال شود. بخش‌های ضروریِ هر یک از این دو فایل و نیز اصول لازم که در تهیهٔ آنها باید رعایت شوند، به‌شرح زیر است:

ج-۲-۱- در فایل صفحهٔ مشخصات، موارد زیر باید به‌دقت 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 درجهٔ علمی، رشته و مقطع تحصیلی، گرایش تخصصی و عنوان شغلی، محل خدمت، نشانی دقیق پستی، پُست الکترونیک، تلفن ثابت و تلفن همراه آن‌ها. نام مسئول مکاتبه یا نویسندهٔ 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 صفحهٔ مشخصات با قید نام استاد راهنما و دانشگاه مربوط، منعکس شود. فایل صفحهٔ مشخصات به‌صورت 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، چکیدهٔ فارسی، واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری (در صورت لزوم)، منابع و چکیدهٔ مبسوط انگلیسی باشد. در اولین صفحه، عنوان مقاله بدون هرگونه ذکر نام و مشخصات نویسنده(گان) درج شود. عنوان باید خلاصه و روشن و بیان‌کنندهٔ موضوع پژوهش بوده و از ۲۰کلمه تجاوز نکند. چکیدهٔ فارسی، حداکثر در ۲۵۰کلمه نوشته شده و همهٔ 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 اختصاریِ 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 چکیدهٔ مقاله از آنها ذکری به‌میان نیامده باشد.

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

ج-۲-۵- مواد و روش‌ها باید کاملاً گویا و روشن بوده و در آن، مشخصات محل و نحوهٔ اجرای آزمایش، به‌همراه روش گردآوری داده‌ها و پردازش و تحلیل آنها با ذکر منابع، به‌روشنی ارائه شود. در صورت کاربرد معادلات ریاضی، باید همهٔ اجزای معادله به‌طور دقیق تعریف شده و در صورت استخراج معادله توسط نگارنده(گان)، نحوهٔ حصول آن در پیوست آورده شود. ضمناً درج هرگونه فرمول در متن، تنها با استفاده از قابلیت فرمول‌نویسی در نرم‌افزار Word انجام گیرد؛ لذا از درج فرمول به‌شکل «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 به‌صورت 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 ترجمهٔ انگلیسی آن نیز درج شود. عناوین، باید گویای کامل نتایج ارائه شده در جدول یا شکل بوده و همهٔ اطلاعات و تعاریف لازم را شامل شوند، به‌طوری‌که نیاز به مراجعه به متن مقاله نباشد. در جدول‌ها، ترجمهٔ انگلیسی عناوین سطرها، ستون‌ها و واحدهای اندازه‌گیری، در زیر یا کنار نوشتهٔ فارسی آنها درج شود. کاربرد هرگونه علایم، اختصارات و مخفّف‌ها در شکل‌ها و جدول‌ها، باید همراه با درج توضیح صورت کامل آن‌ها در زیرنویس، به فارسی و انگلیسی باشد. ساختار جداول به‌صورت چپ‌چین تنظیم شده و محتوای آنها (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شود. شکل‌ها کاملاً به انگلیسی تهیه شوند و هیچ کلمهٔ فارسی در داخل شکل به‌کارنرفته باشد. شکل‌ها و جدول‌ها بدون کادر باشند و حروف، عناوین و علائم به‌کاررفته در آنها، کاملاً خوانا و تفکیک‌پذیر باشند. شکل‌ها و جدول‌ها، هر کدام به‌طور مستقل دارای شمارهٔ 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 منابعِ استفاده‌شده که همگی به‌ترتیب حروف الفبا تنظیم شده باشند، ارائه شود. تنها منابعی باید ذکر شوند که در ارتباطِ نزدیک با کار نویسنده بوده و مستقیماً از آنها استفاده شده باشد. همهٔ منابعی که در متن ذکر شده‌اند، باید در فهرست منابع با مشخصات کامل نوشته شوند. در مواردی که فقط چکیدهٔ مقاله در اختیار بوده است، پس از نام منبع، کلمه (Abstract) داخل پرانتز ذکر شود. نحوه ارجاع به منابع در متن مقاله، به‌صورت 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- صفحهٔ آخر، شامل چکیدهٔ مبسوط انگلیسی است. از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود.

ج-۲-۱۰- تهیهٔ چکیدهٔ مبسوط انگلیسی (Extended Abstract):

با توجه به اهمیت نظام‌های رتبه‌بندی و علم‌سنجی رسمی، ضروری است «چکیدهٔ 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- نحوهٔ تنظیم فهرست منابع

کلیهٔ منابع فارسی و انگلیسی، به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازهٔ۱۲در فهرست منابع نوشته شوند. لازم است منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصهٔ انگلیسی، عبارت In Persian with English Summary و در صورت نداشتن خلاصهٔ انگلیسی، عبارت In Persian در داخل پرانتز نوشته شود. در نوشتن منابع، نام نشریات به‌صورت کامل درج شود. از ذکر منابع بی‌نام و خارج از دسترس، خودداری شود.

مثال‌هایی از نحوهٔ 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 تدوین‌شده (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 نشریهٔ 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 فرادادهٔ مقاله

پس از بارگذاری فایل مقاله، ضروری است اطلاعات «فرادادهٔ مقاله» در سومین گام ارسال، به‌صورت «کامل، صحیح و درست»، برای همهٔ نویسندگان، به فارسی و انگلیسی درج و تکمیل گردد. رعایت ترتیب نویسندگان و صحت و دقت داده‌های ورودی، بر عهدهٔ 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، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی، دفتر نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران

کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

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

پست الکترونیک:

ijpr@um.ac.ir

تارنما:

http://ijpr.um.ac.ir

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۲۳-۱۲
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 12-23 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.66470

بررسی پارامترهای ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی و فیزیولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت تنش خشکی

هادی افضلی[۱]، مهدی مهیجی[۲*]، حسن فرحبخش[۳]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان، h.afzaligorouh@gmail.com
۲. استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳. دانشیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، hfarahbakhsh@uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۲

چکیده

تنش خشکی بزرگ‌ترین عامل محدودکنندۀ رشد و عملکرد نخود در کشور است. به‌منظور برآورد تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و تعیین روابط بین صفات زراعی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک، ۶۴ژنوتیپ نخود کابلی در قالب دو طرح لاتیس ساده (۸×۸) در شرایط خشکی آخر فصل و آبیاری با دو تکرار در سال زراعی۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان مورد بررسی قرار گرفتند. تنش خشکی در مرحله۵۰درصد گل‌دهی اعمال شد. صفات عملکرد، اجزای عملکرد، دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه، شاخص اسپد، فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شدند. در شرایط نرمال صفت دوره پُرشدن دانه و تعداد برگچه‌ها با مقادیر ۱۱/۰۷ و ۹/۱۳درصد بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی را به خود اختصاص دادند. در شرایط تنش صفات فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای دارای بیشترین ضریب تغییرات ژنتیکی (به‌ترتیب ۳۳/۱۴ و ۳۱/۷۶) بودند. تجزیه علیت در هر دو محیط نرمال و تنش نشان داد که سرعت پُرشدن دانه بیشترین اثر مستقیم را به‌ترتیب با مقادیر ۰/۵۲۷ و ۰/۷۰۲ بر روی عملکرد دانه داشت. در شرایط نرمال پس از سرعت پُرشدن دانه، صفات تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و دوره پُرشدن دانه و در شرایط تنش، دوره پُرشدن دانه بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. بر اساس نتایج، گزینش برای صفات فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای یا سرعت پُرشدن دانه می تواند در افزایش عملکرد نخود در شرایط تنش آخر فصل مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی آخر فصل، فتوسنتز خالص، وراثت‌پذیری، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات به‌شمار می‌رود. کل تولیدات حبوبات جهان در سال۲۰۱۴، بیش از ۷۷میلیون‌تُن بود که از این مقدار ۱۲درصد مربوط به گیاه نخود است. در مقیاس جهانی، از لحاظ تولید و سطح زیرکشت در بین حبوبات به‌ترتیب رتبه اول تا سوم مربوط به نخودفرنگی، لوبیا و نخود زارعی می‌باشد. نخود مهم ترین حبوبات در ایران است. طبق آخرین آمار سازمان خواروبار کشاورزی ملل متحد (فائو)، تولید نخود ایران در سال۲۰۱۴ میلادی ۲۶۱۰۰۰تن، سطح زیرکشت ۵۹۴,۴۸۹ هکتار و میانگین عملکرد دانه آن ۴۴۰کیلوگرم در هکتار تخمین زده شده است (FAO, 2014). نخود دارای مقدار پروتئین قابل توجهی است و از دیرباز در برنامه غذایی انسان مورد استفاده قرار می‌گرفته است و این قابلیت را دارد که جایگزین مناسبی برای پروتئین حیوانی در جیره غذایی شود. از طرف دیگر، نخود همانند دیگر گیاهان خانواده بقولات با همزیستی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا خصوصاً در شرایط دیم به خوبی می‌تواند در تناوب با غلات به‌ویژه گندم و جو قرار گرفته و باعث افزایش عملکرد گیاهان و همچنین افزایش باروری و حاصلخیزی خاک گردد (Kanouni & Malhotra, 2003). مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد این گیاه در اغلب نقاط جهان خشکی است. کشور ایران سالانه حدود۲۵۰میلی‌متر بارندگی دارد که این میزان حدود یک‌سوم مقیاس بارندگی جهان را شامل می‌شود. حدود ۹۰درصد کشور ایران در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (FAO, 2014). تنش خشکی از طریق تأثیرات مورفولوژیک و دخالت در چرخه بیوشیمیایی و فیزیولوژیک همچون فتوسنتز، ساختار عناصر غذایی و جذب تراوایی غشاهای سلولی، تغییراتی در متابولیسم و رشد گیاه ایجاد می‌نماید (Jaleel *et al*., 2009). در اقلیم معتدل و سردسیر، نخود به شیوه سنتی در فصل بهار کشت می‌شود. تنش گرما و کم‌آبی در مرحله گل‌دهی و پس از آن

* **نویسنده مسئول:** mohayeji@uk.ac.ir

سبب افت عملکرد محصول می‌شود. امروزه تلاش برای ایجاد ارقام مقاوم به سرما و کشت نخود در فصل پاییز منجر به افزایش کارآیی مصرف آب و بهبود تولید و عملکرد محصول شده است (Guler *et al*., 2001; Mallu *et al*., 2015). عملکرد دانه نخود، با ویژگی‌هایی چون تعداد روز تا گل‌دهی، همبستگی منفی معنی‌دار و با تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه جانبی، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌دار دارد (Meena *et al*, 2010). افزایش عملکرد نخود وابسته به صفات اصلی نظیر تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک می باشد (Fayyaz & Talebi, 2009). در تحقیقی روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود مشخص شد که بیشترین اثر مستقیم بر روی عملکرد دانه نخود به‌ترتیب و مربوط به صفات وزن۱۰۰دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته می‌باشد و از صفات مورد ارزیابی تعداد روز تا رسیدگی، اثر مستقیم منفی بر روی عملکرد دانه دارد (Guler *et al*., 2001). همچنین بررسی عملکرد ۱۵رقم نخود کابلی نشان داد که صفات مفید زراعی سهم ویژه‌ای در تولید دانه نخود دارند (Yucel *et al*., 2006). هدف از پژوهش حاضر، بررسی مقادیر تنوع ژنتیکی، صفات زراعی و فیزیولوژیکی در دو شرایط نرمال و تنش خشکی آخر فصل و رابطه بین عملکرد و صفات زراعی و فیزیولوژیکی در شرایط فوق بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۶۴توده نخود کابلی که شامل دو رقم آرمان و آزاد، چهار رقم بومی استان کرمان، یک رقم بومی شازند (استان مرکزی)، یک رقم بومی ارس‌باران (آذربایجان شرقی) و ۵۶ژنوتیپ دریافت‌شده از مؤسسۀ تحقیقات کشاورزی دیم کشور (جدول ۱) بود در قالب دو طرح لاتیس ساده (۸×۸)، به‌صورت جداگانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل و آبیاری تکمیلی با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان با مقیاس جغرافیایی ۵۶درجه و ۵۸دقیقه طول شرقی، ۳۰درجه و ۱۵دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷۵۴متر از سطح دریا در سال زراعی۱۳۹۵-۱۳۹۴ کشت شدند. کشت به‌صورت جوی و پشته و به‌روش دستی صورت گرفت. هر ژنوتیپ در دو ردیف یک‌متری در کنار خط داغ‌آب روی هر پشته کشت شد. فاصله بین ردیف‌ها ۱۰سانتی‌متر و عمق کشت حدود ۶-۴ سانتی‌متر درنظرگرفته شد. برای مبارزه با علف‌های‌هرز روش زراعی و وجین به‌صورت دستی استفاده شد. تنش خشکی با قطع آبیاری از مرحله ۵۰درصد گل‌دهی اعمال شد. برداشت زمانی که حدود ۹۰درصد بوته‌های کرت‌ها رسیده بودند، انجام گرفت.

جدول ۱- اسامی ۶۴ژنوتیپ نخود کابلی مورد ارزیابی

Table 1. Name of 64 chickpea Kabuli genotypes

TDS34	landRace1	FLIP07-4C	FLIP03-50C
TDS265	landRace2	FLIP07-6C	FLIP03-70C
TDS290	landrace3	FLIP07-8C	FLIP03-98C
TDS262	landrace4	FLIP07-26C	FLIP03-101C
TDS154	TDS284	FLIP07-33C	FLIP03-128C
TDS428	TDS188	FLIP07-45C	FLIP05-18C
TDS167	TDS49	FLIP07-46C	FLIP05-19C
TDS184	TDS11	FLIP07-52C	FLIP05-145C
TDS149	TDS311	FLIP07-65C	FLIP05-147C
TDS176	TDS48	FLIP07-75C	FLIP05-157C
TDS159	TDS181	FLIP07-81C	FLIP05-162C
TDS119	TDS242	FLIP07-110C	FLIP06-37C
TDS299	TDS288	FLIP07-127C	FLIP06-52C
TDS178	TDS319	FLIP08-38C	FLIP06-88C
TDS314	TDS59	Arman	FLIP06-157C
TDS296	TDS192	Azad	FLIP07-3C

صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، نوع برگچه‌ها، تعداد برگچه‌ها، تعداد شاخه ثانویه، روز تا گل‌دهی، روز تا غلاف‌دهی، روز تا رسیدگی، وزن کل بوته، وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، شاخص اسپد، میزان هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص بود. صفت شاخص اسپد به وسیله دستگاه کلروفیل‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری، سه بوته انتخاب گردید و از هر بوته، ۱۰نمونه اندازه‌گیری شد. میانگین اندازه‌گیری‌ها به عنوان شاخص اسپد برای هر کرت مورد محاسبه قرار گرفت. صفات هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص توسط دستگاه فتوسنتزمتر CIBOL-Science

ساخت کشور آمریکا مدلCL.340 اندازه‌گیری شدند. از هر کرت سه نمونه برای اندازه‌گیری انتخاب شد. پس از اندازه‌گیری داده‌ها فرض‌های تجریه واریانس شامل فروض نرمال‌بودن داده ها و همگنی واریانس‌ها مورد آزمون قرار گرفت. تجزیه طرح لاتیس، تجزیه داده‌ها به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی و محاسبه پارامترهای ژنتیکی شامل ضریب تغییرات ژنوتیپی(CVg)، فنوتیپی (CVp)، وراثت‌پذیری(h^2) و کارآیی گزینش (R) برای صفاتی که میانگین مربعات ژنوتیپ آن‌ها معنی‌دار بود، انجام شد.

ضریب تنوع ژنتیکی از رابطه۱ محاسبه گردید.

$$CVg = {}^{\sigma_G}/_{\bar{x}} \times 100 \quad (۱)$$

که در این رابطه CVg ضریب تنوع ژنتیکی، σ_G انحراف معیار ژنتیکی و $\bar{x}$ میانگین صفات بود. ضریب تنوع فنوتیپی نیز باتوجه به رابطه۲ محاسبه شد.

$$CVp = {}^{\sigma_P}/_{\bar{x}} \times 100 \quad (۲)$$

در این رابطه CVp ضریب تغییرات فنوتیپی، σ_P انحراف معیار فنوتیپی و $\bar{x}$ میانگین صفات بود. وراثت‌پذیری عمومی در این تحقیق از فرمول۳ به‌دست آمد.

$$h_b^2 = {}^{\sigma_G^2}/_{\sigma_P^2} \times 100 \quad (۳)$$

در این رابطه h_b^2 وراثت‌پذیری عمومی، σ_G^2 واریانس ژنتیکی و σ_P^2 واریانس فنوتیپی بود. کارآیی گزینش (R) نیز از فرمول ۴ محاسبه شد.

$$R = ih_n^2\sigma_P \quad (۴)$$

در این رابطه i شدت انتخاب باگزینش ۱۰درصد برابر(۱/۶۹۴)، h_n^2 وراثت‌پذیری خصوصی و σ_P انحراف معیار فنوتیپی بود.

روابط بین صفات نیز با استفاده از تجزیه علیت مورد بررسی قرار گرفت. محاسبات با استفاده از برنامه‌های Genstat و SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده ها

با توجه به عدم وجود مزیت نسبی برای طرح لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی، تجزیه واریانس به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. همچنین با توجه به عدم همگنی واریانس خطا در دو محیط نرمال و تنش براساس آزمون لون تجزیه واریانس برای دو محیط فوق‌الذکر به‌صورت جداگانه انجام گرفت.

نتایج تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در محیط نرمال برای صفات فنولوژیک و مورفولوژیک تعداد روز تا شاخه دهی ثانویه، تعداد روز تا گل‌دهی تعداد روز تا غلاف‌دهی و تعداد برگچه‌ها، بیانگر اختلاف بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۲). اما در صفات ارتفاع بوته و روز تا رسیدگی بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در میان صفات زراعی تنها در صفت وزن۱۰۰دانه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. در صفات فیزیولوژیک نیز ژنوتیپ‌ها در صفت دوره پُرشدن دانه اختلاف بسیار معنی‌دار با یکدیگر نشان دادند. گرچه در مورد صفات سرعت پُرشدن دانه، شاخص اسپد، فتوسنتز خالص و میزان هدایت روزنه‌ای اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. در یک بررسی روی تعدادی ژنوتیپ نخود کابلی نشان داده شد که برای صفات تعداد شاخه اولیه و تعداد شاخه ثانویه اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد و اما برای صفت تعداد روز تا رسیدگی در مطالعه آن‌ها اختلاف غیرمعنی‌دار مشاهده شد (Zali *et al.*, 2011). این نتایج مؤید نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های نخود کابلی در شرایط نرمال

Table 2. Analysis of variance for studied traits in Kabuli chickpea lines under normal condition

صفت Trait	DSB	DF	DPS	DM	PH	LN	NSP	SW	NPP
تکرار Rep.	0.01	24.5	86.13	7.51	1436.7	7.19	0.25	583.56	2779.78
ژنوتیپ Genotype	24.23**	59.85**	93.81**	22.77ns	107.49ns	3.98**	0.037ns	47.45+	261.64ns
خطا Error	9.06	11.2	23.58	19.02	96.04	0.75	0.03	34.25	216.13

ns، *، و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

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

DSB روز تا شاخه دهی ثانویه، DF روز تا گل‌دهی، DPS روز تا غلاف‌دهی، DM روز تا رسیدگی، PH ارتفاع بوته، LN تعداد برگچه‌ها، SW وزن۱۰۰دانه، NPP تعداد غلاف در بوته

DSB: Day to secondary branch, DF: Day to flowering, DPS: Day to pod setting, DM :Day to maturity, PH: Plant height, LN: Leaflet number, SW: 100 Seed weight, NPP: Number of pod per plant

ادامه جدول ۲

Table 2. Continued

صفت Trait	BY	NSPP	SY	HI	SFP	SFR	SPAD	NP	SC
تکرار Rep.	7823.89	15936.9	2.16	0.09	4.88	1.89	813.05	18.18	1400.81
ژنوتیپ Genotype	194.63^{ns}	652.56^{ns}	0.04^{ns}	0.006^{ns}	58.67**	0.05^{ns}	68.38^{ns}	4.79^{ns}	291.775^{ns}
خطا Error	236.64	559.140	0.06	0.01	25.14	0.05	89.62	5.599	233.373

ns، *، و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

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

BY عملکرد بیولوژیک، NSPP تعداد دانه در بوته، SY عملکرد دانه، HI شاخص برداشت، SFP دوره پُرشدن دانه، SFR سرعت پُرشدن دانه، SPAD شاخص اسپد، NP فتوسنتز خالص، SC هدایت روزنه‌ای

BY Biological yield, NSPP Number of seed per plant, SY Seed yield, HI harvest index, SFP Seed filling period, SFR Seed filling rate, SPAD SPAD index, NP Net photosynthesis, SC Stomatal conductance

نتایج تجزیه واریانس در شرایط تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف در همه صفات فنولوژیک و مورفولوژیک مورد بررسی به جز دو صفت ارتفاع بوته و تعداد برگچه اختلاف بسیار معنی‌دار با یکدیگر داشتند (جدول ۳). نکته قابل‌توجه در این بین، معنی‌داربودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها برای صفت روز تا رسیدگی در شرایط تنش به‌رغم وجود اختلاف غیرمعنی‌دار در این صفت در شرایط نرمال است. بررسی صفات زراعی در شرایط خشکی نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در کلیه صفات زراعی به‌جُز عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف اختلاف معنی‌دار داشتند و در صفات فیزیولوژیک از لحاظ صفت دوره پُرشدن دانه، فتوسنتر خالص و هدایت روزنه‌ای بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. در آزمایشی روی۳۰ژنوتیپ نخود کابلی در شرایط تنش خشکی صفات روز تا گل‌دهی و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها داشتند (Ganjeali *et al.*, 2011). در پژوهش دیگری بر روی عملکرد و اجزای عملکرد و قابلیت توارث آن‌ها بین ژنوتیپ‌های نخود، صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع اختلاف معنی‌داری داشتند (Kakaii *et al.*, 2015). طبق نتایج (جدول ۳) صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد و شاخص برداشت در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری نشان ندادند، ولی در شرایط تنش میانگین مربعات این صفات معنی‌دار بود. از آنجا که نخود گیاهی رشد نامحدود است، آبیاری در انتهای دوره رشد سبب جبران عملکرد و صفات وابسته به آن در انواع دیررس می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های ضعیف‌تر با ادامه‌یافتن فصل رشد قادر به جبران اختلاف عملکرد خود با ژنوتیپ‌های برتر هستند.

جدول ۳- تجزیه واریانس برای صفات مورد مطالعه در لاین‌های نخود کابلی در شرایط تنش

Table 3. Analysis of variance for studied traits in Kabuli chickpea lines under drought stress condition

صفت Trait	DSB	DF	DPS	DM	PH	LN	NSP	SW	NPP
تکرار Rep.	0.63	10.12	205.03	124.03	132.37	0.59	0.05	124	371.28
ژنوتیپ Genotype	10.46**	37.38**	56.5**	16.63**	54.22^{ns}	1.81^{ns}	0.023^{ns}	41.72**	295.24*
خطا Error	4.47	7.51	12.62	8.87	50.08	1.53	0.03	13.93	166.88

ns، *، و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

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

برای اختصارات به جدول ۲ مراجعه شود.

See Table 2 for abbreviations.

ادامه جدول ۳

Table 3. Continued

صفت Trait	BY	NSPP	SY	HI	SFP	SFR	SPAD	NP	SC
تکرار Rep.	339.6	1557.15	0.54	0.08	205.03	0.1	413.64	11.72	1075.45
ژنوتیپ Genotype	80.15^{ns}	290.46^{ns}	0.12**	0.01**	21.81*	0.02^{ns}	53.55^{ns}	3.16**	317.18*
خطا Error	78.13	209.87	0.05	0.01	12.92	0.02	46.86	1.72	194.06

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد

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

برای اختصارات به جدول ۲ مراجعه شود.

See Table 2 for abbreviations.

برآورد پارامترهای ژنتیکی

قبل از انتخاب روش به‌نژادی، آگاهی به منابع با تنوع ژنتیکی بالا و تعیین وراثت‌پذیری صفات مورد بررسی به موفقیت بیشترِ برنامه به‌نژادی کمک می‌کند. در این راستا گزینش بیشتر بر روی صفاتی متمرکز می‌شود که تنوع گسترده تر و وراثت‌پذیری بیشتری دارند. جهت تعیین میزان تنوع موجود در ژنوتیپ‌های این مطالعه، پارامترهای ژنتیکی برای صفاتی که میانگین مربعات ژنوتیپ آن‌ها معنی‌دار بود، محاسبه شد. مشخصه‌های ژنتیکی صفات مورد بررسی شامل ضریب تغییرات ژنوتیپی(CVg)، فنوتیپی (CVp)، وراثت‌پذیری(h^2) و کارآیی گزینش (R) در شرایط نرمال (جدول ۴) آمده است. بالاترین میزان CVg به‌ترتیب به صفات دوره پُرشدن دانه، تعداد برگچه‌ها و وزن۱۰۰دانه با مقادیر ۱۱/۱، ۹/۱۳ و ۸/۴ مربوط بود. ضریب تغییرات ژنوتیپی صفات نشان‌دهنده میزان تنوع صفات در لاین‌های مختلف است. تنوع بالای ژنوتیپ‌ها امکان بهبود صفات در آینده را فراهم می‌آورد و در میزان سودمندی انتخاب مؤثر است (Subhashchandra *et al.*, 2009).

جدول ۴- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در لاین‌های نخود کابلی در شرایط نرمال

Table 4. Estimation of genetic parameters of studied traits in Kabuli chickpea lines under normal condition

صفات Traits	واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	واریانس ژنتیکی Genotypic variance	وراثت‌پذیری Heritability	ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	کارآیی گزینش Selection efficiency
تعداد روز تا شاخه دهی ثانویه Days to secondary branch	16.642	7.587	45.591	3.935	5.828	9.2995
تعداد روز تا گل‌دهی Days to flowering	35.523	24.32	68.477	6.234	7.534	20.406
تعداد روز تا غلاف‌دهی Days to pod setting	58.69	35.11	59.830	6.646	8.592	22.918
وزن۱۰۰دانه 100 Seed weight	40.850	6.605	16.169	8.448	21.010	5.167
تعداد برگچه Leaflet number	2.3640	1.618	68.443	9.1316	11.037	5.2617
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	41.904	16.767	40.013	11.078	17.514	12.950

در یک بررسی روی۲۰ژنوتیپ نخود در شرایط آبیاری تکمیلیCVg صفات عملکرد، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه به‌ترتیب برابر با ۳۲/۶۱، ۲۸/۶۲، ۲۵/۴۱ و ۸/۰۸ به‌دست آمد (Moucheshi *et al.*, 2010). همچنین بیشترین CVpدر این مطالعه به‌ترتیب مربوط به صفات وزن۱۰۰دانه و دوره پُرشدن دانه با مقادیر ۲۱درصد و ۱۷/۵درصد بود. برآورد وراثت‌پذیری (جدول ۴) در شرایط نرمال نشان داد که صفات روز تا گل‌دهی با مقدار ۶۸/۴۷ و پس

از آن صفات تعداد برگچه‌ها، روز تا غلاف‌دهی و روز تا شاخه دهی ثانویه به‌ترتیب با مقادیر ۶۸/۴۴ ۵۹/۸۳ و ۴۵/۵۹ بیشترین وراثت‌پذیری را به خود اختصاص دادند. در تحقیقی مشابه بیش‌ترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به‌ترتیب به ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه و تعداد روزتا گل‌دهی تعلق گرفت (Yucel *et al*., 2006). در بررسی دیگری بیشترین مقدار وراثت‌پذیری به‌ترتیب به صفات روز تا شاخه‌دهی ثانویه، وزن۱۰۰دانه و تعداد روز تا گل‌دهی اختصاص یافت (Hassan *et al*., 2008). نتایج برای صفت پاسخ به گزینش نشان داد که بالاترین پاسخ به گزینش به صفات روز تا غلاف‌دهی و روزتا گل‌دهی با مقادیر ۲۲/۹ و ۲۰/۴۱درصد اختصاص یافت. محققان معتقدند که به نژادگران نخود باید برآوردهای وراثت‌پذیری و بهره ژنتیکی ناشی انتخاب را با هم درنظر بگیرند (Singh *et al*., 1990). وراثت‌پذیری بالای صفات نشان می‌دهد که صفت کمتر تأثیر عوامل محیطی است و انتخاب مستقیم برای صفت مذکور مؤثر می‌باشد (Farshadfar & Farshadfar, 2008).

مشخصه‌های ژنتیکی صفات مورد بررسی در شرایط تنش (جدول ۵) نشان داد که بالاترین برآورد وراثت‌پذیری عمومی در شرایط تنش خشکی به صفت روز تا گل‌دهی با مقدار ۶۶/۵درصد تعلق گرفت و پس از آن صفات روز تا غلاف‌دهی و وزن۱۰۰دانه به‌ترتیب با مقادیر ۶۳/۴۸ و ۴۹/۹۵درصد بیشترین وراثت‌پذیری را به خود اختصاص دادند. بالاترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی به صفات فیزیولوژیک هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص با مقادیر ۳۳/۱۴ و ۳۱/۷۶ تعلق گرفت. این مطلب بیانگر تنوع ژنتیکی مطلوب در صفات یادشده است. در شرایط تنش، محدودیت‌های روزنه‌ای مهم‌ترین عوامل در کاهش فتوسنتز و عملکرد می‌باشند (Mafakheri *et al*., 2010). ارقام مقاوم طی تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی مقدار فتوسنتز خود را بالا نگه می‌دارند (Rahbarian *et al*., 2011). از این رو استفاده از این تنوع ژنتیکی گسترده و گزینش برای هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز بالا در شرایط تنش خشکی به پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی برای تنش کمک شایانی خواهد نمود. لازم به ذکر است که وارثت پذیری این صفات (۲۹/۵۸ و ۲۴/۰۸) در مقایسه با سایر صفات از جمله تعداد غلاف در بوته و روز تا غلاف‌دهی نسبتاً کم بود. بازدهی گزینش مستقیم برای هدایت روزنه‌ای بعد از صفت تعداد غلاف در بوته بالاترین میزان (۱۹/۲۵) را در این مطالعه داشت، در حالی که بازدهی گزینش برای صفت فتوسنتز خالص به‌رغم اهمیت آن، چشمگیر نبود. در این شرایط برای استفاده مؤثر از تنوع ژنتیکی یادشده گزینش به کمک نشانگرها می‌تواند روند ایجاد ارقام متحمل جدید را بهبود دهد. در یک مطالعه روی RILهای نخود سه QTL بزرگ‌اثر برای هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی معرفی شد (Rehman *et al*., 2011). همچنین در مطاله دیگری روی اینبردلاین‌های برنج هشت QTL بزرگ‌اثر برای کنترل میزان فتوسنتز گزارش شد (Teng *et al*., 2004). با توجه به تنش آخر فصل در مناطق کاشت نخود در ایران ایجاد ارقام زودرس نیز باید مد نظر قرار گیرد. صفت روز تا گل‌دهی یکی از صفات مهم برای ایجاد زودرسی است. در این مطالعه وراثت‌پذیری بالا و کارآیی گزینش متوسط برای صفت مذکور امکان اصلاح این صفت و ایجاد ارقام زودرس را با توجه به تنوع موجود نشان می‌دهد. در بررسی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات زراعی ژنوتیپ‌های نخود پاییزه در شرایط دیم CVg برای صفات عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف، روز تا رسیدگی و روز تا گل‌دهی به‌ترتیب مقادیر ۲۲/۹۲، ۴/۹، ۴/۵۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۲ گزارش شد (Kanouni, 2016). همچنین وراثت‌پذیری برای این صفات به‌ترتیب ۷۹/۴۲، ۷۵/۶۲، ۷۸/۲۶، ۵۴/۸۵، ۶۵/۵۸ گزارش شد. در مطالعه دیگری که در شرایط دیم روی ۲۰ژنوتیپ نخود انجام گرفت، CVg صفات عملکرد، وزن۱۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب ۴۷/۸۸، ۱۱/۵۶، ۳۷/۵۵ و ۳۷/۲۴ گزارش شد (Moucheshi *et al*., 2010). همچنین وراثت‌پذیری این صفات نیز به‌ترتیب در شرایط دیم برابر با ۹۳/۹۸، ۸۳/۹۲، ۸۳/۰۴ و ۸۳/۶۳ به‌دست آمد. مقدار وارثت‌پذیری و CVg برای صفات عملکرد در این مطالعه از دو مطالعه پیشین کمتر بود، البته وراثت‌پذیری عملکرد دانه در نخود به طور معمول کمتر از ۵۰درصد گزارش شده است (Tabasum *et al*., 2010, yadav *et al* ., 2015). وراثت‌پذیری بقیه صفات نیز در این تحقیق نسبت به دو تحقیق فوق‌الذکر نسبتاً کمتر بود. با توجه به وراثت‌پذیری بالاتر صفت وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش نسبت به عملکرد می‌توان از این صفات به خوبی در گزینش غیرمستقیم برای عملکرد تحت شرایط تنش خشکی استفاده کرد.

جدول ۵: برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در لاین‌های نخود کابلی در شرایط تنش

Table5. Estimation of Genetic Parameters for Studied traits in Kabuli Chickpea Lines under Drought Stress Condition

صفات Traits	واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	واریانس ژنتیکی Genotypic variance	وراثت‌پذیری Heritability	ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	کارآیی گزینش Selection efficiency
روز تا شاخه‌دهی ثانویه Day to secondary branch	7.466	2.992	40.079	2.445	3.863	5.475
روز تا گل‌دهی Day to flowering	22.443	14.937	66.555	4.915	6.025	15.765
روز تا غلاف‌دهی Day to pod	34.559	21.9405	63.48616	5.434	6.821	18.660
روز تا رسیدگی Day to maturity	12.751	3.8787	30.417	1.828	3.3155	5.430
وزن۱۰۰دانه 100 Seed Weight	27.823	13.898	49.951	14.413	20.394	13.174
تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	231.05	64.182	27.777	27.901	52.938	21.111
عملکرد دانه Seed yield	14.7077	2.491	16.941	21.448	52.109	3.248
شاخص برداشت Harvest index	0.0099	0.0049	49.907	23.029	32.598	0.249
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	17.366	4.446	25.603	7.251	14.331	5.334
فتوسنتز خالص Net Photosynthesis	2.443	0.721	29.58	33.147	61.001	2.307
هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	255.627	61.559	24.08	31.762	64.724	19.251

بررسی روابط علت و معلولی صفات مورد بررسی در محیط نرمال و تنش خشکی

تجزیه رگرسیون به روش گام‌به‌گام در هر دو شرایط نرمال و تنش منجر به باقی‌ماندن صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته در مدل شد. نتایج تجزیه علیت در شرایط نرمال در جدول۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون سرعت پُرشدن دانه دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود. همبستگی سرعت پُرشدن دانه با عملکرد ۰/۹۲۳ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۵۲۷ برآورد شد. در اثر غیرمستقیم سرعت پُرشدن دانه بر عملکرد از طریق صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه و تعداد دانه به‌ترتیب مقادیر ۰/۰۸۷۸۵۴، ۰/۰۵۶۷۳- و ۰/۳۶۵۰۹۲ بود. همبستگی وزن۱۰۰دانه با عملکرد ۰/۴۲۲ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۲۱۸ بود. اثر غیرمستقیم وزن۱۰۰دانه از طریق دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته نیز به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۰۴۳۱، ۰/۲۱۲۳۸۱ و ۰/۰۰۱۳۲۶ به‌دست آمد. همچنین همبستگی دوره پُرشدن دانه با عملکرد ۰/۰۲۷ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۱۸۳ بود. همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد ۰/۸۷۵ بود که سهم اثر مستقیم ۰/۴۴۲ اختصاص یافت. در اثر غیرمستقیم تعداد دانه در بوته مقادیر ۰/۰۰۰۶۵۴، ۰/۰۰۲۲- و ۰/۴۳۵۳۰۲ به‌ترتیب مربوط به صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه و سرعت پُرشدن دانه بود. اثر غیرمستقیم قابل‌توجه سرعت پُرشدن دانه از طریق تعداد دانه مؤید این مطلب است که هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، در واقع مخزن‌های بیشتر و قوی تری برای انتقال مواد فتوسنتزی وجود دارد که باعث بالارفتن سرعت انتقال مواد به این مخازن و در نتیجه افزایش سرعت پُرشدن دانه می‌گردد.

نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش خشکی برای صفات وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه، سرعت پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته در جدول۷ ارائه شده است. در شرایط تنش نیز سرعت پُرشدن دانه دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود. همبستگی سرعت پُرشدن دانه با عملکرد ۰/۹۵۹ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۷۰۲ محاسبه شد.

جدول ۶- نتایج تجزیه علیت در شرایط نرمال

Table 6. Results of pathway analysis under normal condition

	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	دوره پُرشدن دانه Seed filling period	سرعت پُرشدن دانه Seed filling rate	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	اثر مستقیم Direct effect	همبستگی correlation
وزن۱۰۰دانه 100 seed weight		0.010431	0.212381	0.001326	0.218	0.442
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	0.012426		-0.16337	-0.0053	0.183	0.027
سرعت پُرشدن دانه Seed filling rate	0.087854	-0.05673		0.365092	0.527	0.923
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	0.000654	-0.0022	0.435302		0.442	0.875

اثر غیرمستقیم سرعت پُرشدن دانه از طریق وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه و تعداد دانه در بوته به‌ترتیب برابر با مقادیر ۰/۰۱۳۰، ۰/۰۰۰۵۵ و ۰/۲۴۳ به‌دست آمد. همبستگی صفت تعداد دانه در بوته با عملکرد ۰/۹۲۳ بود که از این مقدار سهم اثر مستقیم ۰/۲۶۹ بود. اثر غیرمستقیم تعداد دانه در بوته از طریق وزن۱۰۰دانه، دوره پُرشدن دانه و سرعت پُرشدن دانه به‌ترتیب برابر با مقادیر ۰/۰۱۳۸۳-، ۰/۰۳۱۶ و ۰/۶۳۴۶ محاسبه شد. همچنین همبستگی صفت دوره پُرشدن دانه با عملکرد ۰/۲۴۹ بود که سهم اثر مستقیم ۰/۱۸۴ بود و اثرات غیرمستقیم سهم اندکی را به خود اختصاص دادند. همبستگی وزن۱۰۰دانه با عملکرد ۰/۱۸ بود که مقدار ۰/۰۹۱ از آن سهم اثر مستقیم این صفت بر عمکلرد می‌باشد (تقریباً معادل نیمی از همبستگی). همچنین اثر غیرمستقیم وزن۱۰۰دانه از طریق سایر صفات نیز نیم دیگر همبستگی را توجیه نمود. در تحقیق حاضر اثر غیرمستقیم دوره پُرشدن دانه ار طریق سرعت پُرشدن دانه بر عملکرد گیاه نخود در شرایط شاهد (۰/۱۶۳-) منفی بود که مؤید مطلب فوق است، اما در شرایط تنش خشکی این اثر مثبت به‌دست آمد. البته همان‌طور که مشخص است، مقدار آن بسیار کوچک و قابل چشم‌پوشی است و می‌توان آن را معادل صفر درنظر گرفت.

جدول ۷- نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش خشکی

Table 7. Results of pathway analysis under drought stress condition

	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	دوره پُرشدن دانه Seed filling period	سرعت پُرشدن دانه Seed filling rate	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	اثر مستقیم Direct effect	همبستگی correlation
وزن۱۰۰دانه 100 seed weight		0.02852	0.100386	-0.04089	0.091	0.18
دوره پُرشدن دانه Seed filling period	0.014105		0.002106	0.046268	0.184	0.249
سرعت پُرشدن دانه Seed filling rate	0.01301	0.000552		0.243176	0.702	0.959
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	-0.01383	0.031648	0.634608		0.269	0.923

نموّ بذری که به عنوان عملکرد اقتصادی یک محصول درنظر گرفته می‌شود، دارای دو مرحله سرعت پُرشدن دانه و دوره پُرشدن دانه می‌باشد (Kafi & Mahdavi Damghni, 2000). سرعت پُرشدن دانه در کنترل عوامل ژنتیکی و مدت پُرشدن دانه بیشتر تحت تأثیر محیط است. همچنین نتایج پژوهش دیگری نشان داد که سرعت پُرشدن دانه مهم‌ترین خصوصیت یک ژنوتیپ در دوره پُرشدن دانه می‌باشد (Stallknecht. *et al*., 2001). در این پژوهش مشخص شد که بین سرعت پُرشدن دانه و مدت پُرشدن دانه رابطه منفی برقرار است. طبق گزارش دیگری (Mohammadali-Pouryamchi *et al*., 2012) تجزیه علیت نشان داد که تعداد دانه در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر روی عملکرد دانه دارد.

در مطالعه‌ای روی ۳۶۰ ژنوتیپ نخود زراعی نشان داده شد که صفات تعداد غلاف در بوته (۰/۷۴۵)، تعداد دانه در بوته (۰/۳۸۶) و وزن ۱۰۰دانه (۰/۲۶۸) دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بودند (Farshadfar *et al*., 2008). طبق تحقیقی که روی برخی ارقام نخود انجام گرفت، روند پُرشدن دانه در حالت آبیاری کامل ۲۰روز اول رشد سریع نمایی به خود می‌گیرد و پس از آن تقریباً به‌صورت خطی تا روز ۶۰ ام ادامه می‌یابد، ولی در هنگام تنش خشکی وزن دانه به سرعت در ۲۰روز اول افزایش می‌یابد و پس از آن تقریباً ثابت می‌ماند، درنتیجه سرعت پُرشدن دانه مهم‌ترین عامل در تعیین متوسط وزن دانه در شرایط تنش به حساب می‌آید (Mansourifar *et al*., 2012). در واقع ژنوتیپی که بتواند دوره پُرشدن دانه را زودتر تمام کند، در رقابت برای انتقال سریع مواد به دانه و تکمیل فرآیند پُرشدن دانه، موفق‌تر ظاهر می‌شود. از این رو به نظر می‌رسد که سرعت پُرشدن دانه را می‌توان به یکی از پارامترهای مهم و ارزشمند در فرآیند تولید ارقام جدید نخود به حساب آورد. بررسی روند پُرشدن دانه در ارقام مقاوم و حساس به خوبی بیانگر این مطلب است که ارقام مقاوم در ۲۰روز اول دوره پُرشدن دانه سرعت فعالیت بسیار بالایی از خود نشان می دهند و پس از آن روند پُرشدن دانه در آن‌ها متوقف می‌شود، درحالی‌که در ارقام حساس، روند پُرشدن دانه تقریباً خطی است و تا روز ۶۰ ادامه می‌یابد.

منابع

1. FAO. 2014. http://faostat.fao.org
2. Farshadfar, M., and Farshadfar, E. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces and lines. Journal of Applied Science 8(21): 3951-3956.
3. Fayyaz, F., and Talebi, R. 2009. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agriculture Research 7(1): 135-141. (In Persian with English Abstract).
4. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Response of yield and morphophysiological characteristics of earliness chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 65-80.
5. Guler, M., Adak, M.S., and Ulukan, H. 2001. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 14: 167-166.
6. Hassan, S.E., and Khaliq, I. 2008. Quantitative inheritance of some physiological traits for spring wheat under two different population density. Pakistanian Journal Botany 40: 581- 587.
7. Jaleel, C.A., Manivannan, P., wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., and panneerselvarm, R. 2009. Drought stress plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100-105.
8. Kafi, M., and Mahdavi Damghni, A. 2000. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Pp, 467. (In Persian with English Abstract).
9. Kakaii, M., Moosavi, S.S., Abdolahi, M.R., and Farshdfar, A. 2015. Genetic diversity and heritability of yield and yield components in chickpea. Corp Production and Process Journal 5(16): 271-280. (In Persian with English Abstract).
10. Kanouni, H. 2016. Genetic variability, heritability, and interrelationships between seed yield and related components of chickpea genotypes under dryland conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science 47(1): 163-155.
11. Kanouni, H., and Malhotra, R.S. 2003. Genetic variation and relationship between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conations. Iranian Journal of Crop Sciences 5(3): 185-194. (In Persian with English Abstract).
12. Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., and Sohrabi, Y. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science: 4(8): 580.
13. Mallu, T.S., Mwangi, S.A., Nyende, A.B., Eanga Rao, N.V., Odeny, D.A., Rathore, A., and Kumar, A. 2015. Assessment of genetic variation and heritability of agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agronomy and Agricultural Research 6(1): 77-88.
14. Mansourifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpour, S.H. 2012. Assessment of grain filing trend in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought condition. Iranian Journal of Pulses Research 10(3): 591-602.

15. Meena, H.P., Jokumar, H.D., Upadhyaya, C., Bharadwaj, S.K., chauhan, A., Verma, K., and Rizvi, A.H. 2010. Chickpea mini core germplasm collection as rich sources of diversity for crop improvement. Sat Journal 8: 1-5.
16. Mohammadali-Pouryamchi, H., Bihamta, M.R., Peighambari, S.A., and Naghavi, M.R. 2012. Effect of terminal drought stress on grain yield and yield components of Kabuli chickpea genotypes Iranian Journal of Crop Sciences 14 (3): 202-217. (In Persian with English Abstract).
17. Moucheshi, A., Heidari, B., and Dadkhodaie, A. 2010. Genetic variation and agronomic evaluation of chickpea cultivars for grain yield and its components under irrigated and rain fed growing conditions Iran Agricultural Research 29(1-2). (In Persian with English Abstract).
18. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., 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 Series Botanica 53(1): 47-56.
19. Rehman, A.U., Malhotra, R.S., Bett, K., Tar'an, B., Bueckert, R., and Warkentin, T.D. 2011. Mapping QTL associated with traits affecting grain yield in chickpea under terminal drought stress. Crop Science 51(2): 450-463.
20. Singh, K.B, Geletu, B., and Malhotra, R.S. 1990. Association of some characters with seed yield in chickpea collection. Euphytica 49: 83-88.
21. Stallknecht, B., Perry, M., Karnes, N.N., Bussan, A.J., and Rlesselman, J. 2001. Growing Chickpeas in Montana. Site of Bozeman University.
22. Subnashchandra, B., Lohithaswa, H.C., Desai, A.S., and Hanchinal, R.R. 2009. Assessment of genetic variability and relationship between genetic diversity and transgress ire segregation inter raploid wheat. Karnataka Journal of Agriculture Science 22: 36-38.
23. Tabasum, A., Saleem, M., and Aziz, I. 2010. Genetic variability, trait association and path analysis of yield and yield components in mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek). Pakistan Journal of Botany 42(6): 3915-3924.
24. Teng, S., Qian, Q., Zeng, D., Kunihiro, Y., Fujimoto, K., Huang, D., and Zhu, L. 2004. QTL analysis of leaf photosynthetic rate and related physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica 135(1): 1-7.
25. Yucel, D.O., Anlarsal, A.E., and Rucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 183-188.
26. Zali, H., Farsadfar, E., and Sabaghpour, S.H. 2011. Genetic variability and interrelationships among agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Crop Breeding Journal 1(2): 127-132.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 12-23 (Research Article)

Study of genetic parameters and relationships between agronomic and physiological traits in Kabuli type chickpea genotypes under drought stress

Afzali[1], H., Mohayeji[2*], M. & Farhbakhsh[3], H.

1. MSc. Student of Plant Breeding, Shahid Bahonar University of Kerman, h.afzaligorouh@gmail.com
2. Assistant Professor of Plant Breeding, Shahid Bahonar University of Kerman
3. Associated professor of Agronomy, Shahid Bahonar University of Kerman, hfarahbakhsh@uk.ac.ir

Received: 31 July 2017
Accepted: 3 December 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.66470

Introduction

Chickpea is one of the most important protein producing crops in the world and drought is the greatest limiting factor for its growth. In addition, chickpea plays crucial role in soil fertility because of the nitrogen fixation in its roots. The chickpea is mostly grown in semi-arid and arid zones or in the rain fed condition. Hence, more than 90% of chickpea growing area is drought prone. Under such conditions, usually the last part of reproductive phase of chickpea, faces water deficiency. Generally terminal drought stress is responsible for reduction in yield and biomass as well as physiological traits such as CO_2 assimilation, stomatal conductance, transpiration rate, membrane stability index (MSI) and water use efficiency (WUE). In this condition, stress avoidance ability, tolerance or stress escape is essential for drought resistance. Significant genetic variation exists in chickpea germplasms for terminal drought stress. Nowadays, different breeding methods used for improving chickpea drought tolerance such as Marker assisted selection, omics and mutation breeding. Besides these techniques, enough information about traits affected by drought stress, their genetic parameters and relationships with economic yield is necessary for breeding programs.

Materials & Methods

According to estimation of genetic variation, heritability and relationships between agronomic, morphological and physiological traits, 64 Kabuli type chickpea genotypes were sown under two normal and terminal drought conditions in two-separated 8×8 lattice design in Shahid Bahonar University of Kerman during 2015-2016 growing season. Normal irrigation applied until flowering stage. Water withdrawing was done at 50% of flowering stage. Agronomic traits such as days to secondary branch, days to flowering, days to maturity, plant height, leaflet numbers, seed yield, yield components, harvest index, seed filling period, seed filling rate measured. Chlorophyll content measured by the SPAD chlorophyll meter. Stomatal conductance and net photosynthesis were measured by CI-340 Handheld Photosynthesis System apparatus from Bio-Science Company. Data was analyzed by SPSS ver. 22. Estimation of genetic parameters and path analysis were performed for all significant traits in both normal and terminal drought stress.

Results & Discussion

Analysis of variance for genotypes determined significant differences for day to secondary branch, day to flowering, day to pod setting, 100 seed weight and seed filling period in normal condition. Genotypes showed significant difference for all traits except number of seeds per pod, biological yield, seed filling rate and the SPAD index in stress condition. According to the results of genetic parameter estimation for normal condition the highest amount of CVg was belonged to seed filling period, leaflet number and 100 seed weight, which were 11.1, 9.13 and 8.4, respectively. The highest amount of heritability in normal condition also was belonged to days to flowering and days to secondary branch, which were 68.47 and 68.44, respectively. The highest amount of CVg obtained in terminal drought condition for stomatal conductance and net photosynthesis, were 33.14 and 31.76 respectively. Stomatal limitation and reduction in photosynthesis are the most important factors for loss of yield during stress condition. Therefore, the usage of

***Corresponding Author:** mohayeji@uk.ac.ir

mentioned genetic diversity may improve future breeding program for drought condition. However, marker assisted selection methods might be helpful, according to moderate heritability of these traits (29.58 and 24.08, respectively). Result of path analysis in normal condition determined that seed-filing period had the most magnitude direct effect (0.527) and the large indirect effect (0.365) via number of seeds per plant on seed yield. The highest amount of direct effect (0.702) on seed yield belonged to rate of filling in drought condition as well. It seems that during terminal progressive drought stress, the ability of filling the seed rapidly is the key trait for tolerant genotypes according to limitation in the seeds filling period.

Conclusion

Terminal drought stress is one of two reasonable factors reducing chickpea yield. The result of analysis of variance for genotypes indicated significant differences for days to secondary branch, days to flowering, days to pod setting, 100 seed weight and seed filling period in normal condition. In addition to mentioned traits, significant difference was achieved for days to maturity, seed yield, and number of pods per plant, harvest index, net photosynthesis and stomatal conductance. The highest amount of CVg belonged to seed filling period, leaflet number and 100 seed weight. However, highest CVg belonged to stomatal conductance and net photosynthesis in drought stress condition. In practice, relatively high genetic variation for these traits might be a new insight for improving drought tolerance in chickpea. The high direct and indirect effects of seed filling rate on seed yield in path analysis suggested a strong relationship between these characters. Moreover, the magnitudes of both direct and indirect effect of seed filling rate via number of seed per plant were increased during stress condition. According to the results, some physiological traits such as stomatal conductance, net photosynthesis and seed filling rate might be valuable in future breeding programs.

Keywords: Heritability, Net photosynthesis, Stomatal conductance, Terminal Drought Stress

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۳۵-۲۴
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 24-35 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.62582

کالوس‌زایی و باززایی از لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)با استفاده از ریزنمونه لایه نازک سلولی

عاطفه بخشیان[1] و خدیجه باقری[2]*

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد بیوتکنولوژی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، a.bakhshian@znu.ac.ir
۲- عضو هیئت علمی (استادیار) گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۶

چکیده

چالش بزرگ جهت استفاده از انتقال ژن برای اصلاح لوبیا، عدم وجود دستورالعمل بهینه باززایی است. در این تحقیق دو آزمایش برای بررسی کالوس‌زایی و باززایی لوبیا مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش اول، ریزنمونه‌های محور جنینی شش رقم گلی، ناز، ازنا، لاین۴، لاین۸ و الیگودرز لوبیا جدا شده و در سه تیمار تنظیم‌کننده رشد گیاهی شامل ترکیب ۱۱میکرومول BAP و ۰/۵۷میکرومول IAA، ترکیب ۴۴/۴میکرومول BAP و ۲/۲۷میکرومول TDZ و ۴۴/۴میکرومول BAP کشت شدند. صددرصد کالوس‌زایی در تیمار دوم در رقم‌های ناز، ازنا، لاین۸ و الیگودرز و در تیمار سوم در تمامی رقم‌ها به جز لاین۴ به‌دست آمد. کالوس‌ها در این آزمایش قادر به باززایی نشدند. در آزمایش دوم، بذور در دو پیش‌تیمار صفرمیکرومول TDZو ۱۰میکرومول TDZ جوانه زده و بعد از ۱۴روز، ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی عرضی به ضخامت ۰/۵-۰/۳میلی‌متر از اپی‌کوتیل جدا و به محیط MSB5 با تیمارهای ۱۰میکرومول TDZ و ۱۰میکرومول BAP انتقال یافتند. صددرصد کالوس‌زایی با پیش‌تیمار ۱۰میکرومول TDZ و تیمار ۱۰میکرومول BAP و ۱۰میکرومول TDZ در لاین۴ و الیگودرز به‌دست آمد. بیشترین میزان باززایی (۷۷درصد) با تیمار ۱۰میکرومول TDZ در ارقام ناز، ازنا، لاین۸ و الیگودرز به‌دست آمد. نتایج نشان داد که ریزنمونه لایه نازک سلولی تحت تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد TDZ و BAP بهتر از ریزنمونه محور جنینی قادر به باززایی می باشد. همچنین تنظیم‌کننده رشد TDZ برای باززایی لوبیا مؤثرتر از BAP است. تأثیر پیش‌تیمار با TDZ نیز متغیر و وابسته به ژنوتیپ است.

واژه‌های کلیدی: باززایی، کالوس‌زایی، لایه سلولی نازک لوبیا، محور جنینی

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یک لگوم یکساله و خودگرده‌افشان است که منبع اصلی پروتئین در آمریکای‌لاتین و آفریقای شرقی محسوب می‌شود (Estrada-Navarrete *et al.*, 2007) در ایران در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳ بیشترین مقدار تولید حبوبات مربوط به لوبیا بوده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۵). در مورد لوبیا هنوز یک دستورالعمل بهینه باززایی وجود ندارد و این خود یک چالش بزرگ جهت استفاده از روش انتقال ژن برای اصلاح لوبیا محسوب می‌شود (Veltcheva *et al.*, 2005). با وجود کاربرد فراوان محور جنینی به عنوان ریزنمونه برای باززایی، به نظر می‌رسد این ریزنمونه‌ها برای انتقال ژن به لوبیا مناسب نیستند. عیب اصلی کاربرد چنین ریزنمونه‌هایی برای انتقال ژن این است که باززایی معمولاً از بافت مریستمی صورت می‌گیرد (Mukeshimana *et al.*, 2013) و شاخه‌های به‌دست‌آمده از مبدأ چندسلولی هستند که منجر به ایجاد گیاهچه‌های شیمر شده و انتخاب گیاهچه‌های تراریخت را مشکل می‌کنند (Angenon & Thu, 2011). روش موفقیت‌آمیزی که امروزه برای باززایی گیاهان تراریخت[3] در لوبیا ارائه شده انتقال ژن با آگروباکتریوم و استفاده از باززایی غیرمستقیم می‌باشد (De Dillen *et al.*, 1997 ; Zambre *et al.*, 2005Clercq *et al.*, 2002 ;). در روش غیرمستقیم ابتدا ایجاد کالوس و سپس باززایی از این کالوس‌ها انجام می‌شود (Collado *et al.*, 2013). از این رو، روش باززایی مستقیم (بدون تشکیل کالوس) با استفاده از ریزنمونه های لایه نازک سلولی که با روش‌های انتقال ژن سازگاری بهتری دارند، مورد توجه قرار گرفته است (De Carvalho *et al.*, 2000). سیستم لایه نازک سلولی (TCL)[4] شامل ریزنمونه‌های با اندازه‌های کوچک است که از اندام‌های مختلف گیاه (ساقه، برگ، جنین، پریموردیای گل و...) به‌طور

* **نویسنده مسئول:** bagheri.khadijeh@znu.ac.ir

[3] Transgenic
[4] Thin cell layer

طولی(lTCL)[1] و یا به‌طور عرضی (tTCL)[2] گرفته می‌شود. lTCL شامل یک نوع بافت (به‌طور مثال یک لایه از سلول‌های اپیدرمی) می‌باشد، اما tTCL با توجه به این‌که ریزنمونه به‌طور عرضی برش داده می‌شود، شامل سلول‌هایی از بافت‌های مختلف می‌باشد (Van K, 1980). در برخی منابع گفته شده که استفاده از پیش‌تیمارTDZ در محیط جوانه‌زنی بذر لوبیا موجب افزایش باززایی از ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی می شود (De Carvalho *et al*., 2000). نوع و غلظت تنظیم کننده رشد برای باززایی لوبیا بسیار مهم است. معمولاً غلظت بالایی ازBAP وTDZ لازم است تا باززایی اتفاق بیافتد (Castillo *et al*., 2015). بعد از القای باززایی، برای رشد نوساقه‌ها، کاهش غلظت سیتوکنینTDZ بعد از دو هفته از ۱۰میکرومول به ۱میکرومول لازم است. همچنین استفاده از نیترات نقره به عنوان بازدارنده ترکیبات فنولی نیز موجب بهبود رشد گیاهچه ها می‌شود (De Carvalho *et al*., 2000). هدف از این تحقیق، تعیین تأثیر پیش‌تیمار، تیمار تنظیم‌کننده رشد گیاهی و رقم مناسب برای رسیدن به باززایی مناسب جهت استفاده در برنامه‌های مهندسی ژنتیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل شش رقم لوبیا زراعی با نام‌های الیگودرز، ازنا ، ناز، گلی، لاین۴ و لاین۸ که جز لوبیاهای مورد کشت در استان زنجان بودند و از اداره مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان تهیه شدند.

آزمایش اول: کالوس‌زایی و باززایی با ریزنمونه‌های محور جنینی

این آزمایش برای تعیین تنظیم‌کننده رشد گیاهی و رقم مناسب برای کالوس‌زایی و باززایی ریزنمونه‌های محور جنینی لوبیا انجام شد. آزمایش مورداستفاده، فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از: فاکتورA: شامل سه تیمار تنظیم‌کننده رشد گیاهی شامل ۱۱میکرومولBAP و ۰/۵۷میکرومولIAA، ترکیب ۴۴/۴میکرومولBAP و ۲/۲۷میکرومولTDZ و ۴۴/۴میکرومولBAP، فاکتورB شامل شش رقم لوبیا.

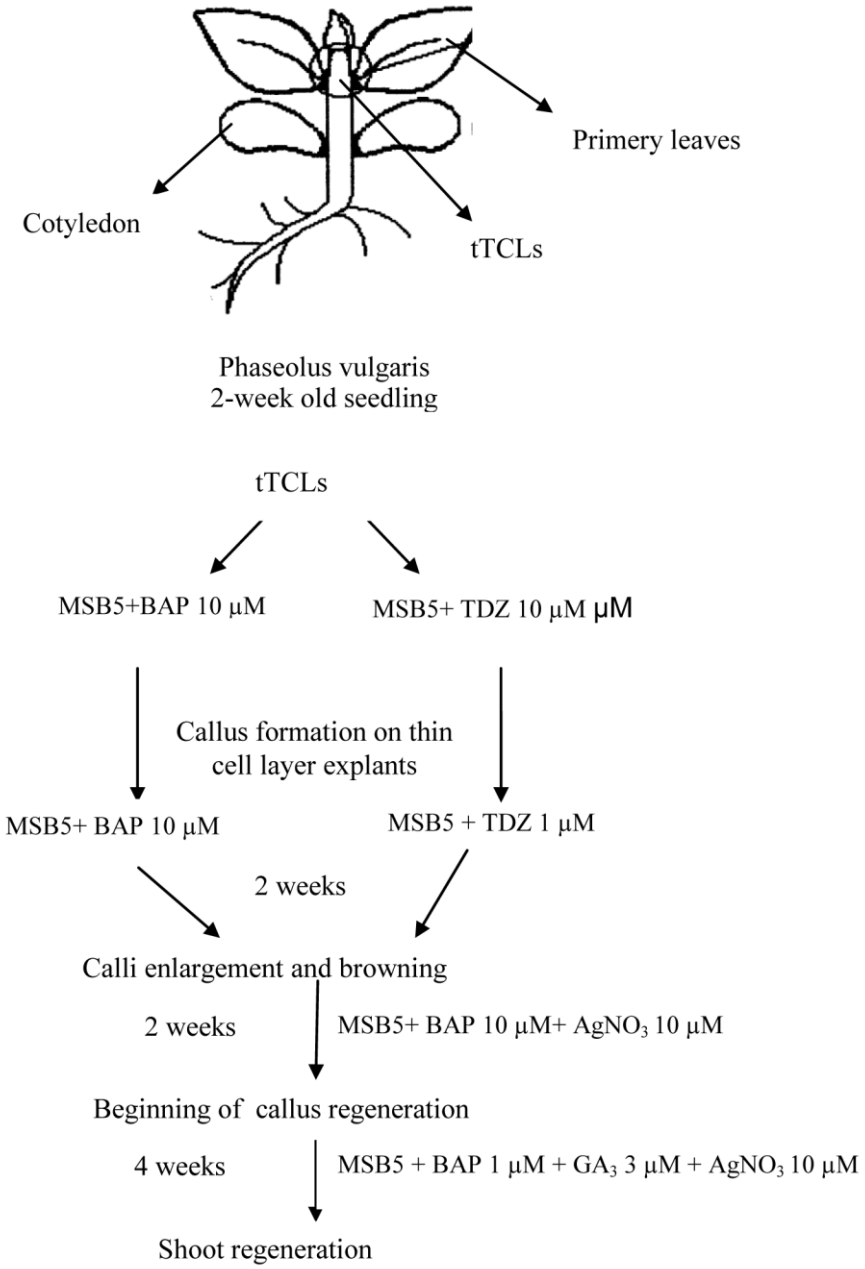
برای ضدعفونی بذرها، در ابتدا چند قطره Tween-20 به آب‌مقطر اضافه کرده و بعد از مدت کوتاهی بذرها را با آب شسته و سپس در هیپوکلریت سدیم ۳درصد به‌مدت ۱۰دقیقه برای چندین‌بار تکان داده شدند و سپس چهار بار با آب‌مقطر استریل شستشو داده شدند و به‌مدت ۲۰ساعت خیس خوردند. بعد از این مدت، دوباره بذرها سه بار با آب‌مقطر استریل شسته شدند و به‌منظور خشک‌شدن بر روی کاغذ صافی استریل قرار داده شدند. سپس با جداکردن پوسته بذر، لپه‌های بذر از هم جدا شده و جنین از لپه‌ها آزاد می‌شود و با حذف ریشه‌چه اولیه[3] و برگ‌های اولیه[4] محور جنینی به‌دست آمد.

ریزنمونه‌های محور جنینی در محیط کشت MS (Murashige & Skoog, 1962) و مخلوط ویتامین‌های Gamborg (1968) و با سه نوع تیمار تنظیم‌کننده رشد کشت شدند. pH محیط روی ۵/۸-۵/۷ تنظیم شد و در اتاقک رشد با دمای ۲۵±۱°C و شرایط نوری ۱۶ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی (۱۰۰میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) قرار گرفتند. اولین تیمار شامل ۱۱میکرومولBAP و ۰/۵۷میکرومولIAA بود که در این تیمار به محیط کشت ۱۷۶/۵۹میکرومول$AgNO_3$ نیز اضافه شد و ریزنمونه‌های محور جنینی به‌مدت سه هفته در این محیط قرار گرفتند و بعد از این مدت، ریزنمونه‌ها در محیط حاوی ۴/۴۳میکرومولBAP و ۵/۷میکرومولIAAو ۱۷۶/۵۹میکرومولAgNO3 واکشت شدند و به‌مدت چهار هفته در اتاقک رشد قرار گرفتند. دومین تیمار حاوی ۴۴/۴میکرومولBAP و۲/۲۷میکرومولTDZ و سومین تیمار حاوی فقط ۴۴/۴میکرومولBAP بود که ریزنمونه‌های محور جنینی در آنها کشت شدند و به‌مدت چهار هفته در اتاقک رشد قرار گرفتند و پس از این مدت ریزنمونه‌ها به محیط تازه واکشت شدند.

آزمایش دوم: کالوس‌زایی و باززایی با ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی

این آزمایش برای تعیین تأثیر پیش‌تیمار باTDZ، تعیین تیمار تنظیم‌کننده رشد مناسب و رقم مناسب در کالوس‌زایی و باززایی ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی عرضی لوبیا انجام شد. آزمایش مورد استفاده به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی بود. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از فاکتورA شامل پیش‌تیمار با TDZ در دو سطح صفر و ۱۰میکرومول، فاکتورB شامل تیمار تنظیم‌کننده رشد گیاهی در دو سطح ۱۰میکرومولBAP و ۱۰میکرومولTDZ و فاکتورC شامل شش رقم لوبیا.

[1] Longitude Thin cell layer
[2] Transverse Thin cell layer
[3] Radicles
[4] Leaflets



شکل۱- مراحل انجام کار در کالوس‌زایی و باززایی لوبیا زراعی (*P. vulgaris*) با استفاده از ریزنمونه لایه نازک سلولی

Fig. 1. Scheme for callogenesis and regeneration from tTCLs of *P. vulgaris*

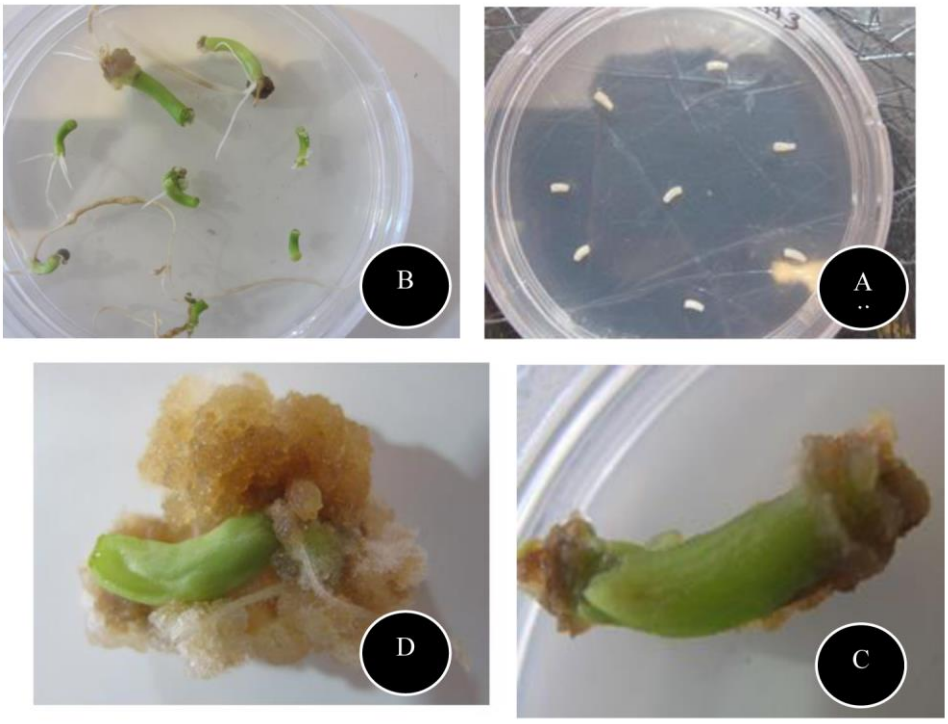
ضدعفونی بذرها مشابه با آزمایش اول انجام شد و بذرهای ضدعفونی‌شده در محیط کشت جوانه‌زنی MS ½ و تحت پیش‌تیمار باTDZ شامل محیط جوانه‌زنی با صفرمیکرومولTDZ و محیط جوانه‌زنی حاوی ۱۰میکرومولTDZ کشت شدند و به‌مدت دو هفته جوانه زدند. ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی عرضی (tTCLs) از گیاهچه‌های دو هفته‌ای از قسمت اپی‌کوتیل به ضخامت (۰/۳ تا ۰/۵میلی متر) جدا شدند و در محیط کشت MS و مخلوط ویتامین‌های B_5 (یک میلی‌گرم بر لیتر نیکوتینیک اسید، ۱۰میلی‌گرم بر لیتر تیامین و یک میلی‌گرم بر لیتر پیریدوکسین) و تحت تیمارهای ۱۰میکرومولBAP و ۱۰میکرومولTDZ کشت شدند و در اتاقک رشد با دمای ۲۵±۱°C و شرایط نوری ۱۶ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی (۱۰۰میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) قرار گرفتند. مراحل انجام کار و تغییرات در

محیط کشت در شکل۱ آورده شده است. در طول این دوره تعداد کالوس‌های تولیدشده توسط ریزنمونه‌ها در هر دو آزمایش و همچنین میزان باززایی در آزمایش دوم به صورت درصد یادداشت‌برداری شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج کالوس‌زایی در ریزنمونه‌های محور جنینی

اولین کالوس‌ها در ریزنمونه‌های محور جنینی در هفته چهارم مشاهده شدند. کالوس‌ها عمدتاً طلایی و زرد بودند و اکثراً حالت نرم و پفکی داشتند (شکل ۲).

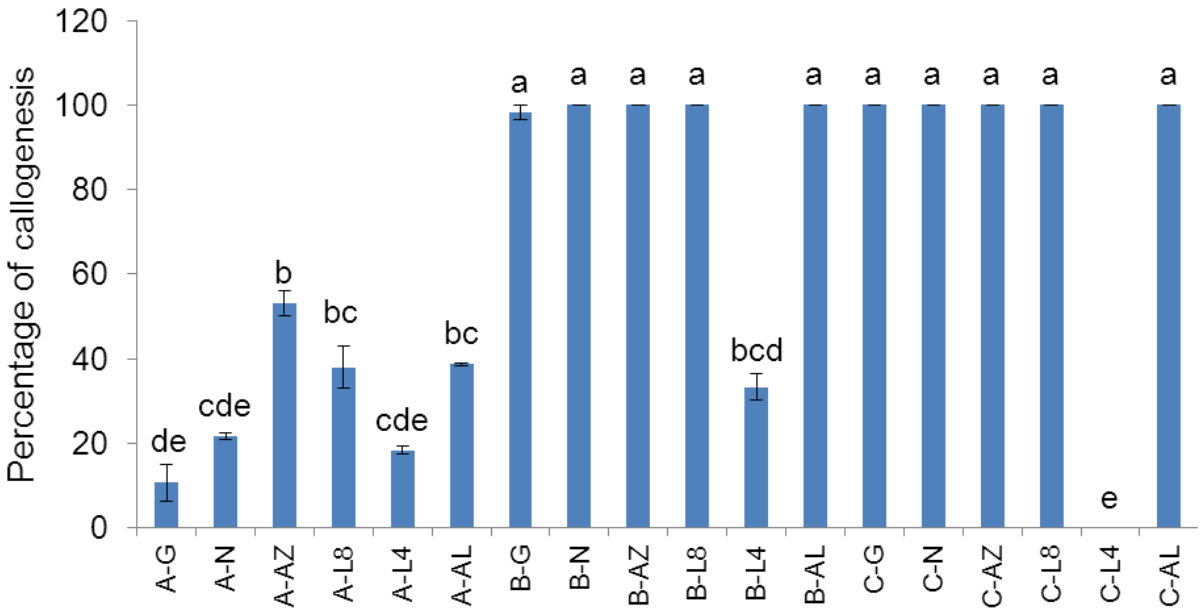


شکل ۲- مراحل مختلف کالوس‌زایی با ریزنمونه محور جنینی در لوبیا زراعی (*P. vulgaris*)؛ A) ریزنمونه‌های محور جنینی جداشده؛ B و C) تولید کالوس در هفته چهارم؛ D) کالوس‌های تولیدشده از ریزنمونه محور جنینی لوبیا

Fig. 2. Different stages of callus formation with embryonic axis explants in common bean (*P. vulgaris*)
A. The isolated embryonic axis explants; B & C. The Callogenesis in the fourth week;
D. The calluses produced from embryonic axis explants

جدول تجزیه واریانس، برای‌درصد کالوس‌زایی در ریزنمونه‌های محور جنینی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*) نشان داد که اثرات ساده و متقابل فاکتورها در سطح یک‌درصد معنی‌دار می‌باشند. نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل نوع تیمار تنظیم‌کننده رشد و رقم نشان داد که بیشترین میزان تولید کالوس (۱۰۰درصد) مربوط به دومین تیمار حاوی ۴۴/۴میکرومول BAP و ۲/۲۷میکرومول TDZ و سومین تیمار حاوی فقط ۴۴/۴میکرومول BAP در تمامی رقم‌ها به جز لاین۴ می‌باشد (شکل ۳).

نتایج آزمایش اول نشان داد که همه ارقام (به جز لاین۴) از نظر کالوس‌زایی در تیمارهای تنظیم‌کننده مختلف، مشابه هم رفتار می‌کنند. تأثیر تیمارهای دوم و سوم بر کالوس‌زایی شش رقم تقریباً مشابه بوده است (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل نوع تنظیم‌کننده رشد و نوع رقم بر میزان کالوس‌زایی با ریزنمونه محور جنینی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*)

A: تیمار ۱۱میکرومولBAP و ۰/۵۷میکرومولIAA؛ B: تیمار ۴۴/۴میکرومولBAP و ۲/۲۷میکرومولTDZ؛ C: تیمار ۴۴/۴میکرومولBAP؛
G: رقم گلی؛ N: رقم ناز؛ AZ: رقم ازنا؛ L8: لاین۸؛ L4: لاین۴؛ AL: رقم الیگودرز
میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ($\rho<0.01$) ندارند.

Fig. 3. Mean comparison of the interaction effect of plant growth regulator type and cultivar type on callogenesis with embryonic axis explants in six common bean cultivars (*P. vulgaris*)

A: BAP (11µM)+IAA (0.57µM); B: TDZ (2.27µM) +BAP(44.4µM); C: BAP (44.4µM);
G: Goli cultivar; N: Naz cultivar; AZ: Azna cultivar; L8: Line 8; L4: Line 4; AL: Aligoodarz cultivar
Means with the same letter are not significantly different ($\rho<0.05$).

در ریزنمونه محور جنینی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشدBAP وTDZ بر کالوس‌زایی بسیار بهتر از ترکیبIAA و BAP بوده است. کمترین میزان کالوس‌زایی در هر سه تیمار در لاین۴ مشاهده شد.

در مطالعات Mukeshimana *et al*, (2013) و Sabzikar *et al*, (2010) تیمارهای تنظیم‌کننده رشد مشابه، منجر به باززایی نیز شده‌اند که در این مطالعه منجر به باززایی نشد که این نتیجه می‌تواند ناشی از اثر متقابل رقم و تنظیم‌کننده رشد باشد که در جدول تجزیه واریانس معنی‌دار شده و این مفهوم را دارد که تنظیم‌کننده رشد مشابه، بر ارقام مختلف تأثیرهای متفاوت می‌توانند داشته باشند.

کالوس‌زایی ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی

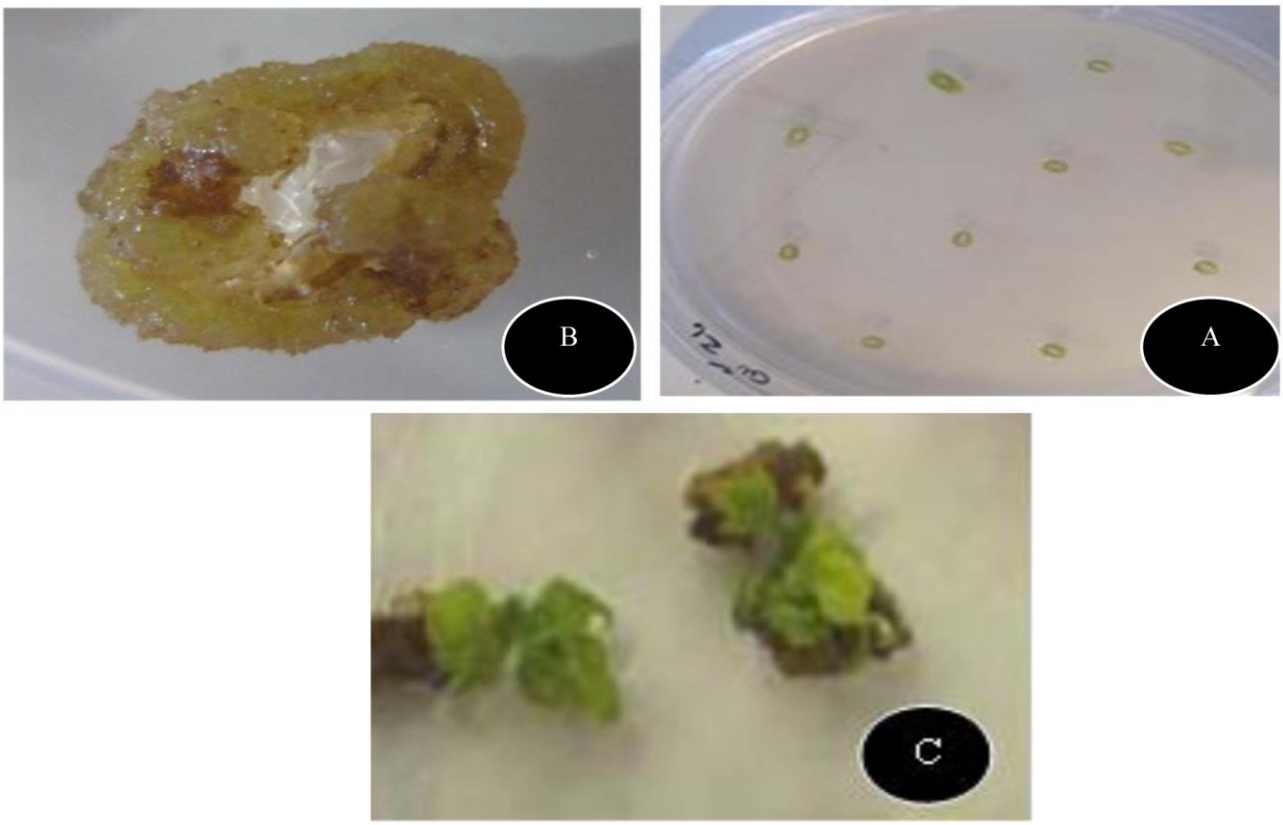
اولین کالوس‌ها در اواخر هفته دوم در ریزنمونه‌های لایۀ نازک سلولی مشاهده شد. کالوس‌ها در مدت دو تا چهار هفته از قرارگرفتن در محیط کشت حاوی سیتوکینین (TDZ وBAP) تشکیل شدند (شکل ۴B). کالوس‌های تشکیل‌شده به لحاظ ظاهری تفاوتی با یکدیگر نداشتند. در روند شکل‌گیری این کالوس‌ها ابتدا در تمام سطح ریزنمونه، کالوس‌های نرم و آبدار شفاف تشکیل شده و سپس با رشد تدریجی کالوس‌ها حالت سخت‌تری پیدا کردند. در محیط کالوس‌زایی برخی از کالوس‌ها بعد از مدتی به رنگ تیره و قهوه‌ای درآمدند که با استفاده از نیترات نقره این مشکل تا حد زیادی برطرف شد.

در بررسی جدول تجزیه واریانس‌درصد کالوس‌زایی در ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*) مشخص شد که اثرات ساده (به جز نوع پیش تیمار A) و اثرات متقابل فاکتورها در سطح یک‌درصد معنی‌دار بودند (جدول۲). با بررسی مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل نوع پیش‌تیمار (A) و نوع تنظیم‌کننده رشد (B) و نوع رقم (C) مشخص شد که بیشترین میزان کالوس‌زایی مربوط به پیش‌تیمار ۱۰میکرومولTDZ، تیمار ۱۰میکرومولBAP و ۱۰میکرومولTDZدر لاین۴ و الیگودرز می‌باشد (شکل ۵).

در مورد تأثیر پیش‌تیمارTDZ مشاهده شده است که در برخی ارقام مثل لاین۴ و الیگودرز این تأثیر مثبت بوده، ولی در برخی ارقام مثل گلی، ناز و ازنا این تأثیر نه‌تنها مثبت نبوده بلکه موجب کاهش کالوس‌زایی نیز شده است. این نتیجه با توجه به معنی‌داربودن اثرمتقابل پیش‌تیمار در رقم قابل‌توجیه است.

بررسی نتایج باززایی در ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی

کالوس‌ها اولین نشانه‌های باززایی را در هفته پنجم و ششم نشان دادند. در بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس، درصد باززایی در ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*) مشخص شد که اثرات ساده (به‌جز نوع پیش‌تیمار) و اثرات متقابل (به‌جز اثر متقابل سه‌طرفه نوع پیش‌تیمار در تنظیم‌کننده رشد در نوع رقم) بر میزان باززایی در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با بررسی مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل نوع پیش‌تیمار (A) و نوع رقم (C) بیشترین میزان باززایی مربوط به پیش‌تیمار ۱۰میکرومولTDZ در رقم ازنا (شکل ۵) و در اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد (B) و رقم (C) مشخص شد که بیشترین میزان باززایی مربوط به تیمار ۱۰میکرومولTDZ در رقم ازنا می‌باشد (شکل ۶).



شکل ۴- مراحل کالوس‌زایی و باززایی با ریزنمونه لایه نازک سلولی در لوبیا زراعی (*P. vulgaris*)

A) ریزنمونه‌های لایۀ نازک سلولی جداشده از قسمت اپی‌کوتیل؛ B) کالوس تولیدشده در محیط حاوی ۱۰میکرومولBAP و ۱۰میکرومولTDZ؛ C) باززایی گیاهچه‌ها از کالوس‌ها

Fig. 4. Different stages of callogenesis and regeneration with tTCLs explants in common bean (*P. vulgaris*)

A) The isolated thin cell layer explants from epicotyl; B) Callogenesis in medium supplemented ofTDZ (10µM), BAP (10µM); C) Shoot regeneration from callus

جدول ۲- تجزیه واریانس‌درصد کالوس‌زایی و باززایی با ریزنمونه لایه نازک سلولی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*)

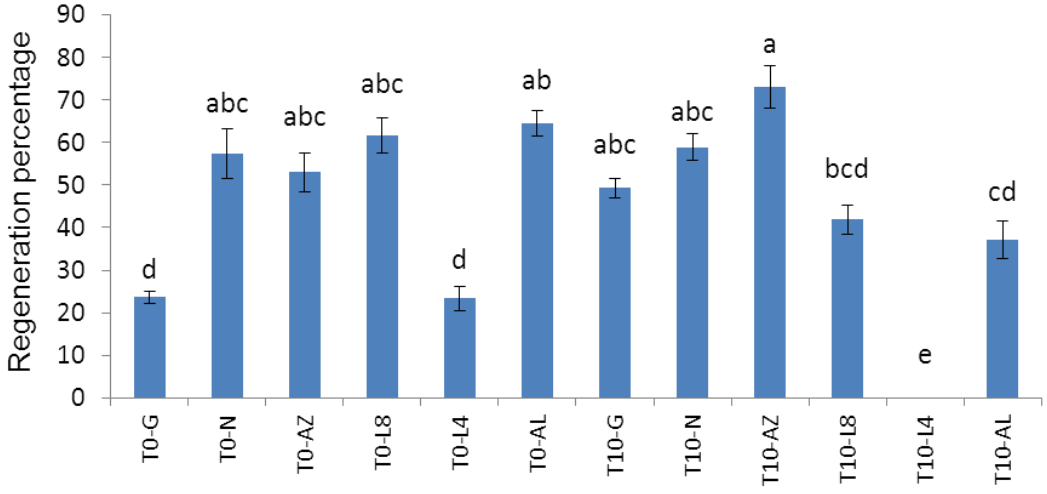
Table 2. Anova analysis table of callogenesis and regeneration percentage with tTCLs explants in six common bean cultivar (*P. vulgaris*)

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean squares درصد کالوس‌زایی Callogenesis percentage	 درصد باززایی Regeneration percentage
پیش‌تیمار (فاکتور A) Pretreatment (A)	1	128.000 ns	272.222 ns
تیمار تنظیم‌کننده رشد (فاکتور B) P.G.R treatment (B)	1	5168.056**	16989.389**
اثر متقابل پیش‌تیمار و تنظیم‌کننده رشد (A×B) Pretreatment × P.G.R interaction (A×B)	1	4933.556**	3813.556**
رقم (فاکتور C) Cultivar (C)	5	8615.822**	4218.156**
اثر متقابل پیش‌تیمار و رقم (A×C) Pretreatment × Cultivar interaction (A×C)	5	1445.033**	1593.122**
اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد و رقم (B×C) P.G.R × Cultivar interaction (B×C)	5	1057.756**	1575.956**
اثر متقابل پیش‌تیمار و تنظیم‌کننده رشد و رقم (A×B×C) Pretreatment × P.G.R × Cultivar interaction (A×B×C)	5	913.189**	696.789ns
خطا Error	48	218.958	352.833

P.G.R: Plant Growth Regulator

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

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% probability level, non significant respectively



شکل ۵- اثر متقابل نوع پیش‌تیمار و نوع رقم بر میزان باززایی با ریزنمونه لایه نازک سلولی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*)

T0: پیش‌تیمار صفر میکرومولTDZ؛ T10: پیش‌تیمار ۱۰میکرومولTDZ؛ G: رقم گلی؛ N: رقم ناز؛ AZ: رقم ازنا؛ L8: لاین۸؛ L4: لاین۴؛ AL: رقم الیگودرز

میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری (ρ<0.05) ندارند.

Fig. 5. Interactive effect of pretreatment type and cultivar type on regeneration with tTCLs explants in six common bean cultivars (*P. vulgaris*)

T0 :Pretreatment 0 µMTDZ; T10 :Pretreatment 10 µMTDZ; G: Goli cultivar; N: Naz cultivar; AZ: Azna cultivar; L8: Line 8; L4: Line 4; AL: Aligoodarz cultivar

Means with the same letter are not significantly different (ρ<0.05).

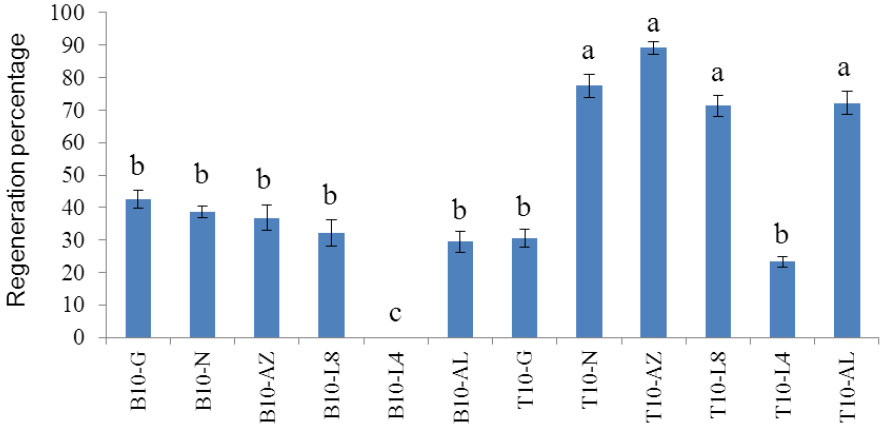
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع پیش‌تیمار و نوع تنظیم‌کننده رشد و نوع رقم بر میزان کالوس‌زایی با ریزنمونه لایه نازک سلولی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*)

Table 3. Mean comparison of the interaction effect of pretreatment type, plant growth regulator treatment and cultivar on callogenesis with tTCLs explants in six common bean cultivars (*P. vulgaris*)

پیش‌تیمار Pretreatment	تیمار تنظیم‌کننده رشد Plant growth regulator	رقم Cultivar	میانگین‌درصد کالوس‌زایی Average callogenesis percentage
TDZ-0	BAP-10	G	69.7 ^{cd}± 5.100
TDZ-0	BAP-10	N	72.60^{bcd} ± 1.45
TDZ-0	BAP-10	AZ	24^{efghi} ± 4.06
TDZ-0	BAP-10	L8	34.60^{efgh} ± 1.45
TDZ-0	BAP-10	L4	97^{ab} ± 1.730
TDZ-0	BAP-10	AL	45.50 ^{def} ± 4
TDZ-0	TDZ-10	G	50.60^{de} ± 5.37
TDZ-0	TDZ-10	N	7.33^{hi} ± 4.05
TDZ-0	TDZ-10	AZ	10^{ghi} ± 2.30
TDZ-0	TDZ-10	L8	4.67^{i} ± 2.60
TDZ-0	TDZ-10	L4	52.33^{de} ± 4.60
TDZ-0	TDZ-10	AL	17.66^{fghi} ± 3.30
TDZ-10	BAP-10	G	26.25^{efghi} ± 2.50
TDZ-10	BAP-10	N	37. 67^{efg} ± 3.52
TDZ-10	BAP-10	AZ	0^{i} ± 0
TDZ-10	BAP-10	L8	8.00^{hi} ± 3.00
TDZ-10	BAP-10	L4	100^{a} ± 0
TDZ-10	BAP-10	AL	88^{abc} ± 4.04
TDZ-10	TDZ-10	G	45^{def} ± 4.81
TDZ-10	TDZ-10	N	33.20^{efgh} ± 5.5
TDZ-10	TDZ-10	AZ	0^{i} ± 0
TDZ-10	TDZ-10	L8	46.40^{de} ± 2.72
TDZ-10	TDZ-10	L4	100^{a} ± 0
TDZ-10	TDZ-10	AL	33.05^{efgh} ± 2.75

TDZ-0: پیش‌تیمار صفرمیکرومولTDZ؛ TDZ-10: پیش‌تیمار حاوی۱۰میکرومولTDZ؛ BAP-10: تیمار۱۰میکرومولBAP؛
TDZ-10: تیمار۱۰میکرومولTDZ؛ G: رقم گلی؛ N: رقم ناز؛ AZ: رقم ازنا؛ L8: لاین۸؛ L4: لاین۴؛ AL: رقم الیگودرز
میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری (ρ<0.05) ندارند.

TDZ-0 :Pretreatment 0 µMTDZ; TDZ-10 :Pretreatment 10 µMTDZ; BAP-10: Treatment 10 µMBAP; TDZ-10: Treatment 10µMTDZ;
G: Goli cultivar; N: Naz cultivar; AZ: Azna cultivar; L8: Line 8; L4: Line 4; AL: Aligoodarz cultivar
Means with the same letter are not significantly different (ρ<0.05).



شکل ۶- اثر متقابل نوع تنظیم‌کننده رشد و نوع رقم بر میزان باززایی با ریزنمونه لایه نازک سلولی در شش رقم لوبیا زراعی (*P. vulgaris*)

B10: تیمار۱۰میکرومولBAP؛ T10: تیمار۱۰میکرومولTDZ؛ G: رقم گلی؛ N: رقم ناز؛ AZ: رقم ازنا؛ L8: لاین۸؛ L4: لاین۴؛ AL: رقم الیگودرز
میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری (ρ<0.05) ندارند.

Fig. 6. Interaction effect of plant growth regulator treatment and cultivar on regeneration with tTCLs explants in six common bean cultivars (*P. vulgaris*)

B10: Treatment 10 µMBAP; T10: Treatment 10µMTDZ; G: Goli cultivar; N: Naz cultivar; AZ: Azna cultivar;
L8: Line 8; L4: Line 4; AL: Aligoodarz cultivar
Means with the same letter are not significantly different (ρ<0.05).

لاین۴ باوجود کالوس‌زایی خوب، در باززایی ضعیف عمل کرد. رقم الیگودرز هم در کالوس‌زایی و هم در باززایی نتیجه بهتری نشان داد، بنابراین می‌توان این رقم را به عنوان رقم مناسب از بین شش رقم معرفی کرد.

در مطالعه‌ای که توسط De Carvalho *et al*, (2000) انجام شد، تیمارهای تنظیم‌کننده رشد مشابه با استفاده از ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی منجر به باززایی مستقیم شده بود؛ ولی نتایج ما نشان داد که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد سیتوکینین منجر به باززایی مستقیم ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی در ارقام مورد مطالعه نشد؛ بلکه ابتدا القای کالوس اتفاق افتاد. زمانی که ریزنمونه‌ها به‌مدت طولانی (بیش از دو هفته) در معرض غلظت بالای سیتوکنین قرار می‌گیرند، از رشد نوساقه‌ها ممانعت به عمل می‌آید و با کاهش غلظت سیتوکنین باززایی اتفاق می‌افتد. این نتیجه با یافته‌های Malik *et al*, (1992) و Capelle *et al*, (1983) مطابقت دارد که نشان دادند نیازی به قرارگیری مداوم در معرضTDZ پس از این‌که کشت‌ها به سیتوکینین واکنش نشان دادند، نیست. همچنین اثر بازدارندگیTDZ در غلظت بالا تحت تیمار طولانی مدت در ایجاد ساقه و ریشه بیان شده است. این شاید به این دلیل باشد که TDZ نسبت به دیگر سیتوکینین‌های مصنوعی کمتر تحت تخریب آنزیمی گیاه قرار می‌گیرد و همچنین گفته شده است که ممکن است TDZ در سنتز و یا تجمع سیتوکینین‌ها در کشت بافت دخیل باشد (Thomas & Katterman, 1986).

در مقایسه تأثیر نوع ریزنمونه، نتیجه جالب در مورد تأثیر اثر متقابل نوع ریزنمونه و رقم در لاین۴ مشاهده شد، به‌طوری که در ریزنمونه لایه نازک سلولی بیشترین درصد کالوس‌زایی مربوط به لاین۴ بود، درحالی‌که در ریزنمونه محور جنینی کمترین درصد کالوس‌زایی مربوط به لاین۴ بود. در مورد رقم ازنا این نتیجه برعکس بود؛ یعنی در ریزنمونه لایه نازک سلولی کمترین درصد کالوس‌زایی مربوط به رقم ازنا بود، درحالی‌که در ریزنمونه محور جنینی بالاترین درصد کالوس‌زایی را داشته است.

نتایج این مطالعه نشان داد که ریزنمونه‌های لایه نازک سلولی عرضی اپی‌کوتیل بهتر از ریزنمونه محور جنینی قادر به باززایی هستند. ریزنمونهTCL برای باززایی گیاهان مختلفی از جمله لگوم‌ها (Van *et al*., 1986)، دولپه‌ها (Van Le *et al*., 1998) و تک‌لپه‌ها (Lakshmanan *et al*., 1995; Nhut *et al*., 2001) استفاده شده است. ریزنمونه‌های TCL فراوانی بالای تشکیل شاخه و باززایی گیاه را میسر می‌سازد و همچنین کاهش زمان موردنیاز برای تمایز جوانه که در صورت استفاده از سیستم TCL این زمان دو هفته در غیر این صورت به هفت تا هشت هفته افزایش می‌یابد.

در هر دو آزمایش تأثیر مثبت نیترات نقره بر کاهش ترکیبات فنولیک و جلوگیری از قهوه‌ای‌شدن کالوس‌ها مشاهده شد. بر طبق نتایج مطالعات قبلی اضافه‌کردن نیترات نقره هم اندازه با غلظتBAP علاوه بر کاهش ترکیبات فنولیک باعث افزایش معنی‌دار در رشد تعداد نوساقه‌ها می‌شود، ولی در مطالعه حاضر این نتیجه به‌طور ضعیف مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی از بین شش رقم مورد مطالعه، رقم الیگودرز، از بین دو ریزنمونه، ریزنمونه لایه نازک سلولی عرضی و از بین پیش‌تیمارها، پیش‌تیمارTDZ با غلظت ۱۰میکرومول و از بین تیمارهای تنظیم‌کننده رشد، TDZ با غلظت ۱۰میکرومول را توصیه کرد.

همان‌طورکه قبلاً گفته شد، در مورد لوبیا هنوز یک سیستم بهینه باززایی فراگیر که قابل استفاده برای ارقام مختلف باشد، وجود ندارد. یکی از دلایل این مشکل می‌تواند ناشی از تأثیرپذیری بالای کالوس‌زایی و باززایی از ژنوتیپ ارقام باشد. همین مسئله موجب می‌شود که نتایج مطالعات تکرارپذیری نداشته باشند و دستورالعمل‌های‌های ارائه‌شده حالت بهینه و فراگیر پیدا نمی‌کنند.

منابع

1. Angenon, G., and Thu, T. 2011. Genetic Transformation. In: A. Pratap and J. Kumar (Eds). Biology and Breeding of Food Legumes. CABI., UK, p. 178-192.
2. Capelle, S.C., Mok, D.W., Kirchner, S.C., and Mok, M.C. 1983. Effects of thidiazuron on cytokinin autonomy and the metabolism of N6-(Δ2-Isopentenyl)[8-14C] adenosine in callus tissues of *Phaseolus lunatus* L. Plant Physiology 73(3): 796-802.
3. Castillo, B.M., Rodríguez de la O, J.L., Gallardo, J.O.M and Iturriaga, G. 2015. In vitro plants of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) obtained by direct organogenesis. Journal of Agricultural Science 7(11): 169-179.

4. Collado, R., Veitia, N., Bermudez-Caraballoso, I., Garcia, L., Torres, D., Romero, C., Lorenzo, J.R., and Angenon, G. 2013. Efficient in vitro plant regeneration via indirect organogenesis for different common bean cultivars. Scientia Horticulturae 153: 109-116.
5. De Carvalho, M.H.C., Van Le, B., Zuily-Fodil, Y., Thi, A.T.P., and Van, K.T.T. 2000. Efficient whole plant regeneration of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using thin-cell-layer culture and silver nitrate. Plant Science 159(2): 223-232.
6. De Clercq, J., Zambre, M., Van Montagu, M., Dillen, W., and Angenon, G. 2002. An optimized *Agrobacterium*-mediated transformation procedure for *Phaseolus acutifolius* A. Gray. Plant Cell Reports 21(4): 333-340.
7. Dillen, W., De Clercq, J., Goossens, A., Van Montagu, M., and Angenon, G. 1997. *Agrobacterium*-mediated transformation of *Phaseolus acutifolius* A. Gray. Theoretical and Applied Genetics 94(2): 151-158.
8. Estrada-Navarrete, G., Alvarado-Affantranger, X., Olivares, J., Guille´n, G., Dı´az-Camino, C., Campos, F., Quinto, C., Gresshoff, P.M., and Sanchez, F. 2007. Fast, efficient and reproducible genetictransformation of *Phaseolus* spp. by *agrobacterium* rhizogenes. Nature Protocols 2(7): 1819-1824.
9. Gamborg, O.L.C., Miller, R.A., and Ojima, K. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. Experimental Cell Research 50(1)**:** 151-158.
10. Lakshmanan, P., Loh, C.S., and Goh, C.J. 1995. An in vitro method for rapid regeneration of a monopodial orchid hybrid Aranda Deborah using thin section culture. Plant Cell Reports 14(8): 510-514.
11. Malik, K.A., and Saxena, P.K. 1992. Regeneration in *Phaseolus vulgaris* L.: High-frequency induction of direct shoot formation in intact seedlings by N6-benzylaminopurine and thidiazuron. Planta 186(3): 384-389.
12. Ministry of Agriculture Jahad. 2016. Amarnameh Keshavarzi. Available at web site http://amar.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx?CategoryID=117564e0-507c-4565-9659fbabfb4acb9b. (In Persian).
13. Mukeshimana, G., Ma, Y., Walworth, A.E., Song, G.Q., and Kelly, J.D. 2013. Factors influencing regeneration and *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Biotechnology Reports 7(1): 59-70.
14. Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15(3): 473-497.
15. Nhut, D.T., Van Le, B., Tanaka, M., and Van, K.T.T. 2001. Shoot induction and plant regeneration from receptacle tissues of *Lilium longiflorum*. Scientia Horticulturae 87(1): 131-138.
16. Sabzikar, R., Sticklen, M.B., and Kelly, J.D. 2010. In vitro regeneration and morphogenesis studies in common bean. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 100(1): 97-105.
17. Thomas, J.C., and Katterman, F.R. 1986. Cytokinin activity induced by thidiazuron. Plant Physiology 81(2): 681-683.
18. Van K, T.T. 1980. Control of morphogenesis by inherent and exogenously applied factors in thin cell layers [Plants, de novo buds, roots]. International Review of Cytology 32: 291-311.
19. Van, K.T.T., Lie-Schricke, H., Marcotte, J., and Trinh, T. 1986. Winged bean [*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.]. In: Y.P.S. Bajaj (Ed). Biotechnology in Agriculture and Forestry Vol. 2. Crop I. Springer-Verlag, Berlin, p. 556-567.
20. Van Le, B., Jeanneau, M., Sadik, S., Tu, S., Vidal, J., and Van, K.T.T. 1998. Rapid plant regeneration on a C4 dicot species: *Amaranthus edulis*. Plant Science 132(1): 145-154.
21. Veltcheva, M., Svetleva, D., Petkova, S., and Perl, A. 2005. In vitro regeneration and genetic transformation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) problems and progress. Scientia Horticulturae 107(1): 2-10.
22. Zambre, M., Goossens, A., Cardona, C., Van Montagu, M., Terryn, N., and Angenon, G. 2005. A reproducible genetic transformation system for cultivated *Phaseolus acutifolius* (tepary bean) and its use to assess the role of arcelins in resistance to the mexican bean weevil. Theoretical and Applied Genetics 110(5): 914-924.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 24-35 (Research Article)

Callogenesis and regeneration of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by using thin cell layer explants

Bakhshian[1], A. & Bagheri[2]*, Kh.

1. MSc. Student of Agriculture Biotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, a.bakhshian@znu.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

Received: 7 March 2017
Accepted: 17 December 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.62582

Introduction

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most important species of the legume. This plant is a very important source of vegetable protein, especially in those regions of the world in which animal proteins are scarce. However, breeding can not add certain genes that do not exist naturally in the *P. vulgaris* gene pool. Due to this limitation of plant breeding, new trait improvement approaches such as interspecific horizontal gene transfer via genetic engineering need to be utilized in order to complement the limitations encountered by conventional breeding of this crop. Still, there is not an optimized protocol for beans regeneration and this is a big challenge for bean breeding through genetic engineering

Material & Methods

In this study, two experiments were conducted to evaluate callus induction and regeneration in bean. Seeds of *P. vulgaris* were washed thoroughly with distilled water and tween-20 (10%). Subsequently they were surface sterilized with 70% ethanol for 2 min followed by sodium hypochloride (3%) for 15 min. After five rinses with sterile distilled water, they were allowed to germinate aseptically on half strength Murashige and Skoog (MS) medium. In the first experiment, induction of callus and regeneration were investigated in six common bean cultivars with embryonic axis explants under the influence of TDZ, BAP and IAA plant growth regulators. The sterile seeds were soaked for 20 hours, embryogenic axes were isolated from seeds and cultured on MS medium with different growth regulators including BAP (11µM) and IAA (0/57µM), BAP (44/4µM) and TDZ (2/27µM), BAP (44/4µM). In the second experiment, sterile seeds germinated under the pretreatments medium (free TDZ, 10µM TDZ) and then, after 14 days, Transverse thin cell layer explants (with 0.3-0.5 mm thick) were excised from epicotyls. For induction of regeneration, explants were transferred to solid MS medium supplemented with 20 g/lit sucrose, B5 vitamins and 10µM TDZ or 10µM BAP. After 14 days, TDZ concentration reduced to 1µM in the TDZ (10µM) treatment and BAP (10µM) treatment remained intact. After 28 days, all samples were transferred to medium MSB5+ BAP (10µM) + $AgNO_3$ (10 µM). After 48 days, all samples were transferred to MSB5+ BAP (1µM) + GA_3 (3 µM) + $AgNO_3$ (10 µM) and after 62 days, all samples were transferred to MSB5+ NAA (1µM) + $AgNO_3$ (10 µM). During this period the callogenesis and regeneration rate were recorded.

Results & Discussion

The results of first experiment showed that the highest callus production (100%) related to BAP (44/4µM) + TDZ (2/27µM) and BAP (44/4µM) treatments in all cultivars except Line 4. Based on the results, callus induction in all varieties (except Line 4) were same in various growth regulator treatments. In embryogenic axes explant, the effect of BAP and TDZ on callus induction was much better than IAA. Second experiment data showed that most callus induction in the pretreatment of the seedlings by TDZ (10µM), treatment by TDZ (10µM) and BAP (10µM) in Line 4 cultivar and Aligudarz was in next rank. Most regeneration achieved in the pretreatment TDZ (10µM) and treatment by TDZ (10µM) in Azna, Naz, Line 8 and Aligudarz cultivars. The regeneration of Line 4 was weak despite the good callogenesis. From

*Corresponding Author: bagheri.khadijeh@znu.ac.ir

the 6 cultivars, Aligudarz showed better results in callogenesis and regeneration. It can be concluded that TDZ is better than BAP for regeneration in tTCLS explants of bean. In both experiments, the positive effect of silver nitrate on the reduction of phenolic compounds were observed. Based on previous studies, the combination of BAP and AgNO3 at the same concentrations(10µM) significantly raised the number of developed shoots, but unfortunately in our study the same result was not observed and the effect of $AgNO_3$ on shoot development was weak.

Conclusion

Unlike previous studies, cytokinin used in this study, did not lead to direct regeneration of bean. The results showed that high concentrations of the cytokinin is lead to callus induction in tested varieties. It was observed that a prolonged exposure to high TDZ concentration had an inhibitory effect on further development of shoots and by reducing the concentrations of TDZ, regeneration will occur. The results also showed that transverse thin cell layers explants from epicotyl are able to regenerate under the influence of TDZ and BAP better than embryonic axis explants. Regeneration severely is affected by genotype, maybe that's why still, there is not an optimized protocol for bean regeneration.

