پژوهش‌های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۹، شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۷ - شماره پیاپی: ۱۸

دانشگاه فردوسی مشهد

با همکاری

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

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

پژوهش‌های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

جلد ۹، شماره ۲، نیمه دوم ۱۳۹۷

پژوهش‌های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

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

جلد۹، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم۱۳۹۷ – شمارهٔ پیاپی: ۱۸

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

جلد۹، شمارۀ۲، نیمۀ دوّم۱۳۹۷، شمارۀ پیاپی: ۱۸

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 علمی‌پژوهشی **"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

دوفصلنامه علمی- پژوهشی

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 علمی‌پژوهشی 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. 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 به‌وسیلهٔ 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 از ۲۰ 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. Key words

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.

نشانی:

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
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۲۷-۱۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 12-27
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.56412

بررسی خصوصیات مورفوفنولوژیک، شاخص‌های رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های اُمیدبخش متحمل به خشکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی در نیشابور

حسن پُرسا[1]، عبدالرضا باقری[2*]، علی گنجعلی[3] و محمد عابد[4]

۱- کارشناس ارشد پژوهشی و پژوهشگر گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، porsa@um.ac.ir
۲- استاد گروه بیوتکنولوژی و بِه‌نژادی گیاهی دانشکدهٔ کشاورزی و عضو هیئت علمی پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشکدهٔ علوم و عضو هیئت علمی پیوستهٔ گروه بقولات پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ganjeali@um.ac.ir
۴- دانش‌آموختهٔ مهندسی کشاورزی، کارشناسی‌ارشد رشته زراعت، نیشابور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی خصوصیات مورفوفنولوژیک، فیزیولوژیک و عملکردی ژنوتیپ‌های اُمیدبخش متحمل به خشکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی، آزمایشی در نیشابور در سال زراعی۱۳۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. در این آزمایش، پنج ژنوتیپ اُمیدبخش حاصل آزمایشات گذشته (MCC80، MCC352، MCC392، MCC537 و MCC696) و دو ژنوتیپ تجاری به‌عنوان شاهد (ILC482 و کرج۳۱-۶۰-۱۲) در شرایط آبیاری تکمیلی (آبیاری در زمان کاشت و نیز مرحلهٔ گلدهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای میان ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد روز از کاشت تا سبزشدن، گلدهی و غلاف‌دهی، ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی، اجزای عملکرد دانه و عملکرد دانه وجود داشت؛ به‌طوری که تفاوت‌های معنی‌داری برای این صفات در میان ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. ژنوتیپ MCC80 با ۹۷۰کیلوگرم در هکتار از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بود که بیش از دو برابر عملکرد دانه در شرایط دیم و حدود ۷۵درصد عملکرد دانه نسبت به شرایط آبی در منطقه می‌باشد. این ژنوتیپ، کمترین تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی و بیشترین تعداد غلاف در بوته را نیز دارا بود؛ اما عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های شاهد کرج۱۲-۶۰-۳۱ (۳۲۴کیلوگرم در هکتار) و ILC482 (۳۲۰کیلوگرم در هکتار)، از متوسط عملکرد دانهٔ نخود در شرایط دیم منطقه نیز کمتر بود. بنابراین می‌توان ضمن تکرار چنین آزمایشاتی، گزینهٔ کشت ژنوتیپ‌هایی ازجمله MCC392، MCC352 و به‌ویژه MCC80 را همراه با آبیاری تکمیلی در زمان کاشت و هنگام گلدهی در این منطقه، به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش متحمل به خشکی درنظرگرفت.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف در بوته، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، شاخه‌های اولیه و ثانویه، گلدهی

مقدمه

در منطقهٔ خراسان، نخود (*Cicer arietinum* L.) دیم اغلب به‌صورت سنتی در انتهای فصل زمستان (اسفند یا فروردین) با تکیه بر رطوبت ذخیره‌شده در خاک کشت می‌شود. به‌این‌ترتیب، رشد سریع گیاه با مرحله‌ای منطبق می‌شود که رطوبت خاک با گذشت زمان به‌طور فزاینده‌ای کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، مقدار و الگوی پراکنش بارندگی در طول فصل رشد نیز بسیار نامناسب است و گیاهان معمولاً در دورهٔ رشد رویشی با تنش خشکی متناوب و در مرحلهٔ رشد زایشی با تنش خشکی انتهایی و گرما به‌صورت توأم مواجه می‌شوند که نتیجهٔ آن، اختلال در گرده‌افشانی و انتقال مواد

[*]**نویسنده مسئول:** مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه بیوتکنولوژی و بِه‌نژادی گیاهی، abagheri@um.ac.ir

فتوسنتزی به دانه‌ها است که منجر به کاهش شدید عملکرد می‌شود؛ به‌طوری‌که متوسط عملکرد نخود دیم در سطح استان، فقط ۲۰۰ تا ۳۰۰کیلوگرم در هکتار است (Ganjeali & Parsa, 2009). بدیهی است در این مناطق، منطبق‌نمودن مراحل حساس فنولوژی با فراهمی رطوبت در خاک و نیز گزینش برای گیاهانی که بتوانند چرخۀ زندگی خود را قبل از وقوع خشکی و گرمای انتهای فصل تکمیل نمایند (زودرسی و فرار از خشکی) و یا از قابلیت تحمل و مقاومت به خشکی بالایی برخوردار باشند، به‌عنوان اولین گام برای بهبود تولید نخود در شرایط دیم، مورد توجه است (Ganjeali & Parsa, 2009).

هریک از گیاهان زراعی معمولاً در مرحلۀ خاصی از دورۀ رشد، بیشترین حساسیت را به تنش خشکی نشان می‌دهند که در صورت بروز تنش در این مرحله، گیاه بیشترین خسارت را متحمل می‌شود. بررسی‌ها در گیاه نخود نشان داده است که مرحلۀ رشد رویشی، نسبت به سایر مراحل رشدی گیاه، حساسیت کمتری به تنش خشکی دارد. کمبود آب به‌دلیل کم‌شدن آماس سلولی و درنتیجه، کاهش رشد و فتوسنتز، بیشترین تأثیر منفی را بر توسعۀ سلول‌ها دارد. به‌نظر می‌رسد گیاه نخود در مراحل انتهایی گلدهی و شروع تشکیل غلاف‌ها، حساسیت بیشتری به تنش خشکی داشته باشد (Mekenzie & Hill, 1995).

Singh & Saxena (1990) با انجام آبیاری تکمیلی در مناطق دارای تنش خشکی، افزایش عملکرد دانه را تا ۵۶درصد گزارش کردند. مطالعات انجام‌گرفته در هندوستان نشان داده است که آبیاری تکمیلی به‌منظور رفع تنش رطوبت در مراحل بحرانی رشد گیاه، تأثیر جدّی در افزایش عملکرد نخود داشته است و در این ارتباط، مراحل گلدهی و غلاف‌دهی بیشترین حساسیت را به کمبود آب نشان داده‌اند (Singh, 1997). در مرکز تحقیقات ایکاردا در تل‌هادیای کشور سوریه، واکنش ارقام بهاره و زمستانۀ نخود به آبیاری تکمیلی کاملاً بارز بوده است. انجام آبیاری در مناطقی که درجه‌حرارت در مرحلۀ رشد و نموّ گیاه از حدّ بهینه فراتر می‌رود، تأثیر مطلوبی در کاهش درجه‌حرارت خاک و کانوپی گیاه داشته و برای گره‌زایی و تثبیت بیولوژیک نیتروژن و نهایتاً عملکرد، مفید بوده است (Singh & Saxena, 1990).

در آزمایش Yadav *et al*, (1994) انجام آبیاری تکمیلی قبل از مرحلۀ گلدهی و پُرشدن غلاف‌ها، گرچه تأثیر معنی‌داری بر وزن۱۰۰دانۀ نخود داشت، ولی تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نداشت؛ بااین‌حال باعث افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۶۰۰کیلوگرم در هکتار شد. Pezeshkpour *et al*, (2005) عنوان کردند که آبیاری تکمیلی نخود در مرحلۀ ۵۰درصد گلدهی دارای بیشترین عملکرد دانه (۱۵۸۶کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمارهای دیگر آزمایش (بدون آبیاری و آبیاری تکمیلی در مرحلۀ غلاف‌دهی) بود و در این تیمار، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه در بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف تک‌دانه، تعداد غلاف دوبذری و درصد کلروفیل، نسبت به دو تیمار دیگر، بیشتر بود. Ganjeali *et al*, (2008) بیان داشتند وقوع تنش در مرحلۀ گلدهی باعث ریزش گُل‌ها شده و به‌دنبال آن، تعداد غلاف در گیاه به‌شدت کاهش می‌یابد. Dahiya *et al*, (1983) نیز گزارش کردند که آبیاری تکمیلی در زمان ۵۰درصد گلدهی، بیشترین عملکرد دانه را حاصل می‌کند.

مطالعات نشان می‌دهند وقوع شرایط نامساعد محیطی قبل از گلدهی، بیشتر بر تعداد دانه و بعد از گلدهی، بر وزن دانه تأثیرگذار هستند (Gupta, 1997). در این راستا، مجموعۀ عواملی که بتوانند سرعت‌رشد محصول را در دوران رشد زایشی گیاه افزایش داده و دوام سطح برگ را برای یک دورۀ طولانی‌تر حفظ نمایند، احتمالاً وزن دانه را به‌مقدار زیادی افزایش خواهد داد (Singh, 1991).

Goldani & Rezvani-Moghaddam (2006) نتیجه گرفتند که در گیاه نخود، آبیاری در اوایل گلدهی نسبت به آبیاری قبل از کاشت، قبل از گلدهی و قبل از غلاف‌دهی، تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه دارد. در آزمایش ایشان، اِعمال تنش خشکی در مرحلۀ گلدهی باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه شد. در مطالعۀ دیگر (Kalyan *et al*., 1988) انجام دوبار آبیاری در عدس (*Lens culinaris*) در زمان قبل و بعد از گلدهی، عملکرد دانه را به‌میزان ۵۲/۷درصد نسبت به شاهد (بدون آبیاری) و ۱۷/۷درصد نسبت به یک‌بار آبیاری قبل از گلدهی افزایش داد. در آزمایش مذکور، آبیاری قبل از گلدهی باعث افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۲۹/۷درصد نسبت به تیمار شاهد شد.

Chavan & Patil (1998) اظهار کردند که گیاه نخود در صورت کمبود رطوبت ذخیره‌شده در خاک، به آبیاری تکمیلی واکنش نشان می‌دهد؛ اگرچه به زیادیِ رطوبت خاک نیز بسیارحساس است. در آزمایش این محققان، بالاترین عملکرد دانۀ نخود (۲۰۳۰کیلوگرم در هکتار) در تیمار سه‌بار آبیاری در ۲۵، ۵۰ و ۷۵روز بعد از کاشت حاصل شد.

بررسی‌ها نشان داده است که تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه در دوران گلدهی، نقش مؤثری در گرده‌افشانی مؤثر و افزایش تعداد دانه در گیاهان مختلف و از جمله نخود داشته است (Singh & Saxena, 1990; Thomson & Siddique, 1997).

Shobeyri *et al.*, (2007) در بررسی سه رقم نخود گزارش دادند که حداکثر سرعت‌رشد محصول، در تیمار آبیاری کامل در۶۶۰درجه-روز رشد و کمترین آن، در تیمار بدون آبیاری در۴۶۰درجه-روز رشد حاصل شد. در این آزمایش، گیاهان در تیمار آبیاری در مرحلۀ گلدهی، نسبت به آبیاری قبل از گلدهی و بدون آبیاری، از سرعت‌رشد محصول بالاتری برخوردار بودند.

در آزمایش دیگری Goldani & Rezvani-Moghaddam (2007) نتیجه گرفتند که روند کاهش سرعت‌رشد نسبی در تیمار سه نوبت آبیاری (قبل از کاشت، قبل از گلدهی، و غلاف‌دهی) در مقایسه با سایر رژیم‌های آبیاری، به‌ویژه تیمار بدون آبیاری، ملایم‌تر بود؛ به‌طوری‌که در زمان گلدهی، سرعت‌رشدنسبی نسبت به سایر مراحل رشدی، کاهش کمتری داشت. Katiyar (1980) طی آزمایشی بر روی نخود بیان داشت که سرعت رشد نسبی در اکثر واریته‌های نخود به‌مدت کوتاهی قبل از گلدهی در حداکثر مقدار است؛ اما با شروع مرحلۀ رشد زایشی، سرعت رشد نسبی، کاهش و در انتهای این مرحله به‌علت ریزش برگ‌ها و کاهش مادۀ خشک تولیدی، به‌شدت کاهش یافت. در یک آزمایش روی سه رقم نخود، بالاترین شاخص‌سطح‌برگ (۲/۴۰)، به تیمار سه‌بار آبیاری و کمترین آن (۱/۶۰) به تیمار بدون آبیاری اختصاص داشت. همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین سطح برگ در مرحلۀ گرده‌افشانی با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Saxena, 1990; Singh *et al*., 1997).

با توجه به موارد مذکور، این مطالعه به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های منتخب متحمل به خشکی، حاصل از آزمایش‌های قبلی و مطالعۀ دقیق‌تر آنها و نیز بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های فوق در مناطق تولید با دو نوبت آبیاری در مرحله کاشت و نیز در مرحلۀ گلدهی به‌عنوان آبیاری تکمیلی، جهت معرفی ارقام متحمل به خشکی و پُرمحصول نخود در شرایط آبیاری تکمیلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعۀ آموزشی‌تحقیقاتی دانشکدۀ کشاورزی نیشابور با هدف ارزیابی ژنوتیپ‌های اُمیدبخش نخود متحمل به خشکی حاصل آزمایش‌های قبلی (Ganjeali *et al*., 2009; Porsa *et al.*, 2010; Ganjeali, 2009) و نیز بررسی سازگاری این ژنوتیپ‌ها در منطقه نیشابور با دو نوبت آبیاری (آبیاری اول در مرحله کاشت و آبیاری دوم به‌عنوان آبیاری تکمیلی در مرحلۀ گلدهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طیّ سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد.

میانگین درازمدت بارندگی در نیشابور، ۲۴۳میلی‌متر و میانگین توزیع فصلی آن به‌صورت زمستان ۵۷درصد، پاییز ۲۲/۱درصد، بهار ۱۹/۵درصد و تابستان ۱/۴درصد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن، نیمه‌خشک می‌باشد. آمار میانگین ماهیانۀ داده‌های هواشناسی مربوط به فصل زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در نیشابور در جدول۱ نشان داده شده است.

به‌منظور تعیین خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌هایی به‌صورت تصادفی از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری خاک برداشت شدند و سپس تجزیه‌های شیمیایی و فیزیکی نمونه مرکب حاصل در آزمایشگاه آب‌وخاک انجام گرفت (جدول۲).

آماده‌سازی مزرعه و کاشت

مزرعه آزمایشی در سال زراعی قبل، آیش بود و در پاییز۱۳۸۹ شخم زده شد و پس از تسطیح، عملیات کودپاشی بر اساس توصیۀ آزمایشگاه خاکشناسی، به‌مقدار۵۰کیلوگرم کود اوره (دارای ۴۶درصد نیتروژن)، ۲۵۰کیلوگرم کود سوپرفسفات آمونیوم (حاوی حدود ۴درصد نیتروژن و ۱۳درصد فسفر) و ۱۰۰کیلوگرم کود سولفات پتاسیم (حاوی ۴۲درصد پتاسیم) در هکتار، به‌صورت دست‌پاشی انجام گرفت. سپس بذور هفت ژنوتیپ نخود شامل پنج ژنوتیپ اُمیدبخش متحمل به خشکی حاصل آزمایش‌های گذشته (MCC80، MCC352، MCC392، MCC537 و MCC696) و دو ژنوتیپ به‌عنوان شاهد شامل ILC482 (MCC252) و کرج۳۱-۶۰-۱۲ (MCC358) (جدول۳)، با تراکم ۳۰بوته در مترمربع با فاصلۀ ردیف ثابت۵۰ سانتی‌متر در کرت‌هایی مشتمل بر شِش ردیف به‌طول چهار متر و عرض سه متر کشت شدند. بذور از بانک بذر حبوبات پژوهشکدۀ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد[1] تأمین شدند.

عملیات کاشت در فروردین۱۳۹۰ با ایجاد شیاری به عمق پنج تا شِش سانتی‌متر روی پشته‌ها و قراردادن بذور به فاصلۀ شِش‌ونیم سانتی‌متر از یکدیگر، انجام شد. عملیات داشت بر اساس روال رایج صورت گرفت. مبارزه با علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی طیّ سه‌مرحله انجام شد. به‌منظور مبارزه با آفاتی مانند شته و کرم دانه‌خوار (هلیوتیس)، مزرعه طیّ سه‌مرحله با سموم متاسیستوکس و دلتامترین به نسبت یک‌درهزار، سمپاشی شد.

[1] Mashhad Chickpea Collection (MCC)

جدول ۱- آمار داده‌های هواشناسی مربوط به فصل زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در نیشابور

Table 1. Meteorological data for 2010-2011 season in Nishabour

ماه **Month**	میزان بارش در ماه (میلی‌متر) **Monthly precipitation** (mm)	متوسط حداکثر دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) **Mean of monthly maximum temperature** (°C)	متوسط حداقل دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) **Mean of monthly minimum temperature** (°C)	متوسط حداکثر رطوبت ماهیانه (درصد) **Mean of monthly maximum humidity** (%)	متوسط حداقل رطوبت ماهیانه (درصد) **Mean of monthly minimum humidity** (%)
October 2010 -مهر۱۳۸۹	0.2	27.36	8.96	64	24
November 2010 -آبان ۱۳۸۹	27.6	15.26	1.56	82	38
December 2010 -آذر۱۳۸۹	13.3	11.3	0.6	82	46
January 2011 -دی۱۳۸۹	5.9	9.76	- 3.63	87	44
February 2011 -بهمن ۱۳۸۹	71.6	10.5	0.23	80	49
March 2011 -اسفند۱۳۸۹	20.3	16.34	2.79	80	30
April 2011 -فروردین۱۳۹۰	8.1	23.4	7.96	70	85
May 2011 -اردیبهشت۱۳۹۰	14.6	29.09	11.58	66	21
June 2011 -خرداد۱۳۹۰	0.5	34.09	16.41	56	19
July 2011 -تیر۱۳۹۰	0	35.25	18.61	53	21
August 2011 -مرداد۱۳۹۰	0	34.67	15.67	44	15
September 2011 -شهریور۱۳۹۰	0.7	31.74	12.51	54	18

(مأخذ، سایت سازمان هواشناسی کشور، وزارت راه و شهرسازی)

Website of Meteorological Organization; The Ministry of Roads and Urban Development

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Soil physical and chemical properties of experimental location

عمق خاک **Soil depth** (cm)	بافت خاک **Soil texture**	درصد رُس **%Clay**	درصد لای **%Silt**	درصد شن **%Sand**	پتاسیم قابل‌جذب **Absorbable potassium** (ppm)	فسفر قابل‌جذب **Absorbable phosphorus** (ppm)	درصد کربن‌آلی **O.C%**	درصد مواد خنثی‌شونده **T.N.V%**	هدایت الکتریکی **EC** $dS.m^{-1}$	واکنش گِل اشباع **pH**
0-30	Lome	24	32	44	100	5	0.195	18	2.8	7.5

جدول ۳- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد آزمایش
Table 3. Characteristics of chickpea genotypes

ردیف No.	شمارۀ MCC MCC no.	تیپ Type	مشخصات دیگر Other details
1	80	Kabuli -کابلی	5311
2	252	Kabuli -کابلی	ILC482
3	352	Kabuli -کابلی	12247
4	358	Kabuli -کابلی	Karaj 12-60-31
5	392	Kabuli -کابلی	Kermanshah -کرمانشاه
6	537	Kabuli -کابلی	Iran -ایران
7	696	Kabuli -کابلی	Iran -ایران

ثبت مراحل فنولوژی و اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد و شاخص‌های رشد

مراحل فنولوژی شامل تعداد روز تا هر یک از مراحل سبزشدن، گُلدهی و غلافدهی، بر اساس تعداد روز تا وقوع ۵۰درصد از هر مرحله، ثبت شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد پنج بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت در مرحلۀ رسیدگی فیزیولوژیک، انتخاب گردید و ارتفاع ساقۀ اصلی آنها از سطح زمین، تعیین شد و سپس میانگین آن برای هر کرت ثبت گردید. برای اندازه‌گیری تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه و نیز اجزای عملکرد دانه، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی در زمان برداشت، انتخاب و پس از شمارش تعداد شاخه‌ها، تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه، میانگین حاصله ثبت شد. وزن۱۰۰دانه بر اساس شمارش پنج نمونۀ بذر۱۰۰تایی و توزین و میانگین‌گیری، محاسبه و ثبت شد. برای تعیین عملکرد دانه، سطحی در حدود ۹مترمربع از هر کرت، پس از حذف حاشیه‌ها، برداشت و پس از بوجاری، میزان بذر تولیدی در واحد سطح، تعیین شد.

به‌منظور محاسبۀ شاخص‌های رشد، نمونه‌برداری در طول دورۀ رشد، طیّ شِش مرحله به‌فاصلۀ هفت‌روز از یکدیگر انجام گرفت. نمونه‌ها، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردیده و پس از جُدانمودن برگ‌ها، سطح برگ آنها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح‌برگ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به دستگاه آون منتقل گردیده و پس از خشک‌شدن، وزن‌خشک آنها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱گرم تعیین شد. شاخص‌سطح‌برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی، به‌ترتیب با استفاده از معادله‌های ۱، ۲ و ۳ تعیین شد (Hunt, 1994):

معادلۀ ۱:

$$LAI= [(LA1/W1)+(LA2/W2)/2$$

LAI: شاخص‌سطح‌برگ متوسط در بازۀ زمانی t1 وt2؛ LA1: سطح‌برگ در زمانt1؛ W1: وزن‌خشک گیاه در زمان t1؛ LA2: سطح‌برگ در زمانt2؛ W2: وزن‌خشک گیاه در زمان t2.

معادلۀ۲:

$$CGR= (1/P)\times(W2-W1)/(t2–t1)$$

CGR: سرعت‌رشدمحصول در واحد سطح زمین (P)؛ W1: وزن‌خشک گیاه در زمانt1؛ W2: وزن‌خشک گیاه در زمانt2.

معادلۀ۳:

$$RGR= (logeW2-logeW1)/(t2– t1)$$

RGR: سرعت‌رشدنسبی؛ W1: وزن‌خشک گیاه در زمان t1؛ W2: وزن‌خشک گیاه در زمانt2.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه واریانس داده‌ها، از نرم‌افزار MSTAT-C (ver.: 1.42) استفاده شد و مقایسۀ میانگین‌ها نیز به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 97-2003 استفاده گردید.

نتایج و بحث

صفات فنولوژیک

نتایج نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد روز از کاشت تا سبزشدن بذرها داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80 و MCC696 از کمترین و

ژنوتیپ‌های MCC252 و MCC392 از بیشترین روز از کاشت تا سبزشدن، برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های MCC80 و MCC696 از این حیث، تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های MCC358، MCC252 و MCC392 داشتند؛ ولی تفاوت آنها با سایر ژنوتیپ‌ها، معنی‌دار نبود (شکل ۱). تسریع در سبزشدن، باعث کاهش طول دورۀ رشد و پیش‌افتادن مراحل فنولوژیک گیاه و در نتیجه، زودرسی خواهد بود. به‌علاوه، سبزشدن سریع، احتمال میزان ابتلاء به بیماری‌های خاکزاد را کاهش داده و امکان استفادۀ بهتر از رطوبت و منابع موجود را برای گیاه فراهم خواهد آورد (Bagheri *et al.*, 1997).

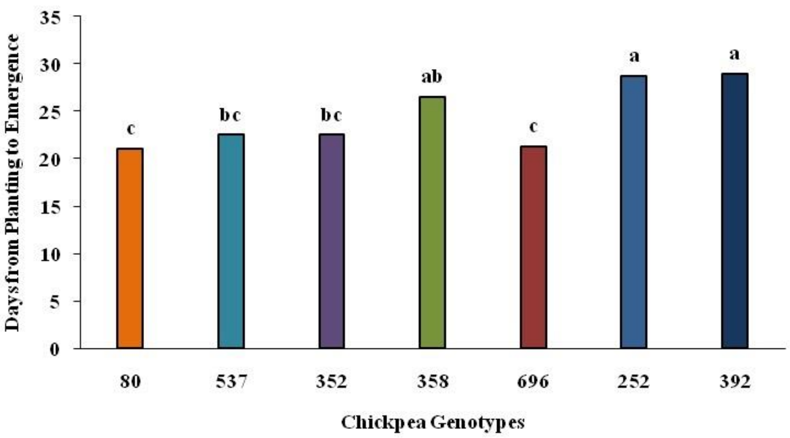
جدول ۴- تجزیۀ واریانس صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود

Table 4. Analysis of variance for chickpea genotypes characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares									
		روز از کاشت تا سبزشدن Days from planting to emergence	روز از کاشت تا گلدهی Days from planting to flowering	روز از کاشت تاغلاف‌دهی Days from planting to podding	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه اصلی Primary branches No.	تعداد شاخه فرعی Secondary branches No.	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	وزن۱۰۰دانه 100Seed weight	عملکرد بوته Plant yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	3	3.476	13.560	2.131	0.603	0.193	4.528	28.938	1.265	100.285	16630.014
تیمار Treatment	6	48.850**	137.333**	659.226**	38.296 **	0. 885*	11.019*	94.917*	66.146**	191.158*	68288.49*
خطا Error	18	4.22	18.32	1.797	6.347	0.283	3.591	24.972	3.255	72.39	14649.410
ضریب تغییرات (درصد) CV%		8.39	7.76	1.83	7.96	3.31	4.86	6.68	8.16	37.91	36.12

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد

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



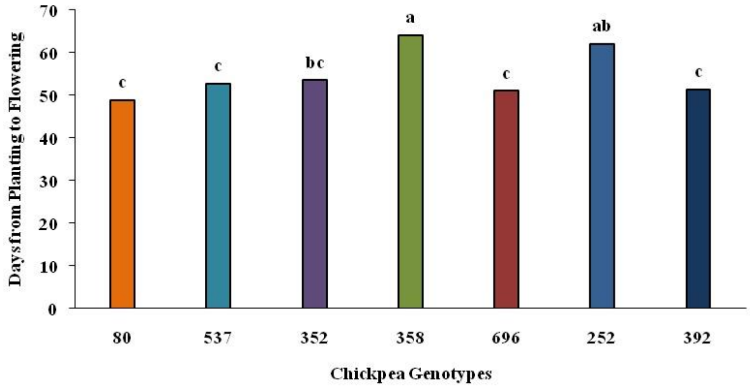
شکل ۱- تعداد روز از کاشت تا سبزشدن ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 1. Days from planting to emergence of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری (P≤ 0.01) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.01), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

همچنین، نتایج نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد روز از کاشت تا گلدهی داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80، MCC696، MCC392 و MCC537 از کمترین و ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC252 از بیشترین تعداد روز از کاشت تا گلدهی برخوردار بودند؛ به‌شکلی‌که تفاوت میان این دو گروه، معنی‌دار (P≤0.05) بود (شکل۲). به‌نظر می‌رسد وقوع تنش خشکی انتهایی، باعث القای زودرسی در ژنوتیپ‌های MCC80، MCC696، MCC392 و MCC537 شده است. احتمالاً این ژنوتیپ‌ها از مکانیسم فرار از خشکی برای مقاومت به خشکی بهره می‌گیرند. آزمایش‌های متعدد، مؤید آن است که وقوع تنش خشکی، گلدهی را تسریع و مراحل فنولوژیک را کوتاه نموده است (Koochacki & Nasiri, 1992).



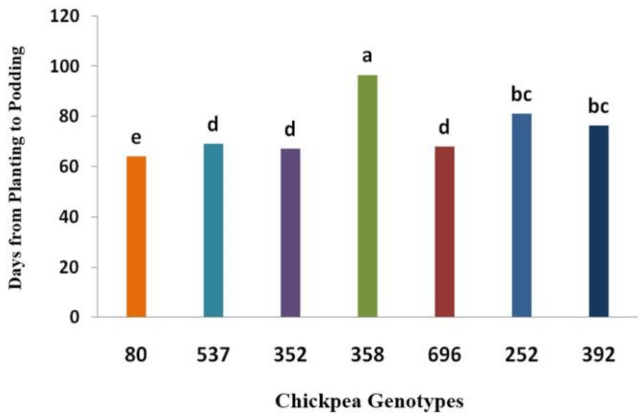
شکل ۲- تعداد روز از کاشت تا گلدهی ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 2. Days from planting to flowering of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری (P≤ 0.01) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.01), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر روز از کاشت تا غلاف‌دهی داشت (جدول۴). نتایج مؤید آن بود که ژنوتیپ MCC80 از کمترین روز از کاشت تا غلاف‌دهی و ژنوتیپ MCC358 از بیشترین روز از کاشت تا غلاف‌دهی برخوردار بودند. ژنوتیپ MCC80 از این حیث تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت (شکل ۳).



شکل ۳- تعداد روز از کاشت تا غلاف‌دهی ژنوتیپ‌های نخود

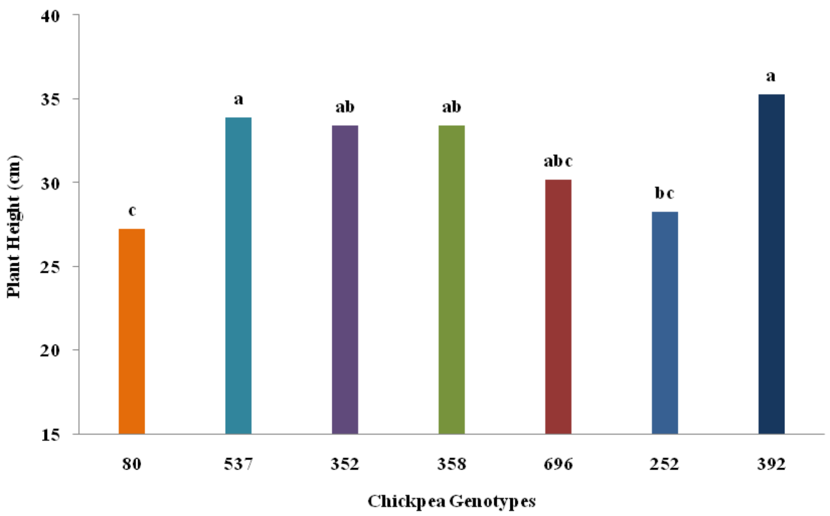
Fig. 3. Days from planting to podding of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری (P≤ 0.01) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different (P≤ 0.01), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

صفات مورفولوژیک

بر اساس نتایج، ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی نخود داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80 از کمترین و MCC537 و MCC392 از بیشترین ارتفاع بوته برخوردار بودند (شکل ۴). میزان تفاوت ارتفاع بوته در ژنوتیپ MCC80 نسبت به همۀ ژنوتیپ‌های دیگر، به‌جُز دو ژنوتیپ MCC252 و MCC696 معنی‌دار بود (شکل ۴).



شکل ۴- ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 4. Plant height of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.01$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

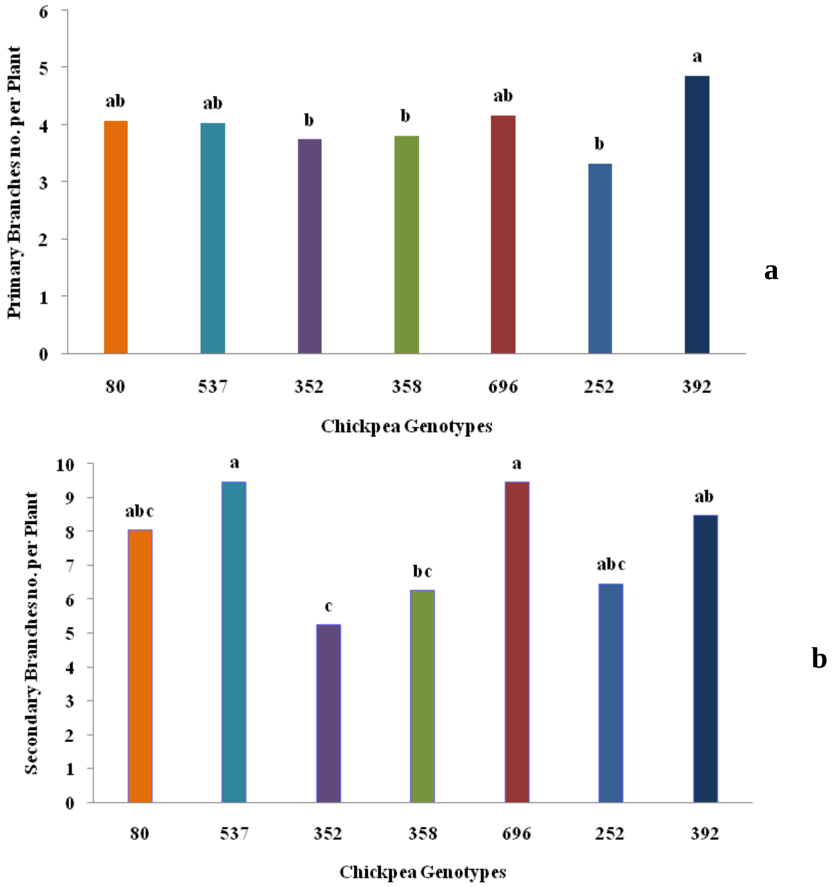
بر اساس نتایج، ژنوتیپ MCC392 بیشترین و ژنوتیپ‌های MCC252، MCC358 و MCC352 کمترین تعداد شاخۀ اولیه در بوته را دارا بودند (شکل۵) که تفاوت میان آن‌ها از این نظر، معنی‌دار بود ($P\leq 0.05$). همچنین، ژنوتیپ MCC352 از کمترین تعداد شاخۀ ثانویه در بوته و ژنوتیپ‌های MCC696 و MCC537 از بیشترین تعداد برخوردار بودند (شکل ۵) که تفاوت میان آن‌ها معنی‌دار نیز بود ($P\leq 0.05$).

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج نشان داد که ژنوتیپ، تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانۀ تک‌بوته و نیز عملکرد دانه در واحد سطح داشت (جدول۴). بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC80 بیشترین و MCC358 کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (شکل۶). تفاوت ژنوتیپ MCC80 از این نظر، با همۀ ژنوتیپ‌های دیگر، به‌جُز ژنوتیپ MCC696 معنی‌دار بود (شکل۶). به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ MCC80 با جلوانداختن رشد رویشی خود، حداقل تا حدودی از برخورد با دمای بالا اجتناب نموده و در نتیجه، گلدهی آن در دماهای نسبتاً پایین‌تر و نیز رطوبت بیشتر خاک، صورت گرفته است. عوامل فوق باعث شده است تا با کاهش درصد عقیم‌ماندن گُل‌ها، میانگین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ MCC80 (۲۳غلاف) نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها، افزایش یابد.

همچنین، دو ژنوتیپ MCC252 و MCC352، به‌ترتیب کمترین و بیشترین وزن۱۰۰دانه را داشتند؛ ضمن این‌که تفاوت میان ژنوتیپ MCC252 از این نظر، علاوه بر MCC352 با دو ژنوتیپMCC537 و MCC392 نیز معنی‌دار بود (شکل۷). به‌نظر می‌رسد با انجام آبیاری در زمان گلدهی، در ژنوتیپ‌هایی مانند MCC352، محدودیت رطوبت برای رشد برطرف شده و زمینه برای انتقال مواد فتوسنتزی به‌سمت مخازن و استفادۀ بهتر از شرایط در جهت تداوم بیشتر

رشد فراهم گردیده است. همچنین کاهش وزن۱۰۰دانه در ژنوتیپ‌هایی مانند MCC358 و MCC252 که دارای مراحل فنولوژی طولانی‌تری بوده‌اند، احتمالاً به‌دلیل تداوم رشد رویشی و همزمانی احتمالیِ مرحلۀ انتقال و اختصاص اسیمیلات به دانه‌ها با خشکی انتهایی فصل و اختلال در انتقال بوده است. در یک آزمایش با انجام آبیاری تکمیلی در مرحلۀ پُرشدن دانه‌ها، وزن۱۰۰دانه به‌ویژه در تودۀ محلی گریت، افزایش یافت و به‌دنبال آن، عملکرد دانه نیز تا حدودی در مقایسه با شرایط دیم (بدون آبیاری تکمیلی)، بهبود پیدا نمود (Fallah *et al.*, 2005).



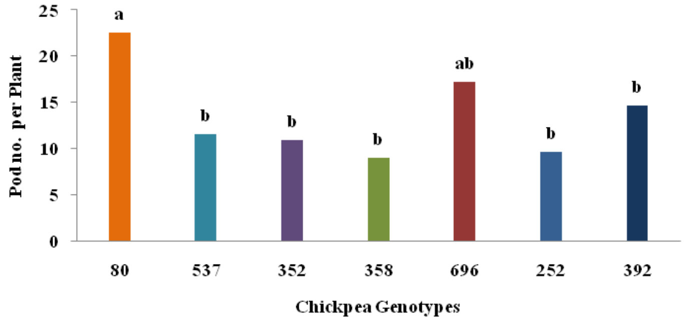
شکل ۵- تعداد شاخه‌های اولیه (الف) و ثانویه (ب) در بوته ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 5. Primary (a) and secondary (b) branches number per plant in chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

بر اساس نتایج، در مورد هردو صفت عملکرد دانۀ تک‌بوته و عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های MCC252 و MCC358 از کمترین و ژنوتیپ MCC80 از بیشترین میزان برخوردار بودند (شکل۸ و ۹). آبیاری تکمیلی، تعداد غلاف‌ها را در اکثر ژنوتیپ‌ها به‌ویژه ژنوتیپMCC80 افزایش داد (شکل۶) و به‌دنبال آن، عملکرد دانه در این ژنوتیپ به ۹۷۰کیلوگرم در هکتار افزایش یافت که در مقایسه با میانگین عملکرد دانۀ نخود در شرایط دیم در شهرستان نیشابور (۳۸۰کیلوگرم در هکتار) و نیز حصول نزدیک به ۷۵درصد عملکرد دانه در شرایط آبی، چشمگیر است. در این آزمایش، عملکرد دانه در رقم تجاری کرج (MCC358)، حدود ۳۲۴کیلوگرم در هکتار و در رقم MCC252 حدود ۳۲۰کیلوگرم در هکتار ثبت شد که کمتر از متوسط عملکرد دانه در شرایط دیم در منطقه است.

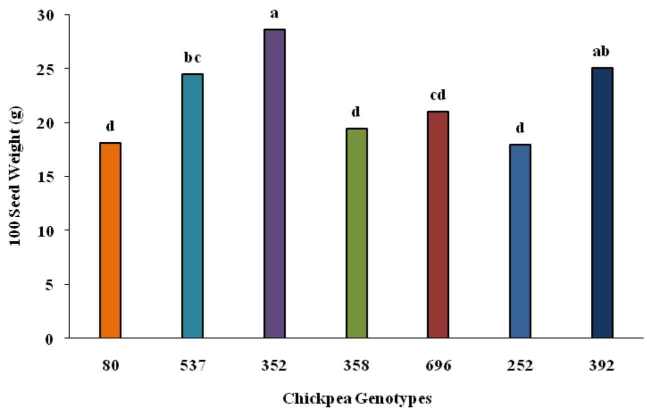


شکل ۶- تعداد غلاف در بوتهٔ ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 6. Pod number per plant in chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

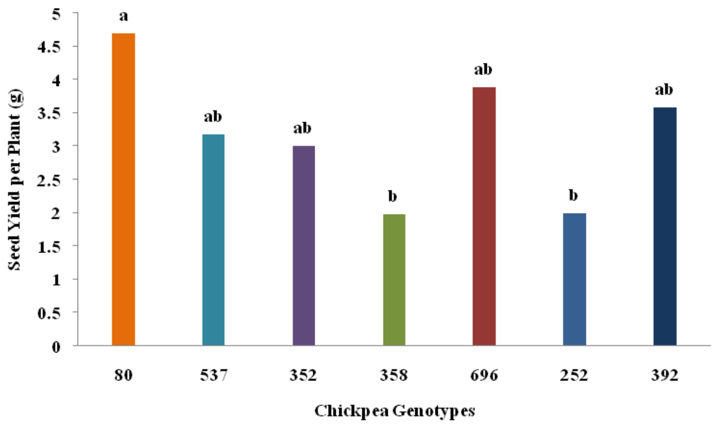


شکل ۷- وزن ۱۰۰دانه ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 7. 100 seed weight of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.01$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT)

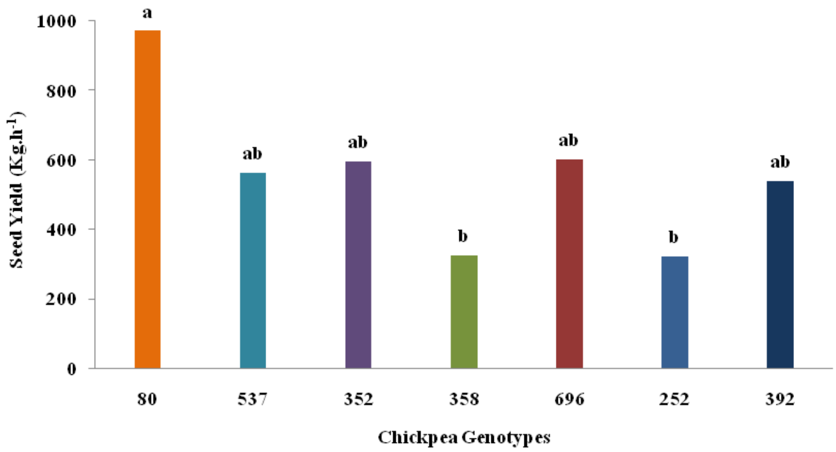


شکل ۸- عملکرد دانه تک‌بوتهٔ ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 8. Seed yield per plant chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).



شکل ۹- عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های نخود

Fig. 9. Seed yield of chickpea genotypes

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($P\leq 0.05$), based on Duncan Multiple Range Test (DMRT).

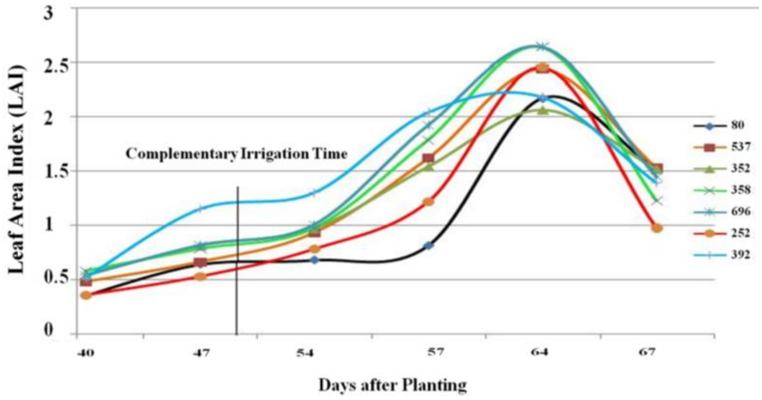
شاخص‌های رشد

مطالعهٔ روند تغییرات شاخص‌سطح‌برگ در ژنوتیپ‌ها نشان داد که پس از اِعمال آبیاری تکمیلی، سطح برگ در تمامی ژنوتیپ‌ها، به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافت و هرکدام از ژنوتیپ‌ها، متناسب با ویژگی‌های خود، با مقادیر و زمان‌های متفاوتی به حداکثر سطح برگ رسیدند (شکل۱۰). نظر به این‌که برگ‌ها اندام اصلی تلفات آب به‌صورت تبخیر و تعرق هستند، لذا به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی مانند MCC80، MCC392 و MCC352 که تعادل مناسبی از نظر برگ داشتند، تبخیر و تعرق کمتری داشته و از ذخایر رطوبتی خاک، در مراحل بعدی رشد و پُرشدن دانه‌ها به‌شکل مؤثرتری بهره گرفتند. به‌نظر می‌رسد عملکرد بالاتر دانه در ژنوتیپ‌های اخیر نسبت به ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC252 که از سطح برگ و تلفات تبخیر و تعرق بالاتری برخوردارند، به تلفات کمتر تبخیر و تعرق و ذخایر بیشتر رطوبتی در مراحل نهایی رشد نیز مربوط باشد.

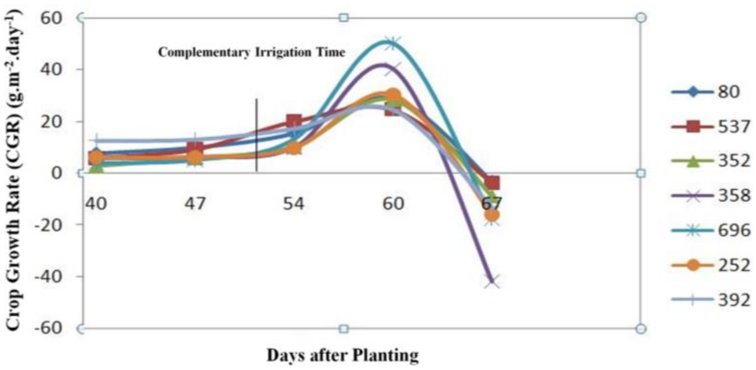
بر اساس نتایج، سرعت رشد گیاه در تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، روندی افزایشی داشت و ۶۰روز پس از کاشت، به حداکثر مقدار خود رسید (شکل۱۱). ژنوتیپ MCC358 اگرچه از سرعت رشد محصول بالایی برخوردار بود، اما در ادامه، میزان آن به‌سرعت به‌صورت فزاینده‌ای کاهش یافت (شکل۱۱). ژنوتیپ MCC252 نیز با سرعت رشد محصول نسبتاً مشابهی با سایر ژنوتیپ‌های پُرمحصول، به حداکثر میزان خود رسید، اما نسبت به این ژنوتیپ‌ها روند کاهشی سریع‌تری داشت (شکل۱۱). این موضوع ممکن است بخشی از عملکرد کمتر این دو ژنوتیپ را نسبت به ژنوتیپ‌های MCC80، MCC392 و MCC352 که از دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول پایدارتری در مراحل نهایی رشد برخوردار بودند، توجیه نماید.

سرعت رشد نسبی در تمام ژنوتیپ‌ها تا۵۰روز پس از کاشت با شیبی ملایم رو به افزایش بود، اما پس از آن (بعد از آبیاری تکمیلی) افزایش یافت که این افزایش در ژنوتیپ MCC358 شدیدتر بود (شکل۱۲). افزایش سرعت رشد نسبی، در تمام ژنوتیپ‌ها تا ۶۰روز پس از کاشت (۱۰روز بعد از آبیاری تکمیلی) ادامه داشت و پس از آن با افزایش سن گیاه، کاهش یافت شکل (شکل۱۲). به‌نظر می‌رسد تا ۱۰روز پس از آبیاری تکمیلی و به‌دلیل دوام سطح برگ‌ها سرعت پیرشدن، به‌ویژه در برگ‌های پایینی گیاه، کاهش یافت و میزان فتوسنتز و استفاده از نور بیشتر شد و لذا سرعت رشد نسبی گیاه افزایش یافت. سرعت رشد نسبی در پایان دورهٔ رشد، به‌دلیل رسیدگی فیزیولوژیک دانه و افزایش تنفس و نیز افزایش سن برگ‌ها و ریزش آن‌ها و درنتیجه کاهش فتوسنتز جاری، منفی شد (شکل۱۲). به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC252 از حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی آخر فصل برخوردار بوده‌اند (شکل۱۲).

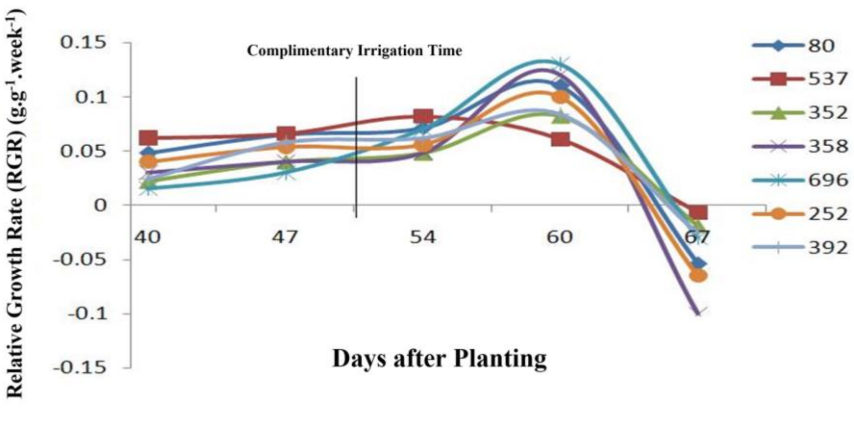
Rezaianzadeh (2008) گزارش کرد که آبیاری تکمیلی در مرحلهٔ گلدهی، باعث افزایش سرعت رشد نسبی می‌شود و درنتیجه افت منحنی سرعت رشد نسبی، با شیب کندتری حادث می‌شود.



شکل ۱۰- تغییرات شاخص‌سطح‌برگ (LAI) در ژنوتیپ‌های نخود
Fig. 10. Changes of Leaf Area Index (LAI) in chickpea genotypes



شکل ۱۱- تغییرات شاخص سرعت‌رشدمحصول (CGR) در ژنوتیپ‌های نخود
Fig. 11. Changes of Crop Growth Rate (CGR) in chickpea genotypes



شکل ۱۱- تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) در ژنوتیپ‌های نخود
Fig. 11. Changes of Relative Growth Rate (RGR) in chickpea genotypes

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر خصوصیات فنولوژیک (تعداد روزهای کاشت تا سبزشدن، گلدهی و غلاف‌دهی)، مورفولوژیک (تعداد شاخه در بوته و ارتفاع بوته)، اجزای عملکرد دانه (تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه)، عملکرد دانه و شاخص‌های رشد وجود داشت. بر این اساس، هرچند ژنوتیپ تجاری کرج (MCC358) در رابطه با برخی از صفات مانند ارتفاع بوته و نیز شاخص‌های رشد وضعیت مناسبی داشت، اما در رابطه با صفاتی همچون تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه، از وضعیت مطلوبی برخوردار نبود. مقایسۀ عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ MCC80 با ۹۷۰کیلوگرم در هکتار از بیشترین عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های MCC252 و MCC358 به‌ترتیب با ۳۲۰ و ۳۲۴کیلوگرم در هکتار، از کمترین میزان این صفت برخوردار بودند. این میزان عملکرد دانه برای ژنوتیپ MCC80 در منطقۀ مورد آزمایش با انجام آبیاری تکمیلی، بیش از دو برابر میانگین عملکرد دانه در شرایط دیم و حدود ۷۵درصد میانگین عملکرد دانه نسبت به شرایط آبی در همین منطقه می‌باشد. این در حالی است که عملکرد دانۀ ژنوتیپ‌های شاهد MCC358 و MCC252، از متوسط عملکرد دانه در شرایط دیم محصول نخود منطقه نیز کمتر بوده است. بنابراین می‌توان ضمن تکرار چنین آزمایشاتی، گزینۀ کشت ژنوتیپ‌هایی ازجمله MCC392، MCC352 و به‌ویژه MCC80 را همراه با آبیاری تکمیلی در زمان کاشت و هنگام گلدهی در این منطقه به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش، درنظر گرفت.

منابع

1. Bagheri, A., Nezami, A., Ganjeali, A, and Parsa, M. 1997. The Chickpea. Jahad Daneshgahi Publication. P. 444 (In Persian).
2. Chavan, L.S., and Patil, B.P. 1998. Effect of moisture-stree and phosphorus levels on the performance of garm (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Agricultural Science 68: 600-602.
3. Dahiya, B.S., Grupta, K.R., and Waldia, M. 1983. Adaptation of chickpea varieties to late sowing. Indian Journal of Agricultural Science 53: 673-676.
4. Fallah, S., Ehsanzadeh, P., and Daneshvar, M. 2005. The effects of plant density and supplementary irrigation on yield and yield components of three chickpea varieties in rainfed conditions at Khorramabad (Lorestan province). Iranian Journal of Agriculture Science 36(3). (In Persian with English Summary).
5. Ganjeali, A. 2009. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 183-194. (In Persian with English Summary).
6. Ganjeali, A., and Parsa, M. 2009. Reactivity of yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to irrigation at different phenological stages. Final Report, Research Center for Plant Sciences, Mashhad Ferdowsi University. (In Persian).
7. Ganjeali, 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): 183-194. (In Persian with English Summary).
8. Ganjeali, A., Parsa, M., and Sabbaghpour, S.H. 2008. Pulses: Agriculture and Farming Systems. Jehad Daneshgahi Press, Mashhad. (In Persian).
9. Goldani, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2006. Effect of irrigation regimes on the phenological and physiological characteristics, yield and yield components of three chickpea genotypes under rainfed and irrigated conditions in Mashhad. Journal of Agricultural Sciences & Natural Resources 20: 21-32. (In Persian with English Summary).
10. Goldani, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2007. Effect of irrigation regimes and sowing dates on phenological characteristics and growth indices of three chickpea genotypes under rainfed and irrigated conditions in Mashhad. Journal of Agricultural Sciences & Natural Resources 14: 229-242. (In Persian with English Summary).

11. Gupta, U.S. 1997. Crop Improvement: Vol II. Stress Tolerance. Oxford and IBH Publishing. CO. PVT. LTD.
12. Hunt, R. 1994. Basic Growth Analysis. (Translated to Persian by M. Karimi & M. Azizi). Jehad Daneshgahi Press. P. 111
13. Kalyan, S., Vyas, M.D., Singh, P.P., Thakre, D.C., and Nema, D.P. 1988. Effect of irrigation and fertility levels on lentil. Lens Newsletter 15: 7-9.
14. Katiyar, R.P. 1980. Developmental changes in leaf area index and other growth parameters in chickpea. Indian Journal of Agricultural Science 50: 684-691.
15. Koochacki, A., and Nasiri, M. 1992. Crop Ecology. Jahad Daneshgahi Publication. P. 291 (In Persian).
16. Mekenzie, B.A., and Hill, G.D. 1995. Growth and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Canterbury, Newzealand. Newziland Journal of Crop and Horticultural Science 23: 467-474.
17. Pezeshkpour, P., Nory, M., Khorgamy, A., and Daneshvar, M. 2005. Effects of supplementary irrigation on grain yield and yield component, SPAD reading as indicator and light influence bottom of the canopy in chickpea cultivars. (In Persian). In: Papers CD of the 1st Iranian Pulse Symposium, p: 205-207, 20-21 November 2005, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
18. Porsa, H., Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2010. Screening for earliness and characteristics related to yield improvement of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in terminal drought stress conditions. (In Persian). In: Abstract Book of the 3rd Iranian Pulse Crop Symposium p. 47, 19-20 May 2010, Agricultural Jihad, Kermanshah, Iran.
19. Rezaianzadeh, A. 2008. The effect of supplementary irrigation on yield and growth indexes of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
20. Saxena, M.C. 1990. Problems and potential of chickpea prouction in the nineties. In: Chickpea in the Nineties. p. 13-25. In: Prociding of the Second International Workshop on Chickpea Improvement, 4-8 Dec. 1989, ICRISAT. Potancheru, India.
21. Shobeyri, S., Ghasemi Golozani, K., Golchin, A., and Saba, G. 2007. The effect of water limitation on growth and yield of three chickpea cultivars in Zanjan. Journal of Agricultural Sciences & Natural Resources 14: 34-47. (In Persian with English Summary).
22. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1990. Studies on Drought Tolerance. Annual Report, ICARDA. Aleppo, Syria.
23. Singh, K.B., Malhotra, R.S., Saxena, M.C., and Bejiga, G. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. Agronomy Journal 89: 112-118.
24. Singh, P. 1991. Influence of water-deficits on phenology, growth and dry-matter allocation in chickpea *(Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 28: 1-15.
25. Singh, S.P. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 53: 161-170.
26. Thomson, B.D., and Siddique, K.H. 1997. Grain legume species in low rainfall Mediterranean environment type environment of WA. 1. Phenology and seed yield. Field Crops Research 54: 189-199.
27. Yadav, S.D., Chander, K., and Kumar, A. 1994. Response of late-sown gram (*Cicer arietinum*) to irrigation and phosphorus. Indian Journal of Agricultural Science 64: 24-28.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 12-27

Study the morphophenological characteristics, growth indices, yield and yield components of promising drought tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under supplementary irrigation in Nishabour

Porsa[1], H., Bagheri[2*], A., Ganjeali[3], A. & Abed[4], M.

1. Researcher (MSc.), Department of Pulses, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; porsa@um.ac.ir
2. Professor, Department of Biotechnology, College of Agriculture & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3. Associate Professor, Department of Biology, College of Sciences & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; ganjeali@um.ac.ir
4. MSc. in Agronomy, Nishabour

Received: 1 June 2016
Accepted: 1 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.56412

Introduction

In the region of Khorassan, chickpea often is sown traditionally at the end of the rainy season (March or April) based on the moisture stored in the soil. On the other hand, the amount and distribution of rainfall during the growing season is also very unsuitable. Therefore, the plants usually encounter intermittent drought stress during the vegetative growth and in the reproductive growth stage and may meet terminal drought stress and heat, simultaneously; resulting in a disturbance on pollination and assimilate the seed that leads to severe yield reduction. In these areas, the synchronization critical stages of plant phenology with adequate moisture in the soil is important. So, the selection of genotypes that their life cycle is completed before the heat and drought occurrence at the end of the season, is considered as a first step to improve the chickpea production under rainfed conditions.

Materials & Methods

In order to evaluate the morphophenological characteristics, yield and yield components of promising drought tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under supplementary irrigation, this study was carried out in Educational-Researching Farm of Shahid Rajaei, College of Agriculture in Neyshabour during 2010-2011. This study was performed based on Randomized Compelete Blocks Design with five promising chickpea drought tolerant genotypes (MCC80, MCC352, MCC392, MCC537 and MCC696) and two genotypes as control (ILC482 and Karaj 12-60-31) with four replications. Seeds were prepared from seed bank of Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad (Mashhad Chickpea Collection; MCC). Planting operations was performed in April 2011. Planting density was 30 plants.m^{-2} and row spacing was 50 cm. Two times irrigation as supplementary irrigation were applied at planting and flowering stages. Some characteristics such as days from planting to 50% of emergence,

*Corresponding Author: abagheri@um.ac.ir

flowering and podding; plant height; primary and secondary branches number per plant; leaf area index (LAI); crop growth rate (CGR); relative growth rate (RGR); seed yield and yield components (pods number per plant and 100Seed weight) were measured.

Results & Discussion

Based on the results, there were significantly differences among genotypes for all traits. Genotypes MCC80, MCC696, MCC392 and MCC537 had the lowest and genotypes MCC358 and MCC252 had the highest number of days from planting to flowering, in which the difference between them was significant ($P \leq 0.05$). MCC80 had the lowest plant height and MCC537 and MCC392 showed the highest. MCC80 and MCC358 had the highest and lowest number of pods per plant, respectively. It seems that MCC80 growth would avoid collisions with high temperatures and consequently the flowering has taken place in lower temperatures and higher soil moisture. The above factors led to a reduction of the failure of flowers, so the number of pods per plant increased in MCC80 (23 pods) significantly, compared other genotypes. Based on the results, on both grain yield per plant and seed yield, genotypes MCC252 and MCC358 showed the lowest and MCC80 had the highest rate.

Conclusion

Although Karaj12-60-31 (MCC358) as a commercial genotype, showed the highest plant height and growth indices, but for traits such as number of pods per plant, 100 seed weight and seed yield, was poor. The results showed that MCC80 with 970 Kg.ha-1 had the highest seed yield and ILC482 (MCC252) and Karaj12-60-31 (MCC358) had the lowest. The average yield for the MCC80 with supplementary irrigation in this region, was twice more than the yield in rainfed and 75% of yield in irrigated conditions in the region. However, the seed yield of commercial genotypes of Karaj12-60-31 (MCC358) and ILC482 (MCC252), were 324 and 320 Kg.ha-1 respectively. Totally, we recommend the repetition of such tests in this ares; in addition we can consider the genotypes such as MCC392, MCC352 and especially MCC80 as promising chickpea drought tolerant genotypes with supplementary irrigation during flowering in this area.

Keywords: CGR, Flowering, LAI, Primary and secondary branches, Pod number per plant, RGR

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۴۰-۲۸

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 28-40
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.53943

بررسی تغییرات عملکرد و کیفیت بذر ماش در پاسخ به عوامل محیطی در تاریخ‌های مختلف کاشت

سیده‌سکینه حسینی[۱]، فرشید قادری‌فر[۲]، افشین سلطانی[۳]، یونس محمدنژاد[۴] و مرتضی گرزین[۵*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، farshidghaderifar@yahoo.com
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، farshidghaderifar@yahoo.com
۳- استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، afsoltani@yahoo.com
۴- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی گرگان، ایران، yonesmn@gmail.com
۵- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳

چکیده

در این مطالعه تغییرات عملکرد و کیفیت بذر ماش (*Vigna radiata* L.) در پاسخ به برخی عوامل محیطی نظیر دما، رطوبت نسبی، بارندگی و طول دوره روشنایی در تاریخ‌های مختلف کاشت در شرایط مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد در سال زراعی۱۳۸۹ انجام شد. در این تحقیق ژنوتیپ VC-1973A در پنج تاریخ کاشت (۲ اردیبهشت، ۲۰ اردیبهشت، ۱۳خرداد، ۳۰ خرداد و ۲۰ تیر) کشت شد. پس از اندازه‌گیری عملکرد دانه، کیفیت بذر با استفاده از آزمون‌های جوانه‌زنی، تسریع پیری، هدایت الکتریکی و بررسی درصد سبزشدن در مزرعه تعیین شد. وقوع بارندگی و رطوبت نسبی بالا همراه با دماهای بسیارزیاد (بیش از $40^{\circ C}$) طی دوره پُرشدن بذر در کشت‌های زودهنگام باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و افزایش هدایت الکتریکی بذرها شد؛ اما به ازای هر روز تأخیر در کاشت، جوانه‌زنی پس از تسریع پیری به میزان ۰/۲۳درصد افزایش و هدایت الکتریکی به میزان ۰/۴۸میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم کاهش یافت. برخلاف کیفیت بذر، عملکرد بذر به ازای هر روز تأخیر در کاشت به میزان ۱۰/۸۴ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت که مهم‌ترین دلیل آن کاهش طول مراحل مختلف نمو و به‌ویژه دوره پُرشدن بذر بود. از آنجایی که تاریخ کاشت مناسب، آن است که ضمن حفظ خصوصیات کیفی بذر در سطح مطلوب، عملکرد بالایی نیز تولید کند، انتظار می‌رود با کاشت ماش در اواسط خرداد بتوان ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب، بذرهایی با کیفیت بالا نیز تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: دما، جوانه‌زنی بذر، زمان حرارتی، طول دوره روشنایی، قدرت بذر

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L.) گیاهی یکساله، دولپه‌ای و از خانواده پروانه‌آسا می‌باشد که به صورت بوته‌ای بالارونده رشد می‌کند و ازجمله حبوبات رایج در بسیاری از کشورهای آسیایی به‌شمار می‌رود. دانه ماش سرشار از پروتئین و انواع ویتامین‌ها است و جزو علوفه‌های خوش‌خوراک برای دام‌ها محسوب می شود (Koocheki & BanayanAval, 2007).

تاریخ کاشت به‌عنوان یکی از مسائل مهم به‌زراعی از طریق فراهم‌کردن شرایط محیطی متفاوت، بر طول مراحل مختلف رشد و نمو مؤثر است و بدین ترتیب یک عامل بسیارمهم در تعیین عملکرد و کیفیت بذر یک رقم در یک منطقه معین می‌باشد (Samarah & Abu-Yahya, 2008; Hashemi Jazi, 2001). تاریخ‌های مختلف کاشت باعث ایجاد شرایط متفاوتی از لحاظ دما، رطوبت نسبی، طول روز، تشعشع و شیوع آفات و بیماری‌ها می‌شود که این عوامل ویژگی‌های کمّی و کیفی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Calvino *et al.*, 2003; Sastawa *et al.*, 2004). تاریخ کاشت مناسب

*نویسنده مسئول: gorzin.agron@gmail.com

موجب بهره‌گیری بهینه از شرایط اقلیمی نظیر درجه‌حرارت، رطوبت، طول روز و نیز تطابق دوره گلدهی و پُرشدن دانه با شرایط مناسب محیطی می‌شود و درنتیجه می‌تواند باعث بهبود عملکرد و کیفیت بذر شود.

کیفیت بذر نیز به‌عنوان یک عامل بسیار مهم، به‌طور مستقیم بر تراکم بوته و عملکرد نهایی بذر به‌خصوص زمانی که شرایط خاک و هوا طی مراحل استقرار گیاهچه‌ها نامساعد باشد، مؤثر است. مفهوم کیفیت بذر به بیان دقیق از سه جزء قابل تفکیک تشکیل شده است که شامل سلامت بذر، قابلیت حیات (قوه نامیه) بذر و قدرت بذر می‌باشد. بر اساس تعریف انجمن بین‌المللی آزمون بذر، قدرت بذر به کلیه ویژگی‌هایی اطلاق می‌شود که میزان فعالیت بالقوه یا عمکرد بذر را در طول جوانه‌زنی و سبزشدن تعیین کند. این ویژگی‌ها شامل توانایی توده بذر برای تولید گیاهچه‌های طبیعی، توانایی بالقوه ظهور گیاهچه در مزرعه و یکنواختی گیاهان تولیدشده و در نهایت قابلیت بالقوه ذخیره‌سازی بذر می‌باشند (Hampton & Tekrony, 1995). سلامت بذر نیز نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود عوامل بیماری‌زا مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها بوده و شاید دربرگیرنده شرایط فیزیولوژیکی مانند علایم کمبود عناصر باشد (Ghassemi Golezani & Hosseinzadeh Mahootchi, 2010). کیفیت بذر در مزرعه تحت تأثیر شرایط محیطی طی مراحل نمو و رسیدگی بذر قرار می‌گیرد. عواملی چون دمای بالا (Keigly & Mullen, 1986)، خشک‌ومرطوب شدن متوالی هوا (Woodstock *et al.*, 1985)، رطوبت نسبی بالا و بارندگی‌های متوالی (Mengistu *et al.*, 2009) اثرات منفی قابل‌توجهی بر کیفیت بذر می‌گذارند. در صورت بروز چنین شرایطی طی مراحل نمو بذر در مزرعه کیفیت بذر کاهش می‌یابد. واضح است که چنین شرایطی هم می‌تواند در تاریخ‌های کاشت زودهنگام و نیز دیرهنگام رخ دهد. بنابراین تاریخ کاشت مطلوب برای دستیابی به حداکثر کیفیت بذر ممکن است لزوماً همان تاریخ کاشتی نباشد که در آن حداکثر عملکرد حاصل می‌شود؛ زیرا تأخیر در کاشت گیاهان زراعی همواره باعث کاهش طول دوره رشد و نمو و درنتیجه کاهش تجمع ماده خشک رویشی می‌شود. این رویداد از طریق کاهش تعداد غلاف و دانه در بوته منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود (Anderson & Vasilas, 1985; Mayers *et al.*, 1998). اما مطالعات گوناگونی که بر روی گیاهان مشابه ماش مانند سویا انجام شده، حاکی از افزایش کیفیت بذر در نتیجه تأخیر در کاشت می‌باشد (Egli *et al.*, 2005; Mayhew & Cavines, 1994; Gorzin, 2013).

با توجه به این موضوع که تاریخ کاشت نقش بسیارمهمی در تعیین عملکرد و کیفیت بذر ایفا می‌کند، بررسی تأثیر این عامل مدیریتی بر خصوصیات کمی و کیفی بذر امری ضروری می‌باشد. لذا این تحقیق به‌منظور ارزیابی قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر (کیفیت بذر) و نیز عملکرد بذر ماش در توده‌های بذری حاصل از تاریخ‌های مختلف کاشت در گنبد و نیز یافتن پاسخی به این سؤال مهم انجام شده است که آیا حداکثر عملکرد و کیفیت بذر در ماش در تاریخ کاشت مشابهی حاصل می‌شود؟ در غیراین‌صورت، چه راهکارهایی وجود دارد تا بتوان با اعمال آن‌ها ضمن دست‌یافتن به حداکثر عملکرد بذر در یک تاریخ کاشت معین به بالاترین کیفیت بذر نیز دست یافت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی کیفیت بذر ماش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد واقع در سه کیلومتری شمال شرقی شهرستان گنبد طی سال زراعی ۱۳۸۹ انجام شد. این ایستگاه در عرض جغرافیایی ۳۷درجه و ۱۶دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۵درجه و ۱۲دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۵متری از سطح دریا قرار دارد. در این تحقیق ژنوتیپ VC–1973A در پنج تاریخ کاشت (شامل ۲ اردیبهشت، ۲۰ اردیبهشت، ۱۳خرداد، ۳۰ خرداد و ۲۰تیر) کشت شد. در این ژنوتیپ که دارای تیپ رویشی ایستاده می‌باشد، غلاف‌ها در انتهای ساقه اصلی و هر یک از شاخه‌ها تشکیل می‌شوند. دانه‌های مربعی شکل با سطحی صاف تا کمی چروکیده از دیگر ویژگی‌های این ژنوتیپ است. قبل از کشت با نمونه‌برداری از خاک مزرعه و انجام آزمون خاک، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول۱). بعد از آماده سازی زمین در تاریخ‌های مورد نظر، کاشت به صورت دستی و به صورت مسطح صورت گرفت. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت بود. فاصله بین ردیف ۴۰سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۸سانتی متر بود. به منظور دست‌یابی به پوشش یکنواخت در سطح مزرعه، در هر محل کاشت سه بذر ماش قرار داده شد. پس از سبزشدن و استقرار بوته‌ها عملیات تنک در دو مرحله دوبرگی و چهاربرگی صورت گرفت. برای مبارزه با آفات طی فصل رشد از آفت‌کش‌های توصیه‌شده استفاده شد. پس از رسیدن بوته‌ها به مرحله برداشت، غلاف‌های رسیده با دست از بوته‌ها جدا شدند. برای جداسازی بذرها از غلاف نیز از روش دستی استفاده شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some of soil physiochemical traits of experimental field

عمق نمونه‌برداری Depth of sampling (cm)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته Acidity (pH)	کربن آلی Organic Carbon (٪)	نیتروژن کل Total Nitrogen (٪)	فسفرقابل‌دسترس Available Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم‌قابل‌دسترس Available Potassium ($mg.kg^{-1}$)	بافت‌خاک Soil texture
0-30	0.73	8.1	1.2	0.12	9.5	640	Silty loam

برای تعیین قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر از آزمون‌های جوانه‌زنی، تسریع پیری و هدایت الکتریکی (در قالب طرح کاملاً تصادفی) بر اساس روش Hampton & (1995) Tekrony استفاده شد. همچنین برای تأیید نتایج حاصل از آزمون‌های آزمایشگاهی، درصد سبزشدن هر یک از نمونه‌های بذری در مزرعه نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای این کار، از هر نمونه بذری تعداد ۲۰۰ بذر در دو ردیف کاشت به طول دومتر در سه تکرار به‌صورت دستی کشت شد. سپس تعداد گیاهچه‌های سبزشده به‌صورت روزانه شمارش گردید و در نهایت درصد سبزشدن محاسبه شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه نیز مساحتی معادل یک مترمربع از هر کرت برداشت شد. برای حذف اثر حاشیه از دو ردیف کناری و یک متر ابتدا و انتهای هر کرت نمونه‌برداری صورت نگرفت.

برای ارزیابی تغییرات طول دوره روشنایی در تاریخ‌های مختلف کاشت، ابتدا دوره رشد گیاه را به سه دوره مهم نموی شامل کاشت تا گل‌دهی (PD-R1)، گل‌دهی تا شروع پُرشدن دانه (R1-R5) و شروع پُرشدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه (R5-R7) تقسیم کرده و سپس میانگین طول دوره روشنایی (ساعت) در هر یک از این سه مرحله با استفاده از برنامه PP-calc (Soltani & Maddah, 2010) محاسبه شد. به‌علاوه، میانگین طول دوره روشنایی از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (PD-R7) نیز با استفاده از همین روش محاسبه و مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه، برای ثبت مراحل فنولوژی ماش از کلیدهای استاندارد نموی معرفی‌شده توسط Fehr & Caviness (1980) که در ثبت مراحل فنولوژی سویا به‌کار می‌رود، بهره‌گیری شد.

همچنین داده‌های روزانه حداکثر و حداقل دمای هوا از ایستگاه سینوپتیک گنبد کاووس به‌دست آمد. سپس با استفاده از میانگین حداکثر و حداقل دمای روزانه، میانگین دمای روزانه محاسبه شد. برای جداسازی اثرات طول دوره روشنایی و دما بر نمو، طی دوره‌های PD-R1، R1-R5، R5-R7 و PD-R7 از یک تابع خطی سه‌بخشی استفاده شد (Kantolic & Slafer, 2005). با توجه به این‌که میزان نمو در روز t [D(t)] تابعی از دما است:

معادله (۱):

$$D(t) = 0 \qquad \text{If} \quad T < Tb \ or \ T > Tc$$

$$D(t) = \frac{T - Tb}{To1 - Tb} \qquad \text{If} \quad Tb < T < To1$$

$$D(t) = \frac{Tc - T}{Tc - To2} \qquad \text{If} \quad To2 < T < Tc$$

$$D(t) = 1 \qquad \text{If} \quad To1 < T < To2$$

در این تابع T میانگین دمای روزانه، Tb دمای پایه که در پایین‌تر از آن نمو صورت نمی‌گیرد، To1 دمای مطلوب تحتانی، To2 دمای مطلوب فوقانی و Tc دمای سقف که در بالاتر از آن نمو صورت نمی‌گیرد، می‌باشند. در این تابع دمای پایه $۷/۵^{°c}$، دمای مطلوب تحتانی و فوقانی $۳۰^{°c}$ و دمای سقف $۴۰^{°c}$ درنظر گرفته شد (Chauhan *et al*, 2010). کلیه محاسبات با استفاده از برنامه GDD-calc انجام شد (Soltani & Maddah, 2010). پس از محاسبه زمان حرارتی (TT)[1] یا همان درجه روز رشد تجمعی (GDD)[2] با استفاده از معادله ۱، تعداد روزهای دمایی (TD)[3] تجمعی در هر یک از دوره‌های نموی ($PD\text{-}R_1$، $R_1\text{-}R_5$، $R_5\text{-}R_7$ و $PD\text{-}R_7$) با استفاده از معادله ۲ محاسبه و به عنوان طول هر یک از دوره های نمو درنظرگرفته شد.

[1] Thermal time

[2] Growth degree day

[3] Thermal days

معادله (۲):

$$TD = \frac{TT}{To1 - Tb}$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار (Institute, Inc) SAS 9.1.3 و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد استفاده شد. همچنین برای توصیف روابط موجود میان صفات مورد اندازه‌گیری و تاریخ کاشت از تابع خطی درجه۱ (معادله ۳) و مدل دوتکه‌ای (معادله ۴) استفاده شد.

معادله (۳):

$$y = ax + b$$

در این معادله y صفت مورد بررسی، x تاریخ کاشت به صورت روز از آغاز سال، a شیب خط و b عرض از مبدأ می‌باشد.

معادله (۴):

$$\begin{cases} y = \left(\dfrac{x-a}{b-a}\right) \div c & \text{If} \quad x \leq b \\ y = \left(\dfrac{1-(x-b)}{d-b}\right) \div c & \text{If} \quad x > b \end{cases}$$

در این معادله y صفت مورد بررسی (در اینجا طول دوره نمو)، x تاریخ کاشت (روز سال)، a حداقل مقدار x که در آن طول دوره نمو به صفر می‌رسد، b مقداری از x که در آن حداکثر y رخ می‌دهد (نقطه چرخش منحنی)، d حداکثر مقدار x که در آن طول دوره نمو مجدداً به صفر می‌رسد و c معکوس y در شرایطی است که x برابر b می‌باشد.

نتایج و بحث

با توجه به شرایط آب و هوایی حادث در طول دوره رشد در هر یک از تاریخ‌های کاشت، در هر پنج تاریخ کاشت حداکثر دمای هوا که نقش مهمی در تعیین کیفیت بذرهای تولیدی دارد (Egli *et al.*, 2005)، طی دوره پُرشدن بذر (R_5-R_7) همواره بیش از ۳۵درجه سانتی‌گراد بود. همچنین در تاریخ کاشت اول و دوم حداکثر دمای هوا طی مرحله R_5-R_7 از مرز ۴۰درجه سانتی‌گراد نیز فراتر رفت (شکل۱، a). حداکثر رطوبت نسبی هوا طی مرحله R_5-R_7 عمدتا کمتر از ۸۰درصد بود، اما در تاریخ کاشت اول مقدار آن طی مرحله R_5-R_7 از مرز۹۰درصد نیز گذشت. به‌علاوه، در هیچ‌یک از تاریخ‌های کاشت به استثنای تاریخ کاشت اول (۲اردیبهشت) طی دوره پُرشدن بذر بارندگی صورت نگرفت (شکل۱، b).

بر اساس داده‌های جدول۲، تاریخ کاشت دوم در کلیه مراحل نموی (به‌استثنای R_5-R_7) بیشترین GDD را دریافت نمود. از طرف دیگر، طول دوره روشنایی در هر یک از مراحل نموی از تاریخ کاشت اول تا تاریخ کاشت دوم (R_1-R_5 و PD-R_7) و سوم (PD-R_1) افزایش یافت و با تأخیر بیشتر در کاشت، به‌تدریج کاهش پیدا کرد. اما در مرحله R_5-R_7 بیشترین GDD و طول دوره روشنایی در تاریخ کاشت اول مشاهده شد و پس از آن با تأخیر در کاشت از مقدار آن‌ها کاسته شد (جدول ۲). در نتیجه، طول دوره (روز دمایی) R_5-R_7 نیز با تأخیر در کاشت به‌صورت خطی کاهش یافت (شکل ۲). این در حالی بود که طول دوره سایر مراحل نموی از یک منحنی دوتکه‌ای تبعیت کرد، به‌نحوی‌که در ابتدا طول هر یک از این مراحل نموی تا تاریخ کاشت دوم افزایش یافت و پس از آن مجدداً شروع به کاهش نمود (شکل ۲).

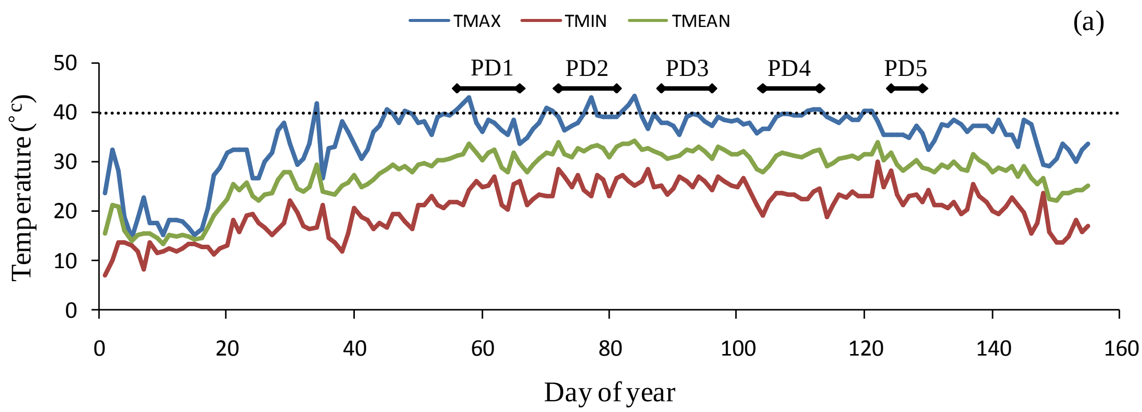
نتایج تجزیه همبستگی بین طول هر یک از مراحل نموی و طول دوره روشنایی نیز نشان داد که تنها طول دوره پُرشدن دانه (R5-R7) و طول کل دوره رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (PD-R7) تحت تأثیر طول دوره روشنایی قرار گرفت (جدول۴). همچنین طول دوره رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت تأثیر طول دوره روشنایی از کاشت تا شروع گل‌دهی قرار نگرفت، اما طول دوره روشنایی در سایر مراحل نموی بر آن مؤثر بود (جدول ۴).

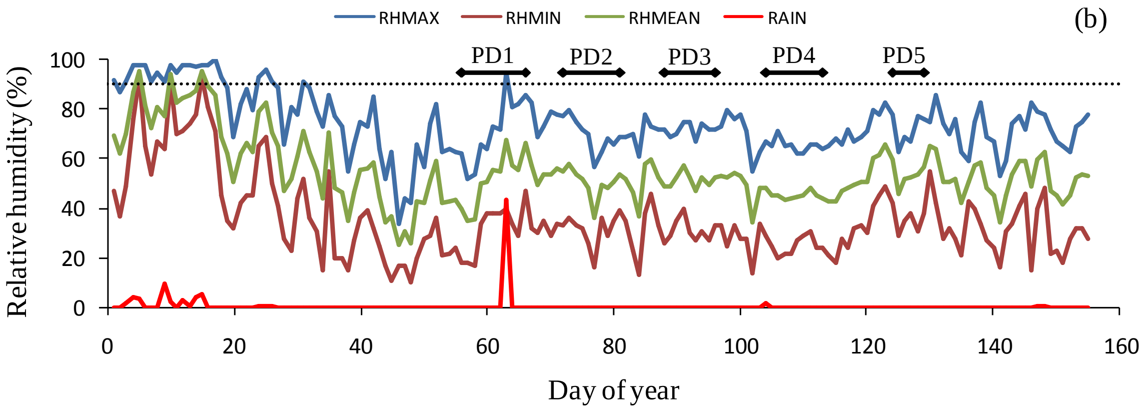
در این تحقیق، با تأخیر در کاشت، کیفیت بذر همواره افزایش یافت (شکل۳). هرچند درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیرنشده اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشتند (شکل۳، a)، اما جوانه‌زنی در بذرهای پیرشده به ازای هر روز تأخیر در کاشت به میزان ۰/۲۳درصد افزایش یافت (شکل۳،b). هدایت الکتریکی نیز به ازای هر روز تأخیر در کاشت به میزان ۰/۴۸میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم کاهش یافت (شکل۳، c). اگرچه به ازای هر روز تأخیر در کاشت، قابلیت سبزشدن بذرها در شرایط مزرعه نیز به‌صورت خطی به میزان ۰/۲۳درصد افزایش یافت، اما اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود (شکل۳، d).

برخلاف کیفیت بذر که با تأخیر در کاشت همواره افزایش یافت، عملکرد و اجزای عملکرد بذر با تأخیر در کاشت به‌تدریج کاهش پیدا کردند (شکل۴)؛ به‌طوری‌که تعداد غلاف و بذر در هر بوته به ازای هر روز تأخیر در کاشت به‌ترتیب به میزان ۰/۲۶ و ۱/۹۰ کاهش یافتند (شکل۴، a و b). وزن بذر (۱۰۰۰×) نیز با تأخیر در کاشت با شیب ۰/۳۰- کاهش یافت (شکل۴، c). به دنبال این تغییرات، عملکرد بذر نیز از یک روند کاهشی برخوردار بود. بیشترین عملکرد بذر (۱۱۴۴/۴

کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت نخست (۲ اردیبهشت) به دست آمد. پس از آن به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت عملکرد بذر به میزان ۱۰/۸۴ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت و در نهایت در تاریخ کاشت آخر (۲۱ تیر) به کمترین مقدار خود (۲۹۹ کیلوگرم در هکتار) رسید (شکل۴، c).

بررسی ارتباط عملکرد و کیفیت بذر با طول هر یک از مراحل نموی با استفاده از تجزیه همبستگی داده‌ها نشان داد که طول مراحل نمو بر کیفیت و عملکرد بذر مؤثر می‌باشد (جدول ۵). درصد جوانه‌زنی و سبزشدن در مزرعه همبستگی معنی‌داری با طول هیچ یک از مراحل نموی نداشتند، اما درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیرشده، همبستگی منفی معنی‌داری با طول هر یک از مراحل نموی داشت. هدایت الکتریکی نیز همبستگی مثبت معنی‌داری با طول هر یک از مراحل نموی داشت (جدول ۵). بنابراین، با افزایش تعداد روزهای دمایی تجربه‌شده (یا به عبارتی افزایش GDD دریافت شده) توسط گیاه کیفیت بذر کاهش یافت (کشت‌های زودهنگام) و با کاهش آن کیفیت بذر افرایش یافت (کشت‌های تأخیری). این در حالی بود که بین عملکرد و اجزای عملکرد بذر و تعداد روزهای دمایی تجربه‌شده توسط گیاه همبستگی مثبی وجود داشت. بر این اساس، کاشت زودهنگام با افزایش طول هر یک از مراحل نموی باعث افزایش و تأخیر در کاشت از طریق کاهش طول مراحل نمو منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد بذر شدند (جدول ۵).





شکل ۱- حداکثر، حداقل و میانگین دما (a)؛ حداکثر، حداقل و میانگین رطوبت نسبی هوا و میزان بارندگی (b)، طی دوره پُرشدن بذر (R_5 - R_7) در تاریخ‌های مختلف کاشت

(⟵⟶ نشان دهنده طول دوره R_5-R_7 در تاریخ‌های مختلف کاشت هستند که با PD1، PD2، PD3، PD4 و PD5 نشان داده شده‌اند).

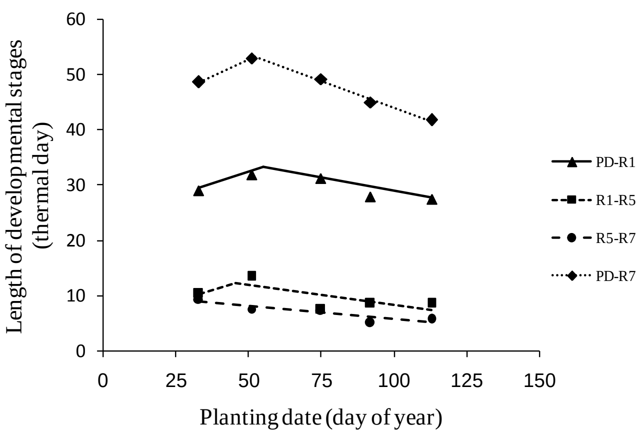
Fig. 1. Maximum, minimum and mean air temperature (a); maximum, minimum and mean relative humidity and rainfall (b) during seed filling period (R_5-R_7) for different planting dates

(⟵⟶ shows length of R_5-R_7 in different planting dates, that displayed with PD1, PD2, PD3, PD4, and PD5).

جدول ۲- درجه‌روز رشد (GDD) و طول دوره روشنایی (PP) دریافت‌شده در هر یک از مراحل نموی

Table 2. Growth degree day (GDD) and photoperiod (PP) received in the developmental stages

Planting date	تاریخ کاشت	PD-R1		R1-R5		R5-R7		PD-R7	
		GDD	PP	GDD	PP	GDD	PP	GDD	PP
April 21	۲ اردیبهشت	650	15.0	233	15.6	211	15.7	1094	15.4
May 10	۲۰ اردیبهشت	717	15.40	304	15.7	170	15.6	1191	15.6
June 3	۱۳ خرداد	702	15.7	168	15.5	165	15.3	1034	15.5
June 20	۳۰ خرداد	629	15.6	192	15.1	114	14.8	936	15.2
July 12	۲۱ تیر	618	15.1	194	14.23	128	14.2	940	14.6



شکل ۲- طول هر یک از مراحل نمو (بر اساس روز دمایی) در تاریخ‌های مختلف کاشت

Fig. 2. The length of developmental stages (based on thermal day) in different planting dates

جدول ۳- تخمین پارامترهای مدل دوتکه‌ای در هر یک از مراحل نموی در ماش

Table 3. Parameter estimation of segmented model in different developmental stages of mungbean

مرحله نمو Developmental stages	پارامترها Parameters				R2	F value
	a	b	c	d		
PD-R1	-143.4	54.9	0.03	398	0.88	20.91*
R1-R5	-37.3	45.4	0.08	217.0	0.28	1.17 ns
R5-R7#	-0.04	14.2	-	-	0.82	13.74*
PD-R7	-170.5	52.3	0.01	328.4	0.99	341.01**

در این مرحله نموی a و b به‌ترتیب شیب خط و عرض از مبدأ در رگرسیون خطی ساده می‌باشند.

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

a and b are slope and intercept of the simple linear regression in this developmental stages, respectively.
**: significant at 1% level; *: significantat at 5% level and ns: non-significant

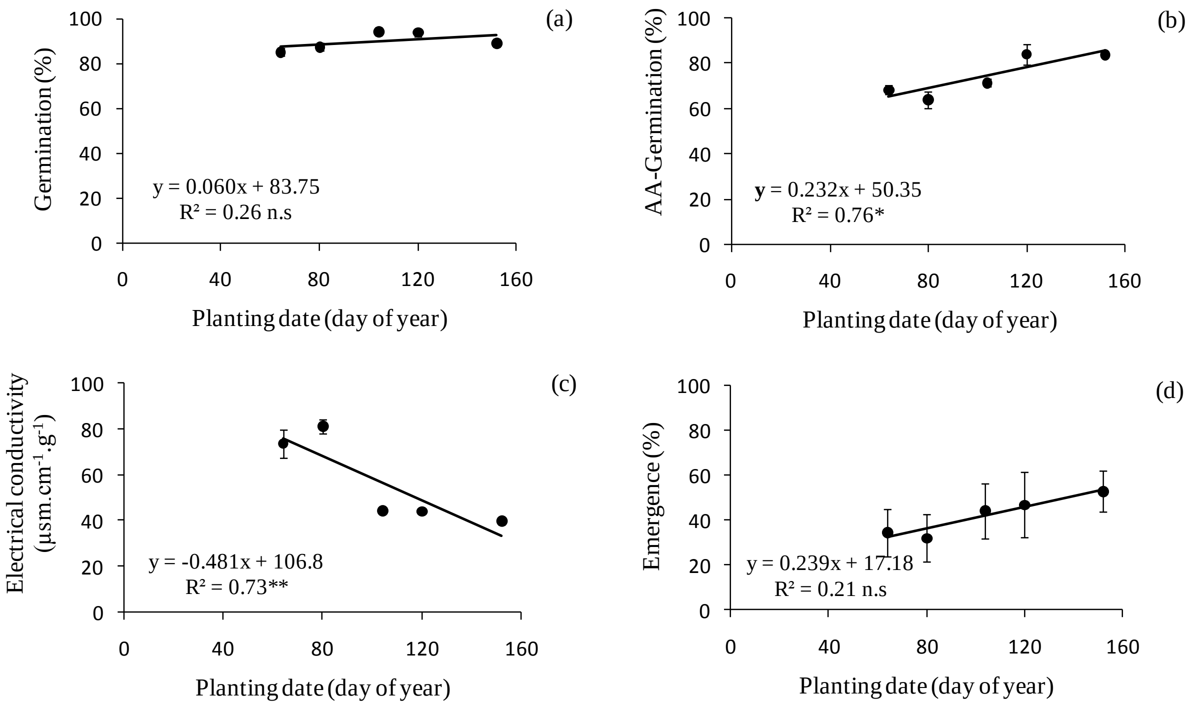
جدول ۴- نتایج تجزیه همبستگی بین طول هر یک از مراحل نموی ماش (روز دمایی) و طول دوره روشنایی (ساعت)

Table 4. The results of correlation analysis between the length of different developmental stages in mungbean (thermal day) and photoperiod (hours)

		طول مراحل نموی (روز دمایی) **Length of developmental stages (thermal day)**			
		PD-R_1	**R_1-R_5**	**R_5-R_7**	**PD-R_7**
طول دوره روشنایی (ساعت)	PD-R_1	0.36^{ns}	-	-	0.16^{ns}
Photoperiod (hours)	R_1-R_5	-	0.48^{ns}	-	0.93**
	R_5-R_7	-	-	0.83**	0.91**
	PD-R_7	-	-	-	0.93**

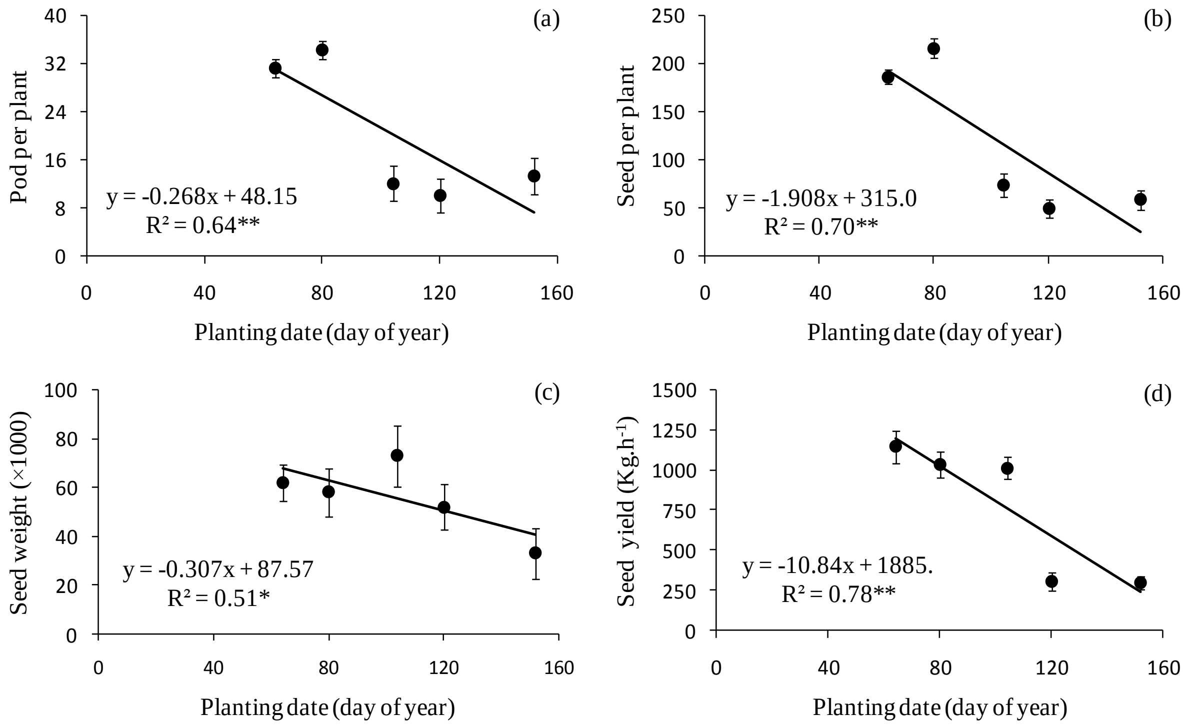
**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ns: غیر معنی‌دار

**: significantat at 1% level, and ^{ns}: non-significant



شکل۳- اثر تاریخ کاشت بر درصد جوانه‌زنی قبل (a) و بعد از تسریع پیری (b)، هدایت الکتریکی (c) و درصد سبزشدن (d) ماش

Fig. 3. The effect of planting date on seed germination before (a) and after (b) accelerated aging, electrical conductivity (c), and emergence percentage (d) of mungbean



شکل ۴- اثر تاریخ کاشت بر تعداد غلاف در بوته (a)، تعداد بذر در بوته (b)، وزن بذر (۱۰۰۰×) (c)، و عملکرد بذر (d) در ماش

Fig. 4. The effect of planting date on the number of pods per plant (a), the number of seeds per plant (b), seed weight (×1000) (c), and seed yield (d) in mungbean

جدول ۵- تجزیه همبستگی بین کیفیت و عملکرد بذر و طول هر یک از مراحل نموی بر اساس روز دمایی تجمعی

Table 5. The correlation analysis between seed yield and quality and the length of different developmental stages based on the cumulative thermal day

		کیفیت بذر **Seed quality**				عملکرد بذر **Seed yield**			
		G	**GAA**	**EC**	**EP**	**NP**	**NS**	**SW**	**YLD**
روز دمایی تجمعی Cumulative Thermal day	PD-R1	0.13 ns	-0.66**	0.51*	-0.28 ns	0.46 ns	0.56*	0.71**	0.75**
	R1-R5	-0.33 ns	-0.53*	0.87**	-0.33 ns	0.89**	0.89**	0.01 ns	0.43 ns
	R5-R7	-0.28 ns	-0.66**	0.71**	-0.33 ns	0.76**	0.77**	0.58*	0.92**
	PD-R7	0.04 ns	-0.74**	0.76**	-0.38 ns	0.70**	0.78**	0.74**	0.85**

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

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

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده افزایش کیفیت بذر ماش در کشت‌های تأخیری بود. با تأخیر در کاشت، بذرهای تولیدشده از استعداد جوانه‌زنی بالاتری برخوردار شدند. همچنین کاهش هدایت الکتریکی بذرهای تولیدشده با تأخیر در کاشت نشان دهنده بهبود ساختارهای غشایی به‌دلیل کاهش میزان ترشح مواد از پوسته بذر بود. به‌طورکلی کیفیت بذر طی دوره پرشدن بذر در مزرعه تحت تأثیر دو عامل مهم محیطی شامل دما و رطوبت نسبی هوا قرار می‌گیرد (Spears *et al*, 1997; Balduchi & McGee, 1987).