Keywords: Callogenesis, Embryonic axis, *Phaseolus vulgaris*, Regeneration, Thin Cell Layer

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۴۸-۳۶
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 36-48 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.65944

اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم در مراحل مختلف رشد بر برخی صفات فیزیولوژیک نخود تحت شرایط دیم

مجتبی نوروزی[1] و نورعلی ساجدی[2]*

۱- کارشناس‌ارشد زراعت، وزارت جهاد کشاورزی، اراک، ایران، hobout_h@yahoo.com
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش صفات فیزیولوژیک نخود به محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال۱۳۹۳ اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل سالیسیلیک اسید در سه سطح (بدون مصرف، محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر) و سلنیوم در دو سطح (بدون مصرف و محلول‌پاشی به میزان ۱۸گرم در هکتار در سه مرحله مختلف رشد رویشی، زایشی و رویشی توأم با زایشی) بود. نتایج نشان داد که با محلول‌پاشی سلنیوم و سالیسیلیک اسید محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت. با محلول‌پاشی مقادیر مختلف سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیلa و کارتنوئیدها افزایش و میزان نشت یونی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محلول‌پاشی سلنیوم محتوای کلروفیلa را نسبت به شاهد افزایش داد. اثر متقابل دوگانه تیمارها نشان داد که با محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم، ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و بدون مصرف سلنیوم و همچنین محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و بدون مصرف سلنیوم، محتوای کلروفیلb نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۶/۴، ۲۹/۴ و ۳۲/۳درصد افزایش نشان داد. با محلول‌پاشی تیمارهای سالیسیلیک اسید و سلنیوم در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی بیشترین شاخص برداشت غلاف و تلاش و بازآوری حاصل شد. نتایج کلی نشان داد با محلول‌پاشی توأم ۱۸گرم در هکتار سلنیوم و ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در دو مرحله رویشی و زایشی از طریق بهبود صفات فیزیولوژیکی می‌توان به عملکرد مطلوب در شرایط دیم دست یافت.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های گیاهی، سلنیت سدیم، محتوای نسبی آب، نخود، نشت یونی

مقدمه

نخود یکی از مهم‌ترین حبوبات در دنیا محسوب می‌شود. اهمیت آن به‌علت داشتن پروتئین بالا (۲۳/۵ تا ۲۸/۹درصد) در دانه می‌باشد (Mafakheri *et al*., 2011). در ایران، نخود عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک تولید می‌شود و معمولاً در طی مرحله گلدهی و رسیدگی با افزایش تنش کمبود آب مواجه می‌شود (Talebi *et al*., 2013).

روش‌های مختلفی در کشاورزی برای افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی وجود دارد. از آن جمله می‌توان به پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی با ترکیبات آلی سازگار از قبیل پرولین، گلایسین بتائین، اسیدهای امینه، سالیسیلیک اسید (Hussain *et al*., 2008) و عناصری از قبیل سلنیوم، روی و سیلیسیوم (Epstein, 2009) اشاره نمود. سلنیوم به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان نیست؛ با وجود این، گزارش‌هایی وجود دارد که بیانگر نقش مفید سلنیوم در گیاهان تحت شرایط تنش‌های غیرزنده از قبیل شوری (Abul-Soud & Abd-Elrahman, 2016)، درجه‌حرارت بالا (Balal *et al*., 2016) و تنش خشکی (Nawaz *et al*., 2015) می‌باشد. سلنیوم از طریق شرکت در تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل حفظ وضعیت آب (Djanaguiraman *et al*., 2005)، افزایش رنگدانه‌های گیاهی (Malik *et al*., 2012) و تنظیم دستگاه فتوسنتزی (Balal *et al*., 2016) گیاه را در برابر تنش‌های غیرزنده حفاظت می‌کند. گزارش شده است که سلنیوم در غلظت‌های پایین از طریق افزایش سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی، تثبیت کربن، سنتز و هیدرولیز نشاسته و ساکارز، رشد گیاه را افزایش می‌دهد، ولی در مقادیر بالا باعث کاهش محتوای کلروفیل و کاهش سنتز کربوهیدرات‌ها می‌شود و از این طریق زمینه کاهش رشد گیاه فراهم می‌گردد (Han-Wens *et al*., 2010). علاوه بر این، گزارش شده است که سلنیوم باعث بهبود عملکرد گیاهان زراعی از قبیل گندم

* **نویسنده مسئول:** n-sajedi@iau-arak.ac.ir

(Nawaz *et al*., 2015)، برنج (Wang *et al*., 2013) و ذرت (Chilimba *et al*., 2012) می‌شود.

سالیسیلیک اسید پتانسیل تأثیر بر دامنه وسیعی از واکنش های متابولیکی در گیاهان را دارد و همچنین روی پارامترهای فتوسنتزی و روابط آبی گیاه مؤثر می‌باشد (Fariduddin *et al*., 2003). گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید مقاومت گیاهان را به تنش خشکی افزایش می‌دهد (Hussain *et al*., 2008). افزایش پروتئین‌ها، رنگیزه‌های فتوسنتزی و قندها، اثرهای مهم سالیسیلیک اسید در افزایش مقاومت گیاه سیب‌زمینی در مقابل تنش می‌باشد (Hadi and Balali, 2010). سالیسیلیک اسید در فعال‌سازی سنتز کارتنوئیدها، زانتوفیل‌ها، تحریک سرعت فتوسنتز خالص، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن داخلی، کارآیی مصرف آب، هدایت روزنه‌ای و تعرق شرکت می‌کند (Fariduddin *et al*., 2003; Khan *et al*., 2003). گزارش شده است که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۷میلی‌مولار در سه مرحله باعث افزایش شاخص پایداری غشاء و محتوای کارتنوئیدها در نخود ژنوتیپ MCC441 شد (Ramezannezhad *et al*., 2013). گزارش شده است که محلول‌پاشی با ۱۰۰میلی‌گرم بر کیلوگرم سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی باعث افزایش تعداد غلاف شد، همچنین محلول پاشی با همین مقدار در زمان گلدهی باعث بهبود صفات تعداد دانه در بوته، درصد نیتروژن خاک و وزن گرهک‌ها در گیاه نخود در شرایط تنش خشکی شد (Rezazadeh, 2011). پیش‌تیمار بذر نخود با ۰/۵ و ۰/۷۵میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و شاخص قدرت گیاهچه در بالاترین عصاره اللوپاتیک تاتوره گردید (Jami Moieni *et al*., 2016). بنابراین هدف از این آزمایش بررسی تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم در مراحل مختلف رشد بر صفات فیزیولوژیک نخود در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم در مراحل مختلف رشد بر صفات فیزیولوژیکی نخود در شرایط دیم آزمایشی در استان مرکزی، شهرستان فراهان، روستای عزیزآباد با مختصات جغرافیایی ۴۹درجه و ۵۰دقیقه طول شرقی و ۳۴درجه و ۲۵دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷۷۰متر از سطح دریا در سال زراعی۱۳۹۳- ۱۳۹۲ اجرا شد. شرایط اقلیمی منطقه در طول دوره اجرای آزمایش در جدول۱ ارائه شده است.

قبل از کشت به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر مزرعه نمونه‌برداری انجام و به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۲). این آزمایش به صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. عوامل مورد آزمایش شامل مراحل رشد در سه سطح محلول‌پاشی در زمان شروع شاخه‌دهی، یک هفته قبل از گلدهی و هر دو مرحله شروع شاخه‌دهی و یک هفته قبل از گلدهی به عنوان عامل اصلی و سالیسیلیک اسید در سه سطح (بدون مصرف سالیسیلیک اسید، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر) و سلنیوم در دو سطح (بدون مصرف و محلول‌پاشی سلنیوم به میزان ۱۸گرم در هکتار از منبع سلنیت سدیم) به عنوان عامل فرعی درنظرگرفته شدند. زمین محل آزمایش در سال قبل تحت آیش بود. عملیات شخم زمین در تاریخ ۹۲/۷/۱۴ توسط گاوآهن قلمی در عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متری انجام شد. قبل از کاشت بر اساس نتیجه آزمون خاک، ۵۰کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۴۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل به زمین اضافه و به وسیله دیسک با خاک مخلوط شد. عملیات کشت به‌صورت انتظاری در اواخر بهمن‌ماه انجام شد.

ژنوتیپ مورد کشت، رقم آزاد بود که بذر آن از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان فراهان تهیه گردید. تراکم کاشت بر اساس۵۰کیلوگرم بذر در هکتار صورت گرفت و بذرها در عمق ۶ سانتی‌متر کشت شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۳۰سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۰سانتی‌متر درنظرگرفته شد. هر کرت به مساحت ۱۵ مترمربع (۳×۵)، فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فواصل بین دو تکرار دو متر درنظرگرفته شد. اولین مرحله از محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم، در تاریخ دوم اردیبهشت۱۳۹۳ در مرحله رویشی با استفاده از سمپاش موتوری پشتی انجام شد. در تاریخ ۱۷اردیبهشت دومین مرحله از محلول‌پاشی تیمارها، یک هفته قبل از گلدهی انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی و رنگدانه‌های گیاهی نمونه‌برداری از سه تکرار انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل در مرحله گلدهی پنج بوته از هر کرت برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. برای این منظور ۰/۵گرم برگ تازه در ۲۰میلی‌لیتر استون ۸۰درصد سابیده و صاف شده مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- آمار هواشناسی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲

Table 1. Meteorological data in 2013-2014 cropping year

ماه و سال Months & Year		میانگین حداقل درجه حرارت (سانتی‌گراد) Mean of minimum temperature (°c)	میانگین حداکثر درجه‌حرارت (سانتی‌گراد) Mean of maximum temperature (°c)	میانگین درجه حرارت (سانتی‌گراد) Mean of temperature (°C)	میانگین رطوبت نسبی (درصد) Mean of relative humidity (%)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)
دی۹۲	January	-12.9	-3.3	-8.1	74	48.9
بهمن۹۲	February	-13.8	-1.5	-7.6	71	48.9
اسفند۹۲	March	-1.3	13.2	-7.2	32	2.6
فروردین۹۳	April	7.4	22.3	14.8	42	95
اردیبهشت۹۳	May	10.3	25.54	17.9	39	19.5
خرداد۹۳	June	15	31.6	23.3	26	0
تیر۹۳	July	20	35.3	27.6	28	0.1
مرداد۹۳	August	18.6	35.5	27.0	24	0.1
شهریور۹۳	September	15.3	32.2	23.7	33	1.6

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical soil properties of the experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH	نیتروژن کل N (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	سلنیوم Se (mg/kg)	کربن آلی OC (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
0-30	1.1	7.6	0.07	250	10.6	0.18	0.68	26.4	36.2	37.4

غلظت نوری کلروفیل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر اندازه‌گیری شد. سپس مقدار کلروفیلa، کلروفیلb و کارتنوئیدها از روابط زیر محاسبه شدند (Arnon, 1949):

رابطه ۱

$$\text{Chlorophyll a (mg/g fw)} = [12.7(D663) - 2.69(D645)]\ V/W \times 1000$$

رابطه ۲

$$\text{Chlorophyll b (mg/g fw)} = [22.9(D645) - 4.68(D663)]\ V/W \times 1000$$

رابطه ۳

$$\text{Carotenoids (mg/g fw)} = [7.6(D480) - 1.49(D510)]\ V/W \times 1000$$

در روابط فوق، V: حجم محلول صاف‌شده، D: جذب نور در طول موج‌های ۶۴۵، ۵۱۰، ۶۶۳ و ۶۸۰، W: وزن تر نمونه بر حسب‌گرم می‌باشند.

در خصوص صفت محتوای کارتنوئیدها چون اعداد مربوط به میانگین مربعات در جدول تجزیه واریانس بسیار کوچک بودند، لذا برای رفع این مشکل همه داده‌ها در عدد ۱۰۰۰ ضرب شد و داده‌ها تجزیه شدند و اعداد جدید در جدول تجزیه واریانس ارائه شد، ولی در جدول مقایسه میانگین‌ها، اعداد حاصله بر ۱۰۰۰ تقسیم شد تا اعداد واقعی گزارش شوند.

صفات محتوای نسبی آب برگ و میزان نشت یونی سلول در مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. از هر کرت ۱۵برگچه از برگ های بالغ و فعال وسط بوته از پنج بوته جدا و در داخل نایلون قرار داده شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و توزین گردید (وزن تر). سپس سطح برگچه‌ها کاملاً شسته شد و به مدت ۲۴ساعت در آب مقطر قرار داده شدند. نمونه‌ها جهت اندازه-گیری وزن اشباع مجدداً توزین گردیدند. در نهایت برگچه‌ها به مدت ۴۸ساعت در داخل آون ۷۵درجه قرار داده شد تا خشک شوند. محتوای نسبی آب برگچه از رابطه زیر محاسبه شد (Turner, 1981):

رابطه ۴

$$RWC = \frac{Wf - Wd}{Ws - Wd} \times 100$$

در رابطه فوق، RWC: محتوای نسبی آب برگ، Wf: وزن تر برگچه، Wd: وزن خشک برگچه و Ws: وزن اشباع برگچه می‌باشند.

نشت یونی برگ‌ها بر اساس روش Lutts *et al*., (1996) اندازه‌گیری شد. برای این منظور از هر کرت ۱۵برگچه از پنج بوته جدا شد. نمونه‌ها ابتدا با آب مقطر شستشو داده و در لوله های دربدار قرار داده شدند و ۲۰میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه شد و در شرایط دمایی ۲۵درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ساعت قرار داده شدند. هدایت الکتریکی محلول با دستگاه ECمتر اندازه‌گیری شد (EC_1). به منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت، نمونه‌ها به مدت ۲۰دقیقه در اتوکلاو و دمای ۱۲۰درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و مجدداً هدایت الکتریکی (EC_2) آنها اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید:

رابطه ۵

$$EL(\%) = \frac{EC1}{EC2} \times 100$$

شاخص تلاش بازآوری از رابطه ارائه‌شده توسط Jabari *et al*, (2007) محاسبه شد که در آن تلاش بازآوری از تقسیم وزن خشک کل اندام زایشی (غلاف) بر وزن خشک کل گیاه حاصل شد. شاخص برداشت غلاف از نسبت وزن دانه‌های موجود در غلاف به وزن کل غلاف (دانه + پوشش غلاف) محاسبه شد.

عملیات برداشت در تاریخ ۹۳ /۳/۲۹ انجام شد. برای محاسبه عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد غلاف از سطحی معادل دو مترمربع نمونه‌برداری انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارSAS و برای انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ

اثر تیمارهای سالیسیلیک اسید، سلنیوم و مرحله رشدی بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیشترین محتوای آب نسبی برگ زمانی حاصل شد که محلول‌پاشی سلنیوم و سالیسیلیک اسید در دو مرحله رویشی و زایشی صورت گرفت. با محلول پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید، محتوای آب نسبی برگ نسبت به شاهد به ترتیب ۱۸ و ۴۲/۷درصد افزایش یافت. همچنین با محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم، محتوای آب نسبی برگ نسبت به شاهد ۳۱درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی، با محلول‌پاشی ۴۰میلی‌گرم در لیتر سلنیوم از منبع سلنات سدیم در طی دو مرحله در طول دوره رشد گیاه ذرت، محتوای نسبی آب برگ ۳۰درصد نسبت به شرایط مطلوب افزایش یافت (Nawaz *et al*., 2016).

گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت ۱/۵میلی‌مولار در شرایط تنش بعد از گرده‌افشانی در گیاه نخود باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌های ICC4958 و C315 شد (Patel *et al*., 2011). به نظر می‌رسد در شرایط تنش کمبود آب، کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید به تنظیم وضعیت آب در گیاه کمک می‌نماید. گزارش شده است که سالیسیلیک اسید دامنه وسیعی از واکنش‌های متابولیکی در گیاهان را کنترل می‌کند که این واکنش‌ها در ارتباط با وضعیت آب داخل گیاه می‌باشند (Hayat *et al*., 2010).

درصد نشت یونی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر سلنیوم بردرصد نشت یونی در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمار سلنیوم نشان داد که بیشترین میزان نشت یونی معادل ۸۲/۵۷درصد از تیمار عدم مصرف سلنیوم و کمترین میزان این صفت برابر ۷۵/۸۶درصد از تیمار مصرف ۱۸گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد؛ یعنی با محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم، درصد نشت یونی نسبت به شاهد ۸/۸درصد کاهش یافت (جدول ۵).

گزارش شده است که در گیاهان تیمارشده با سلنیوم تخریب غشای پلاسمایی و نشت یونی از سلول نسبت به گیاهان شاهد کاهش می‌یابد (Broadley *et al*., 2010).

گزارش شده است که سلنیوم دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده و در شرایط تنش از جمله تنش شوری و خشکی سبب خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد. اسیدهای چرب و لیپیدها حساسیت زیادی به اکسیژن دارند و به سرعت اکسید می‌شوند. از آنجایی که غشاء سلولی یک غشاء فسفولیپیدی می‌باشد، واکنش اکسیژن با آن سبب تخریب غشاء سلولی و ترشح الکترولیت‌ها به بیرون سلول می‌شود. سلنیوم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سبب پاکسازی اکسیژن فعال و در نتیجه کاهش در اکسیداسیون چربی‌های غشاء سلولی می گردد (Xue *et al*., 2001).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در نخود

Table 3. Analysis of variance of chickpea measured traits

منابع تغییر S.O.V		درجه آزادی Df	محتوای نسبی آب Relative water content	درصد نشت یونی Electrolyte leakage	محتوای کلروفیل a Chl. a content	محتوای کلروفیل b Chl. b content	محتوای کارتنوئیدها Carotenoid content
تکرار	Replication	2	4.26**	1002.97**	0.004 ns	0.0007 ns	3.09 ns
مرحله رشد	Growth stage (GS)	2	4.92**	219.90 ns	0.008 ns	0.002 ns	1.04 ns
اشتباه اصلی	Error	4	0.25	55.06	0.005	0.001	3.83
سالیسیلیک اسید	Salicylic Acid (SA)	2	1152.42**	86.58 ns	0.12**	0.004 ns	20.62 *
سلنیوم	Selenium (Se)	1	1961.07**	608.42**	0.47**	0.003 ns	0.015 ns
مرحله رشد × سالیسیلیک اسید	GS×SA	4	1.10 ns	64.49 ns	0.003 ns	0.0003 ns	0.501 ns
مرحله رشد × سلنیوم	GS×Se	2	10.19 ns	19.84 ns	0.001 ns	0.0009 ns	2.46 ns
سالیسیلیک اسید × سلنیوم	SA×Se	2	14.58 ns	81.12 ns	0.01 ns	0.42**	14.32 ns
مرحله رشد× سالیسیلیک اسید× سلنیوم	GS×SA×Se	4	1.67 ns	22.87 ns	0.002 ns	0.003 ns	3.57 ns
اشتباه فرعی	Error b	30	6.91	32.11	0.005	0.002	4.37
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	5.86	7.15	9.50	12.47	24.73

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

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

جدول۴- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در نخود

Table 4. Analysis of variance of chickpea measured traits

منابع تغییر S.O.V		درجه آزادی df	شاخص برداشت غلاف Harvest index of pod	شاخص تلاش و بازآوری Productivity index	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
تکرار	Replication	3	171.97 ns	158.64 ns	43901.4 ns	10823.55 ns
مرحله رشد	Growth stage (GS)	2	334.05 *	202.05*	291784.9 ns	231034.37 ns
اشتباه اصلی	Error	6	60.29	38.24	94710.2	69495.03
سالیسیلیک اسید	Salicylic Acid (SA)	2	39.18 ns	310.93**	413150.8**	361977.6**
سلنیوم	Selenium (Se)	1	86.68*	203.34**	802488.2**	442917.7**
مرحله رشد × سالیسیلیک اسید	GS×SA	4	29.78 ns	10.97 ns	79715.2**	4100.97*
مرحله رشد × سلنیوم	GS×Se	2	43.55ns	28.22 ns	4978.8 ns	6515.90*
سالیسیلیک اسید × سلنیوم	SA×Se	2	32.18 ns	11.34 ns	20431.0 ns	6755.97*
مرحله رشد× سالیسیلیک اسید× سلنیوم	GS×SA×Se	4	79.74**	56.59**	79076.3**	3002.94 ns
اشتباه فرعی	Error b	45	14.63	9.77	7853.4	1624.67
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	4.48	4.98	6.98	5.39

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

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

جدول۵- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری‌شده در نخود

Table 5. Mean comparisons of main effects of salicylic acid and selenium on measured traits in chickpea

تیمارها Treatments		محتوای نسبی آب Relative water content (%)	درصد نشت یونی Electrolyte leakage (%)	محتوای کلروفیل a Chl. a content (mg/g fw)	محتوای کارتنوئیدها Carotenoid content (mg/g fw)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
مراحل رشد	Growth stages					
دوره رویشی	Vegetative stage (VS)	44.38b	-	-	-	-
دوره زایشی	Reproductive stage (RS)	44.73b	-	-	-	-
دوره رویشی- زایشی	VS+RS	45.41a	-	-	-	-
سالیسیلیک اسید	Salicylic Acid (SA)					
عدم مصرف سالیسیلیک اسید	Without Salicylic acid	37.29c	-	0.662b	0.0075b	616.78c
محلول‌پاشی به میزان ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر	100mg/L (SA)	44.01b	-	0.778a	0.0085ab	763.83b
محلول‌پاشی به میزان ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر	200 mg/L (SA)	53.22a	-	0.821a	0.0095a	860.69a
سلنیوم	Selenium (Se)					
عدم مصرف سلنیوم	Without selenium	38.81b	82.57a	0.660b	-	668.67b
محلول‌پاشی به میزان ۱۸گرم در هکتار	Foliar application of 18 g/ha Se	50.86a	75.86b	0.847a	-	825.53a

جدول۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر صفات اندازه‌گیری‌شده در نخود

Table 6. Mean comparisons of interaction effect of treatments on the measured traits in chickpea

تیمارها	Treatments	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
سالیسیلیک اسید × مرحله رشدی	**Growth stage (GS)× Salicylic Acid (SA)**	
بدون مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی	VS × SA1	540.23e
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی	VS × SA2	653.84d
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی	VS × SA3	770.66c
بدون مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله زایشی	RS × SA1	492.79f
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله زایشی	RS × SA2	627.28d
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله زایشی	RS × SA3	744.86c
بدون مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی و زایشی	VRS × SA1	658.33d
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی و زایشی	VRS × SA2	851.38b
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی و زایشی	VRS × SA3	872.56a
سلنیوم × مرحله رشدی	**Growth stage (GS)× Selenium (Se)**	
بدون مصرف سلنیوم در مرحله رویشی	VS × Se1	567.39d
محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی	VS × Se2	742.43bc
بدون مصرف سلنیوم در مرحله زایشی	RS × Se1	533.28e
محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله زایشی	RS × Se2	710.01c
بدون مصرف سلنیوم در مرحله رویشی و زایشی	VRS × Se1	746.34b
محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی و زایشی	VRS × Se2	865.17a

فاز رویشی (Vegetative stage (VS؛ فاز زایشی (Reproductive stage (RS؛ فاز زایشی+ فاز رویشی (Vegetative stage + Reproductive stages (VRS؛ بدون مصرف سالیسیلیک اسید (Without Salicylic acid (SA1؛ ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید (100 mg/L Salicylic acid (SA_2؛ ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید 200 mg/L Salicylic acid (SA3)؛ بدون مصرف سلنیوم (Without selenium (Se1؛ ۱۸گرم در هکتار سلنیوم Application of 18 g/ha Se (Se2)

رنگدانه‌های گیاهی

اثر سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیلa در سطح احتمال ۱درصد و بر محتوای کارتنوئیدها در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر سلنیوم بر محتوای کلروفیلa، در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سالیسیلیک اسید و سلنیوم بر محتوای کلروفیلb در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش غلظت محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیلa و کارتنوئیدها افزایش یافت. همچنین محلول‌پاشی سلنیوم محتوای کلروفیلa را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی سلنیوم و سالیسیلیک اسید نشان داد که با محلول پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم و بدون مصرف سالیسیلیک اسید، ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و بدون مصرف سلنیوم و همچنین محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و بدون مصرف سلنیوم، محتوای کلروفیلb نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۶/۴ ، ۲۹/۴ و ۳۲/۳درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). محققان گزارش کردند کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش برخی رنگدانه‌های گیاهی و محتوای کارتنوئیدها شده و کارآیی فتوسنتز را در گیاهان بهبود می‌بخشد (Hadi & Balali, 2010). گزارش شده است که در شرایط مطلوب آبیاری و در شرایط دیم با محلول‌پاشی ۰/۱ و ۱میلی مولار سالیسیلیک اسید، غلظت کارتنوئیدها، کلروفیلa و کلروفیلb در ارقام نخود به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Vaisnad & Talebi, 2015). افزایش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان تیمارشده با سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز و فسفو انول پیروات کربوکسیلاز باشد (Popova *et al*., 2003). هرگاه گیاهان در معرض تنش محیطی قرار گیرند، کلروپلاست آن‌ها تخریب شده و این عمل سبب اختلال در فرایند فتوسنتز می گردد. کاربرد سلنیوم در میزان‌های مناسب می‌تواند تا حدی تخریب کلروپلاست‌ها را کاهش و محتوای کلروفیل‌ها را افزایش دهد (Fileck *et al*., 2010). گزارش شده است سلنیوم موجب افزایش دسترسی گیاه به آهن می شود که می‌تواند در حفظ محتوای کلروفیل مؤثر باشد (Cao *et al*., 2011). در شرایط تنش محیطی، کاربرد سلنیوم خسارت کلروپلاست را کاهش می دهد و به حفظ رنگدانه‌های فتوسنتزی کمک می‌نماید (Zahedi *et al*., 2013; Balal *et al*., 2016).

شاخص برداشت غلاف و تلاش و بازآوری

نتایج نشان داد که اثر سلنیوم و مراحل مختلف رشد بر شاخص برداشت غلاف در سطح احتمال ۵درصد و اثر متقابل سه گانه تیمارها بر شاخص برداشت غلاف در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی نتایج اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان دادکه با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم در مراحل رویشی، زایشی و مرحله رویشی توأم با زایشی، شاخص برداشت غلاف افزایش یافت. با توجه به نتایج، با محلول پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید همراه با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مراحل رویشی یا زایشی و همچنین محلول-پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی همراه با زایشی شاخص برداشت غلاف به ترتیب ۷/۷، ۱۰/۲ و ۹/۵درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین افزایش در شاخص برداشت غلاف از تیمار محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی همراه با زایشی حاصل شد (جدول ۸).

شاخص تلاش و بازآوری شاخصی از توانایی انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه به کل اندام‌های زایشی می‌باشد. اثر ساده عامل محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و سلنیوم و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها بر شاخص تلاش و بازآوری در سطح احتمال یک‌درصد و اثر عامل محلول‌پاشی در مراحل مختلف رشد بر شاخص تلاش و بازآوری در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم به تنهایی و همراه با هم، شاخص تلاش و باز آوری در مراحل مختلف رشد نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. با توجه به نتایج با محلول پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید همراه با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مراحل رویشی یا زایشی و همچنین محلول-پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی همراه با زایشی شاخص تلاش و بازآوری به ترتیب ۱۹/۳، ۱۷/۰۲ و ۱۷/۴۴درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۸).

عملکرد زیستی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای سالیسیلیک اسید، سلنیوم و اثر متقابل دوگانه سالیسیلیک اسید در مراحل مختلف رشد و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها بر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که با محلول‌پاشی توأم ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مراحل مختلف رشد، عملکرد زیستی افزایش معنی‌دار نشان داد. بیشترین عملکرد زیستی (۱۵۲۸/۸۶و ۱۶۲۸/۴۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۸گرم در هکتار

سلنیوم با محلول‌پاشی در مراحل رویشی و زایشی حاصل شد (جدول ۸). گزارش شده است که افزایش زیست‌توده و به دنبال آن عملکرد دانه نخود در شرایط تنش خشکی در واکنش به محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید می‌تواند مربوط به القاء نقش حفاظتی غشاها باشد که از این طریق تحمل گیاهان به خسارت را افزایش می‌دهد (Vaisnad & Talebi, 2015). بر اساس گزارش Coronado *et al*, (1998) در شرایط گلخانه و مزرعه، اسپری سالیسیلیک اسید بر روی اندام‌های هوایی سویا به‌طور معنی‌داری رشد اندام‌های هوایی و ریشه را افزایش داد.

عملکرد دانه

اثر تیمارهای سالیسیلیک اسید و سلنیوم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد و اثر متقابل دوگانه تیمارها بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه نشان داد که با محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی، مرحله زایشی و مرحله رویشی توأم با زایشی، عملکرد دانه به‌طور معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین مقدار عملکرد دانه (۸۷۲/۵۶ کیلوگرم در هکتار) از محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی توأم با زایشی حاصل شد که نسبت به عدم محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی توأم با زایشی، عملکرد دانه را ۳۲/۵درصد افزایش داد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی با سلنیوم در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه نشان داد که با محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی، مرحله زایشی و مرحله رویشی توأم با زایشی، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین مقدار عملکرد دانه (۸۶۵/۱۷کیلوگرم در هکتار) از محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی توأم با زایشی حاصل شد که نسبت به عدم محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله رویشی توأم با زایشی، عملکرد دانه را ۱۵/۹درصد افزایش داد (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید در سلنیوم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۹۴۰/۵۲کیلوگرم در هکتار) از تیمار مصرف ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و ۱۸گرم در هکتار سلنیوم حاصل شد. نتایج نشان داد که با محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم، عملکرد دانه به ترتیب ۵۴/۴۳ و ۶۹/۲۲درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۷). به نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش عملکرد در گیاهان تیمارشده با سالیسیلیک اسید، احتمالاً ناشی از تأثیر سالیسیلیک اسید بر تثبیت دی‌اکسیدکربن باشد. گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش تثبیت دی‌اکسیدکربن می‌شود. سالیسیلیک اسید با تأثیر بر افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش کارآیی فتوسیستمII، غلظت و فعالیت بیشتر آنزیم رابیسکو و تأمین بیشتر ATP و NADPH باعث افزایش تثبیت کربن و تولید بیشتر آسمیلات‌ها می‌شود (Khan *et al*., 2003). گزارش شده است که محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید از طریق بهبود میزان کلروفیل موجب افزایش ۱۳درصدی در عملکرد کلزا شد (Modarres Sanavy, Keshavarz & 2014). محلول‌پاشی ۱۰گرم در هکتار سلنیوم از منبع سلنات و سلنیت سدیم، عملکرد دانه را در گیاه جو دوردیفه به‌طور معنی دار افزایش داد، اما با افزایش مقدار سلنیوم به ۴۰گرم در هکتار عملکرد دانه کاهش یافت (Rodrigo *et al*., 2013).

جدول۷- مقایسه میانگین اثرمتقابل سالیسیلیک اسید و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری‌شده در نخود

Table 7. Mean comparisons of interaction effects of salicylic acid and selenium on the measured traits in chickpea

تیمارها	Treatments	محتوای کلروفیلb Cholorophyll *b* content (mg/g fw)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
سالیسیلیک اسید× سلنیوم	Salicylic Acid (SA)× Selenium (Se)		
بدون مصرف سالیسیلیک اسید و سلنیوم	Without Salicylic acid and selenium	0.34d	555.78e
محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم و عدم مصرف سالیسیلیک اسید	Foliar application of 18 g/ha Se and Without SA	0.43ab	677.79d
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم	Foliar application of100 mg/L SA and Without Se	0.44a	669.36d
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم	Foliar application of100 mg/L SA× Foliar application of 18 g/ha Se	0.39bc	858.30b
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم	Foliar application of 200 mg/L SA and Without Se	0.45a	780.86c
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم	Foliar application of 200 mg/L SA× Foliar application of 18 g/ha Se	0.36dc	940.52a

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means followed by the same letters in each column, are not-significantly different according to Least Significant Difference Test (P ≤0.05).

جدول۸- مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و سلنیوم بر صفات اندازه‌گیری‌شده در نخود

Table *8*. Mean comparisons of interaction effects of salicylic acid and selenium measured traits in chickpea

تیمارها Treatments		شاخص برداشت غلاف Harvest index of pod (%)	شاخص تلاش و بازآوری Productivity index (%)	عملکرد زیستی Biological yield (kg/ha)
سالیسیلیک اسید× سلنیوم × مرحله رشدی	Growth stage (VS)× Salicylic Acid (SA) × Selenium (Se)			
بدون مصرف سالیسیلیک اسید و سلنیوم در مرحله رویشی	VS × SA1× Se1	83.50cde	58.75g-j	1209.03fgh
محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم و عدم مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی	VS × SA1× Se2	88.00abc	61.00e-i	1198.20gh
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله رویشی	VS × SA2× Se1	84.75b-e	64.75b-e	954.83j
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی	VS × SA2× Se2	84.00 cde	64.50cde	1341.14cde
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله رویشی	VS × SA3× Se1	88.50abc	62.00d-h	1260.42d-g
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی	VS × SA3× Se2	90.00ab	70.00a	1424.20bc
بدون مصرف سالیسیلیک اسید و سلنیو م در مرحله زایشی	RS × SA1× Se1	90.00ab	59.25f-i	1003.36ij
محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم و عدم مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله زایشی	RS × SA1× Se2	88.75abc	63.00c-g	1125.95hi
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله زایشی	RS × SA2× Se1	87.75abc	67.25abc	970.10j
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و ۱۸گرم در هکتار سلنیو مدر مرحله زایشی	RS × SA2× Se2	87.25a-d	65.75a-d	1331.14c-f
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله زایشی	RS × SA3× Se1	91.00a	67.25abc	1243.09e-h
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله زایشی	RS × SA3× Se2	92.00a	68.75ab	1411.10bc
بدون مصرف سالیسیلیک اسید و سلنیو م در مرحله رویشی توأم با زایشی	VRS × SA1× Se1	81.75e	54.75j	932.14j
محلول‌پاشی ۱۸گرم در هکتار سلنیوم و عدم مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی توأم با زایشی	VRS × SA1× Se2	80.00ef	54.75j	1373.24cd
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله رویشی توأم با زایشی	VRS × SA2× Se1	75.75f	57.00ij	1441.94bc
محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و ۱۸گرم در هکتار سلنیو مدر مرحله رویشی توأم با زایشی	VRS × SA2× Se2	91.50a	69.00ab	1528.86ab
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی سلنیوم در مرحله رویشی توأم با زایشی	VRS × SA3× Se1	81.00ef	58.50jhi	1447.32bc
محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در مرحله رویشی توأم با زایشی	VRS × SA3× Se2	82.25de	63.25c-f	1628.40a

*میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means followed by the same letters in each column, are not-significantly different according to Least Significant Difference Test ($P \leq 0.05$).

فاز رویشی Vegetative stage (VS)؛ فاز زایشی Reproductive stage (RS)؛ فاز زایشی+ فاز رویشی Vegetative stage + Reproductive stages (VRS)؛ بدون مصرف سالیسیلیک اسید Without Salicylic acid (SA1)؛ ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید 100 mg/L Salicylic acid (SA_2)؛ ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید200 mg/L Salicylic acid (SA3)؛ بدون مصرف سلنیوم Without selenium (Se1)؛ ۱۸گرم در هکتار سلنیوم Application of 18 g/ha Se (Se2)

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر اثر مثبت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سلنیوم در شرایط دیم بر عملکرد دانه و عملکرد زیستی مربوط به تأثیر آن‌ها بر فرایندهای فیزیولوژیکی مانند حفظ وضعیت آب در گیاه، حفظ پایداری غشای سیتوپلاسمی و بهبود محتوای رنگدانه‌های گیاهی بود. سلنیوم و سالیسیلیک اسید در شرایط تنش رطوبتی از طریق بهبود صفت‌های فوق نقش قابل‌ملاحظه‌ای را در کاهش اثرات سوء ناشی از تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاه ایفا می‌نماید. بنابراین در شرایط تنش خشکی محلول‌پاشی با ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۸گرم در هکتار سلنیوم در دو مرحله رویشی و زایشی موجب بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی و کاهش اثرات تنش خشکی شده و می‌توان به عملکرد قابل‌قبولی در نخود دیم دست یافت.

منابع

1. Abul-Soud, M.A., and Abd-Elrahman, Sh.H. 2016. Foliar selenium application to improve the tolerance of eggplant grown under salt stress conditions. International Journal of Plant and Soil Science 9(1): 1-10.
2. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24(1): 1-15.
3. Balal, R.M., Shahid, M.A., Javaid, M.M., Iqbal, Z., Anjum, M.A., Garcia- Sanchez, F., and Marttson, N.S. 2016. The role of selenium in amelioration of heat-induced oxidative damage in cucumber under high temperature stress. Acta Physiologiae Plantarum 38(158): 1-14.
4. Broadley, R., Martin, F., and John, A. 2010. Selenium biofortification of high yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilization. Plant and Soil 332: 5-18.

5. Cao, F., Cai, Y., Cheng, W.D., Zhang, G.P., and Wu, F.B. 2011. Modulation of exogenous glutathione in phytochelatins and photosynthetic performance against Cd stress in the two rice genotypes differing in Cd tolerance. Biology Trace Elemental Research 143(2): 1159-1173.
6. Chilimba, A.D., Young, S.D., Black, C.R., Meacham, M.C., Lammel, J., and Broadley, M.R. 2012. Agronomic biofortification of maize with selenium in Malawi. Field Crops Research 125: 118-128.
7. Coronado, M.A.G., Lopez, C.T., and Saavedra, A.L. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry 36(8): 563-565.
8. Djanaguiraman, M., Devi, D.D. Shanker, A.K. Sheeba J.A., and Bangarusamy, U. 2005. Selenium-an antioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil 272: 77-86.
9. Epstein, E. 2009. Silicon: its manifold roles in plants. Annals Applied Biology 155(2): 155-160.
10. 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.
11. Filek, M., Gzyl-Malcher, B., Zembala, M., Bednarska, E.,Laggner, P., and Kriechbaum, M. 2010. Effect of selenium on characteristics of rape chloroplasts modified by cadmium. Plant Physiology 167(1): 28-33.
12. Hadi, M.R., and Balali, G.R. 2010. The effect of salicylic acid on the reduction of rizoctoni damage in the tubers of marfona potato cultvar. American-Eurasian Journal Agricultural and Environment Science 7(4): 492-496.
13. Han-Wens, S., Jing, H., Shu-Xuan, L., and Wei-Jun. K. 2010**.** Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. Communications in Soil Science and Plant Analysis 41(10): 1195-1204.
14. Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany 68(1): 14-25.
15. Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y., and Cheema, M.A. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. Journal of Agronomy and Crop Science 194(3): 193-199.
16. Jabari, H., Akbari, GH.A., Daneshyan, J., Allahdadi, I., and Shahbazian, N. 2007. Effects of water deficit stress on agronomic characteristics of sunflower hybrids. Journal of Agriculture 9(1): 13-22. (In Persian with English Summary).
17. Jami Moieni, M., Borhani, N., and Armin, M. 2016. Effect priming by salicylic acid on seed germination and seedling growth of pea by allelopathy of *Datura stramonium* L. Journal of Seed Research 21(4): 47-56. (In Persian with English Summary).
18. Keshavarz, H., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2014. Effect of salicylic acid on chlorophyll, some growth characteristics and yield of two canola varieties. Journal Crop Production 7(4): 167-178. (In Persian with English Summary).
19. Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 160(5): 485-492.
20. Lutts, S., Kint, J.M., and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leavesof rice (*Oriza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany 78(3): 389-398.
21. Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., and Sohrabi, Y. 2011. Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Australian Journal of Crop Science 5(10): 1255-1260.
22. Malik, J.A., Goel, S., Kaur, N., Sharma, S., Singh, I., and Nayyar, H. 2012. Selenium antagonizes the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb) plant by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification mechanisms. Environmental and Experimental Botany 77: 242-248.
23. Nawaz, F., Naeem, M., Ashraf, M.Y., Tahir M.N., Salahuddin M., Shabbir, R.N., and Aslam, M. 2016. Selenium supplementation affects physiological and biochemical processes to improve fodder yield and quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. Frontiers in Plant Science 7: 1-13.
24. Nawaz, F., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Waraich, E.A., Shabbir, R.N., and Bukhari, M.A. 2015. Supplemental selenium improves wheat grain yield and quality through alteration sinbiochemical processes under normal and water deficit conditions. Food Chemistry 175: 350-357.
25. Patel, P.K., Hemantaranjan, A., Sarma, B.K., and Singh, R. 2011. Growth and antioxidant system under drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as sustained by salicylic acid. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 7(4): 130-144.
26. Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Chistov, K., Georgieva, K., Alexieva, V., and Stoinova, Zh. 2003. Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulgarian journal of Plant Physiology (Special Issue): 133-152.

27. Ramezannezhad, R., Lahouti, M., and Ganjali, A. 2013. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical parameters on resistant and sensitive chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under drought stress. Plant Eco-Physiology 5(12): 24-37.
28. Rezazadeh, S. 2011. Effect of Salicylic Acid on Agronomic Traits, Yield Components and Nitrogen Biological Fixation in Pea Plant under Drought Stress Condition. Thesis of MSc. in Seed Science and Technology. University of Birjand, Iran. 78p. (In Persian with English Summary).
29. Rodrigo, S., Santamaria, O., Lopez-Bellido, F.J., and Poblaciones, M.J. 2013. Agronomic selenium biofortification of two-rowed barley under Mediterranean conditions. Plant, Soil and Environment 59(3): 115-120.
30. Talebi, R., Ensafi, M.H., Baghebani, N., Karami, E., and Mohammadi, K.H. 2013. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes to drought stress. Environmental and Experimental Biology 11: 9-15.
31. Turner, N.C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil 58(1-3): 336-339.
32. Vaisnad, Sh., and Talebi, R. 2015. Salicylic acid-enhanced morphological and physiological responses in chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficit stress. Environmental and Experimental Biology 13: 109-115.
33. Wang, Y.D., Wang, X., and Wong, Y.S. 2013. Generation of selenium-enriched rice with enhanced grain yield, selenium content and bioavailability through fertilization with selenite. Food Chemistry 141(3): 2385-2393.
34. Xue, T.L., Hartikainen, H., and Piironen, V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. Plant and Soil 237: 55-61.
35. Zahedi, H., Shirani Rad, A.H., and Tohidi Moghadam, H.R. 2012. Effect of zeolite and selenium foliar application of on growth, production and some physiological attributes of three canola (*Brassica napus* L.) cultivar subjected to drought stress. Revista Cientifica UDO Agricola 12(1): 135-142.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 36-48 (Research Article)

Effect of Salicylic acid and Selenium application at different growth stages on some physiological traits of chickpea under rainfed conditions

Norouzi[1], M. & Sajedi*[2], N.A.

1. MSc. in Agronomy, Ministry of Agriculture-Jahad, Arak, Iran, hobout_h@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

Received: 12 July 2017
Accepted: 7 January 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.65944

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the important pulse crops in the world. Also it is valued through high protein content in seeds (23.5-28.9%). In Iran, chickpea produced under arid and semi-arid zones and usually chickpea plants during flowering and maturity stages are exposed to increasing water deficit stress. Different methods are existed in agriculture to increase plants tolerance to abiotic and biotic stresses. Seed priming and foliar application by amino acids, proline, glycinebetaine, Salicylic acid as well as zinc, Selenium and Silicon have been considered in recent years. Selenium is not an essential nutrient for plants. Reports showed that selenium could protect the plants under abiotic stresses such as salinity, high temperature and drought. Selenium protected the plants from abiotic stresses by participate in several physiological and biochemical process such as water condition retain, increasing plant pigments and photosynthesis apparatus regulation. Salicylic acid (SA) is a plant-produced nature phenolic compound which plays an important role in the abiotic stresses tolerance. Growth and production of crops will affect by SA application. Several studies showed that salicylic acid application increased the plant tolerant to drought stress. Increasing proteins, photosynthesis pigments and sugars indicated on the role of salicylic acid in increasing the plant resistance to stress. Therefore, this experiment carried out to study the influence of foliar application of salicylic acid and selenium at different growth stages on some physiological traits of chickpea under rainfed condition.

Material & Methods

To evaluate the response of some physiological traits of chickpea at different growth stages to foliar application of salicylic acid and selenium under rain fed condition, an experiment was conducted as split plot based on Randomized Complete Block Design with four replications during 2013-2014 cropping season. Experimental factors were salicylic acid in three levels (0,100 and 200 mg L^{-1}) and foliar selenium spraying in two levels (0 and 18 gr ha^{-1}) that applicated in different growth stages (vegetative, reproductive growth and vegetative growth along with reproductive). According to the soil analysis results, 50 kg ha^{-1} urea and 40 kg ha^{-1} triple superphosphate fertilizers were applied at planting time. Each experimental plot included 30 cm distanced rows with 10 cm spacing between plants in rows. The chickpea cultivar was ‘Azad’. The seeds were sown at 6 cm depth in end of February 2013. Physiological traits measured from three replications. Relative water content was determined from five leaflet from leaves at flowering stage that were prepared immediately and weighed to measure fresh leaf weight in the laboratory at 25°C. Then, leaflet were placed in distilled water for 24 h until completely saturated. At the end of this stage, leaflet were dried with dry paper towels and reweighed. Samples were placed in the oven for 48 h at 72°C until dried and then weight of the dried leaves was recorded. Relative water content was calculated using the following relation.

$$RWC(\%) = \frac{Wf - Wd}{Ws - Wd} \times 100$$

where RWC is the relative water content, Wf is the leaf fresh weight, Wd is the leaf dry weight and Ws is the leaf saturated weight. Photosynthetic pigments were calculated by the method presented by Arnon (1949). Samples collected from five leaflet, 0.5 gr leaves were ground in 80% acetone for determination and

*Corresponding Author: n-sajedi@iau-arak.ac.ir

absorbance of the resulting extracts, recorded at 480, 510, 645 and 663 nm with a spectrophotometer. Biological and seed yield harvested from 2 m^2 of middle in each plots. Data were subjected to analysis of variance using SAS program. Means were compared using the Least Significant Diffrence test (LSD) Multiple Range Test at 5% probablity level.

Results & Discussion

Results showed that the highest leaf relative water content observed from foliar application of selenium and salicylic acid at vegetative along with reproductive stages. Salicylic acid application at the rate of 100 and 200 mg L^{-1} and selenium at the rate of 18 gr ha^{-1} increased the leaf relative water content by 18, 42.7 and 31%, respectively as compared with control. There were reports that, application of salicylic acid improved vegetative growth rate, chlorophyll a, b and total chlorophyll, leaf relative water content and resistance to water deficit in lawn. The highest ion leakage (82.57%) and the lowest (75.86%) recorded from treatments of without application of selenium and foliar application of 18 gr ha^{-1} selenium, respectively. Foliar application of 100 and 200 mg L^{-1} salicylic acid along with 18 gr ha^{-1} selenium increased chlorophyll a content compared with control, significantly. Foliar application of 100, 200 mg L^{-1} salicylic acid and 18 gr ha^{-1} selenium alone increased chlorophyll b content by 29.4%, 32.3% and 26.4% as compared with control, respectively. The highest carotenoids content belonged to foliar application of 200 mg L^{-1} salicylic acid. There were reports that application of selenium decreased chloroplast damage and help to retain of photosynthesis pigments. Foliar application of 100 and 200 mg L^{-1} salicylic acid along with 18 gr ha^{-1} selenium increased productivity index at different growth stages as compared with control. The treatments interaction effects showed that the maximum biological yields (1528.86 and 1628.40 kg ha^{-1}) obtained from treatment of 100 and 200 mg L^{-1} salicylic acid along with 18 gr ha^{-1} selenium at different growth stages, respectively. The results showed that foliar application of salicylic acid and selenium could be increased chickpea seed yield.

Conclusion

The positive role of application of salicylic acid and selenium under rainfed condition exerted by the effects on physiological process such as water retain in plant, membrane stability retain and improve of photosynthesis pigments. Therefore, foliar application of 100 mg L^{-1} salicylic acid and along with 18 gr ha^{-1} selenium at vegetative growth along with reproductive growth could obtain optimum yield.

Keywords: Chickpea, Ion leakage, Plant pigments, Relative water content, Sodium selenite

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۶۱-۴۹
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 49-61 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.59163

اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام اصلاح‌شده نخود زراعی در شرایط دیم

سیدحسین صباغ‌پور[1*]، ابوالفضل شریفی[2] و داوود ارادتمند اصلی[3]
۱- استاد پژوهش مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان
۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
۳ استادیار دانشگاه پیام نور، دانشکده کشاورزی، تهران، ایران، eradatmand_d@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۳

چکیده

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولیدات کشاورزی به ویژه در بخش زراعی، موجب بروز صدمات زیست‌محیطی و اختلال در حاصلخیزی خاک می‌شود. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام اصلاح‌شده نخود در شرایط دیم در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار با پنج تیمار کودی (شاهد، سوپرنیتروپلاس، نیتروکسین، ریزوچک و کود شیمیایی نیتروژن با منشأ اوره) و سه رقم اصلاح‌شده (آزاد، هاشم و آرمان) در سال زراعی۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار کودی تأثیر معنی‌داری در سطح ۱درصد بر شاخص برداشت و عملکرد دانه داشت. ارقام از نظر تعداد روز تا ۵۰درصد گل‌دهی، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار آماری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. بیشترین عملکرد دانه با تلقیح بذور نخود با کود زیستی ریزوچک حاصل گردید و استفاده از این کود زیستی به ترتیب موجب افزایش ۳۹ و ۲۶درصدی شاخص برداشت و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. رقم آزاد ۵۸ و ۱۱۶درصد از شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به ارقام آرمان و هاشم برخوردار بود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم آزاد بود که ۴۴ و ۱۳۳درصد به ترتیب بیش از ارقام آرمان و هاشم تولید داشت. لذا با استفاده از رقم آزاد و تلقیح بذور آن با کود زیستی ریزوچک، علاوه بر افزایش عملکرد، مصرف کودهای شیمیایی در نخود کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: ریزوچک، سوپرنیتروپلاس، نیتروکسین، *Cicer arietinum*

مقدمه

حبوبات یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین و دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌روند و نقش بسیار مهمی همراه با غلات در تغذیه انسان داشته و در کشورهایی که از نظر کمّی و کیفی در فقر غذایی هستند، حبوبات اهمیت ویژه‌ای داشته و جزء اصلی رژیم غذایی مردم فقیر جهان محسوب می‌گردند. قابلیت رشد نخود در شرایط نامناسب از نظر حاصلخیزی و رطوبت موجب شده که این گیاه به جزء مهمی از نظام‌های زراعی در شبه قاره هند، غرب آسیا و شمال آفریقا تبدیل گردد (Rupela & Saxena. 1987).

در بین حبوبات، در ایران نخود از نظر سطح زیرکشت، تولید و اهمیت بیشتری برخوردار است و سطح زیرکشت این گیاه حدود ۴۶۳هزار هکتار برآورد شده است که معادل ۴/۰۷درصد از کل سطح محصولات زراعی و حدود ۶۵درصد از کل سطح برداشت حبوبات است و در این میان سهم اراضی دیم نخود ۹۸درصد است. میزان عملکرد نخود در شرایط دیم در کشور ۴۰۲کیلوگرم در هکتار است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2016). عوامل زیادی در پایین‌بودن عملکرد 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 موردنیاز کشور را تأمین نماید (Sabaghpour, 2015). در سال‌های اخیر لزوم گنجاندن بقولات در تناوب و کاهش کود و سموم شیمیایی مورد توجه محققان و کارشناسان قرار گرفته است. در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی عدیده‌ای از جمله افت کیفیت

* **نویسنده مسئول:** sabaghpour@yahoo.com

آلودگی منابع آب، محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (Sharman, 2004).

در خاک‌های کشور که عمدتاً قلیایی هستند، یکی از پایه‌های اساسی کشاورزی پایدار مدیریت صحیح نیتروژن است. معادل ۸۰درصد نیتروژن تثبیت‌شده در سیستم‌های زراعی مربوط به همزیستی بین گیاهان لگوم با گونه‌هایی از جنس *ریزوبیوم* (*Rhizobium*) ، *برادی‌ریزوبیوم* (*Bradyrhizobium*)، *مزوریزوبیوم* (*Mezorhizobium*)، *سینوریزوبیوم* (*Sinorhizobium*) و *آزوریزوبیوم* (*Azorhizobium*) می‌باشد. گونه‌های مختلف *ریزوبیوم* دارای میزبان‌های تخصصی هستند (Stephan, 2000). باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* (*Azotobacter*)، *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum*) و *سودوموناس* (*Pseudomonas*) از مهم ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zahir *et al*., 2004). در خاک‌های برخی از مناطق، تعداد کافی ریزوبیوم برای تثبیت زیستی نیتروژن وجود ندارد و نیاز است مایۀ تلقیح و گیاه با دقت بیشتری انتخاب شوند (Asgharzadeh, & SalehRastin, 2000). کاربرد کودهای بیولوژیک، به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، برای افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Diaz, 2009). استفاده از کودهای بیولوژیک در خاک‌های فقیر از لحاظ عناصر غذایی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای حفظ ارزش کیفی خاک درنظرگرفته شده است. این کودها در مقایسه مواد شیمیایی مزایای قابل توجهی دارند. از جمله در چرخه غذایی مواد سمی و میکروبی تولید نکرده، قابلیت تکثیر خودبه‌خودی داشته و باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند (Oliveira *et al*., 2008). کودهای بیولوژیک در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده (Chen, 2006) که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیرقابل‌دسترس به فرم دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی دارند (Rajendran & Devaraj, 2004). نتایج مطالعه بر روی شش رقم نخود نشان داد که تعداد کل گره‌های ریزوبیومی هر گیاه، وزن۱۰۰دانه، عملکرد و محتوای پروتئین دانه‌ها به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Elsheik & Hadi, 1999). تلقیح بذور نخود با باکتری‌های رایزوبیوم در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار عدم تلقیح تحت همین شرایط، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (Romdhane *et al*., 2009). تلقیح بذور لوبیا با انواع مایه تلقیح توانست حدود ۴۳درصد محصول را نسبت به شاهد (بدون تلقیح و بدون کود) افزایش دهد (Mehrpouyan *et al*., 2011). نتایج تحقیق بر روی ذرت علوفه‌ای نشان داد که با کاربرد کود زیستی نیتراژین و کود اوره، می‌توان عملکرد را بهبود داد (Mirshekari *et al*., 2009). با تلقیح *مزوریزوبیوم* همراه با مصرف کود روی تفاوت‌های معنی‌داری در بین تیمارها از نظر افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک مشاهده شد (Solemani & Asgharzadeh, 2010). کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و نیتروکسین در گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) موجب شد عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش یابد (Shakeri *et al*., 2012).

ریزوبیوم مؤثر در نخود شامل نژادهای *مزورایزوبیوم سیسری*(*Mesorhizobium ciceri*) است که اغلب برای نخود اختصاصی بوده و جداسازی آن‌ها معمولاً خیلی کم صورت گرفته است (Elhadi & Elsheikh, 1999). همزیستی نخود با ریزوبیوم در شرایط محیطی مناسب می‌تواند موجب تثبیت نیتروژن هوا تا ۱۷۶کیلوگرم در هکتار در طول فصل زراعی شود (Rupela & Saxena. 1987). ارقام هاشم (Sabaghpour *et al*., 2005)، آرمان (Sabaghpour *et al*., 2006) و آزاد (Sabaghpour *et al*., 2010) ضمن پرمحصولی و مقاومت به بیماری برق‌زدگی، دارای تیپ بوته ایستاده جهت برداشت مکانیزه می‌باشند که برای کشت در مناطق دیم کشور معرفی شده‌اند. با توجه به اهمیت و نقش گیاه نخود 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 اصلاح‌شده نخود و توصیه تیمار کودی مناسب جهت افزایش عملکرد در واحد سطح برای ارقام اصلاح‌شده اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام اصلاح‌شده نخود در شرایط دیم در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان با مختصات جغرافیایی ۵۱درجه و ۴۸دقیقه عرض شرقی و ۳۱درجه و ۴۸دقیقه طول شمالی و ارتفاع ۱۶۷۱متر از سطح دریا که دارای اقلیم نیمه خشک و کوهستانی و میزان بارش سالیانه بلندمدت ۲۹۸/۲میلی‌متر، اجرا شد. 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 و نتایج آن ثبت گردید (جدول ۱).

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان همدان در شرایط دیم در مزرعه دراسفند ماه سال زراعی۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. فاکتور رقم شامل ارقام اصلاح‌شدۀ آزاد، هاشم و آرمان و فاکتور کود در پنج سطح شامل شاهد (بدون کود)، سوپرنیتروپلاس، نیتروکسین، ریزوچک و کود شیمیایی نیتروژن (۲۰کیلوگرم در هکتار با منشأ اوره) بود (Sabaghpour, 2015). بذرها پس از آغشته شدن با محلول چسباننده، با ماده تلقیحی مخلوط گردیدند. بذرهای تلقیح‌شده پس از خشک‌شدن در سایه بعد از ۱۵دقیقه کشت شدند (Koutroubas *et al*., 2009). کود نیتروژن به میزان ۲۰کیلوگرم در هکتار در زمان کشت به خاک مزرعه اضافه گردید. کاشت پس از یک شخم سطحی و سیکلوتیلر، در شرایط مناسب رطوبت مزرعه انجام گرفت. هر واحد آزمایشی شامل چهار خط چهارمتری بود. فواصل خطوط و بوته‌ها روی خطوط به ترتیب ۳۰، ۱۰سانتی‌متر بود (Sabaghpour, 2015).

ریزوچک حاوی 10^7باکتری‌های از جنس *سودوموناس پوتیدا* (*Pseudomonas putida*) و 10^8*مزورایزوبیوم سیسری* (*Mesorhizobium ciceri*) است که تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد نخود داشته است (Asgharzadeh & SalehRastin, 2000). غلظت باکتری در کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس 10^8اسپور و سلول زنده *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bacillus subtilis*)، *سودوموناس فلورسنس* (*Pseudomonas fluorescens*) و گونه‌های (*Azospirillum* spp) است که مصرف آن در گیاهان مختلفی مانند ذرت، گندم و ارزن افزایش عملکرد را به دنبال داشته است (Sharman, 2004). کود زیستی نیتروکسین حاوی 10^8باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن *ازتوباکتر* (*Azotobacter*) و *آزوسپریلیوم* (*Azospirillum*) است که علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل‌کردن 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 ذرت می گردد (Pourakbar *et al*., 1999).

رقم اصلاح‌شده نخود هاشم ضمن پرمحصولی نسبت به ارقام محلی، اولین رقمی است که با خصوصیت مقاومت به بیماری برق‌زدگی (*Ascochyta rabiei*) و تیپ بوته ایستاده که مناسب برداشت مکانیزه است، برای کشت در استان گلستان در سال۱۳۷۶ معرفی شد (Sabaghpour *et al*., 2005). رقم اصلاح‌شده آرمان ضمن متحمل به بیماری برق‌زدگی، تیپ بوته ایستاده، پرمحصول و دانه درشت‌تر از رقم هاشم که برای کشت در مناطق نیمه‌گرمسیر، معتدل سرد و معتدل کشور در سال۱۳۸۳ معرفی شد (Sabaghpour *et al*., 2006). رقم اصلاح‌شده آزاد ضمن متحمل به بیماری برق‌زدگی، تیپ بوته ایستاده، پرمحصول و دانه درشت‌تر از رقم هاشم و آرمان برای کشت در مناطق نیمه‌گرمسیر، معتدل سرد و معتدل کشور در سال ۱۳۸۷ معرفی شد (Sabaghpour *et al*., 2010).

در طول رشد و نمو علاوه بر کنترل علف‌های‌هرز، صفات تعداد روز تا ۵۰درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن کامل، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه یادداشت‌برداری شد. با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها انجام و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL ترسیم شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵درصد مقایسه شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil

بافت Texture	عمق Depth	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر) EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (درصد) O.C. (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلو گرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
Clay loam	0-30	8.04	0.76	0.62	586	15.2	0.06

نتایج و بحث

تعداد روز تا گل‌دهی

تیمار مدیریت کودی گیاه نخود تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد روز تا گل‌دهی نداشت. ارقام مورد بررسی از نظر تعداد روز تا ۵۰درصد گل‌دهی اختلاف معنی دار آماری در سطح احتمال ۱درصد داشتند (جدول ۲). نتایج این تحقیق با گزارش‌های Khodarahmi *et al*, (2013) و Solemani & Asgharzadeh (2010) که از باکتری‌های مزوریزوبیوم و سودوموناس بر روی ارقام نخود استفاده کرده بودند، متفاوت است. Shahbazi (2015) مشاهده نمود که کود بیولوژیک نیتروکسین موجب تأخیر در گل‌دهی در گیاه عدس شد. با استفاده از ریزوباکتر (Rhizobacteria) ظهور برگ‌ها، گل تاجی، دانه‌های گرده و کاکل تسریع شده و طول دوره گرده افشانی، کاکل‌دهی، تطابق گل‌دهی و پرشدن دانه در گیاه ذرت افزایش یافت (Hamidi, 2015). مقایسه ارقام از نظر تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی نیز نشان داد که رقم آرمان زودتر و رقم هاشم دیرتر از ارقام آرمان و آزاد به مرحله گلدهی رسید (شکل۱). در تحقیقی دیگر مشاهده شد که ارقام آرمان و آزاد در مناطقی که در فصل بهار با تنش خشکی بیشتری مواجه هستند، به دلیل زودرسی در مقایسه با رقم هاشم مناسب‌تر هستند (Sabaghpour, 2015). اثرات متقابل کود×رقم در این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). عدم معنی‌داربودن اثرات متقابل کود×رقم بیانگر این است که روند تغییرات ارقام در تیمار کودی در تعداد روز تا گل‌دهی یکسان بوده است. Shahbazi (2015) عدم معنی‌داری اثرات متقابل کود بیولوژیک×رقم در تعداد روز تا گل‌دهی در عدس را گزارش نمود.

شاخص سطح برگ

تیمار مدیریت کودی گیاه نخود تأثیر معنی‌داری بر صفت شاخص سطح برگ نداشت (جدول ۲). کاربرد کود زیستی بدون حضور کود اوره نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) تأثیر معنی‌داری بر روی شاخص سطح برگ لوبیا نداشت (Saber *et al*., 2015)، درصورتی‌که Suliman & Bajwa (2010) با بررسی تأثیر کود زیستی سودوموناس بر گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشاهده کردند که برگ‌های گیاه در تیمار کود زیستی مقایسه با تیمار کود شیمیایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ در کلزا زمانی که کودهای نیتروژنه توأم با کودهای زیستی به کار برده شده بودند، مشاهده شد (Yasari & Patwardhan, 2007). ارقام از نظر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری داشتند. رقم آزاد حاوی بالاترین شاخص سطح برگ بود. کمترین شاخص سطح برگ مربوط به رقم هاشم بود. رقم آزاد به ترتیب ۵۸ و ۱۱۶درصد از شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به ارقام آرمان و هاشم برخوردار بود (شکل ۲). افزایش سطح برگ، شاخصی از افزایش رشد رویشی گیاه محسوب می‌شود و توسعه آن در افزایش تولید و عملکرد نقش به سزایی دارد (Nezarat & Gholami, 2008). میزان افزایش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی گیاه را تعیین می‌کند (Yasari & Patwardhan, 2007). افزایش سطح برگ، شاخصی از افزایش رشد رویشی گیاه محسوب می‌شود و توسعه آن در افزایش تولید و عملکرد نقش به‌سزایی دارد (Nezarat & Gholami, 2008). احتمالاً تولید عملکرد دانه بیشتر رقم آزاد، به دلیل دارابودن بالاترین شاخص سطح برگ و ظرفیت فتوسنتزی بوده است (شکل ۷).

شاخص برداشت

تیمار مدیریت کودی گیاه نخود تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵درصد بر صفت شاخص برداشت داشت (جدول ۲). تأثیر معنی‌دار باکتری محرک رشد آزوسپیریلوم بر روی شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های کلزا مشاهده شد (Faraji & Arzanesh, 2013). ارقام از نظر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. اثرات متقابل کود×رقم در این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). عدم معنی داربودن اثرات متقابل کود×رقم نشان می‌دهد ارقام روند ثابتی در تیمارهای کودی در شاخص برداشت داشتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کود زیستی ریزوچک بیشترین تأثیر بر شاخص برداشت داشت و موجب افزایش ۳۹درصدی شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۳). مقایسه ارقام نشان داد که بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب مربوط به رقم آزاد و هاشم بود. مقدار شاخص برداشت رقم آزاد به ترتیب ۳۷ و ۱۵۵درصد بیش از ارقام آرمان و هاشم بود (شکل ۴). 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 (Yousry *et al*., 1978). کود زیستی نیتروکسین تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت در کنجد نداشت (Sajadi Nik *et al*., 2011). مقدار نیتروژن موجود در گیاه تأثیر مثبتی در شاخص برداشت سویا دارد (Bairley, 1988). عدم کاربرد باکتری (تیمار شاهد) منجر به کاهش شاخص برداشت در گیاه عدس شد (Bremer & Kessel, 1990).

جدول۲- تجزیه واریانس تأثیر مصرف انواع کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزاء عملکرد در ارقام نخود

Table 2. Analysis of variance for using effect of different biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components on chickpea cultivars

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	تعداد روز تا گل‌دهی Days No. to flowering stage	تعداد روز تا رسیدگی Days No. to maturity stage	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pod No. plant $^{-1}$	تعداد دانه در غلاف Seed No. pod^{-1}	شاخص سطح برگ Leaf area index	شاخص برداشت Harvest index	وزن۱۰۰دانه 100-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield
		Mean of square میانگین مربعات								
Block بلوک	3	762.91**	143.31^{ns}	208.83**	22.62 ^{ns}	2.23*	452.10**	99.03 ^{ns}	242.24**	820.5 ns
Fertilizer کود	4	23.13 ^{ns}	1.9 ^{ns}	11.45 ^{ns}	19.81 ^{ns}	0.75 ^{ns}	3.56 ^{ns}	198.35*	5.51 ^{ns}	23790.5**
Cultivar رقم	2	567.02**	75.42 ^{ns}	51.74 ^{ns}	72.6 ^{ns}	2.31*	2619.5**	3339.6**	56.21 ^{ns}	608097.5**
Fertilizer ×cultivar کود×رقم	8	6.04 ^{ns}	2.94 ^{ns}	5.33 ^{ns}	25.43 ^{ns}	0.17 ^{ns}	39.26 ^{ns}	53.26 ^{ns}	1.28 ^{ns}	1199.0 ns
Error خطا	42	67.21	71.34	43.95	44.97	0.61	41.48	65.47	46.93	1904.0
Coefficient variation ضریب تغییرات	-	6.23	8.51	5.32	4.60	2.70	2.16	6.64	4.19	5.31

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

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

وزن۱۰۰دانه

تیمار مدیریت کودی بر وزن۱۰۰دانه تأثیر معنی‌داری نداشت. ارقام نیز از نظر وزن۱۰۰دانه اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که اثرات متقابل این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). عدم تأثیر معنی‌دار تلقیح با ریزوبیوم توسط Khandan Bejandi *et al*, (2010) و Shahbazi (2015) به ترتیب بر روی وزن۱۰۰دانه در گیاه نخود و عدس گزارش گردید. در صورتی که Solemani & Asgharzadeh (2010) گزارش کردند که تلقیح با مزوریزوبیوم همراه با مصرف سولفات روی موجب افزایش معنی‌دار وزن۱۰۰دانه نخود گردید و نسبت به شاهد ۶درصد افزایش یافت. Faraji & Arzanesh (2013) گزارش کردند باکتری‌های محرک رشد نقش مثبتی در افزایش وزن۱۰۰۰دانه در ژنوتیپ‌های کلزا داشتند. تلقیح بذر کنجد با نیتروکسین موجب افزایش معنی‌دار ۷درصدی در وزن۱۰۰۰دانه کنجد شد (Sajadi Nik *et al*., 2011).

ارتفاع بوته

تیمار مدیریت کودی تأثیر معنی‌داری بر صفت ارتفاع بوته نداشت. همچنین ارقام از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). عدم تأثیر معنی‌دار تیمار کودی بر روی ارتفاع بوته در این آزمایش با نتایج Khodarahmi *et al*, (2013) در نخود مطابقت و با Hamzei *et al*, (2014) که از باکتری مزوریزوبیوم بر روی گیاه نخود استفاده نمود و تأثیر معنی‌دار آن را بر روی ارتفاع بوته گزارش نمود، متفاوت است. تأثیر معنی‌دار کود زیستی ریزوچک بر روی ارتفاع بوته عدس مشاهده شد (Shahbazi, 2015).

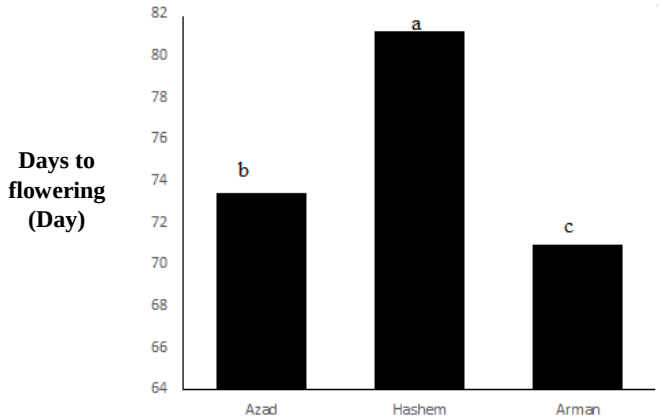
تعداد دانه در غلاف

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای کودی بر صفت تعداد دانه در غلاف تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول۲). Sabaghpour (1997) گزارش کرد که تعداد دانه در غلاف در گیاه نخود تحت تأثیر اثرات ژنتیکی است. نتایج نشان داد که ارقام از نظر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۵درصد اختلاف معنی‌دار دارند (شکل ۵). عدم تأثیر معنی‌دار سوش‌های باکتری بر روی تعداد دانه در غلاف در گیاه نخود (Khodarahmi *et al*., 2013)، کلزا (Faraji & Arzanesh, 2013) و عدس (Shahbazi, 2015) گزارش شده است، درصورتی‌که تأثیر معنی‌دار تلقیح با ریزوبیوم بر روی تعداد دانه در غلاف در نخود توسط Khandan Bejandi *et al*, (2010) گزارش شده است.

عملکرد دانه

تیمار مدیریت کودی بر روی عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد داشت (جدول ۲). ارقام با احتمال ۹۹درصد از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری داشتند. تفاوت عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط محیطی یکسان نشان دهنده تأثیر اثرات ژنتیکی می‌باشد (Saxena & King, 1987). اثرات متقابل کود×رقم بر روی عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). عدم معنی‌داربودن اثرات متقابل کود×رقم بیانگر این است که روند تغییرات عملکرد ارقام در تیمارهای کودی یکسان بوده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تلقیح بذور نخود با کود زیستی ریزوچک بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد (شکل ۶)، به‌طوری‌که استفاده از ریزوچک موجب افزایش عملکرد ۲۶درصدی نسبت به شاهد آزمایش شد. احتمالاً کود زیستی ریزوچک می‌تواند با تشدید فعالیت فتوسنتزی و افزایش جذب عناصر، تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد. باکتری‌های ریزوبیومی علاوه بر نقش بسیار بااهمیت خود در تثبیت نیتروژن، می‌توانند با تأثیر بهتر در جذب سایر عناصر ضروری موجب افزایش عملکرد گیاهان شوند (Mehrpouyan *et al.*, 2011). تیمار تلقیحی SWRI12 بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در نخود تولید نمود که نسبت به تیمار شاهد ۷۷ تا ۱۳درصد افزایش عملکرد داشت (Ghasemzadeh-Ganjehie & Asgharzadeh, 2013). با تلقیح ریزوبیومی نخود در ساسکاچوان کانادا عملکرد دانه نخود ۳۶درصد افزایش یافت (Stephan, 2000). نتایج تحقیق (2013) Khodarahmi *et al*, نشان داد سوش‌های باکتری بر روی عملکرد دانه نخود تأثیر معنی‌داری داشت. (2010) Solemani & Asgharzadeh با تلقیح مزوریزوبیوم و مصرف کود روی مشاهده کردند که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تلقیح گیاهان گندم، ذرت و ارزن با ازتوباکتر و آزسپریلیوم سبب افزایش ۱۰ تا ۱۵درصدی عملکرد شد (Rai & Gaur, 1999). Rosety *et al*, (2006) اعلام کردند عملکرد دانه آفتابگردان تلقیح‌شده نسبت به تیمار بدون تلقیح ۹درصد افزایش داشت. نتایج تحقیق بر روی ذرت علوفه‌ای نشان داد کاربرد کود زیستی نیتراژین و کود اوره، می‌تواند عملکرد را بهبود بخشد (Mirshekari *et al.*, 2009). Hamidi *et al*, (2006) با استفاده از سویه‌های مختلف رایزوباکتر مشاهده نمودند که عملکرد در گیاه ذرت علوفه‌ای افزایش یافت. نتایج بررسی‌ها در گندم نشان داد که اثرات تغذیه کودهای بیولوژیکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (Subba Rao, 1988).

نتایج مقایسه میانگین در این بررسی نشان داد که رقم آزاد بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد، بهطوری‌که این رقم ۴۴ و ۱۳۳درصد عملکرد بیشتری نسبت به ارقام آرمان و هاشم تولید نمود (شکل ۷). تغییرات عملکرد دانه در این تحقیق احتمالاً مربوط به اختلاف در میزان توان تثبیت نیتروژن و فراهمی آن برای گیاه توسط کودهای مختلف بوده است. باکتری‌های محرک رشد علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه ای 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). کودهای زیستی با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد، رشد کمی و کیفی گیاه را تقویت می‌کنند که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می‌گردد.

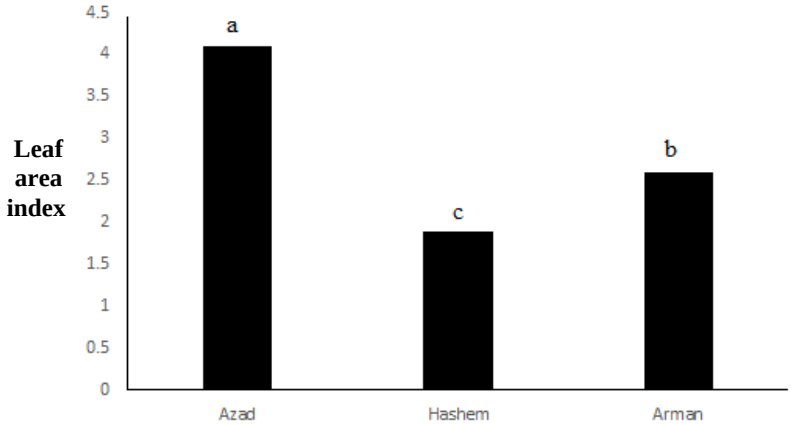


شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد روز تا گل‌دهی ارقام نخود

Fig. 1. Mean comparison for day number to flowering for chickpea varieties

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

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

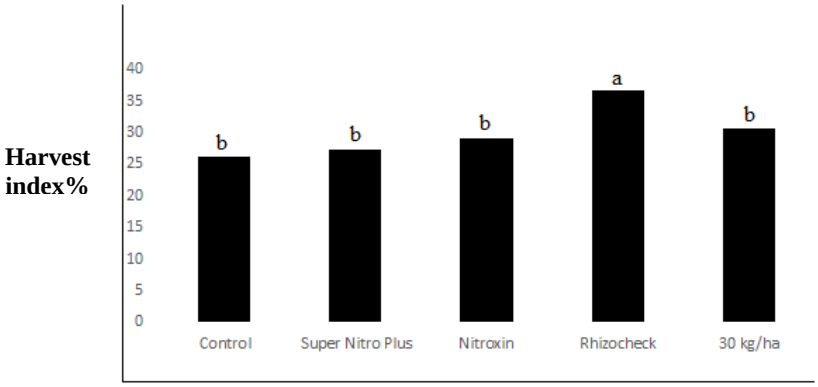


شکل ۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ ارقام نخود

Fig. 2. Mean comparison for leaf area indexn for chickpea varieties

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

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

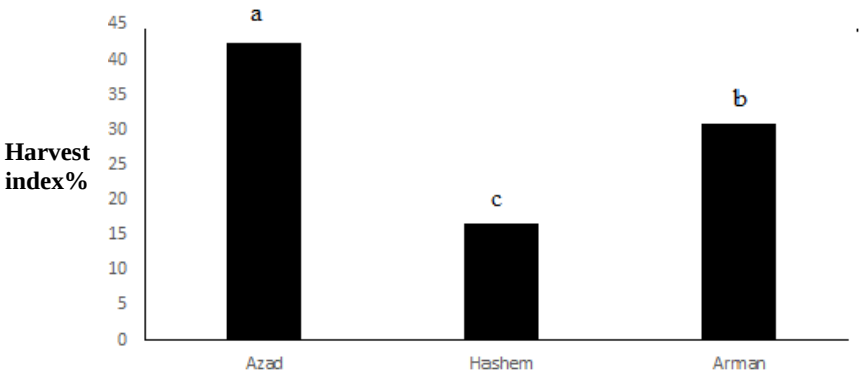


شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص برداشت نخود در تیمارهای کودی

Fig. 3. Mean comparison for chickpea harvest index for fertilizer treatments

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

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

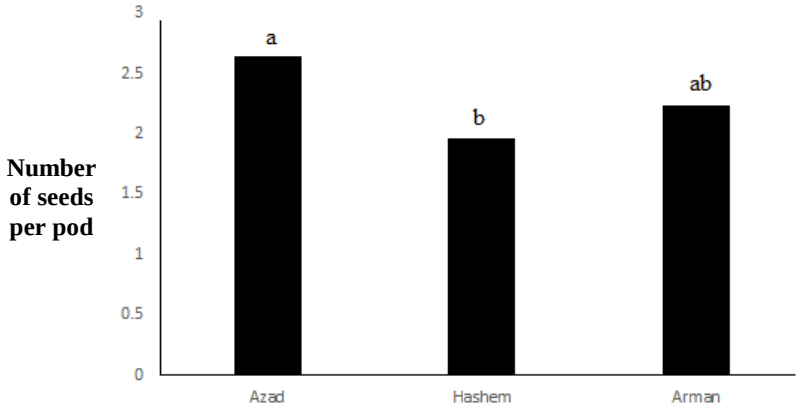


شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص برداشت ارقام نخود

Fig. 4. Mean comparison for harvest index for chickpea varieties

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

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

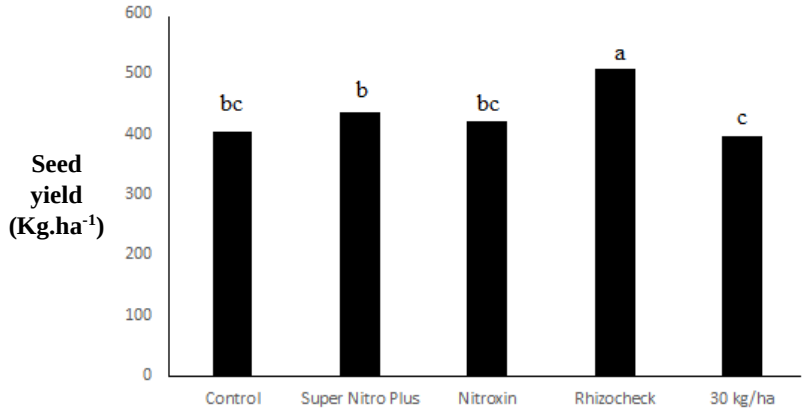


شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف ارقام نخود

Fig. 5. Mean comparison for number of seed per pod for chickpea varieties

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

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

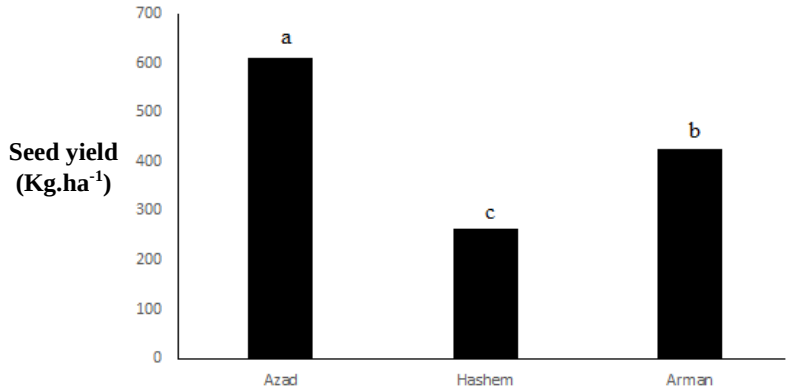


شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه نخود در تیمارهای کودی

Fig. 6. Mean comparison for seed yield for fertilizer treatments

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

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



شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام نخود

Fig. 7. Mean comparison for seed yield for chickpea varieties

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

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

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بالاترین مقدار عملکرد دانه در تیمار کودی از مصرف ریزوچک و بالاترین مقدار عملکرد دانه در بین ارقام از رقم آزاد حاصل گردید. احتمالاً کود زیستی ریزوچک توانسته است با تشدید فعالیت فتوسنتزی و افزایش جذب عناصر، تأثیر مثبتی بر عمکرد دانه داشته باشد. توانایی میکروارگانیزم‌ها در تولید و آزادسازی متابولیت‌های محرک رشد گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود. استفاده از کودهای بیولوژیک 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 زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به این ترتیب ضمن افزایش عملکرد، مصرف کودهای شیمیایی به‌طور چشمگیری کاهش خواهد یافت و این امر در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی حفظ محیط‌زیست می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق، کشت رقم نخود آزاد و تلقیح بذور آن با کود بیولوژیک ریزوچک، احتمالاً بالاترین عملکرد در واحد سطح در شرایط دیم همدان تولید خواهد کرد.

منابع

1. Asgharzadeh, A., and Saleh Rastin, 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).
2. Bairley, L.D. 1988. Influence of single strains a commercial mixture of *Bradyrhizobium japonicum* on growth, nitrogen accumulation and nodulation of two early maturing soybean cultivars. Candian Journal Plant Science 68: 411-418.
3. Bremer, E., and Kessel, C.V. 1990. Selection of *Rhizobium leguminosarum* strains for lentil under growth room and field conditions. Plant and Soil 121: 47-56.
4. Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. 16-30. Thailand, 11 pp.
5. Diaz, M., Virginia, M., and Canigia, F. 2009. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilensilense* on dryland wheat productivity. European Journal of Soil Biology 45 (1): 3-11.
6. Elhadi, E.A., and Elsheikh, E.A.E. 1999. Effect of *Rhizobium* inoculation nitrogen fertilizater on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. Nutrient Cycling in Agroecosystems 54: 57-63.
7. 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.
8. 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. URL: http:// sppi.sp[[.ir/article-1-324-fa.html. (In Persian).
9. Ghasemzadeh-Ganjehie, M. and Asgharzadeh, A. 2013. Effects of rhizobiums sush inoculation and fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*) in Khorasan-Razavi. Irainain Journal of Pulses Research 4(1): 51-58. (In Persian).
10. Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghan Shoar, M., Malakoti, M.J., Asgharzadeh, A., and Chogan, R. 2006. The effects of application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the yield of fodder maize (*Zea mays* L). Pajouhesh and Sazandgi 4: 16-22. (In Persian).
11. Hamzei, J., Najjari, S., Sadeghi, F., and Seyedi, M. 2014. Effect of foliar application of nano-iron chelate and inoculation with mesorhizobium bacteria on root nodulation, growth and yield of chickpea under rainfed conditions. Iranian Journal of Pulses Research 5(2): 9-18. (In Persian).
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 morph physiological characteristics of chickpea. Electronic Journal of Crop Production 3(1): 139-157.
14. Khodarahmi, M., Sabaghpour, S.H., and Farnia, A. 2013. Effect of different strains of *Rhizobium* on seed yield and its components of improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. Seed and Plant Journal Production 29(3): 403-412. (In Persian).

15. 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.
16. Mehrpouyan, M., Noormohammadi, Gh., Mirhadi, M.J., Heidari Sharifabad, H., and Shirani Rad, A.H. 2011. Effect of some inoculants containing *Rhizobium legominosarum*; bv. Phaseoli on nutrients elements uptake in three cultivars of common bean. Irainain Journal of Pulses Research 1(2): 1-10. (In Persian).
17. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2016. Agricultural Statistics for Agronomy, 2014-15. Department of Statistics and Information. 163 pp. (In Persian).
18. Mirshekari, B., Baser, S., and Javanshir, A. 2009. Effect of seed inoculation with nitragin and different levels of urea on physiological traits and biologic yield of maize, cv. 704 grown in cold and semi-arid regions. New Finding in Agriculture 3(4): 403-411. (In Persian).
19. Nezarat, S., and Gholami, A. 2008. Evaluation of *Azospirillum* and *Pseudomonas* on maize growth. 2nd National Congress of Ecological Agriculture in Iran, pp. 2037-2049. (In Persian).
20. Oliveira, C.A., Alves, M.C., Marriel, I.E., Gomes, E.A., Scotti, M.R., Carneiro, N.P., Guimaraes, C.T., Schaffert, R.E., and Sa, N.M. 2008. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. Soil Biology and Biochemistry 3 (1): 6-24.
21. Pourakbar, L., Khayami, M., and Jelil, Kh. 1999. The interaction of Cu and EDTA on K+ leakageand some metals content in root and shoot of Maize (*Zea mays* L.) seedlings. Journal of Sacience of Tarbiet Molalm 8(2): 121-132. (In Persian).
22. Rai, S.N., and Gaur, A.C. 1999. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirilium* as inoculant on the yield and N-up tke of wheat crop. Plant and Soil 109: 131-134.
23. Rajendran, K., and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their retur of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizer in farm land. Biomass and Bienergy 26: 235-249.
24. Romdhane, S.B., Trabelsib, M., Elarbi, M., Lajudie, P., and Mhamdia, R. 2009. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculants. Soil Biology & Biochemistry 41: 2568-2572.
25. Rosety, D., Gaurand, R., and Juhri, N. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbascular mycorrizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect rhizobacteria community structure in rain-fed wheat field. Soil Biology & Biochemistry 38: 1111-1120.
26. Rupela, O.P., and Saxena, M.C. 1987. Nodulation and Nitrogen Fixation in Chickpea. In: M.C. Saxena and K.B. Singh (Eds.). The Chickpea. 191-206 pp., CAB International, Wallingford, Oxon.
27. Sabaghpour. S.H. 1997. Genetic of Chickpea. Nasher, 54 pp. (In Persian).
28. Sabaghpour, S.H., Malhotra, R.S., and Banayi, T. 2005. Registration of Hashem Kabuli chickpea. Crop Science 45: 6.
29. Sabaghpour. S.H., Malhotra, R.S., Sarparast, R., Safikhani, M., Alizadeh, S.H., Jahangeri, A. and Khalaf, G. 2006. Registration of 'Arman'- A Kabuli chickpea cultivar. Crop Science 46: 2704-2705.
30. Sabaghpour S.H., Safikhani, M., Pezeshkpour, P., Jahangiri, A., Sarparast, R., and Karami, I. 2010. Azad, A new chickpea cultivar for dryland moderate and semi warm climate of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 26 (2): 293-296. URL: http://spij.spii.ir/article-1-456-fa.html. (In Persian).
31. Sabaghpour, S.H. 2015. Strategic Framework for Food Legume Research. Chap & Entesharat Organization, 412 pp. (In Persian).
32. Saberi, H., Mosenabadi, Gh., Majidian, M., and Ehteshami, S.M. 2015. Integrated application of biological and chemical fertilizers on bean (*Phaseolus vulgaris*) under Rasht climate conditions. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 21-31. (In Persian).
33. Sajadi Nik., R., Yadavi, A., Balouchim, 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.). Sustainable Agriculture and Production Science 21(2): 87-101. (In Persian).
34. 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.
35. Shahbazi, H.O. 2015. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components of lentil genotypes. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Breeding. Azad University, Savah Branch, Iran, 128 pp. (In Persian).
36. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., and Modares Sanavi, S. 2012. Effect of chemical fertilizer and biofertilizer on seed yield, its components, oil and protein percent in sesame varietes. Sustainable Agriculture and Production Science 22(1): 71-85. (In Persian).
37. Sharman, A.K. 2004. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios. India.

38. Solemani, R., and Asgharzadeh, A. 2010. Effects of *Mesorrhizobium* inoculation and fertilizer application on yield and yield components of rainfed chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 1-8. (In Persian).
39. Stephan, K.B. 2000. Evaluation of Granular *Rhizobium* Inoculant for Chickpea. PhD. Thesis, University of Saskatchewan, Canada.
40. Subba Rao, N.S. 1988. Biofertilizers in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi India.
41. Suliman, R., and Bajwa, R. 2010. Appraisal of two *Pseudomonas* species as a biofertilizer for sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Biology and Biotechnol 7(1,2): 49-52.
42. Yasari, E., and Patwardhan, A.M. 2007. Effects of *Aztobacter* and *Azospirillium* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asia Journal of Plant Science 6(1): 77-82.
43. 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 of Agricultural Science 5(2): 1386-1392.
44. Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 49-61 (Research Article)

The effect of biological and chemical nitrogen fertilizer on yield and yield components of improved chickpea varieties under rainfed conditions

Sabaghpour[1*], S.H., Sherifi[2], A. & Aradatmand Asli [3], D.

1. Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education of Center of Hamedan Province, Hamedan, Iran
2. MSc. Student Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University of Saveh, Iran,
3. Assistants Professor Department of Agronomy, Payame Noor University, Tehran, Iran, eradatmand_d@yahoo.com

Received: 10 June 2017
Accepted: 23 January 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.59163

Inroduction

Excessive use of chemical fertilizers for increasing agricultural production causing environmental damage and disturbance in the soil fertility. Currently, biological approaches for improving crop production are gaining strong status among agronomists and environmentalists following integrated plant nutrient management system. Chickpea is the most important pulse crop which is grown on 463,000 hectares in Iran. Major chickpea areas (98%) are planted under rainfed condition and are grown in rotation with cereals mainly wheat and barley. Mean productivity of chickpea 402 kg/ha in 2014-15 cropping season in Iran. One of the reason for low chickpea productivity in Iran, is unsuitable using nutrition in chickpea 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 improved chickpea varieties.

Materials & Methods

An experiment was carried out in factorial based on a randomized complete block design with four replications and five fertilizers treatments (control, Super Nitro Plus, Nitroxin, Rhizocheck and 30 kg nutrition fertilizer per hectare) and three chickpea varieties (Azad, Hashem and Arman) in Ekbatan Research Station of Hamedan under rain-fed condition during 2012-2013. Rhizocheck had 10^7 bacteries from *Pseudomonas putida* and 10^8 *Mesorhizobium cicero* and Super Nitro Plus included 10^8 *Bacillus subtilis*, pseudomonas fluorescens and different species of Azospirillum. Also Nitroxin covered 10^8 nitrogen fixing bacteries such as Azotobacter and Azospirillum. During vegetative and reproductive phases, weeds were controlled and data were recorded on days to flowering, days to maturity, plant height, harvest index, number 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 were drawn by EXCEL and means compared by using DMRT at the 5% probability level.

Results & Discussion

The results showed that fertilizer had significant effects on harvest index and seed yield at 1% level of probability. But fertilizer treatment had not significant effects on days to flowering, days to maturity, leaf area index, plant height, pods number per plant, seeds number per pod and 100-seed weight. Also the results showed that varieties showed significant difference for days to flowering, leaf area index, harvest index, seeds number per pod, and seed yield. Varieties had not significance different on days to maturity, plant height, number of pod per plant and 100-seed weight. Interaction of fertilizer × variety on all characters was not significant. The result of mean comparison showed that the highest seed yield has been produced by

*** Corresponding Author:** sabaghpour@yahoo.com

Rhizochick consumption. The utilization of Rhizocheck had result in 39 and 26 percent higher harvest index and seed yield than control, respectively. Azad variety had the highest leaf area index, harvest index and seed yield. The lowest leaf area index, harvest index and seed yield was observed on Hashem variety. Stephan (2000) reported that 36 percent seed yield increased due to rhizobium inoculation on chickpea seed. Maximum seed yield was achieved in Azad variety with Mesorhizobium of SWRI-15 which produced 151 percent higher than check. Rhizobium inoculation in comparison with no inocultion on chickpea seed under drought stress condition increased seed yield. Most of scientists reported that using biological fertilizers have been effected on seed yield in comparison with check on lentil, sunflower, wheat, corn and pearl millet.

Conclusion

One of the most important factors for soil fertility is microorganism ability for production and plant growth promoting. The result of present study showed the highest productivity obtained from Rhizochick consumption. Azad improved chickpea variety produced the highest seed yield. Rhizochick may cause photosynthesis intensive activity and enhancing availability elements. Therefore seed 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 consumption will affect decreasing environment contamination which is one of the important factors for stability agriculture. Therefore Azad improved chickpea variety with Rhizochick inoculation in Hamaden province is recommended.

Keywords: Chickpea, *Cicer arietinum*, Nitroxin, Rhizochick, Super Nitro Plus

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۷۶-۶۲
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 62-76 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.64299

تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، خصوصیات فیزیولوژیکی و رشد ریشه چهار رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم استان ایلام

رحیم ناصری[1*]، عباس سلیمانی‌فرد[2]، امیر میرزایی[3]، فرشته دارابی[1] و امین فتحی[4]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام (به‌ترتیب، rahim.naseri@gmail.com **و** m.darabi8161@gmail.com)

۲- مربی، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی: ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران، soleymani877@gmail.com

۳- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران، amir.mirzaei53@gmail.com

۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی،آمل، ایران، amin_agronomist@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰

چکیده

به منظور بررسی اثر ریزوباکترها محرک رشد بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، خصوصیات فیزیولوژیکی و رشد ریشه چهار رقم نخود در شرایط دیم استان ایلام، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه رقم نخود (هاشم، آزاد و آرمان) و توده محلی و ریزوباکترها محرک رشد و کود شیمیایی نیتروژن (عدم مصرف کود نیتروژن، ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن، ۲۰کیلوگرم کود نیتروژن، *آزسپریلیوم برازیلنس* (*Azospirillum brasilense*)+ عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، *آزسپریلیوم برازیلنس*+۱۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، *آزسپریلیوم برازیلنس*+۲۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، *ازتوباکتر کروکوم* (*Azotobacter chroococcum*)+ عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، *ازتوباکتر* کروکوم+۱۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن و *ازتوباکتر کروکوم*+۲۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن) درنظرگرفته شدند. اثر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌ها محرک رشد بر خصوصیات فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم های آنتی‌اکسیدان و صفات ریشه معنی‌دار بود. استفاده از ریزوباکتری‌ها محرک رشد میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای آب نسبی را افزایش و موجب کاهش مالون‌دی‌آلدئید گردید. استفاده از این ریزوباکترها در تمامی ارقام مورد استفاده موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و همچنین موجب افزایش سیستم ریشه گردید. در این پ ژوهش ارقام هاشم و آزاد به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی به *ازتوباکتر* واکنش بهتری نشان دادند. رقم آزاد به‌علاوه آزسپریلیوم + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن دارای بیشترین میزان کلروفیلa و b، محتوای آب نسبی، فعالیت آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز، پرکسیداز، حجم ریشه، وزن‌خشک ریشه و طول ریشه بود و توده محلی به‌علاوه تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) کمترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، خصوصیات فیزیولوژیکی و رشد ریشه را در شرایط دیم دارا بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدانت، عملکرد دانه، محتوی آب نسبی، میزان کلروفیل

مقدمه

حبوبات به دلیل برخورداری از پروتئین بیشتر دانه نسبت به سایر محصولات زراعی از اهمیت غذایی بالایی برخوردار می‌باشند. این گیاهان به دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کنندۀ نیتروژن مولکولی، در تعادل عناصر معدنی خاک در بوم‌نظام‌های زراعی حائز اهمیت هستند. نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی مهم‌ترین از گیاهان این خانواده است. سطح زیرکشت گیاه نخود در دنیا حدود ۱۱میلیون هکتار بوده و ایران با سطح زیرکشت حدود ۷۰۰هزار هکتار، رتبه چهارم را در جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه دارا می‌باشد (Naseri *et al*., 2011).

کشاورزی پایدار، فعالیتی علمی و مبتنی بر اصول اکولوژیک است که هدف اصلی آن ایجاد حالت تعادل و رسیدن به پایداری در تولید می‌باشد (Koocheki *et al*., 2014). استفاده گسترده از کودهای شیمیایی یکی از مشکلات اصلی در محیط زیست و عامل افزایش هزینه است. مصرف کود شیمیایی در محیط منجر به افزایش فرسایش خاکی و در نتیجه ایجاد روان‌آب‌ها می‌گردد (Azadi *et al*., 2013)، بنابراین

* **نویسنده مسئول:** rahim.naseri@gmail.com

ریزوباکتری‌ها محرک رشد به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu *et al*., 2005).

ریزوباکترهای محرک رشد به عنوان مایه تلقیح میکروبی قابلیت دراختیارگذاشتن عناصر غذایی خاک از حالت غیرقابل دسترس به دسترس را برای گیاه زراعی از طریق فرآیندهای بیولوژیک دارند(Soleymani Fard & Nseri, 2014). باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزسپیریلوم* و *سودوموناس* از مهم‌ترین ریزوباکترهای محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، ضمن بهبود رشد و نمو گیاه موجب مقاومت به تنش‌های خشکی و شوری می‌گردند (Nadeem *et al*., 2007). تنش خشکی موجب تغییر در متابولیسم گیاهان می شود. این امر بر تعادل هورمونی تأثیر خواهد گذاشت و منجر به تولید اکسیژن فعال (ROS) و در نتیجه تنش اکسیداتیو خواهد شد. تجمع یون‌های سمی و ROSها تعادل روابط آبی و عناصر غذایی در گیاه را بر هم زده و از این طریق، رشد و نمو را با نقصان مواجه می‌سازد. ROSها دارای خاصیت اکسیدکنندگی قوی هستند و می‌توانند سبب خسارت به چربی‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و حتی خود غشاء سلول‌ها شوند (Heidari *et al*., 2013).

به منظور کاهش خسارت اکسیداتیو ناشی از تولید ROSها گیاهان از یک‌سری ترکیبات آنزیمی و غیرآنزیمی به عنوان سیستم آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌کنند. در بین ترکیبات غیرآنزیمی، ترکیبات آب‌دوست همانند آسکوربات و از ترکیبات چربی‌دوست، کاروتنوئیدها و در بین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، مواردی نظیر کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POD) و سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) باعث حذف و غیرفعال‌کردن ROSها می‌شوند (Bencze *et al*., 2011). ریزوباکتری‌ها محرک رشد با تولید آنتی‌اکسیدانت یا تعدیل فتوسنتز از طریق ROSها به گیاهان کمک می‌کنند (Yang *et al*. 2009). Creus *et al*, (2004) اظهار داشتند که تحت تنش خشکی عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) به دلیل استفاده از باکتری *آزسپریلیوم* کمتر کاهش یافت و دلیل این امر را افزایش محتوای آب نسبی و پتانسیل آب بیان کردند. کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی مربوط به افزایش تولید رادیکال-های اکسیژن در سلول عنوان شده است. این رادیکال‌ها سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شوند (Sheteawi & Tawfik, 2007). نشان داده شده است که باکتری *آزسپریلیوم* تحت تنش خشکی به دلیل افزایش محتوای آب نسبی و پتانسیل آب موجب بهبود عملکرد دانه می‌گردد (Creus *et al*., 2004) که دلیل این افزایش عملکرد، کاهش اثرات بازدارندگی خشکی روی ریشه‌ها و توسعه مؤثرتر سیستم ریشه برای جذب آب در تیمارهای تلقیح‌شده عنوان گردیده است (Zahir *et al*., 2008). در گزارش‌های Syndhya *et al*., 2010 *آزسپریلیوم* موجب بهبود زیست‌توده گیاهی و بهترشدن روابط آبی و کاهش تلفات آب در گیاه گردید. ریزوباکتری‌های محرک رشد از طریق تولید هورمون اکسین بر مورفولوژی ریشه اثر گذاشته و موجب افزایش سطح ریشه می‌گردند. افزایش رشد ریشه لوبیا را به تولید هورمون های گیاهی توسط *آزسپریلیوم* برازیلنس نسبت داده‌اند (German *et al*., 2000).

در شرایط اقلیمی ایلام، نخود معمولاً در دوره رشد رویشی تحت تأثیر تنش خشکی متناوب قرار می‌گیرد و در مرحله رشد زایشی با تنش خشکی انتهایی و گرما به صورت توأم مواجه می‌شود. از آنجا که آب قابل‌دسترس، عامل اصلی محدودکننده رشد در زراعت دیم می‌باشد، لذا یکی از راهکارهای بهبود تغذیه و رشد گیاه، استفاده از ریزوباکترهای محرک رشد است. ریزوباکترهای محرک رشد دارای خصوصیاتی هستند که می توانند با تأثیر بر گیاه از طریق بهبود شرایط تغذیه‌ای آن سبب افزایش مقاومت نسبت به عوامل نامساعد محیطی در زراعت دیم شوند. بنابراین هدف از اجرای این پ ژوهش تأثیر ریزو-باکتری‌ها محرک رشد بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، خصوصیات فیزیولوژیکی و رشد ریشه چهار رقم نخود در شرایط دیم استان ایلام بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله شهرستان سیروان، ایلام با عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۴۷دقیقۀ شمالی و طول جغرافیایی ۴۶درجه و ۳۶دقیقۀ شرقی با ارتفاع ۹۷۵متر از سطح دریا به صورت کشت دیم اجرا شد. متوسط بارندگی درازمدت سالیانه این منطقه ۶۰۰میلی‌متر و میانگین بارندگی طی فصل رشد ۳۲۶میلی‌متر بود (جدول ۱).

قبل از انجام آزمایش نمونه مرکب خاک محل آزمایش از عمق ۳۰-۰سانتی‌متر تهیه شد. خلاصه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج تجزیه خاک، نیازی به مصرف کود شیمیایی پتاسیم و فسفر در شرایط دیم نبود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

جدول ۱- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳

Table 1. Results of climatic properties of experimental location in 2014-2015

ماه Month		بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	دمای حداقل مطلق ماهانه (درجۀ سانتی‌گراد) Monthly absolute minimum temperature (ºC)	دمای حداکثر مطلق ماهانه (درجۀ سانتی‌گراد) Monthly absolute maximum temperature (ºC)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	تبخیر (میلی‌متر) Evaporation (mm)
مهرماه	October	50.7	5.4	34.8	44	151.1
آبان	November	77.7	0.2	26.4	59	65.4
آذر	December	45.1	1.2	19.6	70	26.7
دی	January	17.2	-4.6	18	64	6.6
بهمن	February	15.7	-1.6	20.2	55	0
اسفند	March	52.9	-4.4	23	55	0
فروردین	April	58.9	1.2	31	55	181.9
اردیبهشت	May	7.5	3	36.6	32	269.9
خرداد	June	0.1	15.6	41	20	400.6
تیر	July	0	18	45.2	22	395

تیمارهای آزمایش شامل سه رقم نخود (هاشم، آزاد و آرمان) و توده محلی و ریزوباکتری‌ها محرک رشد و کود شیمیایی نیتروژن (عدم مصرف کود نیتروژن، ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن، ۲۰کیلوگرم کود نیتروژن، *آزسپریلیوم برازیلنس* (*Azospirillum brasilense*)+عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، *آزسپریلیوم برازیلنس*+۱۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، *آزسپریلیوم برازیلنس*+۲۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، *ازتوباکتر کروکوم*+عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، *ازتوباکتر کروکوم* (*Azotobacter chroococcum*)+ ۱۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن و *ازتوباکتر کروکوم* + ۲۰کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن) درنظرگرفته شدند. زمین محل آزمایش یک سال قبل از کاشت شخم‌زده و بقایای محصول سال قبل در داخل خاک مدفون گردید. هموارکردن زمین نیز با ماله انجام شد. عملیات کاشت ۲۵آبان انجام شد. تراکم کاشت تمامی ارقام مورد مطالعه ۴۰بوته در مترمربع درنظرگرفته شد. در موقع کاشت، بیش از میزان لازم بذر مصرف شد و بعد از سبزشدن با تنک‌کردن، فاصله بوته‌ها در هر ردیف تنظیم شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Results of soil physical and chemical properties of experimental location

بافت خاک Soil Texture	روی قابل‌جذب Available Zinc $mgkg^{-1}$	پتاسیم قابل جذب Available Potassium $mgkg^{-1}$	فسفر قابل جذب Available Phosphor $mgkg^{-1}$	نیتروژن کل Total Nitrogen %	هدایت الکتریکی EC dSm^{-1}	اسیدیته‌گل اشباع pH	عمق Depth cm
Silty Clay Loam	0.92	320	15	0.5	0.35	7.5	0-30

هر کرت شامل شِش ردیف شِش‌متری با فواصل ردیف ۳۰سانتی‌متری و فواصل۶۰سانتی‌متری بین کرت‌های اصلی و دو متر بین تکرارها درنظرگرفته شد. به منظور یکنواختی بیشتر کشت به‌صورت دستی انجام شد. هم‌زمان با تنک کردن، وجین علف‌های‌هرز به صورت دستی انجام شد. قبل از کاشت، برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه‌تلقیح- که هر گرم آن دارای 10^{7}عدد باکتری زنده (Azadi *et al*., 2013) و فعال برای هر دو نوع ریزوباکتری‌ها محرک رشد بود- تهیه‌شده از بخش بیولوژی مؤسسه خاک و آب، مورد استفاده قرار گرفت و با آب شکر به غلظت دو درصد، آغشته شد.

میزان کود نیتروژن بر اساس آزمون خاک و توصیه کارشناسان بخش آب و خاک، در زمان کاشت و از منبع کود اوره تأمین و اعمال شد. به منظور استخراج و اندازه‌گیری صفات آنتی‌اکسیدانت و فیزیولوژیکی در مرحله گلدهی از برگ‌های بالایی و کاملاً توسعه‌یافته اقدام به نمونه‌گیری و به‌وسیله تانک نیتروژن مایع به آزمایشگاه منتقل گردید.