هر چند نحوه تغییرات کیفیت بذر ماش در پاسخ به دما در شرایط مزرعه تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است، اما مطالعات بسیاری در این زمینه روی گیاه سویا که بی‌شباهت به ماش نیست، انجام شد. این مطالعات نشان دادند که وقوع دمای بالا طی دوره پرشدن بذر و رسیدگی باعث کاهش کیفیت بذر این گیاه می‌شود. Egli *et al*, (2005) با حذف بذرهای غیرطبیعی و دارای آلودگی قارچی دریافتند که دمای بالا طی این دوره باعث کاهش کیفیت بذر می‌شود. این یافته‌ها با نتایج حاصل از آزمایش Gibson & Mullen (1996) مطابقت دارد. دماهای بالا باعث کاهش جوانه‌زنی و قدرت بذر در اتاقک رشد و محیط‌های تحت کنترل شد (Keigly & Mullen, 1986; Dornbos & Mullen, 1991; Zanakis, 1994).

دماهای ۳۳/۲۸ درجه سانتی‌گراد (روز/شب) (Keigly & Mullen, 1986)، ۳۵درجه سانتی‌گراد (Dornbos & Mullen, 1991) و ۳۵/۳۰ (Egli *et al*, 2005) طی دوره پُرشدن بذر جوانه‌زنی ارقام حساس را کاهش داد.

بنابراین، با توجه به مطالعات پیشین حداکثر دمای روزانه طی دوره پُرشدن بذر (R5-R7) تأثیر قابل‌توجهی بر کیفیت بذرهای تولیدشده دارد. در این مطالعه حداکثر دمای روزانه طی مرحله R5-R7 همواره بیش از ۳۵درجه سانتی‌گراد بود که چنین دمایی خود می‌تواند باعث کاهش کیفیت بذرهای تولیدی شود. در تاریخ کاشت اول حداکثر دمای روزانه طی مرحله R5-R7 حتی از دمای سقف برای پیش‌روی نمو ماش (۴۰درجه سانتی‌گراد) نیز فراتر رفت (شکل ۱، a). این رویداد می‌تواند دلیل خوبی برای توجیه این موضوع باشد که چرا کیفیت بذر در تاریخ کاشت اول کمتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود.

از طرف دیگر، با تأخیر در کاشت طول دوره پُرشدن بذر (R5-R7) نیز به صورت خطی کاهش یافت (شکل ۲) که این نشان می‌دهد که با تأخیر در کاشت، مراحل نمو بذر به مدت کمتری در معرض شرایط محیطی و به‌ویژه دماهای بالا قرار گرفت. به علاوه این‌که زمان حرارتی تجمعی (درجه-روز رشد) تجربه‌شده توسط گیاه نیز که با تأخیر در کاشت کاهش یافت، خود نشان‌دهنده این واقعیت می‌باشد. کاهش طول دوره پُرشدن بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول دوره روشنایی طی این مرحله نموی نیز داشت (جدول ۴). بنابراین با تأخیر در کاشت، طول دوره روشنایی در نتیجه تعداد روزهایی که بذرها طی نمو خود با دماهای بالا مواجه شدند، کاهش یافت و کیفیت بذر افزایش پیدا کرد.

ظاهراً بارندگی و رطوبت نسبی مستقیماً قادر به تغییر کیفیت بذرهای تولیدی نمی‌باشد، اما می‌تواند از طریق تغییر در میزان شیوع قارچ‌های بذرزی به‌طور غیرمستقیم کیفیت بذر را تحت تأثیر قرار دهند (Keiser & Mullen, 1993). بنابراین، علاوه بر وقوع دماهای بسیار بالا (بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد) در مرحله R5-R7 در تاریخ کاشت اول، وقوع بارندگی طی این مرحله نیز ممکن است در کاهش کیفیت بذر موثر بوده باشد (شکل ۱). با وجود وقوع دماهای بالا طی دوره پُرشدن بذر در تاریخ کاشت چهارم (۳۰ خرداد)، در این تاریخ کاشت کمترین رطوبت نسبی هوا مشاهده شد. بنابراین این موضوع را می‌توان علت بالاتربودن کیفیت بذر در این تاریخ کاشت در مقایسه با تاریخ کاشت‌های قبلی دانست. پایین‌ترین دمای هوا نیز در تاریخ کاشت پنجم مشاهده شد (شکل ۱). در این تاریخ کاشت بالاترین رطوبت نسبی هوا طی دوره پُرشدن بذر رخ داد، اما کاهش قابل‌توجه دمای هوا طی مراحل نمو بذر باعث افزایش کیفیت بذر شد. از این یافته‌ها می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که هرگاه دمای هوا و رطوبت نسبی به طور همزمان افزایش یابند و یا طی دوره‌ای که دمای هوا بالاست بارندگی نیز رخ دهد، کیفیت بذر کاهش بیشتری می‌یابد.

هرچند با تأخیر در کاشت کیفیت بذر ماش افزایش یافت، اما این تأخیر باعث کاهش بسیار زیادی در عملکرد و اجزای عملکرد بذر شد، به‌طوری‌که عملکرد بذر در تاریخ کاشت آخر در مقایسه با تاریخ کاشت نخست، به‌میزان ۸۴۵/۴ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. به‌طورکلی، به‌دلیل کاهش طول دوره رشد گیاه (PD-R7) که در نتیجه تأخیر در کاشت رخ داد، عملکرد و اجزای عملکرد بذر همواره کاهش یافت (شکل ۲ و ۴). از طرف دیگر، عملکرد بذر بیشترین ضریب همبستگی (۰/۹۲) را با طول دوره پُرشدن بذر داشت (جدول ۵) و در نتیجه با تأخیر در کاشت و کوتاه‌شدن این دوره، عملکرد بذر نیز کاهش یافت (شکل ۴).

به‌علاوه، عملکرد بذر در بین اجزای عملکرد بیشترین همبستگی را با وزن بذر داشت (جدول ۶) که آن هم به طول دوره پُرشدن بذر (R5-R7) بستگی داشت (جدول ۵).

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد بذر

Table 6. Coefficients correlation between seed yield and its components

	NP	NS	SW	YLD
NP	1			
NS	0.99**	1		
SW	0.22	0.32	1	
YLD	0.71**	0.71**	0.78**	1

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

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

از آنجا که سلامت بذر نیز در کنار جوانه‌زنی و قدرت بذر از مؤلفه‌های بسیارمهم کیفیت بذر است، لذا اندازه‌گیری این صفت و به‌خصوص تعیین میزان آلودگی بذرها به قارچ‌های بذرزی می‌تواند باعث شناسایی دقیق‌تر عوامل کاهنده کیفیت بذر شود. Gorzin (2013) با مطالعه بر روی سویا نشان داد که پس از دما، قارچ‌های بذرزی مهم‌ترین عامل کاهنده کیفیت بذر در کشت‌های زودهنگام می‌باشد. نامبرده همچنین نشان داد که استفاده از قارچ‌کش‌ها می‌تواند باعث کاهش آلودگی‌های قارچی در بذرها و در نتیجه افزایش قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر شود. اگر چنین مشکلی در ماش نیز وجود داشته باشد، می‌توان با به‌کارگیری قارچ‌کش‌های مناسب، کیفیت بذر را در ماش نیز افزایش داد. در این صورت استفاده از کشت‌های زودهنگام یا بهاره که عملکرد بسیار بیشتری در مقایسه با کشت‌های تابستانه تولید می‌کنند، برای کشت مناسب‌تر خواهند بود. این موضوع می‌تواند در مطالعات آینده مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، با تأخیر در کاشت ماش، کیفیت بذر افزایش و عملکرد بذر کاهش پیدا کرد. همچنین مشخص شد که طول هر یک از مراحل نموّ (PD-R1، R1-R5 و R5-R7) نقش مهمی در تعیین میزان عملکرد و کیفیت بذرهای تولیدی دارد. کاهش طول هر یک از این دوره‌های نموی از طریق کاهش تعداد غلاف، بذر، و وزن بذر باعث کاهش عملکرد شدند. در این میان، کاهش طول دوره پُرشدن بذر نقش بیشتری در افت عملکرد ایفا نمود، چراکه طول این دوره نموی تأثیر قابل‌توجهی بر وزن بذر داشت و عملکرد بذر نیز از بالاترین ضریب همبستگی با وزن بذر برخوردار بود. از طرف دیگر، وقوع بارندگی و رطوبت نسبی بالا همراه با دماهای بسیار زیاد طی دوره پُرشدن بذر در کشت‌های زودهنگام باعث کاهش کیفیت بذر شد. ضمن این که کاهش طول دوره پُرشدن بذر (در نتیجه تأخیر در کاشت) باعث شد تا مراحل رشد و نمو بذر مدت زمان کمتری در معرض شرایط محیطی به‌ویژه دماهای بالا قرار گیرد و درنتیجه با تأخیر در کاشت، کیفیت بذر افزایش یافت. از آنجا که تاریخ کاشت مناسب، آن است که ضمن حفظ خصوصیات کیفی بذر در سطوح مطلوب، عملکرد بالایی نیز تولید کند، انتظار می‌رود با کاشت گیاه ماش در اواسط خرداد ماه بتوان ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب، بذرهایی با کیفیت بالا نیز تولید کرد.

منابع

1. Anderson, L.R., and Vasilas, B.L. 1985. Effects of planting date on two Soybean cultivars: seasonal dry matter accumulation and seed yield. Crop Science 25(6): 999-1004.
2. Balduchi, A.J., and McGee, D.C. 1987. Environmental factors influencing infection of Soybean seeds by Phomopsis and Diaporthe species during seed maturation. Plant Disease 71(3): 209-212.
3. Calvino, P.A., Sadras, V.O., and Andrade F.H. 2003.Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. Field Crops Research 83(1): 67-77.
4. Dornbos, D.L., and Mullen, R.E. 1991. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. Canadian Journal of Plant Science 35(2): 373-383.

5. Egli, D.B., Tekrony, D.M., Heitholt, J.J., and Rupe, J. 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. Crop Science 45(4): 1329-1335.
6. Fehr, W.R., and Caviness, C.E. 1980. Stages of Soybean Development. Iowa Agriculture. Experiment. Stn.
7. Ghassemi Golezani, K., and Hosseinzadeh Mahootchi, A. 2010. Seed Health Testing Methods. Published by Jihad of Mashhad University Press, 203 p. (In Persian).
8. Gibson, L.R., and Mullen, R.E. 1996. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. Crop Science 36(6): 1615-1619.
9. Gorzin, M. 2013. The effects of environmental conditions during pod filling period on soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seed quality and its relationship with Phomopsis sp. in Golestan province. MSc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. (In Persian with English Summary).
10. Hampton, J.G., and TeKrony, D.M. 1995. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association, Zurich. p. 117.
11. Hashemi Jazi, S.M. 2001. Effects of planting dates on growth and development stages and some agronomic and physiological characteristic in five soybean cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 3(4): 49-59. (In Persian with English Summary).
12. Kantolic, A.G., and Slafer, G.A. 2005. Reproductive development and yield components in indeterminate Soybean as affected by post-flowering photoperiod. Field Crop Research 93 (2): 212-222.
13. Keigley, P.J., and Mullen, R.E. 1986. Changes in soybean seed quality from high temperature during seed fill and maturation. Crop Science 26(6): 1212-1216.
14. Keiser, J.R., and Mullen, R.E. 1993. Calcium relative humidity effects on soybean seed nutrition and seed quality. Crop Science 33(6): 1345-1349.
15. Koocheki, A., and BanayanAval, M. 2007. Pulse Crops. Publication of Mashhad University. (In Persian).
16. Mayers, D.J., Laen, R.J., and Byth, D.E. 1998. Adaptation of Soybean (*Glycine max* L.) to the dry season of teopices. II. effect of genotype and environment on biomass and seed yield. Australian Journal of Agricultural Research 42(4): 517-530.
17. Mayhew, W.L., and Caviness, C.E. 1994. Seed quality and yield of short-season soybean genotypes. Agronomy Journal 86(1): 16-19.
18. Mengistu, A., Castlebury, L., Smith, R., Ray, J., and Bellaloui, N. 2009. Seasonal progress of Phomopsis longicolla infection on soybean plant parts and its relationship to seed quality. Plant Disease 93(10): 1009-1018.
19. Samarah, N.H., and Abu-Yahya, A. 2008. Effect of maturity stages of winter and spring sowen chickpea (*Cicer arietinum* L.) on germination and vigor of the harvested seeds. Seed Science and Technology 36(1): 177-190.
20. Sastawa, B.M., Lawan, M., and Maina, Y.T. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. Crop Protection 23(2): 155-161.
21. Soltani, A., and Maddah, V. 2010. Simple Applications for Teaching and Research in Agronomy. Ecological Society of Shahid Beheshti University Press. 80 p. (In Persian)
22. Spears, J.F., TeKrony, D.M., and Egli, D.B. 1997. Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. Seed Science and Technology 25(2): 233-244.
23. Woodstock, L.W., Furman, K., and Leffler, H.R. 1985. Relationship between weathering, deterioration and mineral leaching from cotton seeds. Crop Science 25(3): 459-466.
24. Zanakis, G.N., Ellis, R.H., and Summerfield, R.J. 1994. A comparison of changes in vigour among three genotypes of soybean (*Glycine max*) during seed development and maturation in three temperature regimes. Experimental Agriculture 30(1): 157-170.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 28-40

The assessment of Mungbean seed yield and quality changes in response to environmental factors in different planting dates

Hoseini[1], S.S., Ghaderi-Far[2], F., Soltani[3], A., Mohamad-Nejad[4], Y. & Gorzin[5*], M.

1. Former of MSc. Student in Agronomy, Islamic Azad University of Gorgan, Iran, farshidghaderifar@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran, farshidghaderifar@yahoo.com
3. Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran, afsoltani@yahoo.com
4. Assistant Professor, Soil & Water Researh Department, Golestan Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, AREEO, Gorgan, Iran, yonesmn@gmail.com
5. Ph.D Student of Agronomy, Golestan Agricultural & Natural Resources Reaserch Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran

Received: 24 April 2016
Accepted: 2 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.53943

Introduction

Planting date is one of the important issues in agronomy that could be changing quantitative and qualitative characteristics of crop seeds. Planting date changes seed quality by providing different environmental conditions such as temperature, relative humidity, day length, radiation, and incidence of pathogens. It is also effective on seed yield. It affects duration of growth and development. A suitable planting date leads to optimal utilization of climatic conditions such as temperature, humidity, day length. It is also important for flowering and grain filling period to take place at the same time with favorite environmental conditions. As a result, it can improve seed yield and seed quality. Some factors such as high temperatures, frequent wetting and drying of air, high relative humidity, and continuous rainfalls have a significant negative effects on seed quality. These conditions during seed development reduce seed quality in the field. It is obvious that such conditions can be occurred on both early and late planting dates. Thus, according to an important role of planting date in determination of seed yield and quality, in this study the effects of environmental conditions during seed filling period on seed yield and quality of mungbean (*Vigna radiata* L.) were evaluated by implementing different planting dates in field conditions.

Materials & Methods

This experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station of Gonbad during 2010, which is located at three kilometers northeast of the city, with latitude and longitude of 37˚16́ N and 55˚12́ E, respectively, and a height of 45 meters above sea level. In this study, the genotype VC-1973A was cultivated in five planting dates. The planting dates included April 21, May 10, June 3, June 20 and July 12. The mungbean developmental stages were divided into three stages includes planting to flowering (PD-R1), flowering to beginning of seed filling

[*]**Corresponding Author:** gorzin.agron@gmail.com

(R1-R5), and beginning of seed filling to seed maturity (R5-R7). Afterwards, the relationship between the length of these developmental stages and environmental factors (temperature, relative humidity, rainfall and photoperiod) occurring during these stages were evaluated in terms of yield and seed quality. Seed quality was determined via germination, accelerated aging, Electrical conductivity tests, and field emergence percentage. Data analysis was performed by SAS 9.1.3 (Institute, Inc), and Excel 2007 was used to draw figures.

Results & Discussion

The results showed that seed quality increased as a result of delayed planting date, whereas seed yield decreased. Germination of the aged seeds increased by 0.23% per day of delay in planting. On the other hand, the electrical conductivity per day of delay in planting decreased by 0.43 $\mu s.cm^{-1}.g^{-1}$ which reflects the increase in seed vigor. Delaying the planting date led to an increase in field emergence percentage of about 0.23% per day. In fact, in this study the lowest seed quality was observed for planting date April 21 (first planting date). The reason for this occurrence can be related to occurrence of very high temperatures (more than 40°C) and rainfall during seed development (R5-R7). Although the average air temperature during R5-R7 increased in the next planting dates, but the number of days that temperature was more than 40°C decreased, which consequently led to increased seed quality. Also, the length of R5-R7 decreased by delay in planting date, so filling period (R5-R7) was exposed to environmental factors (particularly high temperatures) for a shorter period. In contrast to seed quality, seed yield decreased linearly with delay in planting date. The highest seed yield (1144.4 $kg.ha^{-1}$) was achieved in the first planting date (April 21). Then, for each day that planting date was delayed, seed yield decreased by 10.84 $kg.ha^{-1}$, and finally in the last planting date (July 12) reached the lowest amount (299 $kg.ha^{-1}$). Reduction of the length of developmental stages (especially R5-R7) was the most important cause of seed yield loss.

Conclusion

Although, delay in planting date increased seed quality of mungbean, this delay reduced seed yield. Seed yield in the last planting date decreased 845.4 kg.ha-1 compared to the first planting date. In fact, delay in planting date decreased seed quantity, but increased its quality. The optimum planting date is the date that maintains the seed quality at a satisfactory level and produce high seed yield, simultaneously. Therefore, planting of mungbean in mid-June may lead to higher seed yield, as well as production of high-quality seeds

Keywords: Seed development, Seed germination, Seed vigor, Temperature, Thermal time

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۵۴-۴۱

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 41-54
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.55252

تأثیر ترکیبات مختلف بستر کاشت بر انباشتگی فلزات سنگین در لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)

حمیدرضا بلوچی[1*]، فاطمه امینی[2]، محسن موحدی دهنوی[1] و محمود عطارزاده[3]

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۳- دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۴

چکیده

آلودگی خاک‌ها با فلزات سنگین اغلب ناشی از فعالیت‌های انسان بوده و کاهش میزان آن در گیاهان با استفاده از ترکیبات مختلف بستر کاشت راهکاری مؤثر و اقتصادی می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر ترکیبات مختلف بستر کاشت بر انباشتگی فلزات سنگین در لوبیاچیتی (رقم صدرا)، آزمایشی به‌طور جداگانه برای چهار فلز سنگین (نیترات کادمیوم، نیترات سرب، نیترات نیکل و سولفات مس) و به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه یاسوج در سال۱۳۹۲ اجرا گردید. فاکتور اول آزمایش شامل ترکیب‌های آلی خاک با چهار ترکیب (شاهد خاک، کمپوست، ورمی‌کمپوست و خاک‌اره سپیدار) و فاکتور دوم شامل غلظت هر فلز با دو سطح (شاهد و غلظت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند. نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست سبب افزایش میزان انباشت فلز کادمیوم در شاخساره و ریشه لوبیا گردید. از سوی دیگر کمپوست و خاک‌اره سپیدار سبب کاهش میزان نیکل در شاخساره و ریشه لوبیا گردید. همچنین بیشترین میزان انباشت مس در ریشه لوبیاچیتی، در شرایط کاربرد خاک‌اره سپیدار و کمپوست به دست آمد. انباشت فلزات سنگین در ریشه به‌مراتب بیشتر از شاخساره و دانه بود. در مجموع با توجه به انباشت کم فلزات سنگین در دانه لوبیاچیتی و جذب زیاد توسط ریشه و شاخساره، این گیاه جهت کشت در مناطق آلوده مناسب و درصورت امکان خروج ریشه و شاخساره از زمین و رشد سریع جهت گیاه پالایی نیز مناسب است.

واژه‌های کلیدی: خاک‌اره سپیدار، سولفات مس، کمپوست، گیاه پالایی، نیترات کادمیوم، نیترات نیکل

مقدمه

مطابق تعریف، فلزات سنگین عناصری هستند که وزن مولکولی آن‌ها از عنصر آهن سنگین‌تر و وزن مخصوص آن‌ها بیشتر از ۴/۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد. فلزات سنگینی مانند مس، نیکل و کبالت میل ترکیبی شدید با گروه‌های آهن سولفیدریل (SH) دارند و آنزیم‌ها را متلاشی کرده و قدرت آنزیمی آن‌ها را از بین می برند. فلزات سنگین، شامل عناصر نیکل (وزن مولکولی ۵۸/۶۹)، سرب (وزن مولکولی ۲۰۷/۲)، جیوه (وزن مولکولی ۲۰۰/۵۹)، مس (وزن مولکولی ۶۳/۵۵)، کروم (وزن مولکولی ۵۱/۹۹) و کادمیوم (وزن مولکولی ۱۱۲/۴۱) هستند. براساس گزارش محققان، گیاهانی که بتوانند فلزات نیکل، کروم، کبالت، مس، سرب و آلومینیوم را به میزان بیش از ۰/۱درصد، کادمیم و سلنیوم را به میزان بیش از ۰/۰۱درصد و جیوه را به میزان بیش از ۰/۰۰۱درصد وزن خشک اندام هوایی جذب و انباشت نمایند، بیش‌اندوز محسوب خواهند شد(Baker & Brooks 1989) . منابع طبیعی و انسانی بسیاری وجود دارند که می‌توانند باعث تجمع غلظت‌های بالایی از فلزات شوند که می‌توان آن‌ها را به منابع طبیعی، کشاورزی، صنعتی، شهری و حمل و نقل تقسیم کرد. میزان کافی کادمیوم در برگ‌ها بین ۰/۲-۰/۰۵، میزان سمی در برگ‌ها ۳۰-۵ و میزان سمیت در خاک سطحی ۸۰-۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و میزان کافی سرب در برگ‌ها بین ۱۰- ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک، میزان سمی در برگ‌ها ۳۰۰- ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و میزان سمیت در خاک سطحی ۴۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. همچنین میزان کافی نیکل در برگ‌ها بین ۵- ۰/۱، میزان سمی در برگ‌ها ۱۰۰- ۱۰ و میزان

*نویسنده مسئول: یاسوج، دانشگاه یاسوج، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کدپستی ۳۳۶-۱۴۱۱۵، تلفن و دورنگار: ۰۷۴-۳۳۲۲۴۸۴۰،
balouchi@yu.ac.ir

سمیت در خاک سطحی ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خاک می‌باشد (Kafi *et al*., 2009). هنگامی که یون‌های فلزات سنگین در سطوح بالا در محیط وجود داشته باشند، بیش از اندازه توسط ریشه گیاه جذب و به اندام‌های هوایی منتقل گشته و انباشته می‌شوند که منجر به صدمات متابولیسمی و کاهش رشد و عملکرد گیاه گردیده و از طرف دیگر این فلزات باعث کاهش فعالیت میکروبی و حاصلخیزی خاک می‌گردند (Yandi *et al*., 2007).

فلزات پس از ورود به گیاه باید به صورت فعال در سلول‌های ویژه و اجزای سلولی به صورت بی‌اثر ذخیره شوند. این امر به عنوان یکی از سازوکارهای اصلی تحمل به فلزات سنگین درنظرگرفته می‌شود (Hall, 2002). تجمع و دفع، دو استراتژی اساسی در پاسخ گیاهان به افزایش غلظت فلزات سنگین هستند (Vogel-Mikus *et al*., 2005). بافت‌های گیاهی نقش مهمی در تعدیل سمیت فلزات سنگین ایفا می‌کنند. از جمله برگ‌های گیاهان تفاوت گسترده‌ای در توانایی تجمع فلزات سنگین بسته به سن برگ دارند (Islam *et al*., 2008). در چند سال اخیر پژوهشگران استفاده از گیاهان و فراورده‌های آلی را برای پالایش آلودگی خاک‌ها بنیان نهاده‌اند که این فن‌آوری، گیاه‌پالایی یا پالایش سبز نام گرفته است (Raskin *et al*., 1997). گیاه‌پالایی یک تکنیک درحال گسترش و دوستدار محیط زیست است که از گیاهان مناسب برای پالایش محیط زیست آلوده استفاده می‌کند (Lasat, 2003). به‌طورکلی برای انتخاب یک گیاه برای هدف گیاه پالایی خاک باید قدرت جذب بالای گیاه، تولید زیست‌توده بالا و انتقال فلز در گیاه مدنظر قرار گیرد (Mahendran, 2014). به نظر می‌رسد سازوکارهای اساسی زیستی رفع آلودگی گیاه هنوز به‌طور کامل مورد شناسایی قرار نگرفته‌اند و هنوز اطلاعات بسیاری در مورد فرآیندهای مؤثر در نحوه رفع آلودگی فلزات سنگین ناشناخته باقی مانده است (Khan, 2005). صرف‌نظر از نوع گیاه مورد استفاده در روش گیاه‌پالایی، به کارگیری مواد اصلاحی آلی و معدنی در خاک سبب تغییر در حلالیت فلزات سنگین، میزان جذب و تجمع آنها در گیاه می‌گردد (Kayser *et al*., 2000).

کمپوست مواد آلی به دلیل بالابودن مقدار مواد آلی، قدرت تبادل یونی و سطح جذب کاتیونی بالا با فلزات سنگین پیوند یافته و قادر است برای مدت زمان طولانی آلاینده‌ها را در خود نگهداری کند. کمپوست می‌تواند سطوح زیادی از فلزات محلول را از خاک حذف کرده و سمیت آن‌ها را کاهش دهد (Jadia & Fulekar, 2008). کاربرد کمپوست ضایعات سبز، نارگیل و پوست درخت به نسبت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد به‌طور معنی‌داری میزان سرب، مس و روی در دسترس گیاه را کاهش داد. کاربرد کمپوست، کادمیوم قابل تبادل را حدود ۷۰درصد کاهش داد و بر کاهش مسمومیت گیاهی نیز مؤثر بود (Park *et al*., 2011). گزارش شده است که ورمی‌کمپوست سبب کاهش میزان تجمع سرب در شاخساره‌ها و ریشه‌های لوبیا چشم‌بلبلی می‌گردد (Carrasquero Duran *et al*., 2006). به عبارت دیگر وجود ورمی‌کمپوست در خاک به‌طور مؤثری جذب و انتقال سرب را محدود کرده است.

با توجه به اهمیت ترکیبات آلی بستر کاشت در کاهش آلودگی ناشی از فلزات سنگین در خاک و خطرات ناشی از این آلودگی برای گیاهان و در نتیجه سلامت انسان و از سوی دیگر بهبود فرایند گیاه‌پالایی در خاک‌های آلوده و ضرورت استفاده از راهکارهایی برای مقابله با این تنش‌ها، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر ترکیبات مختلف بستر کاشت بر کاهش سمیت و انباشتگی فلزات سنگین در لوبیاچیتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر فلزات سنگین مختلف و ترکیبات مختلف بستر کاشت بر میزان تجمع فلزات سنگین در گیاه لوبیاچیتی رقم صدری به‌طور جداگانه برای چهار فلز سنگین (نیترات کادمیوم، نیترات سرب، نیترات نیکل و سولفات مس) و به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال۱۳۹۲ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج اجرا گردید. فاکتور اول آزمایش شامل ترکیب‌های آلی خاک با چهار ترکیب (شاهد خاک، کمپوست، ورمی‌کمپوست و خاک‌اره سپیدار) و فاکتور دوم شامل غلظت هر فلز با دو سطح (شاهد و غلظت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند. غلظت فلزات سنگین در خاک و ترکیبات آلی قبل از اعمال تیمارهای فلزات سنگین در آزمایشگاه آب و خاک فارس اندازه‌گیری شد که در جدول ۱ آورده شده است.

ابتدا خاک و شن را از الک یک‌سانتی‌متری عبور داده و آن‌ها را به ترتیب به نسبت چهار به یک مخلوط کرده و سپس ترکیب‌های آلی خاک با نسبت پنج درصد وزنی (بر مبنای وزن پایه خشک) به طور دستی با خاک هر گلدان مخلوط شد (Angelova *et al*., 2010). در مرحله بعد فلزات سنگین ذکرشده در بالا با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک توسط افشانه به خاک‌های تقویت‌شده (با ترکیبات آلی و خاک‌اره سپیدار) اضافه شد (Jadia & Fulekar, 2008). سپس کیسه‌های کشت با هفت کیلوگرم از خاک فوق پُر گردید. بعد از گذشت یک ماه (به دلیل یکنواخت‌شدن فلز سنگین با خاک) کاشت صورت گرفت.

لازم به ذکر است که قبل از کاشت ۰/۳گرم کود فسفات آمونیوم در لایه‌ی یک‌سانتی‌متری زیر بذر قرار داده شد (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۰/۵گرم کود اوره (معادل ۱۵۰کیلوگرم در هکتار) همراه با اولین آب آبیاری به هر گلدان داده شد و ۰/۵گرم دیگر کود اوره (معادل ۱۵۰کیلوگرم در هکتار) نیز به صورت سرک طی مرحله گلدهی همراه با آب آبیاری اضافه گردید. طی دوره رشد، آبیاری گلدان‌ها تا حد ظرفیت زراعی انجام شد و نمونه‌برداری (در مرحله ۵۰درصد گلدهی) انجام گرفت.

جدول ۱- غلظت فلزات سنگین در خاک و ترکیبات آلی مورد آزمایش

Table 1. The concentration of heavy metals in soil and organic compounds tested

ترکیبات خاک Soil Compounds	کادمیوم Cadmium	سرب Pb	نیکل Nickel	مس Copper
	(میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) (mg per kg dry weight soil)			
خاک Normal soil	2.18	29.74	70.30	1.97
ورمی‌کمپوست Vermicompost	8.83	31.68	38.37	3.00
کمپوست Compost	6.90	34.51	22.60	10.00
خاک‌اره سپیدار Populus Sawdust	2.10	2.40	1.20	1.60

جهت اندازه‌گیری فلزات سنگین ۰/۵گرم از بافت گیاهی خشک‌شده (در دمای ۶۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ساعت در آون) و کوچک‌تر از ۰/۸۴میلی‌متر (عبورکرده از الک ۲۰مش) درون بشر یا لوله هضم ریخته شد و ۵میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه شد و در دهانه بشر شیشه ساعتی یا قیف قرار داده و اجازه داده شد تا یک شب بماند. بشر درپوشیده، روی هات‌پلیت قرار داده شد تا عمل هضم در دمای ۱۲۰درجه سانتی‌گراد برای یک ساعت انجام شود. سپس بشر از روی هات‌پلیت برداشته شد تا خنک شود. پس از آن ۳میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۰درصد به بشر اضافه گردید و عمل هضم در دمای ۱۲۵درجه سانتی‌گراد انجام شد. اضافه نمودن پراکسید هیدروژن ۳۰درصد تکرار شد تا ماده هضم‌شده شفاف شود و در هنگام نیاز، اسید نیتریک اضافه گردید تا از خشک‌شدن جلوگیری شود. هنگامی که مخلوط هضم شفاف شد، شیشه ساعت یا قیف برداشته شد و دمای هات‌پلیت به ۸۰درجه سانتی‌گراد کاهش داده شد، در غیراین‌صورت مجدداً ۳میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۰درصد به بشر اضافه گردید و عمل هضم در دمای ۱۲۵درجه سانتی‌گراد انجام شد. محلول‌های هضم‌شده با ۲۵میلی‌لیتر آب دوبارتقطیر رقیق شدند و با کاغذ واتمن شماره۴۲ صاف گردیدند. غلظت فلزات کادمیوم، سرب، نیکل و مس در محلول هضم‌شده با دستگاه جذب اتمی مدل VARIAN AAS-240 تعیین شد. استانداردهای به‌دست‌آمده نیز در پنج نسخه هضم شدند و با استفاده از روش هضم گیاه جهت اطمینان از کیفیت و خصوصیات کنترلی تجزیه شد (Mench *et al*., 1994).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت پذیرفت و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای صفاتی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار گردید، برش‌دهی اثرات متقابل نیز انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون L.S.Means در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

انباشتگی فلز کادمیوم در ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات آلی و نیترات کادمیوم خاک در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر میزان انباشت فلز کادمیوم در ریشه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر ترکیبات آلی در سطوح مختلف نیترات کادمیوم خاک نشان داد که بین ترکیبات آلی مختلف از نظر میزان انباشت فلز کادمیوم در ریشه لوبیا در شرایط بدون نیترات کادمیوم و کاربرد ۵۰میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم وزن خشک خاک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۲- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر ترکیبات آلی و نیترات کادمیوم خاک بر میزان تجمع کادمیوم در ریشه، شاخساره و دانه لوبیاچیتی

Table 2. Sources of variance, degrees of freedom and mean square of soil organic compounds and cadmium nitrate effect on accumulation of cadmium in the root, shoot and seed of pinto bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کادمیوم ریشه Cadmium of root	کادمیوم شاخساره Cadmium of shoot	کادمیوم دانه Cadmium of seed
ترکیبات آلی خاک Soil organic compounds	3	1689.63 **	0.53 *	0.17 n.s
نیترات کادمیوم Cadmium nitrate	1	8392.56 **	15.84 **	0.45 n.s
نیترات کادمیوم × ترکیبات آلی Cadmium nitrate × Organic compounds	3	420.79 *	0.88 **	0.13 n.s
خطا Error	16	81.19	0.14	0.08
ضریب تغییرات C.V (٪)	-	25.89	15.32	17.27

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

**, * and ns: significant at the 5 and 1 percent probability level and non-significant respectively

جدول ۳- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات برش‌دهی اثر ترکیبات آلی خاک در سطوح مختلف نیترات کادمیوم برای میزان تجمع کادمیوم در ریشه و شاخساره لوبیاچیتی

Table 3 .Sources of variance, degrees of freedom and mean square of slicing the effect of soil organic compounds at different levels of cadmium nitrate for cadmium accumulation in root and shoot of pinto bean

نیترات کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) Cadmium nitrate (mg per kg of soil dry weight)	درجه آزادی df	کادمیوم ریشه Cadmium of root	کادمیوم شاخساره Cadmium of shoot
0	3	296.30 *	0.13 n.s
50	3	1814.12 **	1.26 **

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

**, * and ns: significant at the 5 and 1 percent probability level and non-significant respectively

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط بدون نیترات کادمیوم، کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست سبب افزایش میزان انباشت فلز کادمیوم به ترتیب به میزان ۲۱/۴ و ۱۹/۱میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه نسبت به شاهد (خاک معمولی) گردید. از سوی دیگر کاربرد خاک‌اره سپیدار سبب افزایش انباشت فلز کادمیوم به میزان ۸/۳میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه نسبت به شاهد (خاک معمولی) گردید (جدول ۴). در شرایط ۵۰میلی‌گرم نیترات کادمیوم، در تیمار کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست، میزان انباشت فلز کادمیوم ریشه لوبیا به ترتیب ۷۹ و ۶۹/۴۰میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه بود که با کاربرد خاک‌اره سپیدار (۲۷میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه) اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد. همچنین مقدار این صفت در خاک‌اره سپیدار با سطح شاهد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول۴).

تحقیقات نشان داد که کاربرد غلظت‌های صفر و ۴۰میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم وزن خشک خاک به ترتیب منجر با انباشت ۰/۰۳ و۳۱/۶۳میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم وزن خشک گیاه شد (Mozaffari *et al.*, 2013). در این پژوهش در شرایط ۵۰میلی‌گرم نیترات کادمیوم و بدون ترکیب آلی خاک منجر به انباشت ۳۸میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم وزن خشک ریشه شد. همچنین جذب فلز کادمیوم در ریشه گیاه ذرت در کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داده است (Carbonell *et al.*, 2011). در این

پژوهش نیز جذب کادمیوم توسط کمپوست و ورمی‌کمپوست به صورت معنی‌داری افزایش یافت. ورمی‌کمپوست را می‌توان جهت حذف فلزات از خاک‌های آلوده مورد استفاده قرار داد، زیرا با فلزات پیوند برقرار کرده و جذب را از طریق فراهم‌کردن عناصر غذایی افزایش می‌دهد (Jadia & Fulekar, 2008). از سوی دیگر به‌نظر می‌رسد غلظت بالای کادمیوم در کود کمپوست و ورمی‌کمپوست نسبت به خاک‌اره و شاهد و همچنین پیوند ضعیف این عنصر با مواد آلی سبب افزایش غلظت آن در گیاه شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ترکیبات آلی خاک در سطوح مختلف نیترات کادمیوم برای انباشتگی کادمیوم ریشه، شاخساره و دانه لوبیاچیتی

Table 4. The mean comparison of the soil organic compositions effect in different cadmium nitrate for cadmium accumulation in root, shoot and seed of pinto bean

نیترات کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) Cadmium nitrate (mg per kg of dry weight of soil)	ترکیبات آلی خاک Soil organic compounds	کادمیوم ریشه Cadmium of root	کادمیوم شاخساره Cadmium of shoot	کادمیوم دانه Cadmium of seed
		(میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) (mg per kg of dry weight)		
0	خاک معمولی Normal soil	3.90 c	1.90 a	1.90 a
	کمپوست Compost	25.30 a	1.70 a	1.50 a
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	23.00 a	1.40 a	1.40 a
	خاک‌اره سپیدار Populus sawdust	12.20 b	1.60 a	1.30 a
50	خاک معمولی Normal soil	38.00 b	2.40 b	a 1.90
	کمپوست Compost	79.00 a	3.90 a	1.70 a
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	69.40 a	3.20 ab	1.60 a
	خاک‌اره سپیدار Populus sawdust	27.00 b	3.60 a	2.00 a

در هر ستون و هر سطح از نیترات کادمیوم خاک میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون L.S.Means ندارند.

Means followed by the same letters in each column and soil cadmium nitrate level are not significantly different by L.S.Means test

انباشتگی فلز کادمیوم در شاخساره

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای ترکیبات آلی خاک در سطح احتمال پنج درصد و نیترات کادمیوم و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری بر انباشت فلز کادمیوم در شاخساره داشت (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر ترکیبات آلی در سطوح مختلف نیترات کادمیوم خاک نشان داد که بین ترکیبات آلی مختلف در شرایط بدون مصرف نیترات کادمیوم برای میزان انباشت فلز کادمیوم در شاخساره لوبیا اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، اما در سطح ۵۰میلی‌گرم نیترات کادمیوم در کیلوگرم وزن خشک خاک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطح ۵۰میلی‌گرم نیترات کادمیوم در کیلوگرم وزن خشک خاک، میزان غلظت فلز کادمیوم در کاربرد کمپوست ۳/۹میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک شاخساره بود که نسبت به سطح شاهد (خاک معمولی) افزایش ۱/۵میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک شاخساره نشان داد، اما با کاربرد ورمی‌کمپوست و خاک‌اره سپیدار اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین سطح شاهد (خاک معمولی) با کاربرد ورمی‌کمپوست فاقد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴).

گزارش‌ها نشان می‌دهد که جذب فلز کادمیوم در شاخساره گیاه ذرت در حضور کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (Carbonell *et al*., 2011). همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست جذب فلز کادمیوم را در برگ

سیب‌زمینی نسبت به شاهد افـزایش داد (Angelova *et al*., 2010). تحقیقات نشان داد که هنگامی که غلظت کادمیوم در خاک کم باشد، تقویت‌کننده‌ها کارآیی بیشتری دارند و احتمالاً به دلیل این است که در غلظت‌های بالای کـادمیوم در خـاک، افزودن مقدار تقویت‌کننده جهت تثبیت تمـام کـادمیوم قابـل دسـترس، کـافی نخواهـد بـود (Chlopecka & Adriano, 1997). غلظت کادمیوم در بافت شاخساره در تمامی سـطح‌هـا بیشتر از میزان کافی آن در برگ‌هـا (۰/۲-۰/۰۵میلـی‌گـرم در کیلوگرم وزن خشک) بود.

انباشتگی فلز کادمیوم در دانه

نتایج جدول تجزیه واریـانس داده‌هـا نشـان داد کـه اثـر ترکیبات آلی خاک، نیتـرات کـادمیوم و بـرهمکنش آن‌هـا بـر میزان انباشت فلز کادمیوم در دانـه لوبیـا از نظـر آمـاری فاقـد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). مقدار کادمیوم در دانـه گیـاه ذرت تقویت‌شده با کمپوست نسبت به شاهد نیز فاقد اخـتلاف آماری معنی‌دار بود (Carbonell *et al*., 2011).

انباشتگی فلز سرب

مقدار سرب در بافـت ریشـه، شاخسـاره و دانـه در کلیـه تیمارهای آزمایشی در حـد تشـخیص دسـتگاه نبـود. بـه نظـر می‌رسد که علت میزان انباشتگی پایین فلـز سـرب در لوبیـا را می‌توان به تحرک کم سرب در خاک و گیاه نسبت داد.