استخراج و اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

به منظور استخراج آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، ابتدا از هر تیمار ۰/۵گرم نمونه برگ تازه در نیتروژن مایع کاملاً خرد شد. سپس دو میلی‌لیتر بافر استخراج (تریس اسیدکلریدریک با اسیدیته ۷/۵) به آن اضافه گردید و در داخل هاون چینی به‌طور کامل هموژنیزه شد. نمونه‌های هموژن‌شده به مدت ۱۵دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۳۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. از عصاره بالایی حاصل جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان استفاده شد (Ramachandra-Reddy *et al*., 2004). در این پژوهش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Chance & Maehly, 1995).

برای سنجش مالون‌دی‌آلدئید، مقدار ۰/۵گرم از نمونه برگ تاز در هاون خرد شد. پودر برگ خردشده درون لوله فالکون‌های ۱۵میلی‌لیتری ریخته شد. سپس مقدار ۵میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰میلی‌مولار (pH=۷) که در درون ظرف یخ قرار داشت، به آن اضافه گردید. فالکون‌ها در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰دقیقه با سرعت ۱۴۰۰۰دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس یک میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ به تیوپ‌های دو میلی‌لیتری منتقل شده و یک میلی‌لیتر محلول ۰/۵درصد اسید تیوباربیوتیک حاوی اسید تری کلرواستیک ۲۰درصد به آن افزوده شد. مخلوط در حمام آب داغ (۱۰۰درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰دقیقه حرارت داده شد. سپس به منظور توقف واکنش، ظرف محتوی مخلوط حرارت‌داده‌شده به سرعت درون حمام یخ قرار گرفت. مخلوط سردشده با سرعت ۱۰۰۰۰دور در دقیقه به مدت۱۰دقیقه در دمای ۴درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. میزان جذب مخلوط به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۵۳۲نانومتر و ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (جذب در طول موج دوم جذب چربی‌های غیرخالص است که باید از جذب در طول موج اول کم شود و در محاسبه مقدار MDA ضریب خاموشی ۱۵۵ $cm^{-1}mM^{-1}$ نیز لحاظ گردید) (Stewart & Bewley, 1980).

میزان کلروفیلa و b در آغاز گلدهی از نمونه برگی به کمک روش Lichtenthaler & wellburn (1983) اندازه‌گیری شد. به این صورت که ۰/۲۵گرم برگ تازه را با استفاده از ۵میلی‌لیتر آب‌مقطر در هاون چینی کاملاً ساییده و سپس حجم آن با آب مقطر به ۱۲/۵میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۰/۵میلی‌لیتر از عصاره نمونه برداشته و با ۴/۵میلی‌لیتر استون ۸۰درصد مخلوط شد و محلول حاصل به مدت ۱۰دقیقه در ۳۰۰۰دور سانتریفیوژ و سپس میزان جذب نور توسط عصاره حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و در طول موج‌های ۶۶۳ (کلروفیلa) و ۶۴۶ (کلروفیل b) تعیین گردید. غلظت کلروفیلa و b از طریق معادله‌های زیر به دست آمدند:

معادله ۱ $Chlorophyll\ a=12.21\ (A_{663})-2.81(A_{646})$

معادله ۲ $Chlorophyll\ b= 20.13(A_{646})- 5.03(A_{663})$

در مرحله گلدهی کامل محتوی آب نسبی برگ با استفاده از روش Sanchez (1998) و با استفاده از معادله Levitt (1980) به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

معادله ۳ $$RWC(\%) = \frac{wt - wd}{wt - wd} \times 100$$

Wf: وزن تر بافت گیاه، Wt: وزن آماس‌یافته گیاه (اشباع‌شده از آب)، Wd: وزن خشک بافت گیاه.

جهت اندازه‌گیری خصوصیات ریشه در هر بوته در مرحله گلدهی از یک پروفایل مکعبی شکل به ابعاد ۵۰سانتی‌متر که به صورت دستی ایجاد شده بود، استفاده گردید. سپس پس از شستشوی ریشه، اقدام به اندازه‌گیری حجم ریشه، وزن‌خشک و طول اصلی ریشه گردید. حجم ریشه از طریق اختلاف حجم ایجادشده پس از قراردادن ریشه در حجم مشخصی از آب محاسبه شد. پس از قراردادن ریشه‌ها در ۷۲درجه به مدت ۴۸ساعت اقدام به اندازه‌گیری وزن‌خشک ریشه‌ها گردید. برداشت نهایی و تعیین عملکرد دانه با رعایت اثر حاشیه و حذف دو ردیف کاشت کناری و ۵۰سانتی‌متر از طرفین، از دو ردیف کاشت به طول شش متر از سطحی معادل چهار و نیم مترمربع انجام شد. برای تجزیه آماری، از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

اثر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌ها محرک رشد بر میزان کلروفیلa و b معنی‌دار بود (جدول ۳) و استفاده از ارقام تلقیح شده با ریزوباکتری‌ها محرک رشد موجب افزایش میزان کلروفیلa و b گردید. بیشترین میزان کلروفیلa و b در رقم آزاد و تیمار *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین میزان کلروفیلa و b در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن و عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد مشاهده شد (جدول ۴). واکنش ارقام مورد استفاده در تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد متفاوت بود. ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند، به‌طوری‌که میزان این صفات در رقم آرمان و توده محلی در تیمار کاربرد *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب ۶۶ و ۶۵درصد نسبت به

تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن و عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) افزایش نشان داد. رقم آزاد و هاشم با تیمار کاربرد *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن و عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) به ترتیب ۶۳ و ۵۸درصد افزایش نشان دادند (جدول ۴).

داده‌های هواشناسی که بر اساس روز از هواشناسی استان استخراج گردید، نشان داد که آخرین بارندگی فروردین‌ماه در ۲۱ و در ماه اردیبهشت جمعاً شامل ۷/۵میلی‌متر بارندگی (جدول ۱) در تاریخ‌های ۱۵، ۲۰ و ۲۱ به ترتیب ۳/۴، ۱/۹ و ۲/۲ میلی‌متر بودیم. همان‌طورکه آمار هواشناسی نشان می‌دهد میزان بارندگی در اردیبهشت‌ماه چنان نبود که بتواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد و در شرایط دیم بارندگی زیر۱۰میلی متر جزء بارندگی‌های مؤثر نمی‌باشد. بر اساس زمان نمونه-برداری که در تاریخ ۲۸اردیبهشت‌ماه بود و تا برداشت نهایی هیچ‌گونه بارندگی در منطقه دیگر صورت نگرفت. بنابراین مسلماً گیاه با تنش خشکی به دلیل نبود بارندگی و به دنبال آن گیاه نخود با افزایش دما و تنش گرمایی مواجه می‌گردد.

ارقام مورد استفاده به همراه ریزوباکتری‌ها محرک رشد به دلیل رشد رویشی بهتر گیاه نخود دارای بیشترین میزان کلروفیلa و b نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن و عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) در طول فصل رشد بودند. به نظر می‌رسد که در ارقام مورد پژوهش و ریزوباکتری‌ها محرک رشد تنش رطوبتی و مواد غذایی به‌طور قابل‌توجهی به دلیل سیستم گسترده ریشه در این تیمارها کمتر است (جدول ۶). سیستم فتوسنتز برگ‌ها نسبت به تنش گرما حساس می‌باشد و میزان فتوسنتز به دلیل تنش گرما بر میزان کلروفیل، قطع جریان الکترون، تغییرپذیری گرمایی فتوسیستمII و کاهش کربن تثبیت‌شده کاهش می‌یابد (Kaur *et al*., 2015). Gregersen & Holm (2007) بیان داشتند که طی تنش خشکی محتوی کلروفیل کاهش یافت و ارقام گندم دارای محتوای کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان دادند. غلظت کلروفیل برگ که نشانه پایداری فتوسنتز در گیاهان می‌باشد، به دلیل افزایش تجزیه آن تحت تنش گرما، کاهش می‌یابد (Kaur *et al*., 2015). در یک گزارش (Saghafi *et al*., 2013) بر روی گندم نشان داده شد که ریزوباکترهای محرک رشد در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) موجب افزایش صفات فیزیولوژیکی گردید، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیلa در تلقیح با این باکتری‌ها مشاهده گردید. گزارش‌ها مبنی بر این است که ریزوباکترهای محرک رشد از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر، گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شوند (Yousefpour *et al*., 2014).

اثر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌ها محرک رشد بر میزان محتوای آب نسبی معنی‌دار بود (جدول ۳). استفاده ارقام نخود تلقیح‌شده با *ازتوباکتر* و *آزسپریلیوم* موجب افزایش میزان محتوای آب نسبی گردید. بیشترین میزان محتوای آب نسبی در رقم آزاد به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین میزان محتوای آب نسبی در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۶۹درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

واکنش برهمکنش ارقام مورد استفاده در تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد متفاوت بود. ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند، به‌گونه‌ای‌که استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به همراه ریزوباکتری‌های محرک رشد در تمامی ارقام موجب افزایش معنی‌دار میزان محتوای آب نسبی گردید، به‌طوری‌که رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۵ و ۶۷درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد خود نشان داد. رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۳ و ۶۱درصد افزایش نشان دادند. بالابودن میزان محتوای آب نسبی ارقام نخود در حضور ریزوباکترهای محرک رشد را می‌توان به وضعیت بهتر گیاه در طول دوره رشد به دلیل نقش این باکتری‌ها بر سیستم ریشه‌دهی مرتبط دانست.

در گزارش Naveed *et al*, (2014) نشان داده شد که محتوای آب نسبی در تنش خشکی کم و استفاده از ریزوباکترهای محرک رشد موجب افزایش محتوای آب نسبی گردید. کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان تحت شرایط تنش خشکی باعث محدودشدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آن‌ها می‌گردد (Heidari & Karami, 2013). در گزارش Creus *et al*, (2004) بیان شد که عملکرد دانه به دلیل استفاده از باکتری *آزسپریلیوم* افزایش نشان داد. آن‌ها دلیل این امر را افزایش محتوای آب نسبی و پتانسیل آب بیان کردند که دلیل این امر کاهش اثرات بازدارندگی خشکی روی ریشه‌ها و توسعه مؤثرتر سیستم ریشه

برای جذب آب در تیمارهای تلقیح شده عنوان گردید (Zahir *et al*., 2008).

اثر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌ها محرک رشد بر میزان مالون‌دی‌آلدئید معنی‌دار بود (جدول ۳). ارقام نخود به همراه استفاده از ریزوباکتری‌های محرک رشد موجب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید گردید. کمترین میزان مالون‌دی‌آلدئید در رقم آزاد به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدئید در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۷۵/۳درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

در این مطالعه برهمکنش ارقام مورد استفاده و ریزوباکتری‌های محرک رشد بر میزان مالون‌دی‌آلدئید متفاوت بود. ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند، به‌گونه‌ای که استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به همراه ریزوباکتری‌ها محرک رشد در تمامی ارقام موجب کاهش معنی‌دار میزان مالون‌دی‌آلدئید گردید و رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر*+ ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۷ و ۶۵درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد خود نشان دادند. رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۷۶ و ۶۵درصد کاهش نشان دادند (جدول ۴).

در گزارش Vardharajula *et al*, (2011) نیز نشان داده شد که نشت‌پذیری غشاء گیاه در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد و تلقیح گیاه با ریزوباکترهای محرک رشد در مقایسه با تیمار عدم تلقیح گیاه موجب کاهش نشست‌پذیری غشاء می گردد. در گزارش Naveed *et al*, (2014) نشان‌داده شد که نشت‌پذیری غشاء در تنش خشکی زیاد شد و استفاده از ریزوباکترهای محرک رشد موجب کاهش نشت‌پذیری غشاء گردید.

اثر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌های محرک رشد بر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در رقم آزاد به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد بود که نسبت به تیمار شاهد ۶۵درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). واکنش ارقام مختلف نخود مورد استفاده در تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد بر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز متفاوت و ارقام واکنش متفاوتی از خود نشان دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند، به گونه‌ای که استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به همراه ریزوباکتری‌های محرک رشد در تمامی ارقام موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز گردید. رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۰ و ۵۸درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد خود نشان دادند.

رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد) ۵۲ و ۴۵درصد افزایش نشان دادند (جدول ۴). سازش گیاهان به شرایط تنش خشکی بستگی به افزایش سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در برابر افزایش سطح گونه‌های اکسیژن فعال دارد. محتوای گونه‌های اکسیژن فعال در سیستم‌های بیولوژیک توسط دو نوع سیستم دفاع آنتی اکسیدانی شامل روش‌های آنزیمی و غیرآنزیمی کنترل می‌شود.

سیستم آنزیمی مانند آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و غیره و سیستم غیرآنزیمی شامل بتاکاروتن‌آسکوربیک اسید، آلفاتوکوفرول، گلوتاتیون می‌باشد (Xu *et al*., 2008). بر اساس مطالعات انجام‌شده کاهش عملکرد دانه گندم، اساساً به دلیل کاهش رشد، کاهش سرعت فتوسنتز، کاهش محتوای پروتئین‌های محلول برگ‌ها و افزایش پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد (Gunes *et al*., 2006). Ahmadizadeh (2011) نشان داد که تنش خشکی در ارقام مختلف گندم نان سرعت فعالیت این آنزیم را افزایش داده است. این موضوع نشان می‌دهد که گیاهان برای مقابله با خشکی و ازبین‌بردن گونه‌های اکسیژن فعال و مبارزه با تنش ایجادشده، سرعت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت خود را افزایش می‌دهند. محققان نشان داده‌اند که تنش خشکی سبب کاهش صفات زراعی لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) و افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز شده است و همچنین بیان کردند که افزایش آنزیم‌های فوق در شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده اثر

این آنزیم‌ها در کاهش خسارات تنش اکسیداتیو و نقش مهم آن‌ها در مقابله با گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد (Ardalani *et al*., 2014). ریزوباکترهای محرک رشد از طریق افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نقش مهمی را در محیط ریزوسفر از طریق فراهم‌سازی حذف رادیکال‌های آزاد ایفا می کنند (Wang et al., 2007).

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مختلف نخود تحت تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد

Table 3. Analysis of variance of activities of antioxidative enzymes and physologiceal characteristics of different chickpea cultivars under PGPR

منابع تغییر S.O.V		درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	محتوی آب نسبی RWC	پراکسیداز Peroxidase	کاتالاز Catalase	مالون دی آلدئید MAD	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase
Replication	تکرار	2	1.42	1.45	132.14	66.05	147.17	1307.46	132.51
Cultivar	رقم	3	0.80**	0.87**	263.03**	107.13**	193.63**	2815.03**	148.90**
Chemical and Bio-fertilizer	کود زیستی و شیمیایی	8	5.26**	2.74**	627.01**	68.69**	1098.96**	34143.18**	279.30**
Cultivar× chem- Bio-fertilizer	رقم× کود	24	0.073**	0.033**	46.73**	1.58*	39.89**	872.96**	8.19**
Error	خطا	70	0.009	0.0058	0.80	0.52	15.88	86.53	1.05
C.V%	ضریب تغییرات (درصد)	-	5.07	5.16	2.60	6.61	4.06	2.11	5.35

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

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

اثر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌ها محرک رشد بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۳). *ازتوباکتر* و *آزسپریلیوم* در این پژوهش در ارقام مختلف نخود سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۶۹درصد افزایش نشان داد (جدول۴). برهمکنش ارقام مورد استفاده در ریزوباکتری های محرک رشد متفاوت بود. ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند، به‌گونه‌ای که استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به همراه ریزوباکتری‌های محرک رشد در تمامی ارقام موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد) ۶۱ و ۶۰درصد افزایش نشان داد.

رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۵۵ و ۵۹درصد افزایش نشان دادند (جدول ۴). نتایج تحقیقات نشان داد که افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به دلیل کاهش اثرات پراکسیداسیون در هنگام تنش‌های مختلف گیاهان زراعی گندم، جو (*Hordeum vulgare* L.)، سویا (*Glycine max* L.) و نخود در مقاومت گیاه به تنش نقش مهمی ایفا می‌کند (Esfandiari *et al*., 2007). در گزارش Chakraborty *et al*, (2013) نشان داده شد که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها در حضور ریزوباکتری‌های محرک رشد، زیاد گردید.

اثر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌های محرک رشد بر پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان پراکسیداز در رقم آزاد به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین میزان پراکسیداز در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۶۶درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند. استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به همراه ریزوباکتری‌های محرک رشد در تمامی ارقام موجب

افزایش معنی‌دار میزان پراکسیداز گردید، به‌طوری‌که رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد) ۶۰ و ۶۶درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد خود نشان دادند.

جدول ۴- اثر متقابل ریزوباکتری‌های محرک رشد و رقم بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و خصوصیات فیزیولوژیکی نخود

Table 4. Interaction effect of PGPR and cultivar on activities of antioxidative enzymes and physologiceal characteristics of chickpea

صفات Traits / تیمار Treatment		کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) Chlorophyll a (mg/gFW)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) Chlorophyll b (mg/gFW)	محتوی آب نسبی (درصد) RWC (%)	سوپر اکسید دیسموتاز (واحد آنزیمی در یک میلی‌گرم پروتئین) Superoxide Dismutase (enzyme per mg protein)	پراکسیداز (تغییرات جذب در دقیقه به ازای میلی گرم پروتئین) Peroxidase (absorption per minute per mg protein)	کاتالاز (تغییرات جذب در دقیقه به ازای میلی گرم پروتئین) Catalase (absorption per minute per mg protein)	مالون دی آلدئید (نانومول بر گرم برگ تر) MAD (Nano mol per leaf)
Arman	*No inoculation*No N fertilizer*	0.966^{s}	0.766^{op}	30.33^{q}	11.33st	5.66$_{o}$	6.46^{q}	84.33^{b}
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	1.016^{rs}	0.866^{no}	31.66^{q}	12.83^{q-s}	7.16^{n}	7.46^{op}	74.33^{f}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	1.066q^{rs}	0.966^{mn}	35.33^{o}	13.83^{pq}	8.16^{l-n}	8.46^{mn}	69.33^{g}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	1.50^{lm}	1.20^{kl}	37.66^{n}	15.50^{n-p}	9.16^{j-l}	9.16^{lm}	49.33^{k}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	2.40^{ef}	1.90^{de}	76.00^{fg}	22.66^{de}	11.16^{gh}	14.16^{e}	34.33^{n}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	2.10^{g}	1.70^{fg}	71.66^{h}	20.00^{g-i}	10.66^{hi}	13.16^{f}	39.33^{m}
	*Azetobacter*No fertilizer*	1.70^{jk}	1.40^{ij}	42.66^{l}	17.53^{k-m}	9.66^{i-k}	10.16^{jk}	44.33^{l}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	2.866b	2.133^{a-c}	89.00^{b}	28.56^{a}	14.30^{b-d}	16.73^{bc}	27.33^{p}
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	2.40^{ef}	1.800^{ef}	76.66^{f}	22.00^{d-f}	10.50^{n-j}	14.16^{e}	39.33^{m}
Azad	*No inoculation*No N fertilizer*	1.16^{pqr}	0.866^{no}	33.33^{p}	14.33^{o-q}	7.66^{mn}	7.46^{op}	74.33^{f}
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	1.216^{o-q}	0.966^{mn}	35.33^{o}	15.76^{m-o}	8.16^{l-n}	8.46^{mn}	79.33^{d}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	1.266^{n-p}	1.066^{lm}	38.33^{n}	16.30^{l-n}	10.16^{h-j}	9.46^{kl}	74.33^{f}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	1.90^{hi}	1.50^{hi}	45.66^{k}	19.45^{g-j}	12.66^{ef}	11.16^{hi}	49.33^{k}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	3.153^{a}	2.266^{a}	91.33^{a}	30.5^{a}	16.16^{a}	16.73^{bc}	21.33^{r}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	2.50^{de}	1.90^{de}	79.66^{e}	23.66^{cd}	14.16^{b-d}	15.16^{d}	44.33^{l}
	*Azetobacter*No fertilizer*	1.70^{jk}	1.30^{jk}	40.66^{m}	17.50^{k-m}	12.16^{fg}	10.16^{jk}	54.33^{j}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	2.60^{cd}	2.00^{cd}	79.66^{e}	25.00^{bc}	14.16^{b-d}	15.16^{d}	39.33^{m}
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	2.30^{f}	1.80^{ef}	74.66^{g}	22.00^{d-f}	13.66^{c-e}	14.16^{e}	44.33^{l}
Hashem	*No inoculation*No N fertilizer*	1.266^{n-p}	1.066^{lm}	35.33^{o}	16.33^{l-n}	9.66^{i-k}	7.46^{op}	79.33^{d}
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	1.316^{n-p}	1.166^{kl}	37.33^{n}	17.83^{j-l}	10.16^{h-j}	10.46^{ij}	81.33^{c}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	1.366^{m-o}	1.266^{k}	40.33^{m}	18.66^{h-k}	12.16^{fg}	11.46^{gh}	76.33^{e}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	2.00^{gh}	1.70^{fg}	47.66^{j}	20.50^{f-h}	13.66^{c-e}	13.13^{f}	54.33^{j}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	3.00^{ab}	2.266^{a}	92.66^{a}	29.83^{a}	15.33^{ab}	18.16^{a}	23.66^{q}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	2.60^{cd}	2.10^{bc}	81.66^{d}	25.00^{bc}	15.16^{ab}	17.16^{b}	49.33^{k}
	*Azetobacter*No fertilizer*	1.80^{ij}	1.500^{hi}	42.66^{l}	18.50^{i-k}	13.16^{d-f}	12.16^{g}	59.33^{i}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	2.700^{c}	2.20^{ab}	81.66^{d}	26.00^{b}	15.16^{ab}	17.16^{b}	44.33^{l}
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	2.40^{ef}	2.00^{cd}	76.66^{f}	23.00^{d}	14.66^{bc}	16.16^{c}	49.33^{k}
Mahali	*No inoculation*No N fertilizer*	0.916^{s}	0.666^{p}	28.33^{r}	10.33^{t}	5.16^{o}	5.66^{r}	86.33^{a}
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	0.966^{s}	0.766^{op}	30.33^{q}	11.83^{r-t}	7.00^{n}	6.66^{pq}	69.33^{g}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	1.018^{rs}	0.866^{no}	33.33^{p}	12.83^{q-s}	7.66^{mn}	7.66^{no}	64.33^{h}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	1.40^{mn}	1.00^{mn}	35.66^{o}	13.50^{qr}	8.66^{k-m}	8.16^{no}	44.33^{l}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	2.30^{f}	1.70^{fg}	74.66^{g}	21.00^{e-g}	10.66^{hi}	13.16^{f}	29.33^{o}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	2.00^{gh}	1.50^{hi}	69.66^{i}	18.00^{j-l}	10.16^{h-j}	12.16^{g}	34.33^{n}
	*Azetobacter*No fertilizer*	1.60^{kl}	1.20^{kl}	40.66^{m}	15.50^{n-p}	9.16^{j-l}	9.66^{j-l}	39.33^{m}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	2.60^{cd}	2.11^{bc}	85.66^{c}	25.00^{bc}	13.03^{ef}	14.16^{e}	32.66^{n}
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	2.30^{f}	1.60^{gh}	74.66^{g}	20.00^{g-i}	10.66^{hi}	13.16^{f}	34.33^{n}

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05.

رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۵۰ و ۴۰درصد افزایش نشان دادند (جدول ۴).

سایر گزارش‌ها نیز نشان داده شده است که بالابودن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت موجب بالارفتن قدرت تحمل گیاه به تنش خشکی می‌گردد. فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز و کاتالاز در ارقام مقاوم به خشکی گندم در مقایسه با ارقام حساس به خشکی مشاهده گردید (Sairam & Srivastava, 2001). Esfandiari & Vahdati (2012) گزارش کردند که با افزایش سن برگ توان دفاعی سلول کاهش یافته و میزان تولید اکسیدان‌ها بیش از جمع‌آوری آن‌هاست؛ بنابراین در اواخر رشد توانایی محافظتی سلول در مقابل رادیکال‌های اکسیژن فعال کاهش می‌یابد و سلول دچار تنش اکسیداتیو می‌شود. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی مثل کاتالاز در تیمار ریزوباکترها محرک رشد مثل *آزسپریلیوم* در سایر گزارش‌ها نیز آمده است (Heidari & Golpayegani, 2011).

اثر برهمکنش رقم در ریزوباکتری‌ها محرک رشد بر حجم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین حجم ریشه نخود در رقم آزاد به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین حجم ریشه در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد بود که نسبت به تیمار شاهد ۹۰درصد افزایش نشان داد (جدول۶). استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به همراه ریزوباکتری‌های محرک رشد در تمامی ارقام موجب افزایش معنی‌دار حجم ریشه گردید، به‌طوری‌که رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۸۴ و ۸۸درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد خود نشان داد. رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد) ۷۵ و ۶۵درصد افزایش نشان دادند (جدول ۶). تحقیقات نشان داده‌اند که سامانه ریشه‌ای عمیق‌تر تأثیر بیشتری بر عملکرد خواهد داشت. همچنین نتایج نشان داده است که تراکم ریشه در اعماق بیشترین تأثیر را بر میزان عملکرد در شرایط تنش خشکی دارد، زیرا در شرایطی که آب تنها در اعماق پایین ذخیره شده است، وجود ریشه در این نواحی می‌تواند رشد گیاه را تضمین کند (Jongrungklang *et al.*, 2012). ریزوباکتری‌های محرک رشد به دلیل تولید هورمون‌ها از جمله اکسین سبب تغییر در سیستم ریشه‌دهی می‌شوند که موجب افزایش سطح ریشه، طول مخصوص ریشه و سطح مخصوص ریشه می‌گردد (German *et al.*, 2000).

برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌های محرک رشد بر وزن‌خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین وزن‌خشک ریشه در رقم آزاد به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین وزن‌خشک ریشه در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۸۳درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند. استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به همراه ریزوباکتری‌های محرک رشد در تمامی ارقام موجب افزایش وزن‌خشک ریشه گردید، به‌طوری‌که رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد) ۷۶ و ۸۱درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد خود نشان دادند. رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد) ۷۴ و ۶۸درصد افزایش نشان دادند (جدول۶). در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده است که پیش‌تیمار با *آزسپیریلوم* سبب افزایش حجم و تعداد ریشه شده است (Bashan *et al.*, 1989). اندازه‌گیری‌ها نشان داده که حتی در شرایط تنش خشکی شدید، مقدار قابل‌توجهی رطوبت در اعماق خاک وجود دارد که با اصلاح صفاتی مانند افزایش نفوذ و گسترش ریشه می‌توان از آن بهره گرفت. گزارش Manske *et al*, (1995) نشان داد که باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* با تولید هورمون‌های گیاهی، رشد طولی و تراکم طول ریشه‌های گندم را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد.

واکنش ارقام تلقیح‌شده با *ازتوباکتر* و *آزسپریلیوم* بر طول ریشه اصلی معنی‌دار (جدول۵) بود و استفاده از این ریزوباکتری‌های محرک رشد موجب افزایش این صفت گردید. بیشترین طول ریشه اصلی در رقم آزاد به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین طول ریشه اصلی در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۷۳درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). در این آزمایش واکنش برهمکنش ارقام مورد استفاده و ریزوباکتری‌های محرک رشد متفاوت بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند، به‌طوری‌که رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و

۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۷ و ۶۴درصد افزایش نشان داد. رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* + ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۴ و ۵۷درصد افزایش نشان دادند (جدول ۶). گیاهان متحمل به تنش خشکی برای استفاده بهینه از آب موجود در خاک در شرایط کمبود آب طول ریشه خود را افزایش می‌دهند و این افزایش طول ریشه با کاهش قطر ریشه همراه است و در نتیجه، ریشۀ گیاه بهتر می‌تواند به منافذ خاک نفوذ و آب را جذب کند.

نشان داده شده است که باکتری *آزسپریلیوم* به دلیل تولید گاز نیتریک اکسید موجب ایجاد هورمون اکسین می‌شود که سبب افزایش گیاه در برابر تنش خشکی می‌گردد و به رشد ریشه در گیاه کمک می‌کند (Molina-Favero *et al.*, 2008). باکتری *آزسپریلیوم* موجب افزایش سطح ریشه، طول مخصوص ریشه و سطح مخصوص ریشه در مقایسه با تیمار شاهد در لوبیا گردید (German *et al.*, 2000).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش رقم و ریزوباکتری‌های محرک رشد قرار می‌گیرد (جدول ۵). نتایج حاصله، نشان‌دهنده برتری ارقام مورداستفاده به همراه ریزوباکتری‌های محرک رشد نسبت به تیمار شاهد بود. بیشترین عملکرد دانه در رقم آزاد و تلقیح با *آزسپریلیوم* و کمترین عملکرد دانه در رقم آرمان و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد بود که نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۵/۴درصد افزایش نشان داد (جدول ۶).

به نظر می‌رسد که استقرار و رشد زودتر در ابتدای فصل رشد، سبب استفاده بیشتر از شرایط مساعد محیطی شده و از طرف دیگر، اجزای عملکرد گیاه کمتر تحت تأثیر تنش رطوبتی و حرارتی در اواخر فصل رشد قرار گرفته باشد. واکنش ارقام تلقیح‌شده با *ازتوباکتر* و *آزسپریلیوم* معنی‌دار و استفاده از این ریزوباکتری‌های محرک رشد موجب افزایش این صفت گردید.

در این مطالعه همچنین مشاهده گردید که واکنش برهمکنش ارقام مورد استفاده و ریزوباکتری‌های محرک رشد متفاوت می‌باشد. ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به *آزسپریلیوم* و رقم آرمان و توده محلی واکنش بهتری به *ازتوباکتر* از خود نشان دادند، به‌طوری‌که رقم آرمان و توده محلی به‌علاوه *ازتوباکتر* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد خود (عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌ها محرک رشد) ۶۰ و ۵۶درصد افزایش نشان دادند.

رقم آزاد و هاشم به‌علاوه *آزسپریلیوم* و ۱۰کیلوگرم کود نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد) ۵۹ و ۴۹درصد افزایش نشان دادند (جدول ۶). ترشح مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها توسط *آزسپریلیوم* و *ازتوباکتر* به دلیل همیاری باکتری نخست با ریشه، مهم‌ترین سازوکار افزایش رشد و عملکرد دانه عنوان شده است. با توجه به این نتایج و این واقعیت که ریزوباکتری‌های محرک رشد مورداستفاده دارای قابلیت تولید تحریک‌کننده رشد گیاه هستند، به نظر می‌رسد همین سازوکار در افزایش عملکرد مؤثر بوده است (Hamidi *et al.*, 2009).

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس رشد ریشه ارقام مختلف نخود تحت تأثیر ریزوباکتری‌های محرک رشد

Table 5. Analysis of variance for Interaction effect of root growth of different chickpea cultivars under PGPR

منابع تغییر S.O.V		درجه آزادی d.f	حجم ریشه Root volume	وزن خشک ریشه Root dry weight	طول ریشه Root lenght	کل گره Total of nodal	گره فعال Active nodal	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	4.25	3.47	197.76	130.95	80.21	0.00055578
Cultivar	رقم	3	17.54**	9.64**	129.77**	91.47**	68.55**	0.00176310**
Chemical and Bio-fertilizer	کود زیستی و شیمیایی	8	79.44**	114.69**	632.96**	285.05**	666.97**	0.00898719**
Cultivar× chem- Bio-fertilizer	رقم× کود	24	0.98**	0.66**	15.70**	4.15**	3.57**	0.00022260**
Error	خطا	70	0.09	0.15	0.75	0.28	0.52	0.00006054
C.V%	ضریب تغییرات (درصد)	-	5.28	5.59	3.52	3.98	5.88	8.10

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

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

جدول ۶- اثر متقابل ریزوباکتری‌های محرک رشد و رقم بر عملکرد دانه و رشد ریشه نخود

Table 6. Interaction effect of PGPR and cultivar on grain yield and root growth of chickpea

صفات Traits / تیمار Treatment		عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع) Grain yield ($kg.m^{-2}$)	تعداد گره در بوته Total of nodal (number)	تعداد گره فعال در بوته Active nodal (number)	حجم ریشه در بوته (سانتی‌متر مترمکعب) Root volume (cm^3)	وزن خشک ریشه در بوته (گرم) Root dry weight in plant (g)	طول ریشه اصلی (سانتی‌متر) Root length (cm)
Arman	*No inoculation*No N fertilizer*	0.0561^{st}	18^{r}	8.83^{wx}	1.43^{rs}	2.44^{s-u}	11.96^{s}
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	0.0602^{r-t}	20.5^{p}	10.22^{t-v}	1.93^{qr}	2.74^{q-t}	14.96^{p-r}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	0.0634^{q-t}	22.20^{n}	11.65^{q-s}	2.43^{pq}	3.04^{p-s}	16.98^{no}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	0.0831^{j-n}	26.10^{jk}	15.04^{mn}	5.43^{k}	7.25^{lm}	25.50^{jk}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	0.1166^{de}	30.32^{e}	25.98^{fg}	7.63^{e-g}	9.10^{e-h}	28.66^{e-h}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	0.1016^{f-i}	28.32^{g}	23.64^{i}	6.93^{hi}	8.80^{g-i}	27.16^{hi}
	*Azetobacter*No fertilizer*	0.0931^{h-k}	27.32^{h}	16.02^{lm}	6.43^{ij}	7.75^{kl}	27.04^{hi}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	0.1433^{ab}	34.36^{b}	28.66^{bc}	9.20^{b}	10.33^{bc}	36.66a
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	0.1166^{de}	30.30^{e}	25.64^{gh}	7.43^{f-h}	8.90^{f-i}	30.16c-e
Azad	*No inoculation*No N fertilizer*	0.0616^{q-t}	19^{q}	9.43u-w	2.43^{pq}	2.94^{p-t}	13.56r
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	0.0649^{p-t}	21.50^{no}	10.55s-u	2.93^{op}	3.25^{o-r}	15.96^{op}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	0.0684^{p-s}	23.23^{m}	11.98p-r	3.43^{no}	3.55^{n-p}	17.98^{n}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	0.0982^{f-h}	27.33^{h}	16.98^{kl}	6.93^{hi}	8.25^{i-k}	28.06^{gh}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	0.1533^{a}	35.06^{ab}	30.83^{a}	9.86^{a}	11.50^{a}	37.66^{a}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	0.1216^{cd}	31.36^{d}	26.64^{e-g}	7.93^{d-f}	9.40^{d-g}	31.16^{cd}
	*Azetobacter*No fertilizer*	0.0881^{i-m}	27.13^{hi}	16.04^{lm}	5.93^{jk}	7.72^{kl}	27.16^{hi}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	0.01216^{cd}	31.33^{d}	27.00^{d-f}	8.13^{c-e}	9.60^{d-f}	29.66^{d-f}
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	0.1066^{e-h}	$29.21f^{g}$	24.64^{hi}	7.43^{f-h}	9.10^{e-h}	28.16^{f-h}
Hashem	*No inoculation*No N fertilizer*	0.0716^{n-r}	21.00^{op}	11.16^{r-t}	3.43^{no}	3.44^{n-q}	15.56^{o-q}
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	0.0749^{m-q}	23.53^{lm}	12.59^{pq}	3.93^{n}	3.75^{no}	18.13^{n}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	0.0784^{l-p}	25.23^{k}	14.01^{no}	4.43^{m}	4.05^{n}	19.98^{m}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	0.1082^{d-g}	29.33^{f}	18.01^{k}	7.43^{f-h}	8.75^{g-i}	29.95^{de}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	0.1416^{ab}	35.36^{a}	29.73^{ab}	9.80^{a}	10.83^{b}	36.83^{a}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	0.1316^{bc}	33.32^{c}	27.55c-e	8.43^{cd}	9.90^{cd}	33.10^{b}
	*Azetobacter*No fertilizer*	0.0981^{f-i}	29.11^{fg}	17.04^{kl}	6.43^{ij}	8.22^{i-k}	29.16^{efg}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	0.1316^{bc}	33.32^{c}	28.00^{cd}	8.63^{c}	10.10^{cd}	31.66^{bc}
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	0.1166^{de}	31.20^{de}	25.58^{gh}	7.93^{d-f}	9.80^{c-e}	30.06^{de}
Mahali	*No inoculation*No N fertilizer*	0.0529^{t}	17.20^{r}	7.83^{x}	0.93s	1.90^{u}	11.16^{s}
	*No inoculation*10 kg Nitrogen*	0.0572^{r-t}	19.53^{q}	9.25^{vw}	1.43rs	2.24^{tu}	14.23^{qr}
	*No inoculation*20 kg Nitrogen*	0.0604^{q-t}	21.28^{n-p}	10.67^{s-u}	1.93^{qr}	2.55^{r-u}	16.09^{op}
	*Azesperilluim*No fertilizer*	0.0801^{l-o}	24.17^{l}	13.05^{op}	4.93^{l}	6.75^{m}	23.20^{l}
	*Azesperilluim*10 kg Nitrogen*	0.1116^{d-f}	28.33^{g}	24.00^{i}	7.13^{gh}	8.60^{h-j}	25.66^{ij}
	*Azesperilluim*20 kg Nitrogen*	0.0966^{g-j}	26.35^{ij}	21.65^{j}	6.43^{ij}	8.30^{i-k}	24.16^{kl}
	*Azetobacter*No fertilizer*	0.0901^{i-l}	25.35^{k}	14.03^{no}	5.93^{jk}	7.88^{j-l}	24.11^{kl}
	*Azetobacter*10 kg Nitrogen*	0.1216^{cd}	31.06^{de}	25.72^{f-h}	8.13^{c-e}	10.00^{cd}	31.66^{bc}
	*Azetobacter*20 kg Nitrogen*	0.1116^{d-f}	28.32^{g}	23.65^{i}	6.93^{hi}	8.40^{h-k}	27.16^{hi}

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال ۵درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at α= 0.05.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشاهده گردید استفاده از ریزوباکتری‌های محرک رشد در ارقام مختلف اثرات مثبت و معنی‌داری بر گیاه نخود در مواجهه با تنش خشکی آخر فصل داشت، به‌طوری که سبب بهبود سنتز کلروفیل a و b و نیز افزایش تولید ترکیبات کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POD) و سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) گردید. معمولاً در غرب ایران نخود در مناطقی کشت می‌شود که رطوبت خاک محدودکننده و با خشکی انتهای فصل همراه است. زمین‌های این مناطق معمولاً از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، نامناسب هستند. در چنین مناطقی سیستم ریشه‌ای مناسب برای جذب حداکثر آب محدود موجود در خاک می‌تواند در ثبات عملکرد مؤثر باشد. استفاده از ریزوباکتری‌های محرک رشد در ارقام مختلف دارای تأثیر بسیار معنی‌داری بر سیستم ریشه ارقام نخود در این پژوهش بود.

منابع

1. Ahmadizadeh, M., Valizadeh, M., Zaefizadeh, M., and Shahbazi, H. 2011. Antioxidative protection and electrolyte leakage in durum wheat under drought stress condition. Journal of Applied Sciences Research 7 (3): 236-246.
2. Ardalani, Sh., Saedi, M., Jalali Honarmand, S., Ghobadi, M.A., and Abdoli, M. 2014. Physiological responses and antioxidant enzymes activity in bread wheat genotypes under drought stress after anthesis. Crop Physiology 6(21): 45-59.
3. Azadi S., Siadat, A., Naseri, R., Soleymanifard, A., and Mirzaei, A. 2013. Effect of integrated application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillium brasilense* and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. Journal of Crop and Ecophysiology 5(26): 129-146. (In Persian with English Summary).
4. Bashan, Y., Levanony, H., and Mitiju, G. 1989. Changes in proton efflux of intact wheat root induced by *A. brasilense* Cd. Canadian Journal of Microbiology 35: 691-697.
5. Bencze, S., Bamberger, Z., Janda, T., Balla, K., Bedő, Z., and Veisz, O. 2011. Drought tolerance in cereals in terms of water retention, photosynthesis and antioxidant enzyme activities. Central European Journal of Biology 6(3): 376-387.
6. Chakraborty, U., Chakraborty, B.N., Chakraborty, A.P., and Dey P.L. 2013. Water stress amelioration and plant growth promotion in wheat plants by osmotic stress tolerant bacteria. World Journal of Microbiology and Biotechnology 29: 789-803.
7. Chance, B., and Maehly, A.C. 1995. Assay of Catalase and Peroxidase. In: S.P. Culowic and N.O. Kaplan (Eds). Methods in Enzymology Vol. 2. Academic Press. Inc. New York, 764-765.
8. Cohen, A.C., Bottini, R., and Piccoli, P.N. 2008. Azospirillum brasilense Sp 245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increases ABA content in arabidopsis plants. Plant Grow Regular 54: 97-103
9. Creus, C.M., Sueldo, R.J., and Barassi, CA. 2004. Water relations and yield in *Azospirillum*- inoculated wheat exposed to drought in the field. Canadian Journal of Botany 82: 273-281.
10. Creus, C.M., Graziano, M., Casanovas, EM., Pereyra, M.A., Simontacchi, M., Puntarulo, S., Barassi, C.A., and Lamattina, L. 2005. Nitric oxide is involved in the Azospirillum brasilense-induced lateral root formation in tomato. Planta 221: 297-303.
11. Esfandiari, E., Shakiba, M.R., Mahboob, S.A., Alyari, H., and Toorchi, M. 2007. Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. Journal of Food, Agriculture and Environment 5: 149-153.
12. Esfandiari, E., and Vahdati R.D.A. 2012. Decline of tolerance in leaf photooxidative-stree with age in sunflower. Journal of Plant Biology 14: 1-14.
13. German, M.A., Burdman, S., Okon, Y., and Kigel, J. 2000. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. Biology and Fertillity of Soils 32: 259-264.
14. Gregersen, P.L., and Holm, P.B. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Plant Biotechnology Journal 5: 192-206.
15. Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal, A., Bagci, E.G., Coban, S., and Sahin, O. 2006. Antioxidant and stomatal response of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. Science Horticulture 110: 279-284.
16. Heidari, M., Miri, H.R., and Minaei, A. 2013. Antioxidant enzymes activity and biochemical components in borage (*Borago officinalis* L.) response to water stress and humic acid treatment. Environmental Stresses in Crop Science 6(2): 159-170. (In Persian with English Summary).
17. Heidari, M., and Karami, V. 2013. Study the effect of drought stress and mychorizal strains on grain and its components of chlorophyll content and biochemical componends in sufflower. Envirenmental Stresse in Crop Sciences 6(1): 17-26. (In Persian with English Summary).
18. Hamidi, A., Chaokan, R., Asgharzadeh, A., Dehghanshoar, M., Ghalavand, A., and Malakouti, M.J. 2009. Effect of plant growth promoting rhizobateria (PGPR) on phonology of late maturity maize (*Zea mays* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science 11 (3): 249-270. (In Persian with English Summary).
19. Heidari, M., and Golpayegani, A. 2011. Effects of water stress and inoculation withplant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 11: 57-61.
20. Jongrungklang, N., Toomsan, B., Vorasoot, N., Jogloy, S., Boote, K.J., Hoogenboom, G., and Patanothai, A. 2012. Classification of root distribution patterns and their contributions to yield in peanut genotypes under midseason drought stress. Field Crops Research 127: 181-190.

21. Kaur, R., Bains, T.S., Bindumadhava, H., and Nayyar, H., 2015. Responses of mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes to heat stress: Effects on reproductive biology, leaf function and yield traits. Scientia Horticulture. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.015.
22. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansoori, H. 2014. Assessing sustainable agriculture development status in Iran and offering of sustainability approaches. Agricultural Knowledge and Sustainable Production 23(4): 179-197.
23. Manske, G.G.B., Luttger, A.B., Behl, R.K., and Vlek, P.L.G. 1995. Nutrient efficiency based on VA mycorrhiza (VAM) and total root length of wheat cultivars grown in India. Journal of Applied Botany 69: 108-110.
24. Molina-Favero, C., Creus, C.M., Simontacchi, M., Puntarulo, S., and Lamattina, L. 2008. Aerobic nitric oxide production by *Azospirillum brasilense* Sp245 and itsinfluence on root architecture in tomato. Molecular Plant-Microbe Interactions 2: 1001-1009.
25. Nadeem, S.M, Zahir, Z.A, Naveed, M., and Arshad, M. 2007. Preliminary investigations on inducing salt tolerance in maize through inoculation with rhizobacteria containing ACC deaminase activity. Canadian Journal of Microbiology 53: 1141-1149.
26. 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).
27. Naveed, M., Baqir Hussain, M., Zahir, Z.A., Mitter, B., and Sessitsch, A. 2014. Drought stress amelioration in wheat through inoculation with *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. Plant Growth Regular 73: 121-131.
28. Ramachandra-Reddy, A., Chaitanya, K.V., Jutur, P.P., and Sumithra, K. 2004. Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. Environmental and Experimental Botany 52(1): 33-42.
29. Saghafi, K., Ahmadi, J., Asgharzadeh, A., and Bakhtiari, S. 2013. The effect of microbial inoculants on physiological responses of two wheat cultivars under salt stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 1(4): 421-431.
30. Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. Journal of Agronomy Crop Science 186: 63-70.
31. Sheteawi, S.A., and Tawfik, K.M. 2007. Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on Mungbean (*Vigna radiate*) growth and yield. Journal of Applied Sciences Research 3(3): 251-262.
32. Stewart, R.R., and Bewley, J.D. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiology 65(2): 245-248.
33. Vardharajula, S., Ali, S.Z., Grover, M., Reddy, G., and Bandi, V. 2011. Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp.: effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. Journal of Plant Interactions 6: 1-14.
34. Wang, Y.J., Wang, H.M., Yang, C.H., Wang, Q., and Mei, R.H.. 2007. Two distinct manganese-containing superoxide dismutase genes in *Bacillus cereus*: their physiological characterizations and roles in surviving in wheat rhizosphere. FEMS Microbiology Letters 272: 206-213.
35. Wu, Y., Thorne, E.T., Sharp, R.E., and Cosgrove, D.J. 2001. Modification of expansin transcript levels in the maize primary root at low water potentials. Plant Physiology 126: 1471-1479.
36. Xu, P.L., Guo, Y.K., Bai, J.G., Shang, L., and Wang, X.J. 2008. Effects of long-term chilling on ultrastructure and antioxidant activity in leaves of two cucumber cultivars under low light. Physiologia Plantarum 132: 467-478.
37. Yang, J., Kloepper, J.W., and Ryu, C. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends Plant Science 14: 1-4.
38. Yousefpour, Z., Yadvi, A., Balouchi, H.R., and Farajee, H. 2014. Evaluation of yield and some of physiological, morphological and phonological charactresticcs in sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical fertilizerof nitrogen and phosporous. Journal of Agroecology 6(3): 508-519. (In Persian with English Summary).
39. Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Arshad, M., and Shaharoona, B. 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. Journal of Microbiol Biotechnology 18: 958-963.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 62-76 (Research Article)

The effect of Plant Growth Promoting Rhizohacteria on activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics and root growth of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land conditions of Ilam privince

Naseri[1*], R., Soleymani Fard[2], A., Mirzaeir[3], A., Darabi[1], F. & Fathi[4], A.

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran (rahim.naseri@gmail.com; m.darabi8161@gmail.com, respectively)
2. Faculty Member, Department of Agriculture, Pyame Noor University, P.O.BOX: 19395-3697, Tehran, I.R. of Iran, soleymani877@gmail.com
3. Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran, amir.mirzaei53@gmail.com
4. Young Researchers and Elite Club, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

Received: 8 May 2017
Accepted: 20 January 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.64299

Introduction

Chickpea is widely cultivated as an important cool season grain legume crop throughout the world. According to FAO, Iran is one of the major chickpea (*Cicer arietinum* L.) producing countries in the world. In Iran, chickpea is the most important pulse crop with respect to production and area under cultivation. This crop is cultivated in about 500,000 ha, of which over 95 percent are grown under rainfed conditions. Average chickpea yield in Iran is about 400 to 600 kg.ha^{-1}, that is well below the world average of 900 kg.ha^{-1}. Drought and high temperature are two major factors limiting the growth and productivity of chickpea during summer in many regions. Drought stress is common in many parts of the world and more than 50% of the globe is arid or semi arid and plants are subjected to some level of drought stress. Drought stress can adversely affect plant growth and production. Plant response to drought stress, at cellular and molecular level, limits plant growth and yield. It has been shown that several PGPR can support plants by producing antioxidant factors or modulate photosynthesis decreasing ROS and thus lowering the need for antioxidant activity during stress which could explain why primed plants tend to decrease their own antioxidant defense system. Over reduction of the photosynthetic electron transport chain induces the generation of reactive oxygen species (ROS) such as singlet oxygen ($1O_2$), superoxide anion (O_2•-), hydrogen peroxide (H_2O_2), and hydroxyl radical (•OH). Therefore, the decline in growth and productivity due to these stress factors is associated with increased levels of ROS, which cause damage to cellular structures and macromolecules. In order to maintain or increase crop productivity it becomes necessary to evolve efficient low-cost technologies for abiotic stress management. It is now a priority area research for developing strategies to cope with abiotic stresses including development of stress tolerant varieties, shifting crop calendars, resource management practices etc. However, most of these techniques are cost-intensive and time taking. Recent studies indicate that soil microorganisms can help crops withstand abiotic stresses more efficiently. These include tolerance to salt and water stress (*Azospirillum sp., Pseudomanas sp, Bacillus sp*). The increased H_2O_2 content under stress conditions led to lipid peroxidation, which is widely used as an indicator of stress-induced oxidative damage. The relative water content (RWC) and lower electrolyte ion leakage (EL) in plants exposed to drought has been considered indicative of a relative tolerance to water stress. In our study, RWC declined while %EL increased in both inoculated and uninoculated seedlings under drought stress compared to normal irrigation. However, bacterial inoculation did help plants to increase their RWC and to decrease their %EL as compared with uninoculated plants in drought stress. Investigations involving wheat species and varieties have detected increases in the activity of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and non-specific peroxidase (guaiacol peroxidase, POD). The main objective was to evaluate the effects of Plant Growth Promoting Rhizohacteria on activities of antioxidative enzymes, physiologic traits and root growth of chickpea in dry land conditions of Ilam province.

*** Corresponding Author:** rahim.naseri@gmail.com

Materials & Methods

To evaluate the effect of Plant Growth Promoting Rhizohacteria on activities of antioxidative enzymes, physologiceal charactersitices and root growth of chickpea under dry land conditions of Ilam province, an experimental field was conducted using factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Research Center of Ilam during 2014-2015. Studied factors included cultivars (Azad, Hashem, Arman and locallandrace) and Plant Growth Promoting Rhizohacteria (without inoculation, 10 kg nitrogen, 20 kg nitrogen, *Azospirillum* + without nitrogen, *Azospirillum* + 10 kg nitrogen, *Azospirillum* + 20 kg nitrogen, *Azetobacter* + without nitrogen, *Azetobacter* + 10 kg nitrogen, *Azetobacter* + 20 kg nitrogen. Cultivars were sown on 16 November, 2013. Eeight rows with 30 cm width and 4 m long were designed during the growth season, hand weeding was done in necessary times. Studied traits were included of chlorophyll a and b, RWC, MAD, SOD, POD, CAT, root volum, dray root weight and main root length. The data were analyzed statistically by SAS program and the data means were compared by Duncan's multiple range test (DMRT).

Results & Discussion

The interaction effect between cultivars× PGPR on chlorophyll a and b, RWC, MAD, SOD, POD, CAT, root volume, dry root weight and main root length were significant. Application of nitrogen and PGPR in different cultivars provided better nutrition condition for plant growth by reducing reactive oxygen species (ROS) because these bacteria need these elements to grow and development. PGPR inoculation significantly increased the contents of chlorophyll a and b, RWC and decresed MAD content in chickpea plants. PGPR improved water status, enhance its defense system, and alleviate oxidative damage caused by drought stress. Drought stress damage decrease, evaluated as MDA content, has been observed under different stress conditions in PGPR. The improved plant growth under dry land farming was also observed in chickpea by inoculation of PGPR and application of N, which was found to be associated with enhanced, root system in field grown under rainfed condition.

Conclusion

Under dry land condition, due to the generation of reactive oxygen species, an efficient antioxidant system is needed in the plant. It has been observed that PGPR increase the activity of antioxidant enzymes of host plants. Study conducted on chickpea under dry land conditions showed that PGPR enhanced the activities of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase, peroxidase and catalase compared to those in un-inoculated control plants.

Keywords: Antioxidant, Chlorophyll content, Grain yield, Wter use efficiency

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۸۹-۷۷
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 77-89 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.66654

ارزیابی لاین‌های امیدبخش حاصل از جمعیت‌های محلی لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

محمدحسن کوشکی[1] و اکبر مرزوقیان[2]*

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران،mh_kooshki@yahoo.com

۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰

چکیده

به منظور بررسی لاین‌های خالص گزینش‌شده ازجمعیت‌های محلی لوبیای قرمز، ۱۴لاین به‌همراه دو رقم شاهد گلی و صیاد در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بروجرد، استان لرستان ارزیابی شد. ارتفاع گیاه، تعداد گره، تعداد شاخه فرعی، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. برش کلاستر و مقایسه گروه‌های با پتانسیل عملکرد دانه متفاوت به‌ترتیب با آماره‌های ویلکس لامبدا و مربعT هتلینگ نشان داد که همگی ژنوتیپ‌های قرارگرفته در گروه با عملکرد دانه بالا متعلق به لاین‌های امیدبخش بود که حاکی از پتانسیل مناسب توده‌های بومی در برنامه اصلاحی بود. بین گروه‌ها برای تعداد دانه در بوته نیز اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال۰/۰۱ وجود داشت. صفت وزن۱۰۰دانه، با وجود همبستگی پایین با عملکرد، در تجزیه رگرسیون در مدل باقی ماند و اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد دانه در بوته بر روی عملکرد داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها علاوه بر خلاصه‌کردن تعداد زیاد متغیر (صفت)ها، دارای توانایی مطلوب در تشخیص ژنوتیپ‌های پرمحصول و کم‌محصول بود. جمع‌بندی و ارتباط نتایج تجزیه‌های مختلف نشان داد که افزایش تعداد دانه در بوته نسبت به دیگر صفات ارزیابی‌شده منجر به افزایش بیشتر عملکرد دانه شده بود. نتایج این پژوهش می‌تواند در شناسایی و بهره‌گیری بهتر از صفات و ژنوتیپ‌های مطلوب در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده پژوهشگران قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: روش‌های آماری چند متغیره، عملکرد، گزینش غیرمستقیم، لاین خالص، لوبیا

مقدمــه

در راستای تأکید بر اهمیت جهانی حبوبات، سال۲۰۱۶ توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد سال جهانی حبوبات (International Year of Pulses) نامیده شد (FAO, 2016). در بین حبوبات، لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مهم ترین کشورهای تولیدکنندۀ لوبیا در آسیا، چین، ایران و ژاپن می‌باشند. سطح زیرکشت لوبیا در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳ در ایران ۹۴هزارهکتار بود که از این مقدار، ۱۷۸۴۱هکتار آن مربوط به استان لرستان با ۱۸/۹درصد بود. در بین انواع لوبیا در استان لرستان، بیشترین سطح زیرکشت به لوبیاقرمز اختصاص دارد (Anonymous, 2014).

تنوع وارتباط بین صفات عملکرد و اجزای آن در لوبیا توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است (Pradesh, 2010; Rai *et al*., 2010; Sofi *et al*., 2011; Karasu & oz, 2010; Sadeghi *et al*., 2011; Cokkizgin *et al*., 2013; Önder*et al*., 2013; Akhshi *et al*., 2015).

ارتباط مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در بوته با تعداد نیام در بوته، طول نیام و شاخص برداشت در لوبیای معمولی گزارش شده است (Salehi *et al*., 2008). نتایج این مطالعه نشان داد بیشترین ضریب همبستگی متعلق به تعداد دانه با عملکرد دانه در بوته بود. عملکرد دانه همبستگی مثبت با تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی، ارتفاع گیاه، طول نیام، تعداد نیام و تعداد دانه در بوته در لوبیا داشت (Ahmed, 2013). همبستگی‌های ساده نشان داد بین عملکرد دانه لوبیا با عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت ارتباط مثبت وجود داشت، درحالی‌که صفات روز تا گلدهی، ارتفاع اولین نیام و ارتفاع گیاه و تعداد نیام در بوته همبستگی منفی داشتند(Önder*et al*., 2013).

تجزیه مسیر با مشخص‌کردن اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر روی یکدیگر، به عنوان یک رهیافت قابل‌اعتماد در تفسیر علل و عوامل وجودی این همبستگی‌ها مثمرثمر خواهد بود (Gonsalves *et al*., 2017). تعداد دانه در بوته و شاخص

* **نویسنده مسئول:** a.marzooghian@areeo.ac.ir

برداشت اثر مستقیم مثبت بالایی روی عملکرد دانه در لوبیا داشت (Sadeghi *et al*., 2011). در تحقیق دیگری برای تعداد دانه در بوته نیز اثر مستقیم مثبت معنی‌دار روی عملکرد دانه لوبیا گزارش شده است، با این وجود وزن۱۰۰دانه اثر مستقیم منفی بر روی عملکرد دانه داشت و در عین حال دارای کمترین اثر مستقیم بر روی عملکرد دانه بود (Cokkizgin *et al*., 2013). صفت عملکرد دانه به میزان زیادی تحت تأثیر اثرات مستقیم مثبت عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت قرار می‌گیرد، در عین حال اثر تعداد شاخه اصلی و روز تا گلدهی بر روی عملکرد منفی بود (Önder*et al*. 2013). اثر مستقیم مثبت بالایی برای تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته بر روی عملکرد دانه تحت شرایط نرمال و تنش گزارش شده است وعلاوه بر آن، تعداد نیام در بوته بیشترین اثر غیرمستقیم منفی را از طریق شاخص برداشت تحت شرایط تنش در لوبیا داشت (Ambachew *et al*., 2015). در بررسی دیگری نتایج تجزیه علیت حاکی از اثر مستقیم مثبت تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی، تعداد نیام در بوته، طول نیام و وزن۱۰۰دانه بر روی عملکرد دانه لوبیا بود (Ahmed, 2013).

علاوه بر تجزیه مسیر، ارزیابی و ارتباط صفات با استفاده از دیگر روش‌های آماری چندمتغیره نظیر تجزیه کلاستر و تجزیه تابع تشخیص می‌تواند در درک بهتر این ارتباطات مثمرثمر واقع گردد. صفات زراعی و الگوهای پروتئینی ژنوتیپ‌های لوبیا با برخی از این روش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (Marzooghian *et al*., 2013; Akhshi *et al*., 2015).

بهبود ژنوتیپ‌های جدید با پتانسیل ژنتیکی بالا برای عملکرد دانه اصلی‌ترین هدف برنامه‌های اصلاحی است. برای رسیدن به این هدف بایستی در کنار بهبود ویژگی‌های اصلی، به نگهداری و تقویت همزمان آن‌ها در سراسر فرآیند گزینش نیز توجه کرد. هدف از این پژوهش شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب و ارتباط بین صفات مهم و بررسی این صفات با استفاده از برخی روش‌های آماری چندمتغیره جهت بهبود ژنوتیپ‌ها برای استفاده اصلاح‌گران در برنامه‌های اصلاحی بود. همچنین جمع‌بندی و ارتباط نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌های متفاوت مورد بررسی به‌عنوان یک رهیافت کاربردی مدنظر بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد با مختصات طول جغرافیایی ۴۸درجه و ۵۲دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۴۴دقیقه شمالی با ۱۴۹۷متر ارتفاع از سطح دریا واقع در کیلومتر۲۰ جنوب‌شرق شهرستان بروجرد، استان لرستان اجرا شد.

در فروردین سال۱۳۹۰ یک قطعه مناسب از اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد انتخاب و پس از انجام آزمون خاک، در اولین فرصت کلیه عملیات شخم، دیسک، لولر و فاروزنی انجام شد. مقدار کود موردنیاز نیز که بر اساس آزمون خاک مشخص شد، قبل از انجام عملیات دیسک و لولر به نسبت مساوی در زمین پخش گردید. کود مصرفی شامل اوره به‌میزان ۱۵۰کیلوگرم در هکتار (در دو مرحله زمان شخم و قبل از گلدهی به نسبت مساوی)، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم هریک به‌میزان۱۰۰کیلوگرم در هکتاربود. میزان قابل‌جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم آزمایش خاک به ترتیب برابر با ۰/۰۶درصد، ۷ پی‌پی‌ام و ۱۷۵پی‌پی‌ام بود. همچنین به منظور کنترل علف‌های‌هرز، از علف‌کش قبل از کاشت ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار (قبل از دیسک‌زنی) استفاده شد و ادامه مراحل کنترل علف‌های‌هرز به‌صورت دستی بود.

اسامی لاین‌های به خلوص‌رسیده منتخب (حاصل از جمعیت‌های محلی جمع‌آوری‌شده از سال‌های قبل) در جدول۱ نشان داده شده است. تعداد ۱۴لاین از توده‌های لوبیای قرمز شهرستان‌های ازنا (دو لاین)، الیگودرز (چهار لاین)، الشتر(یک لاین)، بروجرد (یک لاین)، دورود (دو لاین)، شازند (دو لاین) و نورآباد (دو لاین) انتخابی از سال‌های قبل در کنار ارقام شاهد صیاد و گلی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار کاشته شدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول شِش متر و به فاصله۵۰سانتی‌متر بود. کاشت تیمارها به صورت دستی انجام گرفت و کلیه عملیات داشت مانند تغذیه، آبیاری و وجین در همه تیمارها یکسان بود.

در این آزمایش، صفات ارتفاع گیاه، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد نیام در بوته، طول نیام، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، آزمون نرمال‌بودن با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در سطح احتمال۰/۰۱ انجام شد. جهت برآورد واریانس‌های خطا(σ^2_e)، ژنتیکی(σ^2_t) و فنوتیپی(σ^2_p) و وراثت‌پذیری عمومی(h^2_b) در واحد میانگین تیمار، به‌ترتیب از معادلات ۱، ۲، ۳ و ۴ استفاده گردید.

معادله (۱)

$$\sigma^2_e = MS_e$$

معادله (۲)

$$\sigma^2_t = (MS_t - MS_e)/r$$

معادله (۳)

$$\sigma^2_p = \sigma^2_t + \sigma^2_e/r$$

معادله (۴)

$$h^2_b = \sigma^2_t/\sigma^2_p$$

که MS میانگین مربعات می‌باشد.

جدول ۱- اسامی لاین‌های حاصل از توده‌های لوبیای قرمز جمع‌آوری‌شده به‌همراه ارقام شاهد

Table 1. The name of elite lines, origin from local populations of red common bean, with the control cultivars

شماره ژنوتیپ Genotype number	نام	Name	شماره ژنوتیپ Genotype number	نام	Name
1	دورود-۱	Durood-1	9	دورود-۲	Durood-2
2	ازنا-۱	Azna-1	10	نورآباد-۱	Noorabad-1
3	ازنا-۲	Azna-2	11	نورآباد-۲	Noorabad-2
4	الیگودرز-۱	Aligoodarz-1	12	شازند-۱	Shazand-1
5	الیگودرز-۲	Aligoodarz-2	13	شازند-۲	Shazand-2
6	الیگودرز-۳	Aligoodarz-3	14	الشتر	Aleshtar
7	الیگودرز-۴	Aligoodarz-4	15	گلی(شاهد)	Goli(Check)
8	بروجرد	Borujerd	16	صیاد(شاهد)	Sayad(Check)

همچنین انحراف معیار(S.E) واریانس ژنتیکی از معادلـه۵ برآورد شد.

معادله (۵)

$$S.E_{(\sigma^2_t)} = \sqrt{[1/r^2\ 2MS_t^2/(DF_t+2) + 2MS_e^2/(DF_e+2)]}$$

که DFبیانگر درجات آزادی در رابطه فوق می‌باشد.

معنی‌داربـودن واریـانس ژنتیکـی بـا اسـتفاده از معادلـه۶ آزمون شد.

معادله (۶)

$$\sigma \geq \pm\ [1.96_{(0.05)}, 2.58_{(0.01)}]\ S.E_{(\sigma^2_t)^2_t}$$

تجزیه کلاستر بر اسـاس روشUPGMA انجـام شـد و از آماره ویلکس لامبدا در معادله۷ جهت برش کلاسـترها اسـتفاده شد.

معادله (۷)

$$\text{Wilks' lambda} = SS_{\text{within group}}/SS_{\text{total}}$$

که در این رابطـه $SS_{\text{within group}}$ بیـانگر مجمـوع مربعـات درون گروهی و SS_{total} مجموع مربعات کل می‌باشد.

سـپس بـه هـر گـروه حاصـل از تجزیـه کلاسـتریک کـد اختصاص گرفت و این گروه‌ها با یکدیگر مقایسه شدند. با وجـود این به منظور تثبیت خطای نوع اول، ابتدا از آزمونT^2 هتلینگ در سطح احتمال۰/۰۵ اسـتفاده شـد. قبـل از انجـام آزمـونT^2 هتلینگ نیز نرمال‌بودن توزیع هر یک از متغیرهـا و یکنـواختی ماتریس‌های واریانس کوواریانس از طریق آزمونBOX درسطح احتمال۰/۰۱ مورد بررسی قرار گرفت. سـپس در مـورد صـفاتی که T^2 هتلینگ آنها معنی‌دار گردید، مقایسه‌هـا بـر اسـاس هـر کدام از صفات صورت پذیرفت. جهـت ارتبـاط صـفات از آمـاره ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

در تجزیـه رگرسـیون صـفت عملکـرد بـه‌عنـوان متغیـر وابسته(y) و بقیه صفات به‌عنوان متغیر مستقل(x) درنظرگرفته شد و از مدل گام‌به‌گام اسـتفاده گردیـد و از صـفاتی کـه دارای ضریب رگرسیون استانداردشده معنی‌دار بودند، در تجزیه علیت استفاده شد. علاوه بر آن، میزان چندهم‌خطی متغیرها بـا آمـاره فاکتور تورم واریانس یا VIF(Variance inflation factor) از طریق معادله۸ مـورد آزمـون قـرار گرفـت. همبسـتگی سـریال (Serial correlation) نیـز بـا آمـاره دوربـین-واتسـون(D) از طریق معادله۹ آزمون شد.

معادله (۸)

$$VIF = 1/1\text{-}r^2_{ij}$$

که در رابطه بالا r ضریب همبستگی می‌باشد.

معادله (۹)

$$D = \Sigma\ (e_i - e_{i-1})^2/\Sigma\ e_i^2$$

که e_i مقدار خطای دادهi اُم و e_{i-1} مقدار خطای داده قبـل از آن می‌باشد.

همبستگی چندمتغیره صـفات در تجزیـه بـه عامـل‌هـا بـا آزمون کروی‌بودن بارتلت در سطح احتمال۰/۰۱ آزمـون شـد و عامل‌هایی که دارای مقادیر ویژه بیشتر از یـک بودنـد، انتخـاب شـدند. بـرای تجزیـه و تحلیـل‌هـای آمـاری از نـرم‌افزارهـای SPSS،Excel و MSTAT-C استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد برای صفات مـورد بررسـی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال۰/۰۱ مشاهده شد (جدول۲). نتایج جدول مقایسات میانگین نشـان داد از نظـر صـفت تعـداد شاخه فرعی بیشترین و کمترین مقدار مشاهده‌شده بـه ترتیـب به لاین شماره۱۳ با داشتن هفت ساقه فرعی و رقم شماره۱۶ با تعداد ۳/۶شاخه تعلق داشت (جـدول ۳). از نظـر ویژگـی طـول نیام رقم شماره۱۶ با ۱۰/۴۲سانتی‌متر دارای بیشترین طول نیام در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. برای صفت وزن۱۰۰دانه لاین شماره ۱۰ با ۳۵/۴۲گرم دارای بیشترین و رقم شماره۱۶ با ۲۶/۸۵ گرم دارای کمترین مقدار بود.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس و آزمون‌های معنی‌دار برای صفات ارزیابی‌شده در لوبیای قرمز

Table 2. The results of ANOVA and significant tests for evaluated traits in studied red common beangenotypes

		میانگین مربعات MS							
منابع تغییرات SOV	درجات آزادی DF	ارتفاع PH	تعداد گره NN	تعداد شاخه فرعی SN	تعداد نیام PN	طول نیام PL	تعداد دانه بوته SNPP	وزن۱۰۰دانه 100SW	عملکرد دانه SY
تکرار Replication	3	121.93 ns	2.89 ns	0.66 ns	22.08 ns	0.242 ns	118.51 ns	6.60 *	421334 ns
تیمار Treatment	15	900 **	14.35 **	3.67 **	35.54 **	1.06 **	733 **	20.72 **	228941 **
خطا Error	45	122	3.21	0.736	13.84	0.258	97.57	1.80	368900
ضریب تغییرات (درصد) CV %		7.36	4.47	4.98	2.56	4.14	7.52	11.5	6.20
آزمون نرمال‌بودن Test of normality (K-S)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns، * و **: به‌ترتیب، غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال۰/۰۵ و معنی‌دار در سطح احتمال۰/۰۱

ns, * and **: Non significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 seed weight) & SY (Seed yield), SOV (Source of variation), DF (Degree of freedom), MS (Mean square), CV (Coefficient variation), K-S (Kolmogorov-Smirnov test)

جدول۳- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده

Table 3. Mean comparison for evaluated traits

شماره ژنوتیپ Genotype number	ارتفاع (سانتی‌متر) PH (cm)		تعداد گره NN		تعداد شاخه فرعی SN		تعداد نیام PN		طول نیام PL		تعداد دانه بوته SNPP		وزن۱۰۰دانه (گرم) 100SW (g)		عملکرد دانه (گرم) SY (g)	
1	103.42	cd	18.12	bc	4.32	cd	24.97	abcd	8.67	e	78.32	bcd	30.92	bcde	4840	bc
2	104.90	cd	21.35	a	4.80	cd	23.58	abcd	8.67	e	80.32	bc	27.90	fgh	4476	bcde
3	108.25	bcd	18.50	b	5.42	c	22.97	abcd	9.00	bcde	74.00	bcd	29.45	defg	4347	bcde
4	101.67	cd	17.50	bc	5.05	c	23.12	abcd	8.700	e	61.90	d	30.65	bcde	3793	de
5	101.27	cd	18.22	abc	5.12	c	28.10	a	9.77	ab	102.00	a	29.07	efg	5949	a
6	96.80	de	17.10	bcd	5.20	c	27.25	ab	9.17	bcde	100.52	a	31.15	bcde	6058	a
7	113.87	bcd	16.32	bcd	4.17	cd	21.20	bcd	8.75	de	73.95	bcd	32.07	b	4738	bcde
8	98.12	d	16.35	bcd	4.62	cd	19.05	d	8.82	cde	65.05	cd	31.57	bcd	4102	cde
9	134.97	a	18.07	abc	5.57	bc	19.45	d	9.67	ab	65.37	cd	31.90	bc	4159	cde
10	122.50	ab	18.17	b	6.77	ab	21.80	bcd	9.47	bcde	69.95	cd	34.22	a	4810	bcd
11	81.20	ef	13.3	e	3.55	d	22.00	abcd	8.82	cde	66.40	cd	29.85	cdef	3852	cde
12	101.60	cd	15.13	cde	4.92	cd	20.80	cd	9.57	bcd	72.82	bcd	35.42	a	5163	ab
13	124.07	ab	16.17	bcd	7	a	19.67	d	9.70	ab	62.37	d	31.72	bc	3922	bcde
14	103.32	cd	17.97	bc	4.20	cd	26.67	abc	9.07	bcde	98.05	a	29.72	cdef	5715	a
15	119.32	abc	17.00	bcd	5.17	c	19.67	d	9.62	abc	67.60	cd	27.60	gh	3715	e
16	75.7	f	14.25	de	3.6	d	19.10	d	10.42	a	87.67	ab	26.85	h	4715	bcde

میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار حداقل یک حرف مشترک دارند، درسطح۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means within each column and treatment with a letter in common are not significant at 0.05 probability level.

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 seed weight), SY (Seed yield)

در مورد عملکرد دانه مشاهده شد که لاین‌شماره۶ (انتخابی از توده الیگودرز)، لاین شماره۵ (انتخابی از توده الیگودرز)، و لاین شماره۱۴(انتخابی از توده الشتر) به‌ترتیب با عملکرد دانه ۶۰۵۸کیلوگرم در هکتار، ۵۹۴۹کیلوگرم در هکتار و

۵۷۱۵کیلوگرم در هکتار، با بقیه اختلاف معنی‌دار داشتند و کمترین میزان عملکرد دانه متعلق به رقم شماره۱۵ (گلی) با ۳۷۱۵کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد دانه بالاتر لاین‌ها نسبت به ارقام شاهد بیانگر این موضوع بود که توده‌های محلی لوبیای قرمز می‌تواند به‌عنوان یک منبع غنی ژرم‌پلاسم هتروزیگوت که مخلوطی از ژنوتیپ‌های هموزیگوت می‌باشد، جهت گزینش ارقام پُرمحصول و درعین‌حال سازگار، موردتوجه بیشتر قرار گیرد.

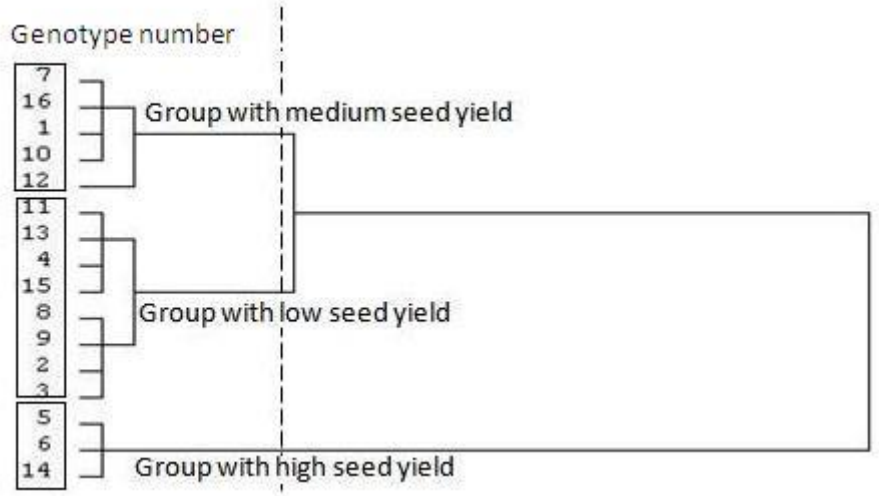
تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها

با تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌ها در سه گروه کم، متوسط و پُرمحصول به‌ترتیب برابر با میانگین ۴۰۶۲، ۴۸۵۲ و ۵۹۴۱کیلوگرم در هکتار قرار گرفتند (شکل ۱). بین گروه‌های با عملکرد دانه کم و متوسط، برای ویژگی‌های تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه در سطح احتمال۰/۰۱ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۴). گروه‌های با عملکرد دانه متوسط و زیاد برای صفات تعداد دانه در بوته در سطح احتمال۰/۰۱ تفاوت معنی‌دار نشان دادند، درحالی‌که برای صفات تعداد گره و وزن۱۰۰دانه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال۰/۰۵ مشاهده شد. مقایسات گروه‌های با عملکرد کم و زیاد نشان داد که بین این دو گروه برای صفات تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته تفاوت در سطح احتمال۰/۰۱ بود. مقایسه همه گروه‌ها نشان داد صفت تعداد دانه در بوته نقش اساسی را در تمایز همه گروه‌ها داشت و این احتمال در سطح۰/۰۱ بود. میانگین صفت تعداد دانه در بوته برای گروه‌های با عملکرد دانه کم، متوسط و زیاد به ترتیب برابر با ۶۷/۸۷، ۷۶/۵۴ و ۱۰۰/۱۹ بود. می‌توان از صفت تعداد دانه در بوته به عنوان یک شاخص و ویژگی کاربردی برای بهبود عملکرد بهره گرفت.

آماره‌های توصیفی

ویژگی‌های صفات مورد مطالعه نشان داد که این پتانسیل‌ها می‌تواند مورد استفاده به‌نژادگرها در برنامه‌های اصلاحی قرار گیرد (جدول ۵). بیشترین و کمترین درصد ضریب تغییرات ژنتیکی به ترتیب مربوط به تعداد شاخه فرعی با ۲۴/۱ و طول نیام با ۷/۳ تعلق داشت. ارزیابی این ضریب نشان می‌دهد که بهبود پایه ژنتیکی برخی صفات با استراتژی های مناسب از قبیل تلاقی و واردکردن ژرم‌پلاسم در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند مدنظر به‌نژادگران قرار گیرد. وراثت‌پذیری عمومی بالا و معنی‌دار در واحد میانگین تیمار در سطح احتمال۰/۰۱ برای همه صفات مورد اندازه‌گیری به‌جُز تعداد نیام در بوته مشاهده شد.

بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی در واحد میانگین برای صفت وزن۱۰۰دانه برابر با ۰/۹۱ بود. وراثت‌پذیری بالا برای ارتفاع و وزن۱۰۰دانه در لوبیا گزارش شده است (Ahmed, 2013). یکی از دلایل وراثت‌پذیری بالای صفت وزن۱۰۰دانه به ماهیت ژنتیکی این صفت مربوط است که می توان به آن به‌عنوان یک نشانگر مورفولوژیکی قابل‌اعتماد در تشخیص مراکز اصلی تنوع لوبیا (یکی از کلیدهای شناسایی مراکز تنوع لوبیا بر اساس وزن۱۰۰دانه می‌باشد) اشاره نمود (Pereira *et al*., 2009; Marzooghian *et al*., 2013).



شکل ۱- تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها بر اساس UPGMA و برش کلاسترها با استفاده از آماره ویلکس لامبدا

Fig. 1. Cluster analysis for genotypes based on UPGMA and cluster cutting by Wilks'lambda statistic

جدول ۴- میانگین گروه‌ها برای صفات تحت بررسی

Table 4. Mean of groups for studied traits

صفات Traits	گروه‌های با عملکردِ Groups with seed yield		گروه‌های با عملکردِ Groups with seed yield		گروه‌های با عملکردِ Groups with seed yield	
	کم Low	متوسط Medium	متوسط Medium	زیاد High	کم Low	زیاد High
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) PH (cm)	109.06	103.62	103.62	100.46	109.06	100.46
تعداد گره NN	17.28	16.40	16.40 *	17.76 *	17.28	17.76
تعداد شاخه فرعی SN	5.15	4.76	4.76	4.84	5.15	4.84
تعداد نیام در بوته PN	21.19	21.57	21.57	27.34	21.19 **	27.34 **
طول نیام PL	9.12	9.38	9.38	9.34	9.12	9.34
تعداد دانه در بوته SNNP	67.78 **	76.54 **	76.54 **	100.19 **	67.78 **	100.19 **
وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100SW (g)	30.08 **	31.91 **	31.91 *	29.65 *	30.08	29.65 *

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 at probability level, respectively

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 seed weight), SY (Seed yield)

جدول ۵- برخی ویژگی‌های صفات تحت بررسی

Table 5. Some of characteristics for under studied traits

صفات Traits	میانگین Mean	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	واریانس Variance	ضریب تغییرات ژنتیکی CV_g	وراثت‌پذیری عمومی در واحد میانگین h^2_b
ارتفاع گیاه PH (cm)	105.75	68.60	146.30	307.57	0.17	0.86 **
تعداد گره NN	17.10	12.60	26.30	5.85	0.14	0.77 **
تعداد شاخه فرعی SN	4.97	3.00	9.00	1.43	0.24	0.80 **
تعداد نیام در بوته PN	22.46	15.30	33.10	19.40	0.20	0.61 *
طول نیام PL	9.25	8.10	11.50	0.45	0.07	0.75 **
تعداد دانه در بوته SNNP	76.65	48.00	109.50	250.09	0.21	0.87 **
وزن ۱۰۰دانه (گرم) 100SW (g)	30.57	26.38	38.59	6.54	0.08	0.91 **
عملکرددانه (گرم) SY(g)	4661	2567	6622	828661	0.20	0.83 **

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 at probability level, respectively

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 Seed weight) & SY (Seed yield)

CV_g (Coefficient of Genetic Variation), h^2_b (Broad sense heritability per treatment mean)

استفاده از آماره وراثت‌پذیری عمومی در واحد میانگین نسبت به برآورد مرسوم وراثت‌پذیری (وراثت‌پذیری عمومی در واحد کرت) مفهومی علمی‌تر و دقیق‌تر دارد و علاوه بر تعدیل اثر تعداد تکرار در جهت کاهش واریانس فنوتیپی در واحد میانگین نسبت به واریانس فنوتیپی در واحد کرت، در نهایت موجب افزایش وراثت‌پذیری‌پذیری عمومی می‌گردد.

همبستگی‌های ساده

در جدول۶، ارتباط صفات اندازه‌گیری‌شده با یکدیگر نشان داده شده است. بین صفات ارتفاع گیاه با تعداد گره و تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام در بوته با تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه همبستگی در سطح احتمال۰/۰۱ مشاهده شد، درحالی‌که همبستگی صفات تعداد گره با تعداد شاخه فرعی، تعداد شاخه فرعی با وزن۱۰۰دانه، تعداد دانه در بوته با وزن۱۰۰دانه در سطح احتمال۰/۰۵ بود. ارتباط تعداد دانه در بوته با وزن۱۰۰دانه منفی و به میزان *۰/۳۱- بود، درحالی‌که برای تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه بیشترین ارتباط به میزان**۰/۹۱ مشاهده شد. ارتباط مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در بوته با تعداد نیام در بوته در لوبیای معمولی گزارش شده است (Salehi *et al*., 2008). با وجود این، ضریب همبستگی بالاتری برای تعداد دانه با عملکرد دانه گزارش شده است (Ahmed, 2013). دانش درباره ارتباطات موجود بین صفات، از قبیل همبستگی‌ها، یکی از اجزای مهم در بهبود برنامه‌های به‌نژادی گیاهان زراعی است که به فرآیند گزینش کمک شایانی می‌کند. برپایه همبستگی‌های ساده برای صفات مرتبط که از پیچیدگی ژنتیکی کمتر برخوردار هستند، با گزینش غیرمستقیم برای صفت اصلی که پیچیدگی ژنتیکی بیشتری دارد، می‌توان به شکل سریع‌تری در مقایسه با گزینش مستقیم برای آن صفت اقدام کرد. Amorim *et al*, (2008) اظهار داشتند عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است و حاصل ارتباط اجزای عملکرد می‌باشد که بایستی بهبود همزمان این اجزاء به‌وسیله به‌نژادگران در فرایند گزینش ژنوتیپ‌های جدید برای عملکرد مدّنظر قرار گیرد.

جدول۶- ارتباط صفات اندازه‌گیری‌شده با یکدیگر در ژنوتیپ‌های لوبیاقرمز

Table 6. Correlation between measured traits in studied red common bean

صفات Traits		تعداد نیام PN	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) PH(cm)	تعداد گره NN	تعداد شاخه فرعی SN	طول نیام PL	تعداد دانه در بوته SNNP	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 SW (g)
ارتفاع گیاه	PH	-.103						
تعداد گره	NN	.207	.454**					
تعداد شاخه فرعی	SN	.060	.620**	.275*				
طول نیام	PL	-.114	.018	-.229	.059			
تعداد دانه در بوته	SNNP	.625**	-.244	.108	-.167	.141		
وزن۱۰۰دانه	100 SW	-.083	.224	-.113	.283*	-.085	-.317*	
عملکرد دانه	SY	.631**	-.165	.077	-.069	.101	.916**	.085

*و **: به ترتیب همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بر اساس ضریب همبستگی پیرسون

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 at probability level based on Pearson correlation coefficient, respectively

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 Seed weight), SY (Seed yield)

تجزیه رگرسیون و مسیر

مقادیر بیشتر از ۰/۱ آماره VIF نشان از عدم وجود چندهم‌خطی برای متغیرها داشت. در نهایت صفات تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه به ترتیب اهمیت (میزان ضرایب رگرسیون استانداردشده) در مدل رگرسیونی باقی ماندند، درحالی‌که تأثیر وزن۱۰۰دانه متوسط بود (جدول ۷). میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم دو صفت تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه بر عملکرد دانه نشان داده شده است (جدول ۸). تعداد دانه در بوته اثر مستقیم و مثبت ۱/۰۳ را بر عملکرد دانه داشت و میزان اثر غیرمستقیم این صفت از طریق وزن۱۰۰دانه ۰/۱۳- بود. با وجود آن‌که میزان همبستگی ساده وزن۱۰۰دانه با عملکرد دانه (جدول ۶) برابر با ۰/۰۸ و غیرمعنی‌دار بود، اما در تجزیه رگرسیون این صفت به‌عنوان متغیر باقیمانده در مدل رگرسیونی دارای ضریب رگرسیون استانداردشده (اثر مستقیم) برابر با ۰/۴۲و معنی‌دار بود که نشان داد علاوه بر همبستگی‌های ساده بایستی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم این صفت بر روی عملکرد نیز توجه نمود. اثر مستقیم مثبت وزن۱۰۰دانه بر روی عملکرد دانه گزارش شده است (Ahmed, 2013). با وجود این، اثر مستقیم منفی وزن۱۰۰دانه بر روی عملکرد دانه نیز گزارش شده است (Cokkizgin *et al*. ,2013). نتایج متفاوت از اثرات

یک صفت در تحقیقات، محققان را به زمینه ژنتیکی متفاوت ژنوتیپ‌ها، محیط‌های مختلف از جمله شرایط نرمال و تنش، اثرات متقابل و همچنین عدم توجه به مفروضات تجزیه رگرسیون از قبیل وجود چندهم‌خطی بین متغیرها که موجب اریب و تفسیر غیرمنطقی از نتایج می‌گردد، می‌توان نسبت داد.

جدول ۷- نتایج تجزیه رگرسیون صفات برای متغیر وابسته عملکرد در لوبیای قرمز

Table 7. The results of regression analysis for seed yield as dependent variable in studied red common bean

		ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) PH (cm)	تعداد گره NN	تعداد شاخه فرعی SN	طول نیام PN	تعداد نیام PL	تعداد دانه در بوته SNPP	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100SW(g)
ضریب رگرسیون استانداردشده	Standardized regression coefficients	0. 003	0. 012	-0. 021	0. 018	-0. 003	1. 034 **	0. 420 *
فاکتور تورم واریانس	VIF	2. 138	1. 599	1. 788	1. 932	1. 232	2. 125	1. 270
دوربین-واتسون	D	1. 944						

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 at probability level, respectively

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 Seed weight) & SY (Seed yield)

VIF (Variance Inflation Factor), D (Durbin-Watson)

جدول ۸- تجزیه مسیر صفات تحت بررسی در لوبیای قرمز

Table 8. The results of path analysis of under studied traits in red common bean

ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) PH(cm)	تعداد گره NN	تعداد شاخه فرعی SN	طول نیام PN	تعداد نیام PL	تعداد دانه در بوته SNPP	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100SW	ضریب همبستگی Correlation coefficient
-0. 00081	0. 00128	0. 003501	0. 011387	-0. 00048	1. 034355	-0. 13307	0. 916
0. 000745	-0. 00133	-0. 00592	-0. 00151	0. 000291	-0. 32758	0. 42017	0. 085

اعدادی که زیر آن‌ها خط‌کشی شده است، اثرات مستقیم هستند.

The number which have underline, are direct effects

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 Seed weight) & SY (Seed yield)

تجزیه به عامل‌ها

نظر به‌ارتباط صفات مورد اندازه‌گیری با یکدیگر، استفاده از تجزیه به عامل‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت که چهار عامل در مجموع ۹۳/۷۱درصد تغییرات کل را توجیه کردند و دارای مقادیر ویژه بالای یک بودند (جدول ۹). سهم عامل‌های اول تا چهارم به ترتیب ۳۴درصد، ۲۶درصد، ۱۷درصد و ۱۵درصد بود. برای عامل اول متغیرهای تعداد نیام، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه ضرایب بالایی داشتند و این عامل عملکرد و اجزای عملکرد نامیده شد. برای عامل دوم (تیپ فنولوژیکی) متغیرهای ارتفاع و تعداد گره و تعداد شاخه فرعی از ضرایب بالایی برخوردار بودند. برای عامل سوم و چهارم، تنها به‌ترتیب صفات طول نیام و وزن۱۰۰دانه دارای ضرایب عاملی بالایی بودند. با توجه به این‌که یکی از اهداف تجزیه به عامل‌ها تبدیل تعداد زیاد متغیرهای اولیه به متغیرهای کم ثانویه به‌منظور درک بهتر و تفسیر ساده‌تر از روابط متغیرهای اولیه می‌باشد، لذا از نام گذاری این دو عامل صرف‌نظر شد.

لاین‌های با شماره ۵، ۶ و ۱۴ (جدول ۱۰) دارای بیشترین مقدار برای عامل عملکرد و اجزای عملکرد بودند که افزایش مقدار این عامل توسط اصلاح‌گران موجب افزایش عملکرد و اجزای آن می‌شود، زیرا صفات مهم برای این عامل که شامل تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه بود، دارای ضرایب مثبت بودند (جدول ۹) که می‌توان با افزایش مقدار این عامل برای هر ژنوتیپ در واقع میانگین متغیرها (صفات) را نیز بهبود بخشید. با تجزیه به عامل‌ها می‌توان مختصات ژنوتیپ‌ها را از نظر عامل‌ها به‌دست آورد و ژنوتیپ هایی را که به لحاظ ارزش متفاوت هستند، شناسایی نمود.

جدول۹- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی با چرخش در بین متغیرها (Varimax)

Table 9. The results of factor analysis for studied traits based on principle component analysis (PCA) with Varimax rotation

صفات Traits		فاکتور ۱ Factor 1	فاکتور ۲ Factor 2	فاکتور ۳ Factor 3	فاکتور ۴ Factor 4	میزان اشتراک Comunality
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	PH(cm)	-0. 217	0. 891	0. 011	0. 193	0. 818
تعداد گره	NN	0. 305	0. 714	-0. 441	-0. 354	0. 799
تعداد شاخه فرعی	SN	-0. 095	0. 861	0. 210	0. 261	0. 750
تعداد نیام در بوته	PN	0. 878	0. 025	-0. 343	-0. 126	0. 726
طول نیام	PL	0. 043	0. 077	0. 984	-0. 076	0. 931
تعداد دانه در بوته	SNNP	0. 932	-0. 162	0. 150	-0. 263	0. 946
وزن۱۰۰دانه (گرم)	100SW (g)	-0. 072	0. 228	-0. 064	0. 958	0. 922
عملکرد دانه (گرم)	SY (g)	0. 970	-0. 072	0. 116	0. 147	0. 938
درصد تغییرات	% of Variance	34. 21	26. 67	17. 06	15. 76	
درصد تغییرات تجمعی	%Cumulative	34. 21	60. 89	77. 95	93. 71	
آزمون کروی‌بودن بارتلت	Bartlett test of sphericity	**				

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

**: Significant at 0.01 at probability level

PH (Plant height), NN (Node number), SN (Stem number), PN (Pod number), PL (Pod length), SNPP (Seed number per plant), 100 SW (100 Seed weight) & SY (Seed yield)

جدول ۱۰- ارزش عامل‌ها برای ژنوتیپ‌های لوبیای قرمز

Table 10. Factor value for studied red common bean genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype number	فاکتور ۱ Factor 1	فاکتور ۲ Factor 2	فاکتور ۳ Factor 3	فاکتور ۴ Factor 4
1	0. 39	-0. 21	-1. 24	0. 10
2	0. 11	0. 74	-1. 39	-1. 69
3	-0. 19	0. 54	-0. 52	-0. 65
4	-0. 77	-0. 06	-1. 18	-0. 11
5	1. 95	0. 31	0. 76	-0. 56
6	1. 84	-0. 16	0. 07	0. 22
7	-0. 21	-0. 41	-0. 74	0. 79
8	-0. 96	-0. 62	-0. 60	0. 43
9	-0. 77	1. 31	0. 62	0. 14
10	0. 08	1. 43	0. 40	1. 30
11	-0. 89	-2. 11	-0. 57	0. 24
12	0. 17	-0. 58	0. 67	2. 20
13	-0. 96	1. 23	1. 09	0. 48
14	1. 55	-0. 23	-0. 37	-0. 21
15	-1. 13	0. 56	0. 71	-1. 38
16	-0. 20	-1. 73	2. 29	-1. 31

با توجه به این‌که برای صفت‌های مختلفی مانند ارتفاع (Gonçalves-Vidigal *et al*., 2008; Carneiro *et al*. , 2013)، تعداد دانه در نیام و وزن ۱۰۰دانه (Barelli *et al*. 2000; Gonçalves-Vidigal *et al*. , 2008)، تعداد دانه در بوته (Barelli *et al*. , 2000) و عملکرد دانه (Carneiro *et al*., 2013) در لوبیای هتروزیس معنی‌دار گزارش شده است و نظر به مستقل‌بودن عامل‌ها نسبت به یکدیگر با شناسایی ژنوتیپ‌های قرارگرفته در دو سوی توزیع عددی برای هر عامل می‌توان جهت استفاده از این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های دورگ گیری و هتروزیس احتمالی بهره جست و همزمان چند ویژگی را در نتاج آنها بهبود بخشید. به‌عنوان مثال لاین‌های شماره۵، ۶ و ۱۴ که در گروه با عملکرد زیاد قرار گرفته بودند (جدول ۴)، واجد بیشترین مقدار برای عامل۱ بودند و رقم شاهد گلی (لاین شماره۱۵) حائز کمترین مقدار برای عامل۱ بود. می‌توان با تلاقی ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بیشینه با ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر کمینه عامل ذکر شده هستند، نسبت به بهبود احتمالی متغیرها (صفات تعداد نیام، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه) در نتاج حاصل اقدام کرد. نظر به استقلال عامل‌ها از یکدیگر هتروزیس احتمالی را می‌توان برای بیش از یک عامل مدنظر قرار داد و به‌نژادی نتاج را بر اساس صفات بیشتری بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که هر یک از تجزیه‌های به‌کاررفته جنبه های مختلفی از ویژگی‌های صفات و ژنوتیپ‌های تحت بررسی را نشان می‌دهد، مدنظرقراردادن این ویژگی‌ها و جمع‌بندی این نتایج می‌تواند دید بهتری نسبت به گزینش صفات و ژنوتیپ‌ها در اختیار به‌نژادگر قرار داده و در نهایت نتیجه مطلوب‌تری حاصل گردد. در بین صفات تحت بررسی، تعداد دانه در بوته با توجه به وراثت‌پذیری بالا (جدول ۲)، تشخیص گروه‌های با عملکرد دانه متفاوت (جدول ۴)، همبستگی بالا با عملکرد (جدول ۶) و اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه (جدول ۸) در مطالعات گزینش برای افزایش عملکرد در لوبیاهای تحت بررسی نسبت به دیگر صفات مورد مطالعه مناسب‌تر تشخیص داده شد. نظر به کشت ارقام اصلاح‌شده، پایه ژنتیکی ارقام لوبیا محدود شده است (Miklas, 2000; Singh, 2001). در-صورتی‌که بهبود همزمان چندین صفت مدنظر باشد، روش‌های آماری چندمتغیره مانند تجزیه به عامل‌ها می‌تواند در شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب مثمرثمر واقع گردد. علاوه بر آن تلاقی ژنوتیپ‌های دو سوی توزیع علاوه بر بهبود ذخایر ژرم‌پلاسم لوبیا باعث می‌شود صفاتی که هتروزیس برای آن‌ها مشاهده می‌شود، در نهایت مورد استفاده بهره‌برداران قرار گرفته و یکی از اهداف کشاورزی پایدار که بهبود ذخایر ژرم‌پلاسم (توسط به نژادگران) می‌باشد، تحقق یابد و به دنبال آن امنیت معیشتی (کشاورزان) و امنیت غذایی نیز ارتقاء یابد.

منابع

1. Ahmed, S. 2013. Correlation and path analysis for agro-morphological traits in rajmash beans under Baramulla-Kashmir region. African Journal of Agricultural Research 8: 2027-2032.
2. Akhshi, N., Firouzabadi, F.N. , Cheghamirza, K., and Dorri, H. 2015. Coefficient analysis and association between Morpho-Agronomical characters in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Cercetari Agronomice in Moldova 48: 29-37.
3. Ambachew, D., Mekbib, F., Asfaw, A., Beebe, S.E., and Blair, M.W. 2015. Trait associations in common bean genotypes grown under drought stress and field infestation by BSM bean fly. The Crop Journal 3: 305-316.
4. Amorim, E.P., Ramos, N.P., Ungaro, M.R.G., and Kiihl, T.A. 2008. Correlations and path analysis in sunflower. Bragantia 67: 307-316.
5. Anonymous. 2014. Agricultural Statistics. The office of Statistics and Information. Ministry of Agriculture-Jahad. Available at web site http://www.maj.ir
6. Barelli, M.A.A., Gonçalves-Vidigal, M.C., Amaral Júnior, A.T., Vidigal Filho, P.S., and Scapim, C.A. 2000. Combining ability among six common bean cultivars adapted to the North West Region of Paraná State, Brazil. Bragantia 59: 159-164.
7. Carneiro, P.C.S, Menezes Júnior, J.A.N.D, Carneiro, V.Q., Carneiro, J.E.D.S., Cruz, C.D., and Borém, A. 2013. Genetic potential of common bean parents for plant architecture improvement. Scientia Agricola 70: 167-175.
8. Cokkizgin, A., Colkesen, M., Idikut, L., Ozsisli, B., and Girgel, U. 2013. Determination of relationships between yield components in bean by using path coefficient analysis. Greener Journal of Agricultural Sciences 3: 085-089.

9. FAO. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at web site http://www.fao.org
10. Gonçalves, D.D.L., Barelli, M.A.A., Oliveira, T.C.D., Santos, P.R.J.D., Silva, C.R.D., Poletine, J.P., and Neves, L.G. 2017. Genetic correlation and path analysis of common bean collected from Caceres Mato Grosso State, Brazil. Ciência Rural 47: 1-7.
11. Gonçalves-Vidigal, M.C., Silvério, L., Elias, H.T., Vidigal Filho, P.S., Kvitschal, M.0V., Retuci, V.S., and Silva, C.R.D. 2008. Combining ability and heterosis in common bean cultivars. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43: 1143-1150.
12. Karasu, A., and Oz, M. 2010. A study on coefficient analysis and association between agronomical characters in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science 16: 203-211.
13. Marzooghian, A., Moghaddam, M., Valizadeh, M., and Kooshki, M.H. 2013. Genetic diversity of common bean genotypes as revealed by seed storage proteins and some agronomic traits. Plant Breeding and Seed Science 67: 125-137.
14. Miklas, P. 2000. Use of *Phaseolus* germplasm in breeding pinto, great northern, pink, and red bean for the Pacific Northwest and intermountain region. Bean Research. Production and Utilization. Proc. of the Idaho Bean Workshop. University of Idaho, Moscow, ID. pp. 13-29.
15. MSTAT-C. Version 1. 42. Freed, R.D., and Eisensmith, S.P. Crop and Soil Sciences Department. Michigan State University.
16. Önder, M., Kahraman, A., and Ceyhan, E. 2013. Correlation and path analysis for yield and yield components in common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). Ratarstvo i Povrtarstvo 50: 14-19.
17. Pereira, T., Coelho, C.M., Bogo, A., Guidolin, A.F., and Miquelluti, D.J. 2009. Diversity in common bean landraces from south Brazil. Acta Botanica Croatica 68: 79-92.
18. Pradesh, H. 2010. Genetic diversity of French bean (bush type) genotypes in north-west Himalayas. Indian Journal of Plant Genetic Resources 23: 285-287.
19. Rai, N., Singh, P., Verma, A., Yadav, P., and Choubey, T. 2010. Hierarchical analysis for genetic variability in pole type French bean. Indian Journal of Horticulture 67: 150-153.
20. Sadeghi, A., Cheghamirza, K., and Dorri, H.R. 2011. The study of morphoagronomic traits relationship in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Biharean Biologist 5: 102-108.
21. Salehi, M., Tajik, M., and Ebadi, A. 2008. The study of relationship between different traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with multivariate statistical methods. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 3: 806-809.
22. Singh, S.P. 2001. Broadening the genetic base of common bean cultivars. Crop Science 41: 1659-1675.
23. Sofi, P., Zargar, M., Debouck, D., and Graner, A. 2011. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm under temperate conditions of Kashmir Valley. Journal of Phytology 3: 47-52.
24. SPSS. Version 9. Nie, N.H., Bent, D.H., and Hull, C.H. Statistical Package for the Social Sciences. McGraw-Hill New York.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 77-89 (Research Article)

The evaluation of elite lines obtained from red common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) local populations

Kooshki[1], M.H. & Marzooghian[2]*, A.

1. Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran, mh_kooshki@yahoo.com
2. Crop and Horticultural Science Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran

Received: 8 May 2017
Accepted: 20 January 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.66654

Introduction

Phaseolous vulgaris is highly important among bean species. China, Iran and Japan are the most important countries producing bean in Asia. According to reported information, cultivated area of bean was 94000 ha in Iran which 17841 ha located in Lorestan province. Improvement of new cultivar with high genetic potential for grain yield is the final goal in many breeding programs. To achieve this goal, many characteristics should be considered. Positive and negative significant correlation has been reported between traits in common bean. Various, traits had different direct and indirect effects on grain yield which should be considered. In addition to path analysis, evaluation and relationship of traits by other multivariate statistical methods such as cluster and factor analysis have been studied for better understanding of these relationships. This study aimed to investigate superior lines, study the relationship between important traits with seed yield by some univariate and multivariate statistical methods, and provide functional recommendation to breeding programs.

Materials & Methods

Elite lines obtained from red common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) local populations of Lorestan province and suburbs, Iran, including 14 lines belonged to Azna (2 lines), Aligudarz (4 lines), Aleshtar (1 line), Borujerd (1 lines), Durood (2 lines), Shazand (2 line) and Nourabad (2 lines), with two control cultivars Goli and Sayyad were evaluated in randomized complete block design (RCBD) with 4 replications in Borujerd station, Lorestan, Iran, in 2011. Plant height, node number, stem number, pod length, pod number per plant, seed number per plant, 100 seed weight and seed yield characteristics were measured. Data were normalized by Kolmogorov-Smirnov test at 0.01 probability level. Error, genetic and phenotypic variances, and broad sense heritability pertreatment mean were estimated. Pearson correlation coefficient was used to determine the relationship between traits. Cluster analysis based on UPGMA was performed and Wilks' lambda statistic was used for cutting dendrogram. Then, a code was allocated to each group and these groups were compared. However, in order to fix type I error, Hotelling's T^2 test was used at 0.05 probability level. Before that, the assumption of homogeneous variance-covariance matrix was tested by BOX test at 0.01 probability level. Then, traits were compared. Seed yield was considered as dependent variable (y) and regression analysis was performed by stepwise method. Traits, that had significant standardized coefficient, were used in path analysis. For statistical analysis, Excel, SPSS and MSTAT-C software were used.

Results & Discussion

The results of ANOVA showed that the lines had significant difference for all studied traits. Mean comparison by Duncan test showed the highest and lowest seed yield belonged to Aligodarz-3 line (6058 Kg ha^{-1}) and Goli cultivar (3175 Kg ha^{-1}), respectively. All of the genotypes that were located in high seed yield group by cluster analysis belonged to elite lines that indicated the local red common bean populations, as a heterozygote germplasm source that been mixed of homozygous genotypes, had high potential to selection of superior lines in the breeding program. Comparison between groups by Hotelling-T^2 statistics indicated seed number per plant and had significant difference at 0.01 probability level. The highest and lowest significant

***Corresponding Author:** a.marzooghian@areeo.ac.ir

correlation coefficient was observed for seed number per plant with seed yield (0.91**) and node number with stem number (0.27*), respectively. The results of multiple regression for seed yield as dependent variable showed that seed number per plant and 100 seed weight had significant standardized regression coefficient. While, 100 seed weight had no significant correlation coefficient with seed yield that breeders should be considered different aspect of trait relationships. Path analysis results showed seed number per plant with direct effect 1.03 had more effect on seed yield than 100 seed weight with direct effect 0.43. While, both seed number per plant and 100 seed weight had negative indirect effect on seed yield by each other. The results of factor analysis showed four factors explained 93% of total variation. The first and second factor were called yield and yield component, and phenological type explained 60% of total variation. The lines that located in high yield group had the highest value for yield and yield components factor. While, the lowest score for mentioned factor belonged to Goli cultivar that showed factor analysis can be used both to summarize many dependent variables (traits) into little independent variables (factors) and to selective genotypes based on factor value. According to reports, the genetic base of bean cultivars has been limited. One of the useful results of multivariate analysis is the investigation of genotypes that locate at the end of distribution for several traits and these genotypes can be used as parents for better utilizing of probably heterosis. Heterosis and crossing one of the sustainable agricultural goals would improve germplasm, increase human food, promotion of farmer's livelihoods and provide food.

Conclusion

Local populations of red common bean should be considered by breeders to select superior lines because of its potential and adaptation. Some studied traits had high diversity that could be exploited in breeding programs. While, other traits need to increase diversity by breeding strategies. Considering that each of studied analysis showed the different aspects of traits relationships and genotypes potential. So, the results should be considered simultaneously by breeders to better interpretation. Among the studied traits seed number per plant, according to high heritability, the identification of groups with different grain yield, high correlation and positive direct effect on grain yield was appropriate to increase seed yield. Multivariate analysis can be used to evaluate desirable genotypes and accumulate favorable alleles in breeding programs. The results of this study can be useful for breeders to investigate and utilize both traits and genotypes in breeding programs.