انباشتگی فلز نیکل در ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات آلی خاک و نیترات نیکل برای میزان انباشت فلز نیکل در ریشه در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود، اما برهمکنش آن‌ها بر میزان انباشت فلز نیکل در ریشه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر ترکیبات آلی و نیترات نیکل خاک بر میزان تجمع نیکل در ریشه، شاخساره و دانه لوبیاچیتی

Table 5. Sources of variance, degrees of freedom and mean square of soil organic compounds and nickel nitrate effect on accumulation of nickel in the root, shoot and seed of pinto bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیکل ریشه Nickel of root	نیکل شاخساره Nickel of shoot	نیکل دانه Nickel of seed
ترکیبات آلی خاک Soil organic compounds	3	12.32 **	3.34 **	0.35 n.s
نیترات نیکل Nickel nitrate	1	48.87 **	0.02 n.s	1.04 n.s
نیترات نیکل × ترکیبات آلی Nickel nitrate × Organic compounds	3	2.11 n.s	0.70 **	0.07 n.s
خطا Error	16	0.94	0.09	0.40
ضریب تغییرات C.V (٪)	-	7.85	12.65	21.16

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

*, ** and ns: significant at the 5 and 1 percent probability level and non-significant respectively

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان انباشت فلز نیکل در ریشه لوبیا مربوط به سطح شاهد (خاک معمولی) با میانگین ۱۴/۴۵میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه بود و کمترین مقدار این صفت در کاربرد خاک‌اره سپیدار با میانگین ۱۱/۴۲میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه بود که با کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول۶). مقایسه میانگین غلظت‌های نیترات نیکل در ریشه لوبیا نشان داد که میزان انباشت فلز نیکل در غلظت ۵۰ میلی‌گرم، ۱۳/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه بود که نسبت به شرایط بدون نیترات نیکل افزایش به میزان ۲/۸۵میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه مشاهده گردید (جدول ۷). پیوند قوی عنصر نیکل با مواد آلی و ایجاد فرم‌های پایدار این فلز سبب کاهش معنی‌دار غلظت نیکل در بافت ریشه لوبیا نسبت به خاک معمولی شده است. ترکیبات مواد آلی خاک مهم‌ترین مواد جاذب برای فلزات سنگین هستند که می‌توانند این فلزات را برای مدت طولانی تثبیت کنند. فلزات سنگین می‌توانند بسته به شرایط محیط خاک تثبیت و یا غیرفعال شوند (Lavando, 1998). همچنین در بین ترکیبات با وجود عدم اختلاف معنی‌دار، جذب نیکل در ریشه با کاربرد خاک‌اره سپیدار نسبت به کمپوست و ورمی کمپوست کمتر بوده است.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ترکیبات آلی خاک بر انباشتگی نیکل در ریشه لوبیاچیتی

Table 6. The mean compares of soil organic compounds effect on nickel accumulation in root of pinto bean

ترکیبات آلی خاک Soil organic compounds	نیکل ریشه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) Nickel of root (mg per kg of dry weight)
خاک معمولی **Normal soil**	14.45 a
کمپوست **Compost**	11.50 b
ورمی‌کمپوست **Vermicompost**	12.00 b
خاک‌اره سپیدار **Populus sawdust**	11.42 b

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

Means followed by the same letters are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر نیترات نیکل بر انباشتگی نیکل در ریشه لوبیاچیتی

Table 7. The mean compares of nickel nitrate effect on nickel accumulation in root of pinto bean

نیکل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) Nickel (mg per kg of dry weight of soil)	نیکل ریشه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) Nickel of root (mg per kg of dry weight)
0	10.92 b
50	13.77 a

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

Means followed by the same letters are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

جدول ۸- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات برش‌دهی اثر ترکیبات آلی خاک در سطوح مختلف نیترات نیکل برای میزان تجمع نیکل در شاخساره لوبیا چیتی

Table 8. Sources of variance, degrees of freedom and mean square of slicing the effect of soil organic compounds at different levels of nickel nitrate for nickel accumulation in shoot of pinto bean

نیترات نیکل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) Nickel nitrate (mg per kg of dry weight of soil)	درجه آزادی df	نیکل شاخساره Nickel of shoot
0	3	2.32 **
50	3	1.81 **

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

**: significant at the 1 percent probability

انباشتگی فلز نیکل در شاخساره

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات آلی خاک و برهمکنش ترکیبات آلی خاک و نیترات نیکل بر مقدار نیکل شاخساره در سطح احتمال یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری داشتند، اما نیترات نیکل بر میزان انباشت فلز نیکل در شاخساره فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج برش‌دهی اثر ترکیبات آلی خاک بر میزان انباشت فلز نیکل در شاخساره در سطح‌های صفر و ۵۰میلی‌گرم نیترات نیکل در کیلوگرم وزن خشک خاک در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت آماری معنی‌دار بود (جدول ۸).

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر ترکیبات آلی خاک در سطوح مختلف نیترات نیکل برای انباشتگی نیکل شاخساره لوبیاچیتی

Table 9. The mean comparison of the soil organic compositions effect in different nickel nitrate for nickel accumulation in shoot of pinto bean

نیکل شاخساره **Nickel of shoot** (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) **(mg per kg of dry weight)**	ترکیبات خاک **Soil compounds**	نیترات نیکل (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) **Nickel nitrate** **(mg per kg of dry weight of soil)**
3.25 a	خاک معمولی Normal soil	0
2.33 b	کمپوست Compost	
2.83 a	ورمی‌کمپوست Vermicompost	
1.25 c	خاک‌اره سپیدار Populus sawdust	
2.83 a	خاک معمولی Normal soil	50
1.91 b	کمپوست Compost	
3.16 a	ورمی‌کمپوست Vermicompost	
1.50 b	خاک‌اره سپیدار Populus sawdust	

در هر سطح از نیترات نیکل خاک، میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون L.S.Means ندارند.

Means followed by the same letters in each soil nickel nitrate level are not significantly different by L.S.Means test.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد کـه در سـطح صـفر (بـدون نیترات نیکل)، میزان انباشـت نیکـل در سـطح شـاهد (خـاک معمولی) با میانگین ۳/۲۵میلی‌گـرم در کیلـوگرم وزن خشـک شاخساره بود که افزایش انباشت نیکل به میزان ۰/۹۲میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک شاخساره را نسبت به کاربرد کمپوست نشان داد (جدول ۹). همچنین کمترین مقدار این صفت مربوط بـه کـاربرد خـاک‌اره سـپیدار بـا میـانگین ۱/۲۵میلـی‌گـرم در کیلوگرم وزن خشـک شاخسـاره بـود. در سـطح ۵۰میلـی‌گـرم نیترات نیکل، میزان انباشت نیکل در کاربرد ورمی‌کمپوست بـا میانگین ۳/۱۶میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک شاخساره بود و بـا سـطح شـاهد (۲/۸۳میلـی‌گـرم در کیلـوگرم وزن خشـک شاخساره) اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد، اما مقدار ایـن صفت در کـاربرد خـاک‌اره سـپیدار سـبب کـاهش بـه میـزان ۱/۳۳میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشـک شاخسـاره نسـبت بـه شاهد شد (جدول ۹).

محققان بیان کردند که میزان جذب فلزات سنگین خاک در گیاه همـراه بـا افـزایش ترکیبـات آلـی ماننـد کمپوسـت و ورمی‌کمپوست با گذشت زمان کاهش می‌یابد که علت را جذب شدید آن‌ها توسط خاک و مواد آلی می‌دانند (Chang *et al*., 1987). همچنین جـذب فلـز نیکـل در شاخسـاره گیـاه ذرت تقویت‌شده با کمپوست بیشتر از شـاهد بـود (Carbonell *et al*., 2011). تحقیقات نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست بـه میزان ۲۰ و ۴۰تن در هکتار اثر معنی‌داری بر جذب فلز نیکل در اندام هوایی گیاه بـرنج در مقایسـه بـا شـاهد نداشـت. در ایـن آزمایش ورمـی‌کمپوسـت و شـاهد بیشـترین میـزان جـذب را داشتند و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. غلظت نیکل در بافت شاخساره در تمامی سطح‌ها در محدوده میزان کـافی آن در برگ‌هـا (۵-۰/۱میلـی‌گـرم در کیلـوگرم وزن خشـک) بـود (Mousavi *et al*., 2012).

انباشتگی فلز نیکل در دانه

نتایج جـدول تجزیـه واریـانس داده‌هـا نشـان داد کـه اثـر ترکیبات آلی خاک، نیترات نیکل و بـرهمکنش آن‌هـا بـر مقـدار نیکل در دانه از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار بود (جدول۵).

انباشتگی فلز مس در ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات آلی خاک، سولفات مس و برهمکنش آن‌ها بر مقـدار فلـز مـس در ریشه در سطح احتمال یک درصد معنـی‌دار بـود (جـدول ۱۰). نتایج برش‌دهی اثر ترکیبات آلی خاک بر میـزان انباشـت فلـز مس در ریشه در سطح‌های صفر و ۵۰ (میلی‌گرم سولفات مس در کیلوگرم وزن خشک خاک) در سطح احتمـال یـک درصـد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۱۱).

جدول ۱۰- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر ترکیبات آلی و سولفات مس خاک بر میزان تجمع مس در ریشه، شاخساره و دانه لوبیاچیتی

Table 10. Sources of variance, degrees of freedom and mean square of soil organic compounds and copper sulfate effect on accumulation of copper in the root, shoot and seed of pinto bean

منابع تغییرات **S.O.V**	درجه آزادی **df**	مس ریشه **Copper of root**	مس شاخساره **Copper of shoot**	مس دانه **Copper of seed**
ترکیبات آلی خاک **Soil organic compounds**	3	913.73 **	2.50 **	0.78 *
سولفات مس **copper sulfate**	1	2470.51 **	5.27 **	5.04 **
سولفات مس × ترکیبات آلی **copper sulfate × organic compounds**	3	213.26 **	7.91 **	0.81 *
خطا **Error**	16	26.44	0.27	0.20
ضریب تغییرات **C.V (٪)**	-	20.86	14.63	13.43

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

*, ** and ns: significant at the 5 and 1 percent probability level and non-significant respectively

جدول ۱۱- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات برش‌دهی اثر ترکیبات آلی خاک در سطوح مختلف سولفات مس برای میزان تجمع مس در ریشه، شاخساره و دانه لوبیاچیتی

Table 11. Sources of variance, degrees of freedom and mean square of slicing the effect of soil organic compounds at different levels of copper sulfate for copper accumulation in root, shoot and seed of pinto bean

سولفات مس (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) **Copper sulfate** **(mg per kg of dry weight of soil)**	درجه آزادی **df**	مس ریشه **Copper of root**	مس شاخساره **Copper of shoot**	مس دانه **Copper of seed**
0	3	256.54 **	9.19 **	1.43 **
50	3	870.46 **	1.22 *	0.17 n.s

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

*, ** and ns: significant at the 5 and 1 percent probability level and non-significant respectively

مقایسه میانگین‌ها نشان داد کـه در سـطح صـفر (بـدون سولفات مس)، بیشترین میزان انباشت فلز مس ریشه لوبیا بـه کاربرد خاک‌اره سپیدار با میـانگین ۲۸/۳۳میلـی‌گـرم مـس در کیلوگرم وزن خشک ریشه تعلق داشت که افـزایش بـه میـزان ۱۹/۲۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک ریشه نسبت به شاهد (خاک معمولی) نشان داد. اما مقدار این صفت در سـطح شاهد (خاک معمولی) با کـاربرد کمپوسـت و ورمـی‌کمپوسـت اختلاف معنی‌داری نداشت. در سطح ۵۰میلی‌گرم سولفات مس، بیشترین میزان غلظـت فلـز مـس ریشـه در کـاربرد خـاک‌اره سپیدار با میانگین ۵۲/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک ریشـه مشـاهده شـد کـه نسـبت بـه کـاربرد کمپوسـت (۴۰/۸۳میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک ریشه) اخـتلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این صـفت در سـطح شـاهد (خاک معمولی) با میانگین۱۲میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه مشاهده شد (جدول ۱۲).

هنگامی که غلظت مس در خاک کم باشـد، کمپوسـت و ورمی‌کمپوست با تثبیت و غیرفعال‌کردن مـس قابـل‌دسـترس، سبب کاهش جذب و انباشتگی فلز مس توسط گیاه مـی‌شـود، اما در غلظت‌هـای بـالای مـس در خـاک، افـزودن کمپوسـت، ورمی‌کمپوست و خاک‌اره سپیدار جهت تثبیت تمام مس قابـل دسترس کافی نخواهد بود. در پژوهش حاضر، کاربرد خـاک‌اره سپیدار منجر به انباشت بیشترین مقدار فلز مـس در ریشـه در

سطح‌های صفر و ۵۰ میلی‌گرم سولفات مس در کیلوگرم وزن خشک خاک شد. دیواره ثانویه چوب از نظر لیگنین ضعیف، ولی از نظر سلولز غنی است؛ به‌همین دلیل فلز مس در واکنش با مواد سلولزی مانند خاک‌اره انباشته می‌شود (Basso *et al*., 2002). همچنین میزان جذب این عنصر با کاربرد کمپوست بیشتر از ورمی‌کمپوست بود و جذب در این دو بیشتر از شاهد بود. همچنین در تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست، اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر جذب مس در ذرت مشاهده شد، ولی با افزایش ورمی‌کمپوست به ۵درصد این میزان کاهش یافت (Yaghtin *et al*., 2010). این مسئله احتمالاً به دلیل افزایش کمپلکس‌سازی مواد آلی با عناصر میکرو و در نتیجه کاهش دسترسی گیاه به آن‌ها می‌باشد. همچنین محققان گزارش نمودند کاربرد پنج درصد کمپوست، پیت و ورمی‌کمپوست جذب فلز مس را در ریشه گیاه سیب‌زمینی نسبت به شاهد افزایش داد (Angelova *et al*., 2010).

انباشتگی فلز مس در شاخساره

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات آلی خاک، سولفات مس و برهمکنش آن‌ها بر میزان انباشت فلز مس در شاخساره از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۰). نتایج برش‌دهی اثر ترکیبات آلی خاک بر میزان انباشت فلز مس در شاخساره در هر دو سطح صفر و ۵۰میلی‌گرم سولفات مس در کیلوگرم وزن خشک خاک در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۱۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطح صفر (بدون سولفات مس) میزان انباشت فلز مس در شاخساره لوبیا در سطح شاهد (خاک معمولی) افزایشی به ترتیب به میزان ۲/۷۷ و ۳/۸۵میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک شاخساره نسبت به کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست نشان داد. همچنین کمترین مقدار این صفت مربوط به کاربرد خاک‌اره سپیدار با میانگین ۱/۷۵میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک شاخساره بود که با کاربرد ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت. در سطح ۵۰میلی‌گرم سولفات مس، میزان انباشت فلز مس در شاخساره لوبیا در کاربرد خاک‌اره سپیدار نسبت به شاهد (خاک معمولی) افزایشی به میزان ۱/۲۵میلی‌گرم مس در کیلوگرم وزن خشک شاخساره نشان داد. همچنین میزان انباشت فلز مس در شاخساره لوبیا در کاربرد خاک‌اره سپیدار با کاربرد ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱۲).

هنگامی که غلظت مس در خاک کم باشد، ترکیبات آلی با تثبیت و غیرفعال‌کردن مس قابل‌دسترس، سبب کاهش جذب و انباشتگی فلز مس توسط گیاه می‌شود، اما در غلظت‌های بالای مس در خاک، افزودن کمپوست، ورمی‌کمپوست و خاک‌اره سپیدار جهت تثبیت تمام مس قابل دسترس کافی نخواهد بود. جذب فلز مس در شاخساره گیاه ذرت در کمپوست نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Carbonell *et al*., 2011). همچنین محققان گزارش نمودند کاربرد پنج درصد کمپوست، پیت و ورمی‌کمپوست جذب فلز مس را در ساقه و برگ سیب‌زمینی نسبت به شاهد افزایش داد و این افزایش در کمپوست بیشتر از پیت و ورمی‌کمپوست بود (Angelova *et al*., 2010). در مطالعه حاضر نیز نتایج مشابهی به دست آمد. همچنین نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت مس در بافت شاخساره در تمامی سطح‌ها به غیر از شاهد در محدوده میزان کافی آن در برگ‌ها (کمتر از ۵میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) بود.

انباشتگی فلز مس در دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات آلی خاک در سطح احتمال پنج درصد، سولفات مس در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش آن‌ها بر میزان انباشت فلز مس در دانه از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول۱۰). نتایج برش‌دهی اثر ترکیبات آلی خاک نشان داد که در سطح بدون سولفات مس میزان انباشت فلز مس در دانه در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود؛ اما در سطح ۵۰میلی‌گرم سولفات مس در کیلوگرم وزن خشک خاک اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۱۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطح صفر (بدون سولفات مس) میزان انباشت فلز مس دانه لوبیا در کاربرد کمپوست افزایش به میزان ۱میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک دانه نسبت به شاهد (خاک معمولی) نشان داد. همچنین کمترین مقدار این صفت در کاربرد خاک‌اره سپیدار با میانگین ۲/۱میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک دانه بود و با سطح شاهد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۱۲). اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر جذب مس در دانه ذرت مشاهده گردید، ولی با افزایش ورمی‌کمپوست از ۲/۵ به ۵درصد این میزان کاهش یافت. این مسئله احتمالاً به دلیل افزایش کمپلکس‌سازی مواد آلی با عناصر میکرو و در نتیجه کاهش دسترسی گیاه به آن‌ها می‌باشد (Yaghtin *et al*., 2010). این نتیجه در مطالعه حاضر با سطح شاهد همخوانی دارد.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر ترکیبات آلی خاک در سطوح مختلف سولفات مس برای انباشتگی مس ریشه، شاخساره و دانه لوبیاچیتی

Table 12. The mean comparison of the soil organic compositions effect in different copper sulfate for copper

accumulation in root, shoot and seed of pinto bean

سولفات مس (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک) Copper sulfate (mg per kg of dry weight of soil)	ترکیبات آلی خاک Soil organic compounds	مس ریشه Copper of root	مس شاخساره Copper of shoot	مس دانه Copper of seed
		(میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) (mg per kg of dry weight)		
0	خاک معمولی Normal soil	9.08 b	5.85 a	2.83 b
	کمپوست Compost	10.75 b	3.08 b	3.83 a
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	9.83 b	2.00 c	2.75 b
	خاک‌اره سپیدار Populus sawdust	28.33 a	1.75 c	2.16 b
50	خاک معمولی Normal soil	12.00 c	3.50 b	3.50 a
	کمپوست Compost	40.83 ab	3.50 b	3.83 a
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	33.83 b	4.41 ab	4.08 a
	خاک‌اره سپیدار Populus sawdust	52.50 a	4.75 a	3.83 a

در هر ستون و هر سطح از سولفات مس خاک میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون L.S.Means ندارند.

Means followed by the same letters in each column and soil copper sulfate level are not significantly different by L.S.Means test

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در بافت ریشه لوبیاچیتی به مراتب بیشتر از بافت‌های شاخساره و دانه بود که دلیل آن را می‌توان به پویایی کم فلزات سنگین نسبت داد. غلظت کادمیوم در شاخساره گیاه لوبیاچیتی کمتر از میزان سمی این فلز در برگ‌های گیاهان، اما بیشتر از میزان کافی آن در برگ‌ها بود. همچنین غلظت نیکل و مس نیز پایین‌تر از میزان سمیت آن‌ها در برگ‌ها و در محدوده کافی مقدار آن‌ها در برگ لوبیا بود. در مجموع با توجه به انباشت کم فلزات سنگین در دانه لوبیاچیتی و جذب زیاد توسط ریشه و شاخساره، این گیاه جهت کشت در مناطق آلوده مناسب و درصورت امکان خروج ریشه و شاخساره از زمین و رشد سریع گیاه جهت گیاه پالایی نیز مناسب است.

منابع

1. Angelova, V., Ivanova, R., Pevicharova, G., and Ivanov, K. 2010. Effect of organic amendments on heavy metals uptake by potato plants. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1-6 August 2010, Brisbane, Australia, 84-87.
2. Baker, A.J.M., and Brooks, R.R. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery, Academic Publishers 1: 81-126.
3. Basso, M.C., Cerrella, E.G., and Cukierman, A.L. 2002. Lignocellulosic materials as potential biosorbent of trace toxic metal from wastewater. Industrial Engineering Chemistry Research 41: 3580-3585.
4. Carbonell, G., Imperial, R.M.D., Torrigos, M., Delgado, M., and Rodriguez, J.A. 2011. Effect of municipal solid waste compost and mineral fertilizer amendments on soil properties and heavy metals distribution in maize plants (*Zea mays* L.). Chemosphere 85: 1614-1623.
5. Carrasquero Duran, A., Flores, I., Perozo, C., and Pernalete, Z. 2006. Immubilization of lead by a vermicompost and its effect on white bean (*Vigna sinenis* var. Apure) uptake. Environmentally Sciences Technology 3: 203-212.

6. Chang, A.C., Page, A.L., and Warneke, J.E. 1987. Long-term sludge application on cadmium and zinc accumulation in Swiss chard and radish. Environmental Quality 16: 217-221.
7. Chlopecka, A., and Adriano, D.C. 1997. Influence of zeolite, apatite and Fe-oxide on Cd and Pb uptake by crops. Science of the Total Environment 207: 195-206.
8. Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. Journal of Experimental Botany 53: 1-11.
9. Islam, E., Liu, D., Li, T., Yang, X., Jin, X., Mahmood, Q., Tian, S., and Li, J. 2008. Effect of Pb toxicity on leaf growth, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. Journal of Hazardous Materials 154: 914-926.
10. Jadia, C.D., and Fulekar, M.H. 2008. Phytoremediation: The application of vermicompost to remove zinc, cadmium, copper, nickel and lead by sunflower plant. Environmental Engineering and Management 7(5): 547-558.
11. Kafi, M., Borzooyi, A., Salehi, M., Masumi, A., and Nabati, J. 2009. Environmental Stress Physiology of Plants. SID of Mashhad. Press, 502 p. (In Persian).
12. Kayser, A., Wenger, K., Keller, A., Attinger, W., and Schulin, R. 2000. Enhancment of phytoextraction of Zn, Cd, and Cu from calcarieous soil: The use of NTA and sulfur amendments. Environmentally Sciences Technology 34: 1778-1783.
13. Khan, A.G. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 18: 355-364.
14. Lasat, M.M. 2003. Phytoextraction of metals from contaminated soil: A review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. Journal of Hazardous Substance Research 2: 1-25.
15. Lavando, R.S. 1998. Heavy metal in soil of Argentina: comparision between urban and agricultural soil commun. Communications in Soil Science and Plant Analysis 29: 1913-1917.
16. Mahendran, R.P. 2014. Phytoremediation-insights into plants as remedies. Malaya Journal of Biosciences 1(1): 37-41.
17. Mench, M.J., Didier, V.L., Loffler, M., Gomez, A., and Masson, P. 1994. A mimicked 1n-situremediation study of metal contaminated soils with emphasis on cadmium and lead. Environmental Quality 23: 58-63.
18. Mousavi, S.M., Bahmanyar, M.A., and Pirdashti, H. 2012. Nickel and chromium status in soil and rice under vermicompost treatment. Soil Management and Sustainable Production 1(1): 43-61. (In Persian with English Abstract Summary).
19. Mozaffari, A., Habibi, D., Maleki, A., and Babai, F. 2013. Evaluation ability of some crop species for remedation of heavy metal cadmium (Cd) in contaminated soils. Journal of Agronomy and Plant Breeding 3:1-14. (In Persian with English Summary).
20. Park, J.H., Lamb, D., Paneerselvam, P., Choppala, G., Bolan, N., and Chung, J.W. 2011. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils. Hazardous Materials 185: 549-574.
21. Raskin, I., Smith, R.D., and Salt, D.E. 1997. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. Current Opinion in Biotechnology 8: 221-226.
22. Vogel-Mikus, K., Drobne, D., and Regvar, M. 2005. Zn, Cd and Pb accumulation and arbuscular mycorrhizal colonisation of pennycres *Thlapi praecox* Wulf (Brassicaceae) from the vicinity of a lead mine and smelter in Slovenia. Environmental Pollution 133: 233-242.
23. Yaghtin, Sh., Moez Ardalan, M., Shorafa, M., and Alikhani, H.A. 2010. Effects of municipal waste compost and vermicompost on growth and nutrients uptake of corn. Journal Water and Soil 19(2): 35-43. (In Persian with English Summary).
24. Yandi, J., Zhenli, H.E., and Xiaoe, Y. 2007. Role of soil *rhizobacteria* in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. Zhejiang University Science Biological 8: 192-207.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 41-54

Effect of different growing substrates on heavy metals accumulation in Pinto bean (*Phaseolus vulgaris*)

Balouchi[1*], H., Amini[2], F., Movahhedi Dehnavi[1], M. & Attarzadeh[3], M.

1. Associated Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
2. MSc. Student of Agronomy, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
3. Ph.D. Student of Agronomy, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University

Received: 23 April 2016
Accepted: 13 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.55252

Introduction

Contamination of soils with heavy metals is often resulted from human activities and phytoremediation is an effective and economic strategy to remove toxic metals from soils. Heavy metals are significant environmental pollutants, and their toxicity is a problem of increasing significance for ecological, evolutionary, nutritional and environmental reasons. The term ‘‘heavy metals’’ refers to any metallic element that has a relatively high density greater than 4 g/cm^3, or 5 times or more, greater than water and is toxic or poisonous even at low concentration. However, chemical properties of the heavy metals are the most influencing factors compared to their density. Heavy metals include lead (Pb), cadmium (Cd), nickel (Ni), cobalt (Co), iron (Fe), zinc (Zn), chromium (Cr), iron (Fe), arsenic (As), silver (Ag) and the platinum group elements. Plants experience oxidative stress upon exposure to heavy metals that leads to cellular damage. In addition, plants accumulate metal ions that disturb cellular ionic homeostasis. To minimize the detrimental effects of heavy metal exposure and their accumulation, plants have evolved detoxification mechanisms. Such mechanisms are mainly based on chelation and subcellular compartmentalization. Chelation of heavy metals is a ubiquitous detoxification strategy described in wide variety of plants. The aim of this study was to investigate the effect of different compounds to reduce the toxicity and accumulation of heavy metals in the planting bed is pinto beans.

Materials & Methods

In order to evaluate the effects of different growing substrates on reducing toxicity and phytoremediation bean (cv. Sadri) under heavy metals, a greenhouse experiment was conducted as a factorial for four heavy metals ($Cd(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$, $Ni(NO_3)_2$ and $CuSO_4$) seperately, based on CRD design with three replications in Yasouj University, 2013. The first factor included of four levels of different growing substrates (control, compost, vermicompost and Populus sawdust) and the second factor included of two levels of heavy metals (heavy metals with 50 mg kg^{-1} soil concentration and control).

Results & Discussion

Analysis of variance showed that the effect of organic compounds and cadmium nitrate in the soil and their interactions on amounts of cadmium accumulation in roots, shoot and grain was statistically

*Corresponding Author: balouchi@yu.ac.ir

significant. Compost and vermicompost significantly increased cadmium. Vermicompost can be used to remove metals from contaminated soils used because it is linked with metals and increases nutrient uptake by providing. A cadmium concentration in shoot tissue was more than adequate at all levels of the leveas (0.2-0.05 mg/kg dry weight). Lead levels in the tissues of roots, shoots and seeds in all treatments were the detection limit. It seems that due to the low accumulation of lead in beans can be attributed to the low mobility of lead in soil and plant. Means comparison showed the highest accumulation of nickel in the root of the control (normal soil) with an average of 14.45 mg/kg dry weight of roots and the lowest value of this attribute in use of poplar sawdust with an average of 11.42 mg/kg root dry weight that using compost and vermicompost was not significantly different. Analysis of variance showed that the effect of organic compounds in soil, copper sulfate and their interactions on the amount of copper metal roots was significant. When the low copper concentration in soil, compost and vermicompost with the stabilization of copper available and disabling decrease copper absorption and accumulation by the plants, but the high concentration of copper in the soil, add compost, vermicompost and poplar sawdust will not be enough to stabilize all accessible copper. In this study, the use of poplar sawdust to accumulate the highest amount of copper in copper sulphate roots in levels zero and 50 mg per kg dry weight soil.

Conclusion

The results showed that the use of compost and vermicompost increased amounts of cadmium accumulation in shoot and root. On the other side, compost and Populus sawdust decreases the amount of nickel in the bean shoot and root. Also, the highest accumulation of copper in roots of beans was achived by application of the Populus sawdust and compost. Accumulation of heavy metals in roots far more than shoots and seeds. In general, the results of this study showed that due to low accumulation of heavy metals in the seed of bean and high absorption by the root and shoot, this plant is suitable for cultivation in contaminated areas and if possible leaving the roots and shoots is also appropriate for the purification.

Keywords: Cadmium Nitrate, Compost, Copper Sulphate, Nickel Nitrate, Phytoremediation, Populus sawdust

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۶۵-۵۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 55-65
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.51814

بررسی اثرات باکتری‌های ریزوبیوم (*Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli) بر عملکرد لوبیاچیتی تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه و مزرعه

اکبر همتی[1*]، محمد فیضیان[2]، هادی اسدی رحمانی[3] و خسرو عزیزی[4]

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۳- دانشیارموسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶

چکیده

جهت بررسی اثرات سویه‌های باکتری ریزوبیوم در عملکرد لوبیاچیتی در شرایط تنش خشکی، اقدام به اجرای آزمایش کرت‌های خُردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ به صورت گلدانی و در سال ۱۳۹۴ به صورت مزرعه‌ای گردید. در سطوح اصلی این آزمایش تیمارهای تنش خشکی شامل آبیاری بر اساس۳۰، ۶۰ و۸۰ درصد آب قابل استفاده خاک و در سطوح فرعی تیمارهای باکتری ریزوبیوم لگومینوزارم بیوار فازئولی شامل سویه‌های، ۵۴، ۵۸، ۱۶۰ و ۱۷۷ (جمع‌آوری‌شده از مزارع استان‌های زنجان و خراسان) قرار داشت. حجم آب مصرفی، کارآیی مصرف آب آبیاری، نیتروژن اندام هوایی، تعداد و وزن گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه گیاه، وزن خشک و تر بوته، عملکرد زیستی و عملکرد تولید دانه از جمله صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش بودند. نتایج نشان داد که اثرات تنش خشکی و باکتری ریزوبیوم در عملکرد تولید دانه و کارآیی مصرف آب در سطح ۵درصد معنی‌دار بودند. بیشترین مقدار عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب به ترتیب به میزان ۳۰۶۶کیلوگرم در هکتار و ۸۱۰گرم در مترمکعب آب با تلقیح بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزارم بیوار فازئولی سویهٔ ۱۶۰ و آبیاری بر مبنای۶۰درصد آب قابل استفاده به‌دست آمد. مصرف آب در این تیمار برابر ۳۷۹۸مترمکعب در طی فصل رشد بود که ۱۹درصد کمتر از تیمار شاهد (۸۰درصد آب قابل استفاده) بود. نتایج این آزمایش نشان داد در شرایط تنش خشکی، در صورت استفاده از باکتری ریزوبیوم، گیاه لوبیا قادر به تحمل تنش خشکی و حصول حداکثر عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ریزوبیوم، عملکرد، لوبیا

مقدمه

با توجه به حساسیت گیاه لوبیا به تنش خشکی، عملکرد و تثبیت نیتروژن در این گیاه در شرایط کمبود آب شدیداً تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در راستای کشاورزی پایدار، یکی از راهکارهای افزایش عملکرد در گیاهان بهره‌گیری از توان ریزموجودات زنده مانند باکتری‌های ریزوبیوم در شرایط کمبود آب است. در شرایط مناسب، مانند وجود سویه کارآمد باکتری ریزوبیوم و شرایط محیطی مطلوب، گیاه لوبیا توانایی تأمین ۷۰تا۸۰ درصد نیاز نیتروژنی خود را دارد (Zahran, 1991). در یک آزمایش مشاهده شد در صورت تلقیح بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم و مصرف ۵۰کیلوگرم کود اوره در هکتار حداکثر عملکرد در لوبیا به دست آمد (Hemmati & Asadi Rahmani, 2005). در یک آزمایش دیگر با تلقیح بذر لوبیا با یک کیلوگرم مایه تلقیح ریزوبیوم بدون استفاده از کود نیتروژن ۳۹۹۰کیلوگرم دانه در هکتار بر داشت شد، درحالی‌که در تیمار شاهد (عدم تلقیح) با مصرف ۶۰۰کیلوگرم کود اوره، عملکرد کمتر از این مقدار بود (Hemmati, 2010). گزارش شده است که در صورت تلقیح بذر با باکتری مناسب و فعال، علاوه برافزایش عملکرد، بیش از ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار تثبیت می‌گردد (Pirvali, 2007). باکتری همزیست ریزوبیوم علاوه برتثبیت نیتروژن، چون در فیزیولوژی و

[*]**نویسنده مسئول:** فارس، اقلید، ایستگاه تحقیقات کشاورزی
a.hemati@areeo.ac.ir

مورفولوژی ریشه گیاه تأثیرگذار است، موجب رشد و افزایش جذب عناصر غذایی می شود. اثرات تحریک‌کنندگی رشد باکتری‌ها، به دلیل تولید فیتوهورمون، محدودشدن رشد قارچ های پاتوژن، تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، سیدروفورها و یونوفورها می باشد (Kishor, 1991). به نظر می رسد این باکتری‌ها قادرند حتی در شرایط تنش خشکی نسبت به جذب عناصر غذایی اقدام نمایند. متقابلاً عناصر غذایی نیز در تثبیت نیتروژن و کارآیی باکتری مؤثرند(Sahrawat & Rao, 1988). علاوه بر عناصر غذایی، تنش آبی در تثبیت نیتروژن مؤثر می‌باشد. چگونگی این تأثیر متفاوت است. گزارش شده است که میزان نیتروژن اندازه‌گیری‌شده به روش احیای استیلن، در تثبیت نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی خاک ۲۶درصد کاهش یافته است. گرچه میزان این تأثیر به مرحله رشد گیاه بستگی دارد، ولی درهرحال، کمبود رطوبت خاک در تشکیل، رشد و فعالیت گره تأثیر انکارناپذیری دارد (Zahran, 1991). محققان در یک آزمایش ملاحظه نمودند که با کاهش آب خاک، از تعداد و وزن گره‌ها کاسته می‌شود، درحالی‌که وزن خشک گیاه تغییری نمی‌کند. همچنین آنها مشاهده نمودند با کاهش آب خاک، فعالیت آنزیم نیتروژناز، پتانسیل آب برگ، مقدارپروتئین و نشاسته و مقدار لگ‌هموگلوبین و فعالیت سایر آنزیم‌های مهم در ساخت کربن در گیاه کاهش می‌یابد (Ramos *et al*., 1999). همچنین گزارش شده است که تغییرات ژنتیکی و فیزیولوژیکی ایجادشده در گره ناشی از تنش خشکی عامل کاهش تثبیت نیتروژن و عملکرد است، لذا باید در روش‌های بهنژادی و انتخاب، با بهره‌گیری از این تغییرات نسبت به معرفی سویه‌های مقاوم به خشکی اقدام نمود (Seraj *et al*., 1999). در یک آزمایش، ۷۲۰۰گره تثبیت‌کننده نیتروژن در لوبیا مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که ژن*TPS* نسبت به ژن‌های وحشی موجود درگره‌ها باعث افزایش بیشتر مقاومت به تنش خشکی می‌شود. در همین آزمایش ملاحظه شد که لوبیای تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم گونه لگومینوزاروم فازئولی، افزایش ۵۰درصدی عملکرد در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد داشته است (Suarez *et al*., 2008).

در یک آزمایش دیگر مشاهده شد از ۱۰سویه ریزوبیوم که تحت تنش‌های خشکی ۰/۰۳-، ۱- و ۱/۵- میلی‌پاسکال آب قابل‌استفاده قرار گرفته‌اند، پنج سویه باکتری ۳۵روز تنش را تحمل نموده و دو سویه دارای جمعیتی به مقدار ۱۰۷ریزوبیوم در هر گرم خاک بودند که توصیه شد از آن‌ها برای تلقیح عدس در مناطق خشک استفاده شود (Athar, 2002).

به منظور تعیین اثرات باکتری‌های ریزوبیوم در عملکرد لوبیا در شرایط متفاوت تنش خشکی، در این آزمایش اثرات چهار سویه باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم فازئولی در عملکرد و کارآیی نسبی مصرف آب در گیاه لوبیا در سال اول در گلخانه و در سال دوم در مزرعه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه و انتخاب سویه برتر باکتری ریزوبیوم از نظر مقاومت به خشکی و بررسی عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در گیاه لوبیا، آزمایشی به صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. این آزمایش در سال اول در گلخانه و در سال دوم در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس اجرا شد. در کرت‌های اصلی رژیم‌های رطوبتی خاک شامل ۳۰، ۶۰ و ۸۰درصد آب قابل‌استفاده خاک (AW) قرار داشت و در کرت های فرعی تیمارهای کود زیستی شامل R-160، R-58، R-54 و R-177 بود. این سویه‌های باکتری که همگی از گونه لگومینوزاروم بیوار فازئولی می‌باشند، از مزارع استان‌های زنجان و خراسان جداسازی و شناسایی شدند که در آزمایش های تعیین کارآیی همزیستی و سازگاری توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب به عنوان سویه‌های برتر در لوبیا شناخته شده‌اند.

طرح آماری در هر دو آزمایش گلخانه و مزرعه یکی بود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از قبیل بافت، رطوبت در نقطه پژمردگی (PWP) و ظرفیت زراعی (FC)، اسیدیته، شوری، آهک و عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و بور) قبل از کشت اندازه‌گیری گردید. لذا کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب در هر تیمار مصرف شد. سپس در هر گلدان پنج عدد بذر لوبیاچیتی تلقیح‌شده با باکتری ریزوبیوم قرار داده شد.

به منظور تلقیح بذر با باکتری‌ها، ابتدا بذور جهت ضدعفونی به مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلراید سدیم ۲درصد قرار داده شدند و سپس پنج مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. به منظور چسبندگی بیشتر، قبل از تلقیح، بذور با محلول آب و شکر آغشته شده و آن‌گاه بذور هر تیمار با مایه تلقیح باکتری مربوطه به میزان دوکیلوگرم مایه تلقیح به ازای ۲۰۰کیلوگرم بذر در هکتار پوشانده شد. سپس به مدت دو ساعت در سایه نگهداری و بلافاصله اقدام به کشت در گلدان گردید. هر تیمار شامل دو گلدان ۸کیلوگرمی با سه تکرار بود.

به منظور استقرار گیاه، آبیاری تا حد ظرفیت زراعی طی دو مرحله بدون اعمال تیمارهای تنش خشکی انجام شد. البته حجم آب مصرفی در هر تیمار اندازه‌گیری گردید. آبیاری سوم به بعد، با توزین روزانه وزن هر گلدان انجام شد. جهت محاسبه حجم آب هر تیمار ابتدا وزن گلدان در رطوبت مزرعه‌ای به روش گلدانی تعیین گردید. برای این منظور ابتدا یک گلدان اشباع شد و سپس با توزین هر دو ساعت یک بار وزن گلدان زمانی که شیب کاهش وزن ثابت گردید، وزن موردنظر به عنوان وزن گلدان در رطوبت ظرفیت زراعی ملاک محاسبه حجم آب آبیاری قرار گرفت. رطوبت در نقطه پژمردگی خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. با داشتن FC و PWP به ترتیب برابر ۲۸/۴ و ۱۸درصد، حجم آب قابل‌استفاده (AW) نیز مشخص گردید. وزن گلدان در تیمارهای تنش خشکی بر اساس دامنه‌های آب قابل‌استفاده تعیین شد. اکنون با توزین روزانه وزن هر گلدان به محض رسیدن وزن گلدان به دامنه موردنظر، تیمار تنش خشکی نسبت به آبیاری تا رسیدن به ظرفیت زراعی اقدام و حجم آب مصرفی یادداشت‌برداری گردید. بعد از استقراریافتن گیاه، تعداد دو بوته نگه داشته و مابقی حذف شدند. در مرحله ۵۰درصد گلدهی، با طوقه برنمودن گیاه، ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی و مقدار نیتروژن گیاه در گلدان اول اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت نیز در گلدان دوم، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، حجم آب مصرفی و درصد نیتروژن در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد.

در سال دوم با همان طرح آماری سال اول، آزمایش در مزرعه اجرا شد. لذا آزمایش دارای ۱۲تیمار و سه تکرار بود. طول هر کرت ۱۰متر و عرض آن با درنظرگرفتن چهار ردیف کشت و یک خط نکاشت، دو متر بود. قبل از اجرا، نمونه مرکب خاک تهیه و درآزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذکرشده در قسمت قبلی اندازه‌گیری شد. لذا کودهای مورد لزوم بر اساس آزمون خاک قبل از کشت مصرف گردید. بذر لوبیاچیتی رقم صدری با باکتری ریزوبیوم همانند روش گلخانه که شرح آن گذشت، تلقیح شد و در عمق ۵-۳ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. به منظور استقرار گیاه، آبیاری مزرعه تا حد ظرفیت زراعی طی دو مرتبه انجام شد. با نصب کنتور حجمی میزان آب مصرفی اندازه‌گیری گردید.

به منظور تعیین حجم آب مصرفی هر تیمار در مراحل بعدی، پس از استقراریافتن گیاه، با اندازه‌گیری FC به روش مزرعه‌ای برابر ۲۷/۵درصد و وزن مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۶گرم بر سانتی‌مترمکعب، با اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک و تبدیل آن به رطوبت حجمی، حجم آب مورد نیاز هر تیمار بر اساس رسانیدن عمق توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی به شرح زیر محاسبه و اعمال گردید:

رطوبت وزنی خاک-رطوبت خاک در ظرفیت زراعی= کمبود رطوبت خاک

= عمق خالص آبیاری(میلی‌متر)

۱۰۰۰×عمق ریشه(میلی‌متر)× وزن مخصوص ظاهری×کمبود رطوبت خاک

عرض کرت× عمق خالص آبیاری=عمق آب آبیاری(مترمربع/مترمکعب)

زمان آبیاری نیز با اندازه‌گیری روزانه رطوبت وزنی تیمارهای تنش خشکی و داشتن رطوبت نقطه پژمردگی برابر ۱۸درصد، مقدار آب قابل‌دسترس (AW) هر تیمار کنترل و به محض رسیدن رطوبت خاک به تیمارهای موردنظر (۳۰-۲۵، ۶۰-۵۵ و ۸۰-۷۵درصد آب قابل‌استفاده) مقدار آب آبیاری به شرح فوق محاسبه و اعمال گردید. در مرحله داشت، سایر عملیات زراعی از قبیل مبارزه با آفات و علف‌های‌هرز طبق عرف محل انجام شد. در زمان گلدهی از هر کرت یک بوته انتخاب و تعداد و وزن غده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه، وزن خشک و تر و مقدار نیتروژن در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت نیز عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن۱۰۰دانه اندازه‌گیری شد. از روی حجم آب مصرفی و عملکرد تولید دانه، کارآیی مصرف آب (WUE) تعیین گردید. داده‌های آزمایش در پایان هر سال بر اساس برنامه آماری Mstat-C تجزیه واریانس شد و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند. سرانجام در سال دوم صرفاً صفاتی که بر اساس آزمون فیشر(Ft) همگن بودند، تجزیه واریانس مرکب شد و نهایتاً تیمار برتر مشخص گردید.

نتایج و بحث

مشخصات خاک محل آزمایش (جدول ۱) نشان داد بافت خاک لوم و دارای آهک است. خاک غیرشور بوده و مواد آلی آن کمتر از یک درصد بود. از نظر اسیدیته در محدوده خنثی و کمی قلیایی قرار داشت. میزان فسفر آن کمتر از حد مطلوب و مقدار پتاسیم بیشتر از حد بحرانی برای گیاه لوبیا بود. حد بحرانی فسفر و پتاسیم برای گیاه لوبیا به ترتیب برابر ۱۵ و۱۵۰میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (Anderson, 1997; Ferenzen & Morgan, 1995). جهت تعیین حد بحرانی باید آزمون خاک در شرایط هر منطقه انجام شود تا بتوان آن را مبنای توصیه کودی قرار داد. گزارش شده است که با درنظرگرفتن حد بحرانی ۱۳میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر در خاک، بیش از۷۰درصد خاک‌های تحت‌کشت لوبیا در استان مرکزی با کمبود فسفر مواجه می‌باشند (Khodshenas & Dadivar, 2007). جمعیت باکتری ریزوبیوم همزیست لوبیا در نمونه خاک محل آزمایش به روش MPN plant infection test برابر ۷۴۰باکتری در یک گرم خاک بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک قبل از آزمایش
Table 1. Physical and chemical characteristics of soil before the experiment

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	اسیدیته گل اشباع PH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس‌برمتر) $EC(dSm^{-1})$	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V (%)	پتاسیم قابل‌جذب (واحد در میلیون) Potassium (PPM)	فسفر قابل‌جذب (واحد در میلیون) Phosphorus (PPM)	بافت خاک Soil texture
0-30	7.7	0.8	0.53	34	225	5	لوم Loam

عملکرد تولید دانه در آزمایش مزرعه‌ای

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات تیمارهای خشکی و باکتری‌های ریزوبیوم در عملکرد دانه در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. گرچه در بین تیمارهای ۶۰درصد و۸۰درصد آب قابل‌استفاده تفاوت معنی‌دار در عملکرد وجود نداشت، ولی مقایسه میانگین عملکردها نشان داد بیشترین مقدار عملکرد دانه به میزان ۳۰۶۶کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری ۶۰درصد آب قابل‌استفاده و تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم سویه ۱۶۰ به‌دست آمد (جدول۲).

از آنجا که بقولات در دامنه‌های وسیع رطوبتی خاک قادر به تثبیت نیتروژن می‌باشند، می‌توان سویه‌هایی با دامنه‌های حساسیت متنوع انتخاب و مصرف نمود. چراکه حساسیت به تنش رطوبتی از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است (Venkateswarlu *et al*., 1999). وجود توده‌های ریزوبیوم در خاک‌های صحرایی و تشکیل غده‌های مؤثر در این اراضی مبین توانایی کارکرد این باکتری‌ها در خاک‌های با رطوبت کم می‌باشد (Jenkins *et al*., 1999).

گزارش شده است که تلقیح لوبیا بانوعی باکتری ریزوبیوم باعث افزایش۵۰درصدی عملکرد در شرایط تنش آبی نسبت به شاهد شده است (Suarez *et al*., 2008). احتمالاً باکتری شرایط جذب بهتر عناصر غذایی را در ریزوسفر فراهم می نماید، لذا عملکرد گیاه کمتر تحت‌تأثیر تنش آبی قرار می گیرد. علاوه بر باکتری، گونه گیاه نیز در تحمل تنش آبی حائز اهمیت می‌باشد. اصولاً بقولاتی که به تنش آبی مقاومت زیادی دارند، در درون سلول‌های خود یک‌سری تنظیمات اسمزی ایجاد می‌نمایند. این تنظیمات در تغییر فشار سلولی و تجمع املاح فعال اسمزی در سلول خلاصه می‌شود. یکی از این املاح پرولین می‌باشد که در لوبیا مشاهده شده است که بین تجمع پرولین و مقاومت به تنش رطوبی ارتباط نزدیکی وجود دارد (Kapuya *et al*., 1985).