Keywords: Bean, Indirect selection, Multivariate statistical methods, Pure line, Yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۰۳-۹۰
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 90-103 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.67946

ارزیابی عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تأثیر طول دوره رقابت علف‌های‌هرز

ابراهیم ایزدی دربندی[1*]، آرش مقصودی[2] و الناز مولایی[2]
۱- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و عضو پیوستۀ پژوهشکدۀ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشجویان کارشناسی‌ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز، دانشکدۀ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(به‌ترتیب arashwenger@yahoo.com و e.molaie8993@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی امکان کشت مخلوط بالنگو و نخود، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارها شامل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی نخود/ بالنگو (۰/۱۰۰ ، ۲۵/۱۰۰ ، ۵۰/۱۰۰ ، ۷۵/۱۰۰ ، ۱۰۰/۱۰۰ و ۱۰۰/۰) و دو تاریخ وجین علف‌های‌هرز (۵۰ و ۷۰روز پس از کاشت) بودند. نتایج نشان داد که تاریخ وجین تأثیر معنی‌داری بر عملکرد زیست‌توده و دانه بالنگو و نخود داشت، به‌طوری‌که وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت به ترتیب منجر به کاهش ۲۴ و ۵۵درصدی زیست‌توده و عملکرد دانه نخود و افزایش ۵/۷ و ۲۰/۴درصدی زیست‌توده و عملکرد دانه بالنگو شد. با افزایش نسبت کشت بالنگو در مخلوط با نخود کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه و زیست‌توده نخود و افزایش عملکرد بالنگو مشاهده شد. بالاترین مقدار شاخص نسبت برابری زمین (۱/۵۲) در نسبت کشت ۲۵/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) مشاهده شد. براساس نتایج این پژوهش، نسبت کشت ۲۵/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) می‌تواند در کشت مخلوط این دو گیاه مفید، اقتصادی و قابل‌توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ وجین، سری افزایشی، گیاه مکمل، نسبت‌های کاشت

مقدمه

کشت مخلوط به دلایل مختلفی موردتوجه قرار می‌گیرد. سودمندی‌هایی از جمله افزایش کارآیی مصرف آب و خاک و کاهش خسارت آفات بیماری‌ها و علف‌های‌هرز از جمله مزیت‌های چنین نظام کشتی است که منجر به پایداری در تولید و استفاده کارآمد از زمین می‌شود (Javanshir *et al*., 2000; Nassiri *et al*., 2001; Pandita *et al*., 2000). با وجود این، این نظام کشت با محدودیت‌هایی از جمله برداشت اجزای مخلوط، به‌ویژه در کشت مکانیزه محصولات روبه‌رو است. اما در سیستم‌های کشت سنتی و به‌ویژه در کشت دیم این مسئله اهمیت کمتری دارد (Javanshir *et al*., 2000; Mazaheri, 1998). در کشت مخلوط گیاهان زراعی زمانی‌که از بقولات به عنوان یکی از اجزای کشت مخلوط استفاده شود، موفقیت بیشتری را به دنبال خواهد داشت. بقولات به‌دلیل ویژگی‌هایی از جمله تثبیت زیستی نیتروژن و سازگاری آن‌ها به الگوهای مختلف کشت به عنوان گزینه مناسبی در نظام‌های کشت مخلوط به شمار می‌روند (Giller, 2001; Maingi, 2001; Jeyabal & kupusswamy 2001).

نتایج حاصل از تحقیقات متعدد نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. برای مثال، در بررسی مزیت کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، شاخص برداشت و وزن خشک زنیان درکلیه تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص زنیان بیشتر بود (Mirhashemi *et al*., 2009). در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشاهده شد که عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش یافت (Odhiambo & Ariga, 2001). کشت مخلوط می‌تواند موجب بهبود کیفیت اسانس و مواد مؤثره در گیاهان دارویی نیز بشود. برای مثال، در بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و نعناع (*Mentha piperita*)، عملکرد و کیفیت اسانس نعناع در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیشتر شد (Maffei & Mucciarelli, 2003). در بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و نخود، کشت مخلوط این

* نویسنده مسئول: e-izadi@um.ac.ir

دو گونه منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد نخود شد، اما به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های‌هرز و افزایش نسبت برابری زمین و تولید کل نسبت به کشت خالص هر یک از گونه‌ها شد (Banik *et al.*, 2006). همچنین در ارزیابی کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و خردل(*Brassica juncea* L.) گزارش شده است که کشت مخلوط باعث تولید کل بیشتری نسبت به کشت خالص شد (Kumar *et al.*, 2009). در گزارشی دیگر، در کشت مخلوط نخود با کلزا (*Brassica napus* L.) کشت مخلوط این دو گیاه اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا و نخود داشت (Mahfouz & Migwer, 2004).

در بین گیاهان زراعی موجود در ایران، نخود از مهم‌ترین محصولاتی است که به‌دلیل ویژگی‌های مطلوبی از جمله بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، اختلال در چرخه زندگی آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز در صورت قرارگرفتن در تناوب زراعی و به خصوص توانایی تثبیت زیستی نیتروژن مورد توجه است و به‌همین دلیل، جایگاه ویژه‌ای را در نظام‌های کشت، افزایش ثبات تولید و به‌خصوص تناوب گیاهان زراعی دارا می‌باشد (Parsa & Bagheri, 2008). گزارش‌های مختلفی در ارتباط با سودمندی کشت مخلوط نخود با سایر گیاهان وجود دارد. با این وجود، مطالعات انجام‌شده در ارتباط با امکان‌سنجی کشت مخلوط گیاهان دارویی با نخود محدود است. از آنجا که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی آن‌ها نظیر کشت مخلوط به منظور ارتقاء عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی است، لذا امکان‌سنجی کشت مخلوط آن‌ها با سایر گیاهان زراعی به عنوان یکی از اولویت‌های تحقیقاتی مرتبط است.

در بین گیاهان دارویی کشور، بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.) از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که به‌صورت دیم و در تناوب با گندم دیم در سطح وسیعی در استان خراسان رضوی کشت می‌شود. موسیلاژ دانه‌های این گیاه در درمان نارسایی‌هایی همچون ناراحتی‌های عصبی، کبدی و کلیوی به کار می‌رود و از دانه‌های آن جهت رفع خونریزی لثه‌ها، بیماری‌های روانی، گوارشی و تقویت کبد استفاده می‌شود (Zargari, 1990). این گیاه از نظر اکولوژیکی گیاهی کم‌توقع و از نظر اقتصادی نسبت به گندم و نخود ارزش اقتصادی بیشتری داشته و در سال‌های اخیر رغبت کشاورزان برای کشت این گیاه افزایش یافته است، به‌طوری‌که خراسان رضوی به عنوان قطب تولید این گیاه به شمار می‌رود (Rahe Dana, 2016). با این وجود، محدودیت‌هایی از جمله رقابت علف‌های‌هرز و خسارت آن‌ها در بالنگو و از طرفی مدیریت تغذیه و کوددهی آن در شرایط دیم از مهم‌ترین موانع توسعه کشت و بهبود عملکرد این گیاه دارویی ارزشمند می‌باشد. با توجه به این‌که از نظر تاریخ کاشت، بالنگو و نخود تطابق قابل قبولی با هم دارند، امکان کشت مخلوط آن‌ها به منظور رفع یا کاهش موانع مذکور و یا افزایش درآمد و ثبات تولید کشاورزان وجود دارد. در این ارتباط، به نظر می‌رسد نخود از طریق تثبیت زیستی نیتروژن بتواند نقش مهمی در تغذیه بالنگو داشته باشد. از طرفی دیگر، ویژگی دگرآسیب بالنگو که در اغلب گیاهان زراعی نیز وجود دارد، به همراه مهندسی کاشت و پوشش کانوپی بر سطح زمین، نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف منابع و نیز کنترل علف‌های‌هرز خواهد داشت (Parsa & Bagheri, 2008). این بررسی با اهداف ارزیابی امکان کشت مخلوط بالنگو و نخود دیم در مشهد، تأثیر زمان وجین در کشت مخلوط نخود و بالنگو و بررسی نسبت برابری زمین در کشت مخلوط بالنگو و نخود انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ با سه تکرار انجام شد که تیمارهای آن شامل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نخود/ بالنگو (۰/۱۰۰ ، ۲۵/۱۰۰ ، ۵۰/۱۰۰ ، ۷۵/۱۰۰ ، ۱۰۰/۱۰۰ و ۱۰۰/۰) و دو زمان وجین علف‌های‌هرز (۵۰ و ۷۰روز پس از کاشت) بودند. برای این منظور پس از آماده‌سازی زمین (گاوآهن برگردان‌دار در پاییز و دیسک و لولر در اسفند ماه) کشت نخود (رقم هاشم) و بالنگو (تودۀ بومی کلات نادری) در تاریخ ۲۱اسفندماه به‌صورت دستی در رو و طرفین پشته‌هایی به فواصل ۵۰سانتی‌متر انجام گرفت. بافت خاک مزرعه مورد مطالعه سیلتی‌لوم بود. همچنین به برخی خصوصیات دیگر خاک اشاره شده است (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

Table 1. Physico- chemical soil properties of studied farm

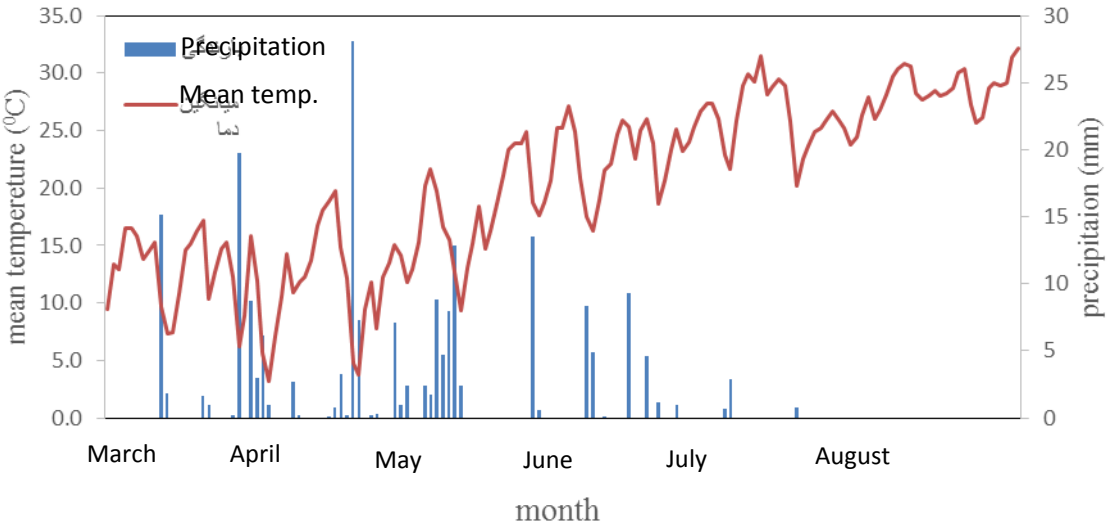
بافت خاک Soil texture	درصد مواد آلی Organic matter (%)	درصد نیتروژن N%	فسفر قابل دسترس P available (PPM)	پتاسیم قابل دسترس K available (PPM)	اسیدیته PH
سیلتی لوم	1.1	0.068	25	291	8.3

کشت بذور نخود با تراکم مطلوب ۴۰بوته در مترمربع (Sarparast & Sheikh, 2010) در دو خط و در طرفین پشته‌ها انجام شد و بذور بالنگو بین ردیف‌های نخود در یک خط و در وسط پشته با تراکم‌های بیشتر از تراکم مطلوب آن، یعنی ۴۰بوته در متر مربع (Roohi Nogh *et al*., 2017) در عمق سطحی به‌صورت دستی کشت شدند و پس از سبزشدن و استقرار، آن‌ها تنک گردیده و تراکم موردنظر در هر یک از تیمارهای کشت مخلوط تنظیم شد (شکل ۱).

شکل ۱- الگوی کشت مخلوط نخود و بالنگو

Fig. 1. Planting pattern of chickpea and balangu

در طول فصل رشد از هیچ‌گونه کود شیمیایی استفاده نشد و برای مبارزه با آفت هلیوتیس (*Heliothis* spp.) از ایندوکساکارب (آوانت) در مرحله پُرشدن غلاف‌های نخود به مقدار نیم لیتر در هکتار استفاده شد. کشت به‌صورت آبی بود، اما با توجه به بارندگی‌های واقع‌شده، از آبیاری در طول فصل رشد اجتناب شد (شکل ۲)، اما در اواخر فصل رشد و در مرحله پرشدن غلاف‌های نخود و رسیدگی دانه‌های بالنگو یک‌بار آبیاری تکمیلی به‌صورت نشتی انجام شد.



شکل ۲- منحنی امبروترمیک شهرستان مشهد طی فصل رشد

Fig. 2. Ombrothermic curve of Mashhad city in growing season

به منظور بررسی تأثیر هر یک از تیمارها، بر زیست‌توده خشک و عملکرد دانه نخود و بالنگو در پایان فصل و در تاریخ ۹تیرماه در زمان برداشت هر یک از اجزای کشت مخلوط با درنظرگرفتن نیم‌متر اثر حاشیه از کرت‌ها، اقدام به برداشت کل اندام گیاه (هوایی و زیرزمینی) از سطحی به مساحت یک مترمربع شد و پس از خشک‌شدن در هوای آزاد به مدت ۷۲ساعت و پس از تعیین زیست‌توده و عملکرد دانه نخود و بالنگو به منظور تعیین نسبت برابری زمین از معادله زیر استفاده شد:

$$LER=(RYa+RYb)=\left\{\left(\frac{Yab}{Yaa}\right)+\left(\frac{Yba}{Ybb}\right)\right\}$$

در این معادله LER نسبت برابری زمین، Yab عملکرد دانه گونه a در کشت مخلوط هر یک از تیمارهای آزمایش، Yba عملکرد دانه گونه b در کشت مخلوط هر یک از تیمارهای آزمایش و Yaa و Ybb به‌ترتیب عملکرد دانه گونه‌های a و b در کشت خالص هر یک از اجزای کشت مخلوط می‌باشند. آنالیز واریانس و مقایسات میانگین داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری Minitab 17 و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

نتایج و بحث

جمعیت علف‌های‌هرز در مزرعه

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش، در مزرعه مورد مطالعه ۱۵گونه علف‌هرز مشاهده و شناسایی شد که از این تعداد چهار گونه باریک‌برگ و ۱۱ گونه پهن‌برگ، ۱۲ گونه یک‌ساله و سه گونه چندساله بودند و در بین علف‌های‌هرز موجود، بیشترین تراکم و فراوانی علف‌های‌هرز به ترتیب مربوط به تاج‌ریزی سیاه، علف هفت‌بند، سوروف، سلمه‌تره و تاج‌خروس بود (جدول ۲).

جدول ۲- علف‌های‌هرز و خصوصیات آن‌ها در سطح مزرعه مورد مطالعه

Table 2.Weeds and their characteristics in the studied farm

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	تیره Family	تراکم (تعداد بوته در متر مربع) Weed density (plants m^{-2})	فراوانی نسبی (درصد) Relative frequency (%)	شکل برگ Leaf form	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	چرخه زندگی Life cycle
تاج‌ریزی سیاه	*Solanum nigrum* L.	*Solanaceae*	74.5	43.01	Broadleaf	C_3	Annual
هفت‌بند	*Polygonum aviculare* L.	*Polygonaceae*	15.5	8.94	Broadleaf	C_3	Annual
سوروف	*Echinochloa crus--galli* L. Beauv.	*Poaceae*	24.6	14.2	Grass	C_4	Annual
سلمه‌تره	*Chenopodium album* L.	*Chenopodiaceae*	11.5	6.63	Broadleaf	C_3	Annual
تاج‌خروس ریشه قرمز	*Amaranthus retroflexus* L.	*Amaranthaceae*	12.8	7.39	Broadleaf	C_4	Annual
پیچک	*Convolvulus arvensis* L.	*Convulvulaceae*	3.1	1.78	Broadleaf	C_3	Perennial
شاه‌تره	*Fumaria officinalis* L-.	*Fumariaceae*	10.2	5.88	Broadleaf	C_3	Annual
قیاق	*Sorghum halepense* L. Pers.	*Poaceae*	6.2	3.57	Broadleaf	C_4	Perennial
شیرتیغی	*Sonchus arvensis* L. Hill.	*Asteraceae*	2.6	1.5	Broadleaf	C_3	Perennial
جوموشی	*Hordeum murinum* L.	*Poaceae*	5.3	3.06	Grass	C_3	Annual
توق	*Xanthium strumarium* L.	*Asteraceae*	4.6	2.65	Broadleaf	C_3	Annual
خارلته	*Cirsium arvense* L. Scope.	*Asteraceae*	1.7	0.98	Broadleaf	C_4	Perennial
خاکشیر	*Descurainia sophia* L. Webb.	*Brassicaceae*	0.4	0.23	Broadleaf	C_3	Annual
خرفه	*Portulaca oleracea* L	*Portulaceae*	0.3	0.18	Broadleaf	C_4	Annual

Broadleaf: پهن‌برگ؛ Grass: باریک‌برگ؛ Annual: یک‌ساله؛ Perennial: چندساله

نکته قابل ذکر در رابطه با پراکنش علف‌های‌هرز در این آزمایش این است که احتمالاً به دلیل نوع آرایش کاشت دو گونه زراعی و اعمال شرایط دیم در این آزمایش، علف‌های‌هرز غالباً در داخل جوی‌ها و در تداخل با بوته‌های نخود ظاهر شده بودند. به نظر می‌رسد میزان آب حاصل از بارندگی‌ها و تجمع آن در داخل جوی‌ها، شرایط مناسبی را برای جوانه‌زنی و رشد بهتر علف‌های‌هرز در این محل‌ها فراهم آورده باشد (شکل ۱). با این حال، این امکان وجود دارد که اثرات دگرآسیبی بالنگو بر گونه‌های مجاورش یکی از دلایل پایین‌بودن تراکم علف‌های‌هرز در روی پشته‌ها باشد. در گزارشی در رابطه با بررسی اثرات دگرآسیبی ۲۳۹گیاه دارویی از جمله گیاهان دارویی خانواده نعناییان بر رشد کاهو (*Lactuca sativa* L.) مشاهده شد که اغلب آن‌ها دارای اثرات بازدارندگی بر رشد کاهو بودند (Fujii *et al.*,2003). با توجه به نتایج حاصل از این بررسی و نظر به این‌که در رابطه با بالنگو اطلاعاتی موجود نیست، نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر در مطالعات آتی است.

زیست‌توده و عملکرد دانه نخود

نتایج حاصل نشان داد که اثر زمان وجین علف‌های‌هرز و نسبت کشت بر عملکرد دانه و زیست‌توده نخود در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل زمان وجین و نسبت کشت نخود در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد دانه و در سطح احتمال پنج‌درصد بر زیست‌توده نخود معنی‌دار شد (جدول ۳). بر اساس نتایج آزمایش، کمترین زیست‌توده (۱۵۴گرم بر متر مربع) و عملکرد دانه (۲۸گرم بر متر مربع) نخود در تیمار وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از

کاشت مشاهده شد و وجین علف‌های‌هرز ۵۰روز پس از کاشت، باعث افزایش ۲۴ و ۵۵درصدی زیست‌توده و عملکرد دانه نخود نسبت به تیمار وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت شد (شکل ۳).

به نظر می‌رسد تأخیر در وجین علف‌های‌هرز باعث افزایش طول دوره رقابت شده باشد و کاهش عملکرد نخود را در پی داشته است. در همین رابطه تأثیر افزایش طول دوره رقابت علف‌های‌هرز بر کاهش عملکرد در مطالعات زیادی مشاهده شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در نخود و بالنگو

Table 3. Analysis of variance (mean squares) of traits on chickpea and balangu

منابع تغییر Source of variation		نخود (Chickpea)		بالنگو (Balangu)		LER (RYT)	
	درجه آزادی Df	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Seed yield	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Seed yield	Dry matter (DM)	Seed yield (SY)
زمان وجین Weeding time (WT)	2	19497.5**	10192.5**	94.6*	10.25*	0.0004 ns	0.2598 ns
نسبت کشت Plant ratio (PR)	5	77596.7**	10829.9**	14314.8**	77.86**	0.0391**	0.1043 ns
زمان وجین× نسبت کشت PR ×WT	5	2623.5*	2630.7**	90.8**	6.65**	0.0131 ns	0.1634 ns
خطا Error	22	953.8	95.7	14.1	1.49	0.0078	0.0681
درصد ضریب تغییرات (CV%)	-	17.35	21.63	6.43	21.12	9.46	25.73

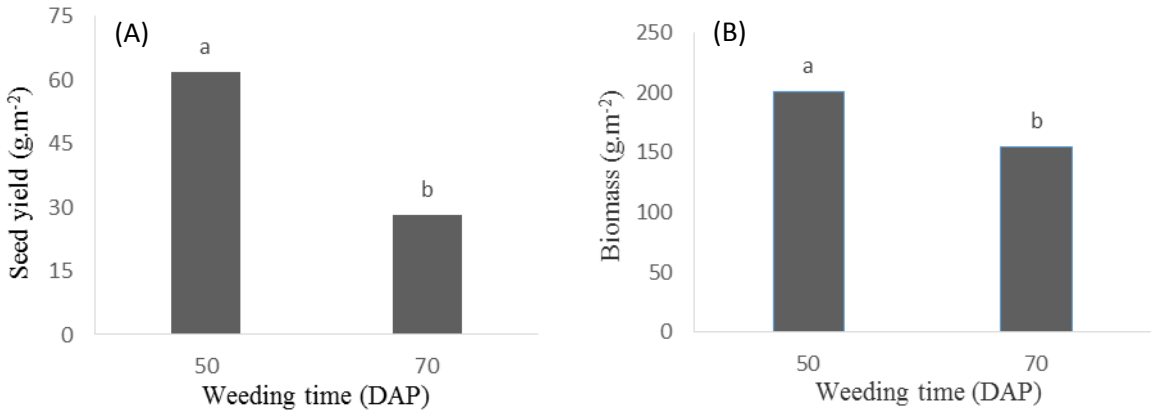
*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد؛ ns، غیرمعنی‌دار

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

Zarghani *et al*, (2013) نشان دادند که با افزایش طول دوره تداخل علف‌های‌هرز در اول فصل و یا در آخر فصل عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesame indicum* L.) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کاهش طول دوره رقابت با افزایش طول دوره وجین علف‌های‌هرز، عملکرد کنجد را افزایش داد. در آزمایشی در تبریز و کرمانشاه با افزایش طول دوره تداخل علف‌های‌هرز با نخود و عدس (*Lens culinaris* Medikus)، مشاهده شد که تأخیر در تاریخ وجین علف‌های‌هرز، عملکرد دانه و زیست‌توده نخود و عدس را کاهش داد (Mohammadi *et al.*, 2005).در مطالعه‌ای دیگر در بررسی تأثیر طول دوره تداخل علف‌های‌هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود مشاهده شد که با افزایش طول دوره تداخل علف‌های‌هرز، تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز افزایش و عملکرد و اجزای عملکرد نخود به‌صورت خطی و به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (Heshmatnia & Armin, 2015). همچنین در بررسی تأثیر وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiata* L.) و کنجد مشاهده شد که وجین علف‌های‌هرز باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه هر دو گونه زراعی نسبت به کنترل نشدن علف‌های‌هرز در تمامی تیمارهای کشت مخلوط شد (Koocheki *et al.*, 2016).

Banik *et al*, (2006) در کشت مخلوط نخود و گندم گزارش کردند که در صورت کنترل‌نشدن علف‌های‌هرز عملکرد دانه در هر دو گونه دچار کاهش شدیدی می‌گردد. در سایر مطالعات نیز به نقش افزایش طول دوره وجین و کاهش تداخل علف‌های‌هرز در نخود بر افزایش عملکرد اشاره شده است (Frenda *et al.*, 2013; Al-Thahabi *et al.*, 1994).

به نظر می‌رسد علت تأثیرگذاری طول دوره رقابت علف‌های‌هرز بر نخود، مجاورت و رقابت بیشتر علف‌های‌هرز با این گونه بوده است و از آنجایی که بر اساس مشاهدات انجام شده در مزرعه بیشترین تراکم علف‌های‌هرز در داخل جوی‌ها و در مجاورت بوته‌های نخود بود، این نتیجه دور از انتظار نیست. از طرفی با افزایش نسبت کاشت بالنگو در کشت مخلوط با نخود کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه و زیست‌توده نخود مشاهده شد و افزودن بالنگو به کشت مخلوط باعث رقابت شدید بین این دو گونه گردید، به‌طوری‌که با اضافه‌شدن ۲۵درصد تراکم بالنگو (۱۰بوته در متر مربع)، عملکرد دانه و زیست‌توده نخود به‌صورت محسوسی کاهش پیدا کرد و با اضافه شدن تراکم‌های بیشتر بالنگو به کشت مخلوط ادامه پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین زیست‌توده (۳۴۸/۳گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱۱۸/۳گرم در متر مربع) نخود مربوط به کشت خالص نخود با تراکم ۴۰بوته در مترمربع مشاهده شد و کمترین زیست‌توده (۱۴۷/۳گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱۷/۹گرم در متر مربع) آن مربوط به نسبت کشت ۱۰۰/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) به‌دست آمد (شکل ۴).



شکل۳- تأثیر زمان وجین (روزهای پس از کاشت) علف‌های‌هرز بر زیست‌توده (A) و عملکرد دانه (B) نخود در کشت مخلوط با بالنگو

Fig. 3. Effect of weeding time on chickpea biomass (A) and seed yield (B) in mixcropping of chickpea with balangu

DAP: روز پس از کاشت؛ در هر ستون حروف مشابه، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

DAP: Day after planting; Means of each column that do not share a letter are significantly different at 5% level of probability.

از آنجا که بالنگو دارای ریشه‌ای راست و عمیق است و با توجه به آرایش کاشت دو گیاه، به نظر می‌رسد که تداخل ریشه‌ای بین دو گونه به‌وجود آمده است و در تراکم‌های بالای دو گیاه، افزایش رقابت بین‌گونه‌ای نخود و بالنگو در افزایش تلفات عملکرد نخود تأثیر معنی‌داری داشته است. Puramir *et al,* (2010) نشان دادند که در بین نسبت‌های کشت، تک کشتی نخود با ۴۴/۰۷درصد بیشترین و نسبت ۳۰درصد نخود+ ۱۰۰درصد کنجد با ۴۰/۱درصد کمترین عملکرد و شاخص برداشت نخود را داشتند. همچنین در کشت مخلوط نخود و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در هندوستان بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد نخود مربوط به تیمار کشت خالص این گیاه بود (Malvi *et al,* 1988). در آزمایشی در کشت مخلوط ذرت و ماش مشاهده شد که کشت خالص ماش عملکرد بالاتری نسبت به کشت مخلوط این دو گونه داشته است (Pandita, 2000).

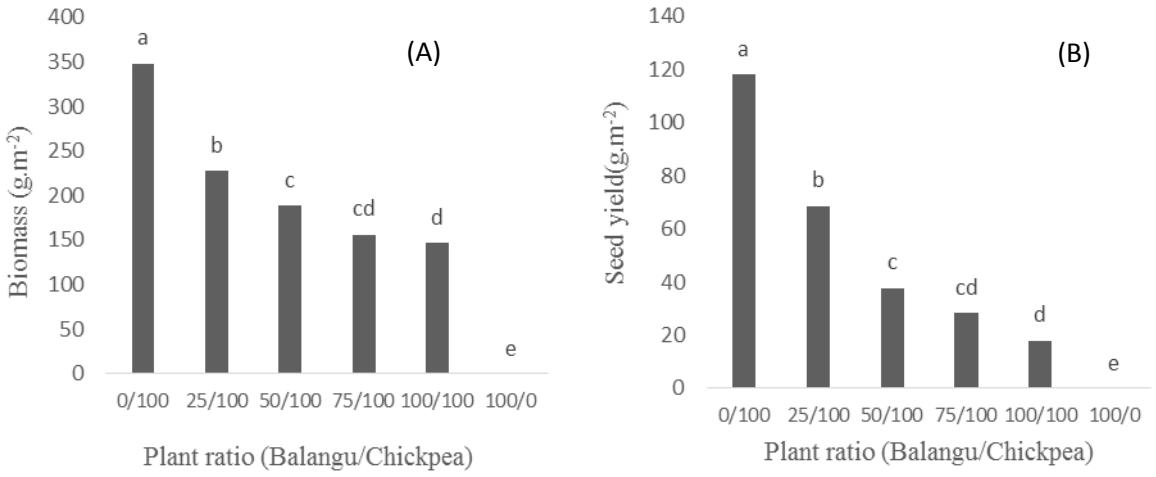
در بررسی اثرات متقابل وجین و نسبت کشت، بیشترین زیست‌توده (۳۹۰گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱۷۳/۹گرم در متر مربع) نخود مربوط به تیمار کشت خالص و وجین علف‌های‌هرز ۵۰روز پس از کاشت بود و تأخیر در وجین علف‌های‌هرز تا ۷۰روز، منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و زیست‌توده نخود در همه نسبت‌های کشت شد. با وجود این، در نسبت کشت ۲۵/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) زمان وجین علف‌های‌هرز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نخود نداشت و بین نسبت‌های کشت ۵۰/۱۰۰، ۷۵/۱۰۰ و ۱۰۰/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) در وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت اختلاف معنی‌داری در زیست‌توده و عملکرد دانه نخود مشاهده نشد.

همچنین در تیمار وجین علف‌های‌هرز ۵۰روز پس از کاشت بین نسبت‌های کشت ۲۵/۱۰۰ و ۵۰/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) در عملکرد دانه نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از سوی دیگر وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت هم بین نسبت‌های کشت ۲۵/۱۰۰ و کشت خالص نخود اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه نخود ایجاد نکرد (جدول۴). در آزمایشی مربوط به کشت مخلوط نخود و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) بیشترین عملکرد دانه نخود مربوط به تیمار یک‌بار کنترل علف‌های‌هرز و تراکم۶۰بوته در مترمربع به‌دست آمد و همچنین با کاهش تراکم نخود عملکرد دانه نخود هم در تیمار یک‌بار کنترل و بدون کنترل علف‌های‌هرز کاهش معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که کمترین عملکرد دانه نخود در تیمار بدون کنترل علف‌های‌هرز و تراکم ۱۵بوته در مترمربع نخود به‌دست آمد (Alikamar *et al.,* 2006) که در تطابق با نتایج این مطالعه است.

زیست‌توده و عملکرد دانه بالنگو

نتایج نشان دادند که اثر زمان وجین بر زیست‌توده و عملکرد دانه بالنگو در سطح احتمال پنج‌درصد و اثر متقابل تاریخ وجین و نسبت کشت بر عملکرد دانه و زیست‌توده بالنگو درسطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

بر اساس نتایج آزمایش و بر خلاف انتظار، کمترین زیست‌توده (۵۶/۶۹گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۵/۲۴گرم در مترمربع) بالنگو در تیمار وجین علف‌های هرز ۵۰روز پس از کاشت بالنگو مشاهده شد و وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت به ترتیب منجر به افزایش ۵/۷ و ۲۰/۴درصدی زیست‌توده و عملکرد دانه بالنگو نسبت به تیمار وجین علف‌های‌هرز ۵۰روز پس از کاشت شد (شکل ۵).



شکل ۴- تأثیر نسبت کاشت بالنگو و نخود بر عملکرد زیست‌توده (A) و دانه (B) نخود

Fig. 4. Effect of balangu and chickpea planting ratio on biomass (A) and seed yield (B) of chickpea

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Means of each column that do not share a letter are significantly different at 5% level of probability.

جدول ۴- اثرات متقابل وجین و نسبت کشت بالنگو و نخود بر زیست‌توده و عملکرد دانه نخود و بالنگو

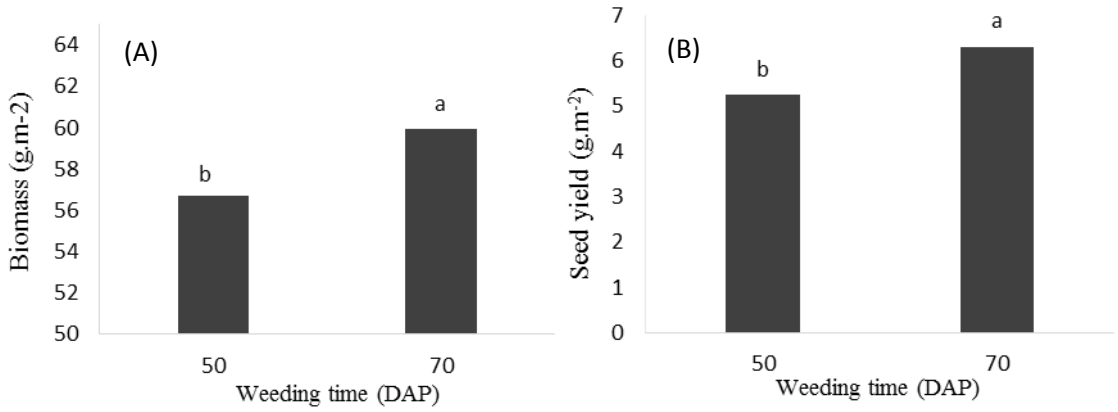
Table 4. Mean comparison the effect of weeding time and plant ratio interaction on dry matter and seed yield of chickpea and balangu

تیمار (Treatment)		صفت (Trait)			
		بالنگو Balangu		نخود Chickpea	
تاریخ وجین (روز پس از کاشت) Weeding time (day after planting)	نسبت کشت (بالنگو/ نخود) Plant ratio (Chickpea/Balangu)	عملکرد زیست‌توده (گرم در مترمربع) Biomass ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد زیست‌توده (گرم در مترمربع) Biomass ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)
50	0:100	144.727 a	10.846 a	0 e	0 e
	100:100	71.010 d	5.014 c	146.33 d	22.78 d
	100:75	56.467 e	8.775 b	174.43 cd	40.86 c
	100:50	48.127 f	4.175 cd	221.83 c	62.52 b
	100:25	19.823 g	2.686 d	275 b	72.13 b
	100:0	0 h	0 h	390 a	173.92 a
70	0:100	135.833 b	9.197 ab	0 e	0 e
	100:100	82.933 c	7.261 b	148.33 d	13.18 de
	100:75	67.920 d	8.543 b	138.33 d	16.08 de
	100:50	49.880 f	8.409 b	155 d	12.93 de
	100:25	23.043 g	4.492 cd	180 cd	65.33 b
	100:0	0 h	0 h	306.66 b	62.78 b

در هر ستون، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Means of each column that do not share a letter are significantly different at 5% level of probability.

با توجه به این‌که بر اساس مشاهدات انجام‌شده علف‌های‌هرز موجود در مزرعه در فاصله بین ردیف‌های کشت مخلوط نخود و بالنگو حضور داشتند و نیز با توجه به این‌که بالنگو در روی ردیف‌ها کشت شده بود، به نظر می‌رسد این امکان وجود داشته باشد که رقابت علف‌های‌هرز با بوته‌های نخود که در مجاورت علف‌های‌هرز بودند و کاهش اثرات تداخل آن‌ها با بالنگو در این مهم دخیل بوده باشد، با این حال، پیشنهاد بر تکرار مطالعه و بررسی بیشتر و دقیق‌تر این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای در مطالعات آتی می‌باشد. Puramir *et al*, (2010) گزارش کردند که در کشت مخلوط نخود و زیره‌سبز یک‌بار کنترل علف‌های‌هرز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد اجزای مخلوط دارد. بر اساس نتایج مذکور نامبردگان برای کاهش اثرات زیان‌بار علف‌های‌هرز بر نخود و زیره‌سبز و افزایش بهره‌وری، کشت مخلوط آن‌دو را پیشنهاد کردند.



شکل ۵- تأثیر زمان وجین (روزهای پس از کاشت) علف‌های‌هرز بر زیست‌توده (A) و عملکرد دانه (B) بالنگو در کشت مخلوط با نخود

Fig. 5. Effect of weeding time (day after planting) on biomass (A) and seed yield (B) of balangu in mixcropping with chickpea

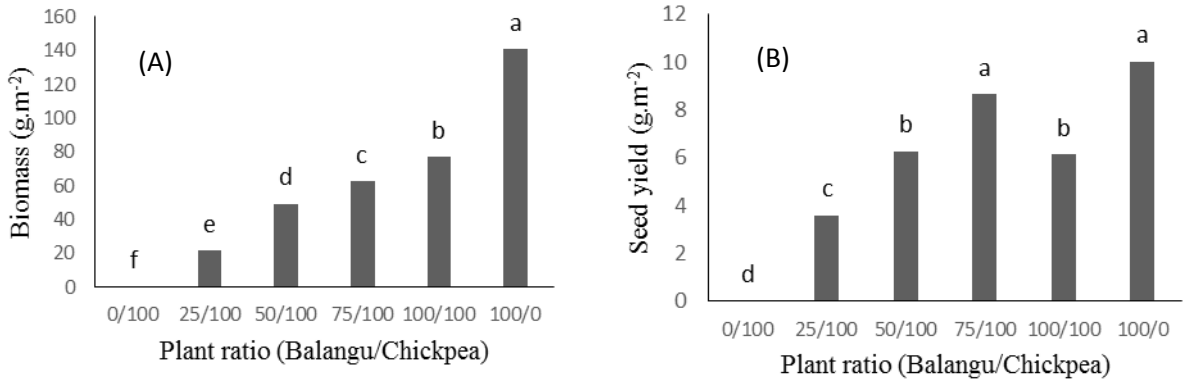
DAP: روز پس از کاشت؛ در هر ستون حروف مشابه، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

DAP: Day after planting; Means of each column that do not share a letter are significantly different at 5% level of probability.

در همین رابطه در آزمایشی دیگر در کشت مخلوط زیره سبز و نخود، بیشترین عملکرد زیره‌سبز در تیمار یک‌بار کنترل علف‌های‌هرز و کمترین عملکرد در تیمار بدون کنترل علف‌های‌هرز به‌دست آمد (Alikamar *et al.*, 2006). از سوی دیگر با افزایش نسبت کشت بالنگو در کشت مخلوط، زیست‌توده و عملکرد دانه بالنگو افزایش معنی‌داری داشت. بیشترین زیست‌توده (۱۴۰/۲۸گرم در متر مربع) و عملکرد دانه بالنگو (۱۰/۰۲گرم در متر مربع) در کشت خالص و تراکم ۴۰بوته در مترمربع بالنگو مشاهده شد و کمترین زیست‌توده (۲۱/۴۳گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۳/۵۸گرم در متر مربع) بالنگو در زمانی مشاهده شد که تراکم آن در کشت مخلوط با نخود، ۱۰بوته در مترمربع در نسبت کشت ۲۵/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) بود (شکل ۶). از آنجا که تراکم گیاهان در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بیشتر است و رقیبی بر سر منابع غیر از گیاه زراعی وجود ندارد، تراکم اجزای کشت مخلوط به عنوان اولین و مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر رشد و عملکرد آن‌ها است (Ghosh, 2004). لذا تغییر در نسبت کشت می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر عملکرد آن‌ها داشته باشد که در تطابق با نتایج این آزمایش است و در سایر مطالعات نیز به آن اشاره شده است (Banik *et al.*, 2006; Rodrigo *et al.*, 1997; Sobkowicz, 2006). در همین رابطه و در مطالعه‌ای در کشت مخلوط لوبیا و ریحان بذری (*Ocimum basilicum* L.) بیشترین عملکرد دانه در مقایسه با سایر تیمارهای مخلوط در کشت خالص لوبیا مشاهده شد (Alizadeh *et al.*, 2008).

در بررسی اثرات متقابل وجین علف‌های‌هرز و نسبت کشت مخلوط بالنگو نیز نتایج مشابهی مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل در هر دو زمان وجین علف‌های‌هرز، بالاترین عملکرد زیست‌توده و دانه بالنگو در کشت خالص آن حاصل شد و کاهش نسبت کشت بالنگو، منجر به کاهش معنی‌دار زیست‌توده و عملکرد دانه بالنگو شد. با این وجود زمان وجین علف‌های‌هرز در نسبت‌های کشت ۲۵/۱۰۰ و ۵۰/۱۰۰ تأثیری بر عملکرد زیست‌توده بالنگو نداشت، اما در عملکرد دانه بالنگو اثر معنی‌داری داشت. عملکرد دانه بالنگو در کشت خالص آن از نظر آماری و در سطح احتمال ۵درصد، تحت تأثیر زمان وجین علف‌های‌هرز قرار نگرفت که ممکن است مربوط به اثرات دگرآسیبی این گیاه بر علف‌های هرز مجاورش باشد که در مطالعات آتی نیاز به بررسی‌های بیشتری است. اما در کشت خالص آن با تأخیر در تاریخ وجین علف‌های‌هرز، عملکرد دانه و زیست‌توده بالنگو کاهش پیدا کرد. با توجه به نتایج حاصل، با کاهش نسبت بالنگو در کشت مخلوط، اثرات کاهش عملکرد ناشی از وجین علف‌های‌هرز در۵۰روز پس از کاشت بیش از ۷۰روز بود، هرچند این مهم در نسبت کشت۷۵/۱۰۰ تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه نداشت و در تیمار وجین ۷۰روز پس از کاشت، اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه بالنگو در نسبت‌های کشت ۵۰/۱۰۰ یا ۷۵/۱۰۰ و ۱۰۰/۱۰۰ مشاهده نشد (جدول ۴).

در اغلب آزمایشات معمولاً اثر زمان وجین علف‌های‌هرز در کشت خالص بررسی شده است و اطلاعات در این خصوص در کشت مخلوط محدود است. بر اساس مطالعات انجام‌شده در کشت خالص، افزایش طول دوره تداخل علف‌های‌هرز منجر به افزایش اثرات منفی علف‌های‌هرز بر عملکرد گیاه زراعی می‌شود.



شکل۶- تأثیر نسبت کشت بالنگو و نخود بر عملکرد زیست‌توده (A) و دانه (B) بالنگو

Fig. 6. Effect of balangu and chickpea plant ratio on balangu biomass (A) and seed yield (B)

در هر ستون حروف مشابه، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

Means of each column that do not share a letter are significantly different at 5% level of probability.

در آزمایشی تأثیر زمان وجین علف‌های‌هرز بر روی عملکرد سویا بررسی شد که نتایج نشان داد که با افزایش طول دوره رقابت و تأخیر در زمان وجین علف‌های‌هرز اجزای عملکرد سویا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Ehteshami *et al.*, 2006). با این حال بسته به اجزای کشت مخلوط، اضافه‌شدن گونه زراعی دیگری در شرایط وجین یا حضور علف‌های‌هرز اثرات متفاوتی بر عملکرد گونه‌ها خواهد داشت. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد این امکان نیز وجود داشته باشد که حضور نخود در طرفین ردیف‌های کشت و رقابت با علف‌های‌هرز، کاهش اثرات تداخلی علف‌های‌هرز با بالنگو که در روی ردیف کشت شده است را داشته باشد. در سیستم‌های مخلوط به‌دلیل وجود چند گیاه و چندلایه‌ای‌بودن سیستم، مشکل علف‌های‌هرز نسبت به سیستم تک‌کشتی کمتر است (Ghanbari *et al.*, 2010). به‌صورت کلی در این سیستم به‌حداکثررساندن پوشش خاک و تنوع گیاهی دو اصل مهم می‌باشند که باعث کنترل بهتر و موثرتر علف‌های‌هرز نسبت به تک‌کشتی می‌شوند.

نسبت برابری زمین (LER)

بیشترین میزان شاخص نسبت برابری زمین (۱/۵۲) در تیمار وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت و در نسبت کشت ۲۵/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) مشاهده شد. اگرچه عملکرد نسبی بالنگو در این نسبت کشت در کمترین میزان خود برابر با ۰/۴۸ بود، اما به دلیل بالابودن عملکرد نسبی نخود، شاخص نسبت برابری زمین در مقایسه با دیگر نسبت‌های کشت، میزان بالاتری را به خود اختصاص داد. در تیمار وجین علف‌های‌هرز ۵۰روز پس از کاشت هم بالاترین میزان عملکرد نسبی نخود در همین نسبت کشت مشاهده شد و به نظر نخود در این نسبت کشت اثرات مثبتی از بالنگو پذیرفته باشد (جدول ۵). در سایر مطالعات نیز به اثرات مثبت کشت مخلوط بر عملکرد گیاهان زراعی اشاره شده است (Song *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2010; Dai *et al.*, 2012). به‌طور کلی در تیمار وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت، شاخص نسبت برابری زمین در تمامی نسبت‌های کشت در مقایسه با تیمار وجین علف‌های‌هرز ۵۰روز پس از کاشت بیشتر بود و در سه نسبت کشت ۲۵/۱۰۰، ۵۰/۱۰۰ و ۷۵/۱۰۰ (نخود/ بالنگو) بالاتر از یک بود. با وجود این، Alikamar *et al.*, (2006) نشان دادند که نسبت برابری زمین در کلیه تیمارهای کشت مخلوط زیره سبز و نخود بالاتر از یک بود که در این بین نسبت ۲۵/۷۵ (زیره‌سبز/ نخود) به ترتیب با تراکم۹۰بوته در مترمربع زیره‌سبز و ۱۵بوته در مترمربع نخود دارای بیشترین مقدار بود.

در تیمار وجین علف‌های‌هرز ۵۰روز پس از کاشت در تمامی نسبت‌های کشت به‌جُز نسبت کشت ۱۰۰/۷۵ (بالنگو/ نخود) که شاخص نسبت برابری زمین برابر ۱/۰۳ بود، این شاخص کمتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری این نسبت کشت نسبت به کشت خالص بالنگو و نخود می‌باشد. در زمان وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت در تمامی نسبت‌های کشت، این شاخص بیشتر از یک بود، غیر از نسبت کشت ۱۰۰/۱۰۰ که می‌توان به خاطر تراکم بالای بالنگو و نخود در واحد سطح و اشغال فضای بیشتر و تداخل دو گونه با یکدیگر مربوط دانست. در بین این نسبت‌ها نسبت کشت ۱۰۰/۲۵ دارای بیشترین مقدار شاخص نسبت برابری زمین (۱/۵۳) بود که نشان می‌دهد این نسبت کشت می‌تواند از نظر اقتصادی مفید باشد. با توجه به نتایج حاصل در مجموع می‌توان نسبت کشت ۱۰۰/۲۵ را در هر دو زمان وجین نسبت به سایر نسبت‌های کشت اقتصادی‌تر و قابل‌توصیه دانست.

جدول ۵- نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نخود و بالنگو

Table 5. Land equivalent ratio in chickpea and balangu mixcropping

تاریخ وجین (روز پس از کاشت) Weeding time (day after planting)	نسبت کشت (بالنگو/ نخود) Plant ratio (chickpea /balangu)	عملکرد نسبی (Relative yield)		نسبت برابری زمین LER (Land equivalent ratio)
		نخود (Chickpea)	بالنگو (Balangu)	
50	0:100	0	1	1
	100:100	0.13	0.46	0.59
	100:75	0.23	0.80	1.03
	100:50	0.35	0.38	0.73
	100:25	0.41	0.24	0.65
	100:0	1	0	1
70	0:100	0	1	1
	100:100	0.20	0.79	0.99
	100:75	0.25	0.93	1.18
	100:50	0.20	0.91	1.11
	100:25	1.04	0.48	1.52
	100:0	1	0	1

در سایر مطالعات نیز به اثرات مفید کشت مخلوط بر افزایش نسبت برابری زمین اشاره شده است (Rahimian *et al.*, 1992; Putnam & Allan, 1992; Koocheki *et al.*, 1995). در مطالعه‌ای در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود شاخص نسبت برابری زمین در همه نسبت‌ها بیشتر از یک بود (Seyedi *et al.*, 2012). همچنین Hasan zadeh avval *et al*, (2010) در ارزیابی نسبت برابری زمین در کشت مخلوط مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) گزارش کردند که کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن‌ها برتری داشت. بر اساس نتایج مطالعه مذکور، زیره‌سبز در کشت مخلوط با نخود اثرات مثبتی پذیرفته و این مهم ضمن افزایش رشد و عملکرد آن، برتری شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط را نیز به‌دنبال داشته است (Alikamar *et al.*, 2006). در کشت مخلوط ردیفی نخود و کنجد نیز مشاهده شد که کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر یک از اجزای آن برتر و بهره‌وری زمین در آن بیشتر بود (Puramir *et al.*, 2010). در کشت مخلوط شنبلیله و زنیان نیز مشاهده شد که شاخص نسبت برابری زمین در تمام نسبت‌های کشت، بزرگ‌تر از یک شد (Mardani & Balouchi, 2013). Bigonah *et al*, (2015) نشان دادند که برتری عملکرد و بهره‌وری در کشت مخلوط ممکن است بر اثر مجموعه‌ای از اثرات عوامل مختلف مانند بهره‌وری بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی و کنترل مؤثرتر علف‌های‌هرز باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مذکور در شرایط مشهد به نظر می‌رسد نسبت کشت ۱۰۰/۲۵ (بالنگو/ نخود) (تراکم ۱۰بوته در مترمربع بالنگو همراه با ۴۰بوته در مترمربع نخود)، می‌تواند در این کشت مخلوط، مفید و اقتصادی واقع شود، به‌طوری‌که از بررسی نتایج شاخص نسبت برابری زمین (LER) بیشترین مقدار این شاخص (۱/۵۲) در این نسبت کشت مشاهده شد. با این حال، کاشت بالنگو با تراکم‌های۱۰، ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع همراه با ۴۰بوته در مترمربع نخود در وجین علف‌های‌هرز ۷۰روز پس از کاشت باعث شد که نسبت برابری زمین بیشتر از یک شود. به نظر می‌رسد بالنگو با نخود رقابت شدیدی داشته است که احتمالاً به دلیل نوع آرایش کاشت این مخلوط بوده است، به‌همین‌خاطر کاهش جمعیت بالنگو در کشت مخلوط با نخود از طریق کاهش تداخل آن با نخود منجر به افزایش عملکرد و بهره‌وری نخود شده است.

منابع

1. Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, Gh.A., Kafi, M., and Zand, E. 2006. Study on different densities of cumin (*Cuminum cyminum*) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping with emphasis on weed control. Iranian Journal of field Crops Research 4(1): 83-94. (In Persian with English Summary).
2. Al-Thahabi, S.A., Yasin, J.Z., Abu-Irmaileh, B.E., Haddad, N.I., and Saxena, M.C. 1994. Effect of weed removal on productivity of chickpea and lentil (*Lens culinaris* Med.) in a Mediterranean environment. Journal of Agronomy and Crop Science 172(5): 333-341.

3. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 553-541. (In Persian with English Summary).
4. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24(4): 325-32.
5. Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2015. Effect of intercropping on biological yield, nitrogen percentage and morphological traits of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.*)* and coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(3): 1-16. (In Persian).
6. Dai, C.C., Chen, Y., Wang, X.X., and Li, P.D. 2012. Effects of intercropping of peanut (*Arachis hypogaea* L.) with the medicinal plant *Atractylodes lancea* on soil microecology and peanut yield in subtropical China. Journal of Agroforestry Systems 87(2): 417-426.
7. Ehteshami, M.R., Chaichi, M.R., Galeshi, S., and Khalesroo, S. 2006. The effect of weeding time on yield and yield components in soybean (*Glycine max* L.). Journal of Agriculture Science Nature Resource 32(1): 71-79. (In Persian with English Summary).
8. Frenda, A.S., Ruisi, P., Saia, S., Frangipane, B., Di Miceli, G., Amato, G., and Giambalvo, D. 2013. The critical period of weed control in faba bean (*Vicia faba* L.) and chickpea in Mediterranean areas. Journal of Weed Science 61(3): 452-459.
9. Fujii, Y., Parvez, S.S., Parvez, M., Ohmae, Y., and Iida, O. 2003. Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. Journal of Weed Biology and Management 3(4): 233-241.
10. Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghaffari Moghadam, M., and Safari, M. 2010. Evaluating the effect of corn (*Zea mays* L.) and Squash (*Cocurbita* spp.) intercropping on weed control. Iranian Journal of Field Crops 41(1): 43-55. (In Persian).
11. Giller, K.E. 2001. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. Cabi. p. 423.
12. Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.)/Cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Journal of Field Crops Research 88(2): 227-237.
13. Hasan zadeh avval, F., Koocheki, A., Khazaei, H., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Effect of density on savory (*Satureja hortensis* L.) yield and cultural traits intercroped with persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 920-929. (In Persian).
14. Heshmatnia, A., and Armin, M. 2015. Effects of weed interference duration on yield and yield components of chickpea in two different production systems. Journal of Crop Production 9(1): 25-47. (In Persian with English Summary).
15. Information Network of Rahe Dana. 2016. Kalat is Most Important Producers of Balangu in Iran. Available at Webb site http://www.dana.ir/news/737938.html (verified 30 January 2018).
16. Javanshir, A., Dabagh Mohammadi Nasab, A., and Hamidi, A. 2000. Ecology of Intercropping. Jahad Daneshgahi Mashhad press. p. 222 (In Persian).
17. Jeyabal, A., and Kuppuswamy, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in Rice-Legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy 15(3): 153-70.
18. Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashemi Dezfuli, A. 1995. Sustainable Agriculture (translated). Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. p. 118 (In Persian).
19. Koocheki, A., Solouki, H., and Karbor, S. 2016. Study of ecological aspects of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bung bean (*Vigna radiata* L.) intercropping in weed control. Iranian Journal of Pulses Research 7(2): 27-44. (In Persian with English Summary).
20. Kumar, B.R.M., Mansur, C.P., Salimath, P.M., Alagundagi, S.C., and Sarawad, I.M. 2009. Influence of different row proportions on yield components and yield of rabi crops under different intercropping systems. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 22(5): 1087-1089.
21. Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint (*Mentha piperita*)/soybean strip intercropping. Journal Field Crops Research 84(3): 229-40.
22. Mahfouz, H., and Migawer, E.A. 2004. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola (*Brassica napus* L.). Egyptian Journal of Basic and Applied Science 19(4): 84-101.
23. Malvi, G.C., Saraf, C.S., and Pandey, S.L. 1988. Effect of intercropping on yield attributes of chickpea and safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under different soil moisture regimes and population densities. Journal of Agronomy and Crop Science 160(4): 224-227.

24. Mardani, F., and Balouchi, H.R. 2013. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek (*Trigonella foenum-greacum* L.) and anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(2): 2-16. (In Persian).
25. Maingi, J.M., Shisanya, C.A., Gitonga, N.M., and Hornetz, B. 2001. Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semi-arid south-east Kenya. European Journal of Agronomy 14(1): 1-2.
26. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Press. p. 262 (In Persian).
27. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluating the benefit of ajowan (*Carum copticum*) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 259-269. (In Persian with English Summary).
28. Mohammadi, G., Javanshir, A., Khooie, F.R., Mohammadi, S.A., and Zehtab Salmasi, S. 2005. Critical period of weed interference in chickpea. Journal of Weed Research 45(1): 57-63.
29. Morris, R.A., Villegas A.N., Polthanee, A., and Centeno, H.S. 1990. Water use by monocropped and intercropped cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grown after Rice (*Oryza sativa* L.). Agronomy Journal 82(4): 664-668.
30. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecolgy. Ferdowsi University of Mashhad Press. p. 453 (in Persian).
31. Odhiambo, G.D., and Ariga, E.S. 2001. Effect of intercropping maize (*Zea mays* L.) and beans on Striga incidence and grain yield. In: Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference p. 11-15.
32. Parsa, M., and Bagheri, A., 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. p. 524 (In Persian).
33. Pandita, A.K., Shah, M.H., and Bali, A.S. 2000. Effect of row ratio in Cereal-Legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. Indian Journal of Agronomy 45(1): 48-53.
34. Puramir, F., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of different plant combanation on chickpea and sesame (*Sesamum indicum*) in additive series intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 393-402. (In Persian).
35. Putnam, D.H., and Allan, D.L. 1992. Mechanisms for overyielding in a sunflower (*Helianthus annuus* L.)/mustard (*Sinapis alba* L.) intercrop. Agronomy Journal 84(2): 188-195.
36. Rahimian, H., Salahi Moghadam, M., and Galavi, M., 1992. Intercropping of potato (*Solanum tuberosum* L.) with corn and sunflower. Agriculture Science and Technology Journal 9(1): 48-58. (In Persian).
37. Rodrigo, V.H.L., Stirling, C.M., Teklehaimanot, Z., and Nugawela, A. 1997. The effect of planting density on growth and development of component crops in rubber/banana intercropping systems. Journal of Field Crops Research 52(1): 95-108.
38. Roohi Nogh, A., Koocheki, A., Ghorbani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Bakhshaei, S. 2017. Effect of organic fertilizers and plant density on qualitative charecteristics of Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.). Journal of Agroecology 9(2): 314-325. (In Persian with English Summery).
39. Sarparast, R., and Sheikh, F. 2010. Effect of different herbicides on weed control on chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 33-42. (In Persian with English Summery).
40. Seyedi, M., Hamzei, J., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012 The evaluation of weed supression and crop production in Barley (*Hordeum vulgare* L.)-Chickpea intercrops. Journal of Processing of Agricultural and Horticultural Crops 2(3): 102-114. (In Persian with English Summary).
41. Sobkowicz, P. 2006. Competition between triticale (*Triticosecale* Witt.) and field beans (*Vicia faba* var. Minor L.) in additive intercrops. Journal of Plant Soil and Environment 52(2): 47-54.
42. Song, Y.N., Zhang, F.S., Marschner, P., Fan, F.L., Gao, H.M., Bao, X.G., Sun, J.H., and Li, L. 2007. Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological properties in rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Biology and Fertility of Soils 43(5): 565-574.
43. Zargari, A. 1990. Medical Plants. Tehran University Press. p. 923.
44. Zarghani, H., Nezami, A., Khajeh hoseini, M., and Izadi Darbandi, E., 2013, The effect of weeding time on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum*). Irainian Journal of Field Crop Research 10(4): 690-698. (In Persian with English Summary).
45. Zhang, N.N., Sun, Y.M., Li, L., Wang, E.T., Chen, W.X., and Yuan, H.L. 2010. Effects of intercropping and *Rhizobium* inoculation on yield and rhizosphere bacterial community of faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Biology and Fertility of Soils 46(6): 625-639.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 90-103 (Research Article)

Evaluating yield and land equivalent ratio in mixcropping of balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) affected by weed competition

Eizadi-Darbandi[1]*, E., Maghsoudi[2], A. & Molaei[2], E.

1. Associate Professor, Department of Agrotechnology & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. MSc. of Weed Science, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad,
(arashwenger@yahoo.com; e.molaie8993@gmail.com, respectively)

Received: 21 October 2017
Accepted: 14 February 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.67946

Introduction

Intercropping is considered to be important for a lot of reasons like optimizing water and soil resource uses, increasing water use efficiency, increasing pest, diseases and weed control efficiency, decrease pesticide application, increasing total production and land equivalent ratio and sustainability in agroecosystems. Production of medicinal plants requires sustainable and healthy methods like intercropping for increasing quantity and quality of medicinal plants and intercropping is one of the methods has special attention for this approach. Intercropping would be more successful when one of the intercropping components is legume, because of their nitrogen fixation ability and compatability to different planting patterns in mixcropping systems. Chickpea and balangu planting date is close together, with these abilities of legumes and planting dates it seems that their intercropping is an ideal purpose for medicinal production. It is possible that chickpea nitrogen fixation is useful for balangu growth and allelopathic effects of balangu with planting patterns with increasing canopy covering on the ground and shading on weed seedling would be helpful to improve quality and quantity in this intercropping. The objective of this study was to evaluate the chickpea and balangu intercropping possibility, land equivalent ratio and effect of weed control in this intercropping pattern.

Matherials & Methods

The experiment was arranged as a factorial based on randomized complete blocks design with three replications and performed at research farm of faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2015-16 growing season. Treatments considered six planting (Chickpea/Balangu) ratio: (100/0, 100/25, 100/50, 100/75, 100/100, 0/100) and two weeding time (50 and 70 days after planting). Chickpea and balangu were planted at the same time (March 11th) in the way that Balangu is planted on the top of the rows with high density and chickpea is planted on the sideways of rows in recommended density (40 plant/m^{-2}). When Balangu is emerged, they were thinned to its recommended density (40 plantm^{-2}). Because of good precipitation during the growing season, one time irrigation was applied at the beginning of chickpea poding and balangu seed ripening. To determine the effect of treatments, chickpea and balangu biomass and seed yield were determined at the end of the season. To compare the performance of intercropping, land equivalent ratio (LER) was used, according to below equation:

$$LER=(RYa+RYb)=\left\{\left(\frac{Yab}{Yaa}\right)+\left(\frac{Yba}{Ybb}\right)\right\}$$

RYa: relative intercropped yield out of monocropped plant a yield Ryb: relative intercropped yield out of monocropped plant b. Yab: yield of plant a intercropped with plant b, Yba: yield of plant b intercropped with plant a, Yaa: yield of plant a monocropped, Ybb: yield of plant b monocropped. The data statistical analysis and draw the figures were performed by Mini Tab Ver 17 and Excel 2013. Means were also compared by Fisher test at 5% probability level.

*** Corresponding Author:** e-izadi@um.ac.ir

Results & Discussion

Results indicated that chickpea biomass and seed yield decreased as 24 and 55 percent respectively in 70 days after planting weeding time. However, biomass and seed yield were increased 5.7 and 20.4 percent respectively in balangu. By increasing balangu density, balangu seed yield increased but chickpea seed yield decreased significantly. The highest seed yield and biomass in both crops is observed in their monocropping and 50 days after planting weeding time. When weeds were left longer (70 days after planting) to compete with the crops, yield was decreased. Results showed that land equivalent ratio (LER) in 100/25 (chickpea/ balangu) plant ratio were the highest (1.52) and is useful and economic in chickpea and balangu intercropping.

Conclusion

Based on the results, by increasing the balangu density, biomass and seed yield of chickpea was significantly decreased even at the lowest balangu density. However increasing balangu density, increased balangu yield. It seems balangu is competing with chickpea strongly. However balangu planting at 10, 20 and 30 plant m^{-2} density with 40 plant m^{-2} chickpea increased land equivalent ratio by more than 1, especially in the lowest balangu density (10 plant m^{-2}) when weeding were did at the 70 days after planting. Generally intercropping of balangu and chickpea in Mashhad and the same climate condition recommended in 100/25 (chickpea/ balangu) plant ratio (40 chickpea plant m^{-2} + 10 balangu plant m^{-2}) and it would be useful and economic.

Keywords: Additive series, Plant ratio, Supplementary crops, Weeding date

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۱۸-۱۰۴
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 104-118 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69397

واکنش رشد رویشی و زایشی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) به کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت

فرناز احمدی نورالدین‌وند[1*]، محمدرضا مرادی تلاوت[2]، سید عطاءاله سیادت[2] و علی مشتطی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- به‌ترتیب، دانشیار، استاد و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(به‌ترتیب moraditelavat@yahoo.com، seyedatasiadat@yahoo.com و alimoshatati@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی رشد رویشی و زایشی گوار یا لوبیای خوشه‌ای در واکنش به کاربرد هیومیک‌اسید در تراکم‌های مختلف کاشت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی خوزستان در تابستان۱۳۹۵ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح هیومیک‌اسید (شامل صفر، پنج، ۱۰ و ۱۵کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی و چهار تراکم مختلف (شامل ۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثرات اصلی هیومیک‌اسید و تراکم کاشت بر صفات ارتفاع‌بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ در مترمربع، تعداد غلاف و دانه در مترمربع، عملکرد دانه و ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با افزایش هیومیک‌اسید، صفات نامبرده افزایش یافتند. همچنین، با افزایش تراکم، اکثر صفات به‌جُز تعداد شاخه‌های فرعی افزایش یافت. اثر متقابل فاکتورها بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در مترمربع در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. به‌طورکلی، بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۹/۷کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۷۹۵۵/۶کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید و تراکم ۹۵بوته در مترمربع و کمترین عملکرد دانه (۱۴۳۳/۲کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۴۸۱۲/۶کیلوگرم در هکتار) از عدم مصرف هیومیک‌اسید و تراکم ۳۵بوته در مترمربع به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع‌بوته، ریخت‌شناسی، عملکرد، کود آلی، ماده خشک

مقدمه

گوار (لوبیای خوشه‌ای) با نام علمی *Cyamopsis tetragonoloba* L. گیاهی از خانواده بقولات است. این گیاه تابستانه و نورپسند بوده و تحمل بالایی نسبت به خشکی دارد و آب و هوای گرم را ترجیح می‌دهد. دمای مطلوب برای جوانه زنی این گیاه ۲۵ تا ۳۰درجه سانتی‌گراد است. ریشه گوار مانند سایر گیاهان خانواده بقولات باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن دارد که نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد (Ghulam Nabi, 2013). گیاه گوار برای نخستین‌بار در هندوستان کشت شده است. تحمل بالای این گیاه در برابر شرایط سخت جوی نظیر کم‌آبی، زمین‌های سنگی و نور شدید آفتاب سبب شده است که در سال۱۹۰۳ میلادی توسط هند وارد ایالات متحده آمریکا شود و در اوایل دهه۱۹۵۰ میلادی در تگزاس و اوکلاهما جهت بهره‌برداری تجاری، حجم وسیعی از زمین‌های این مناطق را جهت کشت گوار اختصاص دهند، درحالی‌که در سودان از سال۱۹۳۰ میلادی مورد کشت‌وکار قرار گرفت. امروزه تولید عمده این گیاه در کشورهای هند، پاکستان و آمریکا صورت می‌گیرد (Pitia Lokose, 2011). این گیاه در طول دوره رشد به آبیاری واکنش مثبت نشان می‌دهد، اما باران بیش از حد و یا رطوبت پس از رسیدگی باعث سیاه و چروکیده‌شدن دانه‌ها و بنابراین کاهش کیفیت آن‌ها می‌شود (Gresta *et al.*, 2013). در کشورهای هند و پاکستان کشت این گیاه به‌صورت دیم بوده و بیان شده که سه مرتبه آبیاری برای رشد گوار کافی است، به‌طوری‌که در پاکستان با این مقدار آبیاری ۱۳۷۲کیلوگرم درهکتار عملکرد دانه به‌دست آمده است (Akhtar *et al.*, 2012). همچنین گزارش شده که اگر کشت به‌صورت آبیاری کامل باشد و بیش از سه مرتبه صورت گیرد، عملکرد دانه حدود ۴۲۴۰/۸کیلوگرم در هکتار به‌دست می‌آید (Soleymani, 2014). غلاف‌های این گیاه روی ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی توزیع شده و در هر غلاف ۵ تا ۱۲دانه قرار دارد. دانه این گیاه یک آندوسپرم بزرگ شامل صمغ

* نویسنده مسئول: farnaz_ahmadi@rocketmail.com

گالاکتومانان[1] دارد که در آب به شکل ژل درمی‌آید. این ماده معمولاً به‌عنوان صمغ گوار شناخته شده است (Ghulam Nabi, 2013). از صمغ این گیاه در محصولاتی مانند لبنیات (بستنی، پنیر، ماست و غیره)، نوشیدنی‌ها، چاشنی‌ها (سس گوجه‌فرنگی و سس مایونز) و نیز در تولید نان استفاده می‌شود. در حال حاضر بین ۳۰-۲۵درصد از کل تولید این گیاه نیز مصرف خوراکی دارد (Singh, 2014).

استفاده مداوم از کودهای شیمیایی، به‌علت اسیدی‌شدن خاک، افت خصوصیات مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک و عدم وجود عناصر کم‌مصرف در ترکیب کودهای پُرمصرف، پایداری عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد (Adediran *et al.*, 2004). به عبارتی، با مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک و حتی سوزاندن آن‌ها، سالیانه مقدار ماده آلی ناچیز خاک‌های ایران کاهش می‌یابد و خاک به کلوخ‌هایی غیرقابل‌نفوذ و غیرقابل‌برگشت درمی‌آید. در چنین شرایطی استفاده از شیوه‌های مدیریتی متناسب با شرایط اقلیمی منطقه می‌تواند در جلوگیری از کاهش محصول و افت ویژگی‌های خاک مؤثر باشد (Samavat & Malakouti, 2005). هیومیک‌اسید یک ترکیب پلیمری طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش رشد و عملکرد گیاهان استفاده شود (Nardi *et al.*, 2002). هیومیک‌اسید به‌دلیل کلات‌کردن عناصر ضروری، باروری خاک و جذب عناصر سبب افزایش تولید در گیاهان زراعی می‌شود. از طرف دیگر کاربرد هیومیک‌اسید سبب بهبود کلروز گیاه می‌شود که دلیل این امر، احتمالاً ناشی از توانایی هیومیک‌اسید در نگهداری آهن خاک به‌فرم قابل‌جذب برای گیاه باشد. در واقع این پدیده می‌تواند در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشد که معمولاً دارای کمبود آهن قابل‌جذب و مواد آلی است (Rahi *et al.*, 2012).

بررسی کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری بر ذرت (*Zea mays* L.) نشان داد که اثر هیومیک‌اسید بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال مثبت و معنی‌دار بود ولی تأثیر آن بر وزن۱۰۰۰دانه و تعداد ردیف معنی‌دار نبود (Ghorbani *et al.*, 2010). گزارش شده است که محلول‌پاشی هیومیک‌اسید در مرحله رویشی بیشترین اثر را بر ارتفاع نهایی و تعداد شاخه جانبی نخود (*Cicer arietinum* L.) داشت (Armin & Moslehi, 2012). در آزمایش دیگری که در مشهد روی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) انجام شد، نتایج نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید باعث افزایش ۱۵درصدی وزن دانه دربوته و افزایش ۱۶درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد (Jahan *et al.*, 2014). در گیاهان خانواده بقولات مانند سویا کاربرد هیومیک‌اسید سبب افزایش وزن گره‌ها شد، به‌طوری‌که اندازه گره‌ها بیشتر از عدم کاربرد هیومیک‌اسید بود، اما تعداد گره‌ها با افزایش هیومیک‌اسید رابطه عکس داشت (Dandge *et al.*, 2016). محققان در مطالعه اثر سه سطح محلول‌پاشی هیومیک‌اسید (یک، سه و شش لیتر در هکتار) و عناصر کم‌مصرف در گیاه روغنی سیاه دانه (*Guizotia abyssiniaca* L.) مشاهده کردند که بیشترین ارتفاع‌بوته (۸۲/۱۳سانتی‌متر) در تیمار شش لیتر در هکتار هیومیک‌اسید و کمترین ارتفاع‌بوته (۷۲/۲۸سانتی‌متر) در تیمار شاهد به‌دست آمد (Tadayyon & Beheshti, 2016).

یکی از عوامل مهم در کشت گیاه، تعیین مناسب‌ترین تراکم کاشت است. به‌نحوی‌که تراکم کاشت مطلوب گیاهان در واحد سطح زمین موجب تأمین فضای تغذیه‌ای مناسب تک‌بوته و ایجاد تعادل در رقابت بین‌بوته‌ها و دستیابی به حداکثر عملکرد می‌گردد (Moradi Telavat & Siadat, 2012). تراکم گیاهی از جمله عواملی است که بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه اثر دارد. نتایج بررسی‌های محققان بر روی چهار تراکم کاشت گوار (شامل فواصل ۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰×۳۰سانتی‌متر) نشان داد که تراکم ۱۰×۳۰سانتی‌متر باعث افزایش ارتفاع‌بوته، تعداد شاخه و تعداد برگ در مقایسه با سایر تراکم‌ها گردید (Nandini *et al.*, 2017). همچنین نشان داده شده است که بیشترین ارتفاع‌بوته (۲۰۹سانتی‌متر) و شاخه‌های فرعی گوار (۲/۱۱) در فاصله ردیف‌های۶۰سانتی‌متری نسبت به فاصله ردیف‌های۳۰ و ۴۵سانتی‌متری به‌دست آمد (Akhtar *et al.*, 2012). نتایج بررسی‌های محققان روی عدس (*Lens culinaris* L.) نشان داده است که با افزایش تراکم گیاه (۳۲۰بوته در مترمربع) ارتفاع ساقه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه عدس نیز افزایش یافت، اما از تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف دربوته و شاخص برداشت عدس نیز کاسته شد (Majnoon Hosseini *et al.*, 2011). بررسی‌ها بر روی لوبیاقرمز نشان داد که افزایش فاصله بین دوبوته باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی، طول شاخه‌های فرعی و تعداد گره بر روی شاخه‌های فرعی شد، درصورتی‌که طول شاخه اصلی و تعداد گره در شاخه اصلی تحت تأثیر فاصله بین دوبوته قرار نگرفت (Torabi Jafroudi *et al.*, 2007).

[1] Galactomannans

به‌طورکلی، تعیین مناسب‌ترین تراکم کاشت در کشت یک محصول جدید در هر منطقه در برنامه‌ریزی‌های زراعی برای به‌دست‌آوردن عملکرد بالا اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین استفاده از کودهای آلی در راستای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست می‌تواند مؤثر واقع شود. بنابراین، هدف کلی از انجام این آزمایش بررسی رشد رویشی و زایشی گوار در واکنش به کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت تحت شرایط آب و هوایی خوزستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی رشد رویشی و زایشی گوار (لوبیای خوشه‌ای) در واکنش به کاربرد هیومیک‌اسید در تراکم های مختلف کاشت، در تابستان سال۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۶کیلومتری شمال‌شرقی اهواز (شهر ملاثانی) و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱درجه و ۳۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸درجه و ۵۳دقیقه و ارتفاع ۳۴متری از سطح دریا اجرا شد (جدول ۱). نتایج آزمون خاک محل آزمایش در قبل از کاشت در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- میانگین ماهانه دما و رطوبت نسبی اهواز در تابستان۱۳۹۵

Table 1. Monthly mean of temperature and relative humidity of Ahwaz in summer of 2016

ماه Month	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature max mean (°C)	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature min mean (°C)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature mean (°C)	میانگین رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity mean (%)
June خرداد	42.3	26.4	34.4	23
July تیر	47.4	30.7	39.4	25
August مرداد	47.4	29.9	38.6	30
September شهریور	45.0	27.4	36.2	27
October مهر	38.0	20.0	29.1	29
November آبان	31.6	15.5	23.6	44
Mean میانگین	41.9	24.9	33.4	29.6

جدول۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physico-chemical properties of the soil in experimental site

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	درصد ماده آلی O.M (%)	فسفر P ($mg.Kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.Kg^{-1}$)	درصد نیتروژن N (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	8.49	1.5	0.32	1.70	214	0.06	Silty-clay

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح هیومیک‌اسید (صفر (شاهد)، پنج، ۱۰ و ۱۵کیلوگرم در هکتار) (Farjami & Nabavi Kalat, 2014) در کرت های اصلی و چهار تراکم بوته (۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵بوته در مترمربع) معادل فاصله روی ردیف کاشت به ترتیب ۱۲، ۸، ۶ و ۴سانتی‌متر در کرت های فرعی بودند. اسید هیومیک گرانوله با خلوص ۸۵درصد از منبع Humaster Top (جدول۳) از شرکت گلسنگ یزد تهیه گردید.

جدول۳- نتایج آزمون کود آلی اسید هیومیک

Table 3. Results of humic acid fertilizer test

روی Ze (mg/Kg)	آهن Fe (mg/Kg)	فسفر P (%)	نیتروژن N (%)	پتاسیم K (%)	خاکستر کل Ash (%)	رطوبت Humidity (%)	اسید هیومیک HA (%)
200	20000	1	1	7	1	3-4	85

آبیاری قبل از عملیات آماده‌سازی زمین در اردیبهشت سال۱۳۹۵ انجام شد. بعد از رسیدن رطوبت به حد ظرفیت مزرعه‌ای، عملیات شخم انجام شد و جهت خردکردن کامل کلوخه‌ها و تسطیح اولیه سطح زمین، دو مرحله دیسک در جهت عمود بر هم انجام شد. بعد از دیسک اول کود پایه مورد نیاز گیاه شامل ۱۰۰کیلوگرم فسفات آمونیوم مصرف شد که همزمان تأمین‌کننده نیاز گیاه به حدود ۲۰کیلوگرم نیتروژن (Jagtap *et al.*, 2011) به عنوان استارتر بود. سپس به‌وسیله دیسک دوم با خاک مخلوط شدند. بذر استفاده‌شده در این آزمایش واریته بومی پاکستان بود که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی ایرانشهر تهیه گردید. کاشت به‌صورت جوی و پشته و در هفته اول تیر ماه انجام گردید. محل کاشت بذرها روی داغاب و عمق کاشت بذرها چهار سانتی‌متر بود. آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت انجام شد. دو آبیاری بعدی به فاصله سه روز از هم انجام گردید، اما بعد از استقرار گیاه، آبیاری بر اساس نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی هفته‌ای یک‌بار صورت گرفت. تنک‌کردن و تنظیم فاصله بوته‌ها براساس تراکم بوته موردنظر در مرحله سه تا چهاربرگی انجام شد. وجین علف‌های‌هرز به صورت دستی و در طی دوره رویشی انجام گرفت. در این آزمایش با توجه به این‌که آفت و بیماری در طول دوره رویشی مشاهده نگردید، بنابراین هیچ‌گونه مبارزه شیمیایی صورت نگرفت. برداشت در زمان زردشدن غلاف‌های گیاه و در دهه آخر مهرماه با داس صورت گرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل تعداد برگ در مترمربع، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه و غلاف در مترمربع، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، عملکرد دانه و ماده خشک بود. در مرحله گل‌دهی تعداد پنج‌بوته در هر کرت از خطوط نمونه‌برداری به صورت تصادفی انتخاب و تعداد برگ‌ها شمارش شدند. همچنین در انتهای فصل رشد، تعداد پنج‌بوته در هر کرت از خطوط نمونه‌برداری به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های گیاه نیز اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه بر حسب رطوبت ۱۰درصد برای تراکم‌های مختلف محاسبه گردید. همچنین به‌منظور تعیین عملکرد ماده خشک با درنظرگرفتن نیم‌متر از بالا و پایین به‌عنوان حاشیه‌بوته‌ها برداشت شدند و وزن تر آن‌ها بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. جهت تعیین‌درصد رطوبت‌بوته‌ها به هنگام برداشت به منظور محاسبه عملکرد ماده خشک در هکتار پنج‌بوته از کل‌بوته‌های برداشت‌شده جدا شد و سپس در دمای ۷۵درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ساعت در آون قرار گرفتند. سپس بر مبنای درصد رطوبت پنج‌بوته عملکرد ماده خشک در هکتار محاسبه گردید. عملکرد دانه بر حسب رطوبت ۱۰درصد برای تراکم‌های مختلف محاسبه گردید. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه در واحد سطح بر عملکرد ماده خشک در واحد سطح که بر حسب‌درصد بیان می‌شود، محاسبه گردید.

تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار تجزیه آماری (SAS 9.4) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد انجام و جهت تجزیه رگرسیون و رسم نمودارها از نرم‌افزارExcel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع‌بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک نشان داد که اثر سطوح هیومیک اسید و تراکم بر ارتفاع بوته در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد، همچنین اثر متقابل فاکتورها بر این صفت معنی دار بود (جدول ۴). نتیجه برش‌دهی اثر متقابل تیمارها بر ارتفاع بوته نشان داد که در همه سطوح کودی، تفاوت معنی‌داری در سطح یک‌درصد بین تراکم‌های مختلف وجود داشت (جدول ۵). همچنین نمودار اثر متقابل تراکم کاشت و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته (شکل ۱) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۰/۸۳سانتی‌متر) در سطح ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک-اسید و تراکم ۹۵بوته در مترمربع به‌دست آمد؛ درصورتی‌که کمترین ارتفاع بوته (۹۶/۵۳ سانتی‌متر) از تراکم ۳۵بوته در مترمربع و عدم مصرف هیومیک‌اسید مشاهده شد. به‌طورکلی افزایش سطوح هیومیک‌اسید و همچنین تراکم بالای کاشت سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. در خصوص افزایش ارتفاع بوته با مصرف هیومیک‌اسید می‌توان بیان کرد که این کود از طریق اثر هورمونی، با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (Ouda & Mahadeen, 2008). همچنین روند صعودی ارتفاع گیاه با افزایش تراکم‌بوته در واحد سطح می‌تواند به‌دلیل افزایش رقابت گیاهان برای جذب نور باشد. همچنین با افزایش تراکم در واحد سطح، به‌دلیل سایه‌اندازی گیاه طول میانگره‌های ساقه زیاد شده و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. در ارتباط با این موضوع، بیان شده است که افزایش ارتفاع گیاه در تراکم‌های بالا را می‌توان ناشی از کاهش نفوذ نور در سایه‌انداز، کاهش فتواکسیداسیون اکسین و رقابت شدید گیاهان برای دریافت نور بیشتر دانست (Al-Ramamneh, 2009). نتایج آزمایش حاضر با نتایج Amiri (2015) همخوانی داشت.

جدول۴- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورفولوژیک گوار

Table 4. Analysis of variance of experimental factors effect on morphological traits of guar

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares		
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه Number of branch	تعداد برگ Number of leaf
Replication تکرار	2	71.23	8.68	4597262.72
Humic Acid (HA) هیومیک‌اسید	3	557.007**	6.97**	10944820.94**
Error (a) اشتباه اصلی	6	61.13	0.28	560393.7
Density (D) تراکم	3	780.69**	10.26**	44268663.1**
HA×D هیومیک‌اسید×تراکم	9	81.58**	0.19ns	974892.7ns
Error (b) اشتباه فرعی	24	25.01	0.22	980294.7
C.V (%) ضریب تغییرات	-	4.48	18.44	17.85

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

ns, * and **: Indicating non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively

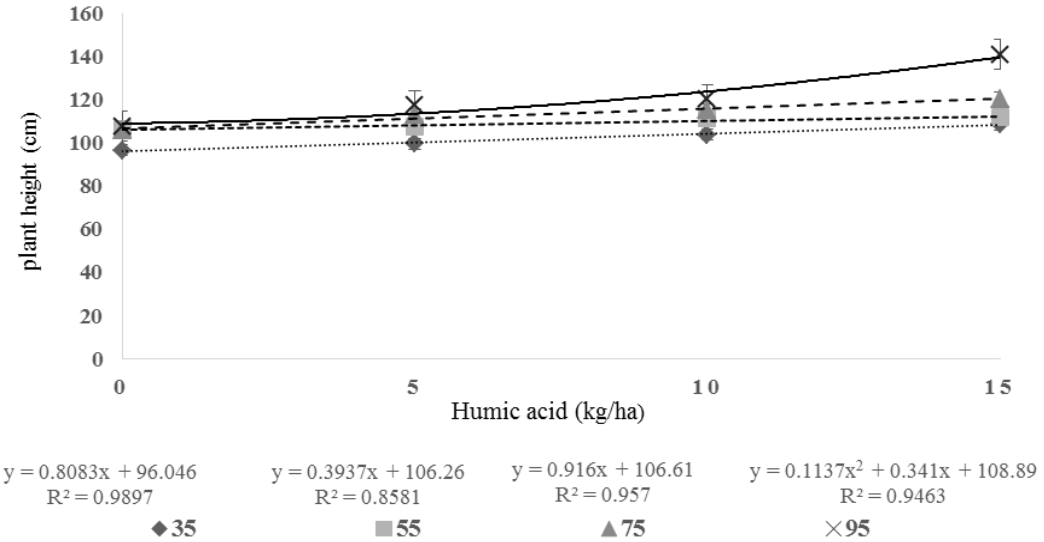
جدول۵- برش‌دهی اثر متقابل تراکم بوته و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه

Table 5. Slicing of interaction effect of plant density×humic acid on plant height

اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg/ha)	درجه آزادی DF	مجموع مربعات Sum of squares
0	3	0.934**
5	3	1.115**
10	3	3.664**
15	3	4.849**

**: بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱درصد

**: Indicting significant difference at 1% level



شکل۱- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته بر ارتفاع گیاه

Fig. 1. Interaction effect of humic acid levels and plant density on plant height

تعداد شاخه فرعی در گیاه

مطابق نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها تعداد شاخه در گیاه تحت تأثیر معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته قرار گرفت، ولی اثر متقابل فاکتورها بر این صفت معنی‌دار نبود که این نشان‌دهنده اثر یکنواخت تراکم بر تعداد شاخه فرعی در همه سطوح هیومیک اسید بود (جدول ۴). مصرف هیومیک‌اسید در تیمار ۱۵کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های فرعی گیاه شد که این مقدار با سایر سطوح کودی اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین با افزایش تراکم، تعداد شاخه‌های فرعی گیاه کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تراکم ۳۵بوته در مترمربع با میانگین ۳/۷۸عدد به‌دست آمد که با سایر تراکم‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی به دلیل تأمین مواد غذایی برای گیاه، بهبود بستر رشد و افزایش رشد رویشی گیاه می‌تواند سبب افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه شود. همچنین با کاهش تراکم (افزایش فاصله بین‌بوته)، به‌دلیل افزایش دسترسی به نور خورشید و کاهش رقابت بین‌بوته‌ها جهت دستیابی به منابع غذایی، امکان رشد بیشتر برای هر بوته فراهم گردید و در نتیجه تعداد شاخه فرعی افزایش یافت. نتایج یک پژوهش روی سه سطح تراکم (۶۵، ۸۰ و ۹۵بوته در مترمربع) کلزا (*Brasica napus* L.) نشان داد که با افزایش تراکم، تعداد شاخه فرعی کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به ترتیب در تراکم‌های ۶۵ و ۹۵بوته در مترمربع به‌دست آمد (Shojaee Ghadicollaei *et al*., 2011). نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با مطالعه (Jamali *et al*., 2015) نیز مطابقت دارد.

جدول۶- مقایسه میانگین اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گوار

Table 6. Mean comparison of experimental factors effect on morphological traits and yield components of guar

هیومیک‌اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha^{-1})	تعداد شاخه Number of branch	تعداد برگ در مترمربع Number of leaf per m^2	تعداد دانه در مترمربع Grain number per m^2
0	1.67^{d}	4208^{d}	14005^{c}
5	2.33^{c}	5519.1^{c}	16455^{bc}
10	2.88^{b}	6158^{b}	18863^{ab}
15	3.46^{a}	6301.5^{a}	19044^{a}
تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant.m^{-2})			
35	3.78^{a}	3575.1^{d}	10919.3^{b}
55	2.77^{b}	4770.6^{c}	12164.8^{b}
75	2.17^{c}	5736.4^{b}	22924^{a}
95	1.62^{d}	8104.4^{a}	22359.5^{a}

در هر ستون هر عامل میانگین‌هایی که حرف مشابه دارند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and each factor that have similar letter are not significantly different at the 5% of probability level-using Duncan Multiple Range Test.

تعداد برگ در مترمربع

نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف هیومیک‌اسید و تراکم کاشت بر تعداد برگ در مترمربع معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) شد (جدول ۴). با افزایش تراکم، تعداد برگ در واحد سطح نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که با افزایش تراکم تا ۹۵بوته در مترمربع روند صعودی در افزایش تعداد برگ در مترمربع مشاهده شد؛ در صورتی‌که در تراکم ۳۵بوته کمترین تعداد برگ در مترمربع مشاهده گردید. مصرف هیومیک‌اسید نیز بر تعداد برگ در مترمربع تأثیر معنی‌داری داشت، به‌گونه‌ای‌که بیشترین و کمترین تعداد برگ در واحد سطح با میانگین‌های ۶۳۰۱/۵ و ۴۲۰۸ به ترتیب با مصرف ۱۵کیلوگرم و عدم مصرف هیومیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۶). افزایش تعداد برگ در مترمربع در تراکم‌های بالا می‌تواند به‌دلیل ارتفاع زیاد گیاه باشد، زیرا با افزایش ارتفاع بوته طبیعتاً تعداد برگ بیشتری تولید می‌شود. این موضوع در آزمایش حاضر در خصوص گوار به وضوح قابل مشاهده بود، به‌نحوی‌که دربوته‌های گوار شاخه دهی و نیز ظهور برگ‌ها از گره‌های پایینی ساقه نزدیک به سطح خاک آغاز می‌شود و تقریباً تا انتهای ساقه ادامه دارد. همچنین تعداد بوته در واحد سطح نیز در اثر افزایش تراکم کاشت، افزایش یافت و در نتیجه تعداد برگ‌های بیشتری در واحد سطح مشاهده شد. نتایج‌به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با بررسی‌های مطالعه دیگر همخوانی داشت (Nandini *et al*., 2017). همچنین محققان دیگری اظهار داشتند که غلظت زیاد اسید هیومیک در مراحل ابتدایی رشد گیاه می‌تواند تأثیر به سزایی در افزایش تعداد برگ گیاه داشته باشد و افزایش تعداد برگ در مراحل ابتدایی رشد و نمو گیاه، احتمالاً به دلیل

گسترش سریع سیستم ریشه‌ای گیاه در غلظت‌های زیاد هیومیک‌اسید است که این خود منجر به افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی، رشد بهتر و به دنبال آن افزایش تعداد برگ می شود (Shahsavan Markadeh & Chamani, 2014).

تعداد غلاف در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس گویای آن است که اثر اصلی و متقابل دو فاکتور بر تعداد غلاف در مترمربع معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) بود (جدول ۷). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که تعداد غلاف در مترمربع در همه سطوح کودی تفاوت معنی داری (در سطح یک‌درصد) داشت (جدول ۸). مقادیر مجموع مربعات در جدول مذکور نشان داد که اختلاف بین سطوح کود در تراکم ۳۵بوته در مترمربع با وجود معنی‌داربودن، کمتر از سایر تراکم‌ها بود، به‌نحوی‌که در تراکم‌های بالای کاشت روند صعودی در تعداد غلاف نیز مشاهده شد. افزایش تراکم تا حد مطلوب سبب افزایش غلاف در واحد سطح گردید، اما بیشتر از حد مطلوب روند نزولی را نشان داد (شکل ۲). همچنین با افزایش سطوح کودی تعداد غلاف در واحد سطح نیز افزایش یافت، به‌نحوی‌که بیشترین تعداد غلاف در سطح ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید و در تراکم ۷۵بوته در مترمربع به‌دست آمد (۳۷۸۵/۶۳غلاف) که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت، درصورتی‌که کمترین تعداد غلاف از تراکم ۳۵بوته در مترمربع و عدم مصرف هیومیک‌اسید به‌دست آمد (۱۳۶۷/۳۳ غلاف). به نظر می‌رسد که روند صعودی غلاف در واحد سطح با افزایش تراکم‌بوته در واحد سطح می‌تواند به دلیل افزایش تعدادبوته در مترمربع باشد.

جدول۷- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر اجزای عملکرد گوار

Table 7. Analysis of variance of experimental factors effect on yield components of guar

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares		
		دانه در مترمربع Grain per m^2	تعداد دانه در غلاف Grain number in pod	غلاف در مترمربع Pods per m^2
Replication تکرار	2	10310570.6	0.127	157051.27
Humic Acid (HA) هیومیک‌اسید	3	67541156.8**	0.319^{ns}	** 1290585.88
Error (a) اشتباه اصلی	6	6104001	0.281	69979.20
Density (D) تراکم	3	496550611**	0.278^{ns}	** 10120674.61
HA×D هیومیک‌اسید×تراکم	9	9607546^{ns}	0.255^{ns}	189543.94**
Error (b) اشتباه فرعی	24	5550485	0.169	62762.05
C.V (%) ضریب تغییرات	-	13.87	5.77	10.41

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

ns, * and **: Indicating non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively

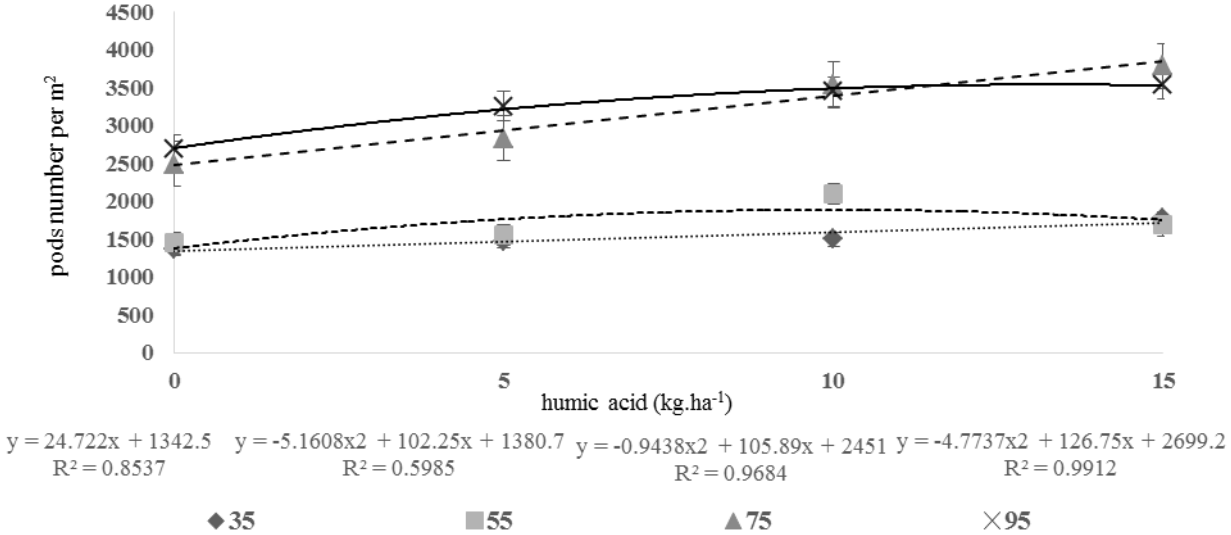
جدول۸- برش‌دهی اثر متقابل اسید هیومیک و تراکم‌بوته بر تعداد غلاف درمترمربع، عملکرد و ماده خشک

Table 8. Slicing of interaction effect of plant density×humic acid on pods number per m^2, yield and dry matter

اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (Kg.ha^{-1})	درجه آزادی DF	مجموع مربعات Sum of Squares		
		غلاف درمترمربع Pods per m^2	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Ka.ha^{-1})	ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter (Ka.ha^{-1})
0	3	4244449**	3349506**	61230780**
5	3	7287969**	5370515**	81072529**
10	3	9204848**	5264795**	111592708**
15	3	11330653**	7249174**	239811006**

**: بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱درصد

**: Indicting significant difference at 1% level



شکل۲- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم‌بوته بر تعداد غلاف در مترمربع

Fig. 2. Interaction effect of humic acid levels and plant density on pods number per m^2

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر عوامل آزمایشی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود (جدول ۷). به نظر می‌رسد که تراکم اثر خود را روی عملکرد دانه از طریق افزایش و یا کاهش تعداد غلاف دربوته بر جای گذاشت و تأثیر معنی‌داری روی تعداد دانه در هر غلاف نداشت. گزارش شده است که تعداد دانه در غلاف بیشتر تابع عوامل ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل زراعی و محیطی قرار می‌گیرد (Saxena, 1984). نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با محققان دیگر همخوانی داشت (Eilkaee & Emam, 2003).

تعداد دانه در مترمربع

مطابق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در مترمربع معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) شد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن است که با افزایش تعداد دانه در مترمربع تا تراکم ۷۵بوته در مترمربع، روند صعودی دیده شد، ولی بعد از آن در تراکم ۹۵بوته در مترمربع کمی کاهش یافت که البته اختلاف معنی‌داری نیز با هم نداشتند، اما با سایر سطوح کودی اختلاف معنی‌داری را نشان داد؛ به‌گونه‌ای‌که بیشترین تعداد دانه در مترمربع با میانگین ۲۲۹۲۴ از تراکم ۷۵بوته در مترمربع به دست آمد. همچنین در این آزمایش مشاهده شد که هر چه سطوح هیومیک‌اسید مصرفی افزایش یافت، بر تعداد دانه در واحد سطح افزوده گردید. سطح ۱۵کیلوگرم در هکتار بالاترین تعداد دانه در واحد سطح را به میزان ۱۹۰۴۴ داشت که مصرف این مقدار هیومیک‌اسید در مقایسه با عدم مصرف آن ۱۳/۵۹درصد افزایش تولید را دارا بود (جدول ۶). بالابودن این صفت، با بالابودن تعداد غلاف در مترمربع نیز ارتباط دارد. در نتیجه توجیهی که برای این مورد می‌توان آورد این است که احتمالاً با افزایش تراکم در واحد سطح به سبب ایجاد رقابت گیاهی، تعداد دانه در هربوته نیز کاهش پیدا کرد، ولی به دلیل افزایش تعدادبوته در واحد سطح، تعداد دانه نیز افزایش یافت. از طرف دیگر مصرف هیومیک‌اسید به دلیل تأمین مواد غذایی گیاه از طریق افزایش جذب عناصر غذایی می‌تواند دلیل بر بالارفتن تعداد دانه باشد.

عملکرد دانه

نتایج آزمایش در ارزیابی عملکرد دانه نشان داد که اثر اصلی و متقابل دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) بود (جدول ۹). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که اثر تراکم‌بوته بر عملکرد دانه در همه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری (در سطح یک‌درصد) داشت (جدول ۸). نمودار اثر متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۹/۷کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۵کیلوگرم هیومیک‌اسید و در تراکم ۹۵بوته در مترمربع به‌دست آمد. علاوه بر آن مشخص گردید که در تراکم ۹۵بوته در مترمربع واکنش عملکرد دانه به مصرف هیومیک‌اسید از معادله درجه۲ تبعیت کرد، درحالی‌که در سایر تراکم‌ها این واکنش به صورت خطی مشاهده گردید (شکل ۳). با بررسی جدول مقایسه میانگین ترکیب تیمارها (جدول ۱۰) این موضوع تأیید می‌شود، به‌گونه‌ای‌که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۴۲۰۹/۷کیلوگرم در هکتار از مصرف ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید با تراکم ۹۵بوته در مترمربع (H3D4) به

دست آمد. به نظر می‌رسد که افـزایش عملکـرد دانـه در تـراکم های بالا می‌تواند بـا اسـتفاده بیشـتر نـور و سـایر منـابع قابـل دسترس در طی فصل رشد ارتباط داشته باشد، به‌گونه‌ای‌کـه در آزمایشی بر روی نخود نشان داده شد که استفاده از تراکم‌هـای بالا در مقایسه با تراکم‌های پایین (ردیف‌های کاشت ۳۰سانتی-متری نسبت به ردیف‌های کاشت ۷۰سانتی‌متری)، عملکرد دانه را در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Khan *et al.*, 2001).

همچنین می‌توان بیان کرد که افـزایش عملکـرد دانـه بـه افزایش تعداد گیاه در واحد سطح مربوط می‌شود، بـدین معنـی که در تراکم‌های پایین‌تر، اگرچه تعداد غـلاف و تعـداد دانـه در گیاه نسبت به تراکم‌های بالاتر افزایش می‌یابد، اما ایـن افـزایش نمی‌تواند جبران تعداد بوته در واحد سطح را بنماید، به‌نحوی‌که در تراکم‌های بالاتر، اگرچه تعداد غـلاف و دانـه در بوتـه کمتـر است، اما به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سـطح، در نهایـت عملکرد بیشتری تولید خواهد شد؛ به‌طوری‌که برخـی محققـان ارتباط مثبت بین تراکم کاشت و عملکرد دانه را گزارش نمـوده و بیان کردند که افزایش عملکرد دانه در تراکم‌هـای بـالاتر مـی تواند به دلیل تعداد بیشتر بوته در واحد سـطح باشـد (Regan *et al.*, 2003). در این خصوص، آزمـایش‌هـا نشـان داد کـه بـا افزایش تراکم بوته در واحد سطح، به‌دلیل سایه‌اندازی و کـاهش تعداد شاخه‌های فرعی، توانایی گیاه در انتقال مـواد فتوسـنتزی از منبع به مخزن کاهش می‌یابد و درنتیجه، از عملکرد تک‌بوتـه کاسته می‌شود و در مقابل، به عملکرد کل به دلیل تعـداد بوتـه در واحد سطح افزوده می‌شـود (Majnoon Hosseini *et al.*, 2003). در مطالعه دیگری بیان شد که افزایش عملکرد دانه، به افزایش تعداد گیاه در واحد سـطح مربـوط مـی‌شـود (Lopez Bellido *et al.*, 2005). علاوه بر این در آزمایشی که بـر روی لوبیاسفید انجام شد، گزارش شد که در اثر افزایش تـراکم بوتـه عملکرد دانه در هر بوته کاهش یافـت، درصـورتی‌کـه در واحـد سـطح افـزایش مـی‌یابـد (Khajuee Nejhad *et al.*, 1994). همچنین در ارتباط با کاربرد هیومیک‌اسـید مشـاهده شـد کـه اضافه‌کردن ۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید عملکـرد دانـه را ۲۵درصد نسبت بـه شـاهد افـزایش داد (Sharif, 2002). ایـن اثرات سودمند هیومیک‌اسید از طریـق کـلات‌کننـدگی عناصـر غذایی و اثر بر خصوصیات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی خاک بـوده است، به‌نحوی‌که هیومیک‌اسید، نفوذپذیری غشاهای سـلولی را افـزایش داده و بـدین طریـق ورود پتاسـیم را بـه داخـل گیـاه تسهیل می‌کند که نتیجـه آن، افـزایش فشـار داخـل سـلولی و تقسیم سلول اسـت. از طـرف دیگـر، افـزایش انـرژی در داخـل سلول منجر به تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد کـه به دنبال آن یک عامل مهم در رشد یعنـی جـذب نیتـروژن بـه درون سلول تشدید می‌گردد و تولید نیترات کاهش می‌یابد کـه در نهایـت ایـن اثـرات منجـر بـه افـزایش تولیـد مـی‌شـود (Giasuddin *et al.*, 2007). نتایج این بررسی با آزمایش‌هـای حاضر در مورد هیومیک‌اسید و تراکم کاشت مطابقت داشت.

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر اصلی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر عملکرد ماده خشک معنـی دار (در سطح یک‌درصد) بود (جدول ۹). برش‌دهی اثـر متقابـل نشان داد که اثر تراکم بوته بـر عملکـرد مـاده خشـک در همـه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری (در سطح یـک‌درصـد) داشـت (جدول ۸). مقادیر مجموع مربعات در جدول مـذکور نشـان داد که اختلاف بین سطوح کود در تراکم ۳۵بوته در مترمربع باوجود معنی‌داربودن، کمتر از سایر تراکم‌ها بود. با بررسـی نمـودار اثـر متقابل (شکل ۴) نیز این موضوع تأیید می‌شود.

علاوه بر آن مشخص گردید که در تراکم ۹۵بوته در مترمربع واکنش تولید ماده خشک بـه مصـرف هیومیـک‌اسـید از معادلـه درجه۲ تبعیت کرد، درحالی‌که در سایر تراکم‌ها این واکـنش بـه-صورت خطی مشاهده گردیـد. درمـورد کـاربرد هیومیـک‌اسـید و تراکم کاشت مناسب با توجه به نتـایج جـدول مقایسـه میـانگین ترکیبات تیماری (جدول ۱۰) می‌توان بیان کـرد کـه کمتـرین و بیشترین ماده خشک با میانگین ۴۸۱۲/۶ و ۱۷۹۵۵/۶کیلوگرم در هکتار به ترتیب متعلق به صفر هیومیک‌اسید با تراکم ۳۵بوتـه در مترمربع (H_0D_1) و مصرف ۱۵کیلوگرم هیومیـک‌اسـید بـا تـراکم ۹۵بوته در مترمربع (H_3D_4) بوده است.

در ارتباط با افـزایش عملکـرد مـاده خشـک در خصـوص تراکم می‌توان بیان کرد که با افزایش تراکم بوته به سبب ایجـاد رقابت گیاهی، مقدار ماده خشک هر بوته نیز کـاهش پیـدا مـی کند، ولی به دلیل افـزایش بوتـه در واحـد سـطح، مقـدار مـاده خشک کل نیز افزایش می‌یابد. در این خصوص برخـی محققـان اظهار داشتند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکـرد بیولوژیکی تک‌بوته کاهش یافـت، ولـی عملکـرد بیولـوژیکی در هکتار نیز افـزایش پیـدا کـرد (Lio *et al.*, 2004). همچنـین اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به‌دنبال آن عملکرد بیولوژیـک مـی‌شـود (Ayas & Gulser, 2005). آزمـایش مشـابهی بـا پـژوهش حاضر نیز انجام شـد و مشـاهده گردیـد کـه بـالاترین عملکـرد بیولوژیـک در بیشـترین سـطح اسـید هیومیـک حاصـل شـد (Ghorbani *et al.*, 2010).

شاخص برداشت

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول۱۰). در آزمایشی با بررسی اثر تاریخ و تراکم کشت بر لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) گزارش شد که اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار نشد (Moshatati *et al.*, 2010). همچنین Ghorbani *et al*, (2010) در بررسی اثر کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری روی ذرت به این نتیجه رسیدند که اثر مصرف هیومیک‌اسید بر شاخص برداشت ذرت معنی‌دار نبود.