عملکرد زیستی در آزمایش مزرعه‌ای

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد تیمارهای آبیاری و باکتری و اثرات متقابل آن‌ها در سطح پنج‌درصد در عملکرد زیستی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد مصرف آب آبیاری در حد۶۰درصد آب قابل‌استفاده و سویه باکتری ۱۶۰، منجر به حصول حداکثر عملکرد زیستی (۶۸۸۲کیلوگرم در هکتار) شده است (جدول۲). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، بیشترین عملکرد زیستی در تیمار تنش متوسط آبیاری (۶۰درصد آب قابل‌استفاده) به‌دست آمد، نه در تیمار آبیاری مطلوب (۸۰درصد آب قابل‌استفاده). گرچه آزمایشات نشان داده است که بیشترین مقدار عملکرد زیستی با آبیاری مطلوب حاصل می‌گردد (Amiri *et al*., 2015 & Ganjeali *et al*., 2011)، درعین‌حال باید به این نکته توجه نمود در شرایط غیرتنش خشکی با طولانی‌شدن دوره رشد، برگ‌های گیاه لوبیا خصوصاً برگ‌های پایینی به علت پیری، ریزش نموده و سبب کاهش وزن اندام هوایی گیاه و به تبع آن عملکرد زیستی می‌گردد. موضوع کاهش وزن خشک اندام هوایی به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها گزارش شده است (Bhatt & Srinivasa Rao, 2005). در صورت استفاده از باکتری‌های زیستی مانند ریزوبیوم در شرایط تنش خشکی، به واسطه جذب بیشتر آب و عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه، تا حدودی مانع کاهش شدید وزن اندام هوایی و عملکرد زیستی می‌شود.

حجم آب مصرفی و کارآیی مصرف آب آبیاری

نتایج نشان داد اثر آبیاری در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود، ولی اثر باکتری معنی‌دار نبود. اثر متقابل این دو تیمار نیز معنی‌دار نشد. بیشترین حجم آب آبیاری در طی فصل رشد برابر ۴۵۲۳مترمکعب در هکتاردر تیمار۸۰درصد آب قابل استفاده و کمترین حجم آب آبیاری به میزان ۳۲۸۸مترمکعب در هکتار در تیمار۳۰درصد آب قابل‌استفاده مصرف شد. متوسط مصرف آب در تیمار۶۰درصد آب قابل‌استفاده برابر ۳۷۹۸مترمکعب بود که ۱۹درصد کمتر از تیمار۸۰درصد آب قابل‌استفاده بود (جدول۲).

اثرات تیمارها در کارآیی مصرف آب در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. بیشترین کارآیی مصرف آب به میزان ۰/۸۱کیلوگرم در مترمکعب در تیمار آبیاری ۶۰درصد آب قابل

استفاده و سویه باکتری ۱۶۰ به‌دست آمد (جدول۲). کارآیی مصرف آب در تیمارهای تنش خشکی برابر ۰/۶۴، ۰/۷۸ و ۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب آب آبیاری به‌ترتیب در تیمارهای ۳۰درصد، ۶۰درصد و ۸۰درصد آب قابل‌استفاده بود.

جدول۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده بر اساس آزمون دانکن درشرایط مزرعه‌ای

Table 2. Comparison of mean of measured qualities with Dancan test under field conditions

کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب) WUE ($kg.m^{-3}$)	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) Water irrigation ($m3.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی (کیلوگرم درهکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	تیمار ها Treatments
0.52 c	3288 c	4495 c	1733 c	باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium54**
0.66 b	3288 c	4991 c	2177 bc	باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium160**
0.77 ab	3288 c	5890 b	2551 ab	باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium177**
0.61 b	3288 c	4961 c	1996 c	باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 30% & Rhizobium58**
0.77 ab	3794 b	6603 ab	2908 a	باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۶۰دصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium54**
0.81 a	3794 b	6882 a	3066 a	باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium160**
0.79 ab	3794 b	6594 ab	2991 a	باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium177**
0.76 ab	3794 b	6728 ab	2895 a	باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 60% & Rhizobium 58**
0.61 b	4523 a	5983 b	2743 a	باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium177**
0.65 b	4523 a	6495 ab	2968 a	باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium54**
0.59 c	4523 a	5921 b	2700 a	باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium160**
0.61 c	4523 a	6138 ab	2759 a	باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده **Irrigation at available water 80% & Rhizobium58**

* اعدادی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح آماری درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The number with the same character are non significant at %5.

با توجه به نتایج عملکرد تولید دانه و کارآیی مصرف آب که در این آزمایش به‌دست آمد (جدول ۲) ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در تیمار تنش متوسط خشکی (۶۰درصدAW) حاصل شد که این موضوع کارآیی مفید باکتری‌های ریزوبیوم را در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در صورت استفاده از باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ یا سویه۱۶۰، گیاه لوبیا بدون افت عملکرد توانایی تحمل تنش خشکی تا ۶۰درصد آب قابل‌استفاده را دارد. بیشترین عملکرد دانه در این آزمایش به میزان ۳۰۶۶کیلوگرم در هکتار در تیمار تنش خشکی۴۰درصدی و سویه باکتری ۱۶۰ به‌دست آمد. این میزان عملکرد در تیماری به‌دست آمد که ۱۹درصد آب کمتری نسبت به تیمار عدم تنش (۸۰درصدAW) مصرف شد. این مقدار تنش تقریباً معادل دور آبیاری هفتگی در لوبیا است. در شرایط طبیعی دور آبیاری لوبیا در منطقه ۴ تا ۵روز می‌باشد. در همین راستا گزارش شده است که تلقیح ترکیبی از کودهای زیستی نسبت به عدم تلقیح آن‌ها منجر به افزایش عملکرد۵۰درصدی نخود در شرایط آبیاری و ۷۵درصدی در شرایط تنش خشکی شده است (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014). احتمالاً باکتری‌های ریزوبیومی با افزایش تثبیت زیستی نیتروژن موجب گسترش شبکه ریشه‌ای گیاه و به‌دنبال آن جذب بیشتر آب و عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی متوسط شده‌اند که این امر از افت عملکرد ناشی از تنش خشکی جلوگیری می‌نماید (Sabaghpour *et al.*, 2006; Marcia *et al.*, 2008). افزایش وزن۱۰۰دانه در تیمار تنش خشکی متوسط (۶۰درصدAW) عامل مهم دیگر افزایش

عملکرد دانه و به تبع آن افزایش کارآیی مصرف آب در این تیمار بود (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014).

وزن۱۰۰دانه

وزن۱۰۰دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد بوده و تأثیر به سزایی در عملکرد دارد. بر اساس تجزیه واریانس مرکب داده های آزمایش مشاهده گردید که اثرات اصلی در سطح یک درصد و اثرات متقابل و اثر سال در سطح پنج درصد بر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار بودند (جدول۳). در این آزمایش مشاهده شد باکتری و تنش خشکی بر روی وزن۱۰۰دانه تأثیر معنی داری دارند، به‌طوری‌که در دو سال آزمایش بیشترین وزن۱۰۰دانه به میزان ۴۴گرم در تیمار آبیاری۶۰درصد آب قابل‌استفاده و سویه باکتری۱۶۰ به‌دست آمد (جدول۴). گزارش‌های متعددی مبنی بر افزایش وزن۱۰۰دانه لوبیا توسط باکتری ریزوبیوم ارائه شده است (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014; Hemmati, 2013; Taherkhani *et al*., 2007; Dadivar *et al*., 2007).

وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه

تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش (جداول ۳ و ۴) نشان داد که اثر تیمار آبیاری در وزن خشک و تر گیاه در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود در حالی که اثر تیمار باکتری در وزن خشک و تر معنی‌دار نبود. اثرات متقابل نیز فقط در وزن تر در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. اثر سال نیز در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود.

در وزن تر، گرچه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، ولی مقایسه میانگین ها در آزمون دانکن نشان داد همان تیمارهایی که بیشترین وزن خشک را ایجاد نموده بودند، بیشترین وزن تر را نیز داشتند، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک و تر بوته به ترتیب به میزان ۱۴ و ۷۳گرم، در تیمار آبیاری۳۰درصد آب قابل‌استفاده و ریزوبیوم سویه۱۷۷ به‌دست آمد (جدول۴). بیشتربودن وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش خشکی ممکن است به رشد بیشتر ریشه ها مربوط باشد. توسعه بیشتر ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی به جذب بیشتر آب و مواد غذایی و افزایش رشد در شرایط تنش کمک می‌کند (Rahbarian *et al*., 2011). علاوه بر این، استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم در شرایط تنش خشکی با تثبیت نیتروژن و افزایش جذب مواد غذایی مانند فسفر و پتاسیم موجب رشد بیشتر گیاه شده و مانع کاهش شدید وزن خشک گیاه می‌شوند. گزارش شده استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم به صورت انفرادی یا ترکیبی در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد وزن خشک بیشتری در لوبیا تولید کرده اند (Khaleghnezhad &Jabbari, 2014).

جدول۳- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری‌شده در آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای

Table 3. Combined analysis of variance for measured characteristics in field and green house experiments

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS: حجم آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) Water irrigation ($m^3.ha^{-1}$)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100Seed weight(g)	درصد نیتروژن Nitrogen (%)	وزن تر گیاه (گرم در بوته) Plant wet weight ($gplant^{-1}$)	وزن خشک گیاه (گرم در بوته) Plant dry weight ($gplant^{-1}$)	وزن گره درریشه (گرم در بوته) Nodule weight ($gplant^{-1}$)
Replication تکرار	2	15792ns	4.64ns	0.13ns	23.3ns	6.8ns	0.24*
Irrigation آبیاری	2	46195**	12.33ns	0.20ns	2.65*	26.72*	0.37*
Error خطا	4	13599	9.02	0.39	11.77	9.12	0.03
Bacteria باکتری	3	31584ns	2.76ns	0.20*	12.20ns	13.28ns	0.01ns
آبیاری×باکتری Irri.×Bac.	6	23914ns	0.96ns	0.12ns	2.37*	15.31*	0.02ns
Error خطا	18	25128	4.5	0.06	5.48	15.21	0.01
ضریب تغییرات C.V.%		7.5	5.0	9.8	24.4	28	26

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

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

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده با آزمون دانکن

Table 5. Mean comparison of measured qualities with Dancan test

تیمارها Treatments	وزن غده در گیاه (گرم) Nodule weight(g)	تعداد غده در گیاه Nodule no. per Plant	وزن صد دانه(گرم) 100-seed weight(g)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	وزن تر گیاه (گرم) Plant wet weight(g)	وزن خشک گیاه (گرم) Plant dry weight(g)
باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium54	0.1223b	2ef	40abcd	3.15ab	62a	12ab
باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium160	0.1000b	1ef	42abc	3.35ab	63a	11b
باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium177	0.1693b	9d	37cde	2.85b	73a	14a
باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۳۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 30% & Rhizobium58	0.1178b	3ef	39bcd	2.85b	62a	12ab
باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۶۰دصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium54	b 0.1777	25bc	35e	2.98b	49a	9bc
باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium160	0.1893b	35b	44a	3.69a	47a	9bc
باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium177	0.2397ab	16cd	43ab	3.36ab	51a	10b
باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۶۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 60% & Rhizobium 58	0.2083ab	13cd	41abc	3.11ab	72a	13ab
باکتری ریزوبیوم سویه۱۷۷ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium177	0.4583a	63a	39bcd	3.25ab	44a	9bc
باکتری ریزوبیوم سویه۵۴ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium54	0.3357ab	33b	38dc	3.25ab	50a	9bc
باکتری ریزوبیوم سویه۱۶۰ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium160	0.2090ab	19bcd	43ab	3.45ab	50a	9bc
باکتری ریزوبیوم سویه۵۸ و آبیاری در۸۰درصد آب قابل‌استفاده Irrigation at available water 80% & Rhizobium58	0.2640ab	34b	39bvd	2.99b	66a	12ab

* اعدادی که دارای حروف یکسان می‌باشند، در سطح آماری ۵درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*The number with same character are non significant at %5.

نیتروژن گیاه

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش (جدول ۳) نشـان داد اثـر باکتری و اثر متقابل باکتری و تنش آبـی در نیتـروژن گیـاه در سطح پنج‌درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود و اثر سال در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد. اثر سایر صفات نیـز معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن نشـان داد که بیشترین مقدار نیتروژن با تلقیح بـاکتری سـویه ۱۶۰ و مصـرف آب در ۶۰درصـد آب قابـل‌اسـتفاده خـاک بـه میـزان ۳/۶۹درصد به‌دست آمد (جدول۴). افزایش نیتـروژن گیـاه بـه واسطه افزایش تثبیت زیستی این عنصر توسـط بـاکتری‌هـای ریزوبیوم می‌باشد.

وزن و تعداد گره در ریشه

تجزیه واریانس آزمایش (جـدول۳) نشـان داد کـه تیمـار آبیاری در وزن گره در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، ولـی در تعداد گره معنی‌دار نبود. در همین حال، تیمار باکتری در تعداد گره در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که در وزن گـره معنی‌دار نبود. بـا افـزایش آب مصـرفی، تعـداد و وزن گـره‌هـا افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد گره (۶۳ عدد) و وزن گره (۰/۴۵۸گرم) در بوته، در تیمار آبیاری۸۰درصـد آب قابـل استفاده و سویه باکتری۱۷۷ به‌دست آمد (جدول۴). ازآنجاکـه رطوبت کافی یکی از شرایط لازم برای تولید گره توسط باکتری های ریزوبیومی اسـت، در ایـن آزمـایش مشـاهده شـد کـه بـا افزایش رطوبت خاک، وزن گـره‌هـای تثبیـت‌کننـده نیتـروژن، بیشـــتر شـــد و در بـــین بـــاکتری‌هـــای ریزوبیـــوم، سویهR-177 بیشترین تعداد و وزن گره را در ریشه ایجاد نمود. این نتـاج بـا برخـی گـزارش‌هـا (Elsheik & Hadi, 1999; Stajkovic *et al*., 2011; Valverd *et al*., 2006) منطبق می‌باشد.

منابع

1. Amiri, S.R., Parsa, M., Banaeeyan Avval, M., Nasiri Mahalati, M., and Dihim Fard, R. 2015. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of cgickpea (*Cicer arietinum* L.) under Mashhad climatic condition. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 66-77. (In Persian with English Summary).
2. Anderson, F.N. 1997. Fertilizing Edible Dry Beans. Nebguide. G86-13. Agriculture University of Nebreska-Lincoln. 5P.
3. Athar, M. 2002. Drought tolerance by lentil rhizobia from arid and semi arid areas of Pakestan. Letters in Applied Microbiology 26: 38-42.
4. Batt, R.M., and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiolog 10: 54-59.
5. Dadivar, M., Khodshenas, and Ghadiri, A. 2007. Effect of *Rhizobium* strains on yield and components yield of red bean. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran p. 44. (In Persian).
6. Elsheik, E.A.E., and Hadi, E.A. 1999. Effect of *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea cultivars in marginal soils under irrigation. Nutrient Cycling in Agroecosystems 54: 57-63.
7. Franzen, D.W., and Morgan, J. 1995. Fertilizing Pinto, Navy and other Dry Edible Bean. North Dakota State University. UDSU. Extension Service.
8. Ganjeali, A., Joveyanipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Nishabur region. Iranian Journal Pulses Research 2:27-38 .(In Persian with English Summary).
9. Hemmati, A. 2012. Management of chemical fertilizers application in pulse (Bean). Esfahan Nosouh Puplication 192 p. (In Persian).
10. Hemmati, A. 2010. Effect of *Rhizobium* Biologic Fertilizers in Nitrogen Fertilizers Management and Yield of Commom Bean. Final Report of Project, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Fars Province 15 P. (In Persian with English Summary).
11. Hemmati, A., and Asadi Rahmani, H. 2005. Study the effects of inoculation *Rhizobium* strains and the use of nitrogen in yield and protein of common bean. The 1st National Pulse Crops Symposium of Iran, Mashhad p. 112. (In Persian).
12. Jenkins, M.B., Virginia, R.A., and Jarrel, W.M. 1999. Ecology of fast-growing and slow-growing mesquite-nodulating rhizobia in Chihuahua and Sonoran desert ecosystems. Soil Science Society of American Journal 53: 543-549.
13. Kapuya, J.A., Barendse, G.W.M, and Linskens, H.F. 1985. Water stress tolerance and proline accumulation in *Phaseolus vulgaris*. Acta Botanic Neerl 34: 295-300.
14. Khaleghnezhad, V., and Jabbari, F. 2014. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed indices and photoassimilate partitioning under rainfed and irrigated conditions. Iranian Journal of Pulse Research 5(1): 45-56. (In Persian with English Summary).
15. Khodshenas, M.A., and Dadivar, M. 2007. Study the phosphorus condition of soils under bean culture in Markazi province. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran p. 39. (In Persian).
16. Kishor, K. 1991. Effect of iron and molybdenum nutrients on nodulation, symbiotic N_2 fixation and grain yield of Urd bean. Journal of Agricultural Research 6(1): 186-193.
17. Marcia, V.B., Helio, A.B., Cosme, R.M., and Christopher, P. 2008. Alleviation of drough stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium troici*. Applied Soil Ecology 40: 182-188.

18. Pirvali Biranvand, N. 2007. Study the N_2 fixation efficiency of *Rhizobium* strains on two lines of bean with N15 isotopic dilution. The 10th Congress of Soil Science of Iran, Karaj, Iran, 22 p. (In Persian with English Summary).
19. Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R.A., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., and Najafi, F.2011. Drought stress effects on photosynthesis chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. ACTA Biological Cracoviensia Series Botanicca 53: 47-56.
20. Ramos, M.L.G., Gordon, A.J., Minchin, F.R., Sprent, J.I., and Parsons, R. 1999. Effects of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of Botany 83(1): 57-63.
21. Sabaghpour, H., Mahmoudi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malthora, R.S. 2006. Study n chickpea (*Cicer arietinum* L.) drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Scinces 1: 70-73.
22. Sahrawat, K.L., and Rao, B.S. 1988. Macro and micronutrient uptake by nodulating and non- nodulating peanut liens. Plant and Soil 109: 291-293.
23. Serraj, R., Sinclair, T., and Purcell, L. 1999. Review article: Symbiotic N_2 fixation response to drought. Journal of Experimental Botany 50(331): 143-155.
24. Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N., and Kenezevic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growth promoting bacteria. Romanian Bio Technological Letters 16(1): 5919-5926.
25. Suarez, R., Wong, A., Ramirez, M., Barraza, A., Orozco, M., Cevallos, M., Lara, M., Hernandez, G., and Iturriaga, G. 2008. Improvement of drought tolerance and grain yield in common bean by over expressing trehalose-6-phosphate synthase in rhizobia. Molecular Plant Microb Interactions 21: 958-966.
26. Taherkhani, M., Nourmohammadi, G., Mirhadi, M.J., and Alimohamadi, R. 2007. Study the effect of three industrial inoculation on yield of bean varieties in Khoramdareh area of Zanjan, Iran. The 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, p. 79. (In Persian).
27. Valverd, A., Burgos, A., Fiscella, T., Rivas, R., Vela, E., Rodri, C., Emilio, A., Cervantes, B., Chamber, M., and Mariano, J. 2006. Differential effects of co-inoculations with *Psseudomonas jesseni* PS06 (a phosphate-solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium cicer* C-2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. Journal Plant and Soil 287(2): 43-50.
28. Venkateswarlu, B., Maheswari, M., and Karan, N.S. 1999. Effects of water deficits on N_2 (C_2H_2) fixation in cowpea and groundnut. Plant and Soil 114: 69-74.
29. Zahran, H.H. 1999. *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under sever condition and in an arid climate. Microbiology and Molecular Biology Reviews 63(4): 968-989.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 55-65

The effects of rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarom* biovar phaseoli) on yield of common bean in greenhouse and field experiments under drought stress condition

Hemmati[1*], A., Feizian[2], M., Asadi Rahmani[3], H. & Azizi[4], Kh.

1. Assistance Professor, Fars Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
2. Associate Professor, Department of Soil Science, Lorestan University, Iran; m_feizian@yahoo.com
3. Associate Profesor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO),Karj, Iran; asadi_1999@yahoo.com
4. Associate Professor, Department of Agronomy, Lorestan University, Iran; azizi_kh44@yahoo.com

Received: 13 December 2015
Accepted: 15 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.51814

Introduction

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the world's most important legume grown for human nutrition. Legumes and their symbiotic root nodule bacteria are extremely sensitive to drought stress. The fact that N_2 fixation is more sensitive to decreasing soil water content relative to leaf gas exchange constitutes an important constraint on N_2 accumulation and the yield potential of legumes subjected to soil drying. We hypothesize that inoculation of bean with rhizobium strains mitigates some of the negative effects of drought stress on bean. It is believed that certain microbial species and/or strains enhance plant tolerance to abiotic stresses such as drought (Yang *et al*., 2008). The *Phyllobacterium brassicacearum* strain STM196, a PGPR isolated from the rhizosphere of oilseed rape *B. napus* enhances plant tolerance to drought in two accessions of *A. thaliana* with contrasting flowering phenology (Bresson *et al.* 2013). We proposed a new means by which bacteria can enhance plant performance under both well-watered and drought soil conditions. Inoculated plants accumulated more biomass before reproduction and exhibited a better WUE. Sharma & Saikia (2013) found that the *P. aeruginosa* GGRJ21 strain is tolerant to water stress in mung bean plants by accelerating the accumulation of inherent levels of antioxidant enzymes, cell osmolytes, and consistently expediting the up regulation of stress responsive genes in PGPR-treated plants under water stress conditions.

Materials & Methods

In order to study the effects of rhizobium strains and drought stress on yield and water use efficiency of common bean, an experiment was conducted under greenhouse and field condition in 2014 and 2015 respectively. This experiment was carried with split plot based on randomized complete block design with three replications. The treatments were irrigation base of 30, 60 and 80% available water of soil in main plot and 54, 58,160 and 177 rhizobium strains (*Leguminosarom phaseoli*) seed inoculated in sub plot.

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

Water irrigation content, water use efficiency, plant nitrogen, nodule number, nodule dry mater, wet and dry shoot weight, yield and yield components were determined.

Results & Discussion

There was a significant difference ($P<0.05$) in yield grain, biological yield, water use efficiency, 100-seed weight, dry and wet shoot weight, nodule number and nodule dry matter between the levels of irrigation as well as between different bacterial strains. The highest grain yield (3066 kg/ha), biological yield (6882 kg/ha), water use efficiency (0.81 kg/m^3), 100 seed weight (44 g) were obtained in irrigation at 60% available water and 160 rhizobium strain seed inoculated treatment. Similar observation has been reported by, Suarez *et al*, (2008) and Bhatt & Srinivasa Rao (2005). There was a significant difference ($P<0.05$) in dry nodule mater and nodule number between irrigation and rhizobium strains. The irrigation levels showed significant difference on nodule dry matter but did not show a significant difference on nodule number, reverse, rhizobium strains have a significant difference on nodule number and have not significant difference in nodule dry matters. The most of nodule number (63 per plant) and nodule dry maters (0.458 g/plant) were obtained in irrigation at 80% available water and 177 rhizobium strain seed inoculation treatment. Nodule dry matter was reduced by increasing drought stress levels. Similar observations have been reported by Ramos *et al*, (2003). There was a significant difference ($P<0.05$) between wet and dry shoot weight and the irrigation levels but this result not observation in rhizobium strains treatments. Based on this experiment, it can be said that, rhizobium bacteria strains, similar as PGPR, can enhance plant performance and plant tolerance to environmental stresses by large variety of mechanisms. Some rhizobacteria help plants to maintain a favorable water status under water deficit (Creus *et al*. 2004) by enhancing the development of root system (Marulanda *et al.* 2009).

Conclusion

Our results showed that the use of rhizobium bacteria which can induce abiotic stress tolerance in the host as bio-fertilizers may be beneficial for increasing of yield and WUE in drought stress condition. In dry land like, Iran, we can use such microorganisms for lower use of water irrigation without decreasing seed yield in common bean.

Keywords: Bean, Drought stress, Rhizobium, Yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۸۰-۶۶

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 66-80
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.58498

تخمین سطح برگ سبز با استفاده از روابط آن با سایر صفات رویشی در دو رقم باقلای برکت و فرانسه

محمدکاظم اسلامی[1]، ابراهیم زینلی[2]، افشین سلطانی[3] و محمد خادم‌پیر[4]*

۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، eslami@yahoo.com
۲ دانشیار زراعت، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، zainali11@yahoo.com
۳ عضو هیئت علمی و استاد مدل‌سازی گیاهان زراعی، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، soltani@yaoo.com
۴ دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۲

چکیده

به‌منظور تخمین سطح برگ سبز با استفاده از روابط آن با سایر صفات رویشی، آزمایشی با استفاده از دو رقم باقلا (رقم متداول برکت و رقم جدید فرانسه)، سه فاصله بین ردیف (۲۵، ۵۰ و ۷۵سانتی‌متر) و دو فاصله روی ردیف (۸ و ۱۵سانتی‌متر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی۱۳۸۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به اجرا درآمد. نمونه‌گیری برای اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک برگ سبز و زرد به تفکیک طی فصل رشد با فوصل زمانی ۷ تا ۱۵روز (بسته به شرایط دمایی و سرعت رشد بوته‌ها) انجام شد. نتایج نشان داد که رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ و وزن خشک کل بوته تحت تأثیر رقم، فاصله بین ردیف و فاصله روی ردیف نگرفت. بنابراین می‌توان برای رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ و وزن خشک کل بوته در تمام تیمارها از یک معادله استفاده کرد. علاوه بر این، با توجه به این‌که رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ سبز و تعداد گره در ساقه دارای ضریب تبیین بالاتر (۰/۹۸) و جذر میانگین مربعات کوچک‌تر (۱/۰۵) و در نتیجه دقت برآورد بالاتری نسبت به صفات دیگر بود، پیشنهاد می‌شود از رابطه بین سطح برگ سبز و وزن خشک برگ سبز (رابطه دوتکه‌ای) برای برآورد سطح برگ سبز سریع، آسان، کم‌هزینه و با دقتی قابل‌قبول استفاده شود. همچنین از این رابطه می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی باقلا نیز به‌منظور پیش بینی سطح برگ سبز باقلا استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، باقلا، روابط آلومتریک، سطح برگ، وزن خشک برگ

مقدمه

روابط بین سرعت رشد اجزای منفرد یک اندام یا یک موجود آلومتری خوانده می‌شود (Gardner *et al*., 1985). روابط آلومتریک در گیاهان، تغییرات رشد و نمو و مشخصات نسبی یک بخش از گیاه را در مقایسه با کل یا بخش‌های دیگر گیاه نشان می‌دهد (Niklas, 1994). روابط آلومتریک برای یک گیاه معین، ثابت هستند و از آن‌ها می‌توان برای پیش‌بینی نمو رویشی با همان دقت برآوردشده استفاده نمود. به‌طورکلی، محیط مناسب می‌تواند سرعت رشد را افزایش دهد، ولی شکل هندسی گیاه و اجزای آن تقریباً ثابت است (Niklas, 1994). روابط آلومتریک ارتباط تنگاتنگی با پیش‌بینی نمو فنولوژیک دارند. پیش‌بینی نمو فنولوژیک یا مراحل نموی گیاه در مدل‌سازی اهمیت زیادی دارد (Soltani *et al*., 2006).

شاخص سطح برگ یکی از متغیرهای مهم در مطالعات اقلیمی (Lockwood, 1999; Ewert, 2004)، اکولوژیک (Chen *et al*., 2002)، زراعی (Soltani & Galeshi, 2002) و مدل‌هایی است که خسارت پاتوژن‌ها را شبیه‌سازی می‌کنند (Waggoner & Berger, 1987). سطح برگ عامل تعیین‌کنندهٔ جذب تشعشع، فتوسنتز، تجمع ماده خشک و انتقال انرژی توسط کانوپی‌های گیاهی است. همچنین سطح برگ از نظر رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های‌هرز دارای اهمیت می‌باشد (Akramghaderi & Soltani, 2004; Jonckheere *et al*., 2004). اندازه‌گیری سطح برگ نسبت به اندازه‌گیری‌های دیگر مانند ارتفاع بوته و وزن خشک اندام‌ها یا کل بوته در بیشتر گیاهان زراعی از جمله باقلا بسیار مشکل‌تر و

*نویسنده مسئول: m.khadempir87@yahoo.com

وقت‌گیرتر بوده و نیاز به صرف هزینۀ بیشتر دارد. یکی از روش های برآورد شاخص‌هایی مثل سطح برگ، استفاده از روابط آلومتریک یا به عبارتی یافتن روابطی برای برآورد صفات با استفاده از ویژگی‌هایی است که اندازه‌گیری یا شبیه‌سازی آن‌ها آسان می‌باشد. از مهم‌ترین این ویژگی‌ها می‌توان به ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و وزن خشک اجزای رویشی اشاره نمود. از این معادلات به‌طور موفقیت‌آمیزی برای گیاهان مختلف از قبیل نخود (Rahemi *et al*., 2006)، پنبه (Akramghaderi *et al*., 2004)، بادام‌زمینی (Ma *et al*., 1992)، پنبه (Johnson, 1967)، ارزن (Payne *et al*., 1991)، سورگوم شیرین (Shih *et al*., 1981) و سویا (Lieth *et al*., 1986) استفاده شده است.

Zainali, *et al* (2013) با بررسی روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در باقلا (*Vicia faba*) گزارش کردند که بین سطح برگ با وزن خشک برگ سبز، وزن خشک اجزای رویشی گیاه و ارتفاع بوته در دورۀ توسعۀ مؤثر سطح برگ، روابط آلومتریک بسیار قوی (به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۶ ، ۰/۹۶ و ۰/۹۴) وجود دارد. ایشان با توجه به این‌که رابطۀ سطح برگ با وزن خشک برگ سبز در بوته دارای ضریب تبیین بالاتر و همچنین جذر میانگین مربعات کوچک‌تری نسبت به ارتفاع بوته بود، پیشنهاد کردند در مدل‌های شبیه‌سازی باقلا و همچنین برای برآورد سریع و آسان سطح برگ از رابطه بین سطح و وزن خشک برگ استفاده شود. یافته‌های مطالعۀ Bakhshande *et al*, (2011) نشان داد که در گیاه گندم سطح برگ بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، وزن خشک کل اجزای رویشی (برگ و ساقه) و ارتفاع بوته تا مرحله گرده‌افشانی روابط آلومتریک بسیار قوی (به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۲، ۰/۹۶، ۰/۹۵ و ۰/۹۱) دارد.

هدف از این مطالعه به‌دست‌آوردن روابط آلومتریک بین سطح برگ سبز (سانتی‌مترمربع در بوته) با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته) و وزن خشک کل اجزای رویشی (ساقه و برگ)، به‌منظور برآورد سریع سطح برگ با استفاده از صفات رویشی یادشده و بدون نیاز به اندازه‌گیری سطح برگ بود. همچنین در این آزمایش، تأثیر سه فاکتور رقم، فاصله روی ردیف و فاصله بین ردیف بر روابط آلومتریک یادشده در گیاه باقلا بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۳متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالیانه ۶۰۷میلی‌متر اجرا گردید. نتایج آزمون خاک نشان داد که خاک مزرعه دارای ۳۴درصد شن، ۴۲درصد سیلت و ۲۴درصد رس (بافت لومی)، هدایت الکتریکی (EC خاک) ۱/۱ دسی‌زیمنس برمتر و اسیدیتۀ ۷/۸ می‌باشد. آزمایش با استفاده از دو رقم باقلا (برکت و فرانسه)، سه فاصله بین ردیف‌های کاشت (۲۵، ۵۰ و ۷۵سانتی‌متر) و دو فاصله داخل ردیف‌های کاشت (۸ و ۱۵سانتی‌متر) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی برای دو رقم برکت و فرانسه انجام شد. کاشت بذر پس از انجام عملیات تهیه بستر به‌صورت مرسوم در ۵دی‌ماه۱۳۸۹ برای رقم فرانسه و در تاریخ ۷دی‌ماه۱۳۸۹ برای رقم برکت به‌صورت دستی و در عمق ۵سانتی‌متر در شش ردیف کاشت به طول ۷متر در هر کرت انجام شد. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش زیرکشت گندم و در تابستان آیش بود. قبل از کاشت،۲۰۰کیلوگرم در هکتارسوپر فسفات تریپل، ۱۵۰کیلوگرم در هکتارسولفات پتاسیم و۵۰کیلوگرم در هکتار اوره (به‌عنوان مقدار اولیه برای تأمین نیازهای نیتروژنی گیاه زراعی تا شروع فعال تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط باکتری همزیست باقلا) به خاک اضافه شد. برای اطمینان از دستیابی به تراکم موردنظر، در هر محل دو بذر کاشته شد و پس از استقرار کامل بوته‌ها نسبت به حذف بوته‌های اضافی اقدام شد. چون آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز انجام می‌شد، آبیاری، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز در مواقع لازم صورت گرفت. نمونه‌برداری از زمان استقرار بوته‌ها تا پایان دورۀ مؤثر تولید برگ با فاصله زمانی۷ تا ۱۵روز (بسته به شرایط آب و هوایی) انجام شد. در هر نمونه‌برداری نمونه‌ای متشکل از ۴ تا ۶بوته و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک۱۰بوته از هر کرت برداشت و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، اندازه‌گیری سطح برگ سبز به وسیله دستگاه سطح برگ سنج دلتاتی و وزن خشک برگ به تفکیک برگ سبز و برگ زرد پس از قراردادن در آون با دمای۷۰درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ساعت و توزین آن‌ها با دقت ۰/۰۱گرم انجام شد.

در این تحقیق، توابع ریاضی مختلف برای به‌دست‌آوردن روابط آلومتریک به داده‌ها برازش داده شد. برازش معادله و بررسی آن برای دو رقم، سه فاصله بین ردیف و دو فاصله بین ردیف انجام شد. در هر حالت، با بررسی حدود اطمینان ضرایب به‌دست‌آمده، اگر اختلاف معنی‌دار نبودند، از حالت بعدی استفاده شد. برای مقایسه دقت معادلات از ضریب تبیین

(R^2)، جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE=\sqrt{\frac{\sum(p-o)^2}{n-1}}$)که در آن p و o به‌ترتیب مقدار پیش‌بینی‌شده با استفاده از مدل و مقدار مشاهده‌شده و n تعداد مشاهدات می‌باشد، و ضریب تغییرات (CV) استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر و ضریب تغییرات و جذر میانگین مربعات خطای پایین‌تر نشان‌دهنده دقت بالاتر معادله در توصیف روابط آلومتریک است. یادآور می‌شود که در این مقاله از RMSE بر حسب درصد استفاده شد که اگر کمتر از ۱۰ باشد، شبیه‌سازی عالی، بین ۱۰ تا ۲۰ خوب، بین ۲۰ تا ۳۰ متوسط و بالاتر از ۳۰ مدل ضعیف ارزیابی می‌شود. مدل‌های به‌کاررفته در این تحقیق عبارت بودند از:

الف) مدل توانی: از میان معادله‌های مختلف برازش‌داده شده به داده‌های تغییرات سطح برگ در بوته در مقابل تعداد برگ در ساقه، معادلۀ توانی بهترین برازش را به داده‌ها داشت:

معادله(۱) $y=x^b$

که در آن y سطح برگ در بوته، x تعداد برگ در ساقه اصلی و b ضریب معادله می‌باشد. برای برازش تابع، داده‌های سطح برگ بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی تا زمانی که تعداد برگ در ساقه اصلی به حداکثر مقدار خود رسید، مورد استفاده قرار گرفتند.

ب) به‌منظور محاسبه روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت از معادله لجستیک زیر استفاده شد:

معادله(۲)

LAI=((a*exp((a)*(xb))*c))/((1+exp ((a)*(xb))) **2

که در آن ضرایب a، b و c به‌ترتیب، سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ می‌باشند.

ج) برای توصیف رابطه بین شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) از معادله سه‌تکه‌ای زیر استفاده شد (Ghadirian *et al*., 2011):

معادله (۳) y=(b1* x0) + b2*(x x0)

که در آن y شاخص سطح برگ، x وزن خشک برگ (گرم در متر مربع)، x0 نقطه چرخش بین دو مرحله تخصیص ماده خشک، b1 ضریب تخصیص در طول مرحله۱ و b2 ضریب تخصیص ماده خشک در مرحله۲ می‌باشد.

د) مدل دوتکه‌ای: مدل‌های مختلفی به داده‌های سطح برگ در مقابل وزن خشک اجزای رویشی برازش داده شد و در نهایت مدل دوتکه‌ای به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد (معادله ۴) (Ghadirian *et al*., 2011).

معادله (۴) y=(b1* x0) + b2*(x x0)

که در آن y شاخص سطح برگ، x وزن خشک اجزای رویشی گیاه (گرم در مترمربع)، x0 نقطه چرخش بین دو مرحله تخصیص ماده خشک، b1 ضریب تخصیص در طول مرحله۱ و b2 ضریب تخصیص ماده خشک در مرحله۲ می باشد.

ه) به‌منظور توصیف رابطه بین سطح برگ در بوته (سانتی‌مترمربع در بوته، y) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر، x) از معادله (۵) استفاده شد که در آن b ضریب معادله است (Ghadirian *et al*., 2011).

معادله (۵) y=xb

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و برازش معادله با استفاده از نرم‌افزارSAS و تخمین پارامترهای هر معادله با روش مطلوب‌سازی تکراری با کمک رویه PROC NLIN صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی

مقایسه شرایط آب و هوایی دوره آزمایش با آمار بلندمدت گرگان (جدول ۱) نشان داد که میانگین دمای حداقل درتمام ماه‌های دوره آزمایش به‌تقریب مشابه میانگین بلندمدت بود. بیشترین اختلاف بین این دو دوره برای حداقل دما مربوط به اسفند (۲/۳درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای آمار بلندمدت) و برای حداکثر دما مربوط به آذر (۴/۹درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای آمار بلندمدت) بود. در مجموع، پایین‌ترین حداقل (۳/۴درجه سانتی‌گراد) و حداکثر (۱۲/۷درجه سانتی‌گراد) دمای محل در سال زراعی ۹۰–۱۳۸۹ به‌ترتیب مربوط به ماه‌های بهمن و اسفند بود. بعد از این، حداقل و حداکثر دما افزایش یافت و در خردادماه به ترتیب با ۲۰/۲ و ۳۱/۱درجه سانتی‌گراد به حداکثر خود رسید.

مقایسه میزان بارندگی در ماه‌های دوره آزمایش با بارندگی بلندمدت منطقه نشان داد که در بهمن‌ماه بارندگی بیشتر از آمار بلندمدت بود و در بقیه ماه‌ها کاهش بارندگی مشاهده شد. بیشترین اختلاف در بارندگی مربوط به فروردین ماه با ۵۰/۳میلی‌متر کمتر از آمار بلندمدت بود. همچنین در این سال زراعی بیشترین میزان بارندگی در اسفندماه با ۷۲/۸میلی‌متر و کمترین آن در فروردین‌ماه با ۱۰/۰میلی‌متر اتفاق افتاد. در ضمن، میزان کل بارندگی در دوره آزمایش ۲۷۷/۹ میلی‌متر بود که نسبت به آمار بلندمدت با ۳۸۳/۳میلی متر به میزان ۱۰۵/۴میلی‌متر کمتر بود.

با بررسی میانگین تشعشع روزانه در مقایسه با آمار بلندمدت مشخص گردید که در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت میزان تشعشع در دورهٔ آزمایش کمتر از میانگین آمار بلندمدت بود، اما در خردادماه میزان تشعشع در دورهٔ آزمایش بیشتر از میانگین آمار بلندمدت بود. حداکثر تفاوت میزان تشعشع بین دو دوره مربوط به اردیبهشت‌ماه بود، به‌طوری‌که در این ماه تشعشع به میزان ۴/۵مگاژول در مترمربع در روز کمتر از آمار بلندمدت بود. همچنین، در طول دوره آزمایش حداقل و حداکثر میانگین تشعشع متعلق به ماه‌های دی و خرداد به ترتیب ۸/۲ و ۲۴/۳مگاژول در مترمربع در روز بود.

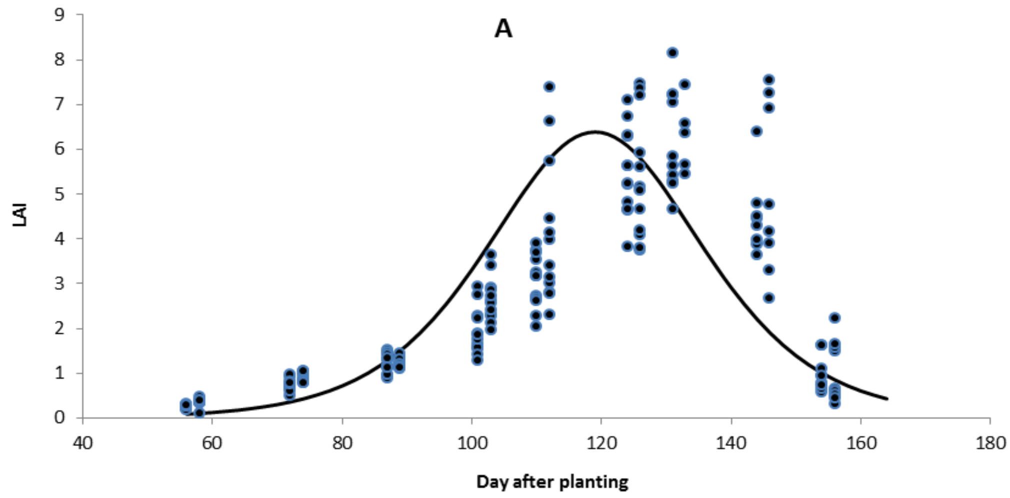
جدول ۱- میانگین دمای حداقل و حداکثر، تشعشع ماهانه و مجموع بارندگی ماهانه در دوره آزمایش و ۴۰ساله گذشته در شرایط آب‌وهوایی گرگان (۱۳۸۶-۱۳۴۶)

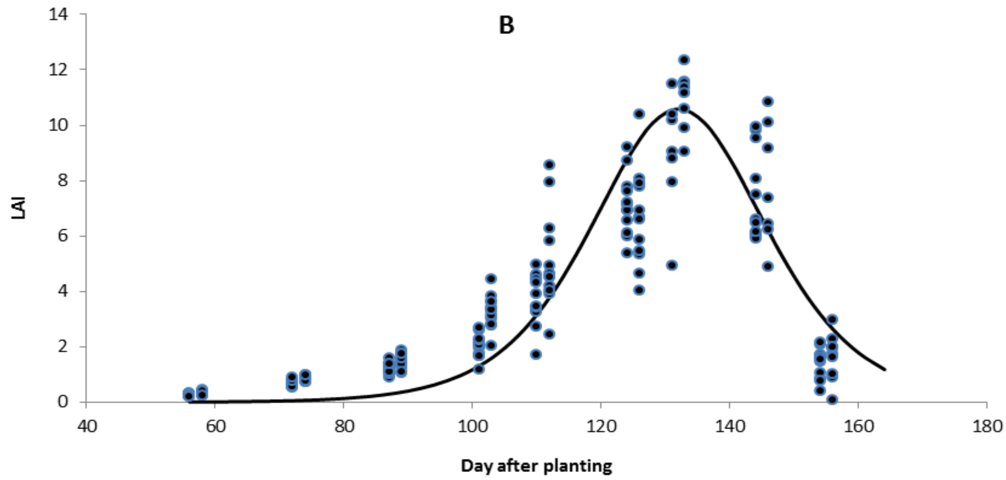
Table 1. Average of maximum and minimum temperature, monthly radiation and total monthly precipitation at the time of experiment and 40 years ago in Gorgan (19672007)

ماه Month	حداقل دما Minimum temperature (°C)		حداکثر دما Maximum temperature (°C)		مجموع بارندگی Total rainfall (mm)		میانگین تشعشع Average radiation	
	دوره آزمایش Experiment period	دوره بلندمدت Longterm period	دوره آزمایش Experiment period	دوره بلندمدت Longterm period	دوره آزمایش Experiment period	دوره بلندمدت Longterm period	دوره آزمایش Experiment period	دوره بلندمدت Long term period
آذر November	8.0	6.3	20.9	16.0	22.8	52.3	8.6	
دی December	3.8	3.8	13.9	12.9	50.5	56.9	8.2	9.4
بهمن January	3.4	3.4	13.4	12.4	64.2	65.7	9.2	11.2
اسفند February	4.8	2.5	12.7	14.5	72.8	73.3	13.8	14.1
فروردین March	9.6	9.0	20.1	19.3	10.0	60.3	14.9	17.4
اردیبهشت April	14.6	13.8	23.2	24.9	33.1	47.2	15.6	20.1
خرداد May	20.2	18.4	31.1	29.6	24.5	35.7	24.3	21.6

روند تغییرات شاخص سطح برگ سبز در طول فصل رشد

تغییرات سطح برگ سبز نسبت به زمان (روز پس از کاشت) از یک تابع لجستیک پیروی می‌کند (Bakhshande *et al.*, 2011). با برازش‌دادن مدل لجستیک به تیمارهای مختلف آزمایش اختلاف معنی‌داری بین فاصله بین‌ردیف‌های مختلف و رقم‌های فرانسه و برکت مشاهده نشد، اما ضرایب مدل لجستیک (a، b و c به‌ترتیب سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ) برای دو فاصله روی ردیف دارای اختلاف معنی‌دار بود. در شکل۱ روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد در دو فاصله روی ردیف ۸ و ۱۵ سانتی‌متر آورده شده است. تغییرات سطح برگ در طول فصل رشد بر اساس یک تابع لجستیک توجیه می‌شود. بدین ترتیب که در اوایل فصل رشد، افزایش شاخص سطح برگ به‌صورت نمایی انجام می‌شود و سپس به‌صورت خطی ادامه می‌یابد و به حداکثر می‌رسد و پس از آن با شروع پیرشدن برگ‌ها رو به کاهش می‌گذارد تا وقتی که تمام برگ‌ها زرد شده و سطح برگ به صفر می‌رسد. بر اساس مدل برازش‌داده‌شده به دو فاصله روی ردیف، دو تفاوت اساسی بین تیمارها وجود داشت؛ اول این‌که با کاهش فاصله روی ردیف‌های کاشت (افزایش تراکم بوته) دورهٔ افزایش نمایی کوتاه‌تر شد و دورهٔ افزایش خطی زودتر شروع شد. دوم، در هر دو رقم باقلای مورد مطالعه با افزایش تعداد بوته در واحد سطح از طریق کاهش فاصله روی ردیف کشت، مقدار حداکثر شاخص سطح برگ سبز (LAImax) به‌صورت خطی افزایش یافت (شکل ۱).





شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت در گیاه باقلا

● مقادیر مشاهده‌شده در دو رقم فرانسه، برکت و فاصله بین ردیف‌های مختلف و ـــــ مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل را نشان می‌دهد.

(A: فاصله روی ردیف ۸ سانتی‌متر، B: فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر)

Fig. 1. Leaf area index in the days after planting for faba bean

● the amount observed in the two varieties of France, Barecat for different interarow space and ___ the values predicted by the model indicates (A: interrow space of 8 cm, B: interrow space of 15 cm).

بیشترین شاخص سطح برگ در فاصله روی ردیف ۸ و ۱۵سانتی‌متر به ترتیب برابر ۶/۸۵ و ۱۰/۸۰ بود (جدول ۲). زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ بین دو رقم و فاصله بین ردیف‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی اختلاف بین فاصله روی ردیف‌ها در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار بود. زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در فاصله بین ردیف ۸ سانتی‌متر، ۱۱۹روز و برای فاصله روی ردیف ۱۵سانتی‌متر ۱۳۲/۷روز بود (جدول ۲). Cavero *et al*, (2000) در گیاه ذرت، Nehbandani *et al*, (2013) در سویا و Zainali *et al*, (2013) در باقلا نیز مدل لجستیک را به داده‌های شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت برازش دادند و گزارش کردند که این مدل بهترین برازش را به داده‌های LAI در مقابل روز پس از کاشت داشت. Kumudini *et al*, (2001) نیز گزارش کردند که با آغاز مرحله رسیدگی برگ‌ها زرد شده و در نتیجه شاخص سطح برگ به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد و در نهایت در مرحله رسیدگی شاخص سطح برگ به صفر می‌رسد. Bafkar *et al* (2011) و Zainali *et al*, (2016) نیز در پژوهشی بر

روی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت را به‌صورت لجستیک توصیف کردند.

جدول۲- ضرایب مدل لجستیک پیک برای پیش‌بینی شاخص سطح برگ برای فاصله روی ردیف‌های ۸ و ۱۵ سانتی‌متر

ضرایب a، b و c به‌ترتیب سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ هستند. R^2 ضریب تبیین می‌باشد.

Table 2. Coefficients of logistic model to predict peak leaf area index for the interrow space of 8 and 15 cm

Coefficients a, b and c production are the rate leaf area, time required to achieve maximum leaf area index and speed reduced leaf area, respectively

R^2	c±SE	a±SE	b±SE	LAI_{max}	فاصله روی ردیف (سانتی‌متر) Interrow space (cm)
0.90	248.2 ± 11.21	0.09 ± 0.004	129.0±0.74	6.85 a	8
0.94	385.7 ± 15.18	0.11 ±0.005	132.7±0.64	10.80 b	15

رابطه سطح برگ سبز با وزن خشک برگ سبز

به‌منظور توصیف رابطۀ بین سطح برگ سبز و وزن خشک برگ سبز برای هر یک از ۱۲تیمار در این مطالعه، روابط جداگانه‌ای برازش داده شد، اما با بررسی حدود اطمینان مدل برازش‌داده‌شده، بین ارقام برکت و فرانسه، فواصل بین ردیف ۲۵، ۵۰ و ۷۵سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۸ و ۱۵سانتی‌متر از نظر ضریب آلومتریک اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. در نتیجه، به‌جای استفاده از روابط جداگانه برای هر تیمار، برای مجموع تیمارها از یک رابطه دوتکه‌ای (معادله ۳) برای توصیف رابطه بین سطح برگ در برابر وزن خشک برگ سبز در بوته استفاده شد (جدول ۳). ضریب تبیین این تابع ۰/۹۸ و جذر میانگین مربعات خطای آن برای مجموع تیمارها ۲/۵۹ درصد بود که نشان از رابطۀ بسیارخوب میان شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ داشت (جدول ۳).

جدول ۳- ضرایب a و b و مقدار X0 در تابع دوتکه‌ای برازش‌داده‌شده به داده‌های شاخص سطح برگ سبز در برابر وزن خشک برگ سبز

RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند.

Table 3. The coefficients a, b and x0 are in the Twopiece functions fitted to data Leaf area index against green leaf dry weight

RMSE (Root mean square error) and R^2 is the coefficient of regression.

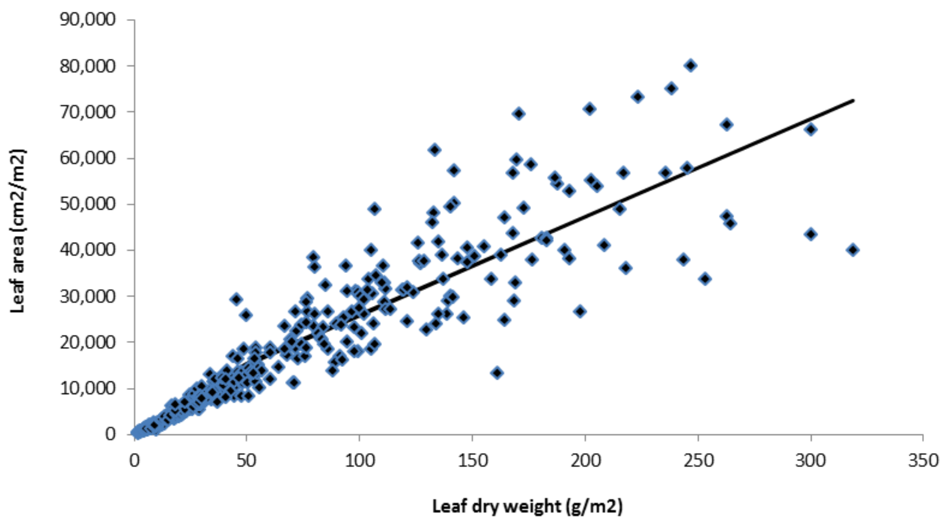
RMSE	R^2	x_0±SE	b_2±SE	b_1±SE
1.05	0.98	50.35± 6.19	212.3± 3.36	309.1±12.15

در ابتدای فصل رشد بیشتر مواد فتوسنتزی ساخته‌شده در بوته به برگ‌ها اختصاص می‌یابد. از آنجا که در این مرحله سطح ویژه برگ‌ها بالاتر است (برگ‌های تشکیل‌شده در این مرحله نازک‌تر هستند)، شیب افزایش سطح برگ در مقابل وزن برگ بیشتر است. در واقع بوته‌ها با مقدار وزن برگ کمتر مقدار سطح برگ بیشتری تولید می‌کنند. اما با گذشت زمان، به‌ویژه بعد از شروع طویل‌شدن ساقه، این شیب به دلیل کاهش سطح ویژۀ برگ‌ها (افزایش ضخامت برگ‌ها) و افزایش ضریب تخصیص مادۀ خشک به اندام‌های دیگر بوته مانند ساقه نسبت به قبل از نقطه شکست، کاهش پیدا می‌کند (شکل۲). بر اساس نتایج این آزمایش شیب مرحله اول (ضریب b1) برابر ۳۰۹/۱سانتی‌مترمربع در ازای هر گرم وزن خشک برگ می باشد و شیب مرحله دوم برابر (ضریب b2) برابر ۲۱۲/۳سانتی‌مترمربع در ازای هر گرم وزن خشک برگ می باشد (جدول ۳).

Bakhshande *et al*, (2011) در مورد گندم، (2011) Torabi *et al*, در مورد نخود، (2016) Zainali *et al*, در مورد ذرت و (2013) Nehbandani *et al*, در مورد سویا نیز برای توصیف رابطۀ شاخص سطح برگ با وزن خشک برگ از تابع دوتکه‌ای استفاده کردند. با این حال، برای توصیف رابطه

بین شاخص سطح برگ با وزن خشک برگ از مدل‌های دیگر نیز استفاده شده است. برای مثال Rahemi *et al*, (2006) برای نخود از یک مدل خطی، Sharrett & baker (1985) برای یونجه و Payne *et al*, (1991) برای ارزن از مدل غیرخطی و Hammer *et al*, (1993) برای سورگوم از معادله توانی استفاده کردند. Akramghaderi *et al*, (2004) برای توصیف روابط آلومتریک بین سطح برگ با وزن خشک برگ در بوته در گیاه پنبه (چهار تاریخ کاشت و سه رقم) از معادلات رگرسیونی مختلف استفاده و در نهایت، معادله توانی ($LA=125.3LDW^{1.09}$) با ضریب تبیین ۰/۹۸ را به‌عنوان بهترین معادله برای توصیف روابط بین سطح برگ در بوته (LA) و وزن خشک برگ در بوته (LDW) پنبه معرفی کردند.

تفاوت مدل‌های برازش‌داده‌شده در گیاهان دیگر به داده‌های سطح برگ در برابر وزن خشک را می‌توان به تفاوت سطح ویژۀ برگ و همین‌طور تفاوت تغییرات ضریب تخصیص مادۀ خشک در طول فصل رشد به برگ‌ها در گیاهان مختلف نسبت داد.



شکل ۲- سطح برگ به‌عنوان تابعی از وزن خشک برگ در گیاه باقلا در تمام تیمارها

♦ مقادیر مشاهده‌شده در تیمارها و تکرارهای مختلف و ــــ مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل را نشان می‌دهد.

Fig. 2. Leaf area index as a function of dry weight leaves in the faba bean plants in all treatments
♦Value observed in treatments and different repetitions and ــــ indicates values predicted by the model.

رابطه سطح برگ سبز با وزن خشک اندام هوایی

بررسی حدود اطمینان ضرایب مدل دوتکه‌ای (b1, b2. x0) برازش‌داده‌شده به داده‌های سطح برگ در برابر وزن خشک اندام هوایی (شکل۳) نشان داد که از این نظر، بین دو رقم و فاصله بین و روی ردیف‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این نشان می‌دهد که رابطۀ آلومتریک بین سطح و وزن خشک اندام هوایی گیاه، مستقل از فاصلۀ بین و داخل ردیف بوده و تحت تأثیر تغییر این عوامل تغییر نمی‌کند. بنابراین، برازش توابع جداگانه به داده‌های سطح برگ در مقابل وزن خشک اندام هوایی برای هر یک از فواصل بین و روی ردیف و رقم‌ها ضروری نبوده و برای تمام تیمارها می‌توان از یک رابطه (معادله ۴) استفاده کرد (جدول ۴).

نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از وزن خشک برگ و وزن خشک اندام هوایی به‌منظور تعیین مقدار سطح برگ با استفاده از رابطه آلومتریک مناسب هستند.

جدول ۴- ضرایب a و b و مقدار x0 در تابع دوتکه‌ای برازش‌داده‌شده به داده‌های سطح برگ در برابر وزن خشک اندام هوایی

RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند.

Table 4. The coefficients a and b and the amount X0 in the Twopiece functions fitted to data Leaf area index against Shoot dry weight

RMSE (Root mean square error) and R^2 is the coefficient of regression.

RMSE	R^2	x_0±SE	b_2±SE	b_1±SE
1.08	0.95	4.33±0.84	82.6 ± 3.62	137.7±8.50

با این حال، مطابق با نتایج مطالعات دیگر (Zainali *et al*., 2013; Zeinali *et al*., 2016; Nehbandani *et al*., 2013)، در این مطالعه نیز دقت پیش‌بینی سطح برگ با استفاده از وزن خشک برگ به‌طور نسبی بیشتر از وقتی بود که سطح برگ با استفاده از وزن خشک کل اجزای رویشی گیاه برآورد گردید (ضریب تبیین رابطه آلومتریک بین سطح برگ و وزن خشک برگ ۹۸ و برای وزن خشک اندام هوایی ۹۵ بود). البته باید به این نکته توجه داشت که اندازه‌گیری وزن خشک کل بوته نسبت به وزن خشک برگ‌ها مستلزم صرف وقت برای جداکردن برگ‌ها نبوده و با سرعت بیشتری انجام می‌شود؛ در مقابل، اگر فقط از وزن خشک برگ‌ها استفاده شود، علاوه بر بالاتربودن دقت پیش‌بینی سطح برگ، حجم نمونه‌ها نیز کمتر است (Zainali *et al*., 2013).

Torabi *et al*, (2011) از تابع دوتکه‌ای برای برآورد سطح برگ بوته به عنوان تابعی از از ماده خشک کل بوته در نخود استفاده کردند. Tsialtas *et al*, (2008) در مورد چغندرقند و Retta *et al*, (2000) در چند گیاه باریک‌برگ با استفاده از معادلات رگرسیون خطی و غیرخطی همبستگی بسیار بالایی را بین سطح برگ و وزن خشک برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی بوته گزارش کردند. تعدادی از محققان دیگر نیز از معادله‌های غیرخطی برای توصیف روابط سطح برگ با وزن خشک برگ و یا وزن خشک کل اجزای رویشی استفاده کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به Akramghaderi *et al* (2004) در پنبه، Zainali *et al*, (2016) در ذرت، Bakhshande *et al*, (2011) در گندم و Rahemi *et al*, (2006) در نخود اشاره کرد.

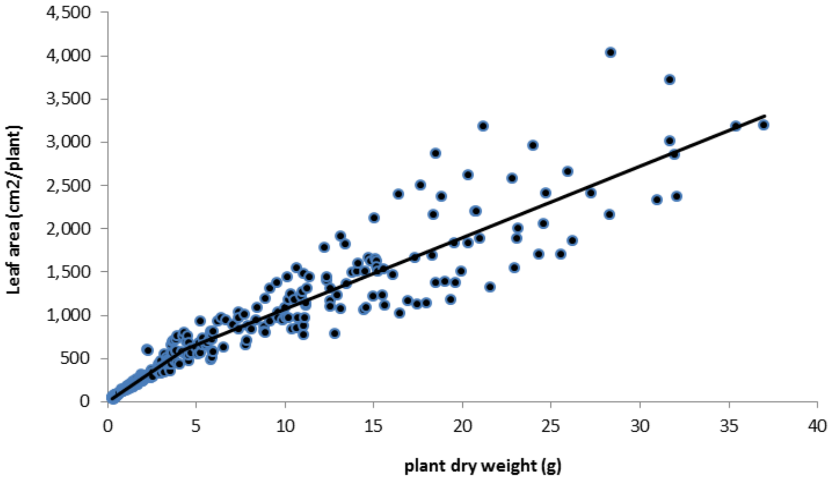
رابطۀ سطح برگ سبز با ارتفاع بوته

به‌منظور توصیف رابطۀ سطح برگ سبز در بوته با ارتفاع بوته تابع توانی در مقایسه با سایر توابع از نکویی برازش بهتری برخوردار بود (شکل ۴). با بررسی حدود اطمینان ضرایب توابع مشخص شد که بین ضرایب توابع توانی برازش‌داده‌شده به داده‌های سطح برگ در برابر ارتفاع بوته در دو رقم در سطح احتمال ۵درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما بین ضرایب توابع توانی برازش‌داده‌شده به داده‌های سطح برگ در برابر ارتفاع بوته برای فاصله بین ردیف‌های مختلف و فاصله روی ردیف‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). بنابراین برای داده‌های فاصله بین ردیف مختلف در تمام سطوح فاصله روی ردیف در این آزمایش یک تابع توانی (معادله ۵) برازش داده شد (جدول ۶). در این تابع توانی سطح برگ بوته (سانتی‌مترمربع در بوته، y) در برابر ارتفاع بوته (سانتی‌متر، x) قرار گرفته است.

با افزایش ارتفاع بوته، میزان سطح برگ در بوته در ابتدا به‌صورت نمایی و سپس به‌صورت خطی افزایش یافت (شکل۴). ازآنجا که اندازه‌گیری ارتفاع بوته در مقایسه با اندازه گیری سطح برگ امری بسیار ساده‌تر، سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر است، از این صفت می‌توان با دقت کافی برای برآورد سطح برگ استفاده نمود. بر خلاف نتایج این مطالعه که نشان‌دهنده رابطه نسبتاً خوبی بین ارتفاع و شاخص سطح برگ است، در تحقیقاتی که Nehbandani *et al*, (2013) بر روی سویا و Akramghaderi (2004) *et al*, روی پنبه و Zainali *et al*, (2013) روی باقلا انجام دادند، مشاهده کردند که ارتفاع گیاه توصیف‌کننده مناسبی برای سطح برگ نیست. البته برآورد سطح برگ با استفاده از ارتفاع به دلیل جذر میانگین مربعات خطای بالاتر نسبت به دیگر روش‌ها دارای دقت پایین‌تر می‌باشد.

رابطه سطح برگ سبز با تعداد گره در ساقه اصلی

پس از ارزیابی توابع مختلف، تابع توانی به‌دلیل برازش بهتر برای توصیف رابطه بین سطح برگ و تعداد گره در ساقه اصلی انتخاب شد (شکل ۵). با بررسی حدود اطمینان برای ضریب b مشخص شد اختلاف معنی‌داری بین دو رقم فرانسه و برکت و همچنین فاصله بین ردیف‌ها در سطح احتمال ۵درصد وجود ندارد. اما بررسی حدود اطمینان ضریب b برای دو فاصله روی ردیف در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار بود، بنابراین تابع توانی برای هر فاصله روی ردیف جدا گانه برازش داده شد. بر اساس نتایج جدول ۶ ضریب b با افزایش فاصله روی ردیف (کاهش تراکم) افزایش می‌یابد. Zainali *et al*, (2016) در ذرت و Nehbandani *et al*, (2013) در سویا نیز گزارش کردند با افزایش تراکم مقدار ضریب b کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۳- سطح برگ به‌عنوان تابعی از وزن خشک بوته در گیاه باقلا در دو رقم فرانسه و برکت، فاصله بین و روی ردیف‌های مختلف

● مقادیر مشاهده‌شده در تمام تیمارها و تکرارهای مختلف و ــــ مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل را نشان می‌دهد.

Fig. 3. Leaf area index as a function of dry weight plant in the faba bean plants in all treatments

● Value observed in treatments and different repetitions and ــــ indicates values predicted by the model.

جدول ۵- ضریب b و مقدار R^2 در رابطه توانی بین سطح برگ و ارتفاع بوته باقلا در دو فاصله روی ردیف و فاصله بین ردیف‌های مختلف

RMSE جذر میانگین مربعات خطا می‌باشد.

Table 5. Coefficient b and the value of R^2 in the power relationship between Leaf area and plant height Bean in two inter and intera row spacing

RMSE is the root mean square error

		فاصله روی ردیف ۸ سانتی‌متر interarow space (8 cm)	
RMSE	**R^2**	**b±SE**	**فاصله بین ردیف (سانتی‌متر) interrow space (cm)**
1.02	0.95	1.57±0.009a	25
1.09	0.94	1.61±0.016b	50
1.32	0.98	1.71±0.011c	75
		فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر interarow space (15 cm)	
1.30	0.90	1.69 ±0.016a	25
1.50	0.92	1.77 ±0.009b	50
1.50	0.98	1.77 ±0.010b	75

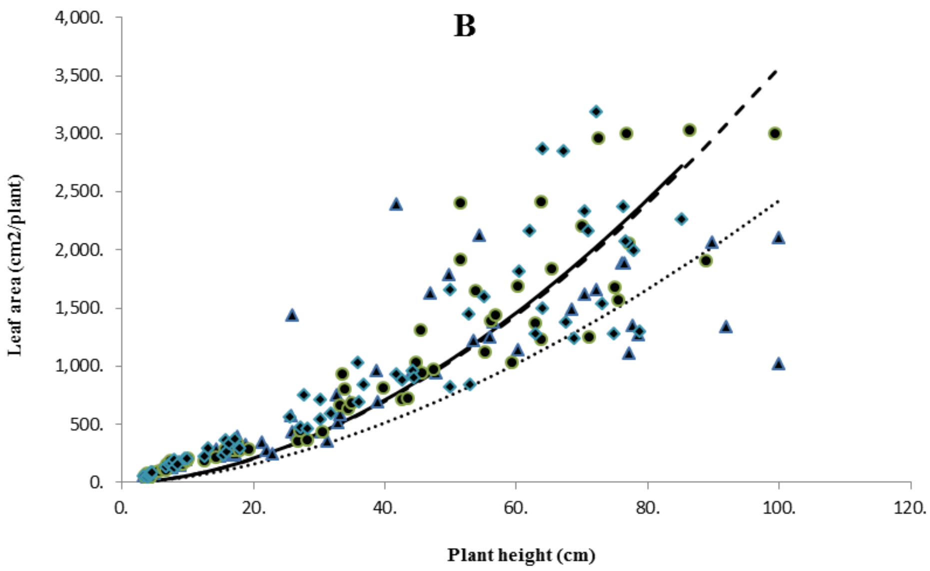
جدول۶- ضریب (b) در معادله $y=x^b$ برای سطح برگ بوته در مقابل تعداد گره در ساقه در دو فاصله روی ردیف مختلف

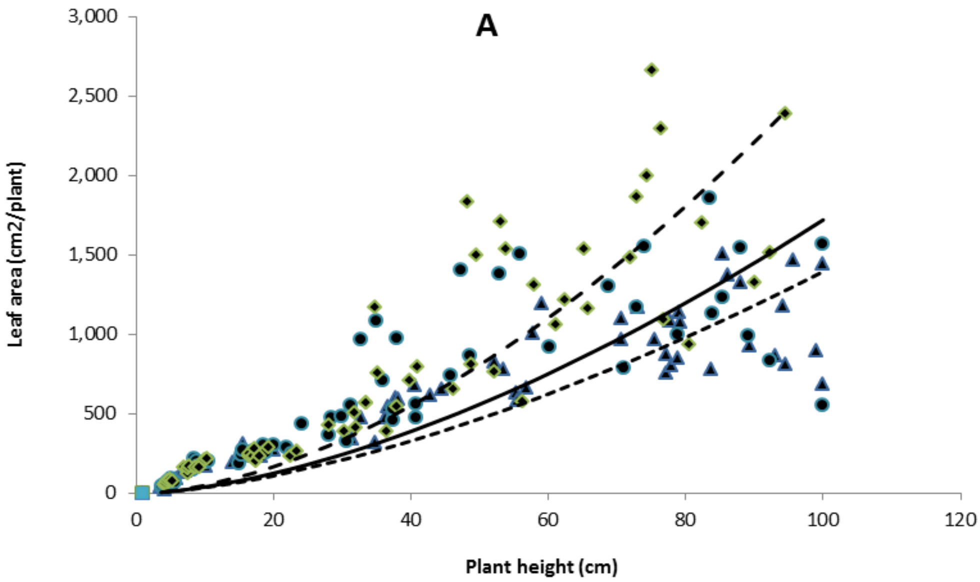
RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند.

Table 6. Coefficient (b) in the equation $y = x^b$ for leaf area of plant in front of the node number per stem in two intera row space

RMSE (Root mean square error) and R^2 is the coefficient of regression

RMSE	**R^2**	**b±SE**	**فاصله روی ردیف (سانتی‌متر) Distance on rows (cm)**
1.0	0. 98	2.40 ±0.014a	8
1.64	0.95	2.53 ±0.011b	15





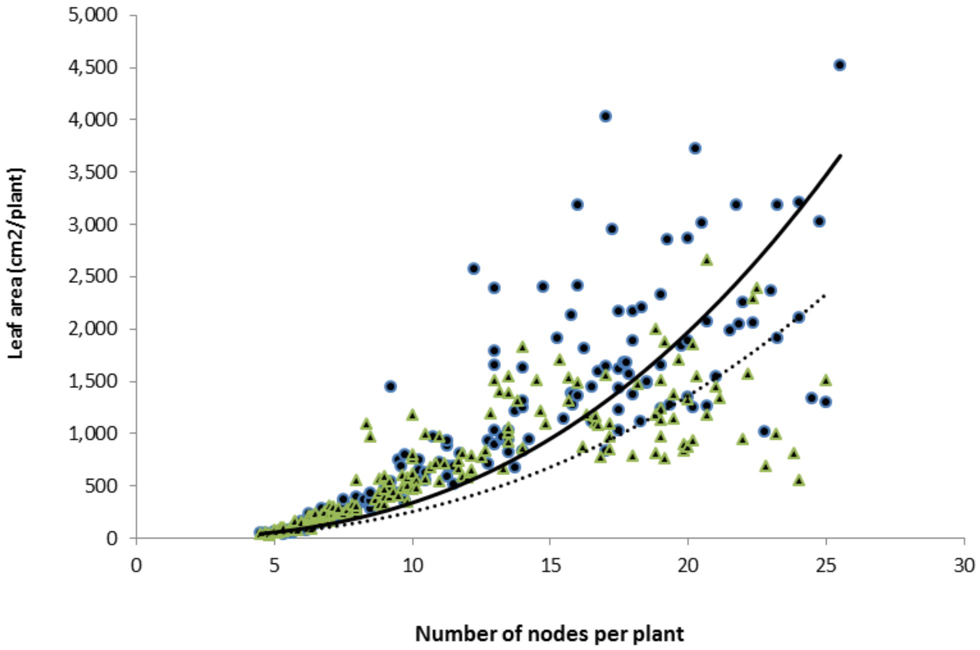
شکل ۴- سطح برگ در بوته به عنوان تابعی از ارتفاع بوته در گیاه باقلا در فاصله بین و روی ردیف‌های مختلف

الف: فاصله روی ردیف ۸سانتی‌متر و ب: فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر

▲: فاصله بین ردیف ۲۵سانتی‌متر، ●: فاصله بین ردیف ۵۰سانتی‌متر، ■: فاصله بین ردیف ۷۵سانتی‌متر. خط نقطه چین: مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل در فاصله بین ردیف ۲۵سانتی‌متر، خط پیوسته: مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل در فاصله بین ردیف ۵۰سانتی‌متر و خط تیره (منقطع): مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل در فاصله بین ردیف ۷۵سانتی‌متر را نشان می‌دهد).

Fig. 4. Plant height, Leaf area per plant as a function of inter and intera spacing row space different in bean plants A: interrow space 8 cm; B: interrow space 15 cm

▲: interarow space 25 cm, ●: interarow space 50 cm, ■: interarow space 75 cm. Dotted line: the values predicted by the model at a interarow space 25 cm, continuous line: the values predicted by the model at a interarow space 50 cm, Dash (interrupted): the values predicted by the model at a interarow space 75 cm)



شکل۵- سطح برگ در بوته به‌عنوان تابعی از تعداد گره (یا برگ) روی ساقه، توصیف‌شده به‌وسیلۀ معادله $y=x^b$

خط نقطه چین: فاصله روی ردیف ۸سانتی‌متر و خط ممتد: فاصله روی ردیف ۱۵سانتی‌متر؛ ● مقادیر مشاهده‌شده در دو رقم برکت و فرانسه و فاصله بین ردیف‌های مختلف برای فاصله روی ردیف ۱۵سانتی‌متر؛ ▲ مقادیر مشاهده‌شده در دو رقم برکت و فرانسه و فاصله بین ردیف‌های مختلف برای فاصله روی ردیف ۸سانتی‌متر

Fig. 5. Leaf area per plant as a function of the number of nodes (or leaves) the stem described by the equation $y=x^b$

Dotted line: The interrow space of 8 cm; Continuous line: the interrow space 15 cm; ● The amount observed in the two different Barecat and France and the interrow space 15 cm; ▲ The amount observed in the two different Barecat and France and the interrow space 8 cm

Sinclair (1984) و Hammer *et al*, (1993) نیز از یک مدل غیرخطی (توانی) برای توصیف سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی به‌ترتیب در سویا و سورگوم استفاده کردند. یافته‌های Pengelly *et al*, (1999) نشان داد که در چند لگوم علوفه‌ای نیز می‌توان با استفاده از معادله توانی سطح برگ بوته را به‌عنوان تابعی از تعداد گره در ساقه اصلی پیش‌بینی کرد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این آزمایش رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ، وزن خشک کل گیاه در گیاه باقلا تحت تأثیر رقم، فاصله بین ردیف و فاصله روی ردیف قرار نمی‌گیرد. به عبارت دیگر، می‌توان از یک معادله برای رقم‌های فرانسه و برکت، فاصله بین ردیف‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌های ۸ و ۱۵سانتی‌متر برای رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ، وزن خشک کل بوته استفاده کرد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه سطح برگ سبز بوته با وزن خشک برگ سبز و تعداد گره در ساقه دارای ضریب تبیین بالاتر و همچنین جذر میانگین مربعات کوچک‌تری نسبت به صفات دیگر بود. از آنجایی که رابطه سطح برگ سبز با وزن خشک برگ سبز در بوته دارای ضریب تبیین بالاتر و همچنین جذر میانگین مربعات کوچک‌تری نسبت به تعداد برگ در ساقه بود، پیشنهاد می‌شود از رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ (رابطه دوتکه‌ای) برای برآورد سریع و آسان سطح برگ در مواقعی استفاده شود که دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ در دسترس نیست. همچنین در مدل‌های شبیه‌سازی باقلا نیز می‌توان با دقت کافی از این رابطه به منظور پیش‌بینی سطح برگ باقلا استفاده کرد.

منابع

1. Akramghaderi, F., and Soltani, A. 2007. Leaf area relationships to plant vegetative characteristies in cotton (*Gassypium hirsutum* L.) grown in a temperate subhumid environment. International Journal of Plant Production 1: 6371.
2. Bafkar, A., Boromand, S., Behzad, M., and Farhadi, B., 2011. Predict production potential of grain corn in Mahidasht Kermanshah 704 C using a simulation model of crop growth WOFOST. Iranian Journal of Field Crop Science 42(4): 4555. (In Persian with English Abstract).
3. Bakhshande, A., Soltani, A., Zainali, A., Kalatearabi, M., and Ghadirian, R. 2011. Evaluation of allometric relationships leaf area and plant growth components in durum and bread wheat varieties. Iranian Journal of Crop Sciences 13(4): 5587. (In Persian with English Abstract).
4. Cavero, J., Farre, I., Debaeke, Ph., and Faci, J.M. 2000. Simulation of maize yield under water stress with the EPIC phase and CROPWAT models. Agronomy Journal 92: 679-690.
5. Chen, J.M., Pavlic, G., Brown, L., Cihlar, J., Ieblanc, S.G., White, H.P., Hall, R.J., Peddle, D.R., King, D.J., Trofymow, J.A., Swift, E., Van der Sanden, J., and Pellikka, P.K.E. 2002. Derivation and validation of Canada wide coarse resolution leaf area index maps using highresolution satellite imagery and ground measurements. Remote Sensing of Environment 80: 165184.
6. Ewert, F. 2004. Modelling plant responses to elevated Co_2: How important is leaf area index. Annals of Botany 93: 619-627.
7. Ghadirian, R., Soltani, A., Zeinali, E., Kalateh Arabi, M., and Bakhshandeh, E. 2011. Evaluating non linear regression models for use in growth analysisof wheat. Iranian Journal of Plant Production 4(3): 55-77.
8. Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State Univ. Press, Ames, USA.
9. Hammer, G.L., Carberry, P.S., and Muchow, R.C. 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. Field Crops Research 33: 293-310.
10. Johnson, R.E. 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. Agronomy Journal 59: 493-494.
11. Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., and Baret, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. I: Theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Meteorology 121: 1935.
12. Kumudini, S., Hume, D.J., and Chu, G. 2001. Genetic improvements in short season soybeans I. Dry matter accumulation, partitioning and leaf area duration. Crop Science 41: 391-398.
13. Lieth, J.H., Reynolds, J.F., and Rogers, H.H. 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. Field Crops Research 13: 193-203.
14. Lockwood, J.G. 1999. Is potential evapotranspiration and its relationship with actual evapotranspiration sensitive to elevated atmospheric Co_2 levels? Climatic Change 41: 193-212.
15. Ma, L., Gardener, F.P., and Selamat, A. 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. Crop Science 32: 467-471.
16. Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., Raeisi, S., and Najafi, R. 2013. Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in soybean. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 6(16): 1127-1136.
17. Niklas, K.J. 1995. Plant height and the properties of some herbaceous stem. Annals of Botany 75: 133-142.
18. Payne, W.A., Went, C.W., Hossner, L.R., and Gates, C.E. 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. Agronomy Journal 83: 937-941.
19. Pengelly, B.C., Muchow, R.C., and Blamey, F.P.C. 1999. Predicting leaf area development in response to temperature in three tropical annual forage legumes. Australian Journal of Agricultural Research. 50: 253-259.

20. Rahemi, A., Soltani, A., Poorreza, J., Zainali, A., and Sarparst, R. 2006. Allometric relationships between leaf and vegetative traits in pea plants. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(5): 3344. (In Persian with English Abstract).
21. Retta, A., Armbrust, D.V., Hagen, L.J., and Skidmore, E.L. 2000. Leaf and stem area relationship to masses and their height distributions in native grasses. Agronomy Journal 92: 225-230.
22. Sharratt, B.S., and Baker, D.G. 1986. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Science 26: 1040-1043.
23. Shih, S.F., Gascho, G.J., and Rahi, G.S. 1981. Modeling biomass production of sweet sorghum. Agronomy Journal 73: 1027-1032.
24. Sinclair, T.R. 1984. Leaf area development in fieldgrown soybeans. Agronomy Journal 76: 141-146.
25. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy for wheat production in atemperate sub humid environment: experimentaion and simulation. Field Crops Research 77: 1730.
26. Soltani, A., Hammer, G.L., Trabi, B., Robertson, M.J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: phenological development. Field Crops Research 99: 113.
27. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Zaeinali, E. 2011. Analyzing the Wheat Yield Constraints in Gorgan with a Simulation Model and Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach. Ph.D. Thesis Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources. 225 p. (In Persian with English Abstract).
28. Tsialtas, J.T., and Maslaris, N. 2008. Leaf allometry and prediction of specific leaf area (SLA) in a sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Photosynthetica 46: 351-355.
29. Waggoner, P.E., and Berger, R.D. 1987. Defoliation, disease, and growth: A reply. Phytopathology 77(11): 1495-1497.
30. Zainali, A., Soltani, A., Torani, M., and Khadempir, M. 2013. Study allometric relationships between leaf area and plant growth components in the Faba Bean. Journal of Plant Production. 4: 1844. (In Persian with English Abstract).
31. Zainali, A., Soltani, A., and Khadempir, M. 2016. Investigating the Alometric Relationships between leaf area and some of vegetative characteristics in SC704 corn hybrid. Iranian Journal of Field Crops Research. 14(2): 354-368. (In Persian with English Abstract).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 66-80

The relationship between leaf area and vegetative characteristics in Barecat and French faba bean cultivars

Eslami[1], M.K., Zeinali[2], E., Soltani[3], A. & Khadempir[4*], M.

1. MSc. Graduate, Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
eslami@yahoo.com
2. Associate Professor, Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
zainali11@yahoo.com
3. Professor, Crop Modeling, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
soltani@yaoo.com
4. Ph.D. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

Received: 7 October 2016
Accepted: 21 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.58498

Introduction

Since the leaves are the main source of production of photosynthetic substances in plants, dry matter production and crop yield potential is largely depend on the leaf surface, and many environmental changes affect growth and yield through changes in leaf area. Hence, green leaf area per plant and leaf area index measure in almost all studies of crop physiology to understand the mechanism of yield alteration. However, measurement of leaf area compared with other traits such as plant height and total plant dry weight is very difficult, precise instruments and spend more time and cost. Therefore, according to the allometric relationships in plants, extensive studies were done to find the relationship between leaf area and other plant traits that their measurement is easier, faster and cheaper, and does not require expensive equipment. Allometric relationships in plants reveal changes in the growth of an organ of plant than to all or another part or organ of plant. The leaf area in plant as main source of photosynthetic substances closely associated with the growth and yield. Thus, it is usually measured for justifying variations of the growth and yield. Due to the difficulty, timeconsuming and requires devices to measure leaf area, an alternative approach for measuring the leaf area is the use of allometric relationships between leaf area and traits that their measuring is easy and quick and requires no expensive equipment. This study aimed to obtain the allometric relationships between green leaf area and a number of vegetative attributes such as number of leaves per main stem, green leaf dry weight, total dry weight of vegetative parts of plant. Allometric equations was used successfully to calculate leaf area in various crops such as cotton, wheat, chickpea, faba bean, peanuts, soybean and sweet sorghum. The effects of three factors cultivar, inter and intrarow spacing on the allometric relationships were examined.

Materials & Methods

This experiment was conducted using two cultivars of faba bean (a conventional, Barecat and a new cultivar, French), three interrow spacing (25, 50 and 75 cm) and two intrarow spacing (8 and 15 inches) in

*Corresponding Author: m.khadempir87@yahoo.com

a randomized complete block design with 4 replications in the farm of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during 20102011 growing season. Sampling to measure the green leaf area and leaf dry weight and other vegetative traits during the growing season was carried out with intervals of 7 to 15 days (depending on the temperature and rate of plant growth). Different mathematical functions were fitted to the data to obtain allometric relationships. To compare the accuracy of the equations, coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE) were used. Higher coefficient of determination, and lower coefficient of variation and root mean square error reflects the higher accuracy of the equation to describe allometric relationships.

Results & Discussion

According to the results of this experiment, the relationship between leaf area and leaf dry weight and total plant dry weight in faba bean was not affected by cultivar, inter and intrarow spacing, statistically. Thus, an equation was fitted to leaf area data against leaf dry weight or total plant dry weight in all treatment (both cultivars and all inter and intrarow spacing). Also, results of this study showed that the relationship between green leaf area and leaf dry weight as well as number of nodes per main stem has higher coefficient of determination (0.98 for green leaf dry weight, and 0.98 and 0.95 for node number per main stem in 8 and 15 cm intrarow spacing, respectively) and lower the root mean square (1.05 for green leaf dry weight, and 1.08 and 1.064 for node number per main stem in 8 and 15 cm intrarow spacing, respectively) than other traits.

Conclusion

Since the relationship between green leaf area and green leaf dry weight per plant had a higher coefficient of determination (0.98) as well as smaller root mean square (1.05) than other traits including leaf number per main stem, as well as the ease of measuring the green leaf dry weight, it is suggested that the relationship between leaf area and leaf dry weight (a segmented relationship) is used to estimate green leaf area during the growing season in faba bean. Also, this relationship can be used to predict faba bean leaf area with sufficient accuracy in the simulation models.

Keywords: Allometric relationships, Faba bean, Leaf area, Leaf dry weight, Plant height

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۳۹۷، صفحۀ ۹۹-۸۱

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 81-99
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.56126

تأثیر باکتری‌های مزورایزوبیوم، تیوباسیلوس وگوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) و برخی پارامترهای خاک

سکینه دستورانی[1]، شاهین شاهسونی[2]* و شاهرخ قرنجیک[3]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد خاک‌شناسی دانشگاه صنعتی شاهرود، dastorani.sakine@gmail
۲- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود
۳- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، gharanjik@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۶

چکیده

مطالعۀ حاضر به منظور ارزیابی تأثیر کاربرد باکتری‌های ریزوبیوم، تیوباسیلوس و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم هاشم انجام شد. این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در ۱۲کیلومتری شهرستان جغتای در فروردین‌ماه سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل باکتری‌های مزورایزوبیوم در سه سطح، عدم تلقیح (Meso0)، تلقیح با مزورایزوبیوم سویه سیسری استرین اماس۱۹۰(Meso1) و تلقیح با مزورایزوبیوم سیسری (*Mesorhizobium ciceri*) استرین اماس۹(Meso2) و تیوباسیلوس در دو سطح، تلقیح (T1) و عدم تلقیح (T0) و گل گوگرد (S) در سه سطح (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰کیلو گرم در هکتار) به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که سه عامل بالا تأثیری بر طول ساقه، وزن ریشه، تعداد غده در ریشه و نیتروژن خاک نداشت، اما مزورزوبیوم سویه سیسری استرین اماس۱۹۰ تأثیر مثبتی روی طول ریشه (۲۰درصد) و عملکرد نخود (۱۸درصد) داشت. برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته و عملکرد در هکتار و درصد پروتئین تأثیر مثبتی داشت و در بین مزورایزوبیوم‌ها، مزورایزوبیوم سویه استرین اماس۱۹۰ نسبت به مزورزوبیوم سویه استرین اماس۹ تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد داشت (۱۱۴۶/۷۳کیلوگرم در هکتار). همچنین نتایج نشان داد که استفاده از کودهای زیستی (مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس) موجب افزایش غلظت عناصر غذایی از جمله پتاس، فسفر و گوگرد در خاک شد. برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس و همچنین گوگرد و مزورایزوبیوم، به ترتیب فسفر قابل‌جذب خاک را به میزان ۵۵ و ۵۳درصد افزایش داد. در بررسی اثر کودهای زیستی بر خصوصیات شیمیای خاک مشخص شد که برهمکنش هر سه عامل آزمایشی بر EC ،pH و گوگرد خاک مثبت بود. استفاده از کودهای زیستی (مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس) باعث بهبود صفات زراعی نخود و خصوصیات شیمیایی خاک شد.

واژه‌های کلیدی: باکتری مزورایزوبیوم، تیوباسیلوس، گوگرد، نخود

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) به عنوان یک محصول کم هزینه در سیستم‌های زراعی مناطق گرمسیری نیمه‌خشک کشت می‌گردد (Majnon Hossaini, 2007). این گیاه به خاطر قابلیت سازگاری با طیف وسیعی از شرایط محیطی و خاک از قبیل اراضی حاشیه‌ای برای کشت دیگر محصولات مثل گندم حایز اهمیت می‌باشد. حدود ۲۴ تا ۳۴درصد وزن دانه‌های حبوبات را پروتئین تشکیل می‌دهد که این میزان دو تا سه‌برابر پروتئین غلات و ۱۴ تا ۲۴برابر بیشتر از پروتئین گیاهان غده‌ای است. کودهای زیستی، با افزایش برهمکنش دستیابی به سیستم پایدار و تولید محصولی با کیفیت بالا زراعت نخود را تسهیل می‌نماید. ریزوبیوم‌ها به‌دلیل توان تثبیت نیتروژن، افزایش فرم قابل‌جذب برخی عناصر غذایی و توان تولید عوامل محرک رشد گیاه و همچنین به علت تکنولوژی تولید انبوه مایه تلقیح، به‌عنوان کود زیستی محرک رشد گیاه شناخته شده‌اند (Besharati & Saleh Rastein, 1999). تحقیقات نشان داده است استفاده از هر یک از کودهای زیستی (شامل کود مزورزوبیوم و میکوریزا) موجب افزایش عملکرد دانه نخود و افزایش غلظت‌های روی و فسفر شد (Khosrojerdi *et al*., 2013). تلقیح دانه‌های نخود با ریزوبیوم باعث افزایش گره

*نویسنده مسئول: shahsavani2001@yahoo.com

زایی، جذب نیتروژن، رشد و عملکرد نخود می‌گردد. باکتری مزورایزوبیوم سیسری (*Mesorhizobium ciceri*) یکی از انواع گونه‌های ریزوبیوم است. این باکتری همزیستی مؤثری با نخودهای یکساله برقرار می‌کند و می‌تواند ۶۰ تا ۹۰درصد نیتروژن گیاه را از اتمسفر به‌دست آورد. گوگرد به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری برای گیاهان و همچنین به‌عنوان ماده تولیدکننده اسید در خاک می‌تواند با اصلاح واکنش خاک شرایط را برای رشد ارقام سویا و تثبیت نیتروژن فراهم کند (Malakouti, 2004). گوگرد در ساختمان آنـزیم نیتروژنـاز نقـش داشته و از طریق تأثیر بر متابولیـسم گیـاه، موجـب افـزایش جـذب نیتروژن مولکـولی توسـط گره‌های ریـشه ای و همچنـین افـزایش روغـن در لگوم‌های روغنی (نظیر سویا) مـی‌گـردد. در یک تحقیق، برای بررسی برهمکنش تغذیه گـوگرد بر ترکیبات غذایی سویا در شرایط گلدانی، مقادیر متفاوت فسفر و گوگرد برای گیاه تأمین شد. نتایج نشان داد که غلظت نیترات در گیاه با ازدیاد میزان گوگرد افزایش یافت (Yadegari, 2001). یکی از مهم‌ترین خصوصیات گوگرد دارابودن درجات مختلف اکسیداسیون می‌باشد. بدین ترتیب علاوه بر ارزش تغذیه‌ای و در نتیجه تأمین سولفات مورد نیاز گیاه (Tabatabai, 1986) به‌دلیل اکسیدشدن و تولید اسیدسولفوریک توانایی لازم برای کاهش اسیدیته خاک را (حداقل در مقیاس کوچک اطراف ریشه‌ها) نیز دارا می‌باشد. اکسیدشدن گوگرد عنصری، به‌وسیله تعداد بی‌شماری از باکتری‌های جنس تیوباسیلوس صورت می‌گیرد که پنج گونه از آن‌ها در بیشتر خاک‌ها مشاهده شده است.

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کمبود گوگرد به‌میزان متوسط، عملکرد را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دورۀ پُرشدن دانه کاهش می‌دهد، این تأثیر دیرهنگام ناشی از کمبود گوگرد می‌تواند نتیجه تحرک زیاد گوگرد در خاک و انتقال مجدد اندک گوگرد در گیاه باشد. لذا فراهمی گوگرد در گیاه می‌تواند بر پُرشدن دانه و افزایش عملکرد اقتصادی آن تأثیرگذار باشد (Amani *et al.*, 2007). باکتری تیوباسیلوس به‌عنوان یک اکسیدکننده مهم گوگرد در خاک باعث افزایش چشمگیر میزان سولفات در خاک می‌شود (Zeng, 1996). در بررسی تأثیر برهمکنش گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز در گیاه کلزا در شرایط گلخانه ای افزایش عملکرد ایجاد شد (Kochakzadeh & Malakoti, 2001). هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر باکتری‌های مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس وگوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود و برخی پارامترهای خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان جغتای در موقعیت جغرافیایی شمال‌شرق کشور و غرب استان خراسان رضوی و شمال غرب شهرستان سبزوار بین ۵۶:۳۶ درجه تا ۵۷:۱۶ درجه طول جغرافیایی و ۲۶:۲۵ درجه تا ۳۶:۵۳ درجه عرض جغرافیایی اجرا شد. بر اساس تقسیم‌بندی های اقلیمی منطقه جغتای دارای آب و هوایی گرم و نیمه خشک می‌باشد. میانگین بارش درسال ۹۳-۱۳۹۲، ۲۱۱/۲ میلی‌متر بود. سردترین دمای سال، ۱۴/۲درجه سانتی‌گراد زیر صفر (در ماه‌های دی و بهمن) و گرم‌ترین دمای سال از اواخر اردیبهشت تا اواخر مردادماه با ۴۵درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالانه ۱۱/۲درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نتایج برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول۱ آورده شده است.