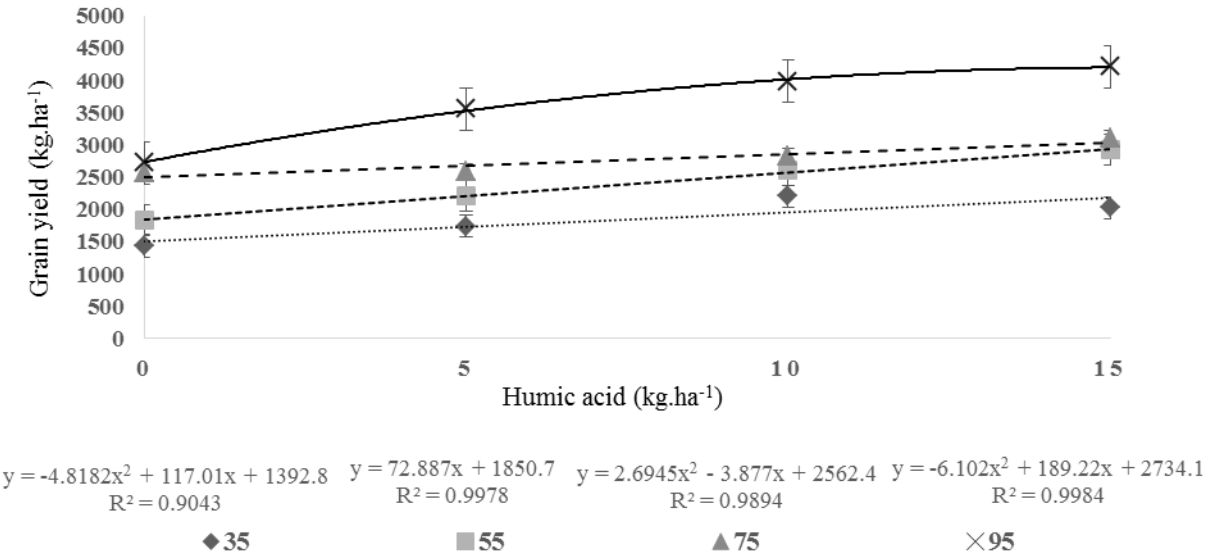
جدول۹- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر عملکرد گوار

Table 9. Analysis of variance of experimental factors effect on yield of guar

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares		
		عملکرد دانه Grain yield	ماده خشک Dry matter	شاخص برداشت Harvest index
Replication تکرار	2	322805.83	499065.08	5.79
Humic Acid (HA) هیومیک‌اسید	3	2041171.66**	15374910.30**	8.72ns
Error (a) اشتباه اصلی	6	87723.63	1110462.2	17.78
Density (D) تراکم	3	6637649.13**	149647210.9**	30.18ns
HA×D هیومیک‌اسید×تراکم	9	146782.51*	4973932.3**	22.98ns
Error (b) اشتباه فرعی	24	61752.73	574766.3	11.95
C.V (%) ضریب تغییرات	-	9.34	8.30	13.13

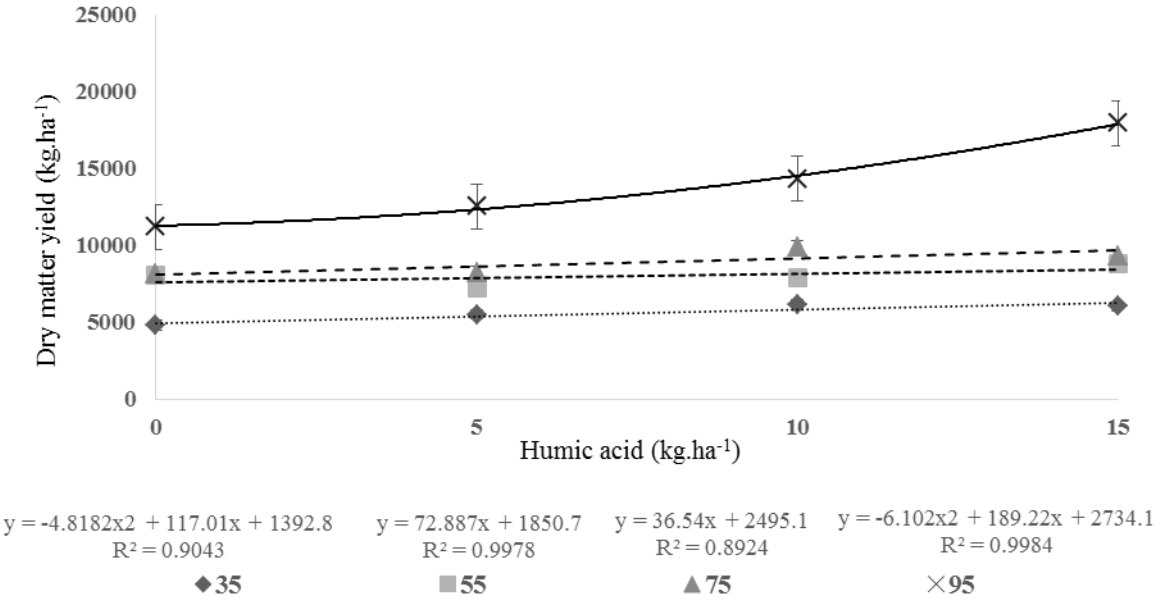
ns، * و **: به ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵درصد و ۱درصد

ns, * and **: Indicating non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively



شکل۳- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته بر عملکرد دانه

Fig. 3. Interaction effect of humic acid levels and plant density on grain yield



شکل۴- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته بر عملکرد ماده خشک

Fig. 4. Interaction effect of humic acid levels and plant density on dry matter yield

جدول۸- مقایسه میانگین عملکرد گوار تحت تأثیر ترکیبات تیماری هیومیک‌اسید و تراکم‌بوته

Table 8. Mean comparison of yield of guar under humic acid and plant density treatment

ترکیب تیماری Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg.ha^{-1})	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (Kg.ha^{-1})
H_0D_1	1433.2^{g}	4812.6^{i}
H_1D_1	1736.3^{fg}	5491.2^{i}
H_2D_1	2202.2^{ef}	6149.9^{hi}
H_3D_1	2023.5^{f}	6024.4^{hi}
H_0D_2	1841.7^{fg}	8093.7^{fg}
H_1D_2	2213.0^{ef}	7224.9^{gh}
H_2D_2	2610.9^{de}	7857.4^{fg}
H_3D_2	2923.9^{cd}	8801.9^{ef}
H_0D_3	2572.4^{de}	8110.1^{fg}
H_1D_3	2580.6^{de}	8226.6^{fg}
H_2D_3	2822.9^{cd}	9883.3^{de}
H_3D_3	3100.6^{c}	9301.0^{ef}
H_0D_4	2724.0^{cd}	11200.2^{cd}
H_1D_4	3558.3^{b}	12541.9^{c}
H_2D_4	3985.6^{ab}	14310.4^{b}
H_3D_4	4209.7^{a}	17955.6^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال خطای پنج‌درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

D_1، D_2، D_3 و D_4: تراکم‌های ۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵بوته در متر مربع

H_0، H_1، H_2 و H_3: مقادیر هیومیک‌اسید صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵کیلوگرم در هکتار

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

D_1, D_2, D_3 and D_4: 35, 55, 75 and 95 plant/m^2

H_0, H_1, H_2 and H_3: 0, 5 10 and 15 Kg/ha

نتیجه‌گیری

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح و همچنین با مصرف هیومیک‌اسید تا ۱۵کیلوگرم در هکتار، صفاتی از قبیل عملکرد دانه و ماده خشک، تعداد برگ در مترمربع، دانه در مترمربع و ارتفاع بوته افزایش یافت، درصورتی‌که در تراکم‌های بالا به‌دلیل رقابت بین گیاهان و همچنین کافی‌نبودن فضا برای رشد از تعداد شاخه‌های گیاه کاسته شد. همچنین مشاهده گردید که فاکتورهای آزمایشی تأثیری روی شاخص برداشت و تعداد دانه

در غلاف نداشتند. بنابراین با توجه به نتایج، تراکم مناسب برای حصول حداکثر عملکرد دانه و ماده خشک در گوار ۹۵بوته در مترمربع بود. همچنین نتایج‌به‌دست‌آمده در این آزمایش حاکی از آن است که محلول هیومیک‌اسید تأثیر مثبتی بر گیاه می گذارد، بنابراین با به‌کاربردن هیومیک‌اسید انتظار می‌رود که بالاترین میزان عملکرد دانه، ماده خشک و صفات مورفولوژیک تولید شود. به‌طورکلی، می‌توان چنین بیان کرد که تراکم ۹۵بوته در مترمربع و مصرف ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید همراه با آب آبیاری می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه شود.

منابع

1. Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.
2. Akhtar, L.H., Bukhari, S., Salah-ud-Din, S., and Minhas, R. 2012. Response of new guar strains to various row spacing. Pakistan Journal of Agriculture Science 49(4): 469-471.
3. Al-Ramamneh, E. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30(3): 389-394.
4. Amiri, M. 2015. Effect of Humic Acid Potassium and Seaweed Extract (kclp) on Growth and Yield of Corn (*Zea mays* L. var. sacchrata). MSc. Thesis. Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan.
5. Armin, M., and Moslehi, J. 2012. Yield and yield components response of chickpea to time and different levels of humic acid foliar application. Agronomy Journal 8(4): 1-9. (In Persian).
6. Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.
7. Dandge, M.S., Peshattiwar, P.P., Ingle., Y.V., and Mohod, P.V. 216. Effect of different application method of humic acid on nodulation and seed yield of soybean. International Journal of Agriculture Sciences 12(2): 339-343.
8. Eilkaee, M.N., and Emam, Y. 2003. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed Rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science 34(3): 509-515. (In Persian).
9. Farjami, A.A., and Nabavi Kalat, S.M. 2014. Effect of humic acid and phosphorus on the quantity and quality of Marigold (*Calendula officinalis* L.) yield. Scientific Journal of Ecophysiology of Crop Plants 4(28): 443-452. (In Persian).
10. Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M., and Bannayan-Aval, M. 2010. The effect of humic acid in irrigation water application on yield and yield components maize (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 2(1): 111-118. (In Persian).
11. Ghulam Nabi, A. 2013. Cluster Bean (Guar) in Pakistan. Agronomy Center Pivot Irrigation System Valley Irrigation Pakistan (private) Limited.
12. Giasuddin, A.B.M., Kanel, S., and Choi, H. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. Environment Science Technology 41(6): 2022-2027.
13. Gresta, F., Sortino, O., Santonoceto, C., Issi, L., Santonoceto, C., and Santonoceto, Y.M. 2013. Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. Industrial Crops and Products 41: 46-52.
14. Jagtap, D.N., Waghule, L.D., and Bhale, V.M. 2011. Effect of sowing time, row spacing and seed rate on production potential of cluster bean. Advnace Research Journal of Crop Improvement 2(1): 27-30.
15. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., and Amiri, M.B. 2014. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). Journal Agriculture 3(2): 71-90. (In Persian with English Summary).
16. Jamali, S.Z., Astaraei, A., and Emami, H. 2015. Effects of humic acid, compost and phosphorus on growth characteristics of basil herb and concentration of micro elements in plant and soil. Ejgcst 6(2): 187-205. (In Persian).
17. Khajuee Nejhad, G., Rezai, A., and Mousavi, S.F. 1994. Effect of different irrigation regimes and plantdensity on yield and other characteristics of white bean (line no. 11805). Iranian Journal of Field Crop Science 25(3): 1-15. (In Persian).
18. Khan, R.U., Ahad, A., Rashid, A., and Khan, A. 2001. Chickpea production as influenced by row spacing under rain fed conditions of Dera Ismail Khan. Journal of Biological Science 1(3): 103-104.

19. Lio, W., Tollenaar, M., Stewart, G., and Deen, w. 2004. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. Crop Science 44(3): 847-854.
20. Lopez Bellido, F.J., Lopez Belido, L., and Lopez Belido, R.J. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Europe Journal Agronomy 23: 359-378.
21. Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Zeinaly Khanghah, H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agricultural Science 34(4): 1011-1019. (In Persian with English Summary).
22. Majnoun Hosseini, N., Malek Maleki, F., and Alizade, H. 2011. Effect of plant density on seed yield and yield components of two lentil cultivars (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Field Crop Science 42(1): 33-40. (In Persian).
23. Moradi Telavat, M.R., and Siadat, S.A. 2012. Introduction and Production of Oil Seed Crops. Publishers Training and Agricultural Promotion. (In Persian).
24. Moshatati, A., Moussawi, S.H., Siadat, S.A., and Fathi. G.h. 2010. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of cow pea (*Vigna sinensis* L.) in Ahwaz. Electronic Journal of Crop Production 3(3): 229-238. (In Persian with English Summary).
25. Nandini, K.M., Sridhara, S., Patil, S., and Kumar, K. 2017. Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of Guar. International Journal of Pure & Applied Bioscience 5(1): 320-328.
26. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic Substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.
27. Ouda, B.A., and Mahadeen, A.Y. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). International Journal Agriculture 10: 627-632.
28. Pitia Lokose, R.Y. 2011. Effect of phosphorus fertilization on yield and yield components of three lines of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). B.SC (Agriculture). Upper Nile University. p. 2.
29. Rahi, A.R., Davoudi Fard, M., Azizi, F., and Habibi, D. 2012. Effects of different amounts of humic acid and response curves in the *Dactylis glomerata*. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(3): 15-28. (In Persian).
30. Regan, K.L., Siddique, K.H., and Martin, L.D. 2003. Response of Kabuli chickpea to sowing rate in Mediterranean type environments of south-western Australian. Journal of Experimental Agriculture 43: 87-97.
31. Samavat, S., and Malakouti, M.J. 2005. The need to use organic acids (humic and fulvic) to increase the quantity and quality of agricultural products. Technical Publication No. 463. Senate Publications. Tehran. Iran. (In Persian).
32. Saxena, N.P. 1984. Chickpea. pp. 419-452. In: P.R. Goldsworthy and N.M. Fisher (Eds). Physiology of Tropical Field Crop. John Wiley and Sons, New York.
33. Shahsavan Markadeh, M., and Chamani, E. 2014. Effects of various concentrations and time of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of cut stock flower (*Matthiola incana* 'Hanza'). Journal of Science and Technology of Greenhouse Cultures 5(3): 157-171. (In Persian).
34. Sharif, M. 2002. Effect of Lignitic Coal Derived Humic Acid on Growth Yield of Wheat and Maize in Alkaline Soil. NWFP Agriculture University, Peshawar.
35. Shojaee Ghadicollaei, M., Daneshian, J., Mobaser, H.R., and Nasiri, M. 2011. Affects different levels of nitrogen and plant density in canola (*Brassica napus* L.) yield in paddy field. Iranian Journal of Field Crop Science 6(4): 37-47. (In Persian).
36. Singh, S. 2014. An Analysis of Guar Crop in India. Gain Report Number: IN4035.
37. Soleymani, S. 2014. Evaluation of echo-physiologic and agronomic aspects of maize (*Zea mays* L.) and guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) intercropping under different levels of manure. MSc. Thesis. University of Zabol. (In Persian with English Summary).
38. Tadayyon, A., and Beheshti, S. 2016. Effect of foliar application of humic acid, Iron and Zinc on some characteristics of Negro (*Guizotia abyssinica* L.). Journal of Crop Ecophysiology 10(2): 283-396. (In Persian with English Summary).
39. Torabi Jafroudi, A., Hasanzadeh, A., and Fayaz Moghaddam, A. 2007. Effects of plant population on some of morph physiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Pajouhsh and Sazandegi 74: 63-71. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 104-118 (Research Article)

The reaction of vegetative and reproductive growth of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to humic acid application with irrigation water in different planting densities

Ahmadi Nouraldinvand[1*], F., Moradi Telavat[2], M.R., Siadat[2], S.A. & Moshatati[2], A.

1. MSc., Student of Agronomy, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
2. Associate Professor, Professor & Assistant Professor (respectively), Department of Plant Production and Genetic Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, moraditelavat@yahoo.com; seyedatasiadat@yahoo.com; alimoshatati@gmail.com, respectively

Received: 26 December 2017
Accepted: 27 April 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69397

Introduction

Guar or cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) is a drought-tolerant annual leguminous crop grown mostly in India and Pakistan. Each pod contains 5 to 12 seeds. Seeds vary from dull-white to pink to light gray or black. Like other legumes guar is an excellent soil-building crop with respect to available nitrogen. Guar is one of the unique beans which its large spherical endosperm contains a significant amount of galactomannans that is used in a wide range of food and industrial applications. Organic fertilizers have a positive effect on agricultural sustainability due to the fact that authentic and safe products are important. One of the most important compounds in soil structure is humic acid, which results from organic matter decomposition in the soil. Humic acid is one of the most organic substances that has been used today due to its advantages, such as improving drainage and soil air, causing the development of microorganisms, increasing plant yield and growth, and also reducing the consumption of other fertilizers. In general, humic substances are used as soil modifiers. One of the important factors in plant cultivation is to determine the most suitable planting density. Plant density is an important agronomic factor that manipulates micro environment of the field and affects growth, development and yield formation of crops. The optimum planting density of the plants results in a balance in the competition between the plants and the maximum yield. So, this research focuses on the reaction of vegetative and reproductive growth of guar (cluster bean) to humic acid application with irrigation water in different planting densities in Ahvaz region.

Materials & Methods

In order to evaluate the response of vegetative and reproductive growth of guar or Cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to the humic acid application with irrigation water in different planting densities, an experiment carried out in summer of 2016. This experiment was performed by split plot design with three replications based on randomized complete block design in research farm of Agriculture Sciences and Natural Resources University, Khuzestan Ahwaz. The experimental factors were four levels of humic acid, control (H_0), 5 $Kg.ha^{-1}$ (H_1), 10 $Kg.ha^{-1}$ (H_2) and 15 $Kg.ha^{-1}$ (H_3) as the main factor in main plots and plants spacing on the planting row with four densities, 35 $plant.m^{-2}$ (D_1), 55 $plant.m^{-2}$ (D_2), 75 $plant.m^{-2}$ (D_3) and 95 $plant.m^{-2}$ (D_4) as sub factor in sub plots. In this experiment, measured traits were plant height, number of branches in the plant, leaf number, grain yield, dry matter, number of pod and number of grain/m^2, number of grain in pod and harvest index. Data were analyzed by SAS 9.4 and mean comparison performed by Duncan test in 5% probability level.

Results & Discussion

Analysis of variance of data results showed that the main effect of humic acid and plant density were significant at $p \leq 0.01$, for all the measured traits (except the number of grains in pod and harvest index). So that as humic acid level increased, the traits increased. Also with increasing in plant density; all studied traits increased significantly except the number of branches of the plant. The interaction effect between humic acid

*** Corresponding Author:** farnaz_ahmadi@rocketmail.com

and plant density were significant ($p \leq 0.01$) on grain yield, dry matter, plant height and the number of plant.m^{-2}. The results also showed that the effect of humic acid and plant density on leaf number was significant at 1% level. So that, the highest plant height and leaf number per m^2 were obtained from density of 95 plants.m^{-1} and 15 Kg.ha^{-1} humic acid application. So, with increasing plant density, leaf number increased. Generally, the highest grain yield (4209.7 Kg.ha^{-1}) and dry matter (17955.6 Kg.ha^{-1}) was under 15 Kg.ha^{-1} application of humic acid and the density of 95 plant.m^{-2} and the lowest grain yield (1433.2 Kg.ha^{-1}) and dry matter (4812.6 Kg.ha^{-1}) was under zero humic acid level and density of 35 plant.m^{-2}.

Conclusion

Generally, the results showed that humic acid solution has a positive effect on the plant, therefore, using humic acid, produced highest grain yield, dry matter and morphological traits. Also, with increasing plant density, traits such as plant height, leaf number, yield and yield components increased but the number of branches decreased. In general, 15 Kg.ha^{-1} application of humic acid and the density of 95 plants.m^{-2} produced the highest yield.

Keywords: Dry matter, Grain yield, Morphology, Organic fertilizer, Plant height

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۳۱-۱۱۹
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 119-131 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.68262

تأثیر آبیاری تکمیلی، زمان و روش‌های کاربرد کود آهن بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.)

لقمان احمدی[۱]، مختار قبادی[۲*]، محسن سعیدی[۲] و جلال قادری[۳]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، loghmanahamdi2004@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
(به‌ترتیب m.ghobadi@yahoo.com و msaeidi667@gmail.com)

۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، ghaderij@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی، زمان و روش‌های کاربرد کود آهن بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات کیفی دانه نخود زراعی، آزمایشی در سال زراعی۹۱-۱۳۹۰ در دانشگاه رازی واقع در کرمانشاه اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خُردشده انجام شد. شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به‌عنوان فاکتور اصلی و همچنین زمان و نحوۀ کاربرد کود آهن به‌عنوان فاکتور فرعی در هشت سطح شامل عدم مصرف کود آهن (Fe_1)، خاک‌کاربرد (Fe_2)، محلول‌پاشی در مرحله شاخه‌دهی (Fe_3)، محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی (Fe_4)، محلول‌پاشی در مرحلۀ غلاف‌بندی (Fe_5)، خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ شاخه‌دهی (Fe_6)، خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی (Fe_7) و خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ غلاف‌بندی (Fe_8) بودند. نتایج نشان داد که از نظر اکثر صفات مورد بررسی، آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم برتری داشت (به‌جُز میزان پروتئین دانه). تأثیر مثبت آبیاری تکمیلی روی عملکرد دانه عمدتاً از طریق افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه بود. مصرف کود آهن بر صفات مهمی چون عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف، میزان آهن دانه و درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشت. تیمارFe_7 از نظر عملکرد دانه (۱۶۱۴کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۳۶۸۳کیلوگرم در هکتار) و درصد پروتئین دانه (۲۷/۷درصد)، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داد، هرچند میزان آهن دانه در تیمار Fe_8 (۶۶میلی‌گرم درکیلوگرم) بیشتر بود. جهت ارتقاء عملکرد کمّی و کیفی نخود در شرایط اقلیمی غرب ایران، انجام آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و غلاف‌بندی و همچنین مصرف کود آهن در دو مرحله خاک کاربرد و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، آهن دانه، اجزای عملکرد، پروتئین دانه، عملکرد دانه

مقدمه

نخود در ایران در مقایسه با سایر حبوبات از سطح زیرکشت و تولید، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سال زراعی۹۳-۱۳۹۲، سطح زیرکشت نخود کشور حدود ۵۲۸هزارهکتار برآورد شده که معادل ۶۴درصد از کل سطح زیرکشت حبوبات می‌باشد. در این سال، ۹۸/۳درصد از اراضی زیرکشت نخود به‌صورت دیم کشت شده‌اند (Anonymous, 2015). این گیاه عمدتاً در نظام‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود و به نهاده‌های کمی نیاز دارد (Bagheri *et al.*, 2001). خصوصیاتی همچون توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی سبب شده است که این گیاه نقش مهمی در ثبات تولید نظام‌های زراعی ایفا نماید (Bagheri *et al.*, 2001).

خشکی و تنش ناشی از آن یکی از عواملی است که تولید محصولات زراعی را در مناطقی از دنیا تهدید می‌کند. در نواحی نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای به‌ویژه غرب آسیا و شمال آفریقا، مهم‌ترین فشار غیرزیستی بر کشاورزی، تنش خشکی و دمای بالا است (Galeshi *et al.*, 2006). از بین عوامل مختلف ایجادکنندۀ تنش همانند بیماری، آفت، علف‌های‌هرز، غرقابی، شوری و سرما، عامل خشکی به تنهایی مسبب ۲۵درصد کاهش عملکرد محصولات زراعی در جهان است (Galeshi *et al.*, 2006). تنش خشکی موجب پیری زودرس، ریزش برگ‌ها، تغییر زاویۀ برگ‌ها و لوله‌ای‌شدن برگ و... می‌شود. تنش رطوبتی میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد، لذا کاهش

* **نویسنده مسئول:** m.ghobadi@yahoo.com

کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکنندۀ غیرروزنه‌ای به‌حساب آید (Mayoral, 1991).

آهن از عناصر غذایی مهم برای انسان می‌باشد. آهن در خیلی از فرآیندهای بیوشیمیایی شامل عمل انتقال الکترون، تنظیم ژن، جذب و انتقال اکسیژن و رشد و نمو سلول شرکت می‌کند. کمبود آهن می‌تواند موجب بروز بیماری‌هایی نظیر کم‌خونی آنمی، ورم زبان، ورم زاویه‌ای مخاط دهان و لثه و آبی شدن صلبیۀ چشم شود (Beard, 2001).

برای گیاهان، از بین عناصر کم‌مصرف، آهن به میزان بیشتری مورد نیاز است (به‌صورت محلول تقریباً یک میلی‌گرم در لیتر). برخی محققان حتی در تقسیم‌بندی عناصر غذایی، آهن را جزء عناصر پُرمصرف منظور می‌دارند (Mengel & Kirkby, 1987). در گیاه، آهن در فرایندهای فیزیولوژیکی متعددی مثل فتوسنتز، تنفس میتوکندریایی، آسیمیلاسیون نیتروژن، بیوسنتز برخی تنظیم‌کننده‌های رشد، تولید و پاکسازی انواع رادیکال‌های آزاد نقش دارد (Hansch & Mendel, 2009). اولین آثار کمبود آهن در گیاه بر ساختار و عملکرد کلروپلاست تظاهر می‌کند. بنابراین در شرایط کمبود آهن، کاهش محتوای آهن با کاهش محسوس مقدار کلروفیل همراه است (Gogor Cena *et al*., 2004). در برگ‌هایی که با کمبود آهن مواجه هستند، هرچند رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر قرار می‌گیرند، اما اثر کمبود آهن بر همه رنگیزه‌های فتوسنتزی و اجزای انتقال الکترون به یک اندازه نیست. به‌عنوان مثال، فعالیت فتوسیستمI بیشتر از فتوسیستمII کاهش می‌یابد و تأثیر مصرف کود آهن بر فتوسیستمI بیشتر از فتوسیستمII می‌باشد (Romheld & Marschner, 1991). نتایج یک آزمایش نشان داد که با کاربرد کود کلات آهن در خاک و محلول‌پاشی آهن در گیاه گلرنگ، مقدار آنتوسیانین و فلاونوئید افزایش یافت (Fathi Amirkhiz *et al*., 2011).

کمبود آهن بر رشد و عملکرد گیاه اثر سوء دارد (Briat, 2007). در یک گزارش، کمبود آهن راندمان مصرف آب و آب در دسترس فیزیولوژیک را در دو واریته نخود زراعی کاهش داد و مانع شکل‌گیری بیوماس کامل گیاه گردید (Mahmoudi *et al*, 2007). کاربرد کود آهن سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی و بهبود کارآیی مصرف آب در گیاه شوید گردید (Gholinezhad, 2018). کلروز ناشی از کمبود آهن، موجب کاهش عملکرد کاه و عملکرد دانه در چندین لگوم شامل نخود زراعی، عدس و لوبیا شده است (Mengel & Kirkby, 1987). کمبود آهن باعث کاهش چشمگیری در عملکرد دانۀ سویا و زردی گیاه گردید (Wiersma, 2005). در مطالعه‌ای با محلول‌پاشی کود آهن ۰/۵درصد روی کولتیوارهای نخود رشد کرده در مناطق با خاک قلیایی و pH بالا، علائم کمبود آهن بهبود داده شد و موجب افزایش عملکرد ۵۰درصدی در کولتیوارهای کم‌بازده شد، اما اثر چندانی روی کولتیوارهای پُربازده نداشت (Saxena & Sheldark, 2003). در بررسی دیگر، محلول‌پاشی سولفات آهن در اوایل شروع کلروز، در بهبود علائم کمبود مؤثر، اما تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد محصول نخود تیپ کابلی نداشت (Saxena *et al*., 1990). در مطالعه‌ای دیگر، کود آهن موجب افزایش معنی‌دار در شاخه دهی و افزایش غیرقابل‌ملاحظه در اجزاء عملکرد نخود زراعی شد (Bahari *et al*., 2005). در آزمایشی بر روی سویا، محلول‌پاشی کود آهن موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، درصد پروتئین و روغن دانه شد (Mosivand *et al*., 2009). استفاده از کود آهن به همراه کود روی به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانۀ گندم شده است (Habib, 2009). گزارش شده که محلول‌پاشی آهن، اثر معنی‌داری روی افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا داشته است (Afshani *et al*., 2015). در آزمایشی دیگر، مقدار آهن دانۀ گندم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی با سولفات آهن نسبت به حالت شاهد افزایش یافت (Zhang *et al*., 2010).

اسیدیته بالا، آهکی‌بودن و کمبود ماده آلی، از مشکلات خاک‌های موجود در مناطق با آب و هوای مدیترانه‌ای مثل ایران است. جذب آهن توسط ریشه گیاه در خاک‌های آهکی مخصوصاً در شرایط تنش خشکی با مشکل مواجه می‌شود. در چنین شرایطی، محلول‌پاشی آهن می‌تواند روشی مفید برای تغذیه گیاه باشد (Bybordi & Mamedov, 2010).

بر همین اساس، مقایسه تأثیر خاک کاربرد و محلول‌پاشی کود آهن در زمان‌های مختلف بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کیفیت دانه نخود زراعی در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مهم‌ترین اهداف مورد نظر در این تحقیق بودند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی۹۱-۱۳۹۰ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی واقع در کرمانشاه اجرا گردید. این محل در طول جغرافیایی ۴۷درجه و ۹دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴درجه و ۲۱دقیقه و در ارتفاع ۱۳۱۹متر از سطح دریا واقع شده است. منطقه از نظر اقلیمی دومارتن، جزء آب و هوای سرد معتدل طبقه‌بندی می‌شود. وضعیت آب و هوایی منطقه در طول رشد گیاه نخود در جدول ۱ نشان داده شده است. قبل کاشت، از خاک مزرعه نمونه تهیه شد که نتیجۀ آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- وضعیت آب و هوایی کرمانشاه در طول فصل رشد گیاه نخود زراعی در سال زراعی۹۱-۱۳۹۰
Table 1. The weather characteristics of Kermanshah during growth season of chickpea in 2013

ماه Month	دمای حداقل هوا Air Minimum Temperature (°C)	دمای حداکثر هوا Air Maximum Temperature (°C)	بارندگی Rainfall (mm)
March اسفند	-12	23	34
April فروردین	-5	26	47
May اردیبهشت	2	34	17
June خرداد	7	37	0
July تیر	8	40	0

جدول ۲- نتایج آزمون خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)
Table 2. The results of soil test (depth 0-30 cm)

شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	اسیدیته pH	مس Cu (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	منگنز Mn (mg kg^{-1})	کربن آلی OC (%)	پتاسیم K_2O (mg kg^{-1})	فسفر P_2O_5 (mg kg^{-1})
18	37	45	7.4	1.34	1.4	3.9	4.6	1.35	520	5.8

این آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آبیاری تکمیلی به‌عنوان فاکتور اصلی در دو سطح (بدون آبیاری و آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌بندی گیاه نخود) و فاکتور فرعی شامل زمان‌ها و روش‌های کاربرد کود آهن در هشت سطح شامل عدم کاربرد کود آهن (Fe_1)، مصرف کود آهن به صورت خاک‌کاربرد به هنگام کاشت (Fe_2)، محلول‌پاشی آهن در مرحلۀ شاخه‌دهی (Fe_3)، محلول‌پاشی آهن در مرحلۀ گلدهی (Fe_4)، محلول‌پاشی آهن در مرحلۀ غلاف‌بندی (Fe_5)، مصرف خاک‌کاربرد به هنگام کاشت+محلول‌پاشی در مرحلۀ شاخه‌دهی (Fe_6)، مصرف خاک‌کاربرد به هنگام کاشت+محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی (Fe_7) و مصرف خاک‌کاربرد به هنگام کاشت+محلول‌پاشی در مرحلۀ غلاف‌بندی (Fe_8) بود. جهت اعمال فاکتور کود آهن به‌صورت خاک‌کاربرد، از کود کلات آهن ۶درصد (Fe EDDHA) شرکت OMEX آلمان به میزان ۱۰کیلوگرم در هکتار و بر اساس توصیه شرکت سازنده استفاده شد. همچنین جهت محلول‌پاشی برگ، از محلول سولفات آهن (شرکت کاوین حاوی ۱۰۰گرم بر لیتر آهن (Fe-EDTA)) بر اساس توصیه شرکت سازنده کود به مقدار یک لیتر در هکتار استفاده شد. رقم نخود زراعی مورد استفاده رقم آزاد بود که از تیپ کابلی می‌باشد. کشت در ۲۴اسفند انجام شد. تراکم مورد استفاده ۵۰ بوته در مترمربع بود. هر کرت شامل شش ردیف به طول پنج متر و فواصل بین دو ردیف ۲۵سانتی‌متر بود. با توجه به نتایج آزمون خاک، از کود اوره به‌صورت آغازگر به میزان ۲۵کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده شد. در صورت لزوم، وجین دستی انجام گرفت. برای مبارزه با کرم پیله‌خوار نخود از سم دلتامترین به میزان نیم لیتر در هکتار استفاده شد. در این تحقیق، صفات زیر مورد بررسی قرار گرفتند:

عملکرد بیولوژیک (وزن کل اندام‌های هوایی): با برداشت چهار ردیف وسط هر کرت و با حذف اثر حاشیه در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک و پس از خشک‌شدن بوته‌های نخود در دمای ۷۲درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ساعت و سپس توزین آن‌ها.

عملکرد دانه: با جداکردن دانۀ بوته‌های برداشت‌شده برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و توزین آن‌ها.

شاخص برداشت: با تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک و ضرب عدد به‌دست‌آمده در عدد ۱۰۰.

عملکرد کاه: با کم‌کردن عملکرد دانه از عملکرد بیولوژیک.

تعداد غلاف در بوته: با شمارش تعداد غلاف در ۱۰بوتۀ برداشت‌شده از مزرعه، در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک.

تعداد دانه در نیام: با شمارش تعداد کل دانه‌های ۱۰بوتۀ برداشت‌شده و سپس تقسیم عدد به‌دست‌آمده بر تعداد نیام‌های پُر.

وزن۱۰۰دانه: با شمارش چهار نمونۀ ۱۰۰عددی از دانه‌های بوته‌های برداشت‌شده جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و سپس توزین آن‌ها.

درصد پروتئین دانه: با جدا کردن حدود ۲۰۰گرم بذر از هر تیمار و استفاده از روش NIR (Osborne, 2007) و تعیین درصد پروتئین بر حسب درصد ماده خشک بذر، توسط دستگاه تجزیه فوق سریع مدل DA-7200 ساخت شرکت Perten (کشور سوئد).

محتوای آهن دانه: با هضم نمونه‌های گیاهی به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCL و سپس استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian 220) (Farzami Sepehr, M. 2013).

داده‌های جمع‌آوری‌شده قبل از تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزارEXCEL طبقه‌بندی شدند. سپس با استفاده از نرم افزارMSTAT-C تست نرمال‌بودن، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها انجام شد. برای مقایسه میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد استفاده گردید. تجزیۀ همبستگی صفات اندازه‌گیری‌شده به‌کمک نرم‌افزارSPSS انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش نشان داد که آبیاری تکمیلی اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۳)، به‌نحوی‌که مقدار آن در شرایط آبیاری تکمیلی ۱۳۲درصد بیشتر از شرایط دیم (با بارش ۹۸میلی‌متر در طی ماه‌های اسفند تا خرداد) بود. در یک تحقیق، افزایش ۳۶درصدی افزایش در وزن خشک بوته نخود با اعمال آبیاری گزارش شد (Bakhsh *et al.*, 2007). مصرف کود آهن نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۳). نتایج به‌دست‌آمده از مقایسۀ میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود آهن موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شد و تیمار کاربرد خاکی به همراه محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی (Fe_7) بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک را (۳۶۸۳کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تیمارهای کود آهن نشان داد. تیمارFe_7 از نظر این صفت با تیمارFe_1 (عدم مصرف کود آهن) دارای تفاوت معنی‌دار بود، اما با سایر سطوح مصرف کود آهن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در آزمایشی گزارش گردید که محلول‌پاشی کود آهن موجب افزایش معنی‌دار عملکرد زیست‌توده سویا شد (Mosivand *et al.*, 2009). همچنین مصرف کود آهن سبب افزایش ماده خشک شلغم علوفه‌ای (Moghadam *et al.*, 2013) و لوبیا (Jokar *et al.*, 2015) شد. از نقش‌های مثبت آهن، افزایش میزان تولید کلروفیل و نمو کلروپلاست و به‌دنبال آن افزایش میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات می‌باشد که در نتیجه بالارفتن میزان فتوسنتز، شرایط مناسب‌تری برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌شود (Yassen *et al.*, 2010). در آزمایشی، محلول‌پاشی کود آهن اثر معنی‌داری بر میزان سبزینگی برگ و شاخص سطح برگ گیاه نخود داشت. همچنین محلول‌پاشی آهن بر روی برگ‌های گیاه نخود سبب کاهش اثرات تنش خشکی گردید (Ahmadi *et al.*, 2016).

شرایط رطوبتی اثر معنی‌داری بر صفت عملکرد دانه داشت (جدول ۳) و در شرایط آبیاری تکمیلی به میزان ۵۰میلی‌متر در مرحله گلدهی و ۵۰میلی‌متر در مرحله غلاف‌بندی، عملکرد دانه بیشتر از شرایط دیم به‌دست آمد (به‌ترتیب ۲۱۸۴ و ۵۴۶کیلوگرم در هکتار). در یک گزارش، ۱۷درصد افزایش در عملکرد دانه نخود با اعمال آبیاری به‌دست آمد (Bakhsh *et al.*, 2007). نتایج مشابهی در گزارش‌های دیگری نیز وجود دارد (Pezeshkpoor & Mousavi, 2005; Ghasemi-Golozani *et al.*, 2004). در بررسی چندساله روی حبوبات (نخود، نخودفرنگی و ماش) گزارش شد که همبستگی بالایی بین مصرف آب و عملکرد دانه وجود داشت، به‌طوری‌که بالاترین پاسخ را گیاه نخود در بین سه گیاه مورد آزمایش (هر میلی‌متر افزایش در مصرف آب، ۱۰/۶کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد) نشان داد (Nielsen, 2001). در آزمایش حاضر، فاکتور کود آهن اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۳). مصرف کود آهن موجب افزایش عملکرد دانه شد و تیمار خاک‌کاربرد به همراه محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی (Fe_7) دارای مقدار بالاتری (۱۶۱۴کیلوگرم در هکتار) نسبت به دیگر سطوح فاکتور کود آهن بود (جدول ۴). همچنین اثر متقابل رژیم رطوبتی و کود آهن، بر روی صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود و تیمار مصرف کود آهن به‌صورت خاک‌کاربرد و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی در شرایط آبیاری تکمیلی (I_2Fe_7) دارای بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲۵۹۸کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر سطوح کود آهن در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بود (جدول ۵)، هرچند تفاوت معنی‌داری با تیمارهای Fe_2، Fe_3، Fe_5 و Fe_6 آبیاری تکمیلی نداشت. در مطالعه‌ای مشاهده شد که مصرف کود سولفات آهن موجب افزایش معنی‌دار در شاخه‌دهی و عملکرد دانۀ نخود زراعی گردید (Bahari *et al.*, 2005). در یک تحقیق، محلول‌پاشی آهن موجب افزایش عملکرد در سویا شد (Groos & Johanson, 2004). در آزمایشی گزارش شد که محلول‌پاشی سولفات آهن در مرحلۀ آغاز به‌ساقه‌رفتن و آغاز گلدهی، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد کلزا گردید (Afshani

et al., 2015). استفاده از کودهای آهن و روی با هم به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانۀ گندم گردید (Habib, 2009). در نتایج حاصل از آزمایش حاضر، مقدار عملکرد دانه در تیمارFe_7 (مصرف خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی) بیشتر از سایر تیمارها بود. از طرف دیگر، تیمارFe_7 از نظر عملکرد بیولوژیک مقدار بیشتری را به خود اختصاص داد. از عوامل اصلی برتری Fe_7 از نظر عملکرد دانه، افزایش عملکرد بیولوژیک و به‌دنبال آن افزایش تعداد دانه در غلاف می‌باشد. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که مصرف توأم کود آهن به‌صورت خاک‌کاربرد و محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی موجب افزایش باروری و افزایش تعداد دانه در غلاف شده است. از عوامل فرعی مسبب این امر، می‌توان به افزایش وزن۱۰۰دانه حاصل از مصرف تیمارFe_7 اشاره نمود.

صفت شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و مصرف کود آهن قرار گرفت (جدول ۳). مقدار شاخص برداشت در شرایط آبیاری تکمیلی (۴۶/۳۲درصد) بیشتر از شرایط دیم (۲۷/۰۹درصد) بود. در بین تیمارهای مصرف کود آهن، تیمارFe_2 (مصرف خاک‌کاربرد) و تیمارFe_7 دارای شاخص برداشت بالاتری (به‌ترتیب ۳۹/۳۵ و ۳۹/۱۶درصد) نسبت به سایر تیمارها بودند (جدول ۴). فاکتور شرایط رطوبتی اثر معنی‌داری بر عملکرد کاه داشت (جدول ۳) و مقدار آن در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از شرایط دیم بود (به‌ترتیب ۲۴۸۱ و ۱۴۵۹کیلوگرم در هکتار). آبیاری تکمیلی مخصوصاً در زمان گلدهی و پُرشدن غلاف‌های نخود به‌دلیل تأثیر مثبت بر توسعه تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته، سبب افزایش عملکرد کاه می‌شود. افزایش عملکرد کاه نخود در اثر انجام آبیاری تکمیلی در برخی تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (Tuba Bicer *et al*., 2004; Parsa *et al*., 2011). اثر فاکتور کود آهن بر این صفت، از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نتایج نشان داد که آبیاری تکمیلی بر تعداد غلاف در بوته اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۳) و مقدار آن در شرایط آبیاری تکمیلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط دیم بود (به‌ترتیب ۲۵/۲۸۳ و ۸/۷۷۵ غلاف). با عنایت به این‌که آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و پُرشدن غلاف انجام گرفت، لذا تفاوت در تعداد غلاف در اثر آبیاری تکمیلی می‌تواند به علت تداوم رشد رویشی باشد که البته نقش رشد نامحدود گیاه نخود را نیز در این ارتباط نباید نادیده گرفت. تأثیر آبیاری تکمیلی در مرحله پُرشدن غلاف نخود روی تعداد غلاف در بوته در پژوهش دیگر نیز گزارش شده است (Jalilian *et al*., 2005). اثر فاکتور کود آهن بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار نبود. همچنین اثر فاکتور شرایط رطوبتی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳). این در حالی است که در یک گزارش، با اجرای آبیاری تکمیلی در نخود، تعداد دانه در غلاف ۴۸درصد افزایش یافت (Bakhsh *et al*., 2007). اثر متقابل آبیاری تکمیلی و مصرف کود آهن نیز بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار گردید (جدول ۳) و بیشترین تعداد دانه در غلاف به میزان ۱/۷۵۵عدد در تیمار مصرف خاک کاربرد و محلول‌پاشی کود آهن در مرحله گلدهی (I_1Fe_7) مشاهده شد (جدول ۵). از نظر آماری وزن۱۰۰دانه تحت تأثیر آبیاری تکمیلی قرار گرفت و مقدار آن در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از شرایط دیم (به‌ترتیب ۲۵/۹۲ و ۲۰/۹۱ گرم) بود (جدول ۳). پایین‌تربودن وزن۱۰۰دانه در شرایط محدودیت رطوبتی به‌دلیل بروز رقابت دانه‌ها در به‌دست‌آوردن آب و مواد غذایی و کاهش کربوهیدرات ذخیره‌ای گیاه است که تعداد سلول‌های مولد و وزن۱۰۰دانه کاهش می‌یابد (Vaziri Kateshori *et al*., 2014).

تجزیه واریانس نشان داد که آبیاری تکمیلی و کود آهن اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه داشتند (جدول ۳) و مقدار آن در شرایط دیم بیشتر از شرایط آبیاری تکمیلی (به‌ترتیب ۲۸ و ۲۶درصد) بود. بالاتربودن درصد پروتئین در شرایط دیم می‌تواند مرتبط با کاهش طول دورۀ رشد و نمو در این شرایط باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین در دانه و در نتیجه افزایش درصد پروتئین دانه شده است. افزایش درصد پروتئین دانه نخود تحت شرایط تنش رطوبتی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Jalilian *et al*., 2005; Maleki *et al*., 2011). آن‌ها گزارش کردند که در شرایط تنش رطوبتی، درصد پروتئین دانه افزایش یافته است. مصرف کود آهن اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه داشت (جدول ۳) و تیمارFe_7 از محتوای پروتئین بیشتری (۲۷/۷۲درصد) نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود (جدول ۴). در این رابطه گزارش شده است که با محلول‌پاشی کود آهن در گیاه عدس، درصد پروتئین دانه افزایش یافته است (Mehrban, 2017). در تحقیقی که در آن، اثر کود آهن در گیاه شلغم علوفه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت، گزارش شد که مصرف کود آهن سبب افزایش پروتئین خام و درصد فیبرهای غیرمحلول شد (Moghadam *et al*., 2013).

اثر آبیاری تکمیلی روی محتوای آهن دانه از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). با این وجود، مقدار آن در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از شرایط دیم (به‌ترتیب ۶۲/۸ و ۵۸/۸میلی‌گرم درکیلوگرم) بود. بیشتربودن محتوای آهن دانه در شرایط بدون تنش خشکی، به نقش آب در جذب عناصر مورد نیاز گیاه مخصوصاً آهن برمی‌گردد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر فاکتورهای آبیاری تکمیلی، کود آهن و اثرمتقابل آن‌ها

Table 3. Analysis of variance of traits for supplemental irrigation, Fe fertilizer and its interactions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد کاه Straw yield	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Grains per pod	وزن۱۰۰دانه 100 grain weight	محتوای آهن دانه Grain Fe content	محتوای پروتئین دانه Grain protein content	محتوای فیبر دانه Grain fiber content
تکرار Replication	2	389456	101316	34.632	167988	15.317	0.014	1.545	30.579	0.62	0.034
آبیاری تکمیلی(I) Supplemental irrigation (I)	1	84883738*	32188633**	4435.9**	12538714*	3270.3*	0.006ns	300.9*	184.84ns	48.985*	0.0001 ns
خطای۱ Error1	2	2199464	197489	33.15	1086845	36.277	0.056	24.295	42.981	2.304	0.065
کود آهن(Fe) Fe fertilizer (Fe)	7	751262*	344819*	41.109*	123139ns	9.025ns	0.087*	1.137ns	83.485**	1.891*	0.033ns
اثر متقابل I × Fe	7	530583ns	302085*	34.48ns	74603ns	23.916ns	0.096*	2.209ns	28.702ns	0.536ns	0.037ns
خطای۲ Error2	28	309874	103113	16.055	92639	11.667	0.036	2.912	16.521	0.452	0.016
ضریب تغییرات CV (%)		16.69	23.52	10.91	15.44	20.06	16.06	7.29	6.68	2.49	2.54

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهندۀ عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد.

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

جدول ۴- مقایسۀ میانگین‌های صفات اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر مصرف کود آهن

Table 4. Mean comparisons of traits for Fe fertilizer

تیمار کود آهن Fe treatments	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد دانه در غلاف Grains per pod	محتوای آهن دانه Grain Fe content (mg kg^{-1})	محتوای پروتئین دانه Grain protein content (%)
Fe_1	2777 b	1114 c	35.4 ab	1.077 b	56.04 c	26.37 c
Fe_2	3583 a	1569 ab	39.35 a	1.09 b	59.66 bc	27.28 ab
Fe_3	3681 a	1570 ab	37.8 ab	1.225 b	55.82 c	27.42 ab
Fe_4	3053 ab	1062 c	32.6 b	1.151 b	60.94 bc	26.65 bc
Fe_5	3225 ab	1252 abc	33.51 b	1.163 b	61.46 b	26.17 c
Fe_6	3624 a	1582 a	38.93 a	1.099 b	63.84 ab	27.48 ab
Fe_7	3683 a	1614 a	39.16 a	1.45 a	62.19 ab	27.72 a
Fe_8	3029 ab	1159 bc	36.95 ab	1.153 b	66.88 a	26.99 abc

Fe_1: عدم کاربرد کود آهن؛ Fe_2: کود آهن به‌صورت خاک‌کاربرد؛ Fe_3: محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ شاخه‌دهی؛ Fe_4: محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ گلدهی؛ Fe_5: محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ غلاف‌دهی؛ Fe_6: کود آهن به صورت خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ شاخه‌دهی؛ Fe_7: کود آهن به صورت خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی؛ Fe_8: کود آهن به صورت خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ غلاف‌دهی

Fe_1: no Fe fertilizer; Fe_2: Fe fertilizer as soil application; Fe_3: Fe fertilizer as foliar application during branching; Fe_4: Fe fertilizer as foliar application during flowering; Fe_5: Fe fertilizer as foliar application during podding; Fe_6: Fe fertilizer as soil application+foliar application during branching; Fe_7: Fe fertilizer as soil application+foliar application during flowering; Fe_8: Fe fertilizer as soil application+foliar application during podding

جدول ۵- مقایسۀ میانگین‌های صفات اندازه‌گیری‌شده در اثرمتقابل آبیاری تکمیلی×کود آهن
Table 5. Mean comparisons of traits for supplemental irrigation × Fe fertilizer

اثر متقابل آبیاری تکمیلی×کود آهن I×Fe interaction	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	تعداد دانه در غلاف Grains per pod
I_1Fe_1	393.5 c	1.036 b
I_1Fe_2	589 c	1.045 b
I_1Fe_3	568.2 c	1.246 b
I_1Fe_4	479.8 c	1.183 b
I_1Fe_5	392.8 c	1.109 b
I_1Fe_6	572.8 c	1.071 b
I_1Fe_7	630.4 c	1.755 a
I_1Fe_8	743.5 c	1.049 b
I_2Fe_1	1835 b	1.119 b
I_2Fe_2	2548 a	1.135 b
I_2Fe_3	2571 a	1.203 b
I_2Fe_4	1643 b	1.12 b
I_2Fe_5	2112 ab	1.216 b
I_2Fe_6	2591 a	1.127 b
I_2Fe_7	2598 a	1.145 b
I_2Fe_8	1575 b	1.257 b

I_1: شرایط دیم؛ I_2: شرایط آبیاری تکمیلی؛ Fe_1: عدم کاربرد کود آهن؛ Fe_2: کود آهن به‌صورت خاک‌کاربرد؛ Fe_3: محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ شاخه‌دهی؛ Fe_4: محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ گلدهی؛ Fe_5: محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ غلاف‌دهی؛ Fe_6: کود آهن به صورت خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ شاخه‌دهی؛ Fe_7: کود آهن به صورت خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ گلدهی؛ Fe_8: کود آهن به صورت خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ غلاف‌دهی.

I_1: dryland; I_2: supplemental irrigation; Fe_1: no Fe fertilizer; Fe_2: Fe fertilizer as soil application; Fe_3: Fe fertilizer as foliar application during branching; Fe_4: Fe fertilizer as foliar application during flowering; Fe_5: Fe fertilizer as foliar application during podding; Fe_6: Fe fertilizer as soil application+foliar application during branching; Fe_7: Fe fertilizer as soil application+foliar application during flowering; Fe_8: Fe fertilizer as soil application+foliar application during podding.

مصرف کود آهن اثر معنی‌داری بر محتوای آهن دانه داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسۀ میانگین‌ها، تیمار Fe_8 (خاک‌کاربرد+محلول‌پاشی در مرحلۀ غلاف‌بندی) دارای بیشترین میزان آهن در دانه بود (۶۶/۸۸میلی‌گرم درکیلوگرم وزن خشک)؛ و تیمارهای Fe_1 (عدم کاربرد کود آهن) و Fe_3 (محلول‌پاشی در مرحلۀ شاخه‌دهی)، کمترین مقادیر (به‌ترتیب ۵۶/۰۲ و ۵۵/۸۲میلی‌گرم درکیلوگرم) را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). بر اساس نتایج یک بررسی، مقدار آهن دانۀ گندم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی با سولفات آهن، نسبت به حالت شاهد افزایش یافت (Zhang *et al*, 2010). همچنین گزارش شده که محلول‌پاشی کود آهن موجب افزایش محتوای آهن دانۀ گندم شده است (Pahlavan-Rad & Pesarakli, 2009). این نتیجه در واقع نشان‌دهندۀ حرکت آهن از برگ‌ها به سمت دانه می‌باشد (Garnett & Graham, 2005). در آزمایش حاضر نیز فاصلۀ زمانی کمتر محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ غلاف‌بندی با رسیدگی دانه، نسبت به دیگر مراحل فنولوژیکی انتخاب‌شده برای محلول‌پاشی، موجب افزایش حرکت آهن از سمت برگ‌ها و غلاف‌ها به سمت دانه شده است. در تیمارFe_1 که در آن کود آهن اضافه نشده بود، دور از انتظار نیست که مقدار کمتری را به خود اختصاص دهد. اما در مورد تیمارFe_3 (محلول‌پاشی در مرحلۀ شاخه‌دهی) می‌توان چنین استنباط نمود که محلول‌پاشی کود آهن در مرحلۀ شاخه‌دهی، احتمالاً روی صفاتی مانند سطح برگ، شاخه‌دهی و صفات مرتبط با رشد

رویشی گیاه بیشتر اثر گذاشته است و اثر کمتری روی میزان آهن دانه داشته است. همچنین مشخص شد مصرف توأم کود آهن به‌صورت خاک‌کاربرد و به‌صورت محلول‌پاشی (تیمارهای Fe_6، Fe_7و Fe_8)، موجب تجمع مقادیر بیشتری از میزان آهن در دانه شد. این نتیجه این ادعا را که ممکن است مصرف خاک‌کاربرد کود آهن نیز تا حدی بتواند تأثیر مثبتی در افزایش میزان آهن دانه داشته باشد، تأیید می‌نماید.

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی صفات مورد بررسی (جدول ۶) نشان می‌دهد که صفات عملکرد بیولوژیک (۰/۹۷)، شاخص برداشت (۰/۸۶)، عملکرد کاه (۰/۹۵)، تعداد غلاف در بوته (۰/۸۶) و وزن ۱۰۰دانه (۰/۷۰) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارند، اما تعداد دانه در غلاف (۰/۰۶) همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری با عملکرد دانه داشت. درصد پروتئین دانه همبستگی منفی و معنی‌دار (۰/۵۸-) با عملکرد دانه نشان داد، اما میزان آهن دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه بود. در مورد درصد پروتئین دانه، با توجه به افزایش آن در شرایط تنش (به‌خصوص تنش خشکی) و کاهش عملکرد در این شرایط (Jalilian *et al*, 2005)، می‌توان موضوع را به کاهش طول دورۀ رشد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از ساقه به دانه نسبت داد. در این شرایط، میزان پروتئین نسبت به کربوهیدرات افزایش می‌یابد (Jalilian *et al*, 2005; Maleki *et al*, 2011). از نظر میزان آهن دانه، با توجه به این‌که میزان آهن دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات عملکرد بیولوژیک (۰/۳۲)، عملکرد کاه (۰/۳۴) و تعداد غلاف در بوته (۰/۳۶) بوده است، لذا بنا بر همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با صفات مذکور، در نتیجه این موضوع موجب همبستگی مثبت و معنی‌دار میزان آهن دانه با عملکرد دانه (۰/۳۴) شده است. افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف کود آهن می‌تواند دلایل متعددی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش بیوسنتز اکسین در حضور آهن، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز، افزایش ریبوز بی‌فسفات کربوکسیلاز و افزایش کارآیی جذب نیتروژن و فسفر در حضور آهن اشاره نمود (Rahmani *et al*., 2013; Sharafi *et al*., 2001).

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده صفات مختلف در گیاه نخود تحت تأثیر تیمارهای آبیاری تکمیلی و کود آهن

Table 6. Simple correlation coefficients among different traits in response to supplemental irrigation and Fe fertilizer in chickpea

صفات Traits	(1) عملکرد دانه Grain yield	(2) عملکرد بیولوژیک Biologic yield	(3) عملکرد کاه Straw yield	(4) تعداد غلاف در بوته Pods per plant	(5) تعداد دانه در غلاف Grains per pod	(6) وزن صد دانه 100 grain weight	(7) شاخص برداشت Harvest index	(8) محتوای پروتئین دانه Grain protein content	(9) محتوای آهن دانه Grain Fe content
(1)	1								
(2)	0.979**	1							
(3)	0.956**	0.877**	1						
(4)	0.86**	0.855**	0.805**	1					
(5)	-0.06ns	-0.086ns	-0.018ns	-0.06ns	1				
(6)	0.701**	0.769**	0.551**	0.737**	-0.193ns	1			
(7)	0.868**	0.963**	0.706**	0.835**	-0.16ns	0.877**	1		
(8)	-0.582**	-0.568**	-0.558**	-0.695**	0.161ns	-0.683**	-0.595**	1	
(9)	0.345*	0.32*	0.347*	0.369**	0.065ns	0.27ns	0.338*	-0.206ns	1

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

نتیجه‌گیری

آبیاری تکمیلی عملکرد دانه نخود را از ۵۴۶ به ۲۱۸۴کیلوگرم در هکتار افزایش داد. همچنین آبیاری تکمیلی سبب افزایش اجزای عملکرد و سایر صفات مورد بررسی به‌جُز درصد پروتئین دانه گردید. تأثیر مثبت آبیاری تکمیلی روی عملکرد دانه عمدتاً از طریق افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰دانه اتفاق افتاد. همچنین، کاربرد کود آهن بر صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، درصد پروتئین دانه و میزان آهن دانه گیاه نخود اثر مثبت و معنی‌دار داشت. تأثیر مثبت کود آهن روی عملکرد دانه

عمدتاً از طریق افزایش تعداد دانه در غلاف بود. بالاترین مقادیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در غلاف و درصد پروتئین دانه هنگامی حاصل شد که کود آهن به صورت خاک کاربرد در مرحله کاشت به همراه محلول‌پاشی در در مرحله گلدهی مصرف شد. همچنین بالاترین محتوای آهن دانه مربوط به تیماری بود که مصرف کود آهن به‌صورت خاک‌کاربرد در مرحله کاشت به همراه محلول‌پاشی در مرحله غلاف‌بندی بود. بنابراین، به نظر می‌رسد جهت ارتقاء عملکرد کمّی و کیفی نخود رقم آزاد، انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد کود آهن به صورت خاک‌کاربرد و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی قابل‌توصیه باشد.

منابع

1. Afshani, S., Amirnia, R., and Hadi, H. 2015. Study effect of foliar application of iron and zinc on yield and yield components of autumn rapeseed (*Brassica napus* L.) under limited irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research 13(1): 43-52. (In Persian).
2. Ahmadi, L., Ghobadi, M., Saeidi, M., and Ghaderi, J. 2016. The study of some physiologic and biochemical traits to drought stress and methods of Fe fertilizer application in chickpea. Journal of Plant Process and Function 4(14): 165-176. (In Persian).
3. Anonymous. 2015. Crop Production Statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. (In Persian).
4. Bagheri, A., A. Nezami., A., Ganjeali, and Parsa, M.2001. The Chickpea. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. p. 224-251. (In Persian).
5. Bakhsh, A., Malik, S.R., Mohammad, A., Umer, I., and Haqqani, A.M. 2007. Response of chickpea genotypes to irrigated and rain-fed conditions. International Journal of Agricultural and Biological 9: 590-593.
6. Beard, J.L. 2001. Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. The Journal of Nutrition 131: 568-580.
7. Briat, J.F. 2007. Iron Dynamics in Plant. In: J.C. Kader & M. Delseny (Eds.). Advances in Botanical Research: Incorporating Advances in Plant Pathology. Vol. 46. Academic Press, London, UK, ISBN 9780123737052, p. 137-180.
8. Bybordi, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae 2(1): 94-103.
9. Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehghani, M., Modarres Sanavi, S.A.M., and Hashemi, S. 2011. The effects of soil and foliar application of Fe on some biochemical characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under two irrigation regimes. Iranian Journal of Field Crop Science 42(3): 509-518. (In Persian).
10. Farzami Sepehr, M. 2013. The Essentials of Practical Plant Physiology. Jahade-Daneshgahi Mashhad Press.184 pp. (In Persian).
11. Galeshi, S., Farzaneh, S., and Soltani, A. 2005. Investigation of drought tolerance at seedling stage in forty genotypes of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Crop Breeding Journal 21(1): 65-79. (In Persian).
12. Garnett, T.P., and Graham, R.D. 2005. Distribution and remobilization of iron and copper in wheat. Annals of Botany 95: 817-826.
13. Ghasemi-e-Golozani, K., Fathollahzadeh, M., and Dalil, B. 2004. Effect of Water Deficit on Yield and HI in Chickpea Grain at Tabriz. p. 447. In: Proceedings of the 10th Iranian Crop Sciences Congress. Karaj, Iran. (In Persian).
14. Gholinezhad, S. 2018. Effect of drought stress and nano-fertilizer on grain yield, yield components and water use efficiency in dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 27(4): 93-105. (In Persian).
15. Gogor Cena, Y., Abadía, J., and Abadía, A. 2004. A new technique for screening iron-efficient genotypes in peach rootstocks elicitation of root ferric chelate reductase by manipulation of external iron concentrations. Journal of Plant Nutrition 27: 1701-1715.
16. Groos, R.J., and Johanson, B.E. 2004. Seed treatment, seeing rate, and cultivar effect on iron deficiency chlorosis of soybean. Journal of Plant Nutrition 24: 1255-1268.

17. Jovkar, L., Ronaghi, A., Karimian, N.A., and Ghasemi Fasaye, R. 2015. Effect of applying different level of Fe and Fe EDDHA on growth and some concentration elements of bean plant in a calcareous soil. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 6(22): 9-18. (In Persian).
18. Habib, M. 2009. Effect of application of Zn and Fe on wheat yield and quality. African Journal of Biotechnology 8: 6795-6798.
19. Hansch, R., and Mendel, R.R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Current Opinion in Plant Biology 12: 259-266.
20. Jalilian, J., Modarres Sanavi, S.A.M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplemental irrigation of yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land conditons. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12(5): 1-9. (In Persian).
21. Mahmoudi, H., Koyro, H.W., Debez, A., and Adelly, C. 2009. Comparison of tow chickpea varieties regarding their responses to direct and induced Fe deficiency. Environmental and Experimental Botany 66: 349-356.
22. Maleki, A., Heidari, A., Siadat, A., Tahmasebi, A., and Fathi, A. 2011. Effect of supplementary irrigation on yield, yield components and protein percentages of chickpea cultivars in Ilam, Iran. Journal of Crop Ecophysiology 5(3): 65-75. (In Persian).
23. Mayoral, M., Atsman, L.D., Shimshi, D., and Gromete-Elhanan, Z. 1991. Effect of water stress of enzyme activities on wheat and related wild species: carboxylase activity, electron transport and photophrylation in isolated chloroplast. Australian Journal of Plan Physiology 8: 385-393.
24. Mehraban, A. 2017. Effect of foliar application of iron on yield, yield component, and grain protein of lentil crop. Journal of Iranian Ecophysiological Research 12(45): 27-37. (In Persian).
25. Mengel, K., and Kirkby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition. 5th Edn. Kluwer Academic Publishers. Translated by Salardini, A., and Mojtahedi, M.
26. Moghadam, H., Dashtaki, M., and Mohammadi, M. 2013. Effects of phosphorous, iron and zinc fertilizers on quantity and quality of turnip (*Brassica napa*) forage. Iranian Journal of Field Crop Sciences 43(4): 681-689. (In Persian).
27. Moosivand, M., Khorgami, A., and Rafiei, M. 2009. Evaluation of Fe on growth and yield components in different soybean genotypes. Crop Physiology Journal 1(4): 35-45. (In Persian).
28. Nielsen, D.C. 2001. Production function for chickpea, field pea, and lentil in the central great plains. Agronomy Journal 93: 563-569.
29. Osborne, B.G., Henry, R., and Southan, M.D. 2007. Assessment of commercial milling performance of hard wheat by measurement of the rheological properties of whole grain. Journal of Cereal Science 45: 122-127.
30. Pahlavan-Rad, M., and Pessarakli, M. 2009. Response of wheat plants to zinc, iron, and manganese application and uptake and concentration of zinc, iron, and manganese in wheat grains. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis 40: 1322-1332.
31. Parsa, M., Ganjeali, A., Rezaiean, A., and Nezami, A. 2011. Effects of supplemental irrigation on yield and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 9(3): 310-321. (In Persian).
32. Pezeshkpoor, P., and Mousavi, S.K. 2005. Correlation between drought indices and grain yield in chickpea in optimum condition (autumn sowing) and stress condition (spring sowing). In: Proceeding of 1st Iranian Pulse Crops Symposium. Mashhad, Iran. Pp. 318. (In Persian).
33. Rahmani, A., Mirza, M., and Tabaei Aghdai, S.R. 2013. Effects of different fertilizaers (macro and micro element) on quantity and quality of essential oil and other byproducts of *Rosa domascena* Mill. in Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29(4): 747-759. (In Persian).
34. Romheld, V., and Marschner, H. 1991. Function of Micronutrients in Plants. In: J. J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch. Micronutrients in Agriculture (2nd Ed.). p. 297-328. Madison, WI: SSSA.
35. Saxena, M.C., Malhotra, R.S., and Singh, K.B. 1990. Iron deficiency in chickpea in the Mediterranean region and its control through resistant genotypes and nutrient application. Plant and Soil 123: 251-254.

36. Saxena, M.C., and Sheldark, A.R. 2003. Iron chlorosis in chickpea grown on higher pH calcareous vertisol. Field Crops Research 3: 211-214.
37. Sharafi, S. Tajbakhsh, M., Majidi, M., and Pourmirza, A.A. 2001. Effect of iron and zinc fertilizers on the yield of two maize cultivars in Urmia. Abstracts of the 7th Congress of Soil Science, Iran, 4-7 September. p. 424-425. (In Persian).
38. Tuba Bicer, B., Narin Kolender, A., and Akar, D.A. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. Journal of Agronomy, Asian Network for Scientific Information 3: 154-158.
39. Vaziri Kateshori, S., Daneshvar, M., Sohrabi, A., and Nazarian Firoz Abadi, F. 2014. Effects of foliar application of P, Zn and Fe on grain yield and yield components of chickpea. Agricultural Crop Management 15(2): 17-30. (In Persian).
40. Wiersma, J.V. 2005. High rates of Fe–EDDHA and seed iron concentration suggest partial solution to iron deficiency in soybean. Agronomy Journal 97: 924-934.
41. Yassen, A., Abou El-Nour, E.A.A., and Shedeed, S. 2010. Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. Journal of American Science 6(9): 14-22.
42. Zhang, Y., Shi, R., Rezaul, K.M.D., Zhang, F., and Chunqin. Z. 2010. Iron and Zinc concentrations in grain and flour of winter wheat as affected by foliar application. Journal of Agricultural Food Chemistry 58: 12268-12274.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 119-131 (Research Article)

The effect of supplemental irrigation, time and methods of Fe fertilizer application on qualitative and quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Ahmadi[1], L., Ghobadi[2*], M., Saeidi[2], M. & Ghaderi[3], J.

1. Department of Plant Production and Genetics Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, loghmanahamdi2004@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, (m.ghobadi@yahoo.com; msaeidi667@gmail.com, respectively)
3. Assistant Professor, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, ghaderij@yahoo.com

Received: 1 November 2017
Accepted: 29 March 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.68262

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most important grain legumes in the south Asia and WANA (West Asia North Africa). In Iran, chickpea is the most important pulse crop of rain-fed systems, traditionally grown in rotation with wheat and barley. The annual cultivation and production of chickpea in Iran is about 0.5 million hectares and 270 thousand tons, respectively. High protein content in chickpea seed (about 20-30%) makes it a good food source for developing countries and low-income people. Among the micro-nutrients, iron (Fe) is used more for plants. Fe deficiency has adverse effects on plant morphology and physiology. Earlier studies have shown that Fe deficiency reduced seed yield in chickpea, soybeans, rapeseed and wheat. In a study, application of iron fertilizer increased the branching and yield components of chickpea. In another study, application of iron fertilizer increased the branching and yield components of chickpea. A study showed that Fe deficiency reduced the water use efficiency of chickpea. In another study, iron sulfate foliar application improved the symptoms of Fe deficiency and increased the yield in low-yielding cultivars, but did not have much effect on high yielding cultivars. Foliar application of iron sulfate also increased the seed iron content. The objective of this research was to study the effects of Fe fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of chickpea. Comparison of time and methods of Fe fertilization in chickpea was another aim of this study.

Materials & Methods

This research was carried out at the Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, in 2011. The experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications. Dryland conditions and supplementary irrigation were considered as the main factors as well as the time and methods of application of Fe fertilizer as the sub factors. Fe fertilizer treatments included as follow: without application of Fe fertilizer (Fe_1), soil application of Fe fertilizer during planting (Fe_2), Fe spraying at branching stage (Fe_3), Fe spraying during flowering (Fe_4) Fe spraying during pod filling (Fe_5), Fe soil application+Fe spraying at branching stage (Fe_6), Fe soil application+Fe spraying during flowering (Fe_7), Fe soil application+Fe spraying during pod filling (Fe_8). For irrigation treatment, two supplemental irrigations were performed at flowering and podding stages of chickpea. For rainfed conditions, these irrigations were prevented. To soil application, Fe-EDDHA (OMEX Company, Germany) as much as 10 Kg ha^{-1} was used. For leaf spraying, a solution of iron sulfate (Cavin Company, Iran) was used as much as 1 lit ha^{-1}. The planting date was March 15, 2011. The density was 50 plants per square meter. Each plot consisted of six rows, five meters long, 25 cm distance between two rows.

Results & Discussion

The results showed that the supplementary irrigation had significant effects on biological yield, grain yield, harvest index, straw yield, the number of pods per plant, 100 seed weight and seed protein content. For

*** Corresponding Author:** m.ghobadi@yahoo.com

these traits, the supplementary irrigation treatment was superior to rainfed conditions. However, supplementary irrigation did not have significant effects on the number of seeds per pod, grain iron content and grain fiber content. The effect of Fe fertilizer on biological yield, grain yield, harvest index, the number of seeds per pod, grain iron content and grain protein content were significant. Straw yield, the number of pods per plant, 100 seed weight and grain fiber content were not influenced by time and methods of Fe fertilizer. The highest grain yield (1614 Kg ha^{-1}), biological yield (3683 Kg ha^{-1}), the number of seeds per pod (1.45 seeds) and seed protein content (27.72%) were obtained in Fe_7 treatment. Fe_8 treatment had the highest seed iron content.

Conclusion

The supplemental irrigation improved seed yield and its components. Also, supplementary irrigation increased the seed iron content, but reduced the seed protein content. The time and methods of application of Fe fertilizer increased the quantitative and qualitative grain yield. Therefore, it seems that in order to increase the quantitative and qualitative grain yield of chickpea, the supplementary irrigation with application of Fe fertilizer (as soil and foliar application) can be recommended.

Keywords: Grain yield, Seed iron content, Seed protein, Supplemental irrigation, Yield components

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۴۸-۱۳۲
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 132-148 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70590

پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد شش ژنوتیپ لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) به مایه‌زنی با ریزوبیوم

هادی خاوری[1*] و قدرت‌اله شاکرمی[2]

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران
۲- گروه کشاورزی، زراعت، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران، ghshakarami1345@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۱

چکیده

کاربرد کودهای زیستی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی، مدیریت عناصر غذایی خاک و تولید پایدار محصولات در نظام‌های زراعی، اهمیت ویژه‌ای دارد. در این راستا آزمایشی با هدف بررسی اثر *ریزوبیوم* بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی۱۳۹۶ در منطقه بیران‌شهر لرستان اجرا شد. عوامل شامل مایه‌زنی با باکتری همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) در دو سطح (مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی) و ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی شامل (غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا) بودند. نتایج نشان داد که اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ، تعداد دانه در غلاف را و برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. مایه‌زنی با *ریزوبیوم* عملکرد دانه ژنوتیپ‌های غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا را به‌ترتیب ۱۳/۷، ۳۷/۲، ۲۳/۰، ۲۰/۹، ۵۵/۳ و ۳۱/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم صدری (۳۴۸۵کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. این تیمار نسبت به تیمار توأم مایه‌زنی در رقم غفار، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب ۸۷/۴، ۱۴/۶، ۲۱/۶، ۲۷/۸ و ۲۲/۷ درصد برتری داشت. یافته‌ها نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم*، دارای اثر افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی است و می‌توان در جهت تولید پایدار این محصول، عملکرد دانه را تا حد مطلوبی افزایش داد.

واژه‌گان کلیدی: بهینه‌سازی، تولید پایدار، شاخص برداشت، کودهای زیستی، کودهای شیمیایی

مقدمه

افزایش تولید محصولات زراعی جهت برآوردن نیازهای غذایی برای جمعیت درحال‌رشد جهان اهمیت بسیار زیادی دارد (Barea, 2015). کشاورزی فشرده یک سیستم کشاورزی است که با استفاده نامتعادل و بیش از نیاز نهاده‌های ورودی (کودها و سموم شیمیایی)، سبب ایجاد فشار زیادی بر محیط زیست می‌شود (Scotti *etal*., 2015). امروزه در بوم‌نظام‌های زراعی رایج با توجه به محدودبودن زمین‌های زراعی و همچنین نیاز رو به افزایش به محصولات کشاورزی، مصرف نامتعادل و بدون مدیریت کودهای شیمیایی افزایش یافته است. بررسی میزان مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن (N)، فسفر (P_2O_5) و پتاسیم (K_2O) حاکی از آن است که در سال۲۰۱۴ میلادی، متوسط کل مصرف این کودها در سراسر جهان به‌ترتیب ۸۵/۵، ۳۳/۲ و ۲۰/۴کیلوگرم در هکتار بوده است که این میزان در مقایسه با سال۲۰۰۰ میلادی به‌ترتیب افزایشی معادل ۳۱/۷، ۲۸/۱ و ۱۲/۰ درصد داشته است (FAO, 2015). این مدیریت نامطلوب کشاورزی می‌تواند سبب تغییر ترکیب گونه‌ای و یا کاهش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی شده و در نتیجه توانایی‌های طبیعی آن‌ها را نیز به لحاظ تولید محصولات زراعی تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی افزایش سلامت و تأمین امنیت غذایی محصولات تولیدشده در بوم‌نظام‌های کشاورزی در جهت حفظ پویایی منابع خاک و آب در این بوم‌نظام‌ها، بر اساس اصول اکولوژیک دارای اهمیت بسیاری است. از سوی دیگر مصرف نامتعادل و بدون مدیریت نهاده‌های شیمیایی باعث ناپایداری در بوم‌نظام‌های زراعی شده است و پیامدهای جبران-ناپذیر اقتصادی و زیست‌محیطی مصرف آن‌ها در کشاورزی در سراسر جهان شناخته شده است (Abbott & Murphy, 2007; Azarmi & Malakouti, 2014). کشاورزی پایدار با رویکرد حصول تولید پایدار در درازمدت و سازگاری با محیط، بر کاهش و یا حذف نهاده‌های شیمیایی در جهت تولید

*نویسنده مسئول: 2006.khavari.hadi@gmail.com

محصولات کشاورزی متکی است. هدف اصلی کشاورزی پایدار افزایش کارآیی چرخه داخلی عناصر غذایی خاک و استفاده از کودهای زیستی و آلی به‌عنوان جایگزین برای کودهای شیمیایی در جهت بهبود و پایداری عملکرد دانه و کیفیت همراه با حفظ بهره‌وری مناسب از منابع خاک و آب در بوم‌نظام‌های زراعی است (Azarmi & Malakouti, 2014). کودهای زیستی حاوی مواد نگه‌دارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ریزجاندار مفید خاک‌زی و یا به‌صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی موردنیاز گیاه در یک نظام زراعی پایدار به کار می‌روند و رویکرد جهانی در تولید محصولات کشاورزی به سمت تولید و به‌کارگیری این ریزجانداران در نظام‌های زراعی است (Amirabadi *et al*., 2009; Parvizi *et al*., 2014). محققان در پژوهش‌های زیادی نشان داده‌اند که توجه بیشتر به مدیریت خاک و بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی ریزجانداران از گیاهان در خاک می‌تواند تنوع زیستی، تأمین سلامت و به دنبال آن پویایی عناصر خاک را افزایش دهد، لذا برای رسیدن به یک سیستم زراعی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه، جنبه‌های اکولوژیک سیستم را بهبود بخشند و اثرات منفی مصرف نهاده‌های شیمیایی را کاهش دهند، ضروری به نظر می‌رسد (Kizilkaya, 2008; Koocheki *et al*., 2015). ازجمله این ریزجانداران مفید خاک‌زی می‌توان به گونه‌های مختلف باکتری‌های *ریزوبیوم* همزیست با خانواده حبوبات (*Rhizobium leguminosarum*) به‌ویژه *ریزوبیوم* همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli*) اشاره نمود (Hungria *et al*., 2000; Mhamdi *et al*., 2002). باکتری *ریزوبیوم* علاوه بر فراهمی نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک برای گیاه میزبان، می‌تواند موجب بهبود رشد و عملکرد و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی پُرمصرف فسفر و پتاسیم گردد (Mehrpouyan *et al*., 2011; Hungria *et al*., 1997).در اغلب پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده نقش مفید این ریزجانداران بر ارقام گیاه لوبیاچیتی (Jahanara *et al*., 2013; Feizian *et al*., 2017; Ghasemi Pir Balooti *et al*., 2004)، لوبیاقرمز (Ardakani *et al*., 2011; Kucuk, 2011; Taherkhani *et al*., 2009)، لوبیاسفید (Mirakhori *et al*., 2010) و لوبیاسبز (Faryabi *et al*., 2015; Bildirici & Yilmaz, 2005) در رابطه با افزایش تثبیت زیستی نیتروژن، رشد گیاه، عملکرد دانه و اجزای عملکرد گزارش نموده‌اند. دانه لوبیا علاوه بر قابلیت انبارداری مناسب، یک منبع غنی از پروتئین و مواد مغذی مانند ویتامین، نشاسته، روغن و مواد معدنی می‌باشد که دارای جایگاه مهم و عمده‌ای در سبد غذایی بسیاری از مردم دنیا است (Mcclean *et al*., 2004). با توجه به اهمیت تولید حبوبات در کشور، ارزیابی پاسخ این گیاهان نسبت به کاربرد کودهای زیستی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در راستای تولید پایدار این محصولات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین هدف از این آزمایش ارزیابی اثر باکتری *ریزوبیوم* بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی در یک بوم‌نظام زراعی پایدار نسبت به روش‌های رایج کاشت و همچنین معرفی مناسب‌ترین ژنوتیپ این گیاه برای کاشت در شرایط آب‌وهوایی استان لرستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیران‌شهر استان لرستان باعرض‌جغرافیایی ۴۲درجه و ۷۹دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۶درجه و ۷۰دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۶۹متر از سطح دریا، با میانگین بارندگی ۵۸۳میلی‌متر و بیشینه و کمینه دمای مطلق سالانه به‌ترتیب ۳۶/۶ و ۰/۷- درجه سانتی‌گراد اجرا شد. عوامل شامل تلقیح بذر با مایه تلقیح مایع *ریزوبیوم* همزیست لوبیا Rh(*Rhizobium phaseoli* Rb-133) در دو سطح (مایه زنیRh_1 و عدم مایه‌زنی Rh_2) و ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (G) شامل رقم غفار (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللیCranberry، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ۲، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۶روز، مقاوم به آفت کنه دونقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در ایران؛G_1)، رقم صدری (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین‌المللیCranberry، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۸روز، حساس به آفت کنه دونقطه‌ای، نیمه‌حساس به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی، دانه‌درشت، مقاوم به ریزش دانه و مناسب برای کاشت در مناطق معتدل سرد ایران؛ G_2)، رقم تلاش (منشأ ایران، کلاس تجاریPinto، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۵روز، نیمه‌مقاوم به آفت کنه دونقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی خوب و تحمل متوسط در برابر خشکی؛ G_3)، لاینcos16 (منشأ کلمبیا، کلاس تجاریSpeekled suger، فرم بوته ایستاده و رشد محدود تیپ۱، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۰روز، نیمه‌حساس به آفت کنه دونقطه‌ای و مقاوم به بیماری‌های ویروسی، کیفیت و بازارپسندی خوب، نیمه‌مقاوم به خشکی، مناسب برای برنامه-

های برداشت مکانیزه و کشت مخلوط؛ G_4)، رقم محلی خمین (منشأ ایران، کلاس تجاری بین‌المللیCranberry، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۹روز، حساس به آفت کنه دونقطه‌ای و نیمه‌مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی و مقاومت پایین در برابر خشکی؛ G_5)، و رقم کوشا (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین-المللیCranberry؛ فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ۲، مقاوم به آفت کنه دونقطه‌ای، و نیمه‌مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازارپسندی عالی، مقاومت متوسط در برابر خشکی، مناسب برای کشت در مناطق معتدل سرد و مناسب برای برداشت مکانیزه؛ G_6) بودند.

زمین محل اجرای آزمایش در زمان تلقیح دارای نور طبیعی و درجه حرارت ۱۷ تا ۲۱درجه سانتی‌گراد و در سال زراعی قبل زیر کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) بود. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱-خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

بافت خاک Soil Texture	اسیدیته pH	کربن آلی O.C (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	نیتروژن N (%)	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	آهن Fe	مس Cu	منگنز Mg
					(mg.kg^{-1})					
لوم رسی سیلتی Silty Clay Loam	7.54	0.87	0.723	0.096	9.4	290	0.69	2.88	0.91	7.16

در این آزمایش، به‌منظور عرضه مناسب مواد غذایی مورد نیاز برای رشد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، تمام تیمارها به‌طور یکسان با غلظت دو در هزار در سه مرحله رشد (تشکیل اولین سه‌برگچه‌ای، قبل از مرحله غنچه‌دهی و در مرحله پُرشدن غلاف‌ها) توسط کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ با نام تجاری (NutriPad) ساخت شرکت پادنا کود (PADENA fertilizer) ایران (جدول ۲) محلول‌پاشی شدند.

جدول ۲- مشخصات کود کامل مورداستفاده درآزمایش

Table 2. Characteristics of totalize fertilizer used in the experiment

نام تجاری Commercial name	عناصر غذایی پُرمصرف (درصد) Macro nutrients %			عناصر غذایی کم‌مصرف (قسمت در میلیون) Micro nutrients (ppm)						
	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	بور B	مس Cu	آهن Fe	منیزیم Mn	مولیبدن Mo	روی Zn	آمینو اسید Amino Acid
NutriPad 20-20-20	20	20	20	200	300	1200	300	50	900	8000

مایه تلقیح مایع *ریزوبیوم* همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) با تراکم جمعیت ۵×۱۰^۸ CFU بر گرم به ازای هر میلی‌لیتر از مؤسسه تحقیقات خاک‌وآب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) و بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی از پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی تهیه گردید. جهت آماده‌سازی بستر کاشت، بهره‌گیری از مزایای شخم پاییزه و همچنین کاهش جمعیت علف‌های هرز، زمین موردنظر پس از انجام آبیاری توسط گاوآهن برگردان‌دار در پاییز سال۱۳۹۵ یک‌بار و در اردیبهشت‌ماه سال۱۳۹۶پس از انجام تسطیح زمین نیز یک‌بار شخم زده شد. واحدهای آزمایشی با ابعاد ۶×۲ متر و جوی و پشته‌ها توسط نهرکن با عرض ۵۰سانتی‌متر ایجاد شد. فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر درنظرگرفته شد. با توجه به شرایط حساس جوانه‌زنی گیاه لوبیا، آبیاری پیش از کاشت انجام شد. پس از گذشت سه روز با گاوروشدن زمین، بذور در تاریخ ۲۳خرداد۱۳۹۶ به روش هیرم‌کاری (نم کاری)، به‌صورت دستی در خطوطی با طول شش متر با فاصله ردیف ۵۰سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف۵/۷سانتی‌متر و با تراکم ۳۵بوته در مترمربع در عمق چهار تا شش سانتی-متری خاک کشت شدند. مایه‌زنی با مایه تلقیح مایع *ریزوبیوم* همزیست لوبیا در سایه انجام گردید. به‌منظور مایه‌زنی بذرها، قبل از کاشت میزان بذر موردنیاز محاسبه و در داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد. سپس برای چسبندگی بیشتر با سلول های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت۱۰میلی‌لیتر به ازای

هرکیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم به نسبت ۵۰میلی‌لیتر برای هرکیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل مایه‌زنی به‌طور کامل مخلوط شد و درنهایت بذرها پس از گذشت مدت۲۰دقیقه با خشک‌شدن نسبی کشت شدند. آبیاری با روش نشتی (فارویی) در طی مراحل رشد و نمو بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه انجام شد. برای محاسبه نیاز آبی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در منطقه مورد آزمایش، از نرم‌افزار بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی مصرف آب کشاورزی OPTIWATاستفاده شد. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرارکامل گیاهچه‌ها در ۹روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری با توجه به مراحل مختلف رشد بوته‌ها از ۱۰روز (ابتدای مراحل رشد) تا شش روز (از زمان شروع مرحله گلدهی به طور تقریبی۵۲روز پس از کاشت تا زمان رسیدگی فیزیولوزیکی و برداشت محصول) یک‌بار انجام شد. میانگین حجم آب مصرفی در طی دوره رشد و نمو ارقام لوبیا با احتساب مرحله خاک آب (قبل از کاشت) در حدود ۲۰۷۹مترمکعب در هکتار و تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد، ۱۳مرحله بود. با توجه به اهداف توسعه پایدار در کشاورزی، مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی در دو مرحله قبل از گلدهی و در زمان شروع غلاف‌دهی بوته‌ها انجام شد. همچنین در مراحل رشد بوته‌ها ازهیچ‌گونه نهاده شیمیایی شامل آفت‌کش و قارچ‌کش استفاده نشد. در پایان فصل رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی همه ژنوتیپ‌ها (متوسط تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی برای رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا در منطقه اجرای آزمایش به‌ترتیب ۱۱۴، ۹۹، ۱۰۲، ۱۰۴، ۹۸ و ۱۰۲روز و تاریخ نهایی برداشت ۱۵مهرماه۱۳۹۶ بود)، برداشت محصول با درنظرگرفتن اثرحاشیه (حذف دو خط کناری و۵۰سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) بوته‌ها به‌صورت کف‌بر در سطح چهار مترمربع انجام و پس از خشک‌شدن کامل بوته‌ها در شرایط نور طبیعی مزرعه، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه (با رطوبت ۱۰ تا ۱۲) اندازه‌گیری شد. اجزای عملکرد لوبیا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰بوته (۵۷سانتی‌متر طولی) از هر واحد آزمایشی تعیین شدند. وزن۱۰۰دانه نیز با استفاده از تعداد۱۰نمونه ۱۰۰تایی از بذرهای حاصل از عملکرد دانه محاسبه گردید. به این صورت که پس از توزین جداگانه هر نمونه (با دقت ۰/۰۱ گرم)، میانگین حسابی این اعداد به عنوان وزن۱۰۰دانه برای هر تیمار ثبت شد. برای محاسبه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، ضرب‌در عدد ۱۰۰ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزارSAS Ver 9.1.3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد با گزاره LSMEANSبرش‌دهی اثر متقابل در صفاتی که اثر برهمکنش آن‌ها معنی دار بود ،انجام شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات از نرم‌افزارSPSS 16.0 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزارExcel 2016 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد گره فعال در ریشه معنی‌دار گردید.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که بیشترین میانگین تعداد گره فعال در ریشه مربوط به تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در لاینcos16 و کمترین تعداد گره نیز مربوط به تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به‌ترتیب در رقم صدری، غفار و کوشا (همگی در یک کلاس آماری) می‌باشد (جدول۴). برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ نشان داد که تعداد گره فعال در ریشه در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی در ژنوتیپ به‌ترتیب به میزان ۳۳/۶، ۳۲/۷، ۱۹/۱، ۲۳/۰، ۳/۳۳ و ۵/۹۴ افزایش یافت (جدول۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد و اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی‌داری بر وزن تَر گره فعال در ریشه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ، بیشترین میانگین وزن تَر گره فعال در ریشه لوبیاچیتی را تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در لاینcos16 و کمترین میانگین را به‌ترتیب تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار، کوشا، تلاش و صدری (همگی در یک کلاس آماری) نشان دادند (جدول ۴). مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار وزن تَر گره فعال در ریشه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی شد، به‌طوری‌که وزن تَر گره در تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۹/۶، ۳۲/۳، ۱۹/۴، ۱۹/۳، ۲۱/۹ و ۱۸/۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ بر صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 3. Analysis of variance (mean square) the effect of *Rhizobium* and genotyp on morphological traits of Pinto Bean genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square)					
		تعداد گره فعال روی ریشه Number of active nodule on root	وزن تَرگره فعال روی ریشه Active nodule fresh weight on root	قطر ساقه Stem diameter	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته Leaf No. per plant
تکرار Replication	2	3419 ^{ns}	0.226 **	0.143 ^{ns}	2.00 ^{ns}	437 ^{ns}	1043 *
ریزوبیوم Rh	1	45065 **	0.145 **	4.84 **	9.00 **	3620 **	6889 **
ژنوتیپ G	5	31089 **	0.920 **	2.89 **	13.2 **	4580 **	7462 **
ریزوبیوم×ژنوتیپ Rh*G	5	36373 **	0.144 *	1.03 **	11.0 **	1170 **	1101 **
خطا Error	22	1164	0.005	0.098	0.265	141	133
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	13.8	9.46	11.1	9.08	11.8	7.57

$^{**, *, ns}$: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns: Non significant; *: Significant at p≤0.05; **: Significant at P≤0.01

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ برصفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 4. Mean comparison of interaction effectof *Rhizobium* and genotyp on morphological traits of Pinto Bean genotypes

تیمار Treatment	تعداد گره فعال روی ریشه Number of active nodule on root	وزن تَر گره فعال روی ریشه (گرم) Active nodule fresh weight on root (g)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Leaf No. per plant
Rh_1C_1	246 ^{cd}	0.658 ^{ef}	2.50 ^{de}	4.33 ^{f}	119 ^{bc}	105 ^{gh}
Rh_1C_2	243 $^{c-e}$	0.924 ^{b}	4.00 ^{ab}	6.66 ^{c}	129 ^{ab}	167 ^{c}
Rh_1C_3	224 $^{c-f}$	0.830 $^{b-d}$	2.50 ^{de}	6.66 ^{c}	143 ^{a}	193 ^{ab}
Rh_1C_4	421 ^{a}	1.08 ^{a}	4.16 ^{a}	8.66 ^{a}	63.3 ^{fg}	209 ^{a}
Rh_1C_5	279 ^{c}	0.866 ^{bc}	2.50 ^{de}	5.33 ^{e}	77.6 ^{ef}	204 ^{a}
Rh_1C_6	196 $^{d-f}$	0.764 $^{c-e}$	3.40 ^{c}	6.33 ^{cd}	135 ^{ab}	123 ^{fg}
Rh_2C_1	184 ^{f}	0.600 ^{f}	2.00 ^{ef}	4.33 ^{f}	97.3 ^{de}	93.6 ^{h}
Rh_2C_2	183 ^{f}	0.698 ^{ef}	2.66 ^{d}	5.66 ^{de}	108 ^{cd}	143 ^{de}
Rh_2C_3	188 ^{ef}	0.695 ^{ef}	1.83 ^{f}	5.66 ^{de}	105 ^{cd}	177 ^{bc}
Rh_2C_4	342 ^{b}	0.905 ^{b}	3.50 ^{bc}	7.66 ^{b}	54.6 ^{g}	159 ^{cd}
Rh_2C_5	270 ^{c}	0.710 $^{d-f}$	2.00 ^{ef}	3.33 ^{g}	66.0 ^{fg}	135 ^{ef}
Rh_2C_6	185 ^{f}	0.647 ^{ef}	2.66 ^{d}	3.33 ^{g}	100 ^{cd}	118 ^{fg}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد دارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر متقابل).

Rh_1 و Rh_2: به‌ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم*

G_1، G_2، G_3، G_4، G_5 و G_6: به‌ترتیب رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا

Means with same letters don't have significant difference, using Slicing method, (p≤0.05).

Rh_1 and Rh_2: with and without apply *Rhizobium*, respectively

G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 and G_6: Ghafar, Sadri, Talash, cos16 line, Khomein landrace and Kosha Cultivars, respectively

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۳). مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش قطر ساقه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد بررسی شد. مقایسه میانگین برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ نشان داد که بیشترین میانگین قطر ساقه در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در لاینcos16 و کمترین میانگین آن در تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم تلاش به‌دست آمد. قطر ساقه در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۲۵، ۵۰/۳، ۳۶/۶، ۱۸/۸، ۲۵ و ۲۷/۸درصد افزایش یافت (جدول۴).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد شاخه جانبی در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار شد. مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های جانبی در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد بررسی شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه از تیمار برهمکنش مایه‌زنی *ریزوبیوم* در لاینcos16 به‌دست آمد. این ژنوتیپ در شرایط عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نیز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشترین تعداد شاخه جانبی را به خود اختصاص داد. پایین‌ترین میانگین تعداد شاخه نیز مربوط به تیمار عدم مایه زنی *ریزوبیوم* در ارقام محلی خمین و کوشا بود که هر دو آن‌ها به لحاظ تولید کمترین تعداد شاخه در بوته در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۴). در بررسی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد مطالعه مشخص شد که تعداد شاخه جانبی در بوته رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی خمین و کوشا در شرایط مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نسبت به شرایط عدم مایه زنی به‌ترتیب به میزان ۱۰/۴، ۱۷/۶، ۱۷/۶، ۱۳، ۱۶ و ۱۹/۱درصد افزایش یافت (جدول ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی می‌شود. مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ (جدول۴) نشان داد که بیشترین میانگین ارتفاع بوته در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در ژنوتیپ تلاش و کمترین میانگین آن در تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در ژنوتیپ cos16 به‌دست آمد. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع بوته در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در ژنوتیپ‌های غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۲۲/۳، ۱۹/۴، ۳۶/۱، ۱۵/۹، ۱۷/۵ و ۳۵/۱ درصد افزایش یافت (جدول۴).

با توجه به نتایج، اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد برگ در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار بود (جدول۳). نتایج نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش تعداد برگ در بوته ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی گردید. مقایسه میانگین برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ (جدول۴) نشان داد که بیشترین میانگین تعداد برگ در بوته مربوط به تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به‌ترتیب در لاینcos16 و رقم محلی‌خمین (هر دو در یک کلاس آماری) و کمترین تعداد آن مربوط به تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار بود. برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که تعداد برگ در بوته در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۱۲/۱، ۱۶/۷، ۹/۳، ۳۱/۴، ۵۱/۱ و ۴/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر طول غلاف ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* سبب افزایش معنی‌داری طول غلاف ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در مقایسه با بوته‌های عدم مایه‌زنی شد، به‌طوری‌که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم کوشا بیشترین و عدم مایه‌زنی در رقم محلی خمین کمترین میانگین طول غلاف را نشان داد (جدول۶). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مایه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی با باکتری *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار طول غلاف نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی گردید، به‌طوری‌که طول غلاف در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، رقم محلی‌خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۱۰/۱، ۹/۸، ۲۰/۰، ۴/۰، ۷/۰ و ۱۴/۲درصد افزایش داشت (جدول۶).

تعداد غلاف در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد لوبیا می‌باشد که داری همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد اقتصادی این گیاه می‌باشد (Moosavi *et al*., 2015; Soheili Movahed *et al*., 2017). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد و اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال پنج‌درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید

(جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ نشان داد که تعداد غلاف در بوته در تیمار مایه‌زنی بذر با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاین cos16، رقم محلی خمین و کوشا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی در ارقام به‌ترتیب افزایش ۱۵/۷، ۶۸/۴، ۲۴/۷، ۱۲/۷، ۷۴/۵ و ۱۲/۴درصدی داشت (جدول۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 5. Analysis of variance (mean square) the effect of *Rhizobium* and genotype on yield and yield components of Pinto Bean genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square)						
		طول غلاف Pod length	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	تعداد دانه در غلاف Seed No. per pod	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.517 ns	169 ns	3.13 ns	9.12 ns	681507 ns	120918 ns	0.036 ns
ریزوبیوم Rh	1	11.3 **	1560 **	15.7 **	22.5 ns	6842444 **	3781080 **	23.7 *
ژنوتیپ G	5	6.68 **	1617 **	13.5 **	371 **	4349679 **	1168902 **	307 **
ریزوبیوم×ژنوتیپ Rh*G	5	2.78 **	424 *	0.494 ns	95.4 **	10679806 **	2013469 **	211 **
خطا Error	22	0.224	20.9	0.224	5.03	258799	33564	9.63
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	4.35	10.9	8.44	4.84	9.48	7.38	6.68

ns, *, **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns: Non significant; *: Significant at p≤0.05; **: Significant at P≤0.01

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ برعملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 6. Mean comparison of interaction effect of *Rhizobium* and genotyp on yield and yield components of Pinto Bean genotypes

تیمار Treatment	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	تعدادغلاف دربوته Pod No. per plant	تعداددانه درغلاف Seed No. per pod	وزن۱۰۰دانه 100 Seed weight (g)	عملکرد زیست‌توده Biological yield (Kg.ha^{-1})	عملکرددانه Seed yield (Kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
Rh_1C_1	11.9 bc	25.0 fg	6.26 ab	50.7 cd	4119 f	1859 g	45.1 g
Rh_1C_2	12.3 ab	64.0 ab	7.00 a	55.7 ab	6335 b	3485 a	55.0 a
Rh_1C_3	11.6 bc	59.0 b	5.86 bc	43.5 fg	5693 bcd	3039 b	53.6 b
Rh_1C_4	10.4 ef	68.0 a	5.86 bc	32.8 h	7485 a	2862 bc	38.4 h
Rh_1C_5	9.53 gh	42.0 cd	5.53 bc	44.5 ef	5934 bc	2725 cd	46.0 f
Rh_1C_6	12.8 a	32.6 ef	7.06 a	53.4 bc	5240 cde	2862 bc	54.8 a
Rh_2C_1	10.8 de	21.6 gh	4.60 de	49.0 d	4512 ef	1635 g	36.3 i
Rh_2C_2	11.2 cd	38.0 de	5.06 cd	47.9 de	4784 ef	2540 de	53.0 c
Rh_2C_3	9.66 f-h	47.3 c	4.46 de	40.1 g	4764 ef	2470 def	51.6 d
Rh_2C_4	10.0 e-g	60.3 ab	4.66 de	31.4 h	6206 b	2366 ef	38.0 h
Rh_2C_5	8.90 h	15.3 h	4.06 e	58.9 a	4869 def	1754 g	36.0 i
Rh_2C_6	11.2 cd	29.0 fg	6.80 a	47.2 def	4440 ef	2177 f	49.0 e

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد دارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر متقابل).

Rh_1 و Rh_2: به‌ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم*

G_1، G_2، G_3، G_4، G_5 و G_6: به‌ترتیب رقم غفار، صدری، تلاش، لاین cos16، محلی خمین و کوشا

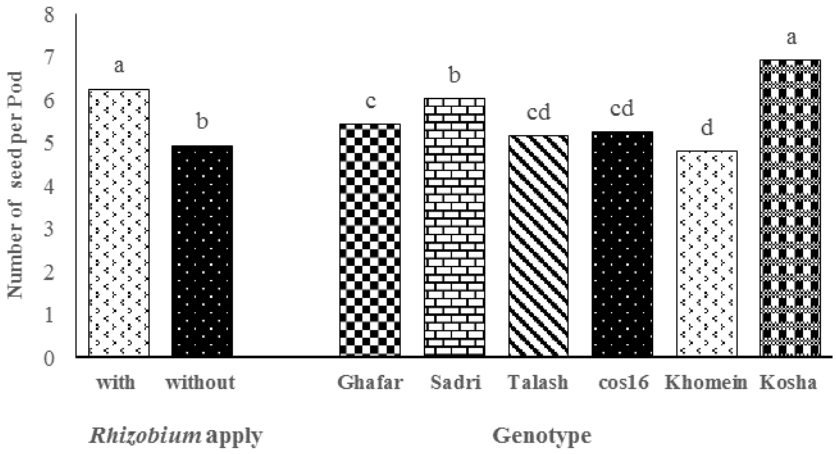
Means with same letters don't have significant difference, using Slicing method, (p≤0.05).

Rh_1 and Rh_2: with and without apply *Rhizobium*, respectively

G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 and G_6: Ghafar, Sadri, Talash, cos16 line, Khomein landrace and Kosha Cultivars, respectively

در این آزمایش مایه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی با *ریزوبیوم* در کنار فراهمی عناصر غذایی در طی مراحل رشد به ویژه دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی توانست از طریق دسترسی بهتر بوته‌ها به مواد غذایی موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گردد. با این وجود، به نظر می‌رسد که مایه‌زنی بذر ارقام لوبیاچیتی با ریزوبیوم توانست از طریق بهبود خصوصیاتی نظیر افزایش تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه، قطر ساقه، تعداد شاخه و همچنین تعداد برگ در بوته یا به عبارت دیگر، توسعه بهینه شاخسار (شاخه و برگ)، زمینه افزایش توان تولید جامعه گیاهی را نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی ایجاد کرده و در نتیجه به دلیل برقراری تعادل در بین اندام‌های رویشی و زایشی (افزایش ماندگاری گل و تبدیل آن‌ها به غلاف) پتانسیل تولید غلاف در بوته را در ارقام مورد بررسی به‌طور مثبت و معنی‌داری بهبود بخشد که با نتایج دیگر محققان در رابطه با افزایش تعداد غلاف در بوته بر لوبیا و نخود (*Cicer arietinum* L.) با مایه‌زنی باکتری‌های همزیست ریزوبیومی مطابقت دارد (Jahanara *et al*., 2013; Kucuk, 2011; Soleimani & Asgharzadeh, 2010; Ardakani *et al*., 2011). در خصوص تفاوت در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به لحاظ میزان تولید تعداد غلاف در بوته، می‌توان دلیل این تفاوت را به توانایی ژنتیکی متفاوت ارقام در جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش رشد اندام‌های گیاه و به‌دنبال آن بهره‌وری بیشتر از منابع محیطی برای افزایش تعداد غلاف نسبت داد. سایر محققان نیز تفاوت مثبت و معنی‌داری را در بین ارقام مختلف لوبیا قرمز و چیتی به لحاظ افزایش توانایی تولید غلاف در شرایط مایه‌زنی با باکتری ریزوبیوم گزارش نموده‌اند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد (Jahanara *et al*., 2013; Safapour *et al*., 2010).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که تعداد دانه در غلاف در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی افزایش ۲۶/۷درصدی نشان داد (شکل۱). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ تولید تعداد دانه در غلاف تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در غلاف در رقم کوشا به دست آمد که نسبت به رقم غفار، صدری، تلاش، لاین cos16 و محلی‌خمین به‌ترتیب به میزان ۲۷/۶، ۱۴/۹، ۳۴/۳، ۳۱/۷ و ۴۴/۳درصد برتری داشت (شکل۱).



شکل ۱- تأثیر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی با *ریزوبیوم* *Rhizobium phaseoli* Rb-133 بر تعداد دانه در غلاف

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثرمتقابل).

Fig 1. Effect of seed inoculation with *Rhizobium phaseoli Rb-133* on number of seed per pod

Means with the same letters don't have significant difference, using Slicing method, ($p \leq 0.05$).

در خصوص افزایش تعداد دانه در غلاف می‌توان بیان داشت که مایه‌زنی بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی با باکتری همزیست *ریزوبیوم* در کنار فراهمی عناصر غذایی موجب رشد بهتر، تولید بوته‌های سالم‌تر، قوی‌تر و با برگ‌های دارای محتوای سبزینگی (SPAD) بیشتر (تیره‌تر) شد. همچنین به نظر می‌رسد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* توانست از طریق افزایش تعداد گره‌های فعال روی ریشه و تثبیت زیستی نیتروژن (Kuma *et al*., 2016; Tajini *et al*., 2012)، زمینه توسعه

اندام‌های فتوسنتزکننده گیاه را از طریق افزایش شاخه‌ها و تعداد برگ در بوته فراهم نماید که این امر می‌تواند موجب عرضه بهینه مواد فتوسنتزی در اندام‌های زایشی شده و در نتیجه با افزایش طول غلاف توانست تعداد دانه در غلاف را به طور معنی‌داری افزایش دهد. دیگر محققان در بررسی اثر باکتری محرک رشد *سودوموناسپوتیدا* (*Pseudomonas putida*) بر لوبیاچیتی لاین cos16 در رابطه با افزایش تعداد دانه در غلاف نتایج مشابهی را گزارش نمودند. این محققان بیان داشتند که تلقیح باکتریایی گیاهان با باکتری *سودوموناسپوتیدا* سبب بهبود رشد و جذب عناصر غذایی می گردد (Shahsavani *et al*., 2017). سایر پژوهشگران نیز در یک آزمایش مزرعه‌ای گزارش دادند که تعداد دانه در غلاف ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (صدری، تلاش، خمین و محلی گیلان) تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum*) درسطح احتمال یک‌درصد، به لحاظ تعداد دانه در غلاف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (Jahanara*et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر وزن ۱۰۰دانه معنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* موجب افزایش وزن ۱۰۰دانه در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی می‌شود. مقایسه میانگین اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ (جدول۶) نشان داد که کمترین میانگین وزن ۱۰۰دانه مربوط به تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در لاین cos16 و بیشترین میانگین وزن ۱۰۰دانه در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم محلی‌خمین و صدری به‌دست آمد که به‌طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول۶). ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ توانایی تولید وزن دانه بیشتر نسبت به مایه‌زنی با *ریزوبیوم*، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند، به‌طوری که وزن ۱۰۰دانه در تیمار اثر*ریزوبیوم* بر رقم غفار، صدری، تلاش، لاین cos16، محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۳/۴، ۱۶/۲، ۸/۴، ۴/۴، ۳۲/۳ و ۱۳/۱درصد افزایش نشان داد (جدول۶).

در خصوص پاسخ ژنوتیپ‌های مورد بررسی به شرایط مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به لحاظ تولید وزن دانه می‌توان بیان داشت که این موضوع می‌تواند به‌دلیل پتانسیل ژنتیکی متفاوت این ژنوتیپ‌ها برای تولید دانه‌هایی با اندازه‌های مختلف (ریز یا درشت) و همچنین وزن آن‌ها (کمتر یا بیشتر) نسبت به یکدیگر باشد. برخی محققان تنوع موجود در بین ارقام لوبیاچیتی از لحاظ وزن ۱۰۰دانه را مربوط به اختلاف ژنتیکی ارقام در طول پُرشدن دانه از زمان گلدهی تا رسیدگی دانه می‌دانند (Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. همچنین وزن ۱۰۰دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌دلیل افزایش تعداد غلاف و در نتیجه تعداد دانه در بوته کاهش چشمگیری نشان داد (جدول ۷) که این موضوع می‌تواند به‌دلیل انتقال مواد فتوسنتزی به بخش‌های رویشی گیاه باشد. به‌نظر می‌رسد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* توانسته است از طریق بهبود رشد ریشه (افزایش تعداد و وزن گره‌های فعال در ریشه و اندام‌های هوایی نظیر ارتفاع بوته) و توسعه اندام‌های فتوسنتزکننده گیاه (افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ‌ها) و در نتیجه بهبود فتوسنتز توسط بوته‌ها موجب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی گردد که این امر در نهایت توانسته است بوته‌هایی تولید نماید که در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی و دانه‌بندی با کمبود عناصر غذایی مواجه نشده و با نزدیک‌شدن به پایان فصل رشد نسبت بیشتری از مواد فتوسنتزی را به اندام‌های زایشی گیاه (به‌خصوص دانه‌ها) اختصاص دهند که این موضوع توانست وزن ۱۰۰دانه را در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد بررسی به نحو مثبت و معنی‌داری نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی افزایش دهد. محققان نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری میان وزن ۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته لوبیا گزارش نمودند. این محققان همچنین افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته ارقام لوبیا را دلیل کاهش مواد فتوسنتزی تخصیص‌یافته به هر دانه و در نتیجه کاهش وزن ۱۰۰دانه عنوان نمودند (Mirakhori *et al*., 2010). سایر محققان نیز در بررسی اثر مایه‌زنی با *ریزوبیوم* بر ارقام لوبیا قرمز، چیتی و سفید نتایج مشابهی را در رابطه با افزایش وزن دانه گزارش نموده‌اند (Taherkhani *et al*., 2009; Yadegari *et al*., 2009; Mirakhori *et al*., 2010; Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت داد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین مایه‌زنی و عدم مایه زنی با *ریزوبیوم* به لحاظ افزایش عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم صدری به‌دست آمد که نسبت به تیمار اثر توأم مایه‌زنی در رقم غفار، تلاش، لاین cos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب ۸۷/۴، ۱۴/۶، ۲۱/۷، ۲۷/۸ و ۲۱/۷درصد افزایش داشت (جدول۶). همچنین کمترین عملکرد دانه در تیمار عدم مایه-زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در رقم صدری، تلاش، لاین cos16،

محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب در حدود ۵۵/۳، ۵۱، ۴۴/۷، ۷/۲ و ۳۳/۱درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول۶).

عملکرد دانه در گیاه لوبیا تابع فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیک است و بیشترین عملکرد دانه در شرایطی به‌دست می‌آید که تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه در حداکثر مقدار خود باشد. در خصوص اثر مایه زنی *ریزوبیوم* می‌توان بیان داشت که باکتری‌های *ریزوبیوم* نقش مهم و مؤثری در تثبیت زیستی نیتروژن توسط گیاهان میزبان دارند که علاوه بر این به‌کارگیری آن‌ها در زراعت گیاهان همزیست و همچنین درنظرداشتن سویه‌های متناسب با نوع گیاه زراعی، می‌تواند موجب افزایش کارآیی این ریزجانداران مفید خاک‌زی گردیده و به روش‌های مختلف از طریق افزایش رشد، جذب عناصر غذایی (پتاسیم و فسفر) و افزایش سلامت در برابر آفات و بیماری‌ها، گیاه زراعی را در طی مراحل رشد و نمو مورد حمایت قرار داده و توان تولید اقتصادی آن را به‌طور مثبت و قابل‌توجهی افزایش دهد (Kuma *et al*., 2016; Tajini *et al*., 2012).

می‌توان گفت که مشاهده افزایش تعداد و اندازه گره‌های فعال روی ریشه، نشانه‌ای از بهبود وضعیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در بقولات به ویژه لوبیاچیتی در این آزمایش است. نتایج این آزمایش نشان‌دهنده آن است که افزایش عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی با *ریزوبیوم* می‌تواند به‌دلیل همیاری این ریزجانداران با گیاه لوبیا باشد که توانسته‌اند از طریق بهبود سیستم ریشه‌ای (تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه) عملکرد زیست‌توده (قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد برگ در بوته)، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و همچنین تعداد دانه در بوته، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردد. بسیاری از محققان بر این باورند که کارآیی استفاده از کودهای نیتروژن در زراعت این گیاهان خیلی اندک یا در مواقعی صفر است؛ با این منظور که در حالت همزیستی در محیط، نیازی به مصرف کودهای نیتروژن ندارند (Kucuk *et al*., 2011). دیگر پژوهشگران گزارش نمودند که با مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژن، تعداد (Ansari*et al*., 2017) و وزن (Taherkhani *et al*., 2009) گره‌های تشکیل‌شده بر روی ریشه لوبیا کاهش چشمگیری خواهد داشت، چرا که گیاهان خانواده بقولات، به‌دلیل همزیستی باکتری‌های تثبیت کننده زیستی نیتروژن اتمسفری بر روی ریشه آن‌ها در طی فصل رشد، تا حد زیادی در حاصلخیزی خاک مؤثرند و سالانه مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این محصولات به خاک اضافه می‌شود که اثر سودمندی برای محصولاتی که در تناوب آن‌ها کشت می‌شوند، خواهد داشت (Peralta *et al*., 2016).

با یادآوری این‌که مصرف بیش از نیاز و بدون مدیریت کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن، پتانسیل بالایی در ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی دارد (Zaidi *et al*., 2017)؛ و این‌که تثبیت زیستی این عنصر تا حد زیادی وابسته به فراهم‌بودن عناصر غذایی پرمصرف (فسفر، پتاسیم، کلسیم و گوگرد) و کم‌مصرف (آهن و مولیبدن) در محیط رشد این گیاهان می‌باشد (Glick, 2014)، نکته قابل‌توجه در این آزمایش افزایش تعداد و همچنین وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه ژنوتیپ‌های تلقیح شده با *ریزوبیوم* است که می‌تواند به دلیل عدم مصرف کود پایه نیتروژن و در نتیجه تأثیر مثبت باکتری *ریزوبیوم* بر رشد و افزایش توان گیاه در جذب عناصر غذایی عرضه‌شده در طی فصل رشد بوته‌ها باشد (Han & lee, 2005; Glick, 2014)، به‌طوری‌که با استفاده از سویه کارآمد باکتری *ریزوبیوم* همزیست و همچنین فراهم‌نمودن عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد بوته‌ها به روش تغذیه برگی (محلول‌پاشی) در طول فصل زراعی، شاهد افزایش معنی‌دار تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی بودیم که بهبود این خصوصیات ارتباط مستقیمی با صفات مورفولوژی و وابسته با عملکرد اقتصادی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی داشت (جدول ۷). این نتیجه با توجه به گزارش‌های متعدد سایر محققان در خصوص اثر کاهشی کاربرد کود پایه نیتروژن بر فعالیت باکتری همزیست ریشه بقولات (Ansari *et al*., 2017; Peralta *et al*., 2016) و همچنین اهداف این پژوهش چندان دور از انتظار نبوده است. دیگر محققان نیز گزارش کردند که افزودن ماده آلی به محیط ریشه در طی مراحل رشد گیاهان تلقیح شده، فعالیت باکتری‌ها را به‌طور چشمگیری بالا برده و تعداد گره در ریشه لوبیا را افزایش می‌دهد (Das *et a*l., 2014) که با نتایج آزمایش مطابقت دارد.

با توجه به اهداف این آزمایش و همچنین اهمیت معرفی ژنوتیپ برتر با اولویت سازگاری و پتانسیل تولید اقتصادی بیشتر برای معرفی به کشاورزان منطقه مورد آزمایش، در خصوص تفاوت تولید عملکرد دانه در ارقام لوبیاچیتی مورد بررسی، می‌توان بیان داشت که این امر می‌تواند به‌دلیل پتانسیل تولید متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت یکدیگر باشد که می‌تواند دلیل اصلی این تفاوت در عملکرد دانه در بین این ژنوتیپ‌ها باشد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به شرایط مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با باکتری *ریزوبیوم* پاسخ‌های متفاوتی را نشان دادند. رقم صدری در شرایط مایه‌زنی با *ریزوبیوم*نسبت به رقم غفار، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب به میزان ۸۷/۴، ۱۴/۶، ۲۱/۷، ۲۷/۸ و ۲۱/۷درصد پتانسیل بالاتری را در افزایش تولید اقتصادی نشان

داد. همچنین کمترین عملکرد دانه در رقم غفار به دست آمد که در مقایسه با رقم تلاش، cos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب به میزان ۶۳/۴، ۵۳/۹، ۴۶/۵ و ۵۳/۹درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول ۶).

در خصوص اختلاف تولید عملکرد دانه در بین این ارقام می‌توان سازگاری با شرایط آب و هوایی منطقه مورد آزمایش را نیز برای ارقام با عملکرد بالاتر عنوان نمود. در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده نتایج مشابهی توسط دیگر محققان بر ارقام لوبیا قرمز، چیتی و سفید در رابطه با نقش مثبت و معنی‌دار مایه‌زنی با باکتری‌های همزیست *ریزوبیوم* در افزایش رشد و عملکرد اقتصادی این گیاهان گزارش‌شده است (Bildirici & Yilmaz, 2005; Uyanoz, 2007; Mehrpouyan *et al*., 2011; Kucuk, 2011; Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر *ریزوبیوم*، ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد زیست‌توده ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار گردید (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد زیست‌توده ارقام لوبیاچیتی در مقایسه با بوته‌های عدم مایه‌زنی شد. بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمار اثر توأم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در لاینcos16 مشاهده گردید که نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* به میزان ۲۰/۶درصد افزایش یافت (جدول۶). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ افزایش عملکرد زیست‌توده پاسخ‌های متفاوتی به شرایط مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ریزوبیوم* نشان می‌دهند، به‌طوری‌که عملکرد زیست‌توده در تیمار اثر توأم مایه زنی با *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، محلی‌خمین و کوشا نسبت به شرایط عدم مایه‌زنیدر این ژنوتیپ‌هابه‌ترتیب به میزان ۹/۵، ۳۲/۴، ۱۹/۵، ۲۱/۸ و ۱۸درصد افزایش داشت (جدول۶).

مایه‌زنی با *ریزوبیوم* از طریق قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن و بهبود شرایط ریزوسفری خاک برای جذب عناصر غذایی موجب بهبود رشد، افزایش جذب مواد غذایی و توسعه اندام‌های گیاه (شاخسار و برگ) و در نتیجه افزایش کارآیی فتوسنتز و تولید ماده خشک در گیاه میزبان می‌گردد (Uyanoz, 2007; Mirakhori *et al*., 2010; Mehrpouyan *et al*., 2011).مایه‌زنی با *ریزوبیوم* در کنار عرضه مناسب عناصر غذایی در طی مراحل رشد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی، توانست از طریق بهبود سیستم ریشه‌ای (افزایش تعداد و وزن تَر گره‌های فعال روی ریشه) و خصوصیات زراعی (قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه تعداد برگ در بوته و همچنین تعداد غلاف در بوته) زمینه را برای رشد بهتر بوته‌ها فراهم نماید که در نتیجه موجب توسعه حجم کلی بوته‌ها و به دنبال آن افزایش عملکرد زیست‌توده گردید (جدول ۷). نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص پاسخ ارقام مختلف لوبیاقرمز، چیتی و سفید به مایه‌زنی با باکتری‌های ریزوبیوم نیز نشان‌دهنده افزایش ویژگی‌های رشد و عملکرد زیست‌توده این گیاه است (Mirakhori *et al*., 2010; Ardakani *et al*., 2011; Jahanara *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد زیست‌توده گیاهان زراعی است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر *ریزوبیوم* در سطح احتمال پنج‌درصد، اثر ژنوتیپ و همچنین اثر برهمکنش ریزوبیوم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک‌درصد بر شاخص برداشت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مایه‌زنی با کود زیستی *ریزوبیوم* همزیست لوبیا سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در ارقام لوبیاچیتی مورد بررسی شد. بیشترین افزایش شاخص برداشت در تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم صدری و کوشا مشاهده شد که هر دو آن‌ها در یک کلاس آماری قرار گرفتند. کمترین شاخص برداشت نیز در تیمار عدم مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار و محلی‌خمین به‌دست آمد که هر دو آن‌ها نیز در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول۶). بین اثر توأم مایه‌زنی *ریزوبیوم* و ژنوتیپ در مقایسه با شرایط عدم مایه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که شاخص برداشت در تیمار مایه‌زنی *ریزوبیوم* در رقم غفار، صدری، تلاش، لاینcos16، محلی‌خمین و کوشا به‌ترتیب به میزان ۲۴/۲، ۳/۷، ۳/۸، ۱/۵، ۲۷/۷ و ۱۱/۸درصد افزایش یافت (جدول۶).

مایه‌زنی *ریزوبیوم* موجب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی شده است که می‌تواند نشان‌دهنده نقش این ریزجانداران مفید خاکزی در تقویت کارآیی فرآیند فتوسنتز، توزیع و انتقال بهینه مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) ساخته‌شده در بین اندام‌های رویشی و زایشی گیاه به‌ویژه اندام‌های اقتصادی باشد (Kucuk, 2011; Uyanoz; 2007). به‌نظر می‌رسد که مایه‌زنی با *ریزوبیوم* توانست از طریق برقراری توازن در بین رشد اندام‌های رویشی و زایشی گیاه موجب افزایش تخصیص آسیمیلات‌ها (مواد فتوسنتزی) به مخازن ذخیره‌ای گیاه (دانه‌ها) گردد که در مجموع، افزایش تعداد گره فعال روی ریشه، ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه موجب افزایش معنی

دار شاخص برداشت در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول۷). در رابطه با نقش مثبت و اثرگذار به‌کارگیری باکتری‌های محرک رشد ریزوبیومی بر افزایش عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت در زراعت ارقام مختلف لوبیا قرمز، چیتی، سفید و سبز نتایج مشابهی توسط دیگر محققان گزارش شده است (Kumar*et al*., 2016; Faryabi *et al*., 2015; Ardakani *et al*., 2011; Mirakhori *et al*., 2010) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز به لحاظ توانایی اختصاص مواد فتوسنتزی از سایر اندام‌های گیاه به دانه‌ها (شاخص برداشت) تفاوت مثبت و معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص برداشت به‌ترتیب در رقم صدری، تلاش، کوشا، لاینcos16، غفار و محلی‌خمین مشاهده شد (جدول۶). به‌نظر می‌رسد که برتری میزان شاخص برداشت این ژنوتیپ‌ها نسبت به یکدیگر می‌تواند به‌دلیل توانایی آن‌ها در انتقال بهینه مواد فتوسنتزی ساخته‌شده توسط گیاه به اندام‌های اقتصادی (دانه ها) باشد که بیانگر پتانسیل تولید عملکرد اقتصادی بالاتر این ارقام نسبت به یکدیگر است.

جدول ۷- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی

Table 7. Pearson correlation coefficient of measured traits in Pinto Bean genotypes

	AN	ANF	SD	BP	PH	LP	PL	PP	SP	SW	BY	GY	HI
AN	1												
ANF	0.788 **	1											
SD	0.559 **	0.587 **	1										
BP	0.629 **	0.678 **	0.677 **	1									
PH	0.141 ns	-0.391 *	-0.119 ns	-0.168 ns	1								
LP	0.630 **	0.666 **	0.281 ns	0.515 **	-0.249 ns	1							
PL	0.415 *	0.068 ns	0.417 *	0.269 ns	0.576 **	-0.260 ns	1						
PP	0.695 **	0.662 **	0.546 **	0.722 **	-0.036 ns	0.753 **	0.071 ns	1					
SP	0.333 *	0.031 ns	0.336 *	-0.077 ns	0.503 **	-0.018 ns	0.547 **	0.227 ns	1				
SW	-0.111 ns	-0.355 *	-0.193 ns	-0.533 **	0.358 **	-0.503 **	0.304 ns	-0.624 **	0.128 ns	1			
BY	0.787 **	1.00 *	0.587 **	0.678 **	-0.392 *	0.665 **	0.068 ns	0.661 **	0.030 ns	-0.357 *	1		
GY	1.00 **	0.788 **	0.559 **	0.629 **	0.141 ns	0.630 **	0.415 *	0.695 **	0.333 *	-0.111 ns	0.787 **	1	
HI	0.538 **	-0.078 ns	0.099 ns	0.085 ns	0.749 **	0.132 ns	0.565 **	0.219 ns	0.514 **	0.237 ns	-0.080 ns	0.538 **	1

ns, *, **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns: Non significant; *: Significant at P≤0.05; **: Significant at P≤0.01

AN (Active Nodule on root): گره فعال روی ریشه؛ ANF (Active Nodule Fresh weight on root): وزن تَر گره فعال روی ریشه؛ SD (Stem Diameter): قطرساقه؛ BP (Branch No. per Plant): تعداد شاخه جانبی؛ PH (Plant Height): ارتفاع بوته؛ LP (Leaf No. per Plant): تعداد برگ در بوته؛ PL (Pod Length): طول غلاف؛ PP (Pod No. per Plant): تعداد غلاف در بوته؛ SP (Seed No. per Pod): تعداد دانه در غلاف؛ SW (100-Seed Weight): وزن۱۰۰دانه؛ BY (Biological Yield): عملکرد زیست توده؛ GY (Grain Yield): عملکرد دانه؛ HI (Harvest Index): شاخص برداشت

نتیجه‌گیری

در بیشتر صفات ذکرشده تأثیر مثبت و معنی‌دار کود زیستی *ریزوبیوم* مشاهده شد، به این صورت که با مایه‌زنی *ریزوبیوم* علاوه بر خصوصیات ریشه، صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی افزایش یافت. با توجه به این‌که بررسی‌های محققان در این خصوص، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف لوبیا را توسط کود زیستی *ریزوبیوم* به اثبات رسانده است، در این پژوهش نیز کاربرد کود زیستی *ریزوبیوم* توانست به‌طور مستقیم اثر مثبتی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی بگذارد. رشد اندام‌های هوایی و ریشه گیاه توسط به‌کارگیری کود زیستی *ریزوبیوم* تحریک شد، ولی اثر آن بر خصوصیات ریشه برجسته‌تر بود که این امر نشان دهنده بهبود وضعیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در بقولات به ویژه لوبیاچیتی در این پژوهش است. از طرفی بسیاری از محققان معتقدند که کودهای زیستی موجود به تنهایی نمی‌توانند جایگزین کودهای شیمیایی شوند و از سوی دیگر با توجه به هزینه بالای خرید کودهای شیمیایی برای کشاورزان و نیز پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف نامتعادل این کودها، به‌کارگیری کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن در تلفیق با مقدار متعادل و بهینه کودهای شیمیایی گزینه مناسبی به‌منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد. در این خصوص می‌توان بیان داشت که مایه‌زنی بذر گیاهان زراعی با این ریزجانداران مفید خاکزی زمانی تأثیرگذار خواهد بود که با استفاده از سویه‌های اثرگذار (دارای همزیستی بهتر)، انتخاب رقم مناسب، ایجاد شرایط محیطی و بستر خاک مطلوب به لحاظ فراهمی عناصر غذایی در محیط رشد بوته‌ها بتوان به عملکرد مورد انتظار با توجه به پتانسیل تولید ارقام دسترسی پیدا کرد. در این راستا برای بهینه‌سازی مصرف کودهای

شیمیایی به‌ویژه نیتروژن و همچنین تولید عملکرد مطلوب و مقرون‌به‌صرفه در زراعت لوبیاچیتی در شرایط اقلیمی استان لرستان و همچنین مناطقی با شرایط اکولوژیک مشابه، می‌توان به‌ترتیب ارقام صدری، تلاش، لاینcos16 و کوشا را به‌همراه مایه‌زنی بذر با باکتری همزیست لوبیا (Rb-133) در کنار عرضه مناسب مواد غذایی موردنیاز با روش تغذیه برگی (محلول‌پاشی) در طی مراحل رشد و نمو این گیاه و تا حد امکان عدم کاربرد خاکی عناصر غذایی در جهت پایداری بوم‌نظام‌های زراعی و حفظ منابع خاک و آب توصیه نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری همه عزیزان مؤسسه تحقیقات خاک‌وآب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) جهت همکاری در تهیه سویه باکتری و همچنین جناب آقای دکتر عادل غدیری (عضو محترم هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی) که با همکاری ارزنده خود در تهیه بذور ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی و انجام این پژوهش نقش مؤثری داشتند، قدردانی می‌نماییم.

منابع

1. Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2007. Soil Biological Fertility; A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer International Publishing.
2. Amirabadi, M., Rejali, F., Ardakani, M., and Borji, M. 2009. Effect of A*zotobacter* and M*ycorrhizal* fungi inoculants on the uptake of some nutrients in corn (SC 704 cultivar) at different levels of phosphorus. Iranian Journal of Soil Research (Soil & Water Science) 23(1): 107-115. (In Persian).
3. Ansari, M.H., Asadi-Rahmani, H., Mazaheri, R., and Rezazadeh, B. 2017. The Effect of combined use of chemical fertilizer, *Azetobacter*, *Azospirillum* and compost on seed yield and nutrient uptake of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Applied Research in Field Crops 30(3): 1-12. (In Persian).
4. Azarmi, F., Malakouti, M.J., and Khavazi, K. 2014. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on increasing the efficiency and recovery percent of phosphate fertilizers in canola. Iranian Journal of Soil Research (formerly Soil & Water Science) 24(4): 499-507. (In Persian with English Summary).
5. Barea, J.M. 2015. Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-microbiome interactions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15(2): 261-282.
6. Bildirici, N., and Yilmaz, N. 2005. The effect and different nitrogen and phosphorus doses and bacteria inoculation (*Rhizobium phaseoli*) on the yield and yield component of field bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy 4(3): 207-215.
7. Das, I., Pradhan, A.K., and Singh, A.P. 2014. Yield and yield attributing parameters of organically cultivated mung bean as influenced by PGPR and organic manures. Journal of Crop and Weed 10(1): 172-174.
8. Faryabi, E., Abdossi, V., Sibi, M., and Marzban, Z. 2015. Effects of dual inoculation of *Mycorrhizal Arbuscular* fungi and *Rhizobium* bacteria on yield and potassium content of corn grains and green bean under Intercropping. Journal of Novel Applied Sciences 4(6): 703-708.
9. Feizian, M., Hemmati, A., Asadi Rahmani, H., and Azizi, Kh. 2017. Effects of *Rhizobium* bacteria strains on yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress condition. Journal of Soil Biology 4(2): 165-176. (In Persian).
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Statistical Pocketbook World Food and Agriculture. Available at Web site http://www.fao.org/Statistics (verified 31 Aug 2016).
11. Ghasemi Pir Balooti, A., Elah Dadi, I., Akbari, Gh.A., and Gol Paravar, A. 2004. Effects of inoculation of bean cultivars with *Rhizobium legominosarum* biovar phaseoli on yield and nitrogen fixation in Shahrekord condition. Journal of Agroecology 2(1): 55-66. (In Persian with English Summary).
12. Glick, B.R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiological Research 169(1): 30-39.
13. Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.
14. Hungria, M., De, D.S., Andrade, L.M., De O. Chueire, A., Probanza, F.J., and M., Guttierrez-Manero, Megias. 2000. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. Soil Biology and Biochemistry 32: 1515-1528.
15. Hungria, M., Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A., and Balota, E.L. 1997a. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeiro e milho em monocultura consorcio. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 32: 807-818.

16. Jafari, M., Moosavi, S.S., Chaichi, M., Ahmadvand, Q., and Abdollahi, M. 2015. Evaluation of variability and heritability of effective traits on yield in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and moisture stress conditions before pod formation. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 108: 59-66. (In Persian with English Summary).
17. Jahanara, F., Sadeghi, S.M., and Ashouri, M. 2013. The effect of nanocomposites of iron spraying on yield and yield components of wax bean genotypes inoculated with *Rhizobium* bacteria (*Rhizobium leguminosarum*) in the farm conditions of Gilan. Iranian Journal of Pulses Research 4(2): 111-120. (In Persian with English Summary).
18. Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33(2): 150-156.
19. Koocheki, A., Bakhshaie, S., Khorramdel, S., Mokhtari, V., and Taher Abadi, Sh. 2015. Effect of mycorrhiza symbiosis on yield, yield components and water use efficiency of sesame (*Sesamum indicum* L.) affected by different irrigation regimes in mashhad condition. Iranian Journal of Field Crops Research 13(3): 448-460. (In Persian with English Summary).
20. Kucuk, C. 2011. Inoculation with *Rhizobium* spp. in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Zemdirbyste Agriculture 98(1): 49-56.
21. Kumar, P., Pandey, P., Chandra Dubey, R., and Kumar Maheshwari, D. 2016. Bacteria consortium optimization improves nutrient uptake, nodulation, disease suppression and growth of the common bean *Phaesolus vulgaris* in both pot and field studies. Rhizosphere 2: 13-23.
22. Mcclean, P., Kamir, J., and Gepts, P. 2004. Genomic and Genetic Diversity in Common Bean. In: R.F. Wilson, H.T. Stalker and E.C. Brummer (Eds.). Legume Crop Genomics. AOCS Press. Champaign, Illinois. p. 60-82.
23. Mehrpouyan, M., Noormohammadi, Gh., Mirhadi, M.J., Heidari Sharifabade, H., and Shirani Rad, A.H. 2011. Effect of some inoculants containing *Rhizobium legominosarum*; bv. *Phaseoli* on nutrients elements uptake in three cultivars of common bean. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 1-10. (In Persian with English Summary).
24. Mhamdi, R., Laguerre, G., Aouani, V.M., Mars, M., and Amarger, N. 2002. Different species and symbiotic genotypes of field rhizobia can nodulate *Phaseolus vulgaris* in Tunisian soils. FEMS. Microbiology Ecology 41: 77-84.
25. Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M.R., Mirakhori, M., and Pour Siah Bidi, M. 2010. The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with Zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecology 2(1): 175-185. (In Persian with English Summary).
26. Parvizi, K., Dashti, F., Esna Ashari, M., Rejali, F., and Chiechi, M. 2014. Effect of two mycorrhizal fungi species (*Glomus mosseae* and *G. etunicatum*) on mineral nutrients uptake and mini tuber production in potato plantlets. Journal of Soil Biology 1(1): 61-69. (In Persian with English Summary).
27. Peralta, H., Aguilar, A., Díaz, R., Mora, Y., Martínez-Batallar, G., Salazar, E., and Mora, J. 2016. Genomic studies of nitrogen-fixing rhizobial strains from *Phaseolus vulgaris* seeds and nodules. BMC Genomics 17(1): 711-718.
28. Safapour, M., Ardakani, M.R., Khaghani, Sh., Rejali, F., Zargari, K., Changizi, M., and Teimuri, M. 2011. Response of yield and yield components of three red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to co-inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium phaseoli*. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 11 (3): 398-405.
29. Safapour, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Khaghani, SH., and Teimouri, M. 2010. Effect of co-inoculation of *Mycorrhiza* and *Rhizobium* on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Science-Research Quarterly Journal New Finding in Agriculture 5(1): 21-35. (In Persian).
30. Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A., and Rao, M.A. 2015. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15(2): 333-352.
31. Shahsavani, Sh., Gharanjik, Sh., and Jadidoleslam, N. 2017. Effect of *Mycorrhiza*, *Pseudomonas* bacteria and humic acid on growth indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 97-112. (In Persian with English Summary).
32. Soheili Movahed, S., Esmaeili, M.A., Jabbari, F., and Fooladi, A. 2017. Evaluation of yield and yield components of some pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under late season water deficit conditions. Journal of Agroecology 9(2): 433-444. (In Persian with English Summary).
33. 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).

34. Taherkhani, M., Normohammadi, Gh., Mirhadi, M.J., Haydari Sharif Abad, H., and Shirani Rad, A.M. 2009. Evaluation of different strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli inoculation on ecophysiological nitrogen fixation ability of common bean, *Phaseolus vulgaris* L., cultivars. Agroecology Journal 5(1): 23-36. (In Persian with English Summary).
35. Tajini, F., Trabelsi, M., and Drevon, J.J. 2012. Combined inoculation with Glomus intraradices and *Rhizobium tropici* CIAT899 increases phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Saudi Journal of Biological Sciences 19: 157-163.
36. Uyanoz, R. 2007. The effect of different bio-organic, chemical fertilizer and their combination on yield, macro and micro nutrient content of dry bean (*phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Agriculture Research 2(2): 115-125.
37. Yadegari, M., Normohammadi, Gh., and Asadi Rahmani, H. 2009. inoculated with *Rhizobium leguminosarum* bv phaseoli and plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR). Agroecology Journal 5(2): 153-163. (In Persian with English Summary).
38. Zaidi, A., Khan, M.S., Saif, S., Rizvi, A., Ahmed, B., and Shahid, M. 2017. Role of Nitrogen-Fixing Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Sustainable Production of Vegetables: Current Perspective. In: Microbial Strategies for Vegetable Production. Springer International Publishing. (p. 49-79).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 132-148 (Research Article)

Response of yield and yield components of six genotypes of Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculation with *Rhizobium phaseoli*

Khavari[1,*], H. & Shakarami[2], Gh.

1. Young Researchers and Elite Club, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran
2. Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran, ghshakarami1345@gmail.com

Received: 29 January 2018
Accepted: 11 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70590

Introduction

Increasing the production of crops to meet the food needs of a growing population of the world is a great necessity. Intensive farming is an agricultural system that uses more than necessary and unbalanced inputs (fertilizers and pesticides), causing major of pressure on the environment. Today, in conventional farming systems, due to the limited amount of agricultural land, as well as the growing need for crops produced in indigenous agriculture, they have led to unbalanced consumption without the management of chemical fertilizers in the production of these products. The use of chemical fertilizer: nitrogen (N), phosphate (P_2O_5), potassium (K_2O) in 2014-year ad around the world to 85.5, 32.2 and 20.4 (Kg of nutrients per ha) respectively. In comparison with year 2000 (Within 14 years), 64.9, 25.9 and 18.2 (Kg of nutrients per ha) respectively: 31.7, 28.1 and 12 percent it has increased. This undesirable agricultural management can change species composition or reduce biodiversity in farmland, and thus affect their natural capabilities in terms of crop production. On the other hand, increasing the health and security of food products produced in agricultural systems to maintain the dynamism of soil and water resources in these canopy systems is important on the basis of ecological principles. On the other hand, unbalanced consumption without management of chemical inputs has led to instability in agricultural ecosystems and the irreparable economic and environmental consequences of their consumption in agriculture are known throughout the world.

Materials & Methods

An experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with three replications during growing season of 2017 at the experimental field of Beiranshahr city of Khorramabad in Lorestan Province, Iran (42° 79' E, 36° 70' N and 1669m above the sea level). To determine the physical and chemical properties of soil samples were collected from 0-30 cm depth of soil. During the experiment effects of two factors were studied: 1. Inoculation with *Rhizobium* bacteria Rb (*Rhizobium Phaseoli* Rb-133*)* in tow levels (Rb_1= inoculation, Rb_2= non-inoculation), and 2. different genotypes of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in six levels (C_1: Gafar, C_2: Sadri, C_3: Talash, C_4: cos16 line, C_5: Khomein Landrace and C_6: Kosha genotypes). The seeds were inoculated with *Rhizobium phaseoli* Rb-133 before culturing. Traits such as: number of pods per plant, seeds per pod, number of seeds per plant, 100 seed weight, seed yield, biological yield and harvest index were measured.

Results & Discussion

The results showed the effect of rhizobium and genotype, number of seeds per pod, as well as the effect of two interactions rhizobium and genotype, number of pods per plant, number of seeds per plant, 100 seed weight, grain yield, biological yield and harvest index of pinto bean genotypes significantly increased. The effect of rhizobium and genotype had significant effects on number of seeds per pod ($p \leq 0.01$); effect of rhizobium and genotypeon number of pod per plant ($p \leq 0.05$), number of seed per plant ($p \leq 0.01$), 100 seed weight ($p \leq 0.01$), grain yield ($p \leq 0.01$), biological yield and harvest index ($p \leq 0.01$) had significant effects on pinto bean genotypes. Inoculation with Rhizobium seed yields of Ghafar, Sadri, Talash, Cos16 line, Khomein and Kosha 13.7, 37.2, 23, 20.9, 55.3 and 31.4 % increased, respectively. The highest grain yield (3485 Kg. ha^{-1}) was obtained in the interaction between rhizobium and Sadri genotype.

[*] **Corresponding Author:** 2006.khavari.hadi@gmail.com

Conclusion

Generally, results showed that the yield and yield components of pinto bean genotypes were influenced by Rhizobium bacteria (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) inoculation. The inoculation of seeds with rhizobium bacteria, coexistence of beans along with the nutritional elements during growth stages of Pinto bean genotypes, could improve growth indices, increase yield and yield components. Inoculation with rhizobium has an increased effect on yield and yield components of pinto bean genotypes and can increase the grain yield to a favorable level in order to produce a stable product.

Keywords: Biological fertilizers, Chemical fertilizers, Harvest index, Optimization, Sustainable production

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۶۲-۱۴۹
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 149-162 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.68714

بررسی اثرات سوپرجاذب و آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش (*Vigna radiata* L.)

عبدالمجید سهیل‌نژاد[1]، عبدالمجید مهدوی دامغانی[2*]، هومان لیاقتی[2] و پیام پزشکپور[3]

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران، soheilnejad@yahoo.com
۲- دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
(**به‌ترتیب** mmd323@yahoo.com **و** h_liaghati@sbu.ac.ir)
۳- 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، papezeshkpour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات سوپرجاذب و دور آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش، آزمایشی به‌صورت کرت های خردشده در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت) انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دور آبیاری در سه سطح (پنج، ۱۰ و ۱۵ روز) و کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف هیدروژول‌های سوپرجاذب آکوازورب در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که کمبود آب باعث کاهش صفات حجم ریشه، وزن خشک ریشه و افزایش طول کل ریشه‌ها شد، به‌طوری‌که کمترین مقدار حجم ریشه (۳/۱۱سانتی متر مکعب تک بوته) و وزن خشک ریشه (۰/۹۳گرم تک بوته) و بیشترین مقدار طول کل ریشه‌ها (۹/۱سانتی‌متر در بوته) در دور پنج روز آبیاری به‌دست آمد. کاربرد پلیمر سوپرجاذب، تمامی صفات مورد ارزیابی و عملکرد دانه را افزایش داد. بیشترین کارآیی مصرف آب (۱/۲کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی) در تیمار دور آبیاری ۱۵روز و مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد و کمترین مقدار (۰/۳۱کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی) آن در تیمار دور آبیاری پنج‌روز و عدم مصرف سوپرجاذب ثبت گردید. به‌طور میانگین در هر دو منطقه بیشترین عملکرد دانه (۱۹۶۶کیلوگرم در هکتار) در تیمار دور آبیاری ۱۰روز و مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کمترین مقدار آن (۱۱۶۷کیلوگرم در هکتار) در تیمار دور آبیاری ۱۵روز و مصرف ۳۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که سوپرجاذب آکوازورب در شرایط کمبود آب باعث بهبود عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب گیاه ماش گردید و این ماده در دورهای آبی زیاد و محدودیت آب، باعث جلوگیری از اثرات منفی محدودیت آب بر عملکرد دانه گیاه ماش شد. این مطالعه مشخص کرد که مقدار بهینه کاربردی سوپرجاذب آکوازورب به‌ویژه در شرایط محدودیت آب برابر با ۲۰۰کیلوگرم در هکتار بود و با کاربرد بیشتر از ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در شرایط محدودیت آب در این ماده اثرات منفی بر عملکرد دانه داشت. همچنین اگرچه برهمکنش سوپرجاذب و دور آبیاری بر صفات ریشه‌ای معنی‌دار نبود، ولی اثرات ساده این ماده نشان‌دهنده اثرات مثبت آب بر بهبود صفات ریشه‌ای اندازه‌گیری شده بود.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، طول کل ریشه‌ها، عملکرد دانه، مناطق

مقدمه

در حال حاضر حدود ۷۰درصد پروتئین گیاهی مورداستفاده انسان توسط غلات و حبوبات تأمین می‌شود، اما به‌دلیل کم‌بودن میزان پروتئین غلات (۱۲-۹درصد) و زیادبودن آن در حبوبات (۳۲-۱۸) توجه کشورهای درحال‌توسعه به مصرف حبوبات به‌عنوان منبع مهم تأمین‌کننده پروتئین جلب شده است (Keikha *et al.*, 2016). حبوبات دومین منبع غذایی پس از غلات و عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی به‌شمار می‌روند (Jahan *et al.*, 2013). ماش با نام علمی *Vigna radiata* متعلق به خانواده لگومینوز است و دانه‌های آن سرشار از ویتامین بوده و حدود ۲۳/۶درصد پروتئین دارد (Keikha *et al.*, 2016).

خشکی رایج‌ترین تنش محیطی و یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان به‌شمار می‌رود (Tongo *et al.*, 2014). این تنش محیطی جنبه‌های مختلف رشد گیاه را از طریق تغییر در ساختارهای بیوشیمیایی،

* **نویسنده مسئول:** mmd323@yahoo.com

فیزیولوژی و مورفولوژی، تحت تأثیر قرار می‌دهد (Du *et al.*, 1998). ازجمله این تغییرات می‌توان به افزایش نسبت وزن خشک یا طول ریشه به ساقه اشاره کرد (Osuagwu *et al.*, 2010). مشکل تنش خشکی را می‌توان با راهکارهایی مانند کاهش تلفات آب با توجه به درک بهتر از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه برای سازگاری به خشکی و افزایش بهره‌وری آب آبیاری با استفاده از اصلاح خاک و افزودنی‌هایی مانند پلیمرهای سوپرجاذب که می‌توانند مقادیر قابل‌توجهی از آب را در خود ذخیره کرده و باعث افزایش توانایی خاک در ذخیره آب شده و درنهایت رشد گیاه را بهبود بخشند، حل کرد. پلیمرهای سوپرجاذب در سه دسته کوپلی‌مرهای نشاسته اکریلات، پلی‌اکریل آمیدها و پلی وینیل الکل‌ها دسته‌بندی می‌شوند (Haghighi *et al.*, 2014). مقدار جذب آب در این پلیمرها به عوامل مختلفی ازجمله فرمول‌بندی، آب، ناخالصی‌ها و مقدار نمک بستگی داشته و تا ۴۰۰برابر وزن سوپرجاذب می‌تواند متغیر باشد (Monnig, 2005). این خصوصیات برای مقابله با شرایط کم‌آبی و کاهش اثرات مضر تنش خشکی در گیاهان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

در طی سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از این پلیمرها در شرایط تنش آبی در محصولات مختلف زراعی انجام شده است. بررسی اثر پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی در گیاه لوبیا نشان داد که پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل به تنش لوبیا شد و در صورت استفاده از سوپرجاذب می‌توان فواصل آبیاری را افزایش داد و از اثرات منفی تنش خشکی بر گیاه جلوگیری کرد و درنهایت باعث افزایش کارآیی مصرف آب شد (Pouresmaeil *et al.*, 2012). نتایج تحقیقی Arabi *et al*, (2015) بر روی اثر سطوح مختلف آبیاری و هیدروژل بر گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) مشخص کرد که تیمار آبیاری ۸۰درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰کیلوگرم سوپرجاذب بهترین تیمار از لحاظ صرفه اقتصادی بود، زیرا می‌توان با مصرف کمتر آب و پلیمر سوپرجاذب به همان عملکرد مناسب دست یافت. پژوهشی در زمینه تنش آبی و سوپرجاذبA200 بر عملکرد ذرت (*Zea maize* L.) بیانگر این موضوع بود که تنش آبی و سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (Fazeli Rostampour *et al.*, 2011). با به توجه اثرات مثبت سوپرجاذب بر روی خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه در شرایط محدودیت آب، این تحقیق با هدف بررسی اثرات سوپرجاذب و دور آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در بهار سال زراعی۱۳۹۴ در دو منطقه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خرم‌آباد (عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۳۰دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸درجه و ۲۰دقیقه شرقی و ارتفاع۱۲۰۰متر از سطح دریا) و در شهرستان کوهدشت (عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۳۱دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷درجه و ۳۷دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۸۷متر از سطح دریا) در استان لرستان انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت) انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دور آبیاری در سه سطح (پنج، ۱۰ و ۱۵روز) و کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف هیدروژل‌های سوپرجاذب آکوازوربPR3005 در چهار سطح (شاهد، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰کیلوگرم در هکتار) بودند. شایان ذکر است سوپرجاذب آکوازورب مورداستفاده در این تحقیق تولید شرکتSNF فرانسه و از نماینده انحصاری آن در ایران (شرکت بشری امین؛ شهرستان تهران) تهیه گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش را در جدول ۱ آمده است. مقدار آب مصرفی برای تیمارهای دور آبیاری در طول فصل رشد به ترتیب برای سطح‌های پنج، ۱۰ و ۱۵روز برابر با ۱۵۰۰، ۲۲۵۰ و ۴۵۰۰مترمکعب آب در هکتار بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری

Table 1. Soil physical and chemical properties of the experimental sites at 0–30 cm soil depth

منطقه Location	طبقه خاک Soil classification	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	اسیدیته (pH)	کربن آلی (O.C)
		قسمت در میلیون (ppm)				(درصد) (%)
خرم آباد (Khorramabad)	رسی لوم (Clay loam)	25.4	123	85	7.8	0.7
کوهدشت (Kuhdasht)	سیلتی رسی لوم (Silty clay loam)	32.6	200	93	7.1	0.4

مراحل آماده‌سازی هر دو مزرعه شامل شخم و دو دیسک عمود برهم به‌منظور خردکردن کلوخه‌ها صورت گرفت. عملیات کاشت به‌صورت دستی انجام شد. عمق کاشت سه تا پنج‌سانتی‌متر بود و سوپرجاذب آکوازورب به‌صورت نواری در زیر بذر پخش و روی آن با خاک پوشیده شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت چهارمتری با فاصله بین ردیف و روی ردیف ۵۰ و ۱۰سانتی‌متر بود که دو خط کناری به‌منظور رعایت اثر حاشیه و سه خط میانی برای نمونه‌برداری درنظرگرفته شدند. در این پژوهش از ماش رقم پرتو استفاده شد که دارای خصوصیاتی شامل رنگ سبز تیره و گرد بذر، مقاوم به بیماری‌ها، وزن۱۰۰۰دانه ۴۰گرم و طول فصل رشد ۷۳روز بود. در مرحله دو تا سه‌برگی عملیات تنک‌کردن به‌صورت دستی بر اساس تراکم موردنظر (۲۰بوته در مترمربع) صورت گرفت. به‌منظور مبارزه با علف‌های‌هرز نیز در طول فصل رشد وجین دستی علف‌های‌هرز در سه مرحله (هم‌زمان در مرحله تنک کردن، دوهفته بعد از تنک‌کردن و مرحله گلدهی) انجام گرفت. در پایان دوره رشد صفات مختلفی شامل حجم ریشه، وزن خشک ریشه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، سطح کل ریشه، طول کل ریشه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه در هر بوته از یک پروفایل استوانه‌ای شکل به شعاع پنج‌سانتی‌متر و عمق ۲۰سانتی‌متر استفاده گردید. سپس دو نمونه در بین ردیف‌ها و در روی ردیف‌های هر کرت انتخاب و صفات اندازه‌گیری‌شده به‌صورت زیر تعیین گردیدند. برای محاسبه طول ریشه اصلی، پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و سپس میانگین آن‌ها درنظرگرفته شد (از محل طوقه تا انتهای ریشه). طول و حجم ریشه‌ها بر اساس روش اتکینسون (Atkinson, 2000) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی‌متر از رابطه زیر استفاده شد (Alizadeh, 2009):

معادله ۱:

$$TRL= RDW\times0.89$$

در این معادله، TRL طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی متر، RDW وزن خشک ریشه‌ها و ضریب 0.89 بیانگر نسبت طول ریشه به وزن خشک ریشه (سانتی‌متر برگرم) است. نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ساعت در دمای ۸۰درجه‌سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از خشک‌شدن، با استفاده از ترازوی دیجیتال، توزین و وزن خشک ریشه‌ها برحسب‌گرم تعیین شد. پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها، حجم ریشه در بوته توسط استوانه مدرج تعیین شد. سطح کل ریشه‌ها نیز با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (Alizadeh, 2009):

معادله ۲:

$$TRA= 2\times (RV\times\pi\times TRL) \times0.5$$

در این معادله، TRA سطح کل ریشه‌ها برحسب سانتی مترمربع، RV حجم ریشه برحسب سانتی‌مترمکعب، π عدد ۳/۱۴ و TRL برابر با طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی متر است. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزارSAS 9.1.3 انجام شد. به‌منظور مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. لازم به ذکر است که قبل از تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسات میانگین از آزمون یکنواختی واریانس خطاها (بارتلت) استفاده گردید. نتایج این آزمون غیرمعنی‌دار بود و بنابراین تجزیه واریانس داده‌های آزمایش به‌صورت مرکب انجام گرفت و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزارOriginPro 9.1 استفاده گردید.

نتایج و بحث

حجم ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری و سوپرجاذب بر صفت حجم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین مناطق موردبررسی ازنظر مقدار حجم ریشه، خرم‌آباد با ۰/۴۸سانتی‌مترمکعب اختلاف نسبت به منطقه کوهدشت برتر بود و از این لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). در بین دورهای مختلف آبیاری بیشترین و کمترین مقدار حجم ریشه مربوط به دور پنج‌روز و ۱۵روز بود و اختلاف این دو تیمار در این زمینه برابر با ۰/۳۲سانتی‌مترمکعب بود (شکل ۲). لازم به ذکر است که از لحاظ صفت مذکور بین دورهای پنج و ۱۰روز از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج یک بررسی نشان داد که تنش آبی از طریق کاهش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی باعث کاهش تولید و انتقال اسیمیلات به ریشه‌ها می‌شود که خود باعث کاهش حجم و وزن خشک ریشه می‌شود (Ganjeali & Bagheri, 2011). در بین مقادیر مختلف سوپرجاذب نیز بیشترین و کمترین حجم ریشه مربوط به مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و عدم مصرف سوپرجاذب بود که با مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب مقدار حجم ریشه به میزان ۲۳درصد نسبت به عدم مصرف سوپرجاذب افزایش پیدا کرد (جدول ۳). کاربرد سوپرجاذب می‌تواند حجم ریشه گیاه را افزایش دهد. این ماده از طریق حفظ رطوبت و نیز ایجاد حالت انبساط باعث بهبود تهویه و نفوذپذیری آب و همچنین نگهداری بیشتر آب در خاک می‌شود (Islam *et al.*, 2011) که این موضوع موجب افزایش حجم ریشه گیاه می‌شود. از سوی دیگر کاربرد این ماده سبب بهبود نفوذپذیری خاک و نیز

بهبود شرایط فیزیکی و کاهش وزن ظاهری خاک می‌شود. به‌عنوان‌مثال در یک تحقیق، این پلیمرها وزن مخصوص ظاهری خاک شنی را از ۱/۶۱۶ به ۱/۵۸۵گرم بر سانتی‌مترمکعب و وزن مخصوص ظاهری خاک شنی رسی را از ۱/۳۳۱ به ۱/۲۰۳گرم برسانتی‌مترمکعب کاهش دادند (Azzam, 2006).

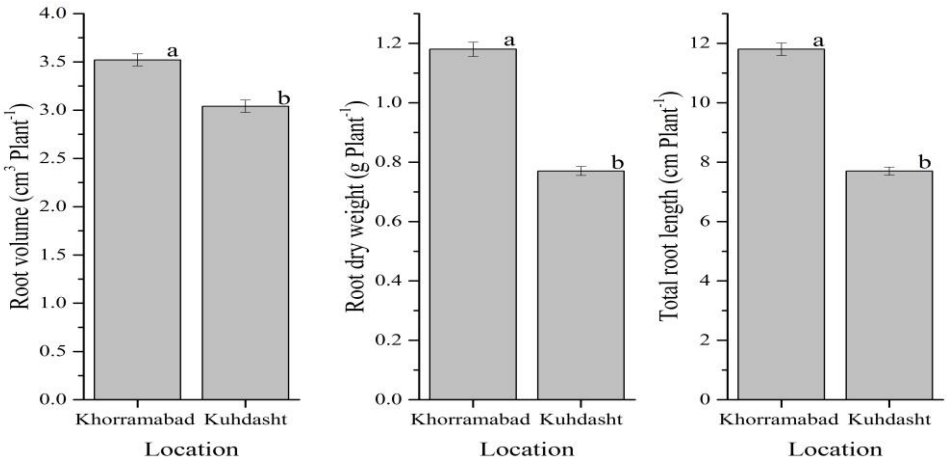
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات موردمطالعه حاصل از دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت)

Table 2. Analysis of variance for different traits of two locations (Khorramabad and Kuhdasht)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	حجم ریشه Root volume	وزن خشک ریشه Root dry matter	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه Shoot weight / root weight	سطح کل ریشه در بوته Total root area	طول کل ریشه‌ها Total root length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter	عملکرد دانه Grain yield	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
منطقه Location (L)	1	5.46**	4**	5223**	639**	3.16**	45.3**	325371*	0.026ns
آبیاری Irrigation (I)	2	0.250*	0.032*	190**	10.4**	0.025*	72**	526354**	2.17**
L × I	2	0.260ns	0.002ns	92.7**	4.43*	0.001ns	41.3**	315924**	0.006ns
اشتباه اصلی (Error s)	12	0.050	0.006	12.7	0.830	0.005	57.5	51848	0.011
سوپرجاذب Superabsorbent (S)	3	1.60**	0.312**	14.5ns	31.6**	0.081**	5.88	1369537**	0.387**
L × S	3	0.110ns	0.000ns	1.55ns	3.02ns	0.000ns	20ns	136350**	0.007ns
I × S	6	0.130ns	0.005ns	17.7ns	0.480ns	0.004ns	77.8**	44840*	0.023**
L × I × S	6	0.100ns	0.008ns	24.6ns	1.16ns	0.006ns	2.66ns	28968ns	0.004ns
اشتباه فرعی (Error e)	54	0.110	0.195	15.5	1.19	0.003	2.85	17065	0.007
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.2	6.5	10.23	11.85	6.5		8.26	12.8

ns،**و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک‌درصد و پنج‌درصد

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

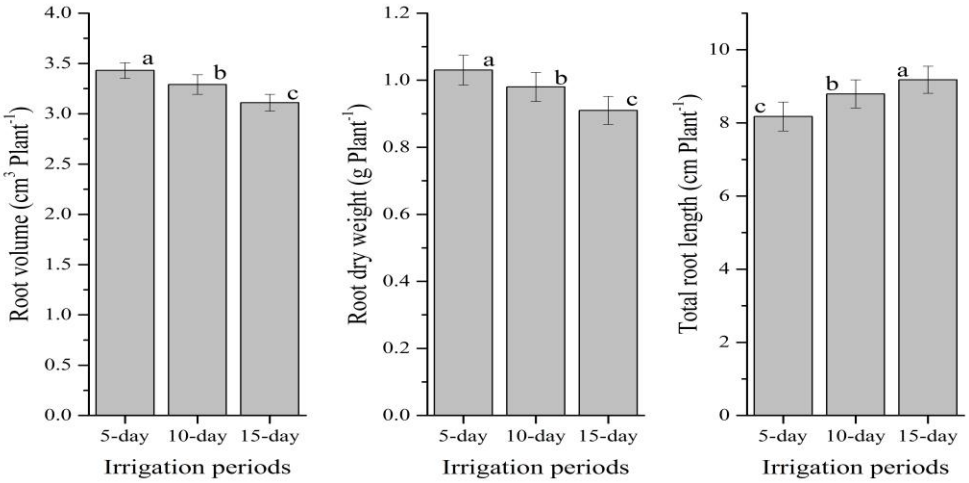


شکل ۱- حجم ریشه، وزن خشک ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش در دو منطقه خرم‌آباد و کوهدشت

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 1. Root volume, root dry matter and total root length in two locations (Khorramabd and Kuhdasht)

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.



شکل ۲- حجم ریشه، وزن خشک ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 2. Root volume, root dry matter and total root length under the effect of different periods of irrigation

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

جدول ۳- اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب بر حجم ریشه، وزن خشک ریشه، سطح کل ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش

Table 3. The effect of different levels of superabsorbent on root volume, root dry matter and total root length of mung bean

سوپرجاذب Superabsorbent	حجم ریشه Root volume ($cm^3.plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry matter ($g. Plant^{-1}$)	سطح کل ریشه‌ها Total root area ($cm^2.plant^{-1}$)	طول کل ریشه‌ها Total root length ($cm. plant^{-1}$)
Control	2.93^{d*}	0.840^{d}	7.07^{d}	7.5^{d}
100 Kg ha^{-1}	3.22^{b}	0.930^{c}	8.48^{c}	8.3^{c}
200 Kg ha^{-1}	3.62^{a}	1.10^{a}	11.5^{a}	9.8^{a}
300 Kg ha^{-1}	3.34^{b}	1.02^{b}	9.78^{b}	9.1^{b}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*In each column, means with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

وزن خشک ریشه

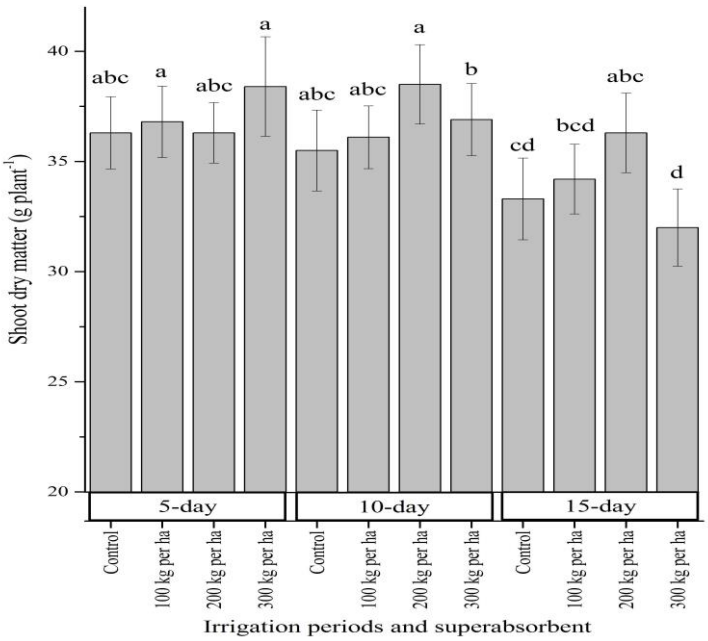
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی منطقه، آبیاری و سوپرجاذب بر صفت وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین صفت مذکور در هر دو منطقه مورد مطالعه نشان داد که شهرستان خرم‌آباد با اختلافی به‌اندازه ۰/۷۷گرم تک‌بوته ازنظر وزن خشک ریشه نسبت به شهرستان کوهدشت برتری داشت (شکل ۱). در بین دورهای آبیاری، بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ریشه مربوط به دور آبیاری پنج‌روز و ۱۵روز بود که با افزایش دور آبیاری از پنج‌روز به ۱۵روز ۱۲درصد وزن ریشه کاهش یافت (شکل ۲). تنش آبی قادر است وزن خشک ریشه و بازده گیاه را کاهش دهد (Keck *et al*., 1984). تنش آبی از طریق برهم زدن تعادل تغذیه‌ای باعث کاهش بازده گیاه و وزن خشک ریشه گیاه می‌شود (Lewis *et al*., 1986). نتایج مطالعات دیگر نیز نشان‌دهنده اثرات منفی کمبود آب خاک بر وزن خشک ریشه گیاه بوده است (Shaban *et al*., 2011).

نتایج نشان داد که در بین سطوح مختلف کاربرد سوپرجاذب، کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار نسبت به عدم مصرف سوپرجاذب مقدار وزن خشک ریشه را ۳۰درصد افزایش می‌دهد (جدول ۳). افزایش وزن خشک ریشه در سطوح مصرفی سوپرجاذب درواقع نشان‌دهنده تأثیر این پلیمر بر بهبود خصوصیات خاکی (Azzam, 2006) و افزایش نفوذپذیری بهتر ریشه و به‌موازات آن رشد بهتر ریشه می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی گندم (Johnson & Woodhouse, 1990) گزارش شد که کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش وزن خشک ریشه گردید که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. مطالعات دیگر روی سایر گیاهان ازجمله گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) نیز بیانگر اثرات مثبت این ماده روی وزن خشک

گیاه از طریق بهبود نفوذپذیری خاک است، به‌طوری‌که این ماده می‌تواند نسبت به عدم کاربرد آن ۴۲درصد وزن خشک ریشه گیاه رزماری را افزایش دهد (Ziaei *et al*., 2016). همان‌طورکه نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد با کاربرد سوپرجاذب مقدار وزن خشک ریشه افزایش می‌یابد و بعد از یک مقدار مشخصی از سوپرجاذب (۲۰۰کیلوگرم در هکتار) میزان وزن خشک ریشه کاهش می‌یابد که احتمالاً می‌تواند نشان‌دهنده اثرات بازدارندگی این ماده در زمینه رشد گیاه در مقادیر زیاد آن باشد (جدول ۳).

وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن اندام هوایی به ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات متقابل آبیاری و منطقه و سوپرجاذب و آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. همچنین در زمینه نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، اثرات اصلی منطقه، آبیاری و اثر متقابل منطقه و آبیاری بر این صفت در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در منطقه کوهدشت و دور آبیاری پنج‌روز بود و کمترین مقدار آن نیز در همین منطقه و در دور آبیاری زیادتر یعنی دور آبیاری ۱۵روز ثبت گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد به‌طور میانگین در سطح دو منطقه، با افزایش دور آبیاری پنج‌روز به دور آبیاری ۱۵روز، مقدار وزن خشک اندام هوایی ۹درصد کاهش یافت. در واقع افزایش دور آبیاری از طریق ایجاد محدودیت بر جذب مواد غذایی توسط گیاه و همچنین کاهش مقدار فتوسنتز باعث کاهش عملکرد اندام هوایی گیاه می‌شود. نتایج مطالعه Sadeghipour & Aghaei (2014) نیز مؤید نتایج تحقیق حاضر بود، به‌طوری که افزایش تنش آبی (آبیاری پس از۱۰۰میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) بر گیاه ماش باعث شد زیست‌توده این گیاه، ۳۲درصد نسبت به شرایط عدم کمبود آب خاک کاهش یابد. بااین‌حال این اثر تنش آبی می‌تواند با کاربرد سوپرجاذب کاهش یابد. بر اساس نتایج (شکل۳) به‌طور میانگین در تیمارهای دور آبیاری زیاد (۱۰ و ۱۵روز آبیاری) که دارای کمبود آب خاک هستند، کاربرد یک مقدار بهینه از سوپرجاذب (۲۰۰کیلوگرم در هکتار) وزن خشک اندام هوایی را تا ۸/۷درصد افزایش داد. این پلیمر با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و آب در خاک باعث کاهش کمبود آب خاک می‌شود (Pouresmaeil *et al*., 2012). نتایج به‌دست‌آمده، در راستای تحقیقات دیگر بود که نشان می‌دهد سوپرجاذب از طریق افزایش نگهداری آب در خاک باعث کاهش اثرات تنش آبی بر روی گیاه سویا می‌شود و عملکرد را تا ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار افزایش می‌دهد.



شکل ۳- وزن خشک اندام هوای گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 3. Shoot dry matter of mung been under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که بین هر دو منطقه موردبررسی در دورهای مختلف آبیاری از لحاظ نسبت وزن اندام هوایی موردبررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴)، به این صورت که بیشترین نسبت وزن اندام هوایی به ریشه در منطقه کوهدشت و دور آبیاری پنج‌روز مشاهده شد و کمترین مقدار آن مربوط به شهرستان خرم‌آباد و دور آبیاری پنج‌روز بود. البته لازم به ذکر است که در هر منطقه به‌صورت مجزا، بین دورهای آبیاری اختلاف معنی‌داری ازنظر نسبت وزن اندام هوایی به ریشه مشاهده نشد. بااین‌وجود اختلاف دو منطقه به‌طور میانگین در تمام سطوح آبیاری برابر با ۱۴/۷درصد بود (جدول ۴). اختلاف بین نسبت وزن اندام هوایی به ریشه در دو منطقه موردمطالعه و همچنین عدم‌اختلاف بین دورهای آبیاری در سطح هر منطقه می‌تواند بیانگر متفاوت‌بودن خصوصیات خاکی هرکدام از مناطق موردمطالعه باشد، چراکه توسعه ریشه‌های گیاه علاوه بر این‌که یک صفت ژنتیکی است، به وضعیت محیطی که در آن رشد می‌کند نیز وابسته است (Alizadeh, 2010). همان‌طورکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بافت خاک منطقه کوهدشت (سیلتی رسی لوم)، بافتی سنگین‌تر است که باعث می‌شود نفوذ ریشه و رشد آن نسبت به خرم‌آباد کاهش یابد.

جدول ۴- تأثیر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه و سطح کل ریشه‌ها و وزن خشک اندام هوایی در دو منطقه خرم‌آباد و کوهدشت

Table 4. The effect of different periods of irrigation on grain yield, the weight ratio of shoot to root, total root area and shoot dry matter in two locations (Khorramabd and Kuhdasht)

منطقه location	دورهای آبیاری Irrigation periods	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه The weight ratio of shoot to root	سطح کل ریشه‌ها Total root area (cm^2.plant)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter (g.plant)
Khorramabd	5-day	1658^{b}	31.9^{b}	13^{a}	37.4^{ab}
	10-day	1538^{bc}	30.8^{b}	11.9^{b}	36.5^{ab}
	15-day	1372^{b}	30.5^{b}	10.4^{c}	35.8^{ab}
Kuhdasht	5-day	1917^{a}	46.5^{a}	7.33^{d}	37.75^{a}
	10-day	1626^{b}	45.7^{a}	6.64^{de}	35.2^{b}
	15-day	1375^{d}	45.2^{a}	5.94^{e}	32.6^{c}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*In each column, means with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

سطح کل ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری، سوپرجاذب و اثر متقابل منطقه و آبیاری بر صفت سطح کل ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار سطح ریشه برابر با هفت‌سانتی‌مترمربع بود (جدول۴). همچنین بیشترین مقدار سطح کل ریشه مربوط به دور آبیاری پنج‌روز در خرم‌آباد و کمترین مقدار آن نیز مربوط به دور ۱۵روز در کوهدشت بود. نتایج این مطالعه همین‌طور نشان‌دهنده تأثیر نوع منطقه (بافت خاک) و کمبود آب خاک بر این صفت بود، به‌طوری‌که افزایش کمبود آب خاک می‌تواند از طریق تغییر در پراکندگی ریشه (Benjamin & Nielsen, 2006) سطح ریشه را کاهش دهد (Dargahi *et al.*, 2012). همچنین سطح ریشه در خاک‌هایی با بافت سنگین‌تر (مانند کوهدشت) با توجه به محدودیت گسترش آن، کاهش پیدا می‌کند و توسعه ریشه در خاک‌های سبک بیشتر است. در یک تحقیق روی سویا و نخود نشان داده شد که نخود بیشترین سطح ریشه را در شرایط آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری دارد و این موضوع به‌دلیل تغییر پراکندگی ریشه بین شرایط آبیاری و بدون آبیاری است (Benjamin & Nielsen, 2006).

بیشترین و کمترین مقدار سطح کل ریشه در سطوح مختلف کاربرد سوپرجاذب نیز در تیمار مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف مشاهده شد و در شرایط استفاده از سوپرجاذب مقدار سطح کل ریشه ۶۲درصد افزایش یافت (جدول ۳). بر این اساس، افزایش سوپرجاذب باعث بهبود سطح کل ریشه گردید و این افزایش سطح تا حدی از مصرف سوپرجاذب ادامه یافت، به‌طوری‌که بعد از آن، افزایش بیش‌ازحد باعث کاهش سطح ریشه گردید (جدول۳). به‌طورکلی گیاه معمولاً با تولید سیستم ریشه‌ای عمیق، به‌منظور افزایش جذب آب از خشکی اجتناب می‌کند، ولی هنگامی که آب در دسترس باشد (به‌ویژه در مراحل اولیه رشد)، گیاه با توسعه سیستم ریشه‌ای فرعی اقدام به جذب آب می‌نماید (Martınez *et al.*, 2003). در واقع کاربرد سوپرجاذب نیز از طریق بهبود نفوذپذیری و فراهمی و دردسترس‌قراردادن رطوبت برای گیاه

باعث افزایش توسعه ریشه‌های افشان می‌شود که به موازات آن سطح کل ریشه گیاه افزایش می‌یابد. با افزایش مصرف سوپرجاذب سطح ریشه گیاه تا حد مشخصی افزایش و بعدازآن کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سطح ریشه (۳۶/۸۵سانتی‌مترمربع) در سطح ۰/۲درصد وزنی سوپرجاذب به‌دست آمد و با افزایش به سمت ۰/۴درصد وزنی سوپرجاذب مقدار سطح ریشه ۲/۷۴سانتی‌مترمربع کاهش یافت. در واقع اگر سوپرجاذب به‌صورت غیراصولی و غیربهینه به مقدار زیاد به کار برده شود، از طریق ایجاد شرایط بی‌هوازی (Asgari & Behdani, 2016) باعث اختلال در تنفس و جذب مواد غذایی برای ریشه می‌شود (Arabi *et al.*, 2015).

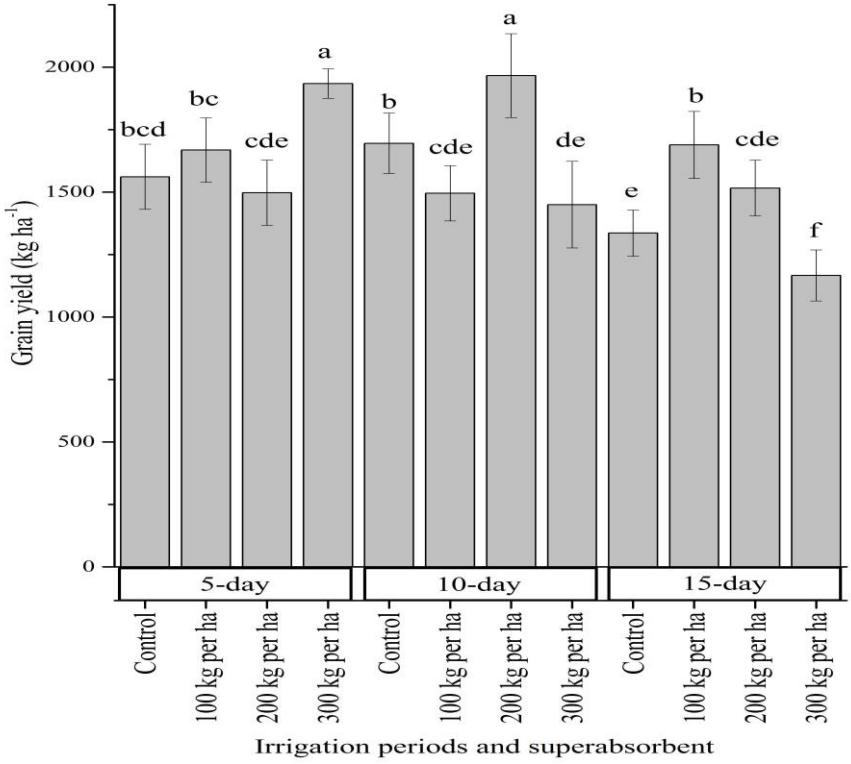
طول کل ریشه‌ها

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری و سوپرجاذب بر صفت طول کل ریشه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که به‌طورکلی صفت طول کل ریشه در منطقه خرم‌آباد در مقایسه با منطقه کوهدشت ۴/۱سانتی‌متر بیشتر بود (شکل ۱). در بین دورهای مختلف آبیاری، اختلاف بیشترین و کمترین دور از نظر طول کل ریشه، یک‌سانتی‌متر بود (شکل۲). همچنین نتایج نشان داد که با کاربرد ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب نسبت به عدم کاربرد سوپرجاذب، طول ریشه به مقدار ۳۰درصد افزایش یافت (جدول ۳). در شرایط محدودیت آب، ریشه برای جذب آب به سمت لایه‌های پایین‌تر رشد کرده تا بتواند با جذب آب، نیاز گیاه را برآورده نماید. در تحقیقی گزارش شد که ریشه‌های گیاهان در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) یا آبیاری مجدد بعد از تنش، لایه‌های کم‌عمق خاک را برای رشد ترجیح می دهند، اما در شرایط تنش آبی، ریشه‌ها بیشتر در لایه‌های عمیق‌تر خاک که مرطوب هستند، رشد می‌کنند تا بدین‌وسیله آب مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند (Asseng *et al.*, 1998). مطالعات نیز مؤید این موضوع هستند که افزایش تنش آبی باعث افزایش طول ریشه گیاه می‌شود. به‌عنوان‌مثال تنش خشکی (۵۰درصد نیاز آبی) نسبت به شرایط بدون تنش مقدار ریشه کنجد (*Sesamum indicum*) را ۱۸/۶۵سانتی‌متر افزایش داد (Dargahi *et al.*, 2012). در زمینه عدم تأثیر سوپرجاذب در سطوح مختلف دور آبیاری بر صفات ریشه در مقایسه با صفات هوایی شاید بتوان به این مطلب اشاره کرد که اگرچه کل رشد گیاه در خلال کمبود آب کاهش می‌یابد، اما ریشه در مقایسه با رشد اندام هوایی در این شرایط از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار است. توسعه ریشه‌های گیاه علاوه بر این‌که یک صفت ژنتیکی است، به وضعیت محیطی که در آن رشد می‌کند نیز وابسته است (Alizadeh, 2010). در واقع با توجه به محیط بهتر ریشه‌ها تأثیر سوپرجاذب بر صفات ریشه‌ای کمتر می‌شود. از طرف دیگر در شرایط کمبود آب، فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها نسبت به شاخه‌ها تخصیص داده می‌شود و درصورتی‌که این کمبود آب زیاد شود، با بسته شدن‌روزنه‌ها باعث کاهش رشد پیکر رویشی و افزایش رشد ریشه‌ها می‌شود (Ziaei *et al.*, 2016). این موضوع خود بر کمترشدن تأثیر سوپرجاذب بر روی صفات ریشه‌ای تأثیر زیادی دارد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری، سوپرجاذب و همچنین اثرات متقابل آبیاری و منطقه، منطقه و سوپرجاذب، آبیاری و سوپرجاذب معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین اختلاف ایجادشده به‌واسطه دور آبیاری و منطقه در زمینه عملکرد برابر با ۵۹۰کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای دور آبیاری پنج‌روز در منطقه کوهدشت و دور آبیاری ۱۵روز در منطقه خرم‌آباد بود (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین آبیاری در سطوح مختلف سوپرجاذب نشان داد که برهمکنش این دو فاکتور قادر به ایجاد اختلاف زیادی در عملکرد دانه به مقدار ۸۰۰کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۰روز و مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۵روز و مصرف ۳۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بود (شکل ۴). اثرات مثبت کاربرد سوپرجاذب بر کاهش اثرات منفی تنش آبیاری در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Fazeli Rostampour *et al.*, 2011; Pouresmaeil *et al.*, 2012). سوپرجاذب در همه دورهای آبیاری باعث افزایش عملکرد شد (شکل۴). همچنین در دورهای آبیاری زیاد تأثیر افزایش عملکرد این ماده نسبت به عدم مصرف آن بیشتر مشخص بود. به‌طورکلی در دور آبیاری کم (دور پنج‌روز) با افزایش کاربرد آن تا سطح بسیار زیاد باعث افزایش عملکرد می‌شود و در دورهای آبیاری زیاد به‌ویژه دور آبیاری ۱۵روز عملکرد دانه را نه‌تنها افزایش نمی دهد، بلکه نسبت به همین دور آبیاری و عدم کاربرد سوپرجاذب، عملکرد دانه را به‌شدت کاهش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که مقادیر زیاد سوپرجاذب و مقدار غیربهینه آن در دورهای آبیاری کم، فاقد محدودیت برای رشد گیاه هستند، ولی همین مقادیر در تیمارهای زیاد، حساسیت بیشتری برای گیاه ایجاد می‌کنند. علت این کاهش احتمالاً به

خاطر حالت بازدارندگی این پلیمرها در مقدارهای کاربرد زیاد آن‌ها است. این حالت بازدارندگی می‌تواند درنتیجه حجیم‌شدن پلیمر و اشغال فضای زیاد در خلل و فرج خاک باشد که منجر به محدودشدن تنفس، جذب مواد غذایی و سایر اعمال حیاتی ریشه می‌گردد. در یک تحقیق (Arabi *et al.*, 2015) بر روی کاربرد اثر سطوح مختلف آبیاری و هیدروژل سوپرجاذب بر کارکرد گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) مشخص شد که با افزودن ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، تمامی صفات مورد ارزیابی در این مطالعه افزایش معنی‌داری نشان دادند، اما با افزایش مقدار سوپرجاذب از ۱۰۰ به ۲۰۰کیلوگرم در هکتار، به علت بازدارندگی این پلیمر از طریق اختلال در تنفس و جذب مواد غذایی برای ریشه، کاهش معنی‌داری در تمامی صفات موردمطالعه مشاهده گردید.



شکل ۴- عملکرد دانه گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

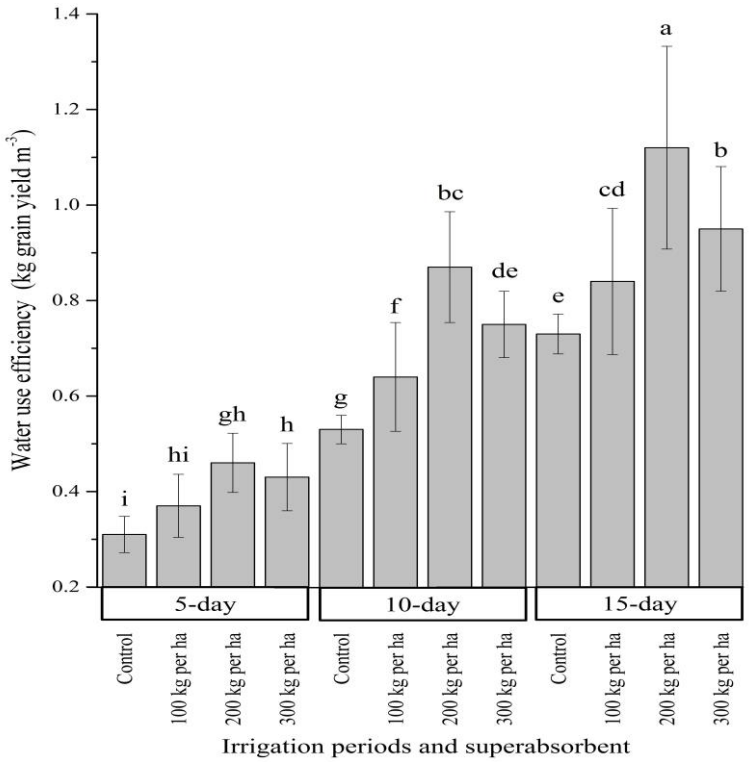
Fig. 4. Grain yield of mung been under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

کارآیی مصرف آب

در بین اثرات مختلف تیمارهای آزمایش بر روی صفت کارآیی مصرف آب فقط اثرات ساده دور آبیاری و سوپرجاذب (در سطح یک‌درصد) و اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب در سطح پنج‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طور متوسط در سراسر دو منطقه موردبررسی، در بین تیمارهای مختلف آبیاری در زمینه کارآیی مصرف آب (اختلاف به میزان ۰/۸۱کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی)، بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب و دور آبیاری ۱۵روز و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب (تیمار شاهد) و دور آبیاری ۵روز مشاهده شد (شکل ۵). برهمکنش بین مقدار عملکرد و مقدار مصرف آب تعیین‌کننده کارآیی مصرف آب است. در واقع تیمار کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب و دور ۱۵روز آبیاری نسبت به سایر تیمارها دارای مقدار عملکرد بیشتری به نسبت آب مصرفی بود. همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، بیشترین عملکرد دانه در سطح ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب به‌دست آمد (شکل ۵) و کاربرد بیشتر سوپرجاذب نه‌تنها باعث افزایش عملکرد دانه نشد، بلکه آن را کاهش داد. همچنین در تیمار ۱۵روز دور آبیاری (۱۵۰۰مترمکعب آب در هکتار) آب کمتری در مقایسه با دور

پنج‌روز آبیاری (۴۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار) مصرف شد که این موضوع، در مجموع موجب برتری برهمکنش ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب×دور آبیاری ۱۵روز نسبت به سایر برهمکنش‌ها از کارآیی مصرف آب شد. این نتایج با نتایج سایر مطالعات نیز مطابقت دارد (Haghighat Talab & Behbahani, 2006; Wu *et al*., 2008) در این تحقیقات نشان داده شده است که سوپرجاذب از طریق نگهداری بیشتر آب در خاک باعث افزایش کارآیی مصرف آب می‌شود.



شکل ۵- کارآیی مصرف آب گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 5. Water use efficiency of mung been under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد دور آبیاری زیاد در اکثر موارد باعث کاهش صفات مختلف شامل حجم ریشه، وزن خشک ریشه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، سطح کل ریشه و عملکرد دانه گیاه ماش شد. این در حالی بود که در بین صفات موردبررسی در شرایط کمبود آب خاک (دور آبیاری زیاد) فقط طول کل ریشه افزایش یافت. با وجود این، تأثیرات منفی دورهای زیاد آبیاری به‌ویژه بر روی عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب را می‌توان با استفاده از سوپرجاذب کاهش داد. نتایج همچنین نشان داد که با این‌که کاربرد سوپرجاذب باعث بهبود صفات مورفولوژیک ریشه گردید، اما استفاده بیش از اندازه آن موجب کاهش صفات ریشه‌ای و نیز کاهش عملکرد دانه گیاه ماش می‌گردد. همچنین در این تحقیق نشان داده شد که برای بهبود صفات ریشه‌ای و عملکرد دانه گیاه ماش کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب آکوازورب در هکتار مقدار بهینه است و بیشتر از آن نه‌تنها هزینه‌های اضافی را به‌همراه دارد، بلکه سبب کاهش عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب نیز می‌گردد. درمجموع، با به‌کارگیری روش‌های پیشرفته مانند استفاده از سوپرجاذب‌ها، از طریق حفظ و ذخیره رطوبت در خاک و بهبود نفوذپذیری آب در خاک می‌توان گامی مؤثر در جهت بهره برداری از منابع محدود آب و افزایش کارآیی مصرف آب و عملکرد دانه برداشت.

منابع

1. Alizadeh, A. (2010) Soil and Plant Water Relations. Publications Ferdowsi University of Mashhad. 516 pp. (In Persian).
2. Alizadeh, A. 2009. Water, Soil and Plant Relation. Astane Godse Razavi Publishers. (In Persian).
3. Arabi, Z., Kaboosi, K., Rezvantalab, N., and Torke Lalebagh, J. 2016. Effects of irrigation and super-absorbent hydrogels on morphological characteristics, yield and essential oil of anise (*Pimpinella anisu*m L.). Journal of Crop Production 8(4): 51-66. (In Persian with English Summary).
4. Asgari, R., and Behdani, M.A. 2016. The role of superabsorbent polymers in sustainable agriculture. Zeitun 238: 20-23. (In Persian).
5. Asseng, S., Ritchie, J.T., Smucker, A.J.M., and Robertson, M.J. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant and Soil 201: 265-273.
6. Atkinson, D. 2000. Root Characteristics: Why and What to Measure. In: Root Methods. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 1-32.
7. Azzam, R.A.I. 1980. Tailoring polymeric gels for soil reclamation and hydroponics. Communications in Soil Science and Plant Analysis 16(10): 1123-1138.
8. Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97: 248-253.
9. Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M., and Rasoulzadeh, A. 2012. Effect of water deficit stress on root morphological characters in sesame cultivars. Journal of Crop Production 5(4): 151-172. (In Persian with English Summary).
10. Du, Y.C., Nose, A., Wasano, K., and Uchida, Y. 1998. Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C4 pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. Functional Plant Biology 25(2): 253-260.
11. Fazeli Rostampour, M., Seghatoleslami, M., and Mousavi, G.H. 2011. The effect of water deficit and polymer (superabsorbent A200) on yield and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) in Birjand. Environmental Stress in Crop Sciences 4(1): 11-19. (In Persian).
12. 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(2): 101-110. (In Persian with English Summary).
13. Haghighat Talab, A., and Behbahani, M.R. 2006. Model of water consumption optimization in hydroponic greenhouses by using super absorbent polymer PR3005A. In: Proceedings of the 1st Irrigation and Drainage Network Management National Conference, Ahwaz. (In Persian).
14. Haghighi, M., Mozafarian, M., and Afifipour, Z. 2014. The effect of superabsorbent polymer and different withholding irrigation level on some qualitative and quantitative traits of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Journal of Horticultural Science 28(1): 125-133. (In Persian with English Summary).
15. Islam, M.R., Hu, Y., Mao, S., Mao, J., Eneji, A.E., and Xue, X., 2011. Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. Journal of the Science of Food and Agriculture 91(11): 1998-2005.
16. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., and Amiri, M.B. 2013. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). Journal of Agroecology 3(2): 71-90. (In Persian with English Summary).
17. Johnson, M.S., and Woodhouse, J. 1990. Effect of super absorbent polymers on efficiency of water use by cropseeding. ournal of the Science of Food and Agriculture 52: 431-434.
18. Keck, T.J., Wagent, P., Campbell, W.F., and Knighton, R.E. 1984. Effect of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa. Soil Science 48: 1310-1315.
19. Keikha, M., Noori, M., and Keshtegar, A. 2016. Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Pulses Research 7(2): 138-151. (In Persian with English Summary).
20. Lewis, D.C., and Mcfarlane, J.D. 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. Australian Journal of Agricultual Research 37: 567-572.
21. Martınez, J.P., Ledent, J.F., Bajji, M., Kinet, J.M., and Lutts, S. 2003. Effect of water stress on growth, Na and K accumulation and water use efficiency in relation to osmotic adjustment in two populations of *Atriplex halimus* L. Plant Growth Regulation 41: 63-73.

22. Monnig, S. 2005. Watter saturated super-absorbent polymers used in high strength concrete. Otto- Graf-Journal 16: 193-202.
23. Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O., and Osuagwu, A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology 2010: 2: 27-33.
24. Pouresmaeil, P., Habibi, D., Mashadi Akbar Boojar, M., Tarighaleslami, M., and Khishouei, S. 2012. Effects of superabsorbent application on agronomic characters of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(24): 1874-1877.
25. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2014. Investigation the effect of drought stress and magnetized water on yield and yield components of mung bean. Journal of Crop Production Research 6(1): 79-86. (In Persian with English Summary).
26. Shaban, M., Mansourifar, S., Ghobadi, M., and Ashrafi Parchin, R. 2011. Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristicsand seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Seed and Plant Production 4: 451- 470. (In Persian with English Summary).
27. Tongo, A., Mahdavi, A., and Sayad, E. 2014. Effect of superabsorbent polymer aquasorb on chlorophyll, antioxidant enzymes and some growth characteristics of *Acaciavictoriae* seedlings under drought stress. Ecopersia 2(2): 571-583.
28. Wu, L., Liu, M., and Liang, R. 2008. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. Bioresource Technology 99: 547-554.
29. Yazdani, F., Allahdadi, I., Akbari, G.A., and Behbahani, M.R. 2007. Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on soybean yield and yield components (*Glycine max* L.). Pajouhesh & Sazandegi 75: 167-174. (In Persian with English Summary).
30. Ziaei, A., Moghaddam, M., and Kashefi, B. 2016. The effect of superabsorbent polymers on morphological traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) under drought stress. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology 7(2): 99-111. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 149-162 (Research Article)

Study the effects of superabsorbent on root characteristics and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.)

Soheilnejad[1], A., Mahdavi Damghani[2*], A., Liaghati[2], H. & Pezeshkpour[3], P.

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran; soheilnejad@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran; (mmd323@yahoo.com; h_liaghati@sbu.ac.ir, respectively)
3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khorramabad, Iran; papezeshkpour@yahoo.com

Received: 25 December 2017
Accepted: 12 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.68714

Introduction

Water is an important economic resource in many parts of the world, especially in arid and semi-arid reigns. Also, drought stress is a major constraint for crop production in arid and semiarid regions, such as Iran. Drought stress affects different aspect of plant growth, through a series of morphological and physiological changes. Application of some soil conditioners, like superabsorbent polymers, could be effective for absorbing seasonal rain and suitable source of water for plant growth during dry seasons. These polymers can reserve different amounts of water in itself and so increases the soil ability of water storing and preserving and approve plant growth under water deficiency. Also, they can improve plant growth indices and increase its growth by changing the soil structure and improving the environmental conditions of plant growth. This experiment was conducted in order to study the effects of superabsorbent and irrigation period on root characteristics and yield of mung bean.

Materials & Methods

The field experiment was conducted at two locations during summer in 2015. First location was Khorramabad which located at 33.46° N, 48.33° E and has moderate and semi-humid climate with average annual rainfall of 504.3 mm. The second location was Kuhdasht that located at 33.52° N, 47.61° E and has semi-dry climate with average annual rainfall of 390.4 mm. The field experiment was carried out as a split-plot base on randomized complete block design with four replications. The treatments included irrigation period at three levels (5, 10, and 15 day) as main plots and four levels of superabsorbent polymer Aquasorb (control, 100, 200 and 300 Kg ha^{-1}) as subplot. Finally, at the end of growth period, 5 plants was used to measure mung bean traits included root volume, root dry matter, the weight ratio of shoot to root stem dry weight, total root area, total root length and grain yield. The volume and length of root was measured using the method of Atkinson (Atkinson, 2000). ANOVA and Duncan's Multiple Range Test were performed to determine and analyze the significant difference and means comparison respectively at $P<0.05$. SAS-9.1 software was used to do statistical analysis. Also, OriginPro 9.1 software was applied to draw figures.

Results & Discussion

The results of variance analysis showed that location and irrigation had a significant effect on all the evaluated properties. Also, superabsorbent had a significant effect on all the evaluated properties (except the weight ratio of shoot to root). In addition, interaction effects of superabsorbent and irrigation and superabsorbent and location were just significant on grain yield ($p<0.05$). Interaction effects of superabsorbent and irrigation was also significant on water use efficiency (WUE) ($p<0.05$). Interaction effects of location and irrigation were significant on attributes such as the weight ratio of shoot to root, grain yield ($p<0.01$) and total root area ($p<0.05$). Results indicated that drought stress reduced root volume and root dry weight and increased total root length traits and root dry weight, increasing the total length of the

***Corresponding Author:** mmd323@yahoo.com

roots so that the lowest root volume (3.11 cm^3 $Plant^{-1}$) and root dry weight (0.93 g. $Plant^{-1}$) and the highest total root length (9.1 cm $Plant^{-1}$) was recorded at 5-day irrigation period. However, all these traits and grain yield were increased by applying the super superabsorbent polymer. The highest root volume (3.62 cm^3 $Plant^{-1}$), root dry weight (1.1 g $Plant^{-1}$) and total root length (9.8 cm $Plant^{-1}$) were obtained at 200 kg superabsorbent per ha. The highest WUE (1.12 Kg grain yield m^{-3}) was obtained at 200 Kg superabsorbent per ha and 15-day irrigation period and the lowest (0.31 Kg grain yield m^{-3}) was recorded at control and 5-day irrigation. Also, across irrigation periods and locations, the difference between the highest (200 Kg superabsorbent per ha and 10-day irrigation period) and lowest (300 Kg superabsorbent per ha and 15-day irrigation period) grain yield was 800 Kg per ha. Actually by increasing superabsorbent per ha, grain yield was increased but it improved until a certain level of superabsorbent and after that grain yield was reduced. Result showed that although the interaction of irrigation period and superabsorbent was not significant on root morphological characteristics, effects of superabsorbent was significant on root morphological characteristics and these traits of mung bean were improved by applying superabsorbent.

Conclusion

Generally, results revealed that the Aqasorb superabsorbent hydrogel can improve the morphological characteristics of mung bean root and can reduce the negative impact of the high periods of irrigation on grain yield and WUE of mung bean. Thus, applying superabsorbent that has the ability of absorbing considerable amount of water, caused improving in physical conditions of soil and affected the plants response to water stress indirectly and can help plants in water shortage conditions. Also, the amount of optimal application of Aqasorb superabsorbent is 200 Kg ha^{-1} and using more than 200 Kg superabsorbent per ha (especially in the high periods of irrigation) will reduce grain yield, WUE and the morphological characteristics of mung bean root and will increase the cost of production.

Keywords: Grain yield, Locations, Root volume, Total root length

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۷۷-۱۶۳
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 163-177 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69340

تأثیر محلول‌پاشی اسپرمین و اسپرمیدین بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش شوری

علی آشوری[1*]، منوچهر قلی‌پور[2] و مصطفی حیدری[2]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(به‌ترتیب، manouchehr.gholipoor@gmail.com و haydari2005@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۴

چکیده

پلی‌آمین‌ها، پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی کمی هستند که در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه ازجمله مقاومت در برابر تنش‌ها مؤثر می‌باشند. به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزارع خارتوران شاهرود با شوری ۵/۷دسی‌زیمنس بر متر در سال۱۳۹۵ اجرا گردید. محلول‌پاشی اسپرمین در سه سطح (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) و اسپرمیدین در سه سطح (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) در سه مرحله چهاربرگی، گلدهی و پرشدن غلاف‌ها انجام شد. صفات مختلفی از جمله محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی‌فنل اکسیداز و گایاکول پراکسیداز، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در هر بوته، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اسپرمین با غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار منجر به افزایش شاخص پایداری غشاء (۱۵درصد) و ارتفاع بوته (۲۳درصد) در گیاهان تحت تنش شوری نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی شد. همچنین کاربرد غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین موجب افزایش شاخص پایداری غشاء (۱۷درصد)، ارتفاع بوته (۳۱درصد)، تعداد شاخه (۵۲درصد)، تعداد غلاف در هر بوته (۲۷درصد)، وزن۱۰۰دانه (۱۶درصد) و عملکرد دانه (۱۵درصد) در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی گردید؛ درحالی‌که تیمارهای ترکیبی اسپرمین و اسپرمیدین تنها بر شاخص‌های محتوای نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز تأثیرگذار بود. براساس نتایج، محلول‌پاشی تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر وزن غلاف، وزن دانه و تعداد دانه در غلاف نداشتند. در مجموع محلول‌پاشی اسپرمیدین در کاهش اثر سوء تنش شوری مؤثرتر از اسپرمین بود. همچنین کاربرد غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار هر دو پلی‌آمین مؤثرتر از غلظت ۰/۲۵میلی‌مولار بود.

واژه‌های کلیدی: پایداری غشاء، پلی‌آمین، پلی‌فنول اکسیداز، عملکرد دانه، کاتالاز

مقدمه

حبوبات یکی از اصلی‌ترین منابع پروتئینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و دارای اهمیت زیادی در اقتصاد کشاورزی این مناطق می‌باشند (Tuba Bicer *et al*., 2004). افزایش جمعیت جهان، دستیابی همه افراد به تغذیه کافی و مطلوب را دچار مشکل ساخته است، به‌طوری‌که بر اساس گزارش‌های موجود، بیش از ۲۰درصد مردم از سوءتغذیه رنج می‌برند. از این‌رو مشکل کمبود مواد پروتئینی در اغلب کشورها نقش تولید و مصرف حبوبات را به‌دلیل داشتن میزان بالای پروتئین، بیش از پیش پررنگ‌تر کرده است (Majnoon Hosseni, 2008). نخود زراعی با نام علمی *Cicer arietinum* L. گیاهی یک‌ساله، خودگرده‌افشان و دیپلوئید می‌باشد که پس از لوبیا به‌عنوان دومین لگوم به‌طور وسیع در سرتاسر جهان مورد کشت‌وکار قرار می‌گیرد (Malhotra & Sexana, 2002; Varshney *et al*., 2013). ایران از نظر سطح زیرکشت پس از هندوستان و پاکستان، بیشترین سطح زیرکشت نخود را دارا می‌باشد، درحالی‌که از نظر میزان عملکرد در هکتار در جایگاه ۵۱اُم قرار دارد (FAO, 2014). با وجود سازگاری بالای نخود به شرایط اقلیمی مختلف، کاشت نخود در اقلیم‌های نیمه‌خشک و خاک‌هایی با کیفیت کشاورزی کم، موجب کاهش عملکرد این گیاه به کمتر از یک تن در هکتار گردیده است که به‌طور قابل‌توجهی کمتر از پتانسیل تولیدی آن می‌باشد (Varshney *et al*., 2013).

* نویسنده مسئول: aliashori1476@gmail.com

شوری یکی از تنش‌های مهم غیرزیستی بوده که تولید محصولات کشاورزی را در بیشتر مناطق به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک با محدودیت روبرو کرده است (Chinnusamy *et al.*, 2005). از جمله اثرات تنش شوری می‌توان به تنش اسمزی، سمیت یونی، تنش اکسیداتیو، به‌هم‌ریختگی غشاء و همچنین کاهش تقسیم و رشد سلول اشاره کرد که نهایتاً موجب ایجاد خسارت و کاهش رشد و نمو گیاهان می‌شود (Zhu, 2007). تنش شوری سبب کاهش عملکرد و کیفیت محصول نخود حتی در ارقام متحمل به شوری می‌شود (Asha Dhingra, 2007). همچنین تنش شوری موجب کاهش و تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش رشد رویشی گیاه، تأخیر در گلدهی و کاهش تعداد گل‌ها و غلاف‌های حاوی بذر می‌شود (Welfare *et al.*, 2002). تنش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، سطح سبز برگ، درصد ماده خشک و شاخص پایداری غشاء در ۱۱ژنوتیپ نخود در شرایط هیدروپونیک شده است (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2011). هرچند بیان شده که واریته‌های نخود توانایی تحمل هدایت الکتریکی بالاتر از شش‌دسی‌زیمنس بر متر را ندارند (Dua, 1992)، اما در بررسی تحمل به شوری برخی ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی در مرحله رشد رویشی مشخص شد که تا سطح شوری ۶/۵دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌کند (Pouresmael *et al.*, 2014).

پلی‌آمین‌ها، پلی‌کاتیون‌های آلی با وزن مولکولی کمی هستند که در اسیدیته فیزیولوژیکی، قادر به واکنش با پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپدهای غشاء و اجزای دیواره سلولی می‌باشند و از این طریق این مولکول‌ها را فعال کرده یا استحکام می‌بخشند (Gupta & Huang, 2014). تنش‌ها از طریق تأثیرگذاری بر آنزیم‌های مسیر بیوسنتز پلی‌آمین‌ها به نوعی غلظت پلی‌آمین‌ها را در سلول‌های گیاهی کنترل می‌کنند (Bouchereau *et al.*, 1999). ترکیبات پلی‌آمینی علاوه بر توانایی حذف مستقیم رادیکال‌های آزاد و ثبات‌بخشیدن به غشاء، بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز تأثیرگذار هستند (Niakan *et al.*, 2011). پلی‌آمین‌ها همچنین از غشاهای تیلاکوئیدها در برابر تأثیرات مخرب تنش شوری ازجمله کاهش پراکسیداسیون لیپیدی غشاء حفاظت می‌کنند (Shu *et al.*, 2013). در سال‌های اخیر توجه فراوانی به استفاده خارجی پلی‌آمین‌ها جهت افزایش تحمل به تنش شوری شده است. تأثیر مثبت ترکیبات پلی‌آمینی در کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان مختلف از جمله نخود (Sheokand *et al.*, 2008)، لوبیا مانگ[1] (Nahar *et al.*, 2016)، گندم[2] (Niakan *et al.*, 2011)، سورگوم[3] (Chai *et al.*, 2010) و برنج[4] (Saleethong *et al.*, 2011) گزارش شده است. تأثیر کاربرد پوتریسین و نیتریک اکسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان نخود تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفته و بیان شده که پوتریسین سبب افزایش محتوای نسبی آب، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین بهبود اثرات منفی شوری بر پراکسیداسیون لیپیدها و نشت الکترولیت شده است (Sheokand *et al.*, 2008). همچنین کاربرد خارجی اسپرمین تحت شرایط تنش شوری از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز موجب کاهش سطوح مالون دی‌آلدهید و آنیون سوپراکسید در کلروپلاست‌های تنش دیده گردید (Shu *et al.*, 2013). با توجه به سطح قابل‌توجه کشت نخود در ایران (۴۶۲/۷هزارهکتار)، شورشدن تدریجی خاک‌ها، حساسیت این گیاه به تنش شوری و کاهش میزان عملکرد این محصول در اثر تنش شوری، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت تنش شوری انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اثر سطوح مختلف اسپرمیدین (صفر: پاشش آب شرب، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) و اسپرمین (صفر: پاشش آب شرب، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) بر میزان عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم کرج تحت تنش شوری (آب آبیاری و خاک) در سال۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در مزارع خارتوران واقع در مرکز جهاد کشاورزی خارتوران شهرستان شاهرود با عرض جغرافیایی ۳۵درجه و ۳۵دقیقه و ۴۷ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶درجه و ۴۶دقیقه و ۲۸ثانیه شرقی و ارتفاع ۱۱۷۱متر از سطح دریا انجام پذیرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل یک کرت) انجام پذیرفت. قبل از آماده‌سازی زمین، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری و آب مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول‌های ۱ و ۲).

[1] Mung bean *(Vigna radiata L.)*

[2] *Triticum aestivum* L.

[3] *Sorghum bicolor* L.

[4] *Oryza sativa*

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Physicochemical soil properties of experimental field

عمق (سانتی‌متر) Deep (cm)	رس Clay%	شن Sand%	سیلیت Silt %	کربن آلی C.O %	نیتروژن N %	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec (ds/m)
0-30	14	28	58	1.80	0.18	28	204	7.5	5.70

به‌منظور تقویت وضعیت تغذیه‌ای خاک مزرعه، از کودهای شیمیایی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به‌عنوان منبع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم استفاده گردید. همزمان با کاشت بذور، کودهای فسفره و پتاسه به‌صورت نواری به خاک اضافه گردید. نیمی از کود اوره در هنگام کاشت و نیم دیگر در مرحلۀ گلدهی نخود اعمال گردید.

جدول ۲- خصوصیات آب آبیاری

Table 2. Water properties of irrigation

سدیم (میلی اکی والان در لیتر) Na (meq/L)	کلسیم+منیزیم (میلی اکی والان در لیتر) Ca+Mg (meq/L)	کلر (میلی اکی والان در لیتر) Cl (meq/L)	بی‌کربنات (میلی اکی والان در لیتر) HO_3^- (meq/L)	سولفات (میلی اکی والان در لیتر) SO_4^{-2} (meq/L)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Ec (ds/m)
35.5	8.72	22.32	2.25	19.4	7.6	4.20

در هر کرت، بذور نخود در شش ردیف بر روی پشته‌هایی به فاصله ۳۰سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۲سانتی‌متر (تراکم ۲۵بوته در مترمربع) در عمق پنج تا شِش سانتی‌متری کشت شدند. محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین با استفاده از سمپاش پشتی در مراحل چهار برگی، گلدهی و پُرشدن غلاف‌ها انجام پذیرفت. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از برگ‌های انتهایی و جوان گیاه نمونه‌برداری شد و با استفاده از روش Ritchie *et al*, (1990) این شاخص اندازه‌گیری شد. شاخص پایداری غشاء، پس از اندازه‌گیری نشت اولیه و ثانویه با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Sairam *et al.*, 2002):

۱۰۰× (نشت ثانویه /نشت اولیه-۱)=شاخص پایداری غشاء

جهت سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز، استخراج عصاره با استفاده از روش Kar & Mishra (1976) انجام پذیرفت. بدین‌منظور، ابتدا مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت ترِ گیاهی با دومیلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱مولار (با pH =۶/۸) در هاون چینی سرد هموژن گردید. سپس عمل سانتریفیوژ به‌مدت ۱۵دقیقه و با سرعت ۱۰۰۰۰دور در دقیقه (در دمای چهار درجه سانتی‌گراد) انجام پذیرفت. در نهایت از فاز شفاف رویی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از روش Chance & Maehly (1955) همراه با تغییراتی استفاده شد. بدین‌منظور محلول واکنش جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز در حجم سه‌میلی‌لیتر شامل ۲/۸میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰میلی‌مولار با pH = ۶/۸، ۱۰۰میکرولیتر آب اکسیژنه ۰/۴۵مولار و عصاره آنزیمی به میزان۵۰میکرولیتر بود. فعالیت آنزیمی با اضافه‌کردن آب‌اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. کاهش میزان جذب نور در طول موج ۲۴۰نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV2160) در یک دقیقه اول بعد از افزودن آب‌اکسیژنه قرائت گردید. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز براساس ضریب خاموشی (ε) برابر با ۴۰میلی‌مولار بر سانتی‌متر در دقیقه به ازای یک‌میلی‌گرم پروتئین بیان گردید. سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز براساس روش Kar & Mishra (1976) همراه با تغییراتی انجام شد. همچنین به‌منظور سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز از روش Chance & Maehly (1955) همراه با تغییراتی استفاده گردید. اندازه‌گیری ارتفاع بوته و تعداد شاخه در هر بوته، در زمان رسیدگی، در۱۰بوته از هر تکرار به‌صورت تصادفی انجام پذیرفت. جهت تعیین میانگین تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در هر غلاف، در زمان رسیدگی از هر تکرار به‌ترتیب۱۰ و ۲۰بوته به‌صورت تصادفی (با درنظرگرفتن اثر حاشیه) برداشت گردید و این شاخص‌ها اندازه‌گیری شد (Vaziri Kateshori *et al.*, 2013). همچنین عملکرد دانه از طریق توزین دانه‌ها تعیین گردید (Zafaranieh, 2015). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارSAS نسخه۹/۳ و

مقایسه میانگین‌ها داده‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

براساس نتایج، اثر اسپرمیدین و اسپرمین و اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین بر محتوای نسبی آب برگ تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). به‌طور کلی محلول‌پاشی تیمارهای مختلف سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ نخود تحت شرایط تنش شوری گردید. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در نتیجه تیمار ترکیبی ۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین حاصل گردید که اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارها (به جز تیمار ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین) نشان داد. همچنین کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به شاهد بود (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات محلول‌پاشی اسپرمین و اسپرمیدین بر برخی صفات نخود تحت شرایط تنش شوری

Table 3. Analysis of variance the effects of foliar spray of spermine and spermidine on some attributes of chickpea under salt stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
		محتوای نسبی آب برگ Relative water content	پایداری غشاء Membrane stability	پلی‌فنول اکسیداز Polyphenol oxidase	کاتالاز Catalase	گایاکول پراکسیداز Guaiacol peroxidase
تکرار Replication	2	18.34^{ns}	47.63^{ns}	0.002^{ns}	0.0003^{ns}	0.000007^{ns}
اسپرمین Spermine (S)	2	563.95**	109.45*	0.12**	0.01**	0.027**
اسپرمیدین Spermidine (Sp)	2	528.17**	123.74*	0.09**	0.02**	0.006**
اسپرمین× اسپرمیدین S× Sp	4	77.8*	18.35^{ns}	0.02**	0.006**	0.004**
خطا Error	16	19.41	22.21	0.004	0.0006	0.00004

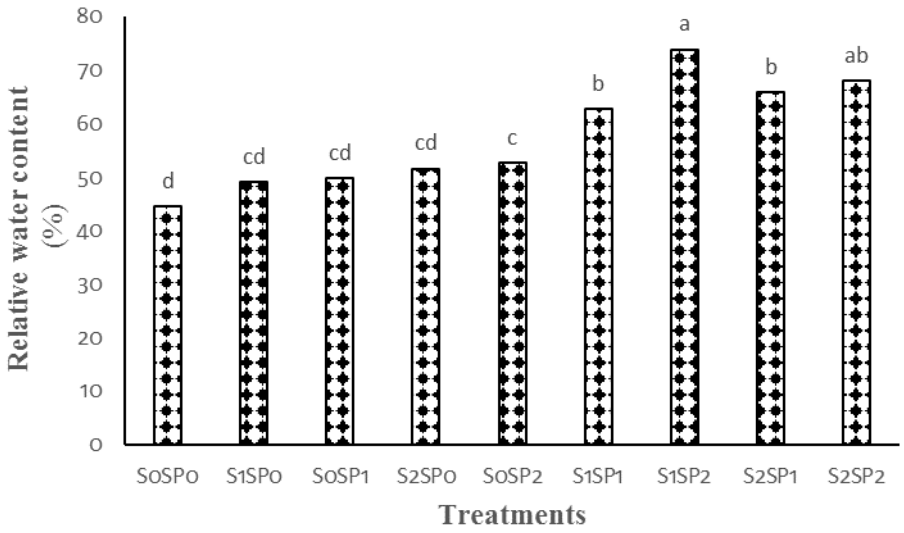
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, * and **: Non significant, significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively

کاهش محتوای نسبی آب در گیاهان نخود (Ganjeali *et al*., 2015) و خیار[۱] (Duan *et al*., 2008) درنتیجه تنش شوری گزارش شده است. کاهش میزان محتوای آب نسبی تحت شرایط تنش شوری ممکن است به‌دلیل کاهش مقدار جذب آب باشد (Saffari *et al*., 2012). افزایش تجمع یون‌ها به‌ویژه سدیم و کلر می‌تواند در کاهش میزان آب نسبی مؤثر باشد (Munns & Tester, 2008). کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی سبب افزایش تمایل گیاه به جذب آب می‌شود و این موضوع در گیاه گندم به تجمع یون پتاسیم نسبت داده شده است. به‌دلیل این‌که در اثر تنش شوری یون سدیم جایگزین پتاسیم می‌شود، این امر سبب اختلال در حفظ پتانسیل اسمزی منفی و جذب آب می‌شود (Morgan, 1992; Saffari *et al*., 2012).

افزایش سنتز و تجمع اسمولیت‌ها یکی از سازوکارهایی است که گیاهان به‌منظور کاهش اثر تنش خشکی فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش شوری و تداوم جذب آب به‌کار می‌برند. در این مورد می‌توان به تجمع اسمولیت‌هایی با وزن مولکولی کم، ازجمله پرولین، گلیسین بتائین و به‌ویژه پلی‌آمین‌ها اشاره کرد (Rhodes *et al*., 2004). کاربرد اسپرمیدین موجب افزایش محتوای نسبی آب در گیاهان خیار تحت شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان تحت تنش شوری بدون کاربرد خارجی اسپرمیدین گردیده است (Duan *et al*., 2008). این احتمال وجود دارد که کاربرد پلی‌آمین‌ها به‌عنوان یکی از اسمولیت‌های سازگار از طریق کاهش تنش اسمزی و تداوم‌بخشیدن به جذب آب (Rhodes *et al*., 2004) سبب ممانعت از کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش شده باشد.

[۱] *Cucumis sativus*



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر محتوای نسبی آب نخود

S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Fig. 1. Effect of different concentrations of spermidine and spermine on relative water content of chickpea

S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively. Means with at least one similar letter are not significantly different (p<0.05) using Duncan's Multiple Range Test.

محلول‌پاشی اسپرمیدین و اسپرمین به‌طور معنی‌داری شاخص پایداری غشاء را تحت تأثیر قرار دادند. این در حالی بود که اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین بر شاخص پایداری غشاء تأثیرگذار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد هر دو پلی‌آمین اسپرمیدین و اسپرمین به تنهایی تأثیر مثبتی در حفظ پایداری غشاء داشت. غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین و اسپرمین به‌ترتیب منجر به افزایش ۱/۱۶ و ۱/۱۴ برابری شاخص پایداری غشاء نسبت به شاهد گردید (جدول ۵). کاهش پایداری غشاء و به‌دنبال آن نشت یونی، یکی از اثرات منفی تنش‌های مختلف بر گیاهان می‌باشد. تنش شوری موجب افزایش میزان نشت یونی در برخی ارقام آفتابگردان[۱] شده است (Saffari *et al*., 2012). Zare Mehrjerdi *et al*, (2011) با بررسی تنش شوری در سطوح صفر، ۸ و ۱۲دسی‌زیمنس بر متر در محیط هیدروپونیک بر روی ۱۱ژنوتیپ نخود دریافتند که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار شاخص پایداری غشاء در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گردید.