این تحقیق در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و با ۱۸تیمار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش، شامل گوگرد در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار)، باکتری تیوباسیلوس (در دو سطح، عدم تلقیح و تلقیح تیوباسیلوس نئوپاروس استرین تی‌بی۹۳) و باکتری مزورایزوبیوم سیسری در سه سطح) عدم تلقیح، تلقیح با مزورایزوبیوم سیسری استرین اماس۱۹۰ و تلقیح با مزورزوبیوم سیسری استرین امس۹) بود. کرت‌ها به ابعاد ۲×۴ متر و دارای سه خط کاشت بود. فاصلۀ بین خطوط کشت ۶۰سانتی‌متر، روی خطوط ۲۰سانتی‌متر، بین کرت‌ها ۶۰سانتی‌متر و بین دو تکرار، یک‌متر درنظرگرفته شد. مایه تلقیح باکتری (تهیه‌شده از شرکت زیست‌فناور توران شاهرود) به میزان یک کیلوگرم برای۲۰کیلوگرم بذر نخود در هکتار به صورت بذرمال به‌کار رفت. ابتدا بذور با مادۀ تلقیحی مخلوط گردیدند و بعد از خشک شدن نسبی مواد تلقیحی سطح بذور در سایه، بذور سریعاً کشت شدند. علاوه بر آب باران، آبیاری هر ۱۴روز صورت گرفت. مبارزه با علف‌های‌هرز مزرعه، به‌صورت وجین دستی انجام شد. در این آزمایش، هیچ‌گونه آفت و بیماری مشاهده نشد. اوایل تیرماه، بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه قطع گردیده و توسط پاکت‌های مخصوص نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل شده و درون آون با دمای ۷۲درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ساعت قرار داده شدند. شایان ذکر است که برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، با احتساب حذف حاشیه از ابتدا و انتهای کرت، از مساحت یک مترمربع استفاده شد. برای تبدیل درصد نیتروژن به پروتئین، از ضریب تبدیل پروتئین ۶/۲۵ استفاده شد (Erman *et al.*, 2011). همچنین برای اندازه‌گیری طول ریشه، از هر ۱۰بوته انتخابی در هر کرت طول ریشه با شستن ریشه‌ها در آب مقطر

اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آن‌ها درنظرگرفته شد. در بررسی خصوصیات شیمیایی خاک، پتاسیم قابل جذب به روش Aliehyaei & Behbehani (1994)، فسفر قابل دسترس به روش Olsen *et al*, (1954)، نیتروژن کل با دستگاه کجلدال Chapman & Pratt (1961) و کربن آلی خاک به روش Walkley & Black (1934) اندازه‌گیری شدند. هدایت الکتریکی (EC) و مقدار pH در سوسپانسیون ۱:۲ آب به خاک مورد سنجش قرار گرفت(Chapman & Pratt, 1961). تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1. Physico-chemical properties of used soil

عمق Depth (cm)	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی Ec (ds m^{-1})	درصد اشباع Sp (%)	کربن آلی O.C (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل‌جذب Avail. P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل‌جذب Avail. K (mg kg^{-1})	کلاس بافت خاک Soil texture
0-30	7.69	0.53	41.9	0.95	0.09	5.8	558	Si – L

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تیمارها تفاوت معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشت. Afshari (2013) اظهار داشت که سویه‌های مختلف ریزوبیوم و باکتری محرک رشد گیاه بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. دور از انتظار نیست که در برخی موارد وضعیت مواد غذایی خاک اثر چشمگیری بر این صفت نداشته باشد.

تعداد غلاف در بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر اصلی گوگرد در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری (۲۰درصد) بر تعداد غلاف در بوته داشت. گوگرد تأثیر مثبتی روی تعداد غلاف در بوته داشت که نتایج به‌دست‌آمده با نتایج سایر محققان همخوانی دارد. Solemani & Asgharzadeh (2010) اظهار داشتند که مصرف سولفات روی، تفاوت معنی داری در تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد ایجاد نمود.

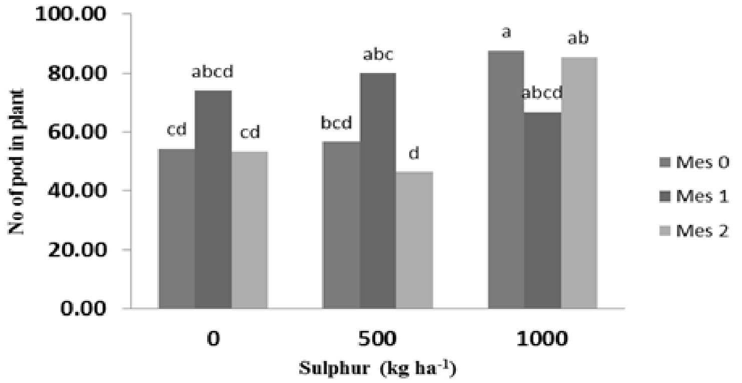
مقایسه میانگین برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد در هکتار، با ۶۱درصد افزایش نسبت به شاهد بود (شکل ۱). گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای خود از طریق اصلاح pH و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی گیاه می‌تواند موجب افزایش رشد و تثبیت نیتروژن و در نتیجه افزایش رشد در گیاه شود و کمترین تعداد مربوط به تیمار کاربرد مزورایزوبیوم سیسری استرین اماس۹ و گوگرد در سطح ۵۰۰کیلوگرم در هکتار بود که باعث کاهش ۱۵درصد تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد گردید که ممکن است به‌خاطر کاربرد مزورایزوبیوم سیسری (Meso2) بوده باشد.

طول ریشه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات اصلی و برهمکنش تیمارها به‌جُز اثر اصلی باکتری مزورایزوبیوم بر طول ریشه معنی‌دار نبود و کاربرد مزورایزوبیوم در سطح احتمال ۵درصد باعث تفاوت معنی‌دار بر طول ریشه گردید. مقایسه میانگین اثر مزورایزوبیوم بر طول ریشه (شکل ۲) نشان داد بین دو سویه باکتری اختلاف معنی‌دار از لحاظ تأثیر بر این صفت وجود نداشت و استفاده از هر دو سویه باکتری مزورایزوبیوم باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه گردید و بیشترین مقدار طول ریشه مربوط به تیمار مزورایزوبیوم سیسری استرین اماس۱۹۰ بود که در مقایسه با شاهد ۲۰درصد طول ریشه افزایش یافت. تحقیقی نشان داده است که باکتری های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن جو و متعادل‌کردن جذب عناصر پُرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان شد و با محافظت از ریشه‌ها در برابر عوامل بیماری‌زای خاکزی موجب افزایش محصول گردید (Karimi *et al*., 2013).

وزن ریشه

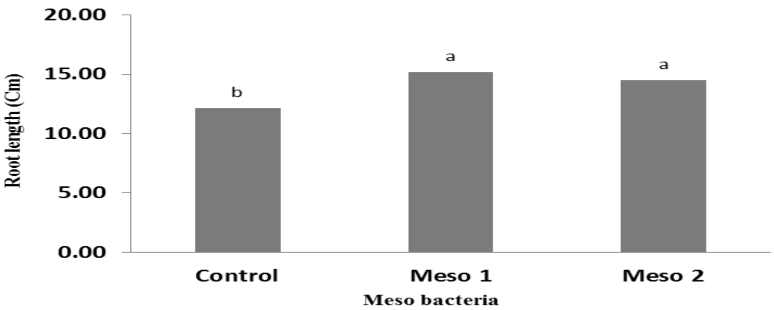
جدول تجزیه واریانس نشان داد، که اثر اصلی تیمارها بر وزن ریشه معنی‌دار نبود، اما برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس در سطح ۵درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). احتمالاً دلیل آن، اکسایش گوگرد از طریق کاهش pH و افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی است که می‌تواند موجب بهبود رشد و عملکرد پنبه شود (Bao, 1998).



شکل ۱- برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته

Fig. 1. Interaction effect of sulphur and Mesohrizobium on No of pod per plant

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹



شکل ۲- تأثیر مزورایزوبیوم بر طول ریشه

Fig. 2. Mesorhzobium effect on root length

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹

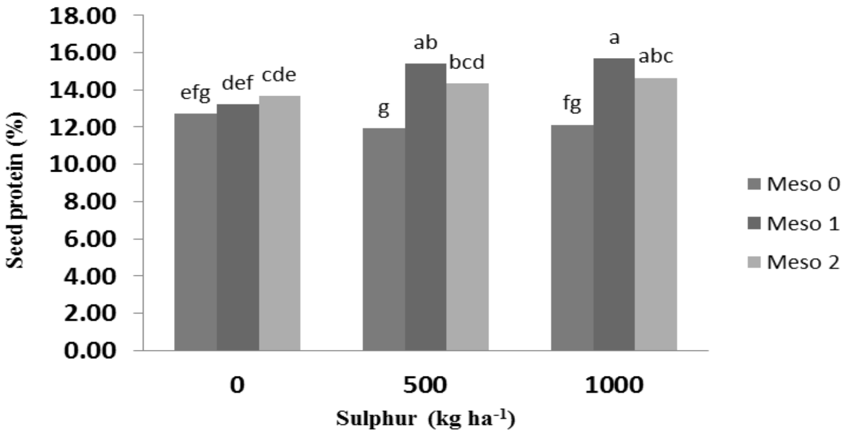
پروتئین دانه

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی تیمارهای گوگرد و باکتری، همچنین برهمکنش گوگرد و باکتری مزورایزوبیوم، برهمکنش گوگرد با باکتری مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس، تفاوت معنی‌داری در سطح یک‌درصد بر صفت مذکور داشت. Naderi & Erfani (2007) گزارش نمودند که تأثیر گوگرد بر میزان پروتئین و وزن ۱۰۰۰دانه مثبت بود، اما ارتفاع بوته تحت تأثیر مصرف گوگرد قرار نگرفت. گیاهان به گوگرد به‌عنوان یک ماده غذایی مهم نیـاز دارند. گوگرد در ساختمان پروتئین و اسیدهای آمینه به‌کار می‌رود. نقش گوگرد در گیاهان، به‌طور عمده ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. به‌طور کلـی گوگرد در تشکیل کلروفیل و تشکیل آنزیم نیتروژناز دخالت داشته و از تجمع نیترات جلوگیری می‌کند (Erman *et al.*, 2011). مطالعات بین فعل و انفعالات گوگرد و نیتروژن در گندم در سطح عملکرد نشان داد که گوگرد یک ترکیب ضروری برای آنزیم های درگیر در متابولیسم نیتروژن، آنزیم نیترات ردوکتاز و نیتریت ردوکتاز است و کمبود آن منجر به کاهش جذب نیتروژن و تجمع نیترات در گیاهان می‌شود (Kaplan & Orman, 1998؛ Mendel, 1997).

مقایسه میانگین برهمکنش گوگرد با کاربرد ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار و مزورایزوبیوم سیسری۱۹۰، نسبت به شاهد، ۱۸درصد افزایش پروتئین داشت (شکل ۳).

Khosrojerdi *et al*, (2013) نشان دادند که کاربرد ریزوبیوم و کود سولفات آهن بر عملکرد دانه، غلظت آهن، روی و درصد پروتئین در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد. این امر با توجه به تأثیر فراهمی مواد غذایی در رشد گیاه قابل توجیه است. کودهای زیستی میکروارگانیسم‌هایی هستند که قادرند عناصر غذایی را از شکل نامحلول به شکل قابل استفاده تبدیل کنند. از آنجا که گوگرد جزء ساختمان پروتئین می‌باشد،

باکتری تیوباسیلوس باعث می‌شود که گوگرد به سولفات تبدیل شده و قابل جذب گیاه شود و همچنین مزورایزوبیوم نیتروژن هوا را به نیتروژن قابل جذب برای گیاه تبدیل می‌کند و این تبدیل در یک پروسه زیستی انجام می‌گیرد، که با فراهم‌شدن مواد غذایی کیفیت و کمیت محصول بیشتر می‌شود.



شکل ۳- برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم بر درصد پروتئین دانه

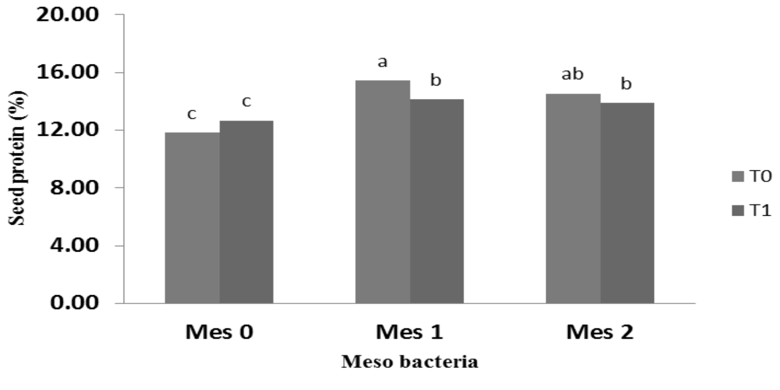
Fig. 3. Interaction effect of sulphur and mesorhizobium on seed protein percent

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین ام‌اس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین ام‌اس۹

بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به تیمار مزورایزوبیوم بود که نسبت به شاهد، ۱۷درصد باعث افزایش پروتئین در دانه نخود گردید.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر متقابل تیوباسیلوس و باکتری مزورایزوبیوم بر پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (شکل ۴).

Chand & Garg (2011) نشان دادند که کاربرد توأم قارچ میکوریز و ریزوبیوم سبب افزایش عملکرد دانه و غلظت در میزان پروتئین و گوگرد دانه شد. برهمکنش تیوباسیلوس و مزورزوبیوم نشان می‌دهد که اضافه‌کردن تیوباسیلوس و مزورزوبیوم، سبب افزایش ۹درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید. تیوباسیلوس به‌تنهایی نتوانست باعث افزایش پروتئین دانه گردد، ولی به‌همراه باکتری مزورایزوبیوم باعث افزایش پروتئین دانه شد (Solemani & Asgharzadeh, 2010). تلقیح بذور با مزوریزوبیوم باعث افزایش رشد ریشه شد که همین امر باعث افزایش جذب عناصر غذایی بیشتر و در نهایت افزایش پروتئین دانه گردید (Afshari, 2013).



شکل ۴- اثر متقابل مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس بر درصد پروتئین دانه

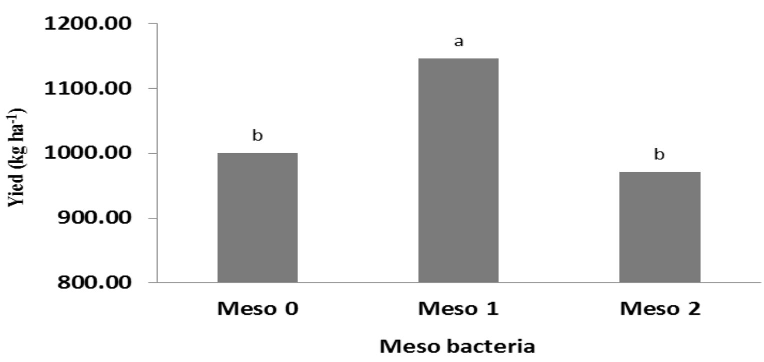
Fig. 4. Interaction effect of mesorhizobium and thiobacillus on seed protein percent

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین ام‌اس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین ام‌اس۹

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سویه‌های مختلف ریزوبیوم بر عملکرد دانه در سطح ۱درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های سطوح مختلف مزورایزبیوم نشان داد بالاترین عملکرد دانه (۱۱۴۶/۷۳کیلوگرم در هکتار) مربوط به سطح مزورایزبیوم سیسیری۱۹۰ و کمترین عملکرد (۹۷۱/۰۷کیلوگرم در هکتار) مربوط به سطح مزورایزوبیوم سیسری۹ بود که با شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵). Saini *et al*, (2004) اظهار داشتند که تلقیح بذر با باکتری سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی نخود شد. Sogut (2006) در بررسی تأثیر کود نیتروژن و تلقیح با باکتری رایزوبیوم بر ارقام مختلف سویا گزارش کرد تلقیح با باکتری رایزوبیوم در مقایسه با کاربرد ۷۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار در بهبود عملکرد کمّی و کیفی سویا مؤثرتر است. Shrivastava *et al*, (2000) در بررسی اثر تلقیح با باکتری رایزوبیوم بر روی سویا گزارش کردند که تلقیح با رایزوبیوم سبب افزایش ۸درصدی عملکرد سویا در مقایسه با کاربرد معمول کود شد. اثرات تشدیدکنندۀ رشد گیاهانی که با باکتری ریزوبیوم تلقیح شده‌اند، به‌دلیل تولید فیتوهورمون، محدودشدن رشد قارچ‌های پاتوژن، تثبیت نیتروژن مولکولی افزایش کارآیی منابع نیتروژن‌دار و سایر عناصر غذایی، تولید و ترشح سیدروفورها و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های محیطی بوده‌اند و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (Flavio *et al*., 2007).

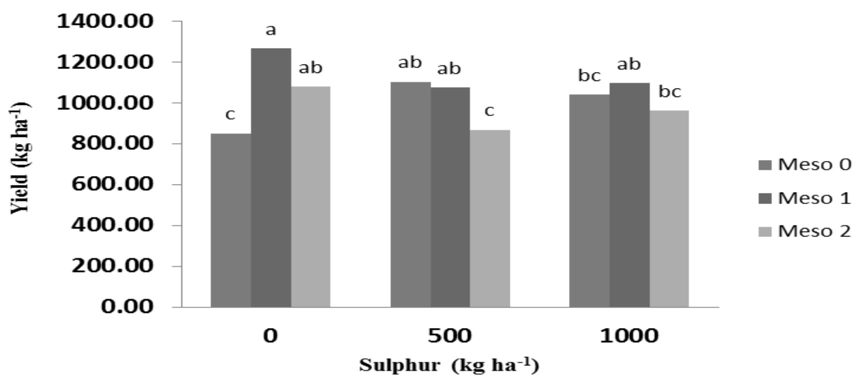
مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف گوگرد و مزورزوبیوم (شکل ۶) نشان داد که بالاترین عملکرد دانه مربوط به سیسری استرین اماس۱۹۰ به مقدار ۱۲۶۸کیلوگرم در هکتار با ۴۹درصد افزایش عملکرد بود. باکتری‌ها موجب افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده گردیده و در مرحله پُرشدن دانه‌ها، اسیمیلات بیشتری به دانه‌ها انتقال یافته و منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. گوگرد برای رشد و نمو گیاهان ضروری است. این عنصر باعث تحریک دانه می‌شود. با افزایش گوگرد، جذب عناصر غذایی افزایش یافت و در نتیجه عملکرد افزایش یافت (Togay *et al*., 2008). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد نخود در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که واکنش نخود در سطوح مختلف گوگرد به تلقیح با تیوباسیلوس مشابه نبود و در سطح عدم کاربرد گوگرد، نخود به تلقیح تیوباسیلوس واکنش منفی داشت؛ اما زمانی که گوگرد استفاده شد، تلقیح با باکتری سبب افزایش عملکرد گردید. باکتری تیوباسیلوس باعث اکسایش گوگرد شده و اسید سولفوریک تولیدشده، باعث انحلال کربنات‌ها و بی کربنات‌ها و قابل‌دسترس‌نمودن عناصر غذایی گردیده و در نهایت عملکرد بیشتری حاصل می‌شود. اکسایش گوگرد در خاک عمدتاً به‌صورت زیستی و توسط ارگانیسم‌های مختلف ازجمله باکتری جنس تیوباسیلوس صورت می‌گیرد. سطوح گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس و نیز اثرات متقابل آن با تیوباسیلوس قادر است با ۵۰درصد از مواد خنثی‌شونده خاک واکنش نشان دهد (Besharati & Saleh Rastein, 1999; Falahatgar *et al*., 2011). در بررسی تأثیر مقادیر مختلف گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس بر عملکرد ماده خشک، میزان کلروفیل و جذب آهن بر روی بخش هوایی در دو رقم سویا افزایش نشان داد. افزایش سطوح گوگرد و تلقیح تیوباسیلوس باعث کاهش pH خاک شده و در نتیجه جذب عناصر غذایی افزایش یافته و این باعث افزایش عملکرد می‌شود.



شکل ۵- اثر اصلی مزورایزوبیوم بر عملکرد دانه

Fig. 5. Main effect of Mesorhzibum on chickpea yield

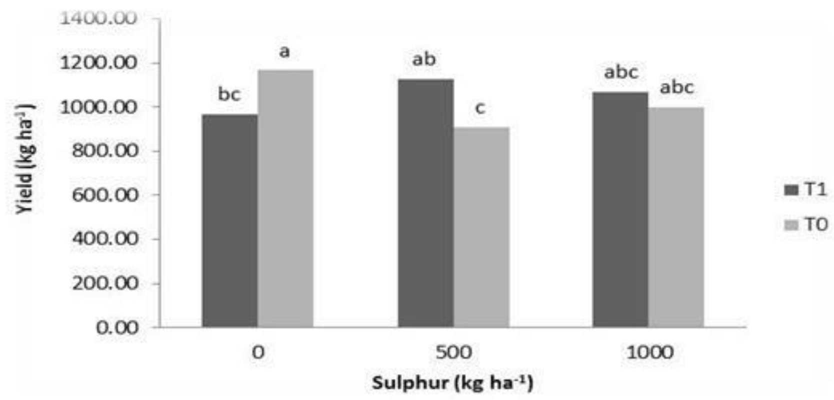
Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹



شکل ۶- برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم بر عملکرد نخود

Fig 6. Interaction effect of sulphur and mesorhizobium on chickpea yield

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹



شکل ۷- اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد نخود

Fig 7. Interaction effect of sulphur and Thiobacillus on chickpea yield

T0: عدم کاربرد باکتری تیوباسیلوس؛ T1: کاربرد باکتری تیوباسیلوس

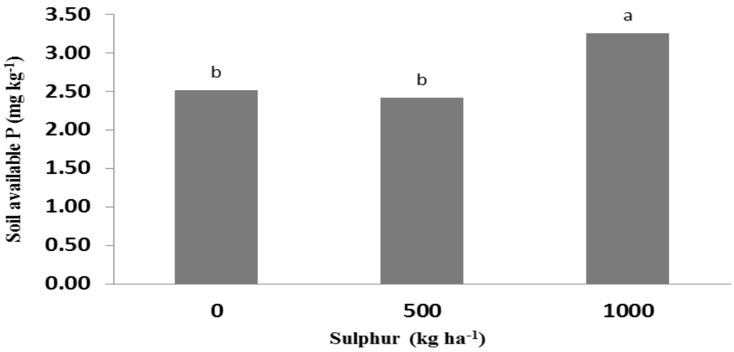
صفات مورد اندازه‌گیری خاک

گوگرد خاک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد باکتری تیوباسیلوس همراه با گوگرد، باعث افزایش گوگرد قابل جذب گردید و در سطح احتمال یک‌درصد اختلاف معنی داری نشان داد. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Besharati & Saleh Rastein, 1999). در بیشتر موارد، افزایش مقادیر گوگرد و کود زیستی تیوباسیلوس باعث افزایش عملکرد و همین‌طور غلظت و جذب عناصر توسط گیاه شد و این نتایج بیانگر اثر مثبت افزودن این کودها بود. مقایسه میانگین برهمکنش نشان داد که بیشترین عملکرد در برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس مربوط به کاربرد ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد همراه با تیوباسیلوس نسبت به شاهد بود که باعث افزایش ۲۶درصدی عملکرد دانه گردید (Kaplan & Orman, 1998).

فسفات خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر ساده تیمارهای گوگرد، باکتری مزورایزوبیوم، همچنین برهمکنش گوگرد و باکتری مزورایزوبیوم، گوگرد، تیوباسیلوس و مزورایزوبیوم، روی قابلیت جذب فسفر خاک در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار گردید. Kaplan & Orman (1998) نتیجه گرفتند که جذب فسفر توسط لوبیا با افزایش مقدار گوگرد افزایش یافت. مقایسه میانگین سطوح مختلف گوگرد نشان داد که بیشترین فسفر قابل جذب مربوط به کاربرد ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد در هکتار بود (شکل ۸). به‌دلیل این‌که گوگرد pH خاک را کاهش داده و فسفر که در خاک های آهکی به‌صورت تِری و دی‌کلسیم فسفات تثبیت شده، به فرم فسفات قابل جذب تبدیل شد.

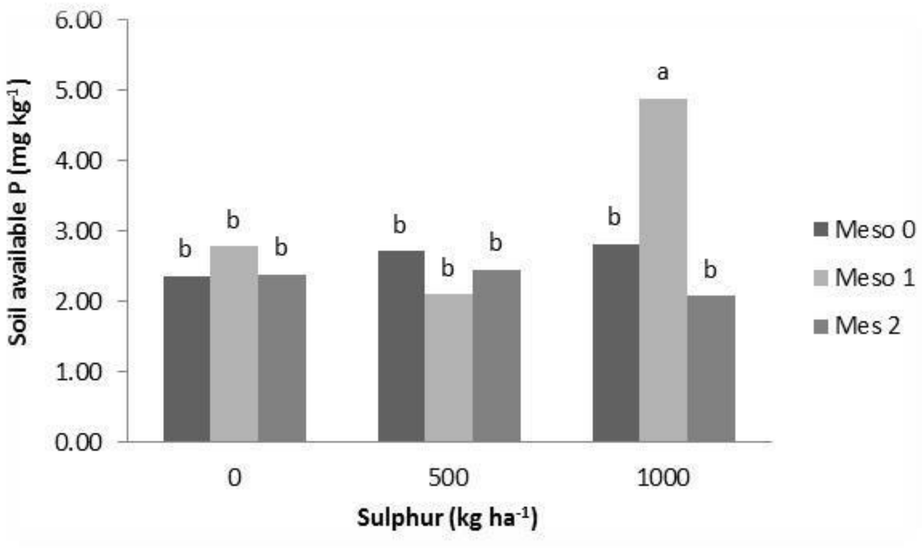


شکل ۸- تأثیر گوگرد بر فسفر قابل جذب

Fig. 8. Sulphur effect on soil available phosphorus

در تحقیقی که توسط Daneshi *et al*, (2005) بر روی نخود انجام گرفت، جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر و پتاسیم در تیمارهای ریزوبیوم بیشتر از سایر تیمارها بود و اختلاف معنی‌دار در سطح یک‌درصد در بین تیمارها وجود داشت. Al-Karaki (2006) نیز گزارش کرد که تلقیح بذر گوجه‌فرنگی با گلوموسه باعث افزایش ماده خشک ریشه، اندام هوایی و همچنین غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس شد. در گیاه نخود با تلقیح گلوموسه جذب فسفر، تعدادگره‌ها، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و فعالیت نیتروژناز افزایش یافت.

مقایسه میانگین تأثیر مزورایزوبیوم سیسری استرین اماس۱۹۰ بر فسفر قابل جذب نشان داد که نسبت به شاهد، ۲۳درصد افزایش داشت (شکل ۹). Besharati & Saleh Rastein (1999) نشان دادند که مصرف نیم‌درصد (وزنی) گوگرد عنصری با کاهش pH، مقدار فسفر قابل جذب خاک را از ۴/۹۹ به ۱۲/۸۷میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش داد. در خاک‌های قلیایی فسفر توسط کلسیم تثبیت می‌شود که استفاده از گوگرد pH خاک را کاهش داده و فراهمی فسفر بیشتر می‌شود.

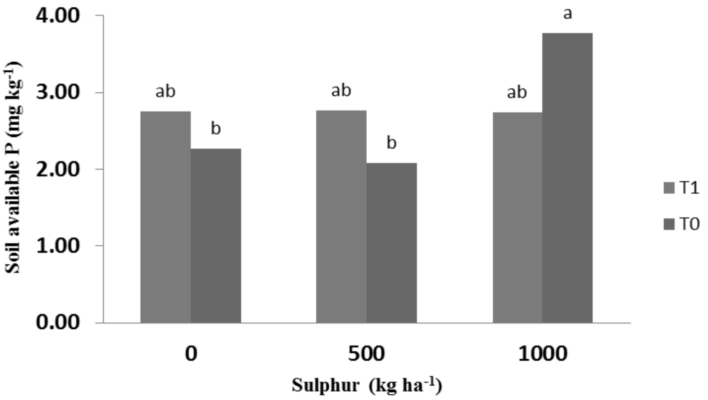


شکل ۹- برهمکنش گوگرد و مزوریزوبیوم برفسفات قابل جذب

Fig. 9. Interaction effect of sulphur and mesorhizobium on available Phosphorus

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس تأثیر معنی‌داری بر قابلیت جذب فسفر در سطح احتمال یک‌درصد داشت که با تحقیقات سایر دانشمندان همخوانی دارد. Besharati & Saleh Rastein (1999) نشان دادند که مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس، مقدار فسفر جذب‌شده توسط ذرت را افزایش داد. برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس روی فسفر نشان داد که بیشترین مقدار فسفر قابل جذب مربوط به اضافه‌کردن ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد در هکتار و تیوباسیلوس بود که ۳۷درصد افزایش نسبت به شاهد نشان داد (شکل۱۰).



شکل ۱۰- برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر فسفات قابل جذب خاک

Fig. 10. Interaction effect of sulphur and thiobacillus on available Phosphorus

T0: عدم کاربرد باکتری تیوباسیلوس؛ T1: کاربرد باکتری تیوباسیلوس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم اختلاف معنی‌داری بر قابلیت جذب فسفر در سطح احتمال یک‌درصد داشت که با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Besharati & Saleh Rastein, 1999). نتایج تحقیقی که توسط Daneshi *et al*, (2005) بر روی نخود انجام گرفت، نشان داد که جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر و پتاسیم در تیمارهای تلقیحی ریزوبیوم بیشتر از سایر تیمارها بود و اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. مقایسه میانگین برهمکنش گوگرد همراه با تلقیح مزورایزوبیوم (شکل ۱۱) نشان داد که اضافه‌کردن ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد همراه با تلقیح مزورایزوبیوم نسبت به شاهد باعث افزایش ۵۲درصدی قابلیت جذب فسفر در خاک شد. در خاک‌های قلیایی فسفر توسط کلسیم تثبیت می‌شود که استفاده از گوگرد pH خاک را کاهش داده و سبب فراهمی فسفر بیشتر می‌شود (Besharati & Saleh Rastein, 1999).

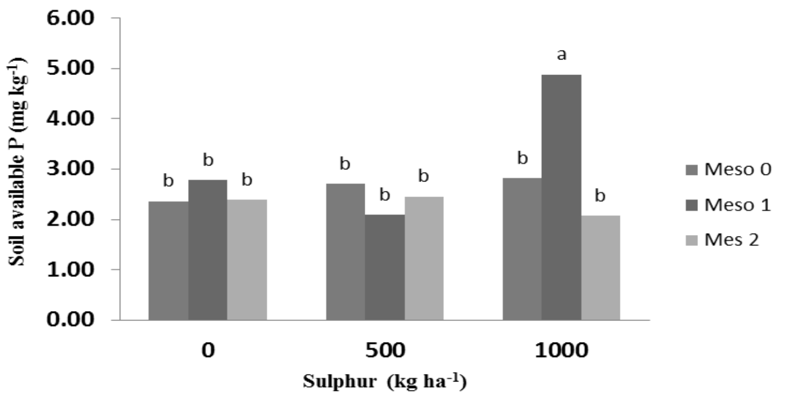
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که برهمکنش تیوباسیلوس و مزورایزوبیوم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر قابلیت جذب فسفر داشت. Ehteshami *et al*, (2007) گزارش نمودند که مصرف کودهای زیستی در ذرت باعث شد میکوریزا و ریزجانداران دیگر افزایش یابد و اثر مثبت بر جذب عناصر غذایی و عملکرد داشته باشد. مقایسه میانگین برهمکنش اضافه‌کردن تیوباسیلوس همراه با تلقیح مزورایزوبیوم نسبت به شاهد باعث افزایش ۶۰درصدی قابلیت جذب فسفر در خاک گردید (شکل۱۲).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که برهمکنش تیوباسیلوس و مزورایزوبیوم همراه با گوگرد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد بر قابلیت جذب فسفر خاک داشت. استفاده از هر یک از کودهای زیستی (شامل کود مزورایزوبیوم و میکوریزا) موجب افزایش عملکرد دانه و افزایش غلظت فسفر گردید (Khosrojerdi *et al*., 2007). بسیاری از پژوهشگران گزارش نمودند که جذب فسفر به وسیله گیاه با مصرف گوگرد و تولید اسیدسولفوریک در نتیجه اکسایش آن توسط تیوباسیلوس، باعث کاهش pH و افزایش دسترسی فسفر می‌شود (Zapata & Roy, 2004). در این مطالعه نتایج مقایسه میانگین برهمکنش مزورایزوبیوم، تیوباسیلوس و گوگرد بر میزان فسفر قابل جذب خاک نشان داد که با اضافه کردن مزورایزوبیوم همراه با کاربرد ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد در هر هکتار، فسفر قابل جذب نسبت به شاهد به میزان ۷۵درصد افزایش یافت.

پتاس خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم، بر پتاسیم قابل جذب خاک در سطح احتمال یک‌درصد معنی دار شد (جدول ۳).

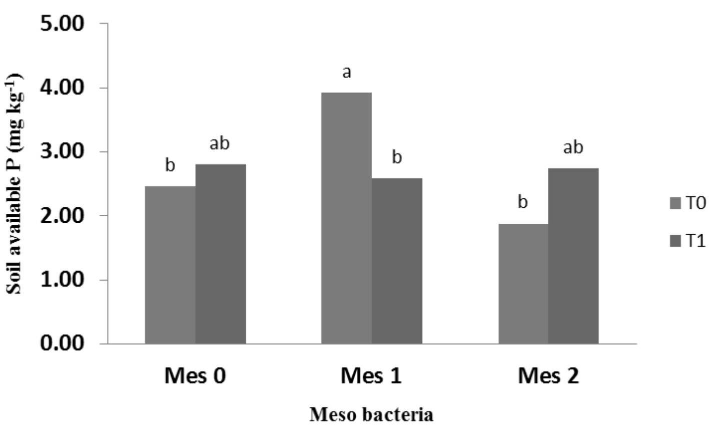
Amani & Reisei (2007) گزارش کردند که کاربرد سطوح مختلف گوگرد بر غلظت عناصر غذایی فسفر و پتاسیم تأثیر معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد که همراه با افزایش سطوح گوگرد و کاهش pH، فسفر و پتاسیم نیز در گیاه سویا افزایش یافت و این افزایش در سطح ۱۵تُن در هکتار به بالاترین میزان خود رسید. مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد و مزورایزوبیوم (شکل ۱۳) نشان داد که با اضافه‌کردن ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد در هر هکتار همراه با مزورایزوبیوم ۱۷درصد جذب پتاسیم نسبت به شاهد افزایش یافت. این باکتری‌ها با تأثیر بر فیزیولوژی و مورفولوژی ریشه گیاهان تلقیح‌شده باعث جذب بیشتر عناصر غذایی و افزایش رشد گیاهان می‌شود (Bao, 1998).



شکل ۱۱- اثر متقابل گوگرد و مزورایزوبیوم برفسفات قابل جذب

Fig. 11. Interaction effect of sulphur and mesorhizobium on available Phosphorus

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹

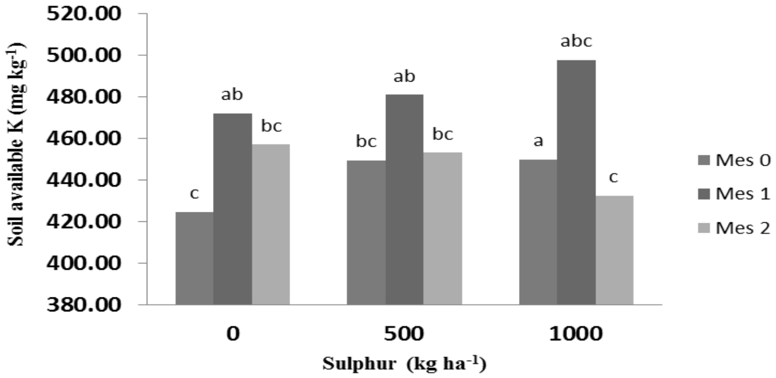


شکل ۱۲- برهمکنش مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس بر فسفات قابل جذب خاک

Fig. 12. Interaction effect of mesorhizobiums on available Phosphorus

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹

T0: عدم کاربرد باکتری تیوباسیلوس؛ T1: کاربرد باکتری تیوباسیلوس



شکل ۱۳- اثر متقابل مزورایزوبیوم وگوگرد بر پتاسیم قابل جذب

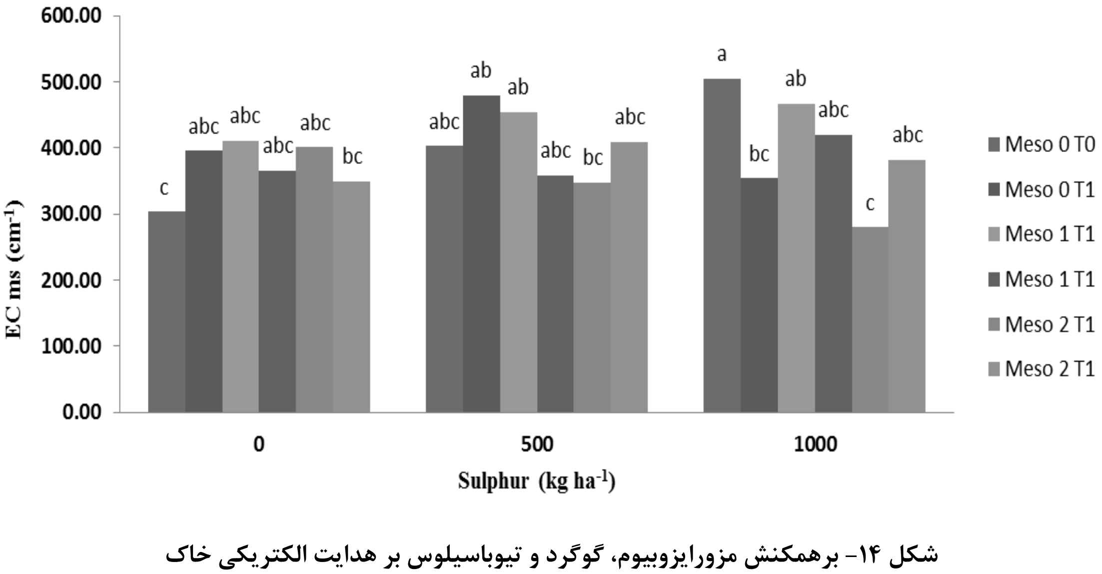
Fig. 13. Interaction effect of mesorhizobiums and sulphuron available Potassium

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹

هدایت الکتریکی(EC)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارها تفاوت معنی‌داری بر هدایت الکتریکی خاک نداشت (جدول ۳). فقط برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس بر روی هدایت الکتریکی خاک در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس بر هدایت الکتریکی خاک نشان می‌دهد که اضافه‌کردن مزورایزوبیوم استرین اماس۱۹۰سیسری و تیوباسیلوس همراه با کاربرد۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد در هکتار باعث افزایش ۳۸درصدی EC خاک نسبت به شاهد گردید (شکل ۱۴). اضافه‌کردن کودهای زیستی از جمله تیوباسیلوس و مزورایزوبیوم باعث فراهمی عناصر در محلول خاک شده و درنتیجه دراثر انحلال و تجزیه مواد آلی توسط باکتری‌ها، به تدریج املاح وارد محلول خاک می‌شود که منجر به افزایش EC می‌گردد (Amani & Reisei, 2007).

Mahmmodabadi *et al*, (2013) نتیجه گرفتند که افزودن گوگرد منجر به افزایش EC خاک می‌شود.



شکل ۱۴- برهمکنش مزورایزوبیوم، گوگرد و تیوباسیلوس بر هدایت الکتریکی خاک

Fig. 14. Interaction effect of mesorhizobiums, thiobacillus and sulphur on soil EC

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹

T0: عدم کاربرد باکتری تیوباسیلوس؛ T1: کاربرد باکتری تیوباسیلوس

اسیدیته گل اشباع (pH)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده گوگرد و تیوباسیلوس و برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس، گوگرد و مزورایزوبیوم در سطح احتمال یک‌درصد و برهمکنش گوگرد همراه با مزورایزوبیوم و تیوباسیلوس در سطح احتمال پنج‌درصد بر اسیدیته گل اشباع معنی‌دار گردید (جدول ۳).

مقایسه میانگین تأثیر گوگرد بر pH خاک نشان داد که اضافه‌کردن گوگرد باعث کاهش pH در آخر فصل رشد نسبت به شاهد گردید (شکل ۱۵). کاهش pH خاک (حتی به طور موضعی) یکی از روش‌های مؤثر و رایج مقابله با تثبیت عناصر غذایی در خاک‌های آهکی و قلیایی محسوب می‌شود. گوگرد متداول‌ترین و مقرون‌به صرفه‌ترین ماده اسیدزا می‌باشد (Tisdale *et al*., 1993).

در آزمایشی کاربرد تیوباسیلوس تیواکسیدانس به طور معنی‌داری (سطح یک‌درصد) موجب کاهش pH خاک در مقایسه با شاهد گردید (Ansori & Gholami, 2014). مقایسه میانگین اثر تیوباسیلوس بر pH خاک (شکل ۱۶) نشان می‌دهد که ۰/۳۵ واحد pH خاک کاهش یافته است.

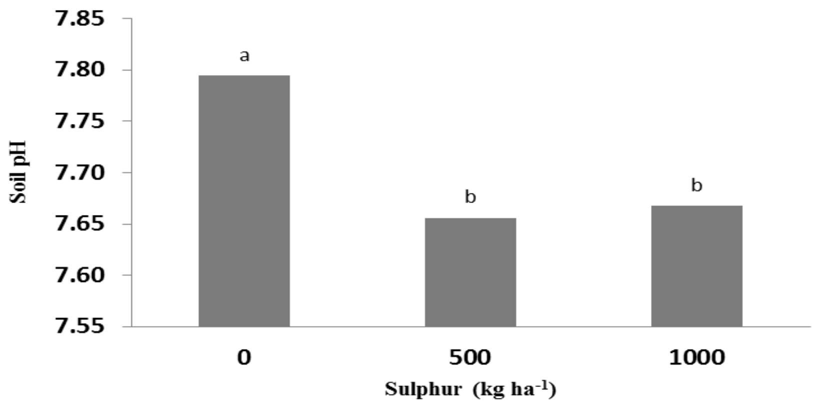
Mahmmodabadi *et al*, (2013) ابراز نمودند که کاربرد گوگرد به همراه باکتری‌های تیوباسیلوس، یکی از روش‌های کاهش موضعی pH می‌باشد.

Falahatgar *et al*., (2011) نتیجه گرفتند که افزایش سطوح گوگرد و تلقیح باکتری تیوباسیلوس باعث کاهش pH خاک شد.

Amani & Reisei (2007) نتیجه گرفتند که افزودن گوگرد منجر به کاهش pH خاک می‌شود.

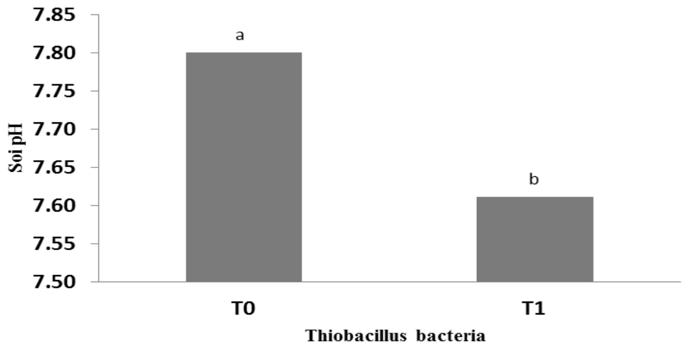
مقایسه میانگین برهمکنش گوگرد و تیوباسیلوس بر pH خاک (شکل ۱۷) نشان می‌دهد که بیشترین کاهش pH خاک، مربوط به۱۰۰۰گیلوگرم گوگرد در هکتار همراه با باکتری تیوباسیلوس بود که چهار واحد pH نسبت به شاهد کمتر شد. باکتری‌های جنس تیوباسیلوس تیواکسیدانس اغلب شیمیولیتوتروف هستند و از ترکیبات احیاءشده گوگرد به‌عنوان منبع کسب انرژی استفاده می کنند و تعداد این باکتری‌ها در خاک کم هستند که با تلقیح این باکتری سرعت اکسایش گوگرد افزایش می‌یابد و این منجر به کاهش pH خاک می‌شود.

نتایج تجزیه آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان داد که برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم باعث کاهش pH خاک در سطح احتمال یک‌درصد شد. مقایسه میانگین برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم (شکل ۱۸) نشان می دهد که بیشترین تأثیر بر pH خاک مربوط به کاربرد ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد در هکتار همراه با باکتری مزورایزوبیوم سیسری استرین اماس۱۹۰ است که منجر به کاهش چهار واحد pH خاک گردید.