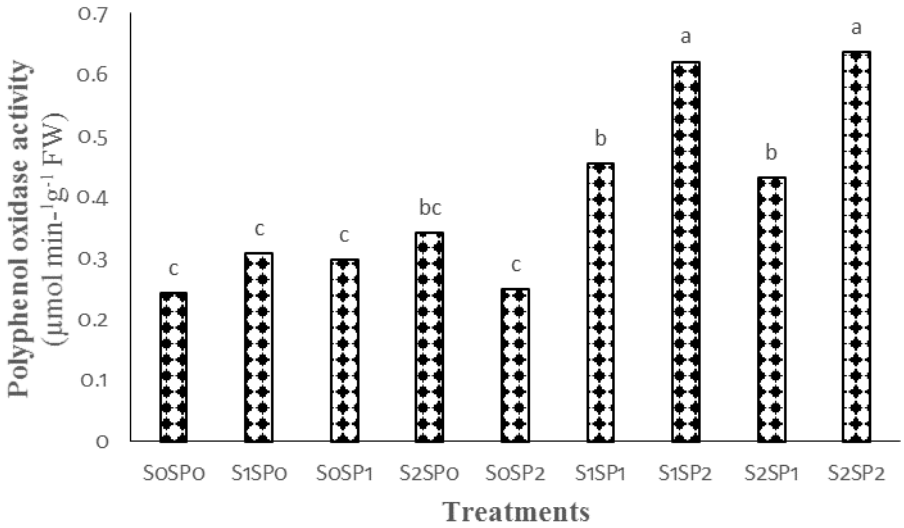
در مطالعه دیگری نیز Doraki *et al*, (2016) با بررسی سطوح مختلف شوری (۱، ۳، ۵، ۷ و ۹دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نخود رقم آزاد بیان کردند که در تمام سطوح شوری میزان نشت الکترولیت‌ها در نخود افزایش یافت، به‌طوری‌که شوری ۹دسی زیمنس بر متر باعث افزایش ۲۸درصدی نشت الکترولیت‌ها نسبت به شاهد شد. نشت الکترولیت‌ها در نخود با افزایش شوری به‌صورت خطی افزایش پیدا کرده است (Doraki *et al*., 2016). از طرف دیگر نقش اسپرمیدین و اسپرمین در حفاظت از غشاها و ممانعت از نشت الکترولیت‌ها در طی تنش شوری در گیاه جو[۲] گزارش شده است (Liu *et al*., 2006). همچنین کاربرد خارجی اسپرمیدین از طریق استحکام‌بخشیدن به غشاء، جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد و حفظ نسبت پتاسیم به سدیم سبب بهبود وضعیت گیاهان برنج تحت تنش شوری شده است (Saleethong *et al*., 2011). علاوه بر این، کاربرد اسپرمیدین در محلول غذایی شور موجب کاهش صدمه غشایی ناشی از شوری در رقم حساس به شوری خیار گردید (Duan *et al*., 2008). پلی‌آمین‌ها به‌دلیل دارابودن خاصیت پلی‌کاتیونی از طریق بر همکنش با بارهای منفی فسفولیپیدهای موجود در بین دو لایه لیپیدی یا سایر ماکرومولکول‌های آنیونی از جمله اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها می‌توانند موجب ثبات بیولوژی غشاء و ساختارهای

[۱] *Helianthus annuus* L.

[۲] *Hordeum vulgare*

ماکرومولکولی سلول‌ها شوند (Bouchereau *et al*., 1999; Alcázar *et al*., 2006).

فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز، کاتلاز و آنزیم گایاکول پراکسیداز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی اسپرمیدین و اسپرمین و همچنین اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین قرار گرفت (جدول ۳). محلول‌پاشی با سطوح بالای هر دو پلی‌آمین تأثیر مثبتی بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز درنتیجه تیمارهای ترکیبی ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین و ۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین به‌دست آمد که منجر به بروز اختلاف معنی‌دار با بقیه تیمارها گردید (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز نخود

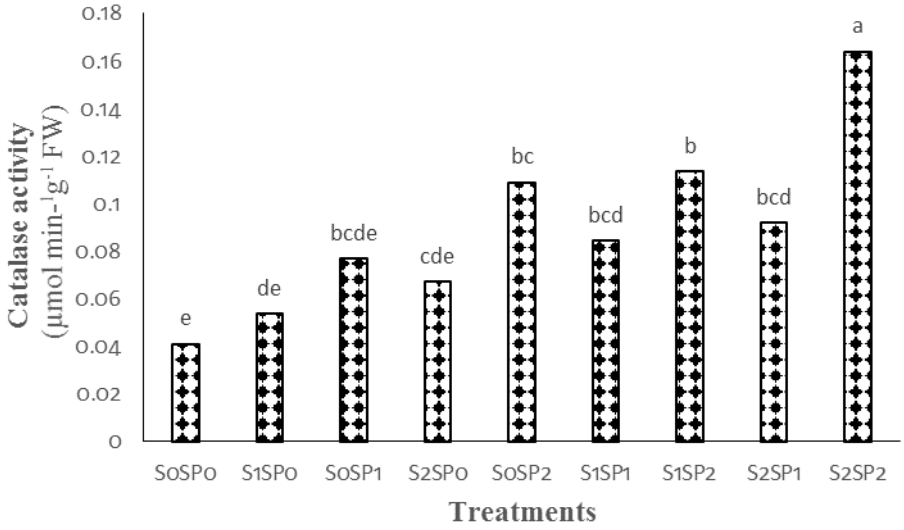
S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Fig. 2. Effect of different concentrations of spermidine and spermine on polyphenol oxidase activity of chickpea
S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively.
Means with at least one similar letter are not significantly different (p<0.05) using Duncan's Multiple Range Test.

نتایج همچنین نشان داد که محلول‌پاشی تیمارهای ترکیبی اسپرمین و اسپرمیدین سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به تیمار ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارها نشان داد. محلول‌پاشی ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین سبب افزایش چهاربرابری در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در مقایسه با شاهد گردید (شکل ۳).

تیمارهای ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین، ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین+۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمیدین و ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز نسبت به شاهد گردید (شکل۴). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز تحت شرایط تنش شوری در نخود گزارش شده است (Doraki *et al*., 2016). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به گیاهان اجازه می‌دهد تا خود را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت نمایند، به‌طوری‌که میزان افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در ژنوتیپ‌های متحمل به مراتب بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس گزارش شده است (Rasoolnia *et al*., 2012; Doraki *et al*., 2016).

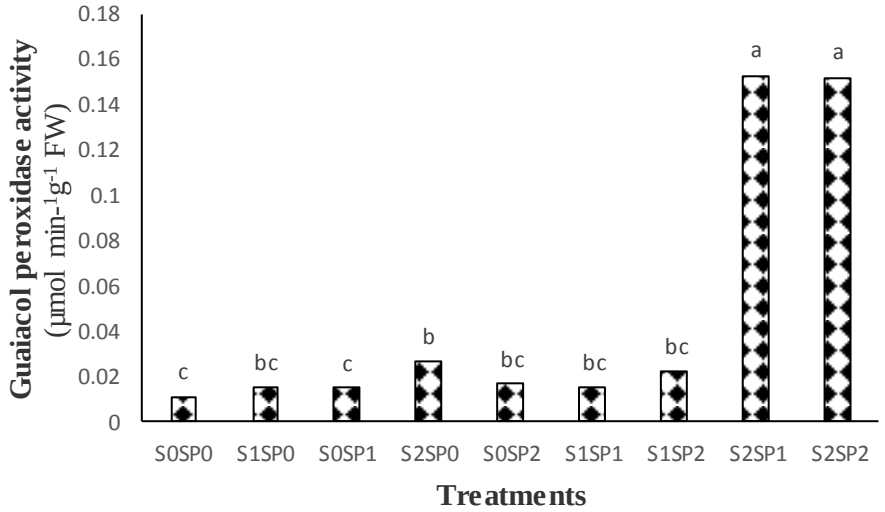
ترکیبات پلی‌آمینی نیز بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز تأثیرگذار هستند (Niakan *et al*., 2011). نتایج مشاهده‌شده در این آزمایش با گزارش Chai *et al*., (2010) مبنی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در ریشه و شاخه گیاهچه‌های سورگوم تیمار شده با اسپرمین تحت شرایط تنش شوری مطابقت دارد.



شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر فعالیت آنزیم کاتالاز نخود

S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Fig. 3. Interaction of different concentrations of spermidine and spermine on catalase activity of chickpea
S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively.
Means with at least one similar letter are not significantly different (p<0.05) using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و اسپرمین بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز نخود

S و SP به‌ترتیب بیانگر اسپرمین و اسپرمیدین و ۰، ۱ و ۲ به‌ترتیب غلظت‌های ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار از تیمارهای اسپرمیدین یا اسپرمین می‌باشد.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Fig. 4. Effect of different concentrations of spermidine and spermine on guaiacol peroxidase activity of chickpea
S and SP refer to spermine and spermidine, respectively; and 0, 1 and 2 are concentrations of 0, 0.25 and 0.50 mM of spermidine or spermine, respectively.
Means with at least one similar letter are not significantly different (p<0.05) using Duncan's Multiple Range Test.

کاربرد اسپرمین تحت شرایط تنش شوری، به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز را در گیاه خیار افزایش داده است. از طرف دیگر کاربرد خارجی اسپرمین موجب سنتز متابولیت‌های آنتی‌اکسیدانی نیز گردیده است که نیروی فزآینده‌ای برای تحمل و نیز خنثی‌سازی اثرات مضر گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد (Shu *et al*., 2013).

کاربرد پوتریسین تأثیر مثبتی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نخود (از جمله سوپراکسید دیسموتاز) تحت تنش شوری داشته است (Sheokand *et al*., 2008). در یک مطالعه بیان گردید که محلول‌پاشی اسپرمیدین موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (سه تا پنج برابری) و سوپراکسید دیسموتاز در سیکلامن[1] شد (Farjadi Shakib *et al*., 2012). کاربرد ترکیبات پلی‌آمینی از طریق افزایش‌دادن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سبب حفاظت از گیاه در برابر تنش‌های مختلف محیطی و کاهش آثار سوء این تنش‌ها می‌شوند، به‌طوری‌که بیان شده است که افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز درنتیجه کاربرد خارجی اسپرمیدین باعث حفاظت سلول‌ها در مقابل رادیکال‌های آزاد و انواع تنش‌ها می‌گردد (Willekens *et al*., 1997). ترکیبات پلی‌آمینی از طریق اتصال به آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (از جمله سوپراکسید دیسموتاز) و یا به مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی کوچک سبب افزایش آن‌ها درون سلول می‌شوند (Sheokand *et al*., 2008).

اسپرمین و اسپرمیدین به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته نخود را تحت تأثیر قرار دادند، درحالی‌که اثر متقابل اسپرمین و اسپرمیدین تأثیری بر این شاخص نداشت (جدول ۴). محلول‌پاشی هر دو پلی‌آمین اسپرمین و اسپرمیدین در مقایسه با گیاهان شاهد (تحت تنش شوری) سبب افزایش ارتفاع گیاهان مواجه با تنش شوری شد (جدول ۵). بیشترین افزایش ارتفاع گیاه (۲۲/۹درصد و ۳۰/۶درصد) به‌ترتیب در اثر کاربرد غلظت‌های ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمین واسپرمیدین به‌دست آمد که منجر به بروز اختلاف معنی‌داری با شاهد شد. نتایج بیانگر وجود ارتباط مستقیم بین غلظت پلی‌آمین‌ها و ارتفاع گیاه نخود تحت شرایط تنش شوری می‌باشد.

گزارش‌های متعددی در مورد تأثیر مثبت ترکیبات پلی‌آمین در کاهش اثر سوء تنش شوری و به‌ویژه ممانعت از کاهش رشد گیاهان زراعی وجود دارد، به‌طوری‌که افزودن اسپرمین به‌همراه ۱۸۰میلی‌مولار کلرید سدیم به محلول غذایی موجب افزایش طول شاخه دانهال‌های سورگوم در مقایسه با اعمال تنش کلرید سدیم به تنهایی گردیده است (Chai *et al*., 2010). از دلایل احتمالی تنش شوری در کاهش رشد و ارتفاع گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند این امر باشد که در مجموع تنش شوری به دو دلیل تأثیر اسمزی (خشکی فیزیولوژیکی) و یا سمیت یونی موجب کاهش رشد رویشی می‌شود. افزایش غلظت نمک‌ها در محیط ریشه موجب کاهش پتانسیل آب خاک و اثر اسمزی نمک در اطراف ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب توسط گیاه و خشکی فیزیولوژیکی می‌شود. رشد گیاه در شرایط شوری مداوم، سرعت تقسیم و طویل‌شدن سلول‌ها را کاهش داده و در نتیجه، این تغییرات منجر به کاهش رشد خواهد شد (Munns & Tester, 2008). همچنین کلرید سدیم از طریق صدمه‌زدن به یکپارچگی غشاء، اندامک‌های سلولی و برهم‌زدن تعادل جذب یونی موجب مهار رشد و به‌دنبال آن کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. از طرف دیگر بهبود رشد در گیاهان محلول‌پاشی‌شده با ترکیات پلی‌آمینی اسپرمین و اسپرمیدین می‌تواند به‌دلیل تنظیم عملکرد غشاء (Prakash & Prathapasenan, 1988)، افزایش تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلول در نتیجه کاربرد اسپرمین و اسپرمیدین باشد. همچنین پلی‌آمین‌ها به‌عنوان یک منبع نیتروژنی عمل می‌کنند که منجر به تحریک رشد گیاه می‌شود (Youssef *et al*., 2004).

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی اسپرمیدین به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه و تعداد غلاف در هر بوته نخود را تحت تأثیر قرار داد، درحالی‌که اثر ساده اسپرمین و اثر متقابل اسپرمیدین و اسپرمین بر این شاخص‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر وزن غلاف نداشتند. محلول‌پاشی اسپرمیدین با غلظت۰/۵۰میلی‌مولار سبب افزایش ۱/۵برابری تعداد شاخه نسبت به شاهد شد. متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین تعداد غلاف در هر بوته افزایش پیدا کرد. بیشترین میانگین تعداد غلاف درهر بوته در اثر محلول‌پاشی گیاهان تحت تنش با اسپرمیدین به غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار به‌دست آمد که منجر به افزایش ۲۷درصدی در تعداد غلاف در مقایسه با شرایط شوری و عدم کاربرد اسپرمیدین شد. بین دو تیمار اسپرمیدین (۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

[1] *Cyclamen persicum* Miller

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات محلول‌پاشی اسپرمین و اسپرمیدین بر برخی صفات نخود تحت شرایط تنش شوری

Table 4. Analysis of variance the effects of foliar spray of spermine and spermidine on some attributes of chickpea under salt stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of lateral branches per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن غلاف Pod weight	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن۱۰۰دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	24.45^{ns}	0.25^{ns}	35.68^{ns}	0.12^{ns}	3.59^{ns}	10.91^{ns}	20227.12^{ns}
اسپرمین Spermine (S)	2	81.00*	0.48^{ns}	31.23^{ns}	6.18^{ns}	8.48^{ns}	34.14^{ns}	16718.77^{ns}
اسپرمیدین Spermidine (Sp)	2	110.30*	7.81**	66.67*	7.28^{ns}	7.81^{ns}	73.00*	190697.17*
اسپرمین× اسپرمیدین S× Sp	4	14.41^{ns}	1.37^{ns}	5.57^{ns}	3.6^{ns}	8.20^{ns}	6.09^{ns}	15280.25^{ns}
خطا Error	16	79.21	0.59	13.22	4.00	6.09	16.68	40743.80

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

ns, * and **: Non significant, significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively

جدول ۵- تأثیر محلول‌پاشی اسپرمیدین و اسپرمین بر برخی خصوصیات نخود تحت تنش شوری

Table 5. Effect of foliar spraying of spermidine and spermine concentrations on some attributes of chickpea under salt stress

غلظت (میلی‌مولار) Concentration (mM)	پایداری غشاء (درصد) Membrane stability (%)		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)		تعداد شاخه جانبی در هر بوته Number of lateral branches per plant	تعداد غلاف در هر بوته Number of pods per plant	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در متر مربع) Seed yield (Kg/m^2)
	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمین Spermine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمین Spermine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمیدین Spermidine	اسپرمیدین Spermidine
0	43.7^{b}	44.6^{b}	22.9^{b}	24.2^{b}	3.2^{b}	19.9^{b}	35.2^{b}	0.182^{b}
0.25	46.6^{ab}	45.6^{b}	26.3^{ab}	25.0^{b}	3.3^{b}	22.7^{ab}	36.6^{b}	0.188^{b}
0.50	51.0^{a}	51.1^{a}	29.9^{a}	29.8^{a}	4.9^{a}	25.4^{a}	40.7^{a}	0.210^{a}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (p<۰/۰۵) با هم ندارند.

Means within each column with at least one similar letter are not significantly different (p≤0.05) using Duncan's Multiple Range Test.

کاهش تعداد شاخه در نخود تحت تأثیر تنش شوری (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2011) نیز گزارش شده است. دلیل احتمالی کاهش تعداد شاخه جانبی نخود در اثر تنش می‌تواند این موضوع باشد که گیاه نخود در شرایط تنش به‌منظور کاهش سطح فتوسنتزی خود از گسترش اندام‌های رویشی می‌کاهد و انرژی مواد فتوسنتزی خود را جهت حفظ بقاء، متوجه رشد زایشی می‌نماید (Haghparast & Maleki Farahani, 2013). محلول‌پاشی پوتریسین و اسپرمیدین سبب افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی در ریحان[1] تحت شرایط تنش شده است (Pazoki, 2017). در مطالعه دیگری به‌طور جالب‌توجهی بیان شد که کاربرد پوترسین در گیاهان برنج که تحت تنش شوری نبودند، تأثیر معنی‌داری بر افزایش تعداد شاخه‌ها نداشت، اما کاربرد همزمان پوترسین با کلرید سدیم موجب افزایش تعداد شاخه در گیاهان تنش‌دیده، در مقایسه با

[1] *Ocimum basilicum* L.

گیاهان تحت شوری بدون کاربرد پوتریسین گردید (Prakash & Prathapasenan, 1988). یکی از اثرات منفی تنش شوری در برخی از گیاهان از جمله نخود، کاهش تعداد غلاف ذکر شده است. با بررسی اثر تنش شوری (۱، ۳، ۵، ۷ و ۹دسی‌زیمنس بر متر) بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم آزاد گزارش شد که تنش شوری سبب کاهش تعداد غلاف بارور نخود گردید و با افزایش سطح تنش شوری از یک به ۹دسی زیمنس بر متر، کاهش ۳۳درصدی تعداد غلاف بارور نخود مشاهد شد (Doraki *et al.*, 2017). کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان تحت شرایط تنش شوری و به‌دنبال آن کاهش میزان تولید کربوهیدرات‌ها و همچنین کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی موجب ریزش اندام‌های زایشی و به‌ویژه غلاف‌های جوان شد که درنهایت سبب کاهش تعداد غلاف در بوته گردید (Tajali *et al.*, 2011). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مبنی بر کاهش رشد (ارتفاع بوته) و کاهش تعداد شاخه جانبی در هر بوته در گیاهان بدون محلول‌پاشی (جدول ۴)، کاهش تعداد غلاف در این گیاهان را می‌توان مرتبط با اثر سوء شوری بر میزان رشد بوته و کاهش تعداد شاخه جانبی دانست. این در حالی است که محلول‌پاشی اسپرمیدین از طریق کاهش اثرات بازدارنده تنش شوری، سبب حفظ رشد گیاه شد و با تشکیل تعداد شاخه جانبی بیشتر موجب افزایش تعداد غلاف در هر بوته گیاه نسبت به گیاهان بدون محلول‌پاشی گردید.

براساس نتایج، کاربرد اسپرمیدین بر وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت، درحالی‌که تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت (جدول ۴). هرچند با افزایش غلظت اسپرمیدین روند افزایشی در وزن۱۰۰دانه مشاهده شد، ولی تنها کاربرد ۰/۵۰میلی‌مولار اسپرمیدین از نظر آماری سبب افزایش معنی‌دار وزن۱۰۰دانه نسبت به شاهد شد. درحالی‌که محلول‌پاشی اسپرمیدین در هر دو سطح ۰/۲۵ و ۰/۵۰میلی‌مولار منجر به افزایش عملکرد دانه نخود در گیاهان تنش دیده گردید (جدول ۵). بیشترین میانگین عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی اسپرمیدین با غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار حاصل شد که نسبت به کاربرد تیمارهای ۰/۲۵میلی‌مولار اسپرمیدین و شاهد (تنش شوری) به‌ترتیب موجب افزایش ۱۲ و ۱۵درصدی در میانگین عملکرد دانه نخود گردید (جدول ۳). گزارش‌های فراوانی در مورد کاهش وزن۱۰۰دانه و ۱۰۰۰دانه گیاهان مختلف زراعی از جمله نخود (Doraki *et al.*, 2017)، کلزا[1] (Cherati *et al.*, 2012) و برنج (Mortazainezhad *et al.*, 2006) تحت تأثیر تنش شوری وجود دارد. نتایج ما با نتایج گزارش‌شده مبنی بر نقش مثبت پلی‌آمین‌ها در افزایش وزن۱۰۰۰دانه برنج در گیاهان تحت تنش شوری (Prakash & Prathapasenan, 1988) همخوانی دارد. با توجه به نقش حفاظتی پلی‌آمین‌ها در ممانعت از کاهش کلروفیل (Saleethong *et al.*, 2011)، نقش این ترکیبات در افزایش کلروفیل و کارآیی فتوسنتز در گیاهان تحت تنش‌های محیطی (Yiu *et al.*, 2009; Shu *et al.*, 2013) و همچنین جذب بهتر مواد غذایی، این احتمال وجود دارد که کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق بهبود فتوسنتز گیاه تحت تنش شوری، موجب بهبود رشد و گلدهی و در نهایت سبب حفظ کیفیت بذر و افزایش وزن۱۰۰دانه شده باشد. تنش شوری موجب کاهش معنی‌داری عملکرد دانه در برخی ارقام آفتابگردان (Saffari *et al.*, 2012)، نیشکر[2] (Wiedenfeld, 2008) و ارقام پاییزه کلزا (Tajali *et al.*, 2011) شده است. در این پژوهش محلول‌پاشی اسپرمیدین سبب حفظ عملکرد دانه نخود تحت شرایط تنش شوری گردید. این نقش مثبت پلی‌آمین‌ها در گیاهان مختلف از جمله گندم (Emadi *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. افزایش عملکرد ایجادشده از کاربرد پلی‌آمین‌ها می‌تواند به‌دلیل اتصال پلی‌آمین‌ها به مولکول های غیریونی از جمله DNA، RNA و پروتئین‌های مرتبطی باشد که در بسیاری از فرآیندهای درون گیاه نظیر تقسیم و بزرگ‌شدن سلول دخالت دارند (Mohammadi *et al.*, 2017). همچنین بهبود عملکرد گیاهان تحت شرایط تنش درنتیجه تیمار پلی‌آمینی ممکن است به‌دلیل افزایش درون‌زای غلظت پلی‌آمین‌ها باشد که برای نمو نرمال ساختارهای زایشی ضروری می‌باشند (Prakash & Prathapasenan, 1988). از آنجایی که کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق افزایش کلروفیل و کارآیی فتوسنتزی موجب بهبود رشد در بسیاری از گیاهان تحت شرایط تنش‌های محیطی می‌شود (Yiu *et al.*, 2009; Shu *et al.*, 2013)، از این‌رو نقش ترکیبات پلی‌آمینی در حفاظت از کلروفیل را می‌توان به‌عنوان یکی دیگر از دلایل احتمالی تأثیر مثبت پلی‌آمین‌ها در جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان تحت تنش شوری اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین در سه مرحله چهاربرگی، گلدهی و پُرشدن غلاف‌ها می‌تواند اثر سوء تنش شوری بر

[1] *Brassica napus* L.

[2] *Saccharum officinarum*

عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی را کاهش دهد. برخی از صفات نخود تحت تنش شوری از جمله محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء و فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد غلاف در هر بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی قرار گرفت. به‌طور کلی تأثیر کاربرد اسپرمیدین در مقایسه با اسپرمین و همچنین غلظت ۰/۵۰میلی‌مولار نسبت به ۰/۲۵میلی‌مولار در کاهش اثر سوء تنش شوری بیشتر بود.

منابع

1. Alcázar, R., Marco, F., Cuevas, J.C., Patrón, M., Ferrando, A., Carrasco, P., Tiburcio, A.F., and Altabella, T. 2006. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. Biotechnology Letters 28(23): 1867-1876.
2. Asha Dhingra, H.R. 2007. Salinity mediated changes in yield and nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. Indian Journal of Plant Physiology 12(3): 271-275.
3. Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F., and Martin-Tanguy, J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development. Plant Science 140(2): 103-125.
4. Chai, Y.Y., Jiang, C.D., Shi, L., Shi, T.S., and Gu, W.B. 2010. Effects of exogenous spermine on sweet sorghum during germination under salinity. Biologia Plantarum 54(1): 145-148.
5. Chance, B., and Maehly, A.C. 1955. Assay of catalases and peroxides. Methods Enzymology 11(2): 764-755.
6. Cherati, A., Abbaszadeh, F., Rameeh, V., and Rezaei Sokht Abandani, R. 2012. Effect of salinity stress (NaCl, $CaCl_2$) on yield and yield components of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Water and Soil 26(3): 762-774. (In Persian with English Summary).
7. Chinnusamy, V., Jagendorf, A., and Zhu, J.K.2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science 45(2): 437-448.
8. Doraki, Gh.R. Zamani, Gh.R., and Sayyari, M.H. 2017. Effect of salt stress on yield and yield traits of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad). Iranian Journal of Pulses Research 9(1), 10.22067/ijpr.v9i1.53816. (In Persian with English summary).
9. Doraki, Gh.R. Zamani, Gh.R., and Sayyari, M.H. 2016. Effect of salt stress on physiological traits and antioxidant enzymes activity of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad). Iranian Journal of Field Crops Research 14(3): 470-483. (In Persian with English Summary).
10. Dua, R.P. 1992. Differential response of chickpea genotypes to salinity. Journal of Agricultural Science 119(3): 367-371.
11. Duan, J., Li, J., Guo, S., and Kang, Y. 2008. Exogenous spermidine affects polyamine metabolism in salinity-stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short-term salinity tolerance. Journal of Plant Physiology 165(15): 1620-1635.
12. Emadi, M.S. Hasibi, P., and Azimi, A. 2013. Effect of foliar application of putrescine and nutrient elements on grain yield and quality of two bread wheat cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 15(3): 247-261. (In Persian with English Summary).
13. FAO. 2014. FAOSTAT Agricultural Statistics Database. Available at Web sitehttp://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E (verified 1 November 2017).
14. Farjadi Shakib, M., Naderi, R., and Mashhadi Akbar Boujar, M. 2012. Effects of spermidine spray on morphological, physiological and biochemical characteristics of *Cyclamen persicum* Miller. Journal of Plant Ecophysiology 5(13): 96-113. (In Persian with English Summary).
15. Ganjeali, A., Ardalan, H., Lahouti, M., and Beyk Khormizi, A. 2015. Effect of seed priming on some morpho-physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings under salinity stress. Greenhouse Culture 5(4): 51-61. (In Persian with English Summary).
16. Gupta, B., and Huang, B. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological biochemical and molecular characterization. International Journal of Genomics pp.18. Available at Web site http://dx.doi.org/10.1155/2014/701596(verified 1 November 2017).
17. 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(2): 77-86.
18. Kar, M., and Mishra, D. 1976. Catalase peroxidase and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology 57(2): 315-319.
19. Liu, J.H., Honda, C., and Moriguchi, T. 2006. Involvement of polyamines in floral and fruit development. Japan Agricultural Research Quarterly 40(1): 51-58.

20. Majnoon Hosseni, N. 2008. Agriculture and Production of Pulses (Pulses in Iran). Tehran University Press, 294 pages. (In Persian)
21. Malhotra, R.S., and Sexana, M.C. 2002. Strategies for overcoming drought stress in chickpea. ICARDA Caravan 17: 20-23.
22. Mohammadi, H., Davarinejad, Gh., and Khezri, M. 2017. Effect of spray application of calcium compounds combined with free polyamines at different growth stages on physiological problems and yield of 'Ahmad-Aghaii' pistachio (*Pistachio vera* L.). Journal of Horticulture Science 30(4): 733-742. (In Persian with English Summary).
23. Morgan, J.M. 1992. Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. Functional Plant Biology 19(1): 67-76.
24. Mortazainezhad, F., and Emami, M. 2006. Study of some parameters of yield and proline in rice plants under NaCl salinity stress. Agroecology Journal 2(3): 93-98. (In Persian with English Summary).
25. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.
26. Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Rahman, A., Alam, M., Mahmud, J.A., Suzuki, T., and Fujita, M. 2016. Polyamines confer salt tolerance in mung bean (*Vigna radiata* L.) by reducing sodium uptake, improving nutrient homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification systems. Frontiers in Plant Science 7: 1104.
27. Niakan, M., Sadeghi, S., and Ghorbani, M. 2011. Effect of spermidine and salinity stress on germination, growth parameters, osmoregulation, Na^+ and Cl^- content in wheat seedling. Journal of Plant Science Researches. Serial 21, 6th year, Number 1, 78-89. (In Persian with English Summary).
28. Pazoki, A.R. 2017. Effect of polyamines foliar application on morphological traits, protein and extract contents of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Journal of Crop Production Research 9(1): 71-94. (In Persian with English Summary).
29. Pouresmael, M., Rastegar, J., and Zangiabadi, M. 2014. Genetic variation for salinity tolerance and its association with biomass production in cultivated chickpea genotypes. Journal of Crops Improvements 16(3): 749-763. (In Persian with English Summary).
30. Prakash, L., and Prathapasenan, G. 1988. Effect of NaCl salinity and putrescine on shoot growth tissue ion concentration and yield of rice (*Oryza sativa* L. var. GR-3). Journal of Agronomy and Crop Science 160(5): 325-334.
31. Rasoolnia, A., Bihamta, M.R., Peyghambari, A., Alizade, H., Takallo, S., and Kamalizade, M. 2012. Evaluation of leaf proteome and antioxidant activity of barley under salinity stress. Iranian Journal of Field Crop Science 43(2): 231-241. (In Persian with English Summary).
32. Rhodes, D., Nadolska-Orczyk, A., and Rich, P.J. 2004. Salinity Osmolytes and Compatible Solutes. In: A. Lauchliand and U. Luttge (Eds.). Salinity: Environment-Plants-Molecules Netherlands Springer Verlag, p. 181-204.
33. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchanges parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30(1): 105-111.
34. Saffari, R., Maghsoodi Mood, A., and Saffari, V.R. 2012. Effect of salt stress on chlorophyll fluorescence and grain yield of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. Seed and Plant Production 29(1): 109-130. (In Persian with English Summary).
35. Saleethong, P., Sanitchon, J., Kong-Ngern, K., and Theerakulpisut, P. 2011. Pretreatment with spermidine reverses inhibitory effects of salt stress in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. Asian Journal of Plant Science 168(4): 317-328.
36. Sairam, R.K., Rao, K.V., and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science 163(5): 1037-1046.
37. Sheokand, S., Kumari, A., and Sawhney, V. 2008. Effect of nitric oxide and putrescine on antioxidative responses under NaCl stress in chickpea plants. Physiology and Molecular Biology of Plants 14(4): 355-362.
38. Shu, S., Yuan, L.Y., Guo, S.R., Sun, J., and Yuan, Y.H. 2013. Effects of exogenous spermine on chlorophyll fluorescence antioxidant system and ultrastructure of chloroplasts in *Cucumis sativus* L. under salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 63: 209-216. Available at Web sitehttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23291654 (verified 1 November 2017).
39. Tajali, T. Bagheri, A.R., and Hosseini, M. 2011. Effect of salinity on yield and yield components of five canola cultivar. Journal of Plant Ecology 3(9): 77-90. (In Persian with English Summary).
40. Tuba Bicer, B., Narin Kalender, A., and Akar, D.A. 2004. The effect of irrigation on spring-sown Chickpea. Journal of Agronomy 3: 154-158.

41. Varshney, R.K., Song, C., Saxena, R.K., Azam, S., Yu, S., Sharpe, A.G., and Millan, T. 2013. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. Nature Biotechnology 31(3): 240-246.
42. Vaziri Kateshori, S., Daneshvar, M.A., Sohrabi, A., and Nazariyan Firozabadi, F. 2013. Effects of foliar application of P, Zn, and Fe on grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Crops Improvement 15(2): 17-30. (In Persian with English Summary).
43. Welfare, K., Yeo, A.R., and Flowers, T.J. 2002. Effects of salinity and ozone individually and in combination on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. Environmental Pollution 120(2): 397-403.
44. Wiedenfeld, B. 2008. Effects of irrigation water salinity and electrostatic water treatment for sugarcane production. Agricultural Water Management 95(1): 85-88.
45. Willekens, H., Chamnongpol, S., Davey, M., Schrauder, M., Langebartels, C., van Montagu, M., Inzea dn, D., and van Camp, W. 1997. Catalase is a sink for H_2O_2 and is indispensable for stress defense in C_3 plants. The EMBO Journal 16(16): 4806-4816.
46. Yiu, J.C., Juang, L.D., Fang, D.Y.T., Liu, C.W., and Wu, S.J. 2009. Exogenous putrescine reduces flooding-induced oxidative damage by increasing the antioxidant properties of welsh onion. Scientia Horticulturae 120(3): 306-314.
47. Youssef, A.A., Mahgoub, M.H., and Talaat, I.M. 2004. Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana*plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences 19(9): 492-510.
48. Zafaranieh, M. 2015. Evaluating yield and phonological and morphological characteristics of chickpea genotypes in autumn cultivation under complementary irrigation regime and winter sowing in Mashhad. Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture) 17(1): 271-282. (In Persian with English Summary).
49. Zare Mehrjerdi, M., Nabati, J., Massomi, A., Bagheri, A.R., and Kafi, M. 2011. Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 83-96. (In Persian with English Summary).
50. Zhu, J.K. 2007. Plant Salt Stress. John Wiley and Sons Ltd.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 163-177 (Research Article)

Effect of foliar spray of Spermine and Spermidine on growth and some physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L) under salt stress

Ashori[1*], A., Gholipoor[2], M. & Heidari[2], M.

1. MSc. Student, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran,
(manouchehr.gholipoor@gmail.com; haydari2005@gmail.com, respectively)

Received: 24 December 2017
Accepted: 14 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69340

Introduction

Chickpea is one of the most important legumes in Iran. Despite the abundance of cultivated lands in Iran by chickpea, yield per hectare is considerably lower than world average. Environment conditions of chickpea cultivation in infertile, arid and semiarid regions limit the yield production in Iran. Salt stress, resulted from salts accumulation in soil solution is one the limiting factors for chickpea cultivation in arid and semiarid areas. Chickpea is a salt sensitive plant and yield loss is one of the most potential impacts of salinity on chickpea. Polyamines are low molecular weight polycationic molecules, which play important roles in a number of plant physiological processes, including resistance to various stresses. Recently, the role of polyamines, unique polycationic metabolite, was proved as a regulator of growth and plant membrane transport. They also act as a source of reactive oxygen species (ROS) and ROS scavenger and activator of key antioxidant enzymes. Moreover, they are involved in plant stress tolerance. The present study was conducted to investigate the ameliorating effect of spermine and spermidine spraying on yield and yield components of salt treated chickpea plants.

Materials & Methods

The experiment was performed as factorial based on a randomized complete block design with three replications in research farm of Khartooran Shahrood (salinity 5.7 dS m^{-1}). Spermine was sprayed at three levels (0 (control), 0.25 and 0.50 mM) and spermidine also at three levels (0 (control), 0.25 and 0.50 mM) in three stages including four-leaf, flowering and pod-filling stages. Some attributes such as relative water content, membrane stability index and activity of catalase, polyphenol oxidase and guaiacol peroxidase enzymes, plant height, number of branches per plant, number of pods per plant, number of seeds per pod and seed yield were measured.

Results & Discussion

The results showed that foliar spray of spermine at the concentration of 0.50 mM increased membrane stability index (15%) and plant height (23%) in comparison with the unsprayed plants. Moreover, foliar spray of spermidine at the concentration of 0.50 mM significantly increased membrane stability index (17%), plant height (31%), number of branches (52%), number of pods per plant (27%), 100- seed weight (16%) and seed yield (15%), when compared to unsprayed plants. Sodium chloride treatment disturbs membrane integrity and leads to ionic imbalances in plants. On the other hand, polyamines as one of the most important growth regulators, play key roles in regulating membrane functions by attachment to anionic sites or to the negatively charged phospholipid head groups on membranes. Their exogenous consumption probably not only reduces absorption of hazardous ions such as Na^+ and Cl^-, disturbing normal functions of plant cells and reducing growth, but also protect membranes against the stress injuries caused by salt stress. Furthermore, polyamines are able to reverse the inhibitory effect of salinity stress on plant growth by increasing cell division and cell size. Salt stress declines nutrients transportation to growing shoots and also reduces chlorophyll contents which both leads to growth reduction in plants, while polyamines not only accumulate in thylakoid membranes and increase their integrity under stress but also leads to chlorophyll maintenance

*** Corresponding Author:** aliashori1476@gmail.com

and by increasing cell division in root tips elevates nutrient absorption and help plants to keep normal growth. Nutrient and carbohydrate deficiency under saline stress is one of probable reasons for abscission of flowers and branch reduction leading to yield reduction which all can be reversed by exogenous polyamine application. Concerning relative water content (RWC) and enzymes activity, interaction of spermine and spermidine had significant effects on RWC and activity of polyphenol oxidase, catalase and guaiacol peroxidase enzymes. ROS scavenging will reduce their major impact on damages to the biomolecules such as membrane lipids, proteins, chloroplast pigments, enzymes and nucleic acids. Polyamines can act as osmoprotectants to increase water absorption under deficit water condition. They also act as ROS scavenger and activator of key ROS scavenging enzymes.

Conclusion

In general, foliar spraying with spermidine was more effective than spermine in mitigating the deleterious effects of salt stress and maintaining the different characteristics of chickpea. Furthermore, application of the concentration of 0.50 mM of both polyamines was more effective than 0.25 mM.

Keywords: Catalase, Membrane stability, Polyamines, Polyphenol oxidase

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۹۲-۱۷۸
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 178-192 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69438

اثر کائولین، کیتوزان، کلریدکلسیم و سلنات سدیم بر رشد، اجزای عملکرد و عملکرد نخود زراعی تحت آبیاری تکمیلی

هومن محمدی[۱]، علی سپهری[۲*] و سیدحسین صباغ‌پور[۳]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، houmanagri1@gmail.com

۲- دانشیار زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

۳- 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، sabaghpour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۱

چکیده

کمبود آب آخر فصل، علت کاهش شدید عملکرد نخود در اکثر مناطق ایران است. تأثیر مواد کاهنده تعرق و تنش تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در رقم آزاد نخود طی آزمایشی مزرعه‌ای در دانشگاه بوعلی‌سینا در سال زراعی۹۴ -۱۳۹۳ بررسی شد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. سطوح آبیاری شامل آبیاری در مرحله گلدهی، آبیاری در مرحله غلافدهی، آبیاری در مراحل (گل و غلاف) و بدون آبیاری در کرت‌های اصلی و مواد کاهنده تعرق (کائولین پنج‌درصد، کیتوزان ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر) و کاهنده‌های تنش (کلریدکلسیم پنج‌میلی‌مولار، سلنات سدیم ۴۰میلی‌گرم در لیتر) به همراه شاهد (بدون مصرف) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بررسی شدند. محلول‌پاشی کاهنده‌های تنش در دو مرحله قبل و بعد از گلدهی و محلول‌پاشی کاهنده‌های تعرق در مرحله غلاف‌بندی با غلظت‌های مذکور به‌طور جداگانه انجام شد. محلول‌پاشی کیتوزان و کلریدکلسیم در تیمار آبیاری مرحله گلدهی، صفات بیشینه سرعت رشد محصول، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را به‌ترتیب ۵۹/۲، ۶/۴، ۱۰۶/۳، ۳۸/۴درصد و در تیمار آبیاری مرحله غلاف‌دهی به‌ترتیب ۷۲/۵، ۱۸/۶، ۱۹۱/۹ و ۵۹/۹درصد و در تیمار آبیاری گلدهی+ غلاف‌دهی به‌ترتیب ۱۰۶/۳، ۳۱/۴، ۳۱۲/۶ و ۸۴/۵درصد نسبت به شرایط دیم افزایش دادند. بنابراین در صورت وجود آب کافی، استفاده از دوبار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و یا حداقل یک‌بار آبیاری در مرحله غلاف‌دهی به‌همراه محلول‌پاشی کیتوزان و کلریدکلسیم در افزایش عملکرد نخود رقم آزاد مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، سرعت رشد محصول، شاخص برداشت، کاهنده تعرق، کاهنده تنش

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین بقولات دانه‌ای است که به‌دلیل اهمیت راهبردی آن در تولید پروتئین‌گیاهی در اکثر نقاط دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک کشت می‌شود. در این مناطق بارندگی اندک و تلفات تبخیری زیاد است. گیاهان در این مناطق همواره در وضعیت-های طبیعی و زراعی با تنش خشکی مواجه می‌شوند. تنش خشکی آخر فصل، علت کاهش شدید عملکرد نخود در ایران و مناطق مشابه است که بسته به منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد، ۳۰ تا ۶۰درصد عملکرد را کاهش می‌دهد (Kanouni, 2003) . با افزایش شدت تنش خشکی، مراحل نموی گیاه با سرعت بیشتری طی شده و تعداد روز تا گلدهی، غلاف‌دهی و رسیدگی کاهش می‌یابد .تنش خشکی ارتفاع گیاه را کم کرده و باعث کاهش سطح و وزن برگ‌های نخود می‌گردد (Gupta *et al*., 1993). ماده خشک تولیدی در نخود به توسعه سطح برگ، سرعت رشد محصول و رطوبت قابل دسترس در شرایط تنش وابسته بوده و کاهش عملکرد گیاه به‌دلیل اثر منفی کمبود آب بر سطح برگ، فتوسنتز و سرعت رشد محصول ناشی از تنش خشکی است (Saman *et al*., 2006).

اعمال آبیاری تکمیلی در مراحل رشد گیاه یک عامل مدیریتی برای بهبود، ثبات و در نهایت کاهش خطر افت محصول در شرایط تنش رطوبتی محسوب می‌شود. با اعمال آبیاری، افت شدید عملکرد گیاه در شرایط دیم کاهش می‌یابد. با عنایت به گستردگی سطح زیرکشت نخود و همچنین اهمیت اقتصادی آن، شناسایی تأثیر شیوه‌های نوین زراعی بر عملکرد

* **نویسنده مسئول:** sepehri2748@gmail.com

آن از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از راه‌های کاهش اثرات نامناسب تنش خشکی، کاستن از شدت تعرق گیاه است. برخی ترکیبات خروج بخار آب حاصل از بافت‌های درونی گیاه را محدود کرده و یا از طریق بستن نسبی روزنه‌ها و افزایش مقاومت به انتشار بخار آب از برگ‌ها، موجب حفظ پتانسیل آب در سلول‌های برگ می‌شوند (Liu *et al*., 2004).

کیتوزان یک ماده طبیعی است که عمدتاً از بقایای موجودات دریایی فرآوری می‌شود (Rinaudo, 2006). مشتقات آن، غیرسمی بوده و تجدیدپذیر در طبیعت می‌باشد. کیتوزان در برخی فعالیت‌های فیزیولوژیکی از جمله تحمل به عوامل نامساعد محیطی مؤثر بوده و تشدیدکننده مکانیزم‌های دفاعی گیاه است (Limpa-Navich *et al*., 2008). گزارش شده است که این ترکیب در افزایش محتوای کلروفیل، افزایش اندازه کلروپلاست و میزان فتوسنتز مؤثر می‌باشد (Zhang, 2005). در لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) کاربرد کیتوزان موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد ساقه، سطح برگ، سرعت رشد گیاه، وزن تر و خشک ساقه، میزان کلروفیل برگ، پروتئین دانه، تعداد غلاف در بوته و در نهایت عملکرد دانه تحت شرایط تنش آبی شده است (Abu- Muriefah, 2013; Yigitarslan, 2010). در ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* L.) نیز تحت شرایط دیم با کاربرد کیتوزان افزایش معنی‌داری در تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد غلاف در گیاه، وزن دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت مشاهده شده است (Jan-Mohammadi *et al*., 2014).

کائولین نیز ماده‌ای است که فاقد اثرات مخرب زیست محیطی بوده و سوسپانسیون آن پس از قرارگرفتن در معرض هوا تبخیر شده و با تخلخل زیاد به‌عنوان محافظ روی برگ‌ها به صورت منفذدار تشکیل می‌شود. این ماده در بازتاب تشعشعات مازاد رسیده به برگ و در نهایت کاهش بارگرمایی برگ مؤثر است و موجب افزایش فتوسنتز خالص می‌گردد (Glenn & Puterka, 2005). گزارش شده است که محلول‌پاشی کائولین بر روی گیاه *Polianthes tuberosa* L. سبب انعکاس نور بیشتر از سطح برگ شده و از اکسیداسیون نوری و تجزیه کلروفیل کاسته است. همچنین در افزایش سطح برگ و سرعت رشد گیاه و در نهایت، پایداری عملکرد مؤثر بوده است (Moftah & Al- Humaid, 2005).

گزارش شده است که کلریدکلسیم نیز نقشی مهم در سازگاری سلول‌ها به تنش‌های غیرزیستی داشته و از طریق اثر بر جذب آب، رشد ریشه و حفظ فشار تورژسانس در سلول‌های گیاه سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و فتوسنتز می‌شود. کلریدکلسیم در تعداد زیادی از فرایندهای بیوشیمیایی به‌خصوص از طریق فسفریلاسیون پروتئین مشارکت داشته و نقش اصلی در عملکرد سلولی، هدایت سیگنالی، تأخیر در پیری، کاهش در ریزش گل و کنترل اختلالات فیزیولوژیکی ایفا می‌کند (Rab & Haq, 2012). یون کلسیم به‌عنوان یک پیام بر ثانویه در تعداد زیادی از سیستم‌های بیولوژیکی فعالیت داشته و به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی در اکثر مکانیزم‌های دفاعی دخالت می‌کند (Hasegawa *et al*., 2000; Jaleel *et al*., 2007). کلریدکلسیم در گیاه شبدر مصری (*Trifolium alexandrinum* L.) با افزایش سطح سبزینه و سرعت رشد گیاه، سبب افزایش تعداد گل‌آذین، عملکرد و اجزای عملکرد دانه شده است (Balwinder *et al*., 2013).

سلنات سدیم ترکیبی با نقش بیولوژیکی ویژه در گیاهان بوده که با پروتئین‌ها ترکیب شده و تولید موادی به نام سلنوپروتئین می‌کند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله آن‌ها می‌باشند. این مواد در زمان تنش اکسیداتیو و تشکیل رادیکال های آزاد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش می‌دهند (Xue *et al*., 2001). سلنیوم از کاهش کلروفیل گیاه تحت شرایط تنش جلوگیری و سبب بهبود فتوسنتز و تأخیر در پیری برگ می‌شود. همچنین با افزایش جذب آب توسط سیستم ریشه موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به دانه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود (Kuznetsov *et al*., 2003). سلنیوم تجمع محافظت‌کننده‌های اسمزی و مکانیزم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدآن‌ها را ارتقاء داده و سبب افزایش اجزای عملکرد، عملکرد دانه، شاخص برداشت و سرعت رشد در گندم شده است (Fahim-Nawaz *et al*., 2015). گزارش شده است که محلول‌پاشی سلنیوم در تنش آبی لوبیا، باعث افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد دانه و افزایش معنی‌دار در برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده است (Ilkaei *et al*., 2009).

هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر محلول‌پاشی کائولین، کیتوزان، کلریدکلسیم و سلنات سدیم به‌عنوان تشدیدکننده مکانیزم‌های دفاعی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی در شرایط کمبود آب بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی رقم آزاد تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان واقع در همدان با عرض جغرافیایی ۳۴ ۳۴شمالی، طول جغرافیایی ۳۲ ۴۸شرقی و ارتفاع ۱۷۳۰متر از سطح دریا و در آب و هوای سرد و خشک کوهستانی در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳ بر روی رقم آزاد نخود در دانشگاه بوعلی‌سینا انجام شد. میانگین دما و

بارندگی طی ماه‌های اسفند تا تیر ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اکباتان در جدول۱ آمده است. چهار رژیم آبیاری شامل بدون‌آبیاری (دیم)، یک‌بار آبیاری در مرحله گلدهی، یک بار آبیاری در مرحله‌غلاف‌دهی و دوبار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی در کرت‌های اصلی و کاربرد مواد کاهنده تعرق شامل سه سطح عدم کاربرد، کائولین و کیتوزان به همراه مواد کاهنده تنش در سه سطح شامل عدم‌مصرف، کلریدکلسیم و سلنات سدیم به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی انجام گرفت. محلول‌پاشی کلریدکلسیم با غلظت پنج میلی‌مولار (Amuthavalli & Sivasankara- Moorthy, 2012) و سلنات سدیم با غلظت ۴۰میلی‌گرم در لیتر (Fahim-Nawaz *et al.*, 2015) در دو مرحله قبل و بعد از گلدهی بوته‌ها انجام شد. همچنین محلول‌پاشی کائولین با غلظت پنج‌درصد (Vito *et al.*, 2009) و کیتوزان با غلظت ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر با وزن مولکولی ۴۰۰کیلو دالتون (Abu- Muriefah, 2013) در مرحله غلاف‌بندی بوته‌ها انجام شد. در تمامی موارد از آب به‌عنوان حلال استفاده گردید و محلول‌پاشی با سمپاش دستی به‌طور جداگانه بر روی برگ‌های گیاه صورت گرفت.

پس از انجام عملیات تهیه زمین در پاییز بذور نخود در واحدهای آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به‌طول شش متر و فواصل ردیف ۳۰سانتی‌متر با تراکم ۳۱بوته در مترمربع در عمق پنج سانتی‌متری خاک در ۱۵اسفندماه کشت گردیدند. کلیه بذور قبل از کاشت با استفاده از قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. بر اساس آزمایش خاک(جدول۲)، کود سوپرفسفات‌ترپیل و اوره موردنیاز به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به کرت‌ها داده شد. کنترل علف‌های‌هرز از طریق وجین دستی صورت گرفت.

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی در فصل رشد نخود در ایستگاه اکباتان در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳

Table 1. Mean of temperature and precipitation in growth season of chickpea in Ekbatan station in 2015

ماه Month	میانگین درجه حرارت حداکثر (درجه سانتی‌گراد) Mean of maximum temperature (c°)	میانگین درجه‌حرارت حداقل (درجه سانتی‌گراد) Mean of minimum temperature (c°)	بارندگی Precipitation (mm)
February- March اسفند	12.33	-0.33	15.0
March- April فروردین	16.83	2.76	49.41
April- May اردیبهشت	24.67	6.86	4.2
May- June خرداد	32.39	11.36	0.2
June- July تیر	36.4	15.58	0.0

برای اعمال تیمارهای آبیاری، در هر مرحله، نمونه‌برداری خاک از عمق توسعه ریشه انجام و به مدت ۲۴ساعت در آون ۱۰۴درجه سانتی‌گراد خشک شد و درصد رطوبت وزنی موجود در خاک تعیین گردید. سپس عمق و حجم آب مورد نیاز تا رسیدن به ظرفیت مزرعه با توجه به وزن مخصوص ظاهری خاک محاسبه گردید (Benami & Ofen, 1984). کل آب مصرفی در تیمار بدون آبیاری (دیم) بر اساس رطوبت موجود در خاک و بارندگی در فصل زراعی و برای تیمارهای آبیاری، بر اساس موارد مذکور و آبیاری ثبت‌شده به وسیله کنتور حجمی، محاسبه شدند.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physicochemical properties of the soil at experiment location

عمق خاک Depth soil (cm)	هدایت الکتریکی EC (ds/cm)	واکنش خاک pH	آهک T.N.V (%)	نیتروژن N (%)	کربن آلی O.C (%)	فسفر P (ppm)	پتاس K (ppm)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil texture
0-30	2.22	8.25	7.5	0.05	0.54	5.6	461	48.1	26.6	25.3	Clay- silt

اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی به روش تخریبی با نمونه‌برداری از پنج بوته در هر۱۰روز یک‌بار انجام شد. نمونه‌برداری از۴۰روز بعد از کاشت شروع و تا۱۱۰روز پس از کاشت ادامه یافت. سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج (Li-COR, model 3100, USA) اندازه‌گیری شد. اجزای بوته به مدت ۴۸ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۷۵درجه سانتی‌گراد خشک شد و با دقت یک‌صدم گرم توزین و وزن آن‌ها ثبت گردید. سپس شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت

رشد محصول (CGR) برای کل دوره رشد محاسبه و مقدار حداکثر آن‌ها مشخص گردید. در انتهای فصل رشد تعداد ساقه اولیه و ثانویه منشعب از ساقه اصلی در۱۰بوته به‌طور تصادفی در هر کرت تعیین شد. در هنگام رسیدگی محصول، پس از حذف حاشیه‌ها از هر واحد آزمایشی، بوته‌های موجود در مساحتی به اندازه سه‌مترمربع برداشت شدند. سپس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه پس از جداسازی دانه‌ها از کاه اندازه گیری و از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت بر حسب درصد برای هر تیمار به‌دست آمد. تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته برای هر تکرار و تیمار به‌طور جداگانه شمارش و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. به منظور تعیین وزن۱۰۰دانه، از محصول دانه هر واحد آزمایشی چهار نمونه ۱۰۰تایی شمارش و پس از توزین، میانگین وزن۱۰۰دانه برای هر تیمار و تکرار به‌دست آمد. محاسبات آماری و تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Ver, 9.1) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد ساقه اولیه

تعداد ساقه اولیه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش و اثرات متقابل آن‌ها در سطح یک‌درصد قرار گرفت (جدول ۳). بررسی اثر متقابل عوامل حاکی از افزایش نسبی تعداد ساقه اولیه در رژیم دوبار آبیاری، رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مرحله گلدهی یا غلاف‌دهی به همراه کاربرد کیتوزان و کلریدکلسیم به‌ترتیب۲/۱، ۰/۸۸ و ۱/۵ساقه در بوته در مقایسه با بدون آبیاری است. بیشترین تعداد ساقه اولیه در رژیم دوبار آبیاری و با محلول‌پاشی کیتوزان و کاربرد کلریدکلسیم به‌دست آمد (جدول ۴). در رژیم بدون آبیاری نیز اثر مثبت محلول‌پاشی کیتوزان و کلریدکلسیم ملاحظه شد که تفاوتی با کاربرد سلنات سدیم و همچنین محلول‌پاشی کائولین و مصرف کلریدکلسیم نداشت. گزارش شده است که کاربرد کیتوزان بر روی ژنوتیپ‌های عدس نیز سبب افزایش تعداد ساقه اولیه در بوته شده است (Jan-Mohammadi *et al*., 2014). از آنجا که در شرایط کمبود آب با کاهش هدایت هیدرولیکی و قابلیت اتساع دیواره سلولی از گسترش اندام‌های رویشی گیاه کاسته می‌شود، لذا تعداد ساقه‌های اولیه گیاه کم می‌گردد (Gupta *et al*., 1993). در این آزمایش تعداد ساقه اولیه گیاه عمدتاً تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری قرار گرفت، هرچند که محلول‌پاشی کیتوزان به همراه کلریدکلسیم نیز تا حدودی مؤثر بود که می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت مریستم زیر انتهایی ساقه و توسعه تقسیم سلولی باشد. افزایش تعداد ساقه‌های اولیه گیاه در گسترش کانوپی گیاه و بهره‌برداری از نور کافی و در نهایت افزایش شاخص سطح برگ گیاه تأثیرگذار است.

تعداد ساقه ثانویه

تعداد ساقه ثانویه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش و اثرات متقابل آن‌ها در سطح یک‌درصد قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به معنی دارشدن اثرات سه‌گانه، تفاوتی بین محلول‌پاشی کیتوزان با کاربرد سلنات سدیم و محلول‌پاشی کائولین با کاربرد کلریدکلسیم در رژیم دوبار آبیاری نبود و محلول‌پاشی کیتوزان با کاربرد کلریدکلسیم بیشترین تعداد ساقه ثانویه را در گیاه ایجاد نمود (جدول ۴). با کاربرد کیتوزان و کلریدکلسیم، افزایش تعداد ساقه ثانویه در رژیم دوبار آبیاری، رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مرحله گل‌دهی و یا غلاف‌دهی به‌ترتیب معادل ۳۲/۱، ۴/۳ و ۲۴/۶ساقه در بوته در مقایسه با بدون آبیاری بود. در رژیم یک‌بار آبیاری مرحله‌غلاف‌دهی و یا مرحله گلدهی نیز بیشترین تعداد ساقه ثانویه با محلول‌پاشی کیتوزان و کاربرد کلریدکلسیم و به دنبال آن محلول‌پاشی کیتوزان با کاربرد سلنات سدیم به‌دست آمد. قابل ذکر است که افزایش تعداد ساقه ثانویه با کاربرد کیتوزان در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی قبلاً گزارش شده است (Abu- Muriefah, 2013).

بدیهی است که طی تنش خشکی با کاهش وضعیت رطوبتی گیاه، رشد رویشی کوتاه شده و از گسترش تعداد ساقه های ثانویه جلوگیری می‌شود. به‌نظر می‌رسد علاوه بر اثرات مثبت محلول‌پاشی کیتوزان و یا کائولین با مواد کاهنده تنش در شرایط آبیاری مواد مذکور با بهبود نسبی پتانسیل رطوبتی در شرایط بدون آبیاری نیز با افزایش آماس سلولی سبب گسترش تعداد ساقه ثانویه شده‌اند. از آنجا که تعداد ساقه ثانویه همبستگی مثبت و معنی‌داری با اجزای عملکرد دانه به‌خصوص با تعداد غلاف در بوته دارد، لذا افزایش تعداد ساقه ثانویه می‌تواند عامل مهمی در جهت افزایش عملکرد گیاه باشد (Kanouni, 2003).

تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته به‌عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه نخود تحت تأثیر رژیم آبیاری، مواد کاهنده تنش و تعرق و اثرات متقابل کاهنده‌های تنش و تعرق در سطح یک‌درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد. همچنین اثرات متقابل رژیم آبیاری با مواد کاهنده تعرق و رژیم آبیاری با مواد کاهنده تنش و برهم‌کنش سه‌گانه آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح پنج‌درصد داشت (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات نخود رقم آزاد

Table 3. Analysis of variance (squares mean) in some of chickpea var. Azad traits

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی d.f	تعداد ساقه اولیه Primary stem number	تعداد ساقه ثانویه Secondry stem number	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	بیشینه سرعت رشد گیاه CGR max	بیشینه شاخص سطح برگ LAI max
Replication	تکرار	2	0.88**	15.13**	9.75**	0.003*	0.16*	54529.43**	215184.26**	6.24**	0.21**	0.08**
Irrigation (I)	آبیاری	3	15.97**	667.02**	790.4**	0.01*	273.45**	9165285.9**	26876668.16**	2201.2**	195.04**	0.093**
Error 1	خطا (۱)	6	0.01	1.55	0.23	0.0006	0.03	4016	11523.48	0.57	0.001	0.0001
Transpiration alleviator (TA)	کاهنده تعرق	2	0.29**	1.66**	1.17**	0.001$^{n.s}$	0.50**	29072.97**	65366.75$^{n.s}$	6.48**	1.74**	0.04**
Stress ameliorator (SA)	کاهنده تنش	2	2.97**	75.21**	41.61**	0.001$^{n.s}$	11.59**	441280.02**	825967.10**	170.33**	34.87**	0.21**
TA×SA	کاهنده تعرق×کاهنده تنش	4	0.34**	7.11**	4.35**	0.0009$^{n.s}$	1.30**	54597.48*	125170.06**	14.80**	4.88**	0.01**
TA×I	کاهنده تعرق×رژیم آبیاری	6	0.02**	0.30**	0.21*	0.0005$^{n.s}$	0.08**	2040.12*	11934.10*	0.33*	0.91**	0.005**
SA×I	کاهنده رژیم ×تنش آبیاری	6	0.09**	9.79**	0.09*	0.0005$^{n.s}$	0.81**	7670.02*	94569.07**	5.99**	0.25**	0.01**
TA×SA×I	کاهنده تعرق×کاهنده تنش× آبیاری	12	0.02**	1.11**	0.09*	0.0004$^{n.s}$	0.13**	1972.79*	6782.14*	1.03*	0.57**	0.003**
Error 2	خطا (۲)	64	0.005	0.08	0.10	0.001	0.04	3738.77	29320.92	0.97	0.0007	0.0001
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		7.9	8.82	9.24	11.2	6.55	14.2	15.4	13.4	10.5	11.7

n.s، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵درصد و ۱درصد

ns: Non-significant, *and **: Significant at 0.05 & 0.01 probability, respectively

رژیم دوبار آبیاری و محلول‌پاشی کیتوزان با کاربرد کلریدکلسیم بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشت (جدول ۴). محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم در رژیم مذکور نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی، غلاف‌دهی و بدون آبیاری به‌ترتیب ۵۴، ۲۳ و ۱۹۴درصد تعداد غلاف در بوته را افزایش داد. همچنین در رژیم یک‌بار آبیاری مرحله گلدهی با محلول‌پاشی کیتوزان و کلریدکلسیم نسبت به رژیم بدون آبیاری ۹۱درصد افزایش در تعداد غلاف در بوته مشاهده شد. در رژیم مذکور محلول‌پاشی کیتوزان به همراه کلریدکلسیم و یا سلنات سدیم و یا کاربرد انفرادی کلریدکلسیم اختلافی نشان ندادند. کمترین تعداد غلاف در بوته در رژیم بدون‌آبیاری به‌دست آمد. در این رژیم آبی تفاوتی بین محلول پاشی کیتوزان با کاربرد کلریدکلسیم و سلنات سدیم وجود نداشت. گزارش شده است که کیتوزان طی تنش خشکی در لوبیا چشم‌بلبلی نیز سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شده است (Farouk *et al*., 2013).

به‌نظر می‌رسد کیتوزان با بهبود شرایط آبی گیاه، انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها را به غلاف ها افزایش داده و از کاهش تعداد غلاف های تشکیل‌شده می‌کاهد (Abu- Muriefah, 2013). همچنین گزارش شده است که کاربرد کائولین به‌صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌های گیاه لوبیا در مرحله رویشی موجب افزایش تعداد غلاف در بوته می گردد (Yigitarslan, 2010). از سوی دیگر در شبدر مصری استفاده از کلسیم سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. نقش کلسیم در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه اثبات گردیده است، لذا در بهبود عملکرد سلول مؤثر بوده و سبب ارتقاء اجزای عملکرد گیاه می‌شود (Balwinder *et al*., 2013).

جدول ۴- میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، مواد کاهنده‌تعرق و تنش بر برخی صفات رقم آزاد

Table 4. Mean of interaction effects between irrigation regime, transpiration and stress alleviator substances in some of chickpea var. Azad traits

تیمار Treatment			تعداد ساقه اولیه Primary stem number	تعداد ساقه ثانویه Secondry stem number	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 seed weight (g)
		F1	1.44 s	4.1 t	4.06 u	1.000 c	20.86 v
	A1	F2	1.73 q	5.06 s	5.56 rs	1.013 bc	21.72 u
		F3	1.53 rs	4.97 s	4.86 t	1.005 bc	21.61 u
		F1	1.50 rs	4.12 t	3.93 u	1.000 c	20.70 vw
I1	A2	F2	1.85 pq	5.13 s	5.53 s	1.000 c	22.11 t
		F3	1.60 r	5.00 s	5.06 ts	1.020 bc	21.85 tu
		F1	1.40 r	4.00 t	3.60 u	1.000 c	20.39 w
	A3	F2	1.90 p	5.40 s	6.56 q	1.000 c	22.84 r
		F3	1.83 pq	5.16 s	6.10 rq	1.000 c	22.49 s
		F1	2.20 n	7.76 q	10.90 n	1.024 bc	23.81 pq
	A1	F2	2.50 kl	8.75 p	11.53 m	1.035 abc	24.00 nop
		F3	2.40 lm	8.26 q	11.46 m	1.002 bc	23.94 opq
		F1	2.33 m	7.25 r	10.00 o	1.009 bc	23.76 pq
I2	A2	F2	2.60 jk	8.93 op	12.03 lm	1.008 bc	24.20 no
		F3	2.43 lm	8.20 q	11.60 m	1.002 bc	23.93 opq
		F1	2.03 o	6.87 r	9.30 p	1.006 bc	23.61 q
	A3	F2	2.78 hi	9.70 n	12.50 kl	1.019 bc	24.31 n
		F3	2.63 ijk	9.26 no	11.96 lm	1.057 abc	24.13 nop
		F1	2.70 hij	26.86 l	13.14 j	1.030 abc	26.17 lm
	A1	F2	2.96 g	28.66 j	14.40 hi	1.048 abc	26.76 ij
		F3	2.84 h	27.35 kl	13.97 i	1.023 bc	26.40 kl
		F1	2.53 kl	26.83 l	12.64 jk	1.017 bc	26.08 lm
I3	A2	F2	3.20 e	28.73 j	14.56 gh	1.028 bc	26.90 ij
		F3	2.83 h	27.74 k	14.05 hi	1.030 abc	26.56 jk
		F1	2.55 kl	25.92 m	11.92 lm	1.031 abc	25.93 m
	A3	F2	3.43 d	30.06 h	15.60 f	1.036 abc	27.11 i
		F3	3.42 d	29.45 i	15.09 fg	1.060 abc	26.82 ij
		F1	3.13 ef	32.30 f	17.23 d	1.065 abc	28.62 f
	A1	F2	3.63 c	35.94 c	18.23 bc	1.042 abc	29.24 cd
		F3	3.41 d	34.44 e	17.79 c	1.076 ab	28.87 ef
		F1	3.03 fg	31.51 g	16.83 de	1.051 abc	28.24 g
I4	A2	F2	3.76 b	36.16 bc	18.66 b	1.043 abc	29.56 bc
		F3	3.40 d	34.96 d	18.22 bc	1.064 abc	29.13 de
		F1	2.76 hi	29.03 ij	16.30 e	1.073 abc	27.49 h
	A3	F2	4.00 a	37.50 a	19.35 a	1.065 abc	30.00 a
		F3	3.83 b	36.54 b	18.60 b	1.102 a	29.71 ab

I_1: عدم آبیاری، I_2: یک‌بار آبیاری در مرحله گلدهی، I_3: یک‌بار آبیاری در مرحله غلاف‌دهی، I_4: دوبار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی

A_1: عدم محلول‌پاشی، A_2: محلول‌پاشی کائولین، A_3: محلول‌پاشی کیتوزان

F_1: عدم محلول‌پاشی، F_2: محلول‌پاشی کلریدکلسیم، F_3: محلول‌پاشی سلنات سدیم

- میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

I_1: No irrigation, I_2: One fold irrigation in flowering, I_3: One fold irrigation in podding, I_4: Two folds irrigation in flowering+podding

A_1: No spraying, A_2: Kaolin spraying, A_3: Chitosan spraying

F_1: No spraying, F_2: Chloride calcium spraying, F_3: Selenat sodium spraying

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level (Duncans MRT).

جدول ۵- میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش بر برخی صفات نخود رقم آزاد

Table 5. Mean of interaction effects between irrigation regime, transpiration and stress alleviator substances in some of chickpea var. Azad traits

	تیمار		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	بیشینه سرعت رشد گیاه (گرم بر متر مربع در روز) CGR max (g/m^2day)	بیشینه شاخص سطح برگ LAI max
		F1	265.30 st	1117.82 lm	23.70 uv	5.65 a	0.86 u
	A1	F2	382.63 rq	1467.76 jk	26.03 rst	6.06 y	0.95 s
		F3	331.17 rst	1355.03 kl	24.53 tuv	5.45 b	0.91 t
		F1	254.52 st	1038.20 m	24.51 tuv	5.27 c	0.86 u
I1	A2	F2	382.46 rq	1466.69 jk	26.04 rst	6.70 v	0.96 s
		F3	352.68 rs	1409.08 jkl	25.00 stu	5.77 z	0.95 s
		F1	229.40 t	1002.17 m	22.89 v	3.11 d	0.81 v
	A3	F2	469.01 q	1717.78 j	27.26 r	6.62 w	1.01 r
		F3	428.85 rq	1608.25 jk	26.69 rs	6.54 x	1.00 r
		F1	831.33 no	2488.57 ghi	33.48 op	7.48 t	1.14 mn
	A1	F2	895.27 lmn	2516.94 ghi	35.57 mn	8.72 p	1.17 kl
		F3	860.56 mn	2472.00 ghi	34.81 no	7.54 s	1.08 p
		F1	750.13 op	2345.28 hi	32.01 pq	7.24 u	1.04 q
I2	A2	F2	918.03 lmn	2501.01 ghi	36.70 lm	8.66 q	1.20 j
		F3	870.07 mn	2452.66 hi	35.44 mn	8.47 r	1.13 n
		F1	690.80 p	2201.61 i	31.43 q	7.56 s	1.10 o
	A3	F2	967.67 klm	2565.00 gh	37.73 kl	10.45 k	1.28 hi
		F3	952.84 klm	2631.85 efgh	36.22 lmn	8.68 pq	1.18 k
		F1	1108.09 ij	2793.61 cdefg	39.69 hij	8.93 o	1.11 o
	A1	F2	1262.73 gh	3024.10 bc	41.75 fg	10.94 j	1.36 e
		F3	1179.50 hi	2889.75 bcdef	40.89 ghi	9.32 n	1.22 j
		F1	1047.67 jk	2674.00 defgh	39.23 ijk	9.45 m	1.17 kl
I3	A2	F2	1260.61 gh	2955.33 bcd	42.62 efg	11.44 g	1.34 f
		F3	1201.94 hi	2908.14 bcde	41.34 fgh	10.26 l	1.15 lm
		F1	996.41 kl	2585.71 fgh	38.56 jk	8.48 r	1.14 mn
	A3	F2	1369.29 f	3139.86 b	43.61 de	11.42 g	1.43 c
		F3	1340.99 fg	3133.66 b	42.81 ef	11.03 i	1.27 i
		F1	1642.51 cd	3727.19 a	44.08 de	11.43 g	1.31 g
	A1	F2	1737.70 bc	3595.47 a	48.31 b	12.18 e	1.33 f
		F3	1731.78 bc	3836.36 a	45.16 cd	11.69 f	1.27 i
		F1	1561.86 de	3688.36 a	42.34 efg	11.15 h	1.30 gh
I4	A2	F2	1798.64 b	3729.33 a	48.26 b	12.72 b	1.41 d
		F3	1765.49 b	3800.87 a	46.43 c	12.27 d	1.36 e
		F1	1503.57 e	3647.63 a	41.23 fgh	10.29 l	1.31 g
	A3	F2	1934.62 a	3843.60 a	50.32 a	13.66 a	1.54 a
		F3	1900.92 a	3892.07 a	48.87 ab	12.49 c	1.47 b

I_1: عدم آبیاری، I_2: یک‌بار آبیاری در مرحله گلدهی، I_3: یک‌بار آبیاری در مرحله غلاف‌دهی، I_4: دوبار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی

A_1: عدم محلول‌پاشی، A_2: محلول‌پاشی کائولین، A_3: محلول‌پاشی کیتوزان

F_1: عدم محلول‌پاشی، F_2: محلول‌پاشی کلریدکلسیم، F_3: محلول‌پاشی سلنات سدیم

- میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

I_1: No irrigation, I_2: One fold irrigation in flowering, I_3: One fold irrigation in podding, I_4: Two folds irrigation in flowering+podding
A_1: No spraying, A_2: Kaolin spraying, A_3: Chitosan spraying
F_1: No spraying, F_2: Chloride calcium spraying, F_3: Selenat sodium spraying
Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level (Duncans MRT).

تعداد دانه در غلاف

در این تحقیق تعداد دانه در غلاف برای رژیم آبیاری در سطح یک‌درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد، ولی بین مواد کاهنده تعرق و تنش و نیز اثرات متقابل آن‌ها اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). در بررسی رژیم‌های آبیاری، رژیم دوبار آبیاری نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و بدون آبیاری، به‌ترتیب ۳، ۵ و ۶درصد در تعداد دانه در غلاف افزایش نشان داد (جدول ۴). رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی با غلاف‌دهی و نیز رژیم یک‌بار آبیاری مراحل گلدهی با بدون آبیاری تفاوتی در این صفت نشان ندادند. همچنین مواد کاهنده تعرق و تنش تأثیر قابل توجهی بر تعداد دانه در غلاف نداشتند (جدول ۴). اعمال رژیم آبیاری در مراحل گل و غلاف موجب افزایش فتوسنتز جاری در گیاه و به‌دنبال آن تولید مواد آسیمیلات بیشتر درسلول‌های مزوفیل برگ می‌شود که انتقال مواد فتوسنتزی از منبع توسط آوند آبکش را افزایش می‌دهد. با انتقال بیشتر ساکارز به اندام زایشی به‌خصوص کیسه جنینی تقسیم سلولی افزایش یافته و تعداد دانه در غلاف افزایش می‌یابد (Ahmadi & Siosemardeh, 2001).

وزن۱۰۰دانه

رژیم آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش و اثرات متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح یک‌درصد برای وزن۱۰۰دانه نشان دادند (جدول ۳). بیشترین وزن۱۰۰دانه در رژیم دوبار آبیاری با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم به‌دست آمد که تفاوتی با مصرف سلنات سدیم نداشت (جدول ۴). محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم در رژیم مذکور نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف دهی و بدون آبیاری به‌ترتیب ۱۱، ۲۳ و ۳۱درصد وزن۱۰۰دانه را افزایش داد. در رژیم بدون‌آبیاری نیز بیشترین وزن۱۰۰دانه با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم به‌دست آمد و پس از آن محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف سلنات سدیم بیشترین وزن۱۰۰دانه را داشت (جدول ۴). گزارش شده است که کاربرد کیتوزان تحت تنش خشکی در عدس (Jan- Mohammadi *et al*., 2014) و نیز کاربرد کائولین در لوبیا (Yigitarslan, 2010) سبب افزایش وزن۱۰۰دانه شده است. در تحقیق حاضر با کاربرد کیتوزان و کائولین رطوبت کافی در زمان پُرشدن دانه جهت پُرشدن دانه فراهم گردید که در افزایش وزن خشک دانه و در نهایت وزن۱۰۰دانه مؤثر بوده است. کاربرد کلریدکلسیم در شبدر مصری (Balwinder *et al*., 2013)، آفتابگردان (Nemat *et al*., 2011) در تنش خشکی سبب افزایش وزن۱۰۰دانه شده است. همچنین کاربرد سلنات سدیم در گندم (Fahim-Nawaz *et al*., 2015) و لوبیا (Habibi, 2013; Ilkaei *et al*., 2009) در افزایش وزن دانه تحت تنش خشکی مؤثر واقع شده است. محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و غلاف‌دهی، می‌تواند موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و سبب کوچک‌شدن اندازه و در نهایت کاهش وزن خشک دانه شود. کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن‌های موجود به‌عنوان یکی از اجزای محدودکننده عملکرد دانه شناخته شده است (Fahim-Nawaz *et al*., 2015).

عملکرد دانه

رژیم‌های مختلف آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش و همچنین اثر متقابل کاهنده‌های تعرق و تنش، اختلاف معنی داری در سطح یک‌درصد در عملکرد دانه داشتند. اثرات متقابل دوگانه رژیم آبیاری با کاهنده تعرق، رژیم آبیاری با کاهنده تنش و اثرات متقابل سه‌گانه آن‌ها در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم در رژیم دوبار آبیاری بیشترین عملکرد دانه را ایجاد کرد و تفاوتی بین مصرف کلریدکلسیم و سلنات سدیم در این خصوص مشاهده نشد. در رژیم آبی مذکور محلول‌پاشی کیتوزان به همراه کلریدکلسیم نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی یا غلاف دهی و بدون‌آبیاری به‌ترتیب ۹۹، ۴۱ و ۳۱۲درصد افزایش در عملکرد دانه نشان داد (جدول ۵). در رژیم یک‌بار آبیاری مرحله غلاف‌دهی بین محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم و یا مصرف سلنات سدیم، محلول‌پاشی کائولین با مصرف کلریدکلسیم و مصرف انفرادی کلریدکلسیم تفاوتی وجود نداشت. رژیم یک‌بار آبیاری مرحله گلدهی که از لحاظ عملکرد دانه، عملکردی کمتر از رژیم یک‌بار آبیاری در مرحله غلاف-دهی داشت، با محلول‌پاشی کیتوزان به‌همراه کلریدکلسیم و یا سلنات سدیم، محلول‌پاشی کائولین به‌همراه کلریدکلسیم و یا سلنات سدیم و همچنین مصرف انفرادی کلریدکلسیم و سلنات سدیم اختلافی نداشت. رژیم بدون آبیاری نسبت به سایر رژیم-های آبیاری کمترین عملکرد دانه را داشت، ولی اثر مثبت محلول‌پاشی کیتوزان به همراه کلریدکلسیم در عملکرد دانه این رژیم آبی نیز مشخص بود (جدول ۵). کیتوزان تشدیدکننده مکانیسم‌های دفاعی گیاه بوده و رشد گیاه را در شرایط تنش ارتقاء می‌دهد و در کاهش تعرق از سطح برگ‌ها مؤثر است (Zhang, 2005). افزایش عملکرد دانه تحت تنش خشکی با کاربرد کیتوزان در لوبیا چشم‌بلبلی (Farouk *et al*., 2013) و عدس (Jan-Mohammadi *et al*., 2014) به اثبات رسیده

است. کائولین نیز با جلوگیری از افزایش دمای سطح برگ و کاهش تعرق می‌تواند با حفظ رطوبت گیاه در افزایش عملکرد دانه مؤثر باشد. گزارش شده است که کاربرد کائولین در لوبیا نیز موجب افزایش عملکرد دانه شده است (Yigitarslan, 2010). از سوی دیگر کلریدکلسیم نقش مهمی در حفظ ساختار و پایداری دیواره سلولی، تنظیم انتقال مواد و انتخاب-پذیری یونی و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و حذف رادیکال‌های آزاد در شرایط کمبود آب دارد که همگی در افزایش عملکرد دانه مؤثر می‌باشند (Rentel & Knight, 2004). در گیاه شبدر مصری مصرف کلریدکلسیم تحت تنش خشکی سبب افزایش تعداد گل‌آذین و عملکرد دانه شده است (Balwinder *et al*., 2013). سلنات سدیم به‌دلیل ترکیب سلنیم با پروتئین، تولید مواد سلنوپروتئین می‌کند که در تشکیل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مؤثر است، به‌طوری‌که در زمان تنش اکسیداتیو به‌خصوص تنش خشکی نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاه ایفا می‌کند (Xue *et al*., 2001). در گندم نیز اثر مثبت سلنیم در افزایش عملکرد دانه به اثبات رسیده است (Sajedi *et al*., 2012).

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک گیاهان مورد بررسی برای اثرات اصلی رژیم آبیاری، مواد کاهنده تنش، اثر متقابل کاهنده‌های تعرق با تنش و اثر متقابل رژیم آبیاری با مواد کاهنده تنش در سطح یک‌درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. برهم‌کنش رژیم آبیاری با کاهنده‌های تعرق و اثرات سه‌گانه عوامل مورد آزمایش نیز در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بودند (جدول۳). میانگین داده ها نشان داد رژیم دوبار آبیاری به همراه محلول‌پاشی کیتوزان با سلنات سدیم بیشترین عملکرد بیولوژیک را تولید کرد (جدول ۵). در رژیم آبی مذکور محلول‌پاشی کیتوزان به همراه سلنات سدیم نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی، غلاف‌دهی و بدون‌آبیاری به‌ترتیب ۲۴، ۴۸ و ۱۴۲درصد افزایش در عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول ۵). در رژیم آبی مرحله غلاف‌دهی، محلول‌پاشی کیتوزان به همراه سلنات سدیم و یا کلریدکلسیم، محلول‌پاشی کائولین با مصرف سلنات سدیم و یا کلریدکلسیم و نیز مصرف انفرادی کلریدکلسیم و سلنات سدیم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در رژیم آبی مرحله - گلدهی محلول‌پاشی کیتوزان به‌همراه سلنات سدیم موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شد، هرچند نسبت به رژیم یک‌بار آبیاری مرحله غلاف‌دهی۱۶درصد کاهش نشان داد. کمترین عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون آبیاری حاصل شد و محلول-پاشی کیتوزان به همراه سلنات سدیم و یا کلریدکلسیم، محلول‌پاشی کائولین به همراه سلنات سدیم و کلریدکلسیم و مصرف انفرادی کلریدکلسیم و سلنات سدیم تأثیر نسبتاً یکسانی در افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون آبیاری داشتند. افزایش عملکرد بیولوژیک با کاربرد کیتوزان در ذرت (Guan *et al*., 2009)، عدس (Jan- Mohammadi *et al*., 2014) طی تنش خشکی قبلاً گزارش شده است. کیتوزان با کاهش تعرق و جلوگیری از هدررفت انرژی موجب افزایش تجمع ماده خشک در گیاه می شود (Mondal *et al*., 2012). گزارش شده است که تحت شرایط تنش خشکی، کاربرد کائولین نیز در گیاه لوبیا عملکرد زیست توده را افزایش داده است (Yigitarslan, 2010). کائولین با انعکاس نور و کاهش دمای برگ از کاهش فتوسنتز گیاه جلوگیری کرده و سبب افزایش تولید ماده خشک در گیاه می‌شود. از سوی دیگر در تحقیقات به‌عمل‌آمده در گیاه گراس (Chengbin *et al*., 2013)، آفتابگردان (Nemat *et al*., 2011) و گندم (Ma *et al*., 2005) افزایش عملکرد بیولوژیک با کاربرد کلریدکلسیم تحت شرایط تنش آبی گزارش شده است. همچنین کلسیم با ایجاد سیگنال‌های القای مقاومت به خشکی در مکانیزم بسته‌شدن و تنظیم اندازه روزنه‌ها دخیل است (Hasegawa *et al*., 2000).

بر طبق مطالعات انجام‌شده در گیاه گندم طی تنش خشکی با کاربرد سلنات سدیم، عملکرد بیولوژیکی افزایش پیدا کرده است (Sajedi *et al*., 2012; Fahim-Nawaz *et al*., 2015). اظهار شده است که در چنین شرایطی سلنات سدیم از کاهش کلروفیل جلوگیری کرده و سبب بهبود فتوسنتز و تأخیر پیری برگ می‌شود، بنابراین در افزایش تجمع ماده خشک گیاه مؤثر است (Germ et al., 2007). در تحقیق حاضر در رژیم های دوبار آبیاری و همچنین یک‌بار آبیاری مرحله –گلدهی، مصرف سلنات سدیم نسبت به کلریدکلسیم سبب افزایش بیشتری در عملکرد بیولوژیک گیاه شد.

به‌طورکلی کمبود آب با تسریع در پیری برگ‌ها و کاهش سطح برگ سبب کاهش سرعت رشد نخود و عملکرد بیولوژیک می‌شود (Kanouni, 2003). در چنین شرایطی بهبود وضعیت رطوبتی گیاه موجب افزایش طول دوره رشد رویش، افزایش عمر مؤثر کانوپی و جذب فعال فتوسنتزی شده و منجر به افزایش وزن کل ماده خشک گیاه می‌گردد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت با رژیم آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش و اثرات متقابل رژیم آبیاری با مواد کاهنده تنش اختلاف معنی داری در سطح یک‌درصد داشت (جدول ۳). همچنین بین اثرات

متقابل مواد کاهنده تعرق و تنش، رژیم آبیاری با مواد کاهنده - تعرق و نیز اثرات متقابل سه‌گانه آن‌ها برای شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری در سطح پنج‌درصد به‌دست آمد (جدول ۳). رژیم دوبار آبیاری با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم با ۵۰/۳۲درصد بالاترین شاخص برداشت را در بین تیمارها داشت و نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و بدون آبیاری به‌ترتیب ۳۳، ۱۵ و ۸۵درصد در این صفت افزایش مشاهده شد (جدول ۵). در رژیم یک‌بار آبیاری مرحله غلاف‌دهی محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم و یا مصرف سلنات سدیم و محلول‌پاشی کائولین با مصرف کلریدکلسیم تفاوتی از لحاظ شاخص برداشت نداشتند. شاخص برداشت در رژیم یک‌بار آبیاری مرحله گلدهی کمتر از شاخص برداشت رژیم یک‌بار آبیاری مرحله غلاف‌دهی بود و محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم و یا سلنات سدیم و محلول‌پاشی کائولین با مصرف کلریدکلسیم در رژیم آبی مذکور اختلافی نشان ندادند. رژیم بدون آبیاری (دیم) نسبت به سایر رژیم‌های آبیاری کمترین شاخص برداشت را داشت، ولی با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم افزایش شاخص برداشت در این رژیم مشاهده شد. هرچند محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم و یا سلنات سدیم و محلول‌پاشی کائولین با مصرف کلریدکلسیم و مصرف انفرادی کلریدکلسیم اختلافی با هم نشان ندادند (جدول ۵).

شاخص برداشت نشان‌دهنده میزان مواد انتقال‌یافته و ذخیره‌شده در دانه نسبت به کل مواد تولیدشده در دوران رشد رویشی و زایشی است. گزارش شده است که در گیاه عدس نیز کاربرد کیتوزان شاخص برداشت را تحت شرایط خشکی افزایش داده است (Jan-Mohammadi *et al*., 2014). کیتوزان با تأثیر بر پتانسیل آب گیاه، افزایش محتوای کلروفیل و اندازه کلروپلاست‌ها در سلول سبب بهبود فتوسنتز در برگ‌ها شده و در افزایش شاخص برداشت مؤثر است (Farouk *et al*., 2013). کائولین نیز در گیاه کتان (Gaballah & Abu- Leila, 2000) تحت تنش شوری و در لوبیا (Yigitarslan, 2010) تحت تنش خشکی سبب افزایش شاخص برداشت شده است. همچنین در گیاهان گراس (Chengbin *et al*., 2013) و سورگوم (Sadeghi-Lotf-Abadi *et al*., 2010) شاخص برداشت با کاربرد کلریدکلسیم و در گیاهان گندم (Fahim-Nawaz *et al*., 2015) و جو (Habibi, 2013) با کاربرد سلنات سدیم تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافته است. از سوی دیگر کاربرد کلریدکلسیم و سلنات سدیم با حفظ رطوبت و ارتقاء رشد گیاه، سبب افزایش عملکرد و انتقال مواد به دانه شده و در بهبود شاخص برداشت مؤثرند (Nemat *et.al*., 2011).

بیشینه شاخص سطح برگ

بیشینه شاخص سطح برگ برای رژیم آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش و نیز اثرات متقابل آن‌ها در سطح یک‌درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۳). در رژیم دوبار آبیاری با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم بیشینه شاخص سطح برگ حاصل شد که نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی یا غلاف‌دهی و بدون آبیاری به‌ترتیب ۲۰، ۱۱ و ۵۲درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). در رژیم‌های یک‌بار آبیاری مراحل غلاف‌دهی و گلدهی محلول پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم بهترین تیمار برای بیشینه شاخص سطح برگ بود. در رژیم بدون آبیاری نسبت به سایر رژیم‌های آبی بیشینه شاخص سطح برگ کاهش بیشتری پیدا کرد و نسبت به رژیم یک‌بار آبیاری مرحله گلدهی در محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم، با افت ۲۱درصدی نشان داد که با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم و یا سلنات سدیم اختلافی نداشت (جدول ۵). گزارش شده است که کاربرد کیتوزان در لوبیا (Abu-Muriefah, 2013) و در بامیه (Mondal *et al*., 2012) و همچنین استفاده از کلریدکلسیم در گیاه تنباکو (Wei *et al*., 2011) و سلنات سدیم در گندم (Fahim-Nawaz *et al*., 2015) طی تنش خشکی، موجب افزایش شاخص سطح برگ شده است.

در تحقیق حاضر، بیشینه شاخص سطح برگ در رژیم دوبار آبیاری و یک‌بار آبیاری با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم اقزایش یافت. به‌نظر می‌رسد با اعمال آبیاری در مراحل مهم رشد و کاربرد کیتوزان، شرایط برای افزایش رشد برگ‌ها در بوته فراهم گردیده که در نهایت افزایش سطح برگ در کانوپی را دربرداشته است.

بیشینه سرعت رشد گیاه

بیشینه سرعت رشد گیاه برای رژیم آبیاری، مواد کاهنده تعرق و تنش و نیز اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها در سطح یک‌درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). رژیم دوبار آبیاری با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم بیشینه سرعت رشد گیاه را داشت و نسبت به رژیم‌های یک‌بار آبیاری در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی و بدون آبیاری به‌ترتیب ۳۱، ۱۹ و ۱۰۴درصد در این صفت افزایش نشان داد (جدول۵).

در رژیم یک‌بار آبیاری مرحله غلاف‌دهی محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم و یا سلنات سدیم اختلافی نشان ندادند. رژیم یک‌بار آبیاری مرحله گلدهی بیشینه سرعت رشد گیاه کمتری نسبت به رژیم یک‌بار آبیاری مرحله

غلافدهی داشت و محلول‌پاشی کیتوزان به همراه کلریدکلسیم اثر بهتری در سرعت رشد گیاه رژیم آبی مذکور گذاشت. در رژیم بدون‌آبیاری نسبت به سایر رژیم‌های آبی کاهش بیشتری در بیشینه سرعت رشد گیاه مشاهده شد. در این شرایط تیمار محلول‌پاشی کیتوزان با مصرف کلریدکلسیم نسبت به رژیم یک‌بار آبیاری مرحله گلدهی ۳۶درصد کاهش داشت (جدول۵).

کاربرد کیتوزان در گیاه لوبیا (Abu-Muriefah, 2013) و مصرف کائولین در گیاه زینتی (*Polianthes tuberosa* L.) (Moftah & Al-Humaid, 2005) سبب ارتقاء بیشینه رشد گیاه تحت تنش خشکی شده است. کاربرد مواد کاهنده تنش در کیاهان از جمله کلریدکلسیم در گیاه شبدر مصری (Balwinder *et al*., 2013) و سلنات سدیم در گیاه سیب زمینی (Germ *et al*., 2007)، تحت تنش آبی موجب افزایش پتانسیل آب گیاه، فتوسنتز و افزایش بیوماس و در نهایت سرعت رشد بیشتر در این گیاهان شده است.

در این آزمایش بیشینه سرعت رشد در گیاه در رژیم‌های دوبار آبیاری با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم به‌دست آمد. از آن جا که سرعت رشد سلول و به‌تبع آن سرعت رشد گیاه به فشار تورژسانس سلول و اتساع دیواره سلولی وابسته است، لذا سرعت رشد سلول با افزایش آب قابل دسترس افزایش یافت. قابل ذکر است فشار تورژسانس قبل از شروع رشد سلول، همان فشار آستانه یا بحرانی است که در بالاتر از آن سرعت رشد افزایش می‌یابد، هرچند سرعت آن بستگی به هدایت هیدرولیکی آب از غشاء سلولی دارد (Ahmadi & Siosemardeh, 2001). به‌نظر می رسد با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم و انجام آبیاری، فشار تورژسانس لازم برای حداکثر رشد گیاه بهتر فراهم شده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با توجه به کاربرد مواد کاهنده تعرق و تنش در رژیم‌های مختلف آبیاری می‌توان چنین استنباط کرد که محلول‌پاشی ۲۰۰میلی‌گرم در لیتر کیتوزان به همراه مصرف پنج‌میلی مولار کلریدکلسیم در رژیم دوبار آبیاری (مراحل گل+غلاف)، یک‌بار آبیاری مرحله گلدهی و بدون‌آبیاری در تمامی صفات به جز تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک و در رژیم یک‌بار آبیاری مرحله غلاف‌دهی برای تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز تعداد دانه در غلاف بیشترین تأثیر را در رشد و عملکرد گیاه داشت. رژیم یک‌بار آبیاری در مرحله غلاف‌دهی نسبت به یک‌بار آبیاری در مرحله گلدهی و بدون آبیاری (دیم) با محلول‌پاشی کیتوزان و مصرف کلریدکلسیم به‌ترتیب سبب افزایش ۴۲ و ۱۹۲درصدی در عملکرد دانه شد. بنابراین با توجه به ضرورت گسترش کشت گیاه نخود در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و اقتصادی‌بودن ترکیبات مورد استفاده به عنوان مواد کاهنده تعرق و افزایش‌دهنده تحمل به تنش به ویژه برهم‌کنش مناسب کیتوزان با کلریدکلسیم، می‌توان از آن‌ها برای حفظ عملکرد مطلوب و کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی استفاده کرد. بر اساس نتایج حاصله پیشنهاد می‌شود درصورت وجود آب کافی از رژیم دوبار آبیاری (مراحل گل+غلاف) و در صورت کمبود آب از رژیم یک‌بار آبیاری در مرحله غلاف‌دهی ترجیحاً با محلول‌پاشی کیتوزان و کلریدکلسیم برای افزایش عملکرد رقم آزاد نخود استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان همدان و مدیریت ایستگاه اکباتان و مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کشور که در پیشبرد این پژوهش نهایت همکاری و مساعدت را به عمل آوردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Abu-Muriefah, S.S. 2013. Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus valgaris* L.) plants grown under water stress conditions. International Research Journal of Agriculture Science and Soil Science 3(6): 192-199.
2. Ahmadi, A., and Siosemardeh, A. 2001. Crop Physiology.Tehran University Press. (In Persian).
3. Amuthavalli, D.A., and Sivasankara-Moorthy, S. 2012. Effect of calcium chloride on growth and biochemical constituents of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under salt stress. International Journal of Research in Botany 2(3): 9-12.
4. Balwinder, K., Yadvinder, S., Ram, H., and Sarlach, R.S. 2013. Enhancing seed yield and quality of Egyption clover (*Trifolium alexandrinum* L.) with foliar application of bio-regulators. Field Crops Research 146: 25-30.
5. Benami, A., and Ofen, A. 1984. Irrigation Engineering: Sprinkler, Trickle, Surface Irrigation : Principles, Design and Agricultural Practices. Irrigation Engineering Scientific Publications.

6. Chengbin, X., Xuemei, L., and Lihong, Z. 2013. The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis, and antioxidan responses of (*Zoysia japonica* L.) under drought conditions. Plos One 8(7): 1-10.
7. Fahim-Nawaz, R., Ahmad, M.Y., Ashraf, E.A., and Waraich, S.Z.K. 2015. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. Ecotoxicology and Environmental Safety 113: 191-200.
8. Farouk, S., Amira, M.S., and Abdul, Q. 2013. Osmotic adjustment and yeild of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in response to drought stress and chitosan. Indian Journal of Applied Research 3(10): 1-6.
9. Gaballah, M.S., and Abou-Leila, B. 2000. The response of flax (*Linum usitatissimum* L.) plant grown under saline condition to gypsum application in addition to kaolin spray. Egyption Journal of Applied Science 15(1): 326-331.
10. Germ, M., Kreft, I., Stibilj, V., and Urbane-Bercic, O. 2007. Combined effects of selenium and drought on photosynthesis and mitochondrial respiration in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Physiology and Biochemistry 45(2): 162-167.
11. Glenn, D.M., and Puterka, G.J. 2005. Partide Films: A New Technology for Agriculture. Horticultural Reviews 31: 1-44.
12. Gupta, A.K., Singh, J., Kaur, N., and Singh, R. 1993. Effect of polyethlene-glycol induced water stress on uptake interconversion and transport of sugars in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings. Plant Physiology and Biotechnology 31: 743-747.
13. Habibi, G. 2013. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). Acta Agriculture Slovenica 101(1): 31-39.
14. Hasegawa, P., Bressan. R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant celluler and moleculer reponses to high salinity. Plant Molecular Biology 51: 463-499.
15. Ilkaei, M.N., Habibi, D., Pak-Nejad, F., and Goldozi, F. 2009. Effects of selenium spray in tolerance under water stress conditions in red beans (*Phaseoulus vulgaris* L.) different cultivars. Iran Breeding Plants and Agronomy 5(2): 61-71. (In Persian with English Summary).
16. Jaleel, C.A., Manivannan P., Sankar B., Kishorekamar, A., and Gopi, R. 2007. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in cartharanthus roseus: effects on oxidative stress, proline metabalism and indole alkaloid accumulation. Colloids Surfaces B: Biointerfaces 60: 110-116.
17. Jan-Mohammadi, M., Mostafavi, H., Kazemi, H. 2014. Effect of chitosan application on the performance of lentil (*Lens culinaris* L.) genotypes under rained conditions. Acta Technologica Agriculture 4: 86-90.
18. Kanouni, H. 2003. Study seed yield and some of effective traits on chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under water stress conditions in Kordestan. Iran. Crop Sciences 5(2): 146-152.
19. Kuznetsov, V.V., Kholodova, V.P., and Yagodin, B.A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Doklady Biological Sciences 390: 266-268.
20. Limpa-Navech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., and Chadehanwan, S. 2008. Effect of chitosan on floral production, gene expression and anatomical changes in the dendrobium orchid. Scientia Horticulture 116: 65-72.
21. Liu, F., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2004. Pod set related to photosynthetic rate and endogenous abscisic acid in soybean (*Glycine max* L.) subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. Annual Botany 94(3): 405-411.
22. Ma, R., Zhang, M., Li, B., Du, G., Wang, J., and Chan, J. 2005. The effects of exogenous Ca^{2+} on endogenous polyamine levels and drought resistant traits of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under arid conditions. Journal of Arid Environments 63: 177-190.
23. Moftah, A.E., and Al-Humaid, A.I. 2005. Effects of Kaolin and pinolene film forming polymers on water relations and photosynthetic rate of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). Agricultural Sciences 18(1): 35-49.
24. Mondal, M.M.A., Malek, M.A., and Puteh, A.B. 2012. Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Australiam Journal of Crop Science 6(5): 918-921.
25. Nemat, M., Hassan-Ahmed, K.A., and Saged, E.L. 2011. Molecular aspects in elevation of sunflower (*Helianthus annus* L.) tolerance to drought by boron and calcium foliar sprays. Acta Physiology Plant 33: 593-600.
26. Rab, A., and Haq, I-U. L. 2012. Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 36: 695-701.
27. Rentel, M.C., and Knight, M.R. 2004. Oxidative stress induced calcium signaling in Arabidopsis. Plant Physiology 135: 1471-1479.

28. Rinaudo, M. 2006. Chitin and chitosan: properties and application. Progress in Polymer Science 32: 603-632.
29. Sadeghi-Lotf-Abadi, S., Kafi, M., and Khazaei, H. R. 2010. Study effects moderating soil application and spraying KCl and $CaCl_2$ on the morphological and physiological in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in salt stress conditions.Water and Soil Agricultural Industrial and Sciences 24(2): 385-393. (In Persian with English Summary).
30. Sajedi, N.A. 2012. Study of effect selenium and salicylic acid on remobilization, current photosynthesis, and seed yield in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in dry land conditions. Crop Production in Environmental Stress Conditions 4(1): 1-14. (In Persian with English Summary).
31. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpour. S.H. 2006. Effect of irrigation on growth and yield of four cultivars chickpea (*Cicer arietinum* L.) in grain filling and podding stages. Journal of Agriculture Research 7: 1-15. (In Persian with English Summary).
32. Wei, T., Qingwei, M., Marian, B., Katarina, Q., and Xinghong, Y. 2011. Photosynthesis is improved by exogenous calcium in heat stressed tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.). Journal of Plant Phsiology 168: 2063-2071.
33. Xue, T.L., Hartikainen, H., and Pironen, V. 2001. Antioxidative and growth promating effects of selenium on scenesing lettuce (*Lactuca sativa* L.). Plant and Soil 273: 55-61.
34. Yigitarslan, U. 2010. Graduate School of Natural and Applied Sciences. MSc. Thesis. University of Ankara, Turkey.
35. Zhang, M. Q. 2005. The Molecular Physiology and Genetic Improvement. Beijing: Science Press.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 178-192 (Research Article)

Effect of Kaolin, Chitosan, Chloride Calcium and Selenat Sodium on growth, grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under supplemental irrigation

Mohammadi[1], H., Sepehri[2*], A. & Sabaghpour[3], S.H.

1. PhD. Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, houmanagri1@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3. Professor, Agronomy and Horticulture Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, sabaghpour@yahoo.com

Received: 1 February 2018
Accepted: 22 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69438

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most important grain legumes, which is cultivated in most parts of the world, especially in arid and semi-arid regions because of its strategic importance in plant protein production. Among environmental stresses, drought stress limits plant growth and crop production more than any other factor. Many reports indicate that drought stress at the end of the season is the cause of a severe decrease in grain yield of chickpea in most regions, especially in Iran. Terminal drought, depending on the geographical area and weather conditions reduces 30 to 60 percent of the yield. With the improvement of crop management methods, such as breeding methods and using drought stress tolerant cultivars, it is possible to ameliorate the reduction of yield due to drought stress. On the other hand, application of supplemental irrigation at some stages of plant growth is a management factor for improvement, stability and finally reduction of risk for crop production under drought stress conditions. By increasing the intensity of drought stress, the plant development stages occur faster and the number of days to flowering, podding and maturation decreases. Drought stress decreases the area and weight of leaves. The results of the experiments indicated that drought stress caused a significant decrease in grain yield and yield components of chickpea. One way to reduce the adverse effects of drought stress on plants is reducing transpiration rates. In recent years, transpiration alleviator substances have been considered as a solution to reduce water losses from plant, because they reduce the rate of water vapor release from the leaves. Also, stress ameliorator substance such as calcium chloride and sodium selenate play an important role in adaptation of cells to abiotic stresses and increase the activity of antioxidants anzymes and photosynthesis through water absorption, root growth and maintaining turgor pressure in plant cells. The aim of this study was to investigate kaolin and chitosan as transpiration alleviator substances as well as calcium chloride and sodium selenate stress ameliorators on growth, yield and yield components of Azad chickpea cultivar under different irrigation regimes.

Materials & Methods

Effects of kaolin, chitosan and drought stress ameliorators on crop growth rate, grain yield and yield components of chickpea were investigated under supplemental irrigation at Hamedan Agricultural and Natural Resources Research Center during 2014-2015 growing season. A factorial split plot experiment basesd on a completely randomized block design with three replications were used. Three supplemental irrigation regimes, including irrigation at flowering stage, irrigation at podding stage and two irrigation flowering+podding stages with non irrigation (rainfed) in main plots and transpiration alleviator substances (kaolin 5%, chitosan 200 mlL^{-1}) and stress ameliorators (chloride calcium 5 mM, selenat sodium 40 mlL^{-1}) with non spray (control) treatments as factorial were placed in sub plots. Seeds were cultivated with 30 cm row spacing and 31 plants per m^2 density at 5 cm depth of soil on March 5th. Application of stress ameliorators was performed in two stages before and after flowering. Spraying of anti-transpirations substances in the middle of the pudding stage was done by hand sprayed on the leaves. During this

*** Corresponding Author:** sepehri2748@gmail.com

investigation, maximum leaf area index, maximum crop growth rate, biological yield, grain yield, yield components and harvest index of chickpea (var. Azad) were studied.

Results & Discussion

The results showed that the main effects of irrigation levels and transpiration alleviator substances in all studied traits, except to biological yield, also drought stress ameliorators except for seed number per pod were significant at the 1% level. The two and three interactions between studied factors were significant for different traits except to the number of seeds per pod. Foliar application of chitosan and calcium chloride in one irrigation at podding stage compared to irrigation at flowering stage or without irrigation (rainfed) increased seed yield by 42% and 192%, respectively. Also, spraying of chitosan with calcium chloride in two supplemental irrigation regime increased the grain yield comperad to one irrigation regimes at flowering or podding and rainfed by 99%, 41% and 312%, respectively. Two irrigation regimes with chitosan spray and calcium chloride consumption had the highest harvest index (50.3%) and in comparison to one irrigation regimes at flowering or podding and rainfed increased harvest index by 33%, 15% and 85%, respectively. Two irrigation regimes with chitosan and calcium chloride application had the maximum crop growth rate of plant and in comparison to one irrigation regime at flowering, podding stages and rainfed increased by 31%, 19% and 104%, respectively. In the two irrigation regimes with chitosan foliar and calcium chloride consumption, the maximum leaf area index was increased as compared to single irrigation regimes in flowering or podding stages and without irrigation.

Conclusion

Based on the present study, if sufficient water is available, it is preferable to use a double irrigation regime at flower and pod stages or at least a single irrigation regime in the podding stage with the spray of chitosan and calcium chloride to increase the grain yield of the chickpea (var. Azad) is recommended.

Keywords: Crop growth rate, Harvest index, Irrigation regime, Stress ameliorators, Transpiration alleviator

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۲۰۳-۱۹۳
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 193-203 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70012

بررسی برخی خصوصیات کمّی و کیفی نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) رقم عادل تحت تأثیر نیتروژن و آبیاری تکمیلی

ارازقلی خوجم‌لی[1*]، علی نخزری مقدم[2]، مهدی ملاشاهی[3] و لیلا آهنگر[4]

۱- کارشناس ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه گنبد
۲- استادیار گروه اگروتکنولوژی، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد، a_nakhzari@yahoo.com
۳- استادیار گروه اگروتکنولوژی، حشره‌شناسی، دانشگاه گنبد، m_mollashahi@yahoo.com
۴- استادیار گروه اگروتکنولوژی، بیوتکنولوژی، دانشگاه گنبد، l.ahangar63@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر نیتروژن و آبیاری تکمیلی بر صفات کمّی و کیفی نخود زراعی رقم عادل، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف نیتروژن و مصرف ۲۵ و۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عامل آبیاری در سه سطح شامل بدون آبیاری و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی+پُرشدن دانه بود. اثر نیتروژن و آبیاری تکمیلی بر صفات مورد بررسی به‌جُز وزن۱۰۰دانه و درصد پروتئین معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه از تیمار مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن با ۳۲۸۷کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری در مراحل گلدهی+پُرشدن دانه با ۳۲۱۸کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که با تیمار آبیاری در مرحله گلدهی اختلاف معنی‌داری نداشت. حداکثر و حداقل عملکرد پروتئین به‌ترتیب به تیمار مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار عدم مصرف نیتروژن تعلق داشت. بیشترین عملکرد پروتئین با ۷۴۳کیلوگرم در هکتار به تیمار آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه تعلق داشت و کمترین آن با ۵۸۱کیلوگرم به تیمار عدم آبیاری مربوط بود. در مجموع، مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری در مراحل گلدهی+پُرشدن دانه حداکثر عملکرد را تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: پُرشدن دانه، تشکیل غلاف، عملکرد پروتئین، وزن دانه

مقدمه

حبوبات به‌دلیل برخورداری از پروتئین بالای دانه از اهمیت غذایی بالایی برخوردار هستند. این گیاهان به‌دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی، در تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم زراعی حائز اهمیت هستند (Gaur *et al*., 2010).

نخود (*Cicer arietinum* L.) گیاهی از خانواده نخود است. سطح زیرکشت گیاه نخود در ایران در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، ۵۰۰هزارهکتار و میزان تولید آن، ۲۷۱هزارتُن بوده است (Information Technology and Relationship Center of Jihad Keshavarzi Ministry, 2017). ازآنجاکه تولید نخود در بیشتر مناطق در اثر کمبود رطوبت به‌خصوص در طی دوره رشد زایشی، محدود می‌شود، لذا انجام آبیاری می‌تواند در بهبود عملکرد و نیز ثبات آن مؤثر باشد (Zaferanieh *et al*., 2010).

نیتروژن مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی در بسیاری از نواحی دنیاست (Giller, 2004) که در تمام مراحل رویشی تا زمان برداشت گیاه مورد نیاز است (Rafiq *et al*., 2010). براساس نتایج بررسی‌ها افزایش میزان نیتروژن، افزایش درصد پروتئین را به‌دنبال داشت، اما افزایش کارآیی زراعی مصرف نیتروژن که همبستگی مثبتی با عملکرد دانه داشت، باعث کاهش درصد پروتئین دانه شد (Ehdaei *et al*., 2001). Saeedipour (2011) با بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم نخود در شرایط آب و هوایی اهواز گزارش کرد که مصرف نیتروژن عملکرد دانه را افزایش داد. فراهم‌بودن نیتروژن در زمان گلدهی موجب تشکیل بیشتر گره گل‌دهنده و در نتیجه تعداد غلاف بیشتر شد (Oweis *et al*., 2005).

* **نویسنده مسئول:** khojamli7048@gmail.com

آبیاری تکمیلی با رفع تنش در مراحل بحرانی رشد گیاه تأثیر جدی بر افزایش عملکرد نخود دارد. وقوع تنش خشکی در برخی از مراحل رشد می‌تواند خسارت جبران‌ناپذیری وارد نماید؛ از این رو، شناخت مراحل حساس رشد گیاهان به تنش خشکی و تأمین به‌موقع نیاز آن‌ها می‌تواند ما را در جهت حصول حداکثر عملکرد یاری نماید (Rezaeyan Zadeh *et al*., 2011). نتایج آزمایش Ataei Somagh *et al*, (2017) نشان داد که با تشدید کمبود آب، گیاه نخود مراحل نموی خود را سریع‌تر طی کرد و تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف بارور و وزن۱۰۰دانه را کاهش داد. در بررسی Amiri *et al*, (2015) مصرف نیتروژن و آبیاری بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. در بررسی آنان بیشترین عملکرد دانه، وزن۱۰۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته با مصرف ۷۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. مصرف بالای نیتروژن (۱۵۰کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه، وزن۱۰۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته را کاهش داد. علت کاهش عملکرد با مصرف نیتروژن زیاد، افزایش رشد رویشی و برخورد گیاه به شرایط تنش خشکی در انتهای فصل رشد ذکر شد. در بررسی Amini *et al*, (2017) تیمار آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی با متوسط عملکرد دانه ۱۴۶گرم در مترمربع نسبت به آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی برتری داشت. با توجه به اهمیت و جایگاه نخود به‌عنوان یک منبع تأمین پروتئین و تثبیت نیتروژن و با توجه به این‌که تأثیر نیتروژن و تنش بر نخود در استان گلستان کمتر بررسی شده است، لذا این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر نیتروژن و آبیاری تکمیلی برکمیت و کیفیت نخود در منطقه گنبد کاووس استان گلستان به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه با نمونه‌گیری از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری، در جدول۱ نشان داده شده است.

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

بافت Texture	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	عمق نمونه‌برداری Depth of sampling (cm)
سیلتی لومی Silt-loam	0.78	0.77	7.94	409	11	0.08	0-30

عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف نیتروژن، مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار در زمان کاشت، مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار در زمان کاشت و ۲۵کیلوگرم در هکتار در مرحله پُرشدن دانه و عامل آبیاری در سه سطح شامل بدون آبیاری، آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و همچنین آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی+پُرشدن دانه بود. در زمان کاشت ۱۰۰کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار مصرف گردید. کود نیتروژن خالص (با منشأ اوره ۴۶درصد) با توجه به میزان تعیین‌شده در تیمارها به‌صورت پایه و سرک مصرف شد. کشت در اواخر آذرماه۱۳۹۴ انجام شد. در این آزمایش از رقم نخود دیم عادل استفاده شد. فواصل خطوط کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته در روی ردیف۱۰سانتی‌متر بود. هر کرت شامل چهار خط به‌طول چهار متر بود. بذور نخود در عمق سه سانتی‌متر کشت شدند. در هر کپه دو بذر کاشته شد. در مرحله سه تا چهاربرگی بوته‌های اضافی نخود حذف و در هر کپه یک بوته باقی ماند. مقدار آب مصرفی در هر مرحله ۳۰۰مترمکعب در هکتار بود.

برای تعیین عملکرد دانه، در اواسط خردادماه۱۳۹۴ دو ردیف حاشیه و نیم‌متر از دو طرف ردیف‌های وسط، حذف و بقیه برداشت شد. از هر کرت تعداد۱۰بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه، وزن خشک بوته، وزن دانه در بوته، شاخص برداشت و درصد پروتئین اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد پروتئین مقدار۱۰گرم دانه از کرت آسیاب و به‌صورت پودر در آمد و سپس با روش AOAC (2003) درصد نیتروژن تعیین شد. عملکرد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه به‌دست آمد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Ver. 9.1) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون

حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دارشدن اثر نیتروژن و آبیاری تکمیلی بر صفات تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن خشک بوته، عملکرد تک‌بوته، شاخص برداشت و عملکرد دانه در سطح یک‌درصد بود. اثر نیتروژن بر عملکرد پروتئین در سطح یک‌درصد و اثر آبیاری تکمیلی بر عملکرد پروتئین در سطح پنج‌درصد معنی‌دار شد. وزن۱۰۰دانه و درصد پروتئین تحت تأثیر نیتروژن و آبیاری تکمیلی قرار نگرفتند. اثر متقابل نیتروژن×آبیاری تکمیلی در مورد هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نیتروژن و آبیاری تکمیلی بر صفات کمّی و کیفی مورد مطالعه در نخود عادل

Table 2. Analysis variance of effect of nitrogen and supplemental irrigation on studied quantity and quality traits of Adel chickpea

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی Lateral branches No.	تعداد غلاف در بوته Number of pods/ plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds/plant	وزن۱۰۰دانه 100-Seed weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	عملکرد تک‌بوته Yield per plant	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield
تکرار Replication	2	0.153	4.185	8.842	7.587	8.380	1.649	3.015	55864	1.54	5993
نیتروژن Nitrogen (N)	2	2.677**	171.2**	206.8**	38.88 ns	274.6**	32.45**	26.70**	2512568**	4.673ns	190029**
آبیاری Irrigation (I)	2	6.695**	87.11**	138.5**	32.71ns	243.3**	25.55**	11.39**	1645868**	4.863ns	60486*
نیتروژن×آبیاری (N×I)	4	0.37ns	1.646ns	2.703ns	5.604ns	6.582ns	0.659ns	0.076ns	57942ns	0.913ns	4137ns
خطا Error	16	0.438	11.54	15.18	11.82	38.89	2.503	0.432	154843	2.014	10771
ضریب تغییرات (%) C.V.	-	10.22	13.02	13.73	12.43	20.64	19.85	2.52	13.99	5.97	15.51

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

تعداد شاخه جانبی

از آنجاکه غلاف‌ها بر روی شاخه‌های جانبی رشد می‌کنند، تعداد شاخه‌های جانبی نقش بسیار مهمی در عملکرد نهایی دارا می‌باشند. بیشترین تعداد شاخه جانبی مربوط به تیمار مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و برابر هفت عدد بود که از نظر آماری با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد شاخه جانبی با ۵/۹۱ به تیمار عدم مصرف نیتروژن تعلق داشت که با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۳). در بررسی Taufiq & Kristiono (2016) مصرف نیتروژن به مقدار ۳۷/۵کیلوگرم، فسفر به مقدار ۷۳/۵کیلوگرم، پتاسیم به مقدار ۳۷/۵کیلوگرم و کود ارگانیک (پتروگانیک) به‌میزان پنج تُن در هکتار نسبت به عدم مصرف آن‌ها تعداد شاخه را در تراکم ۳۳بوته در مترمربع، بیش از ۲/۵برابر و تعداد غلاف پُر را ۲۵درصد افزایش داد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کمّی و کیفی نخود عادل تحت تأثیر مصرف نیتروژن

Table 3. The mean comparisons of quantity and quality traits of Adel chickpea under nitrogen consumption

صفات Traits / نیتروژن Nitrogen (Kg/ha)	تعداد شاخه جانبی Lateral Branch No.	تعداد غلاف در بوته Number of pods/plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds/plant	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	عملکرد تک‌بوته (گرم) Yield per plant (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield ($Kg.ha^{-1}$)
0	5.91b	21.13b	23.03b	23.94b	5.90 b	24.52c	2243 b	516c
25	6.51ab	27.76a	29.79a	32.31a	8.37a	25.84b	2906a	686b
50	7.00a	29.36a	32.30a	34.37a	9.64a	27.93a	3287a	805a
LSD 5%	0.66	3.39	3.89	6.23	1.58	0.66	393	104

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمونLSD می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on LSD Test.

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی با ۷/۲۷ مربوط به تیمار آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه و کمترین تعداد شاخه جانبی با ۵/۵۶ مربوط به تیمار عدم آبیاری بود. با توجه به رشدنامحدودبودن نخود زراعی، آبیاری در مراحل زایشی توانست تعداد شاخه بارور در این گیاه را افزایش دهد. معمولاً شاخه‌های فرعی که در انتهای دوره رشد تشکیل می‌شوند، با عدم تأمین آب کافی برای رشد، غلاف بارور تشکیل نمی‌دهند؛ به‌همین دلیل، تعداد شاخه فرعی بارور در این تیمارها کمتر از تیمارهای آبیاری‌شده می‌باشد. باروری گل‌هایی که دیر تشکیل می‌شوند نیز به‌علت اختصاص کمتر مواد فتوسنتزی به آنها، کمتر است. Valad (2009) Abadi *et al,* معتقدند که گیاه در شرایط بدون تنش به‌دلیل دسترسی بهتر به آب و مواد غذایی می‌تواند شاخه‌های فرعی بیشتری نسبت به شرایط تنش تولید کند.

تعداد غلاف در بوته

افزایش تعداد غلاف در بوته همراه با افزایش سطح نیتروژن را می‌توان 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 سبب افزایش توسعه کانوپی می‌شود و انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که منجر به افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در گیاه می‌گردد. مقایسه میانگین نشان داد که تعداد غلاف در بوته در تیمار مصرف ۵۰ و ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۲۹/۳۶ و ۲۷/۷۶ بیش از تیمار عدم مصرف نیتروژن بود. حداقل تعداد غلاف در بوته هم به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). Ramroodi *et al,* (2008) نیز نتایج مشابهی را از تأثیر نیتروژن بر عدس (*Lens culinaris* L.) گزارش کردند.

آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه باعث تولید بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۹/۲۰) شد که با تیمار آبیاری در مرحله گلدهی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). مطلوب‌بودن شرایط برای تولید شاخه بیشتر، افزایش تعداد گل های بارور و پُرشدن بهتر غلاف‌ها در تیمار آبیاری در مرحله گلدهی و پُرشدن دانه را می‌توان عامل بالابودن تعداد غلاف در این تیمار دانست. Rezvani Moghaddam & Samarjan (2009) علت افزایش تعداد غلاف در بوته را تولید مخازن زایشی بیشتر و Naseri *et al,* (2015) کاهش تعداد گل‌های عقیم ذکر کردند.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمّی و کیفی نخود عادل تحت تأثیر آبیاری تکمیلی

Table 4. The mean comparisons of quantity and quality traits of Adel chickpea under supplemental irrigation

صفات Traits / آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation	تعداد شاخه جانبی Lateral Branch No.	تعداد غلاف در بوته Number of pods/plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds/ plant	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (g)	عملکرد تک‌بوته (گرم) Yield per plant (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg.ha^{-1})	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (Kg.ha^{-1})
عدم آبیاری none irrigation	5.56^{c}	22.98^{b}	24.5^{b}	25.08^{b}	6.282^{c}	24.87^{c}	2366^{b}	581^{b}
گلدهی flowering stage	6.60^{b}	22.06^{ab}	28.29^{b}	30.07^{ab}	7.974^{b}	26.33^{b}	2852^{a}	683^{ab}
گلدهی+پُرشدن دانه flowering+seed filling stages	7.27^{a}	29.2^{a}	32.34^{a}	35.48^{a}	9.652^{a}	27.09^{a}	3218^{a}	743^{a}
LSD 5%	0.66	3.39	3.89	6.23	1.58	0.66	393	104

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمونLSD می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on LSD Test.

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است. افزایش این صفات با مصرف نیتروژن باعث شد بیشترین تعداد دانه در بوته از تیمار مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شود که با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه در بوته با ۲۳/۰۳ مربوط به تیمار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول ۳). این مسئله بیانگر تأثیر نیتروژن بر باروری گل‌ها، تشکیل غلاف و تعداد دانه در بوته است. Ghobadi *et al,* (2014) بیان کردند که نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه در بوته نخود گردید. Yazdi-Samadi *et al,*(2001) نشان دادند که

با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن تعداد دانه در بوته عدس (*Lens culinaris* L.) افزایش یافت.

تیمار آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه بیشترین تعداد دانه در بوته را با ۳۲/۳۴ تولید کرد و کمترین تعداد دانه در بوته با ۲۴/۵۰ مربوط به تیمار عدم آبیاری بود که با تیمار آبیاری در مرحله گلدهی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بالابودن تعداد دانه در بوته در تیمار آبیاری در مرحله گلدهی+پُرشدن دانه را می‌توان به بالابودن تعداد غلاف در بوته به‌دلیل مهیابودن شرایط برای رشد مطلوب نخود در تمام مراحل رشد که منجر به طولانی‌تر شدن دوره رشد و در نتیجه تشکیل گل بیشتر، غلاف بیشتر و فتوسنتز بیشتر شد، نسبت داد. کاهش تعداد دانه در بوته به‌خصوص در شرایط عدم مصرف نیتروژن و همچنین عدم آبیاری می‌تواند ناشی از کاهش تعداد غلاف در بوته باشد که باعث کاهش تعداد دانه در بوته بود. Shobeiri *et al*, (2007) نیز بیشترین تعداد دانه در بوته را در شرایط آبیاری کامل و کمترین تعداد دانه در بوته را در تیمار بدون آبیاری مشاهده کردند. کاهش تعداد دانه در بوته به‌خصوص در شرایط عدم مصرف نیتروژن و همچنین عدم آبیاری می‌تواند ناشی از کاهش تعداد غلاف در بوته باشد که باعث کاهش تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌گردد.

وزن خشک بوته

نیتروژن نقش بسیار پُررنگی در افزایش رشد رویشی گیاه دارد و با افزایش دسترسی به آن، وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد. همچنین افزایش مصرف کود نیتروژن موجب افزایش وزن خشک در واحد سطح می‌شود. با افزایش این کود تا یک میزان مشخص وزن خشک به‌صورت خطی افزایش و بعد از آن ثابت می‌شود. کاربرد بیش از حد نیتروژن دارای اثرات بازدارنده بر رشد گیاه می‌باشد، لذا فراهمی مناسب و کافی این عنصر باعث افزایش رشد و وزن خشک گیاهان می‌شود (Zeinali *et al*., 2012). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن خشک بوته با ۳۴/۳۷گرم متعلق به تیمار مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار (با ۳۲/۳۱گرم) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین آن مربوط به تیمار عدم مصرف نیتروژن با ۲۳/۹۴گرم بود (جدول ۳). مصرف نیتروژن سبب بهبود رشد رویشی، تولید ساقه بیشتر و در نتیجه افزایش وزن بوته شد. نتایج Bilsborrow *et al*, (1993) نیز نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش وزن خشک بوته نخود گردید.

بیشترین وزن خشک بوته با ۳۵/۴۸گرم به تیمار آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه تعلق داشت که با تیمار آبیاری در مرحله گلدهی (۳۰/۰۷گرم) اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین وزن خشک با ۲۵/۰۸گرم مربوط به تیمار عدم آبیاری بود که حاکی از آن است که تنش در مراحل اولیه تأثیر بیشتری بر کاهش وزن خشک بوته‌ها می‌گذارد (جدول ۴). Emam *et al*, (2010) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر دو رقم لوبیا نشان دادند که تنش آبی وزن خشک بوته را کاهش داد.

عملکرد تک‌بوته

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر عملکرد تک‌بوته با ۹/۶۴گرم متعلق به تیمار۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تیمار مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۸/۳۷گرم اختلاف معنی‌داری نداشت. حداقل عملکرد تک‌بوته هم به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). در واقع، 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 درحال‌پُرشدن می‌شود و به‌دنبال آن وزن دانه افزایش می‌یابد. Salehin & Rahman (2012) علت افزایش وزن دانه را افزایش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر مصرف نیتروژن ذکر کرده و معتقدند که نیتروژن باعث طولانی‌شدن دوره مؤثر پُرشدن دانه و نیز بهبود سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های درحال‌رشد می‌شود.

بیشترین عملکرد تک‌بوته (۹/۶۵گرم) مربوط به تیمار آبیاری در مرحله گلدهی و پُرشدن دانه بود و کمترین عملکرد تک‌بوته با ۶/۲۸۲گرم به تیمار عدم آبیاری تعلق داشت (جدول۴). وقتی گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، برای این‌که از اثرات تنش خشکی فرار کند، اقدام به کوتاه‌کردن چرخه زندگی خود می‌کند، بنابراین به‌دلیل کوتاه‌ترشدن طول دوره پُرشدن دانه، وزن نهایی دانه‌ها کم می‌شود. تنش خشکی با کاهش پوشش سبز و دوام آن در کنار کاهش مرحله زایشی باعث کوتاه‌شدن طول پُرشدن دانه و کاهش مواد فتوسنتزی تولیدشده می‌گردد. برخی محققان با بررسی روی گیاه نخود نشان دادند که محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و غلاف‌دهی موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک‌شدن دانه می‌شود. فراهمی رطوبت در مرحله گلدهی باعث طولانی‌ترشدن دوره پُرشدن دانه شده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری برای اختصاص به دانه‌ها فراهم می‌شود (Ullah *et al*., 2002).

شاخص برداشت

یکی از معیارهای مورد ارزیابی در سرمایه‌گذاری گیاهان زراعی در اندام‌های اقتصادی، شاخص برداشت می‌باشد.

شاخص برداشت نسبتی از عملکرد بیولوژیک است که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و با افزایش تسهیم ماده خشک برای عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت افزایش می‌یابد. مقایسه میانگین نشان داد که حداکثر شاخص برداشت نخود عادل مربوط به تیمار مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۲۷/۹۳درصد بود و حداقل شاخص برداشت با ۲۴/۵۲درصد متعلق به تیمار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول ۳). با افزایش سطح نیتروژن، این عنصر به میزان کافی در اختیار گیاه زراعی قرار می‌گیرد که این مسئله سبب رشد مناسب و افزایش عملکرد دانه نسبت به وزن خشک گیاه می‌گردد و در نتیجه شاخص برداشت افزایش پیدا می‌کند. افزایش شاخص برداشت در سطوح بالای مصرف نیتروژن احتمالاً به‌دلیل افزایش سطح برگ و دوام آن و افزایش تجمع ماده خشک در زمان پُرشدن دانه بود. Kashfi *et al*, (2011) اعلام کردند کاربرد ۵۰کیلوگرم کود نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش شاخص برداشت در گیاه نخود می شود، زیرا کود نیتروژن در ابتدای فصل رشد سبب استقرار سریع‌تر نخود در مزرعه، افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. همچنین، وجود نیتروژن در ابتدا و تا قبل از این‌که تثبیت نیتروژن توسط گرهک‌های ریشه‌ها در گیاه صورت گیرد، نیتروژن مورد نیاز آن را تأمین می‌کند.

بیشترین شاخص برداشت با ۲۷/۰۹درصد به تیمار آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری در مرحله پُرشدن دانه تعلق داشت و کمترین شاخص برداشت با ۲۴/۸۷درصد به تیمار عدم آبیاری مربوط بود (جدول ۴). با توجه به این‌که در مراحل تشکیل دانه‌ها کمبود رطوبت باعث کاهش فتوسنتز برای پُرشدن دانه‌ها می‌شود، در نتیجه شاخص برداشت کاهش می‌یابد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که فراهمی رطوبت در مرحله پُرشدن دانه از طریق افزایش فتوسنتز جاری و سهولت در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود. مطالعات نشان می دهد که بیشترین شاخص برداشت نخود تحت شرایط فاریاب حاصل می‌شود، زیرا با رشد رویشی مناسبی وارد مرحله زایشی می‌شود که می‌تواند غلاف‌های درحال پُرشدن را تغذیه کند. در این ارتباط، اجتناب از تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی به ویژه در مرحله غلاف‌دهی تا دانه بستن ضروری است (Jalota *et al*., 2006).

عملکرد دانه

با توجه به این‌که تعداد دانه در بوته با مصرف نیتروژن افزایش یافت، لذا افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه را هم افزایش داد. عملکرد دانه در تیمارهای مصرف ۵۰ و ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۳۲۸۷ و ۲۹۰۶کیلوگرم در هکتار بود. نتایج آزمایشی نشان داد که استفاده از منبع کودی اوره به میزان ۳۰کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در چهار مرحله مختلف از گلدهی تا پایان غلاف‌بندی نخود باعث افزایش عملکرد دانه شد (Palta *et al*., 2005). نتایج بررسی Maleki *et al*, (2014) نشان داد که بیشترین جذب نیتروژن از تیمار آبیاری به‌همراه کود نیتروژن و کمترین میزان جذب نیتروژن از تیمار بدون نیتروژن به‌دست آمد. استفاده از کود نیتروژن به میزان ۱۵۰کیلوگرم در هکتار همراه با استفاده از آبیاری تکمیلی در زمان گلدهی و پُرشدن دانه و تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم بالاترین میزان جذب نیتروژن را دربر داشت.

بالابودن اجزای عملکرد بوته در تیمار آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه باعث شد عملکرد دانه هم در این تیمار بیش از تیمارهای دیگر باشد (جدول ۴). Mousavi & Shakarami (2009) معتقدند که اعمال آبیاری از طریق افزایش شاخه‌دهی و تولید ماده خشک و همچنین اجزای عملکرد به‌خصوص افزایش تعداد غلاف در بوته موجب افزایش عملکرد نخود شد. در بررسی Naseri *et al*, (2015) آبیاری تکمیلی بدون درنظرگرفتن مرحله کاربرد آن نسبت به عدم آبیاری، عملکرد دانه نخود را افزایش داد. آنان معتقدند که هر مرحله از رشد از نظر واکنش به آب، از حساسیت زیادی برخوردار می‌باشد و می‌تواند به‌طور مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه تأثیرگذار باشد. نتایج بررسی برخی محققان نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل (۱۹۸۸کیلوگرم در هکتار) حاصل شد و پس از آن به‌ترتیب رژیم‌های آبیاری در مرحله گلدهی، شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و دانه‌بستن قرار داشتند. شرایط دیم (با ۱۰۶۸کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد دانه را تولید نمود که اختلاف آن با سایر سطوح آبیاری تکمیلی معنی‌دار بود (Parsa *et al*., 2011).

عملکرد پروتئین

با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، صفت عملکرد پروتئین هم افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار این صفت از مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۳). افزایش عملکرد پروتئین با مصرف نیتروژن را می‌توان به‌دلیل تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه و تبدیل آن به پروتئین بیشتر دانست. از آن‌جا که افزایش مصرف نیتروژن با افزایش میزان پروتئین دانه رابطه مستقیم دارد، به‌نظر می‌رسد که با افزایش مقدار نیتروژن، تشکیل پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیشتر شده و بنابراین، تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی افزایش یافته و مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب

کاهش می‌یابد. در نتیجه، مواد فتوسنتزی بیشتری به تشکیل پروتئین اختصاص خواهد یافت (Nouriyani, 2015).

عملکرد پروتئین دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین به‌دست می‌آید. درصد پروتئین تحت تأثیر تیمار تنش قرار نگرفت، لذا عملکرد پروتئین دانه در تیمار آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه ۷۴۳کیلوگرم در هکتار بود که بیش از تیمارهای دیگر بود (جدول ۴). دلیل بالابودن عملکرد پروتئین، بالابودن عملکرد دانه در این تیمار بود.

کمترین عملکرد پروتئین مربوط به تیمار عدم آبیاری با ۵۸۱کیلوگرم بود، هرچند درصد پروتئین در این تیمار کمی بیش از دو تیمار دیگر بود. علت آن، عملکرد بسیار پایین این تیمار بود که باعث شد افزایش پروتئین دانه کاهش عملکرد را جبران نکند و این تیمار حداقل عملکرد پروتئین را داشته باشد. برخی محققان معتقدند که در شرایط محدودیت آب، با انجام یک نوبت آبیاری در مرحله گلدهی عملکرد نخود افزایش می‌یابد. آبیاری تکمیلی باعث بهبود رشد گیاه به‌خصوص در مراحل مختلف مهم رشد می‌شود و در این حالت سهم نیتروژن دانه از محتوای نیتروژن کل کاهش می‌یابد (Rezaeyan Zadeh *et al.*, 2011). نتایج آزمایشی نشان داد که آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه باعث تولید حداکثر عملکرد دانه و عملکرد پروتئین شد. استفاده از پلیمر سوپرجاذب با کمک به نگهداری بیشتر آب به‌خصوص در آبیاری تکمیلی و اثر مثبت در کاهش تنش خشکی در مرحله گلدهی و پُرشدن دانه، باعث افزایش عملکرد و کیفیت دانه شد (Hasanvand *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری

طبق آزمایش انجام‌شده نیتروژن و آبیاری تکمیلی بر همه صفات مورد بررسی به‌جُز وزن۱۰۰دانه و درصد پروتئین تأثیرگذار بود. بیشترین مقدار صفات مورد بررسی در این پژوهش به‌ترتیب مربوط به تیمار مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و سپس مصرف ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. دو مرتبه آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه بیش از یک مرتبه آبیاری در مرحله گلدهی بر صفات مورد بررسی تأثیر گذاشت. کمترین مقدار صفات، مربوط به تیمارهای عدم مصرف نیتروژن و عدم آبیاری بود. در تیمار عدم مصرف نیتروژن عملکرد دانه ۲۲۴۳کیلوگرم در هکتار بود، درحالی‌که مصرف ۵۰ و ۲۵کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، عملکرد دانه را به‌ترتیب به ۳۲۸۷ و ۲۹۰۶کیلوگرم در هکتار رساند. عملکرد پروتئین در تیمار عدم مصرف نیتروژن، کم و ۵۱۶کیلوگرم در هکتار بود. با مصرف۵۰کیلوگرم نیتروژن عملکرد پروتئین به ۸۰۵کیلوگرم در هکتار رسید. آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه بیشترین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین را به‌ترتیب با ۳۲۱۸ و ۷۴۳کیلوگرم در هکتار ایجاد کرد که با تیمار آبیاری در مرحله گلدهی اختلاف معنی‌داری نداشتند. در تیمار عدم آبیاری، حداقل عملکرد دانه و عملکرد پروتئین به‌ترتیب ۲۳۶۶ و ۵۸۱کیلوگرم در هکتار تولید شد. تیمار آبیاری در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه، بیشترین و تیمار عدم آبیاری کمترین شاخص برداشت را داشت. با توجه به نتایج ذکرشده، به‌نظر می‌رسد برای تولید بیشتر نخود در واحد سطح، دو مرتبه آبیاری و همچنین مصرف نیتروژن به مقدار ۲۵کیلوگرم در هکتار لازم باشد.

منابع

1. Amini, Z., Parsa, M., Nasiri Mahallati, M., and Bannayan Aval, M. 2017. Effect of defoliation on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different amount of nitrogen fertilizer and irrigation regimes. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 9-21. (In Persian with English Summary).
2. Amiri, S.R., Parsa, M., Bannayan Aval, M., Nassiri Mahallati, M., and Deihimfard, R. 2015. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Mashhad climatic conditions. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 66-77. (In Persian with English Summary).
3. AOAC "Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists". 2003. (17th Ed. 2nd Revision). AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
4. Ataei Somagh, H., Habibi, H., and Fotokian, M.H. 2017. Effects of irrigation period and surfactant application on some yield and morphological characteristics of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences 10(1): 31-44. (In Persian with English Summary).
5. Bilsborrow, P.E., Evans, E.J., and Zhao, F.J. 1993. The influence of spring nitrogen on yield components. Journal of Agricultural Science 120: 219-224.
6. Ehdaei, B., Shakiba, M., and Waines, J. 2001. Sowing date and nitrogen input impudence nitrogen-use efficiency in spring bread and durum wheat genotypes. Journal of Plant Nutrition 24: 899-919.

7. Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., and Jalali, A.H. 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 9(5): 495-499.
8. Gaur, P.M., Tripathi, S., Gowda, C. L.L., RangaRao, G.V., Sharma, H.C., Pande, S., and Sharma, M. 2010. Chickpea Seed Production Manual. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics 28 pp.
9. Ghobadi, M., Salahi, H., Ghobadi, M.E., and Mansoorifar, S. 2014. The effect of supplementary irrigation and methods of nitrogen application on grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agricultural Water Management 16(3): 585-598. (In Persian with English Summary).
10. Giller, K.E. 2004. Emerging Technologies to Increase the Efficiency of Use of Fertilizer Nitrogen. In: A.R. Mosier, J.K. Syers and J.R. Freney (Eds.). Agriculture and the Nitrogen Cycle. Island Press, pp: 35-51.
11. Hasanvand, M.S., Ayneband, A., Rafiee, M., Mojadam, M., and Rasekh, A.R. 2014. Effects of supplemental irrigation and super absorbent polymer on yield and seed quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under dry-farming conditions. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 3(12): 174-185.
12. Information Technology and Relationship Center of Jihad Keshavarzi Ministry. 2017. Production of Crops in 2015-2016. 80 p.
13. Jalota, S.K., Sood, A., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer aeritinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management 79: 312-320.
14. 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 1(2): 11-20.
15. Maleki, A., Pournajaf, M., Naseri, R., Rashnavadi, R., and Heydari, M. 2014. The effect of supplemental irrigation, nitrogen levels and inoculation with *Rhizobium* bacteria on seed quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 3(6): 902-909.
16. Mousavi, S.K., and Shakarami, G. 2009. Effects of supplemental irrigation on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield in low rain condition. Electronic Journal of Crop Production 1(4): 99-113. (In Persian with English Summary).
17. Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2011. 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).
18. Nouriyani, H. 2015. Effects of nitrogen on yield, yield components and some quality characteristics of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Crop Production and Processing 5(16): 233-241.
19. Oweis, T., and Hachum, A. 2005. Water Harvestig and Supplement a Irrigation for Improved Water Productivity of Dry Farming Systems in West Asia and North Africa. "New Directions for a Diverse Planet". Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep- 1 Oct 2004, Brisbane, Australia.
20. 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 Agricultural Research 56(2): 105-112.
21. Parsa, M., Ganjali, A., Rezaeian Zadeh, E., and Nezami, A. 2011. The effect of supplemental irrigation on yield and growth indices of three chickpea cultivars in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 9(3): 310-321. (In Persian with English Summary).
22. Rafiq, M.A., Ali, A., Malik, M.A., and Hussain, M. 2010. Effect of fertilizer levels and protein contents of autumn plant maize. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 47: 201-208. (In Persian with English Summary).
23. 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 and Plant in Agriculture) 8(2): 69-77. (In Persian with English Summary).

24. Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplementary irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology) 25: 1080-1095. (In Persian with English Summary).
25. Rezvani Moghaddam, P., and Samarjan, R. 2009. Effect of different planting dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and yield of chickpea varieties ILC3279 in Neyshabur weather conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 2: 315-325. (In Persian with English Summary).
26. Saeedipour, S. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on yield and yield components of two chickpea cultivation in Ahvaz weather conditions. Journal of Vegetable Science 2(6): 43-51. (In Persian with English Summary).
27. Salehin, F., and Rahman, S. 2012. Effects of zinc and nitrogen fertilizer and their application method on yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L. Agricultural Sciences 3(1): 9-13.
28. Shobeiri, S., Ghassemi-Golezani, K., Golchin, 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(2): 1-12. (In Persian with English Summary).
29. Taufiq, A., and Kristiono, A. 2016. Effect of plant population on character expression of five mungbean genotypes under different soil fertility. Agrivita Journal of Agricultural Science 38(3): 251-260.
30. Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M., and Islam, W.A. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. Asian Journal of Plant Sciences 53: 355-357.
31. Valad Abadi, S., Lebaschy, M., and Ali abadi Farahani, H. 2009. The effect of application of mycorrhizal fungi (AMF), P_2O_5 fertilizer and irrigation on growth indices of coriander. Iranian Journal Medicinal and Aromatic Plants Research 25(3): 428-412. (In Persian with English Summary).
32. Yazdi-Samadi, B., Peighambari, S.A., and Majnoun Hosseini, N. 2001. Effect of application of nitrogen and phosphorus fertilizers on agronomic traits of lentil in Karaj region. Iranian Journal of Crop Sciences 32: 415-423. (In Persian with English Summary).
33. Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., and Bagheri A. 2010. 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 Field Crops Research 7(2): 483-492. (In Persian with English Summary).
34. Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., and Movahedi Naeeni, S.A., 2012. Evaluating nitrogen nutrition index of wheat (*Triticum aestivum* L.) fields in Gorgan. Journal of Plant production 19(4): 137-156. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 193-203 (Research Article)

Investigation of some quantitative and qualitative characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Adel cv. under the influence of nitrogen and supplemental irrigation

Khojamli[1]*, A., Nakhzari Moghaddam[2], A., Mollashahi[3], M. & Ahangar[4], L.

1. MSc. of Agroecology, Department of Agrotechnology, University of Gonbad Kavoos
2. Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Agroecology, University of Gonbad Kavoos, a_nakhzari@yahoo.com
3. Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Entomology, University of Gonbad Kavoos, m_mollashahi@yahoo.com
4. Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Biotechnology, University of Gonbad Kavoos, l.ahangar63@gmail.com

Received: 9 January 2018
Accepted: 25 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70012

Introduction

Population growth and low protein content of cereals has attracted the attention of peoples to pulse crops. Pulses has important role in contributing to food and nutritional security and replenishing soil nutrients having a huge potential in addressing needs like future global food security, nutrition and environmental sustainability needs. These plants can fix nitrogen in their roots and are effectiveness in soil fertility. After harvesting of these plants, large amounts of nitrogen will be added to the soil that next plant can use them. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is an annual plant with indeterminate growth habit. It is one of the most important food legumes. Generally, legumes are highly sensitive to water deficit stress in flowering stage. In different crops as well as chickpea, differential genotypic response to drought stress as a result of variation in physiological parameters has been reported. Drought stress is the most important challenges in production of chickpea in Golestan province. On time using of water in the most sensitive stage of plant growth will result in higher production of seeds. The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen and supplemental irrigation on some quantity and quality traits of Adel chickpea cultivar in Gonbad Kavous conditions.

Materials & Methods

In order to study the effects of nitrogen and supplemental irrigation on quality and quantity of Adel variety of chickpea, an experiment as factorial based on RCBD in three replications was carried out in farm of Gonbad Kavous University in 2015-2016. Two factors was nitrogen in 3 levels of none consumption, consumption of 25 and 50 Kg nitrogen/ha and supplemental irrigation in 3 levels of none irrigation, irrigation in flowering stage and irrigation in flowering+seed filling stage. Traits that were measured included number of lateral branch, number of pods per plant, number of seeds per plant, 100-seed weight, plant dry weight, seeds weight per plant, harvest index, grain yield, protein percent and protein yield. Seed planting was done during the third week of December 2015. Row spacing was 25 cm. 50% of urea was applied during sowing and the rest was side banded when the chickpea plants were at seed filling stage. Weed control was performed manually. Harvesting date was first week of June. Data were analyzed by using of SAS Ver. 9.1 software. For comparison of means, LSD at level of 5% was used.

Results & Discussion

The results showed that effects of nitrogen and supplemental irrigation on all traits except 100-seed weight and protein content were significant. Number of pods per plant in the treatment of 50 and 25 Kg N/ha with 29.36 and 27.76 were more than treatment of non consumption of nitrogen with 21.13. Irrigation in flowering and seed filling stages produced the maximum of pods per plant that was not significantly different

*** Corresponding Author:** khojamli7048@gmail.com

from irrigation at flowering stage. The maximum grain yield was obtained from consumption of 50 Kg N/ha with 3287 Kg/ha. Seed yield in none application of nitrogen was 2243 Kg/ha. The maximum grain yield was obtained from treatment of irrigation in flowering and seed filling stage with 3218 Kg/ha. The maximum and minimum protein yield belonged to consumption of 50 Kg N/ha and non consumption of nitrogen, respectively. The maximum protein yield with 743 Kg/ha belonged to treatment of irrigation in flowering and seed filling stages and the minimum protein yield with 581 Kg/ha was obtained from non irrigation treatment.

Conclusions

Based on this experiment results, nitrogen and supplemental irrigation was affected all traits except 100-seed weight and protein percent. The maximum amounts of traits were obtained from consumption of 50 and then 25 Kg N/ha. Irrigation in flowering and seed filling stages produced maximum seed yield that has not significant different with irrigation in flowering stage. In general, it seems that for suitable production of chickpea, it is necessary to irrigate it for two times and applicate 25 Kg N /ha.

Keywords: Pod setting, Protein yield, Seed filling, Seed weight

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۲۱۸-۲۰۴
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 204-218 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70269

بِه‌گزینی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik) با تأکید بر مقایسۀ شاخص‌های قدیمی و جدیدِ تحمل به تنش خشکی به‌منظور معرفی ژنوتیپ‌های امیدبخش

محمدحسن وفایی[۱]، مهدی پارسا[۲*]، احمد نظامی[۳] و علی گنجعلی[۴]

۱- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، mhvafaee45@gmail.com
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی پیوسته پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو هیئت علمی پیوسته پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، nezami@um.ac.ir
۴- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم و عضو هیئت علمی پیوسته پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ganjeali@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی و بِه‌گزینی ژنوتیپ‌های عدس متحمل به تنش خشکی و مقایسۀ شاخص‌های قدیمی و جدید تحمل به تنش، آزمایشی در قالب طرح آگمنت تحت دو شرایط متفاوت رطوبتی (یک‌بار آبیاری در زمان کاشت و آبیاری هر ۱۰روز یک‌بار) در سال زراعی۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. ارزیابی تحمل به تنش خشکی، بر اساس هفت شاخص قدیمی (TOL، MP، SSI، STI، GMP، HARM و RDI) و سه شاخص جدید (SNPI، ATI و SSPI) با استفاده از ۷۳ژنوتیپ عدس، شامل ۶۷توده بومی و لاین از ایران و دیگر کشورها و شش نمونه شاهد (سه رقم ایرانی بیله‌سوار، کیمیا و گچساران و سه نمونه از ایکاردا شامل Cabralinta، ILL325 و ILL857) صورت گرفت. مطالعۀ همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط عدم‌تنش و تنش خشکی و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که سه شاخص قدیمی HARM، STI و GMP و شاخص جدید SNPI، برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش مناسب هستند. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه کلاستر انجام گرفت و رسم دندروگرام، بر اساس عملکرد گیاه، تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی و شاخص‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌ها را به سه کلاستر گروه‌بندی کرد که ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی و با عملکرد بالا در کلاستر سوم قرار گرفتند. همچنین ترسیم بای پلات نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳، ۸، ۴۰، ۴۵، ۴۸، ۵۲، ۷۱ و ۷۳ که دو ژنوتیپ آخر آن جزو شاهدهای آزمایش بودند، ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و با عملکرد بالا هستند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، تجزیه کلاستر، شاخص‌های مقاومت به خشکی، همبستگی

مقدمه

امروزه تنش خشکی یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در ایران و جهان می‌باشد (Kafi *et al.*, 2009)، به‌طوری‌که در بین عوامل محیطی محدودکنندۀ عملکرد گیاهان زراعی، خشکی، مهم‌ترین عامل کاهش تولید به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Alderfasia & Nielsen, 2001). تنش خشکی ضمن کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان، باعث محدودیت رشد و بروز برخی تغییرات فیزیولوژیک و متابولیک در آن‌ها می‌گردد (Kafi *et al.*, 2009).

حبوبات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، نقش به‌سزایی در تأمین پروتئین موردنیاز بشر، خصوصاً در کشورهای کم‌درآمد و درحال‌توسعه داشته و بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به‌شمار می‌روند. این گیاهان با تثبیت زیستی نیتروژن هوا، بخش عمده نیتروژن موردنیاز خود را تأمین نموده (Walley *et al.*, 2007) و به دلیل آن‌که از نظر فراهمی آب و عناصر غذایی موردنیاز، گیاهانی کم‌توقعی هستند، برای کشت در نظام‌های زراعی کم‌نهاده، گزینه‌ای مطلوب به‌شمار می‌روند (Parsa & Bagheri, 2008).

عدس (*Lens culinaris* Medik) یکی از حبوباتی است که با داشتن بیش از ۲۰درصد پروتئین و خصوصیاتی همچون توانایی رشد در شرایط نامناسب و خاک‌های فقیر توانسته به‌عنوان یک‌گونۀ گیاهی باارزش نقش مهمی را در رژیم غذایی اقشار کم‌درآمد مردم کشورهای درحال‌توسعه ایفا کند (Tadayyon *et al.*, 2011). بر اساس آمار FAO، سطح زیرکشت جهانی عدس در سال۲۰۱۶ حدود ۵۴۸۱۰۰۰هکتار و متوسط عملکرد جهانی آن ۱۱۵۲کیلوگرم در هکتار بوده است

* نویسنده مسئول: parsa@um.ac.ir

که قاره امریکا (با ۵۵/۴درصد) و آسیا (با ۳۶/۸درصد) به‌ترتیب بیشترین سهم را در تولید این محصول به خود اختصاص داده اند. بنا بر گزارش وزارت جهادکشاورزی، در سال زراعی۹۵-۱۳۹۴ سطح زیرکشت عدس در ایران ۱۳۱۴۵۰هکتار بوده است که حدود ۱۶/۷درصد از کل اراضی زیرکشت حبوبات (۷۸۷۳۰۰هکتار) را شامل می‌شود. ۹۵درصد عدس تولیدی کشور به‌صورت دیم بوده و تنها ۷۱۰۰هکتار از آن به‌روش آبی تولید می‌گردد. متوسط عملکرد عدس دیم و آبی در کشور، به‌ترتیب ۵۹۴ و ۱۲۴۳کیلوگرم در هکتار می باشد (Agricultural Statistics, 2016).

با توجه به این‌که موفقیت یک برنامه اصلاحی و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب، به حجم و تنوع موجود در ذخایر ژنتیکی بستگی دارد، بررسی تنوع ژنوتیپ‌ها، بزرگ‌ترین شانس برای رسیدن به موفقیت در گزینش محسوب می‌شود (Mishra *et al.*, 2007)، لذا شناسایی ارقام پُرمحصول و متحمل و همچنین شناخت عوامل محدودکنندۀ پتانسیل عملکرد در عدس، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. Bitaraf *et al*, (2010) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که برای دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در گیاه عدس باید به گزینش لاین هایی با ارتفاع بوتۀ بیشتر و دورۀ رشد طولانی‌تر اقدام نمود. Rashidi *et al*, (2012) با مطالعه اثر تنش خشکی در مرحله زایشی بر روی ۱۵توده عدس بومی ایران اظهار داشتند که در بسیاری از صفات اندازه‌گیری‌شده، تنوع قابل‌توجهی بین توده های موردمطالعه وجود دارد و عملکرد و تعداد دانه در بوته بیشترین تأثیرپذیری از شرایط تنش خشکی را دارند. تحمل به خشکی صفتی کمّی است و برای اندازه‌گیری مستقیم آن روش واحدی وجود ندارد و همین موضوع، موجب مشکل‌شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (Takeda & Matsuoka, 2008).

Blum (1988) معتقد است که انتخاب برای مقاومت به خشکی باید با انتخاب مواد ژنتیکی برای پتانسیل عملکرد بالا در شرایط بدون تنش همراه باشد. بنابراین ارقامی که در شرایط رطوبتی مناسب و شرایط تنش خشکی عملکرد باثبات‌تری داشته و یا لااقل تفاوت عملکرد آن‌ها کم باشد، احتمالاً مقاومت نسبی بیشتری به خشکی خواهند داشت. به‌نظر می‌رسد که عملکرد دانه بالا در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، اولین قدم برای انتخاب ژنوتیپ‌ها برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی در شرایط تنش خشکی باشد (Farshadfar *et al.*, 2001).

محققان، شاخص‌هایی تحت عنوان شاخص‌های تحمل به خشکی را معرفی نموده‌اند که جهت شناسایی و گزینش ژنوتیپ های متحمل به این تنش مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهشگران در بررسی این شاخص‌ها دریافتند که کارآمدی آن‌ها، به‌شدت و مدت تنش خشکی بستگی دارد (Panthuwan *et al.*, 2002). ازجمله این شاخص‌ها می‌توان به: شاخص حساسیت به تنش SSI[1] (Fischer & Maurer, 1978)، شاخص خشکی نسبی RDI[2] (Bidinger *et al*, 1978)، شاخص تحمل TOL[3] (Rosielle & Hamblin, 1981)، شاخص متوسط باروری MP[4] (Rosielle & Hamblin, 1981) و همچنین شاخص‌های تحمل تنش STI[5] و شاخص میانگین هندسی محصول GMP[6] (Fernandez, 1992) اشاره کرد.

هر یک از شاخص‌های بالا دارای محاسن و معایبی هستند و تاکنون، محققان بسیاری برای تعیین میزان حساسیت گیاهان مورد مطالعه به تنش خشکی از آن‌ها استفاده کرده‌اند؛ اما به نظر Moosavi *et al*, (2008) مشکل عمدۀ این شاخص‌ها، آن است که نمی‌توانند گروه‌های فرناندزی را به‌راحتی مجزا سازند. به همین جهت وی و همکارانش سه شاخص جدید: شاخص تنش‌های غیرزنده ATI[7]، شاخص درصد حساسیت به تنش SSPI[8] و شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش SNPI[9] را پیشنهاد کردند که به عقیده وی و همکاران، دو شاخص اول، بهتر می‌توانند ژنوتیپ‌های نسبتاً متحمل را از ژنوتیپ‌های حساس جدا کنند و شاخص سوم نیز به‌خوبی قادر است ژنوتیپ‌های گروهA را که در هر دو شرایط تنش و غیرتنش عملکرد بالایی دارند، از سایر گروه‌ها جدا سازد.

با توجه به جایگاه و اهمیت حبوبات و به‌ویژه گیاه عدس در ایران و لزوم مواجهه با تنش فزایندۀ خشکی در کشور، این مطالعه باهدف بِه‌گزینی ژنوتیپ‌های عدس متحمل به خشکی با تأکید بر مقایسۀ شاخص‌های قدیمی و جدید تحمل به تنش به‌منظور معرفی ژنوتیپ‌های امیدبخش انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. در این پژوهش، ۷۳ژنوتیپ عدس شامل توده‌های بومی و لاین‌های عدس کشور و نمونه‌هایی از سایر کشورها در دو قطعه مجزا تحت شرایط عدم‌تنش آبی و تنش، کشت شدند.

[1] Stress Susceptibility Index
[2] Relative Drought Index
[3] Tolerance Index
[4] Mean Productivity
[5] Stress Tolerance Index
[6] Geometric Mean Productivity
[7] Abiotic Tolerance Index
[8] Stress Susceptibility Percentage Index
[9] Stress Non-stress Production Index

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های عدس مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Characteristics of lentil genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ[1] Genotype name (MLC[2])	منشأ ژنوتیپ Genotype origin	شماره ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name (MLC)	منشأ ژنوتیپ Genotype origin	شماره ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name (MLC)	منشأ ژنوتیپ Genotype origin
1	MLC 1	بیرجند Birjand	26	MLC 178	طبس Tabas	51	MLC 362	ایران Iran
2	MLC 12	فردوس Ferdaws	27	MLC 179	ایران Iran	52	MLC 363	ایران Iran
3	MLC 25	گناباد Gonabad	28	MLC 180	ILL[3]5582	53	MLC 366	ایران Iran
4	MLC 35	ارومیه Urmia	29	MLC 182	ILL707	54	MLC 368	ایران Iran
5	MLC 49	قائن Qaen	30	MLC 189	ILL7211	55	MLC 370	ایران Iran
6	MLC 55	بجنورد Bojnord	31	MLC 193	ILL7667	56	MLC 373	ایران Iran
7	MLC 59	بجنورد Bojnord	32	MLC 196	ILL7678	57	MLC 375	ایران Iran
8	MLC 88	آشخانه Ashkhaneh	33	MLC 201	ILL7681	58	MLC 377	ایران Iran
9	MLC 91	آشخانه Ashkhaneh	34	MLC 209	ILL6434	59	MLC 382	ایران Iran
10	MLC 95	بیرجند Birjand	35	MLC 216	ILL7720	60	MLC 383	ایران Iran
11	MLC 97	بیرجند Birjand	36	MLC 220	ILL7155	61	MLC 384	ایران Iran
12	MLC 101	زابل Zabol	37	MLC 221	ILL6466	62	MLC 386	ایران Iran
13	MLC 102	زابل Zabol	38	MLC 232	ILL5588	63	MLC 387	ایران Iran
14	MLC 103	زابل Zabol	39	MLC 235	ILL4401	64	MLC 389	گیلان Gilan
15	MLC 105	زابل Zabol	40	MLC 239	ILL5729	65	رباط Robat	ایران Iran
16	MLC 121	گیلان Gilan	41	MLC 240	ILL5728	66	شاهرود Shahrood	ایران Iran
17	MLC 124	گیلان Gilan	42	MLC 241	ILL5750	67	قزوین Qazvin	ایران Iran
18	MLC 137	گیلان Gilan	43	MLC 260	گیلان Gilan			
19	MLC 138	ایران Iran	44	MLC 261	آشخانه Ashkhaneh	ژنوتیپ‌های شاهد: Control Genotypes		
20	MLC 139	ایران Iran	45	MLC 352	ایران Iran	68	بیله‌سوار Bilehsevar	ایران Iran
21	MLC 141	ایران Iran	46	MLC 353	ایران Iran	69	کیمیا Kimia	ایران Iran
22	MLC 154	ایران Iran	47	MLC 355	ایران Iran	70	گچساران Gachsaran	ایران Iran
23	MLC 156	ایران Iran	48	MLC 356	ایران Iran	71	Cabralinta	ایکاردا ICARDA
24	MLC 159	گیلان Iran	49	MLC 358	ایران Iran	72	ILL325	ایکاردا ICARDA
25	MLC 174	کلات Kalaat	50	MLC 360	ایران Iran	73	ILL857	ایکاردا ICARDA

* منشأ کلیۀ ژنوتیپ‌هایی که نام آنها با حرفI شروع شده، ایکاردا (ICARDA) می‌باشد.

* The origin of all genotypes that whose names are initiated with I letter is ICARDA.

[1] کُد بذر در بانک بذر پژوهشکدۀ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

[2] Mashhad Lentil Collection (MLC)

[3] ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) Lentil Line (ILL)

با توجه به تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها، از طرح آماری مقایسه عملکرد مقدماتی (آگمنت[1]) برای کاشت استفاده گردید و در هر قطعه، چهار بلوک درنظرگرفته شد. هر بلوک شامل ۲۵خط کاشت، با فاصله ۵۰سانتی‌متر از یکدیگر و طول سه متر بود و در هر خط، یک ژنوتیپ کاشته شد. با توجه به نوع طرح، از شش ژنوتیپ (سه رقم ایرانی بیله‌سوار، کیمیا و گچساران و سه ژنوتیپ از ایکاردا شامل Cabralinta، ILL325 و ILL857) به عنوان شاهد استفاده گردید (جدول ۱).

نمونه‌های شاهد، در هر چهار بلوک در هر قطعه زمین، به‌صورت تکراری و سایر ژنوتیپ‌ها بدون تکرار کشت گردیدند. قبل از انجام عملیات کاشت، از خاک مزرعه در عمق ۳۰سانتی‌متری نمونه‌برداری گردید و مقادیر pH، درصد ماده آلی، EC، عناصر ماکرو (N، P و K) و همچنین نوع بافت خاک تعیین شدند (جدول ۲). کاشت در تاریخ ۲۰اسفندماه سال۱۳۹۲ انجام شد و همزمان با کاشت، بر اساس توصیۀ کودی آزمایشگاه مقدار عناصر موردنیاز، به خاک اضافه گردید و بلافاصله پس از کشت، جهت اطمینان از سبزشدن تمامی بذور، یک مرحله آبیاری برای هر دو شرایط کشت دیم (تنش خشکی) و آبی (عدم‌تنش) صورت گرفت. پس از آن، آبیاری فقط برای تیمارهای عدم‌تنش و به‌صورت هر۱۰روز یک‌بار انجام شد.

عملیات مقابله با علف‌های هرز در طول فصل رشد، طی دو نوبت در تاریخ‌های ۸ و ۲۸اردیبهشت‌ماه به‌صورت وجین دستی انجام گرفت. برداشت محصول از ۲۷خردادماه آغاز شد و بوته‌ها پس از حذف حاشیه، برداشت شدند و پس از کوبیدن و جداسازی دانه‌ها، عملکرد دانۀ آن‌ها محاسبه گردید. به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های امیدبخش متحمل به خشکی، از هفت شاخص قدیمی و سه شاخص جدید (SNPI، ATI و SSPI) به‌شرح زیر استفاده شد:

۱- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Fischer & Maurer, 1978):

$$SSI = \frac{1-(Ys/Yp)}{1-(\bar{Y}s/\bar{Y}p)}$$

۲-شاخص میانگین هارمونیک (HARM[2]) (Kristin *et al.*, 1997):

$$HARM = 2(Yp*Ys)/(Yp+Ys)$$

۳- شاخص تحمل (TOL) (Rosielle & Hamblin, 1981):

$$TOL = (Yp-Ys)$$

۴- شاخص متوسط باروری (MP) (Rosielle & Hamblin, 1981):

$$MP = \frac{(Ys+Yp)}{2}$$

۵- شاخص تحمل به خشکی (STI) (Fernandez, 1992):

$$STI = \frac{(Ys*Yp)}{(\bar{Y}p)^2}$$

۶-شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (Fernandez, 1992):

$$GMP = \sqrt{(Yp*Ys)}$$

۷- شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) (Moosavi *et al.*, 2008):

$$SSPI = 100*\left[(Yp-Ys)/2(\bar{Y}p)\right]$$

۸- شاخص تنش‌های غیرزنده (ATI) (Moosavi *et al.*, 2008):

$$ATI = [\frac{(Yp-Ys)}{(\bar{Y}p-\bar{Y}s)}]*[\sqrt{Yp*Ys}]$$

۹- شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش (SNPI) (Moosavi *et al.*, 2008):

$$SNPI = \sqrt[3]{\frac{(Yp+Ys)}{(Yp-Ys)}}*\sqrt[3]{Yp*Ys*Ys}$$

۱۰-شاخص خشکی نسبی (RDI) (Bidinger *et al.*, 1978):

$$RDI = (Ys/Yp)/(\bar{Y}s/\bar{Y}p)$$

Yp: میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط عدم‌تنش (شاهد)؛ Ys: میانگین عملکرد ژنوتیپ تحت شرایط تنش؛ $\bar{Y}p$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم‌تنش و $\bar{Y}s$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش می‌باشد.

برای تعیین روابط بین عملکرد دانه در شرایط عدم‌تنش (Yp) و تنش (Ys) با شاخص‌های تحمل، از ضرایب همبستگی ساده استفاده شد. همچنین جهت تعیین فاصله ژنتیکی (میزان خویشاوندی) ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده گردید. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار JMP 8.0، ترسیم نمودارهای سه‌بعدی و بای‌پلات از نرم‌افزار Statgraphics XVII-X64 و برای خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها و ترسیم دندروگرام از نرم‌افزار Minitab 17 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج بررسی میانگین و انحراف معیار نشان داد که بین عملکرد دانۀ ژنوتیپ‌های عدس در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، اختلافات قابل‌توجهی وجود دارد (جدول ۳).

بر این اساس، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش ۲۰/۴گرم بر مترمربع بود که نسبت به میانگین آن در شرایط بدون تنش با ۶۸/۶گرم بر مترمربع، ۷۰/۳درصد کاهش داشت. با توجه به میزان ۱۴۷میلی‌متر بارندگی از زمان کاشت تا

[1] Augmented Designs for Preliminary Yield Trials

[2] Hramonic Mean index

برداشت، این کاهش عملکرد، دور از انتظار نبود و بیانگر نیاز بیشتر این گیاه به آبیاری تکمیلی می‌باشد. وجود انحراف معیار بالا بین ژنوتیپ‌ها (جدول ۳)، نشان‌دهنده تنوع زیاد بین ژنوتیپ‌های عدس مورد مطالعه بوده و این تنوع وسیع می‌تواند به‌عنوان ذخیره ژنتیکی ارزشمندی جهت مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 2. Soil properties of experimental field

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس‌برمتر) EC (dS/m)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
سیلت لوم Silt Loam	7.20	0.99	0.089	32	162.6	0. 65	1.12

جدول ۳- عملکرد ۷۳ ژنوتیپ عدس در شرایط غیرتنش و تنش

Table 3. Yield of 73 lentil genotypes under stress and non- stress condition

شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد غیرتنش Yp ($g.m^{-2}$)	عملکرد تنش Ys ($g.m^{-2}$)	شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد غیرتنش Yp ($g.m^{-2}$)	عملکرد تنش Ys ($g.m^{-2}$)	شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد غیرتنش Yp ($g.m^{-2}$)	عملکرد تنش Ys ($g.m^{-2}$)	شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد غیرتنش Yp ($g.m^{-2}$)	عملکرد تنش Ys ($g.m^{-2}$)
1	90.00	35.00	21	40.02	18.01	41	122.06	32.31	61	64.72	15.98
2	54.79	9.91	22	65.01	18.05	42	80.01	23.01	62	108.39	20.77
3	81.48	43.33	23	35.27	9.93	43	34.54	15.67	63	58.05	9.42
4	70.10	28.04	24	107.36	19.04	44	50.06	8.56	64	76.61	33.56
5	31.91	5.50	25	80.01	30.02	45	110.02	50.02	65	65.41	12.77
6	52.15	14.46	26	60.07	25.03	46	90.01	30.01	66	51.72	14.35
7	40.05	18.02	27	119.58	18.79	47	18.23	4.03	67	74.59	16.27
8	93.49	43.34	28	35.83	6.50	48	112.8	51.61	68	61.17	27.24
9	70.88	17.46	29	15.59	3.01	49	87.41	18.01	69	94.43	21.27
10	7.24	3.13	30	96.6	20.03	50	108.66	32.18	70	63.14	25.53
11	85.35	18.84	31	6.47	1.51	51	114.26	18.23	71	97.16	48.69
12	49.87	10.07	32	62.03	10.01	52	78.12	39.88	72	104.79	20.97
13	31.79	5.51	33	70.01	23.02	53	74.57	25.64	73	96.41	54.26
14	45.56	10.11	34	112.12	18.12	54	65.15	11.02			
15	99.04	35.05	35	87.8	16.44	55	41.75	18.71			
16	70.01	10.01	36	108.08	20.03	56	31.45	6.48	میانگین Mean	68.63	20.44
17	41.85	16.13	37	8.21	3.13	57	97.92	20.71			
18	82.21	24.24	38	50.43	21.37	58	102.17	34.76			
19	82.51	20.02	39	52.51	10.01	59	6.12	1.50	انحراف معیار Std.	30.85	13.10
20	37.71	7.53	40	115.46	56.77	60	21.69	5.01			

به عقیده محققان، بهترین شاخص تحمل خشکی، شاخصی است که هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش، همبستگی معنی‌داری با عملکرد داشته باشد (Blum, 1988). بر همین اساس، ضریب همبستگی بین عملکرد دانۀ ژنوتیپ‌ها در شرایط غیرتنش و تنش با شاخص‌های مقاومت به خشکی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴). نتایج این جدول نشان داد که بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، همبستگی معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) وجود دارد. همچنین بین عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص‌های قدیمی HARM، TOL، MP ، STI و GMP و شاخص‌های جدید SNPI، ATI و SSPI همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت؛ اما همبستگی بین عملکرد در شرایط بدون تنش، با شاخص‌های SSI و RDI معنی‌دار نگردید و همبستگی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و SSI نیز منفی بود. بر اساس همین جدول (جدول ۴) بین عملکرد در شرایط تنش با شاخص‌های قدیمی HARM، TOL، MP ، STI،

GMP، RDI و شاخص‌های جدید SNPI، ATI و SSPI همبستگی مثبت و معنی‌داری (p≤۰/۰۱) وجود داشت؛ اما همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و شاخص SSI منفی و معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود.

شاخصSSI، شاخص حساسیت به خشکی است و هرچه مقدار این شاخص کوچک‌تر باشد، تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها بیشتر خواهد بود؛ البته انتخاب بر اساس شاخصSSI باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که نسبت به تنش متحمل هستند، اما پتانسیل عملکرد پایینی دارند (Schneider *et al.*,1997)، به همین جهت، این شاخص قادر به تشخیص ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط، عملکرد بالایی دارند، نیست.

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مقاومت در ژنوتیپ‌های عدس

Table 4. Correlation coefficient between Yp, Ys and tolerance indices in Lentil genotypes

	Yp	Ys	SSI	HARM	TOL	MP	STI	GMP	SSPI	ATI	SNPI	RDI
Yp	-											
Ys	0.712 **	-										
SSI	-0.065 ns	-0.696 **	-									
HARM	0.796 **	0.991 **	-0.612 **	-								
TOL	0.920 **	0.379 **	0.304 **	0.494 **	-							
MP	0.975 **	0.851 **	-0.270 *	0.910 **	0.809 **	-						
STI	0.795 **	0.960 **	-0.531 **	0.970 **	0.511 **	0.900 **	-					
GMP	0.895 **	0.950 **	-0.471 **	0.982 **	0.648 **	0.972 **	0.960 **	-				
SSPI	0.920 **	0.379 **	0.304 **	0.494 **	1.00 **	0.809 **	0.511 **	0.648 **	-			
ATI	0.97 0**	0.694 **	-0.069 ns	0.776 **	0.890 **	0.947 **	0.819 **	0.872 **	0.890 **	-		
SNPI	0.744 **	0.999 **	-0.665 **	0.994 **	0.421 **	0.874 **	0.967 **	0.962 **	0.421 **	0.724 **	-	
RDI	0.063 ns	0.695 **	-1.00 **	0.611 **	-0.306 **	0.268 *	0.531 **	0.469 **	-0.306 **	0.068 ns	0.664 **	-

Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ SSI: شاخص حساسیت تنش؛ HARM: میانگین هارمونیک؛ TOL: شاخص تحمل تنش؛ MP: میانگین هندسی؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین حسابی؛ SSPI: شاخص حساسیت به تنش؛ ATI: شاخص تنش‌های غیرزنده؛ SNPI: شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش؛ RDI: شاخص خشکی نسبی

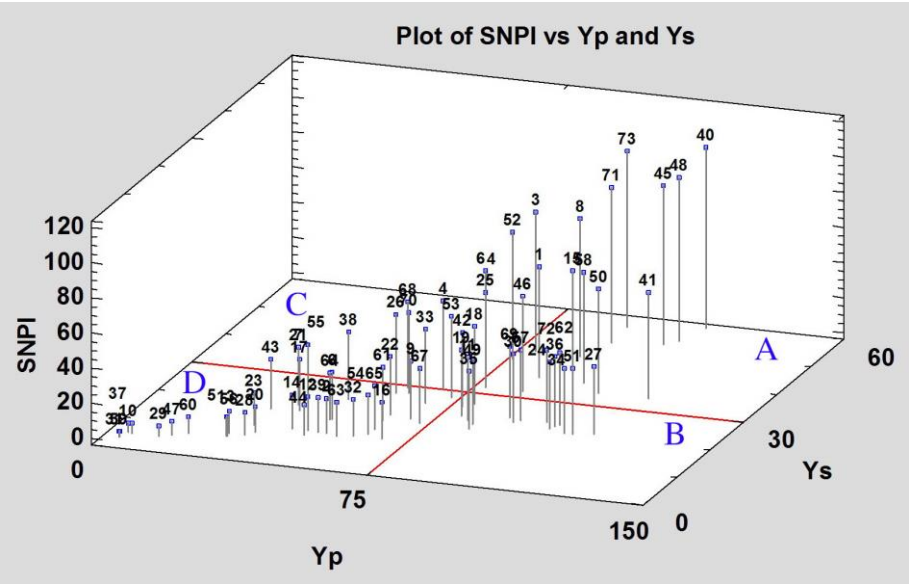
Yp: Potential Yield; Ys: Stress yield; SSI: Stress Susceptibility Index; HARM: Harmonic mean; TOL: Tolerance Index; MP: Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; GMP: Geometrical; SSPI: Stress Susceptibility Percentage Index; ATI: Abiotic Tolerance Index; SNPI: Stress-Non stress Production Index; RDI: Relative Drought Index

با توجه به مطالب گفته‌شده و نتایج حاصل در جدول۴، می‌توان شاخص‌های قدیمی HARM، TOL، STI، GMP، MP و سه شاخص جدید SSPI، SNPI و ATI که همگی، با عملکرد در شرایط تنش و عدم‌تنش، همبستگی مثبت و معنی داری (p≤۰/۰۱) داشتند را به عنوان شاخص‌های مناسب، جهت غربال ژنوتیپ‌های متحمل به تنش انتخاب نمود. وجود همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی و عملکرد در هر دو شرایط تنش و عدم‌تنش، نشان دهندۀ کارآمدبودن این شاخص‌ها در ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. به‌منظور انجام ارزیابی دقیق‌تر و کاهش تعداد شاخص‌های منتخب، می‌توان شاخص‌هایی را برگزید که همبستگی شدیدتری با عملکرد در شرایط تنش دارند. بر این مبنا، می‌توان شاخص جدید SNPI که با عملکرد در شرایط تنش، همبستگی ۹۹/۹درصدی داشته و همچنین شاخص‌های قدیمی HARM، STI و GMP را که با عملکرد در شرایط تنش، به‌ترتیب ۹۹/۱، ۹۶/۰ و ۹۵/۰درصد همبستگی داشتند را به عنوان شاخص‌های برتر معرفی نمود. در مطالعه‌ای که Rahimi *et al*, (2017) بر روی ۱۶۸لاین اینبرد عدس انجام دادند، شاخص‌های HARM، STI، MP، GMP بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در هر دو شرایط غیرتنش و تنش خشکی نشان دادند و بر همین اساس، سه ژنوتیپ با مقادیر بالای این شاخص‌ها، به‌عنوان لاین‌های متحمل معرفی شدند. در بررسی عملکرد گندم دوروم تحت شرایط تنش و عدم تنش نیز شاخص‌های MP، GMP، HARM و TOL مناسب‌ترین موارد جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی تشخیص داده شدند و بر همین اساس، چهار ژنوتیپ منتخب معرفی گردیدند (Biosci *et al.*, 2017). در پژوهشی که بر روی ژنوتیپ‌های گندم انجام شد، پس از تحلیل همبستگی عملکرد تحت شرایط تنش و عدم‌تنش، شاخص‌های MP، GMP، STI، RDI و SNPI جهت انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم معرفی شدند (Aktaş, 2016). در مطالعۀ ۱۶ژنوتیپ گندم نیز شاخص‌های SSPI، RDI، ATI، SNPI و چند شاخص تغییریافته دیگر به‌عنوان بهترین موارد جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل تشخیص داده شدند (Farshadfar *et al.*, 2013).

Fernandez, (1992) ژنوتیپ‌ها را بر اساس میزان عملکردشان در شرایط تنش و عدم‌تنش به چهار گروه تقسیم کرد. ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد خوبی دارند (A)، ژنوتیپ‌هایی که تنها در محیط بدون تنش تظاهر خوبی دارند (B)، ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند (C) و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش تظاهر ضعیفی دارند (D). بر اساس نظر این

محقق، مناسب‌ترین معیار برای گزینش، معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها باشد. با توجه به این‌که در این مطالعه، شاخص جدید SNPI و شاخص‌های قدیمی HARM، STI و GMP به عنوان شاخص‌های مناسب جهت جداسازی گروهA از سایر گروه‌ها تشخیص داده شدند، لذا از روش ترسیم نمودارهای سه‌بعدی برای تشخیص گروهA از سایر گروه‌ها استفاده گردید و بر مبنای این نمودارها، ژنوتیپ‌های برتر گزینش شدند (شکل‌های ۱ تا ۴). در این نمودارها محور اول و دوم، عملکرد گیاه در شرایط غیرتنش و تنش و محور سوم شامل یکی از شاخص‌های برگزیده می‌باشد. قسمت سطح هر نمودار بر اساس تقسیم‌بندی چهارگانۀ (Fernandez, 1992) به چهار بخش مساوی A، B، C و D تقسیم شد.

در شکل ۱، نمودار سه‌بعدی عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش و شاخص جدیدSNPI نشان داده شده است. در این شکل، به‌ترتیب، ژنوتیپ‌های۴۰، ۷۳، ۴۸، ۴۵، ۷۱، ۳، ۸ و ۵۲ در ناحیهA قرار دارند. از آنجا که ژنوتیپ‌های این ناحیه، هم در شرایط تنش و هم غیرتنش، دارای عملکرد بالایی هستند، می توان این ژنوتیپ‌ها را به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی نمود. همچنین ژنوتیپ‌های۴۹، ۳۴، ۵۱، ۲۴، ۲۷ و ۳۰ که در ناحیهB قرار گرفته و بالاترین میزان شاخصSNPI را دارا هستند، می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های نسبتاً متحمل با عملکرد بالا، معرفی نمود. Fathi *et al*, (2012) نیز در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی از این روش استفاده کرده و بر اساس شاخص‌های MP, GMP, HARM, STI تعداد۱۰ژنوتیپ برتر را شناسایی کرده‌اند.



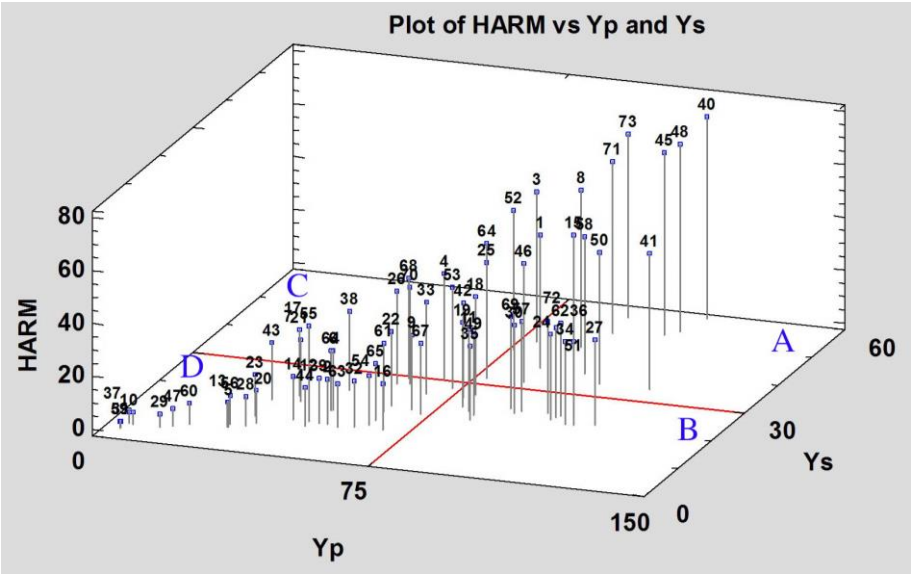
شکل ۱- نمودار پراکنش سه‌بعدی برای تعیین ارقام متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط غیرتنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص SNPI

Fig. 1. 3Dimensional plot for determination tolerant genotypes to drought stress based on stress and non-stress yield (Yp, Ys) and SNPI index

نتایج حاصل از بررسی شاخصHARM نشان داد که ژنوتیپ‌های۴۰، ۴۸، ۷۳، ۴۵، ۷۱، ۸، ۳ و ۵۲ به‌ترتیب، در ناحیهA قرار دارند (شکل ۲)؛ بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را که در هر دو شرایط عدم‌تنش و تنش خشکی، عملکرد بالایی دارند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب نمود. همچنین ژنوتیپ‌های۷۲، ۶۲، ۶۹، ۵۷ و ۳۶ را که در ناحیهB قرار گرفته و دارای مقدار بالای شاخصHARM بودند، می‌توان به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و نسبتاً متحمل معرفی نمود. این روش انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم قبلاً توسط (Mafakheri *et al*, (2015 بر روی ژنوتیپ‌های لوبیا چشم‌بلبلی اعمال گردیده و موجب گزینش چهار ژنوتیپ گردیده است. ترسیم نمودار سه‌بعدی Yp و Ys با شاخصSTI (شکل ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌های۴۰، ۴۸، ۴۵، ۷۳، ۷۱، ۸، ۴۱ و ۵۸ به ترتیب، در ناحیهA قرار دارند؛ بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را بر اساس شاخصSTI به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل معرفی نمود و ژنوتیپ‌های۶۲، ۲۷، ۷۲، ۳۶ و ۵۱ را که در ناحیهB قرار گرفته و دارای مقدار بالای این شاخص هستند نیز می‌توان به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و نسبتاً متحمل، برگزید.

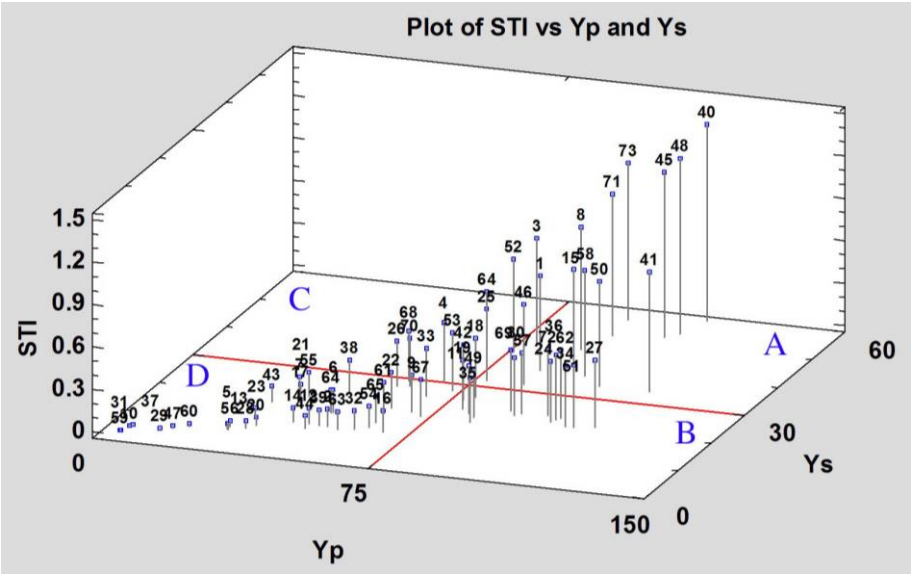
Ganjali *et al*, (2009) از این شیوه جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل گیاه نخود استفاده کرده و بر اساس شاخص‌های MP, GMP, HARM سه ژنوتیپ متحمل را جداسازی نموده‌اند.

نمودار سه‌بعدی عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش و شاخص GMP نشان داد که ژنوتیپ‌های ۴۰، ۴۸، ۴۵، ۷۳، ۷۱، ۸، ۴۱ و ۵۸ به‌ترتیب، در ناحیه A قرار دارند (شکل ۴). از آنجاکه ناحیه A محل قرارگرفتن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط غیرتنش و تنش خشکی می‌باشد، می‌توان گفت که این ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص GMP متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند. اعمال این روش انتخاب بر روی ژنوتیپ‌های مقاوم توسط Rahimi *et al*, (2017) بر روی ژنوتیپ‌های عدس موجب گزینش پنج ژنوتیپ و در گیاه تاج‌خروس موجب انتخاب چهار ژنوتیپ متحمل گردیده است (Ajayi *et al*., 2016).



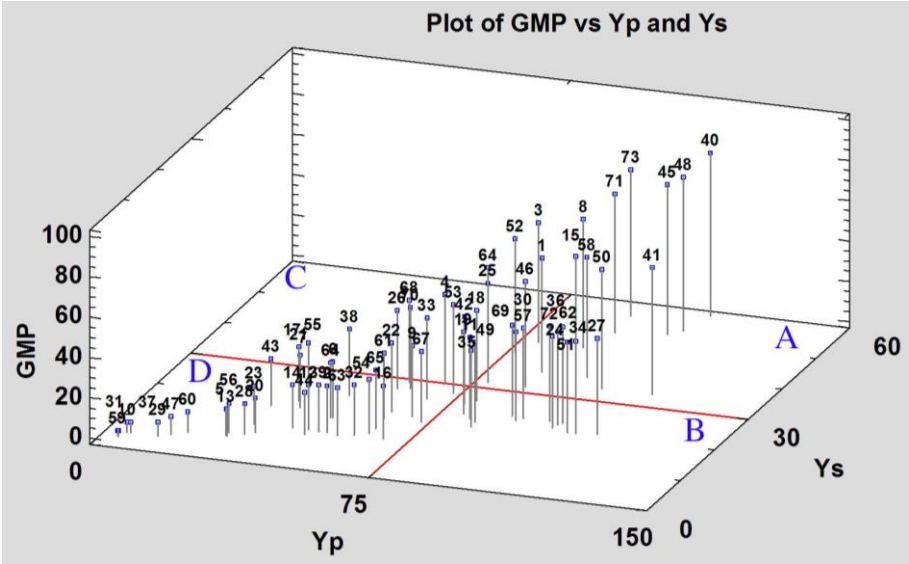
شکل ۲- نمودار پراکنش سه‌بعدی برای تعیین ارقام متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط غیرتنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص HARM

Fig. 2. 3Dimensional plot for determination tolerant genotypes to drought stress based on stress yield (Yp) and non-stress yield (Ys) with HARM index



شکل ۳- نمودار پراکنش سه‌بعدی برای تعیین ارقام متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط غیرتنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص STI

Fig. 3. 3Dimensional plot for determination tolerant genotypes to drought stress based on stress yield (Yp) and non-stress yield (Ys) with STI index



شکل ۴- نمودار پراکنش سه‌بعدی برای تعیین ارقام متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط غیرتنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص GMP

Fig. 4. 3Dimensional plot for determination tolerant genotypes to drought stress based on stress yield (Yp) and non-stress yield (Ys) with GMP index

برای بررسی همزمان روابط بیش از سه متغیر و ترسیم نمودار بای‌پلات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس عملکرد تحت شرایط غیرتنش و تنش و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی صورت گرفت (جدول ۵) که در نتیجه، مؤلفه اول به‌تنهایی ۷۱/۳درصد از کل تغییرات را توجیه نمود. این مؤلفه با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش و همچنین شاخص‌های قدیمی HARM، TOL، MP، STI، GMP و RDI و شاخص های جدید SNPI، SSPI و ATI همبستگی مثبت و بالایی داشته و با شاخص حساسیت (SSI) رابطه منفی دارد؛ بنابراین، مقدار زیاد این مؤلفه مطلوب بوده و با افزایش مقدار این مؤلفه، عملکرد در شرایط عدم‌تنش و تنش افزایش می‌یابد؛ درنتیجه این مؤلفه ژنوتیپ‌هایی را انتخاب می‌کند که در شرایط غیرتنش، دارای پتانسیل عملکرد بالا بوده و به تنش خشکی تحمل نسبی دارند که در این صورت این مؤلفه را می‌توان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش، نام‌گذاری نمود. مؤلفه دوم نیز به تنهایی ۲۶/۷درصد از تغییرات را توجیه می‌کند. این مؤلفه با عملکرد در شرایط بدون تنش رابطه مثبت و با عملکرد در شرایط تنش و شاخص‌های HARM، STI، GMP، SNPI و RDI رابطه منفی دارد. اگر مؤلفه دوم افزایش یابد، ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا تحت شرایط غیرتنش و عملکرد پایین تحت شرایط تنش خشکی هستند، انتخاب می‌گردند؛ بنابراین، مقدار کم این مؤلفه مطلوب بوده و با کاهش مقدار این مؤلفه، ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد پایین تحت شرایط عدم‌تنش و عملکرد بالا تحت شرایط تنش هستند، انتخاب می‌گردند. مؤلفه دوم را می‌توان مؤلفه حساسیت به تنش نام‌گذاری نمود.

جدول ۵- مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و سهم تجمعی شاخص‌های مقاومت و عملکرد در شرایط غیرتنش و تنش خشکی در ژنوتیپ‌های عدس

Table 5. Eigen values, vector values and cumulative variance of tolerance indices, Yp and Ys in lentil genotypes

مؤلفه Component	مقادیر ویژه Eigen values	درصد سهم تجمعی Cumulative of variance (%)	Yp	Ys	SSI	HARM	TOL	MP	STI	GMP	SSPI	ATI	SNPI	RDI
1	8.55	71.28	0.31	0.32	-0.15	0.33	0.24	0.34	0.33	0.34	0.24	0.31	0.32	0.15
2	3.20	97.95	0.21	-0.20	0.49	-0.13	0.40	0.10	-0.10	-0.03	0.40	0.21	-0.18	-0.49

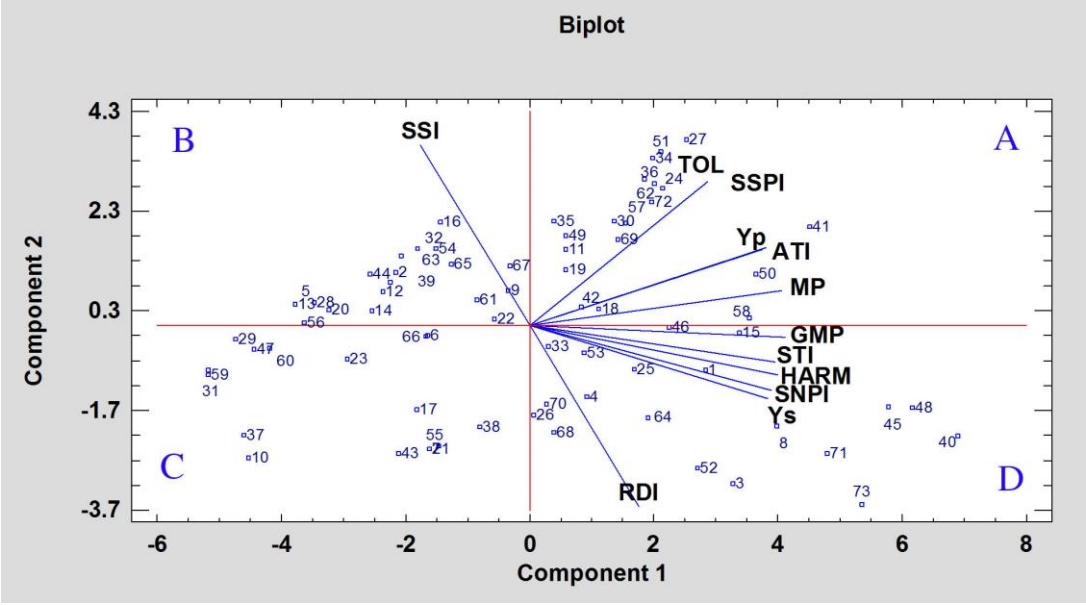
Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ SSI: شاخص حساسیت تنش؛ HARM: میانگین هارمونیک؛ TOL: شاخص تحمل تنش؛ MP: میانگین هندسی؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین حسابی؛ SSPI: شاخص حساسیت به تنش؛ ATI: شاخص تنش‌های غیرزنده؛ SNPI: شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش؛ RDI: شاخص خشکی نسبی

Yp: Potential Yield; Ys: Stress yield; SSI: Stress Susceptibility Index; HARM: Harmonic mean; TOL: Tolerance Index; MP: Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; GMP: Geometrical; SSPI: Stress Susceptibility Percentage Index; ATI: Abiotic Tolerance Index; SNPI: Stress-Non stress Production Index; RDI: Relative Drought Index

رسم بای‌پلات

رابطۀ سه متغیر را می‌توان با استفاده از نمودار سه‌بعدی بررسی نمود، اما درصورتی‌که بررسی رابطه بیش از سه متغیر مدّنظر باشد، از نمودار چندمتغیره موسوم به نمودار بای‌پلات استفاده می‌شود. با استفاده از روش ترسیمی بای‌پلات می‌توان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل به خشکی را در یک شکل واحد ترسیم نمود. بای‌پلات ابزاری مفید برای تجزیه اطلاعات بوده و ارزیابی نظری ساختار یک ماتریس بزرگ دوطرفه را ممکن می‌سازد. بدین منظور ماتریس موردنظر که از اطلاعات جدول۵ تشکیل‌شده بود، از طریق تکنیک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به سه مؤلفه تقسیم شد که دو مؤلفه اول درمجموع ۹۷/۹ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه نمود که استفاده از دو مؤلفه اول تنها موجب ازدست‌رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات (۰/۰۲) می‌شود. ازآنجاکه تفسیر نتایج، بر اساس دو مؤلفه اول و دوم کافی بوده و این مؤلفه‌ها دارای کارآیی لازم می‌باشند، ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول صورت گرفت (شکل ۵) که بر این اساس، ژنوتیپ‌های متحمل و پُرمحصول در ناحیهD قرار گرفتند. در این ناحیه، شاخص‌های قدیمی HARM، STI، GMP، RDI و شاخص جدیدSNPI قرار دارند که همه آن‌ها با شاخص Ys هم‌جهت بوده و با آن همبستگی مثبت دارند. به همین جهت، این شاخص‌ها را می‌توان به عنوان شاخص‌های مطلوب معرفی نمود. زاویه بین بردارها میزان همبستگی بین متغیرها را نشان می‌دهد. وجود زاویۀ تند بین Ys و شاخص جدیدSNPI و شاخص‌هایHARM و STI بیانگر وجود همبستگی شدید و مثبت بین این شاخص‌ها بوده و نشان‌دهندۀ برتری آن‌ها می باشد. با درنظرگرفتن این معیار، می‌توان ژنوتیپ‌های۴۰، ۴۸، ۷۱، ۷۳، ۳، ۸، ۴۵ و ۵۲ را که با سه شاخص مذکور بیشترین هم‌جهتی را داشته و در انتهای ناحیهD قرار دارند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل معرفی نمود. نتایج این گزینش، با نتایج حاصل از روش گزینش ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به‌وسیلۀ ترسیم نمودارهای سه‌بعدی (شکل‌های ۱ تا ۴) نیز همخوانی دارد.

بر اساس شکل ۵، شاخصYp و ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط غیرتنش و دارای عملکرد پایین در شرایط تنش، در ناحیهA قرار دارند. همچنین در این شکل، ژنوتیپ‌های حساس به تنش و دارای عملکرد پایین، در ناحیهB قرار گرفتند.

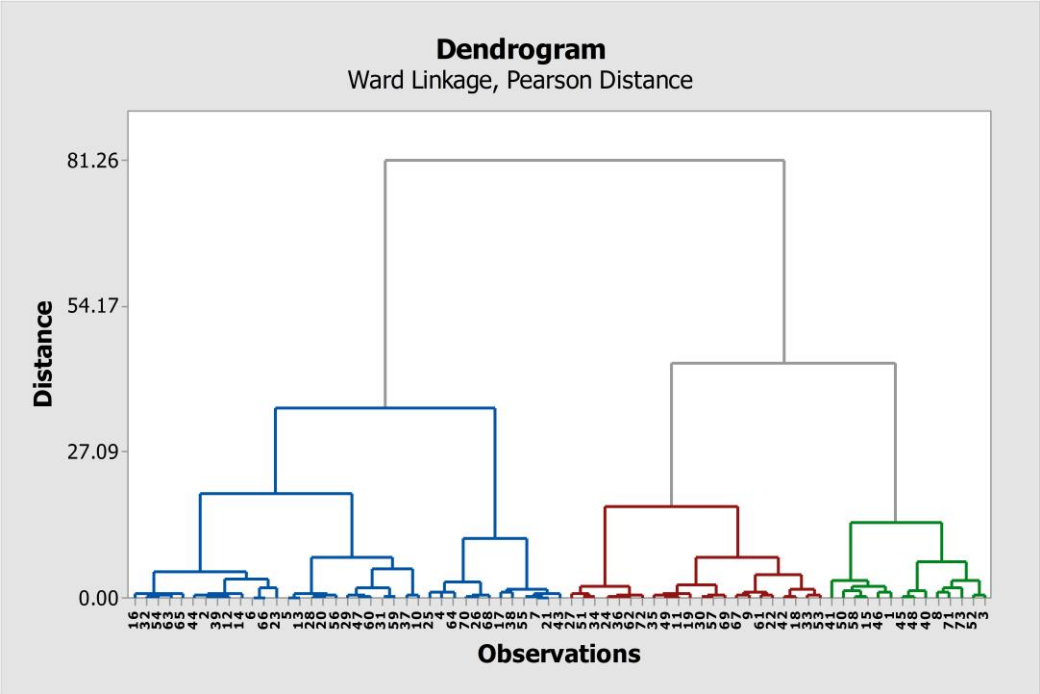


شکل ۵- نمایش بای‌پلات ژنوتیپ‌های عدس در ۱۰شاخص تحمل به خشکی بر اساس دو مؤلفه اول و دوم

Fig. 5. Biplot for lentil genotypes at 10 tolerance to drought indices on the basis of first and second components

Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ SSI: شاخص حساسیت تنش؛ HARM: میانگین هارمونیک؛ TOL: شاخص تحمل تنش؛ MP: میانگین هندسی؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین حسابی؛ SSPI: شاخص حساسیت به تنش؛ ATI: شاخص تنش‌های غیرزنده؛ SNPI: شاخص محصول محیط تنش و غیرتنش؛ RDI: شاخص خشکی نسبی

Yp: Potential Yield; Ys: Stress yield; SSI: Stress Susceptibility Index; HARM: Harmonic mean; TOL: Tolerance Index; MP: Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; GMP: Geometrical; SSPI: Stress Susceptibility Percentage Index; ATI: Abiotic Tolerance Index; SNPI: Stress-Non stress Production Index; RDI: Relative Drought Index



شکل ۶- دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس بر اساس عملکرد، تحت شرایط عدم‌تنش (Yp) و شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از روش Ward

Fig. 6. Dendrogram obtained by cluster analysis of lentil genotypes bases on Yp,Ys and tolerance indices using by Wards method

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس دو شاخص عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش و ۱۰شاخص حساسیت، از تجزیه کلاستر به روشWard استفاده شد (شکل ۶). در این روش، ژنوتیپ‌ها بر حسب میزان شباهتشان به یکدیگر و بر اساس میزان شاخص‌های تحمل به تنش، به سه کلاستر جداگانه تقسیم شدند که در این خوشه‌بندی، ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل، در کلاستر سوم قرار گرفتند. بر همین اساس، ژنوتیپ‌های۳، ۵۲، ۷۳، ۷۱، ۸، ۴۰، ۴۸ و ۴۸ که در قسمت بالای خوشه سوم قرار گرفته بودند، برگزیده شده و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. این نتایج، با نتایج به‌دست‌آمده به روش نمودارهای سه‌بعدی (شکل‌های ۱ تا ۴) و روش ترسیم بای‌پلات (شکل ۵) نیز همخوانی دارد. استفاده از تجزیه کلاستر جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در گندم توسط Mohammed & Kadhem (2017)، در تاج‌خروس توسط Ajayi *et al*, (2016) و در لوبیا چشم‌بلبلی توسط Fathi *et al*., (2012) مورد استفاده قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان شاخص جدیدSNPI را که از همبستگی بسیار بالایی (۹۹/۹درصد) با عملکرد در شرایط تنش برخوردار است و همچنین شاخص‌های قدیمی HARM، STI و GMP که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر و با عملکرد در دو شرایط عدم‌تنش و تنش را دارند، به‌عنوان مناسب‌ترین و کارآمدترین معیارها جهت شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی نمود. نتایج به‌دست‌آمده از روش ترسیمی سه‌بعدی، بای‌پلات و تجزیۀ کلاستر برای گزینش لاین‌هایی با عملکرد بالا و مقاوم به خشکی، در توافق با یکدیگر بوده و بر همین اساس، به نظر می رسد که می‌توان ژنوتیپ‌های۴۰، ۴۸، ۷۱، ۷۳، ۳، ۸، ۴۵ و ۵۲ را به‌عنوان ژنوتیپ برتر و امیدبخش در اقلیم مشهد برای مطالعات بعدی معرفی نمود. پیشنهاد می‌گردد که جهت رسیدن به دو یا سه ژنوتیپ امیدبخش، آزمایش مزرعه‌ای دیگری در قالب طرح‌های دارای تکرار، در بین هشت ژنوتیپ شناسایی‌شده در این پژوهش که بالاترین مقدار از شاخص‌های برگزیده را کسب کرده‌اند، طراحی و اجرا گردد.

منابع

1. Agricultural Statistics. 2016. Ministry of Agriculture Jihad. First Volume (Crop Products). 21-22.
2. Ajayi, E.O., Sakariyamo, O.S., Okeleye, K.A., Ariyo, O.J., Sakariyawo, O.S., Okeleye, K.A., and Ariyo, O.J. 2016. Preliminary evaluation of grain amaranth (*Amaranthus* spp.) accessions for drought tolerance by multivariate technique. Agronomski Glasnik 78(5/6): 231-249.
3. Aktaş, H. 2016. Drought tolerance indices of selected landraces and bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) genotypes derived from synthetic wheats. Applied Ecology and Environmental Research 14(4): 177-189.
4. Alderfasi, A.A., and Nielsen, D.C. 2001. Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. Agricultural Water Management 47(1): 69-75.
5. Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V., and Rao, G.D.P. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]. I. Factors affecting yields under stress. Australian Journal of Agricultural Research 38(1): 37-48.
6. Biosci, I.J., Semcheddinne, N., Guendouz, A., Oulmi, A., and Hafsi, M. 2017. Screening of wheat (*Triticum durum*) for drought tolerance in semiarid conditions. International Journal of Biosciences 6655: 166-178.
7. Bitaraf, N., Khoddambashi, M., and Hooshmand, S. 2010. Correlation and path analysis of grain yield and its components for lentil under Shahrekord climate. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 51-56. (In Persian with English Summary).
8. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. Boca Raton: CRC Press.
9. FAO. 2016. FAOSTAT. Available at http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize
10. Farshadfar, A., Zamani, M.R., Motallebi, M., and Emam Jomae, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32(4): 65-77. (In Persian).
11. Farshadfar, E., Poursiahbidi, M.M., and Safavi, S.M. 2013. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/tolerance indices. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 1(2): 2322-4827.
12. Fathi, M., M.R. Bihamta, N., Majnoon Hosseini, A.A., Shah Nejat Boushehry, and Ali Pour Yamchi, M. 2012. Screening for terminal drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 45-54. (In Persian with English Summary).
13. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Taiwan, August 13-18, 1992. p. 257-270.
14. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agriculture Agriculture Research 29(5): 897-912.
15. Fischer, R.A., and Wood, J.T. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morpho-physiological traits. Australian Journal of Agricultural Research 30(6): 1001-1020.
16. 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): 183-193. (In Persian with English Summary).
17. Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stress in Plant. Jihad-e-Daneshgahi Publishers. 502 pp. (In Persian).
18. Kristin, A.S., Serna, R.R., Perez, F.I., Enriquez, B.C., Gallegos, A.J.A., Vallejo, R.P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science. 37(1): 43-50.
19. Mafakheri, K., Bihamta, M.R., and Abbasi, A.R. 2015. Screening for drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* L.). Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 123-138. (In Persian with English Summary).
20. Mishra, S.K., Sharma, B., and Sharma, S.K. 2007. Genetics and Cytogenetics of Lentil. In: SS. Yadav, D.K. McNeil and C.P. Stevenson (Eds.). Lentil: An Ancient Crop for Modern Times. Springer. p. 187-208.
21. Mohammed, A.K., and Kadhem, F.A. 2017. Screening drought tolerance in bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) using drought indices and multivariate analysis. The Iraqi Journal of Agricultural Sciences 48 (Special Issue): 41-51.
22. Moosavi, S.S., Samadi, B.Y., Naghavi, M.R., and Zali, A.A. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert 12: 165-178.
23. Panthuwan, G., Fokai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., and O'Toole, J.C. 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1: Grain yield and yield components. Field Crop Research 41: 45-54.
24. Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Publication. 530 pp. (In Persian).

25. Petersen, R.G. 1985. Augmented Designs for Preliminary Yield Trials (Revised). FAO of the UN-Oregon State Univ., Corvallis (USA).
26. Rahimi, M.H., Houshmand, S., and Khodambashi, M. 2017. Evaluation of lentil recombinant inbred lines using drought tolerance indices. Journal of Crop Ecophysiology 10(4/40): 907-927. (In Persian with English Summary).
27. Rashidi, V.S.C., Sharifi, M., and Effatdust, N. 2012. Comparison and classification of lentil (*Lens culinaris*) landraces under drought stress conditions after flowering. Journal of Crop and Weed Eco-Physiology 5(4): 81-96. (In Persian with English Summary).
28. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21(6): 943-946.
29. Safari, S., Dehghani, H., and Choghan, R. 2007. Evaluation of maize inbred lines for drought tolerance based on resistance indices and biplot method. Iranian Journal of Agricultural Sciences 38(1/2): 215-228.
30. Schneider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J.A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37(1): 43-50.
31. Tadayyon, A., Hashemi, L., and Khodambashi, M. 2011. Effective morphological and phonological traits on seed and biological yield in lentil genotypes in Shahrekord region. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 47-62. (In Persian with English Summary).
32. Takeda, S., and Matsuoka, M. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population changes. Nature Reviews Genetics 9(6): 444-457.
33. Walley, F.L., Clayton, G.W., Miller, P.R., Carr, P.M., and Lafond, G.P. 2007. Nitrogen economy of pulse crop production in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 99(6): 1710-1718.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 204-218 (Research Article)

Screening for drought tolerance in lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) with emphasis on comparing old and new indices of stress tolerance in order to introduce promising genotypes

Vafaei[1], M.H., Parsa[2*], M., Nezami[2], A. & Ganjeali[3], A.

1. Contribution from College of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, mhvafaee45@gmail.com
2. Contributions from College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, University of Mashhad, parsa@um.ac.ir & nezami@um.ac.ir, respectively
3. Contribution from College of Biology & Research Center for Plant Sciences, University of Mashhad, ganjeali@um.ac.ir

Received: 7 February 2018
Accepted: 29 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70269

Introduction

Drought stress is one of the main problems in agriculture of Iran and the world. Among the environmental limiting factors of the yield crops, drought is the most important factor to reduce production, especially in arid and semi-arid regions. Drought stress reduces water content in plant tissues, lead to growth shrinkage and some physiological and metabolic changes in them. Food legumes, as one of the most important protein-rich vegetable sources, played a major role in providing human protein, especially in low-income and developing countries, and after cereals are the second most important source of human food. These plants, with bio-stabilization of nitrogen, provide a large portion of their nitrogen, and because they require low water and nutrients, they are highly desirable for cultivation in poor lands. Lentil (*Lens culinaris* Medik) is one of the beans that had more than 20% protein content and characteristics such as the ability to grow in inappropriate conditions and poor soils, has been able to play an important role in the low-income diet of people in developing countries. Regarding to the success of a breeding program depends on the size and diversity of genetic resources, genetic diversity lead to succeeding in selection, so identification of cultivars with high yield, as well as limiting factors of yield potential and genotypes tolerant to these factors in lentil seems to be necessary.

Materials & Methods

This research was carried out in the research farm of Ferdowsi University of Mashhad in 2014. In this experiment, 73 lentil genotypes including native genotypes and lines from other countries were cultivated in two separate plots under non stress and stress conditions in Augmented design. Five genotypes used as control (Kimia, Gachsaran, Cabralinta, ILL325 and ILL857). Controls were cultivated in all blocks. Before planting, field soil was sampled from a depth of 30 cm and pH values, organic matter, EC, macro elements (N, P and K) and soil texture were measured. The planting was carried out on March 20, 2014. At the same time, according to the fertilizer recommendation, the amount of required elements was added to the soil and immediately after cultivation, an irrigation step was conducted to ensure the emergence of all the seeds for both dry conditions (drought stress) and non-stress. Afterwards, irrigation was performed only for non-stress treatments and every 10 days.

Results & Discussion

The results showed that mean and standard deviation of lentil genotype yields under drought stress and non stress conditions revealed significant differences. Accordingly, the average yield of genotypes under conditions of stress was 20.4 $g.m^{-2}$, which showed a decrease of 70.3% in non-stress conditions with 68.6 $g.m^{-2}$. According to 147 mm rainfall from planting to harvest, this yield reduction was not expected, indicating the need for supplementary irrigation. High standard deviation between genotypes indicates a large variety of lentil genotypes, and this wide variety can be used as a valuable genetic resources for later

*** Corresponding Author:** parsa@um.ac.ir

studies. According to the results, there was a significant correlation between yield and stress (P≤0.01) (r=0.71**). Also, there was a positive and significant correlation between performance in non stress conditions with the old indices HARM, TOL, MP, STI, GMP, SSPI, ATI and the new SNPI index (P≤0.01), and the correlation between yield in non stress conditions and SSI and RDI were not significant. There was also a positive and significant correlation between performance in non-stress conditions and ATI, GMP, HARM, RDI, STI, SSI, TOL and MP, and the new SNPI index (P≤0.01), but between yield in non stress conditions and the SSI was a significant negative correlation (P≤0.01). Old indices of HARM, TOL, STI, GMP, MP, ATI, and two new indicators of SSPI and SNPI, all have a positive and significant correlation (p≤0.01) with performance under stress and non stress conditions and can be considered as suitable indicators for screening stress tolerant genotypes.

Conclusion

The results of current study showed that the new SNPI index, which has a very high correlation (99.9%) with yield in stress conditions, as well as the old indices of HARM, STI and GMP, which have the positive and significant correlation with each other and with performance in two. The conditions of non stress and stress have been identified as the most suitable and effective criteria for identifying and selecting genotypes tolerant to drought stress. The results obtained from the three-dimensional, biplot, and cluster analysis methods are in agreement with each other for selection of high yielding and drought tolerant lines. Accordingly, it seems that genotypes 40, 48, 71, 73, 3, 8 , 45 and 52 are the promising and proposing genotypes in the Mashhad climate for further studies.

Keywords: Biplot, Cluster analysis, Correlation, Tolerance indices

پژوهش‌های حبوبات ایران
نشریه علمی- دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران جلد۱۰ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم۱۳۹۸، شمارهٔ پیاپی: ۲۰
(به‌ترتیب حروف الفبا)

دکتر	محمدبهزاد	امیری	مجتمع آموزش‌عالی گناباد
دانشجوی‌دکتری	علیرضا	برجسته	مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان(شاهرود)
دکتر	بهمن	پاسبان اسلام	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی
دکتر	کمال	حاج‌محمدنیا قالیباف	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	فرزاد	حسین‌پناهی	دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان
دکتر	سعیدرضا	حسین‌زاده	گروه زیست‌شناسی دانشگاه صنعتی خاتم‌الأنبیاء بهبهان
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	ابراهیم	دورانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
دکتر	علی	سپهری	دانشگاه بوعلی سینای همدان
دکتر	داود	صادق‌زاده اهری	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور- مراغه
دکتر	سیدحسین	صباغ‌پور	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان
دکتر	محمدحسین	قرینه	دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
دکتر	اسماعیل	قلی‌نژاد	دانشگاه پیام نور، مرکز ارومیه
دکتر	جعفر	کامبوزیا	دانشگاه شهید بهشتی تهران
دکتر	بهنام	کامکار	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان
دکتر	همایون	کانونی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
دکتر	هدایت‌اله	کریم‌زاده سورشجانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مرتضی	گلدانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
مهندس	علی‌اکبر	محمودی	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (دانشجوی دکتری)
دکتر	نسرین	مشتاقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	حسن	مکاریان	دانشگاه صنعتی شاهرود
دکتر	جعفر	نباتی	پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علی	نخزری‌مقدم	دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس
دکتر	علی‌اکبر	وردی	دانشگاه بوعلی‌سینا همدان
دکتر	رستم	یزدانی بیوکی	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی یزد

پژوهش‌های حبوبات ایران
نشریه علمی- دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

فُرم اشتراک

خواهشمند است فُرم زیر را پس از تکمیل، به نشانی زیر ارسال فرمایید:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی
دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۱۶۵۳-۹۱۷۷۵، کُد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

مشخصات متقاضی: (لطفاً با ذکر جزئیات، مشخص فرمایید)

نام: (وزارت/ سازمان/ مؤسسه/ شرکت/ دانشگاه/ دانشکده/ کتابخانه/ بخش خصوصی/ شخصی/ سایر)

.....

نشانی دقیق پُستی: .....

.....

.....

.....

تلفن (با کُد 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 شمارهٔ ۹۹۶۵۴ به‌نام عواید اختصاصی پژوهشکدهٔ علوم گیاهی نزد بانک تجارت شعبه دانشگاه فردوسی واریز نموده و فیش آن را همراه با فُرم، به دفتر نشریه ارسال فرمایید. هزینه‌های پستی به‌عهدهٔ متقاضی می‌باشد.

تاریخ: امضاء:

Iranian Journal of
Pulses Research

List of Articles

Vol. 10, No. 2, 2019, S. No.: 20

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 10, No. 2, 2019, S. No.: 20

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

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(2); December 2019; S.No.20