شکل۱۵- تأثیر گوگرد بر pH خاک

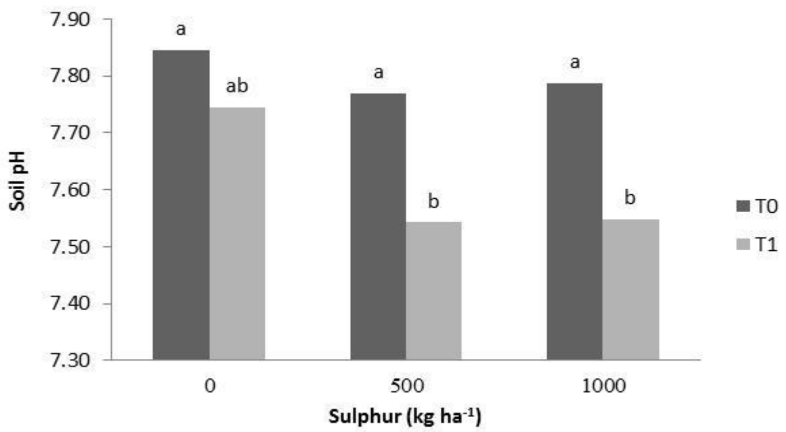
Fig. 15. Sulphur effect on soil pH



شکل ۱۶- تأثیر تیوباسیلوس بر pH خاک

Fig. 16. Thiobacillus effect on soil pH

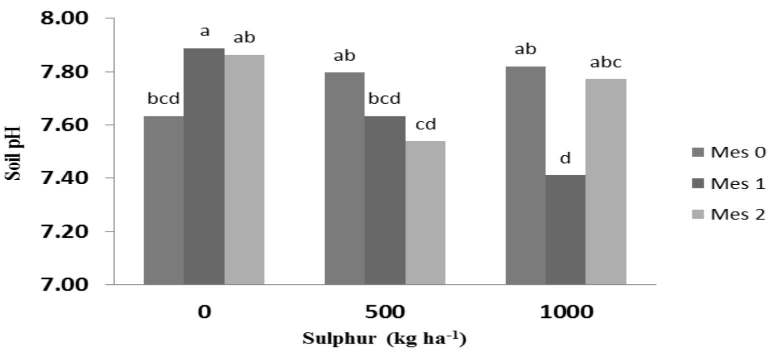
T0: عدم کاربرد باکتری تیوباسیلوس؛ T1: کاربرد باکتری تیوباسیلوس



شکل ۱۷- برهمکنش تیوباسیلوس و گوگرد بر pH خاک

Fig. 17. Interaction effect of thiobacillus and sulphur on soil pH

T0: عدم کاربرد باکتری تیوباسیلوس؛ T1: کاربرد باکتری تیوباسیلوس



شکل ۱۸- مقایسه میانگین برهمکنش گوگرد و مزورایزوبیوم pH بر خاک

Fig. 18. Interaction effect of sulphur and thiobacillus on soil pH

Meso 0: عدم استفاده؛ Meso 1: سیسری استرین اماس۱۹۰؛ Meso 2: سیسری استرین اماس۹

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مزورایزوبیوم، تیوباسیلوس و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود

Table 2. Analysis of variance results of S, mesorhizobium and thiobacillus effect on yield and yield component of chickpea

منابع تغییر Sources of variation	درجۀ آزادی df	میانگین مربعات (Mean Square)					
		ارتفاع گیاه Plant height	تعداد غلاف No of pod	طول ریشه Root length	وزن ریشه Root wt.	پروتئین دانه Seed protein	عملکرد Yield
بلوک (Block)	2	4.39	629.46	4.96	0.08	0.36	244354.30
گوگرد (S)	2	26.39 ns	2179.57**	0.96 ns	0.14 ns	4.24**	1201583 ns
باکتری مزو (M)	2	3.39 ns	648.57 ns	45.91*	0.06 ns	31.12**	15984186**
تیوباسیلوس (T)	1	9.44 ns	1369.07 ns	16.96 ns	0.10	4.58 ns	113360.09 *
M*S	4	0.02 ns	937.50*	24.00 ns	0.02 ns	1.91**	11777.33**
T*S	2	11.91 ns	728.72 ns	27.56 ns	0.33*	0.09 ns	201028.78**
T*M	2	42.24 ns	1197.39 ns	17.17 ns	0.04 ns	5.33**	4153.27 ns
M* S*T	4	33.80 ns	404.94 ns	17.56 ns	0.10 ns	0.94 ns	2442.33 ns
خطا(Error)	34	18.58	438.38	11.58	0.08	0.66	16161.52
CV		11.7	31.2	24.6	20.1	5.9	12.2

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** represent non significante, significante at p<0.05 and p<0.01, respectively
M= Mesorhizobum; S=Sulphur; T= Thiobacillus

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مزورایزوبیوم، تیوباسیلوس و گوگرد بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک

Table 3. Analysis of variance results of sulphur, mesorhizobium and thiobacillus effect on soil properties

منابع تغییر (Sources of variation)	درجۀ آزادی df	میانگین مربعات (Mean Square)				
		گوگرد S	فسفر P	پتاسیم K	هدایت الکتریکی EC	واکنش خاک pH
بلوک (Block)	2	29.11	3.08	408038.76	51565.39	0.03
گوگرد (S)	2	178.82ns	3.79**	4913.00 **	7276.72**	0.11**
باکتری مزورایزوبیوم (M)	2	191.03 ns	4.17**	15276.84 ns	14121.50*	0.05
باکتری تیوباسیلوس (T)	1	95.36 ns	4.72 ns	15165.00 ns	8381.06ns	0.23**
M*S	4	1014.39 ns	0.03**	54422.68**	547.85*	0.49**
T*S	2	844.86**	3.97**	5154.00 ns	2481.46*	0.03**
T*M	2	153.41 ns	5.85**	1836.06 ns	11601.46*	0.04ns
M* S*T	4	211.79*	5.80**	1765.02 ns	18175.57*	0.05*
خطا(Error)	34	64.05	0.50	26225.86	5646.00*	0.02
CV		19.5	25.9	10.7	19.1	1.8

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** represent non significante, significante at p<0.05 and p<0.01, respectively
M= Mesorhizobum; S=Sulphur; T= Thiobacillus

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش در این تحقیق به طورکلی نشان می‌دهد که اثر فاکتورهای مورد بررسی بر اکثر صفات زراعی نخود مثبت بود. کاربرد همزمان مزورایزوبیوم و گوگرد عملکرد گیاه مانند تعداد غلاف در بوته، پروتئین دانه و عملکرد دانه را افزایش داد. تیوباسیلوس همراه با گوگرد، باعث افزایش عملکرد دانه و وزن ریشه شد. همچنین فسفر و گوگرد قابل جذب خاک تحت تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس افزایش یافت. اضافه‌کردن گوگرد، همراه با مزورایزوبیوم پتاسیم و فسفر قابل دسترس برای گیاه را افزایش داد. کاربرد مزورایزوبیوم و گوگرد باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف بوته شد. تیوباسیلوس همراه با گوگرد و مزوریزوبیوم تأثیر معنی‌دار بر pH خاک داشت، اما عوامل ذکرشده بر تعداد غده در ریشه و طول ساقه تأثیر معنی‌دار نداشت. استفاده از کودهای بیولوژیک (در اینجا مزوریزوبیوم و تیوباسیلوس) باعث بهبود صفات زراعی نخود و خصوصیات شیمیایی خاک شد. بنابراین در این مطالعه استفاده از کودهای بیولوژیک اثرات مثبت معنی‌داری بر محصول زراعی داشت و به‌نظر می‌رسد کاربرد این کودها بتواند در کاهش آلودگی محیط زیست نیز نقش داشته باشد که البته به مطالعات بیشتری نیاز است.

منابع

1. Afshari, A. 2013. Effect of raizobium bacteria and growth promoter on yiels and yield components of chickpea. Plant Production Technology 13: 71-81. (In Persian with English Summary).
2. Aliehyaei, M., and Behbehanizadeh, A.A. 1994. Soil Chemical Analysis Methods. Technical Journal of Soil and Water Research. Tehran. Iran. (In Persian with English Summary).
3. Al-Karaki, G.N. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Science of Horticulture 109: 112.
4. Amani, F., and Reisei, F. 2007. Effect of sulphur application on amount of soil phosphorus, potassium and zinc after cultivation of two soybean varieties. 10th Soil Science Congress. Iran. Pp: 434-435. (In Persian).
5. Amani, F., Reisi, F., and Mosavei, S. 2007. Growth and yield of two soya varieties with different sulphur levels on greenhouse condition. 10th Soil Science Congress. Karaj, Iran. 436-437. (In Persian)
6. Ansori, A., and Gholami, A. 2014. Symbiotic effect of mycorriza, thiobacillus and sulphur on yield and growth of maize. Journal of Soil Manegment and Sustainable Production 4: 114. (In Persian).
7. Bao, L. 1998. The Changes of Fertilizer Structure and Effectiveness in China. Jaingxi Scientific and Techtology Publisher, China.
8. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. Methods of Analysis for Soil, Plants and Waters. University of California. Division of Agriculture. Sciences, p. 309.
9. Altaf, A.I., Khan, N.A., Anjum, I., Diva, M., Abdin Z., and Iqbal, M. 2005. Effect of timing of sulfur fertilizer application on growth and yield of rapeseed. Journal of Plant Nutrition 28: 1049-1059.
10. Besharati, H., and Saleh Rastein, N. 1999. Study on the effect of Thiobacillus bacteria inoculation along with sulphur on increase of available phosphorus absorbtion. Journal of Soil and Water. 13(1): 23-39. (In Persian with English Summary).
11. Daneshi, N., Asgharzadeh, A., and Afshari, M. 2004. Study on the effect of rhizobium inoculation on increasing micro nutrient elements on chickpea cultivation. 9th Soil Science Congress, Tehran. Soil Conservation and Watershed Research Center of the Country. (In Persian).
12. Ehteshami, M., Aghalikhani, A., Chaichei, M.R., and Khavazei, K. 2007. Effect of phosphate dissolver micro-organisms on some quantity and quality properties of maize seeds at water stress condition. 2nd National Congress of Sustainable Agriculture. Gorgan, 1-2. (In Persian).
13. Erman, M., Demir, S., Ocak, E., Tüfenkçi, S., Oğuz, F., and Akköprü, A. 2011. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and they applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions: 1- Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. Earth Science 122: 14-24.

14. Falahatgar, S., Babaei, B., Besharati, H., and Cheraghi, A. 2011. Effect of different levels of sulphur and thiobacillus inoculation on yield and dry weight, cholorophyll amount and iron and zinc absorbtion of shoot in two soya varieties. First Congress of Science and New Technologies. Zanjan University. (In Persian).
15. Flavio, H., Gutierrez, B., Prystupa, P., and Gustavo, F. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. Journal of Plant Nutrion 30: 93-104.
16. Garg, N., and Chandel, S. 2011. Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake in *Cicer arietinum* (L.) under salt stress Turkish Journal of Agriculture 4: 35.
17. Karimi, K., Bolandnazar, S., and Ashori, S. 2013. Effect of biological fertilizers and mycorrihza arbascolar on yield, growth properties and green bean qualities. Journal of Agricultural Science and Sustainable Products 23: 392-400. (In Persian with English Summary).
18. Kaplan, M., and Orman, S. 1998. Effect of elemental sulfur containing waste in a calcareous soil in Tukey. Journal of Plant Nutrition 21: 1655-1667.
19. Kochakzadeh, Y., and Malakoti, M.J. 2001. Study on the role of sulphur, thiobacillus, phosphate dissolver and organic matter in supplying phosphorus needs of plant from soil phosphate. Journal of Soil and Water 12: 243-250. (In Persian with English Summary).
20. Khosrojerdi, M., Shahsavani, Sh., Gholipor, M., and Asghari, H.R. 2013. Effect of rhizobium and mycorrhizal fungi inoculation on some nutrient uptake by chickpea at different levels of iron sulfate fertilizer. Electerical Journal of Crop Production 6: 71-82. (In Persian with English Summary).
21. Mahmmodabadi, M., Rashidi, A.L., and Fekri, M. 2013. Effect of alfalfa residue, chicken manure and potassium fertilizer on some soil properties and onion yield. Journal of Soil and Water Agriculture Science and Industry 27: 452-461. (In Persian with English Summary).
22. Majnon Hosseini, N. 1993. Legumes of Iran. Jahad Daneshgahi. Tehran University Publisher.
23. Malakouti, M.J. 2004. Soil Fertility of Arid and Semi-arid Regions. Tarbiat Modarres University, 482 pp.
24. Malcolm, R.E., and Vaghuan, D.A. 1979. Humic substances and phosphatas activities in plant tissues. Soil Biology Chemistry 11: 253-259.
25. Mendel, R. 1997. Molybdenum cofactor of higher plants: Biosynthesis and molecular biology. Planta 203: 399-405.
26. Naderi Erfani, A., Bakhshandeh, A., Nadeian, H., and Alami, K. 2007. Study on the effect of different amount of sulphur and potassium on yield and yield components of canola on cold condition. 10th Congress of Soil Science, Karaj, Iran, Paradaise of Agriculture and Natural Resources. Tehran University. P. 17. (In Persian).
27. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodiu bicarbonate. United States Department of Agriculture Circular 939: 1-19.
28. Saini, V.K., Bhandari, S.C., and Tarafdar, J.C. 2004. Comparison of crop yield, soil microbial C, N and P, N fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crops Research 89: 39-47. (In Persian with English Summary).
29. Sogut, T. 2006. Rhizobium inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (*Glycine max* L.) cultivars better than fertilizer. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 34: 115-120.
30. Shrivastava, U.K., Rajput, R.L., and Dwivedi, M.L. 2000. Response of soybean-mustard cropping system to sulfur and bio-fertilizers on farmer's field. Legume Research 23: 277-278.
31. Solemani, R., and Asgharzadeh, A. 2010 Effects of Mesorrhizobium noculation and fertilizer application on yield and yield components of rainfed chickpea. Iranian Journal of Pulses Research 1: 1-8 (In Persian with English Summary).
32. Tabatabai, M.A. 1986. Sulfur in Agriculture. American Society of Agronomy Incopration, Madison, Wis., USA.

33. Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., and Havlin, J.L. 1993. Soil Fertility and Fertilizer. 5th Ed. Mcmillon Publishing Co., New York. 634.
34. Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K.M., and Turan, M. 2008. Effect of Rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Biotechnology 7(6): 776-782.
35. Walkley, A.J., and Black, I.A. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.
36. Yadegari, M. 2001. Evaluation of Soybean [*Glycine Max* (L.) Merr] Seeds Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on Yield and Yield Components to Select the Best Combination (Inoculant-Cultivar). Tehran University, Thesis of Master of Science in Agriculture.
37. Zapata, F., and Roy, R.N. 2004. Use of Phosphate Rocks for Sustainable Agricultur. Publication of the FAO Land and Water Development Division. pp.117-122.
38. Zeng, Q.F. 1996. Researches on the effect of zinc applied to calcareous soil in cotton field. China Journal of Cotton 23: 21.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 81-99

Effect of *Mesorhizobium* and *Thiobacillus* bacteria and sulfur on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and some soil parameters

Dastorani[1], S., Shahsavani[2*], Sh. & Garanjik[3], Sh.

1. MSc. Student of Soil Science, Agriculture College, Shahrood University of Technology, dastorani.sakine@gmail
2. Assistant Professor, Soil Science Department, Agriculture College, Shahrood University of Technology
3. Associate Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Agriculture College, Shahrood University of Technology, gharanjik@hotmail.com

Received: 22 May 2016
Accepted: 25 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.56126

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a low cost crop in agronomic system of semi arid to arid region overall the world. This crop due to adaptable capacity is caltivated in wide range of environmental conditions and different type of soils. Chickpea seeds contain 24-34% protein, this is 2 to 3 times more than cereals and 14 to 24% more than tuber plants. Chickpea seeds inoculation with rhizhibium cause more N_2 fixation and increase chickpea yield. *Mesorhizobium ciceri* is one of the rhizobium genus that can have good symbiosis with this crop and fix atmospheric nitrogen up to 60-90% of crop nitrogen requirement after establishment on root crop. Therefore it could be said that biological fertilizers can increase crop production in a sustainable system. Mesorhizobiom can increase chickpea seeds and ultimately increase soil Phosphorus and Zinc concentration. Researchs showed that sulphur deficiency cause decrease seed yield. Nevertheless soil sulphur supply can help seed filling and increase economic yield. The aim of this study was evaluating effect of Mesorhizobium and Thiobacillus bacteria's and sulfur on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and some soil parameters.

Materials & Methods

In order to study the effect of *Mesorhizobium* and Thiobacillus bacteria and sulfur on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and some soil parameter, a field experiment was conducted at Jotai region of Khorasan Razavi province in 2013. This research was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications and 18 treatments. Experimental factors were three levels of sulphur (zero, 500 and 1000 kg ha^{-1}), thiobacillus bacteria in two level (control and inoculation) and Mesoreizhobium in three levels (control, *Mesorizhobium ciceri* strain 190 and *Mesorizhobium ciceri* strain 9). Plot size was 2×4 m^2 and row spacing and intra-row spacing were 60 and 20 cm, respectively. Irrigation were done at every 14 days. Weed control were done manually. Disease and pest were not recorded during experiment. After harvesting the crop, plant and soil samples from each plots were collected and transported to laboratory evaluation. Analysis of variance were done by SPSS

*Corresponding Author: shahsavani2001@yahoo.com

software. Figures were prepared by Excel 2007. Mean comparison of data were done for least significant difference (LSD) at 1 and 5% level of significant.

Results & Discussion

Analysis of variance of plant height showed that main effect of sulphur on plant hight were significant at $p<0.01$ and interaction effect of sulphur and mesorhizibium bacteria on plant hight were significant at $p<0.05$. These result is consistent with results of Solemani & Asgharzadeh (2010). Analysis of variance of data showed that different species of mesorizhobium bacteria had significant effect at $p<0.01$ on cheickpea yield. Mean comperision showed that the highest seed yield (1146.73 kg ha^{-1}) belong to *mesorizhobium ciceri* 190 and lowest seed yield (971.07 kg ha^{-1}) belong to *mesorizhobium ciceri* 9. Scientific reports showed that mesorizhobium inoculation with 25 kg ha^{-1} zinc sulphate had significantly increased the number of pods in plant and handred seed weight. Analysis of variance of root length showed that main and interaction effect of treatments were not significant on root length excep in mesorizhobium that were significant at $p<0.05$. Analysis of variance of seed protein showed that main effect of sulphur, mesorizhobium, sulfhur and mesorizhobium and thiobacillus with mesorizhobium were significant at $p<0.01$. Role of sulphur on seed protein were well understood. Analysis of variance of seed yield showed that main effect of mesorizhobium and interaction effect of sulphur and thibacillus and sulphur and mesorizhobium on seed yields were significant at $p<0.01$. Shrivastava *et al*, (2000) showed that mesorizhobium bacteria inoculation had significant effect on soyabean yield. Analysis of variance of soil sulphur showed that interaction effect of sulphur and thiobacillus had significant effect at $p<0.01$ on soil sulphur, phosphorus and soil pH but had no effect on soil potassium and electrical conductivity at $p<0.05$. Main effect of sulphur had significant effect on soil phosphorus and soil pH at $p<0.01$. However the main effect of mesorizhobium bacteria had significant effect on soil phosphorus at $p<0.01$. Main effect of thiobacillus had only significant effect at $p<0.01$ on soil pH. The interaction effect of sulphur and mesorizhobium had significant effect at $p<0.01$ on soil phosphorus, soil potassium and soil pH at $p<0.01$, but interaction effect of thiobacillus and mesorizhobium bacteria had only significant effect at $p<0.01$ on soil phosphorus. Interaction effect of all three factors had significant effect at $p<0.01$ on soil phosphorus and at $p<0.05$ on soil sulphur, EC and soil pH.

Conclusion

Analysis of variance of data in this research showed that factors in this study had positive and significant effect on agronomic parameters of chickpea and soil physic-chemical properties.

Keywords: Chickpea, Mesorhizobium bacteria, Sulfur, Thiobacillus

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۷، صفحۀ ۱۱۳-۱۰۰

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 100-113
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.60322

بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی در لاین‌های عدس

محمدحسن رحیمی[1*]، سعداله هوشمند[2]، محمود خدامباشی[2] و نرگس قاسمی سیانی[3]

۱- دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۲- استاد گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(به‌ترتیب، s_houshmand@yahoo.com و mkhodambashi@yahoo.com)
۳- دانش‌آموخته دکتری تخصصی اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی،
دانشگاه شهرکرد، ghasemi1364@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

چکیده

آگاهی‌داشتن از میزان تنوع ژنتیکی و ارتباط بین صفات، از اهمیت ویژه‌ای در پیشبرد تحقیقات به‌نژادی و انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب، برخوردار است. از این‌رو، به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی روابط بین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در لاین‌های عدس، آزمایشی در قالب طرح لاتیس ساده ۱۰×۱۰ با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. به دلیل عدم معنی‌دارشدن اثر بلوک‌های ناقص درون هر تکرار برای کلیه صفات، داده‌ها به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تجزیه واریانس حاکی از وجود تنوع بالا در بین لاین‌های مورد مطالعه از لحاظ کلیه صفات بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات نشان داد لاین‌های ILL590، ILL947، ILL3963، ILL2795، ILL461، ILL459، ILL353 و ILL5888 از لحاظ عملکرد دانه و سایر صفات، برتر از سایرین بودند. بیشترین مقدار ضریب تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برای صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، عرض برگ و عملکرد زیستی به‌دست آمد. نتایج حاصل از بررسی همبستگی‌های ساده نشان داد که تعداد و وزن غلاف در بوته، تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی، ازجمله صفات مهم و مؤثر بر روی عملکرد دانه بودند. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از ۱۳صفت زراعی، نشان از انتخاب چهار عامل داشت که در مجموع ۷۷/۹۷درصد از تنوع کل را توجیه کردند. تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward، لاین‌های مورد بررسی را در هشت خوشه قرار داد و لاین‌های برتر در خوشۀ هشتم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه کلاستر، تنوع ژنتیکی، لاین‌های عدس، همبستگی

مقدمه

حبوبات با داشتن مقادیر بالای پروتئین، به‌عنوان دومین منبع غذایی بشر شناخته شده که در ترکیب با غلات می‌توانند یک رژیم غذایی ارزشمند را فراهم نمایند. عدس (*Lens culinaris* Medik.) گیاهی یک‌ساله، خودگرده‌افشان و دیپلوئید (2n=2x=14) بوده و به دلیل زمان پخت کمتر در مقایسه با سایر حبوبات و دارابودن مقادیر فراوان پروتئین (۲۸درصد)، ریزمغذی‌ها و ویتامین در دانه خود، یکی از مهم‌ترین حبوباتی است که در سراسر دنیا در رژیم‌های غذایی مورد مصرف قرار می‌گیرد (Iqbal *et al*., 2006). همچنین کاه و کلش آن که حاوی دو درصد مواد معدنی و ۵۹درصد کربوهیدرات است و به‌عنوان خوراکی باارزش در تغذیه دام درنظرگرفته می‌شود (Hoover *et al*., 2010).

آمار انتشاریافته توسط سازمان خواربار جهانی (FAO) در سال ۲۰۱۴ نشان می‌دهد که با اختصاص ۴/۵۲میلیون هکتار به کشت عدس، میانگین عملکرد ۱۰۵۱/۴۶کیلوگرم در هکتار برای آن به‌دست آمده است. در این بین، کشورهای کرواسی و نیوزلند به ترتیب با ۲۸۶۲/۱ و ۲۷۰۵/۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد عدس را داشتند. ایران نیز با سطح زیرکشت ۱۴۰هزار هکتار و میانگین ۵۶۰/۷۷کیلوگرم در هکتار، در جایگاه ۴۲ از لحاظ عملکرد دانه عدس قرار داشت (FAOSTAT, 2014). از جمله دلایل پایین‌بودن میزان عملکرد دانه عدس در کشور می‌توان به کشت این محصول در مناطق دارای حاصلخیزی کم، عدم انجام عملیات زراعی مناسب

*نویسنده مسئول: moh124000@gmail.com

و عدم کشت ارقام و ژنوتیپ‌های پرمحصول اشاره کرد (Muehlbauer *et al*., 2006).

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت دنیا و کمبود مواد غذایی، ارائه راهکارهای اصلاحی جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی، ضروری به نظر می‌رسد. در این بین، آگاهی از تنوع ژنتیکی و مدیریت منابع ژنتیکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گام‌های پروژه‌های اصلاح نباتات تلقی می‌شود. تنوع، مبنای تمام گزینش‌ها است و با بالارفتن آن در یک جمعیت، دامنه انتخاب وسیع‌تر می‌شود (Whitt *et al*., 2010). در صورت وجود مواد ژنتیکی مناسب و دارای تنوع، می‌توان به موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی امیدوار بود و از تنوع موجود، جهت گزینش ارقام پرمحصول و یا انتقال ژن‌های مطلوب به ارقام زراعی استفاده نمود (Rasmusson *et al*., 1997). نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تنوع ژنتیکی، در انتخاب روش‌های مناسب تلاقی و پرهیز از تلاقی‌های بی‌ثمر به‌کار برده می‌شوند. علاوه بر موارد ذکرشده، با مطالعه تنوع می‌توان از روابط بین صفات نیز اطلاع یافت و مناسب‌ترین و منطقی‌ترین نسبت بین اجزاء را که منجر به عملکرد بیشتر می‌گردد، انتخاب کرد (Muhammed, 2012). در این رابطه، استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی در بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی اجزای عملکرد متداول بوده و به‌نژادگران معمولاً از آن‌ها به‌عنوان معیارهای گزینش جهت بهبود عملکرد دانه استفاده می‌نمایند (Singh *et al*., 1991).

در خصوص بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی در گیاه زراعی عدس، پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه Ahmed (2009) اشاره کرد که در بررسی ۲۲ژنوتیپ عدس ضمن مشاهده تنوع قابل‌توجه از لحاظ روز تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته، بیان داشتند که صفات مذکور دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه هستند. Alam *et al*, (2011) با مطالعه ۲۴ژنوتیپ عدس نشان دادند که عملکرد دانه با صفاتی نظیر وزن۱۰۰دانه، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار است. Ahmed *et al*, (2014) تنوع قابل‌ملاحظه‌ای بین ۱۱۰ژنوتیپ عدس از نظر روز تا اولین و ۵۰درصد گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در پدانکل و بوته، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه در بوته مشاهده کردند. Gautam *et al*, (2014) در بررسی ۱۰۸۶توده عدس طی دو سال متوالی نشان دادند که صفات روز تا۵۰درصد گلدهی و رسیدگی، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه دارای بیشترین مقادیر مربوط به وراثت‌پذیری، ضریب تغییرات ژنتیکی و پیشرفت ژنتیکی بوده و استفاده از صفات مذکور را در انتخاب به‌منظور بهبود عملکرد دانه پیشنهاد نمودند.

با توجه به اهمیت ارزیابی تنوع در برنامه‌های اصلاحی مرتبط با افزایش عملکرد دانه عدس، تحقیق پیش‌رو با هدف مطالعه تنوع ژنتیکی در لاین‌های خالص عدس از لحاظ صفات اگرومورفولوژیکی، تعیین روابط بین عملکرد دانه با سایر صفات زراعی و انتخاب لاین‌های خالص برتر با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی اجزای عملکرد در لاین‌های عدس، پژوهش حاضر در قالب طرح لاتیس ساده ۱۰×۱۰ با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲درجه و۲۰دقیقه شمالی و طول جغرافیایی۵۱درجه و۵۰دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۰۶۱/۴متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. به دلیل عدم معنی‌دارشدن اثر بلوک‌های ناقص درون هر تکرار برای کلیه صفات، داده‌ها به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (John & John, 1971). لازم به ذکر است که کلیه لاین‌های مورد بررسی از سری ژرم‌پلاسم مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) بودند (جدول ۱).

عملیات تهیه زمین با انجام شخم به عمق ۲۵سانتی‌متر و دیسک‌زنی، اضافه‌کردن ۵۰کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و۳۰کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ایجاد جوی و پشته در زمستان سال۱۳۹۱ صورت پذیرفت. کاشت بذر در اواخر اسفندماه به‌صورت دستی انجام شد؛ به‌طوری‌که هر کرت آزمایشی شامل دو خط به طول یک متر و با فاصله خطوط ۳۰سانتی‌متر و فاصله بذور بر روی خطوط ۱۰سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵-۳سانتی‌متر درنظرگرفته شد. در مرحله داشت، برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی در چندین مرحله صورت گرفت. آبیاری به‌روش جویچه‌ای بلافاصله پس از کاشت و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (زمانی که برگ‌ها شروع به زرد شدن کرده و ۵۰درصد غلاف‌ها در هر کرت آزمایشی به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای تغییر رنگ دادند)، به فاصله هر۱۰روز یک‌بار انجام شد (Bayoumi, 2008). پس از رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت آزمایشی ۱۰بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و صفاتی نظیر تعداد روز تا ۵۰درصد گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، وزن۱۰۰دانه (گرم)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته (گرم)، طول و عرض برگ (سانتی‌متر)، قطر دانه (میلی‌متر)، قطر ساقه (میلی‌متر)،

عملکرد زیستی در بوته (گرم) و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (درصد) از رابطه زیر استفاده شد (Ritchie *et al.*, 1990):

RWC= ((Fw – Dw) / (Sw –Dw)) ×100

که در آن Fw: وزن‌تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، Dw: وزن خشک برگ بعد از قرارگرفتن در آون و Sw: وزن اشباع برگ بعد از قرارگرفتن در آب مقطر است.

جدول ۱- لیست لاین‌های عدس مورد استفاده در این پژوهش

Table 1. List of lentil lines used in this study

شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line	شماره لاین Number of line	لاین خالص Pure line
1	ILL29	21	ILL635	41	ILL1372	61	ILL1871	81	ILL3071
2	ILL45	22	ILL648	42	ILL1384	62	ILL1877	82	ILL3093
3	ILL48	23	ILL662	43	ILL1399	63	ILL1886	83	ILL3448
4	ILL52	24	ILL665	44	ILL1401	64	ILL1890	84	ILL3510
5	ILL100	25	ILL702	45	ILL1405	65	ILL1898	85	ILL3685
6	ILL195	26	ILL752	46	ILL1448	66	ILL1921	86	ILL3963
7	ILL254	27	ILL919	47	ILL1516	67	ILL1926	87	ILL3973
8	ILL262	28	ILL947	48	ILL1541	68	ILL1948	88	ILL4094
9	ILL312	29	ILL975	49	ILL1645	69	ILL2126	89	ILL4174
10	ILL331	30	ILL982	50	ILL1760	70	ILL2143	90	ILL4290
11	ILL353	31	ILL983	51	ILL1832	71	ILL2153	91	ILL4605
12	ILL361	32	ILL1002	52	ILL1833	72	ILL2178	92	ILL5888
13	ILL437	33	ILL1021	53	ILL1834	73	ILL2191	93	ILL6183
14	ILL459	34	ILL1081	54	ILL1835	74	ILL2257	94	ILL6184
15	ILL460	35	ILL1083	55	ILL1837	75	ILL2258	95	ILL6535
16	ILL461	36	ILL1196	56	ILL1838	76	ILL2307	96	ILL6536
17	ILL462	37	ILL1199	57	ILL1845	77	ILL2308	97	ILL6538
18	ILL465	38	ILL1207	58	ILL1847	78	ILL2360	98	ILL6539
19	ILL523	39	ILL1222	59	ILL1849	79	ILL2795	99	ILL6554
20	ILL590	40	ILL1370	60	ILL1870	80	ILL3035	100	ILL7115

پارامترهای ژنتیکی وراثت‌پذیری (h^2)، ضریب تغییرات ژنتیکی (GCV) و فنوتیپی (PCV) و پیشرفت ژنتیکی (GA) به روش جدول تجزیه واریانس با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Fehr, 1987):

رابطه ۱
$$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} \times 100$$

رابطه ۲
$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_{ph}^2}}{\bar{x}} \times 100$$

رابطه ۳
$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100$$

رابطه ۴
$$GA = \left(\frac{h_b^2 \times K \times \sigma_{ph}}{\bar{x}}\right) \times 100$$

که در آن که در آن h^2_b: وراثت‌پذیری عمومی، σ^2_g: واریانس ژنتیکی، σ^2_{ph}: واریانس فنوتیپی، K: شدت گزینش (در سطح ۵ درصد = ۲/۰۶) و $\bar{x}$ میانگین کل است.

تجزیه‌های آماری فوق به همراه برآورد ضرایب همبستگی پیرسون، تجزیه به عامل‌ها (به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و با استفاده از چرخش وریماکس) و تجزیه خوشه‌ای (به روش Ward با استفاده از فاصله توان دوم اقلیدسی) با نرم‌افزارهای SPSS 20 وSAS 9.1 انجام شد. لازم به توضیح است که قبل از انجام تجزیه به عامل‌ها، آزمون‌های KMO و کرویت بارتلت صورت گرفتند که نتایج حاکی از وجود همبستگی کافی بین متغیرها و مناسب‌بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی بود. همچنین با تقسیم تصادفی داده‌ها به دو قسمت و سپس انجام جداگانه تجزیه به عامل‌ها، از اعتبار داده‌ها (Data validation) جهت انجام تجزیه به عامل‌ها نیز اطمینان حاصل شد (Manly, 1994).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که بین لاین‌ها، از نظر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا بین لاین‌های موردمطالعه بود. وجود تفاوت معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف عدس در مطالعات سایر محققان مانند Mostafaei *et al*, (2006)، Bayoumi (2008) و Toklu *et al*, (2009) نیز مشاهده شده است. در مطالعه‌ای که توسط Kumar *et al*, (2012) بر

روی ۴۳ژنوتیپ در شرایط مزرعه‌ای انجام گرفته، مشخص شد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای تنوع بالایی از نظر صفات عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بوده‌اند.

Ruisi *et al*, (2015) در بررسی ۱۵ توده عدس طی دو سال زراعی، تنوع بالایی از لحاظ صفات فنو-مورفولوژیکی و زراعی مشاهده نمودند. در پژوهش حاضر، بیشترین (۲۱/۵۴ درصد) و کمترین (۴/۷۹ درصد) مقادیر مربوط به ضریب تغییرات خطای آزمایشی به ترتیب در صفات عملکرد زیستی و روز تا گلدهی مشاهده شد.

بررسی میانگین لاین‌های برتر (جدول ۳) نشان داد که در این تحقیق لاینی که از نظر کلیه صفات مورد بررسی مطلوب باشد، یافت نشد؛ اما تعدادی لاین مطلوب از لحاظ صفات فنولوژیک، قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه مشاهده شد. بر این اساس، لاین شماره ۲۰ (ILL590) با طول برگ زیاد، تعداد بالای غلاف در بوته، قطر زیاد ساقه، تعداد روز کمتر تا گلدهی و رسیدگی و عملکرد دانه بیشتر به‌عنوان برترین لاین در شرایط آب و هوایی شهرکرد شناخته شد. پس از آن، لاین شماره۲۸ (ILL947) قرار داشت که مقادیر بالایی از لحاظ عملکرد دانه، قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته را در کنار زودگلدهی و زودرسی از خود نشان داد. از دیگر لاین‌هایی که از نظر ویژگی‌های رویشی و فنولوژیکی برتر از سایرین بوده و تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه زیادی داشته‌اند، می‌توان به لاین‌های شماره۸۶ (ILL3963)، ۷۹ (ILL2795)، ۱۶ (ILL461)، ۱۴ (ILL459)، ۱۱ (ILL353) و ۹۲ (ILL5888) اشاره کرد.

جدول ۲- میانگین مربعات و ضریب تغییرات خطای صفات زراعی در لاین‌های خالص عدس

Table 2. Mean squares and error coefficient of variation for agronomic traits in pure lines of lentil

Agronomic traits	صفات زراعی	میانگین مربعات Mean squares	ضریب تغییرات CV (%)
Biological yield	عملکرد زیستی	172.65**	21.54
Plant height	ارتفاع بوته	33.27**	12.13
Leaf length	طول برگ	2.26**	18.09
Leaf width	عرض برگ	0.35**	17.96
RWC	محتوای نسبی آب برگ	317.68**	13.51
Number of pods per plant	تعداد غلاف در بوته	1094.70**	16.13
Weight of pods per plant	وزن غلاف در بوته	0.46**	20.25
100 seeds weight	وزن۱۰۰دانه	1.45**	11.03
Seed diameter	قطر دانه	0.30**	6.94
Stem diameter	قطر ساقه	0.19**	9.88
Days to flowering	روز تا گلدهی	26.70**	4.79
Days to maturity	روز تا رسیدگی	110.36**	6.09
Seed yield	عملکرد دانه	20314.48**	19.63

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

همان‌گونه که در جدول ۳ مشخص است، اغلب لاین‌های پرمحصول، دارای روز تا گلدهی و رسیدگی کمتری نسبت به سایرین بودند. با توجه به این‌که در مناطق خشک و نیمه‌خشکی چون ایران، گیاه عدس در مراحل انتهایی رشد خود با کمبود رطوبت خاک مواجه می‌شود، در نتیجه زودگلدهی و زودرسی به‌عنوان مکانیسم‌هایی درنظرگرفته می‌شوند که صدمات ناشی از تنش خشکی را در طی تشکیل دانه کاهش می‌دهند (Bacchi *et al*., 2001). لازم به توضیح است که لاین‌های شماره۴۸ (ILL1541) و ۴۹ (ILL1645) ازلحاظ عملکرد زیستی، عرض برگ و محتوای نسبی آب برگ و لاین شماره۴ (ILL52) از لحاظ عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و وزن غلاف در بوته، بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. لاین‌های شماره۷۵ (ILL2258) و ۹۵ (ILL6535) نیز به ترتیب از نظر وزن۱۰۰دانه و قطر دانه در زمره برترین لاین‌ها قرار داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین صفات زراعی در لاین‌های عدس برتر در این آزمایش

Table 3. Mean of agronomic traits in superior lentil lines of this trial

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	روز تا رسیدگی Days to maturity	روز تا گلدهی Days to flowering	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	قطر دانه (میلی‌متر) Seed diameter (mm)	وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 seeds weight (g)	وزن غلاف/بوته (گرم) Weight of pods/plant (g)	تعداد غلاف/بوته Number of pods/plant	محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)	عرض برگ (سانتی‌متر) Leaf width (cm)	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد زیستی (گرم) Biological yield (g)	شماره لاین Number of line
						3.39					34.33	52.03	4
	74.23					1.75		69.15	1.60				8
						1.57				4.54			9
									1.63	4.46		41.24	10
733.89		62.07	2.31			1.42	101.83						11
								69.32					12
769.79	76.18	56.01											14
795.55		59.57	1.99				73.17						16
		59.43								4.68		39.59	19
1247.78	71.36	57.39	2.16				98.33			4.62			20
	76.24	57.26									32.67		22
	68.07										32.00		25
955.55	73.98	59.92	2.02				83.50				32.50		28
	77.28			4.47				72.67			33.17		30
				4.56									31
					4.70								35
								66.15	1.80			44.15	48
								78.88	2.69			55.89	49
											33.00		50
										4.87			58
					4.83								59
					4.63								75
849.44	76.37	60.65					84.67						79
880.00		56.33	2.33			1.51	98.33			4.46			86
											33.83		87
651.67			2.48				94.84						92
				4.61									95
3.33	65.92	53.57	0.41	2.60	1.00	0.01	2.00	9.59	0.10	0.33	16.58	4.17	Min
1250.00	113.12	77.79	2.89	4.61	5.25	3.41	103.00	80.34	2.71	5.13	41.67	59.08	Max
258.99	88.01	68.85	1.44	3.41	2.91	0.51	25.20	49.53	0.76	2.58	25.27	17.45	Mean
99.90	10.53	6.48	0.28	0.46	0.63	0.20	7.99	13.15	0.27	0.92	6.02	7.39	LSD 5%

پارامترهای ژنتیکی

برآورد پارامترهای ژنتیکی (جدول ۴) نشان داد که لاین‌های مورد بررسی از تنوع زیادی برای صفات کمی برخوردار بودند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، صفات وزن۱۰۰دانه، قطر دانه، محتوای نسبی آب برگ و قطر ساقه دارای وراثت‌پذیری عمومی بالایی هستند، ولی به دلیل پایین‌بودن تنوع ژنتیکی مشاهده‌شده برای صفات مذکور، امکان انتخاب والدین مطلوب در بین لاین‌های مورد بررسی چندان زیاد نبود.

در بین صفات مورد ارزیابی، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی کمترین مقادیر مربوط به ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی را به خود اختصاص دادند و با توجه به وراثت‌پذیری عمومی به‌نظر می‌رسد هر دو عامل محیطی و ژنتیکی نقش نسبتاً زیادی در بروز این صفات داشته باشند (جدول ۴). از سوی دیگر، صفات تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، عرض برگ و عملکرد زیستی از بیشترین مقادیر مربوط به ضریب تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برخوردار بودند و به نظر می‌رسد که تنوع مشاهده‌شده برای صفات مذکور، بیشتر منشأ ژنتیکی داشته و امکان استفاده از این صفات به‌منظور انتخاب و اصلاح برای دستیابی به ژنوتیپ‌های مطلوب عدس وجود دارد. Chakraborty & Haque (2000) بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی را در صفات عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف در بوته گزارش کردند. در پژوهش Tyagi & Khan (2011) صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد انشعابات اولیه، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه دارای بیشترین میزان وراثت‌پذیری، ضریب تنوع ژنتیکی و پیشرفت ژنتیکی بودند. Rahimi *et al*, (2016) در بررسی ۱۱۸لاین اینبرد نوترکیب عدس طی دو سال، بیشترین

مقادیر مربوط به ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی را در صفات وزن و تعداد غلاف در بوته، عملکرد زیستی، عرض برگ و عملکرد دانه مشاهده کردند.

جدول ۴- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات زراعی در لاین‌های خالص عدس

Table 4. Estimation of genetic parameters for agronomic traits in pure lines of lentil

Agronomic traits	صفات زراعی	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation	ضریب تغییرات ژنتیکی Genetic coefficient of variation	وراثت‌پذیری عمومی Heritability	بازده ژنتیکی Genetic advance
Biological yield	عملکرد زیستی	55.38	51.02	84.87	96.83
Plant height	ارتفاع بوته	18.28	13.68	55.96	21.07
Leaf length	طول برگ	43.05	39.07	82.35	73.03
Leaf width	عرض برگ	56.95	54.05	90.06	105.66
RWC	محتوای نسبی آب برگ	27.18	23.58	75.30	42.16
Number of pods/plant	تعداد غلاف در بوته	93.54	92.14	97.03	186.97
Weight of pods/plant	وزن غلاف در بوته	95.71	93.55	95.52	188.34
100 seeds weight	وزن۱۰۰دانه	30.25	28.17	86.71	54.04
Seed diameter	قطر دانه	12.46	10.35	68.97	17.71
Stem diameter	قطر ساقه	22.71	20.45	81.08	37.93
Days to flowering	روز تا گلدهی	6.29	4.09	42.14	5.46
Days to maturity	روز تا رسیدگی	9.47	7.26	58.73	11.46
Seed yield	عملکرد دانه	41.31	36.35	77.43	65.90

برآورد روابط همبستگی

عملکرد دانه همواره به‌عنوان صفتی پیچیده درنظرگرفته شده که تحت تأثیر عوامل متعدد ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد (Sirohi & Sigh, 2007) و انتخاب برای آن بدون درنظرگرفتن صفاتی که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند، از کارآیی بالایی برخوردار نیست (Singh & Gupta, 2004). از این‌رو، رابطه بین عملکرد دانه و سایر صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون برآورد گردید (جدول۵). مشاهدات نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد و وزن غلاف در بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات روز تا گلدهی و رسیدگی دارای همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود. همچنین همبستگی معنی‌داری بین صفات وزن غلاف در بوته، روز تا گلدهی و رسیدگی با تعداد غلاف در بوته و همچنین بین صفات ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب برگ و روز تا گلدهی با تعداد روز تا رسیدگی به‌دست آمد. در پژوهش حاضر، صفت تعداد غلاف در بوته دارای بیشترین همبستگی معنی‌دار (r = ۰/۸۶**) با عملکرد دانه بود. بنابراین در اصلاح عدس برای افزایش عملکرد، توجه به این صفات ضروری به نظر می‌رسد. صفات تعداد و وزن غلاف در بوته با دارابودن ضرایب همبستگی مثبت و روز تا گلدهی با دارابودن ضریب همبستگی منفی با عملکرد می‌توانند به‌عنوان صفات مطلوب مورد استفاده قرار گیرند.

Anjam *et al*, (2005) نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته وجود دارد. همچنین Azizi Chakherchaman *et al*, (2009) اظهار داشتند که عملکرد دانه با روز تا گلدهی و رسیدگی همبستگی فنوتیپی منفی و معنی‌داری دارد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. در مطالعه‌ای که توسط Tadesse *et al*, (2014) بر روی ۲۲رقم عدس زراعی در دو مکان صورت گرفت، عملکرد دانه در بوته به طور مثبت و معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته همبستگی نشان داد. نتایج تحقیقات Rahimi *et al*, (2016) حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد زیستی، عرض برگ، تعداد و وزن غلاف در بوته و همبستگی منفی و معنی‌دار با روز تا گلدهی و رسیدگی بود. لازم به توضیح است که در پژوهش حاضر با توجه به تعداد زیاد لاین‌های مورد بررسی، ممکن است برخی از ضرایب همبستگی تنها از لحاظ آماری معنی‌دار بوده و رابطه فیزیولوژیکی خاصی با یکدیگر نداشته باشند.

تجزیه به عامل‌ها

به‌منظور درک عمیق ساختار داده‌ها از تجزیه به عامل‌ها با استفاده از چرخش وریماکس استفاده شد (جدول ۶ و ۷).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، چهار عامل شناسایی شد که در مجموع ۷۷/۹۷درصد از تغییرات را تبیین کردند که از این مقدار، سهم اولین عامل، ۲۶/۱۶درصد، دومین عامل ۲۵/۳۷درصد، سومین عامل ۱۷/۳۰ و عامل چهارم، ۹/۱۳درصد بود.

عامل اول دارای ضرایب مثبت و بزرگ (بالاتر از ۰/۵) برای تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته و عملکرد دانه و ضرایب منفی و بزرگ برای روز تا گلدهی و رسیدگی بود که می‌توان آن را به‌عنوان عامل عملکرد و فنولوژیک معرفی کرد و درصورتی‌که انتخاب بر اساس عامل اول انجام شود، این انتخاب بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه خواهد داشت و لاین‌های برگزیده‌شده، بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان خواهند داد.

در تجزیه همبستگی نیز بین صفات مذکور همبستگی معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵). در عامل دوم صفات عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و محتوای نسبی آب برگ با بار مثبت مهم‌ترین نقش را داشتند و می‌توان این عامل را عامل رویشی نام‌گذاری کرد.

در عامل سوم، صفات طول و عرض بیشترین تأثیر را داشتند؛ بنابراین این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل صفات برگی نام‌گذاری کرد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات زراعی و عملکرد دانه در ۱۰۰ لاین عدس

Table 5. Pearson correlation coefficients between agronomical traits and seed yield in 100 lines of lentil

Traits	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Biological yield	۱. عملکرد زیستی	1											
2. Plant height	۲. ارتفاع بوته	0.52**	1										
3. Leaf length	۳. طول برگ	-0.14	-0.37**	1									
4. Leaf width	۴. عرض برگ	0.25*	-0.22*	0.80**	1								
5. RWC	۵. محتوای نسبی آب برگ	0.70**	0.68**	-0.61**	-0.30**	1							
6. Number of pods per plant	۶. تعداد غلاف در بوته	0.004	0.13	0.25*	0.21*	-0.04	1						
7. Weight of pods per plant	۷. وزن غلاف در بوته	0.25*	0.22*	0.24*	0.27*	0.001	0.63**	1					
8. 100 seeds weight	۸. وزن ۱۰۰ دانه	-0.08	-0.12	-0.20*	-0.19	0.22*	0.01	-0.05	1				
9. Seed diameter	۹. قطر دانه	-0.11	-0.11	-0.06	-0.14	-0.07	-0.04	-0.02	0.16	1			
10. Stem diameter	۱۰. قطر ساقه	-0.27*	-0.04	0.001	-0.17	-0.07	0.80**	0.31**	0.19	0.08	1		
11. Days to flowering	۱۱. روز تا گلدهی	-0.32**	-0.39**	-0.02	-0.02	-0.40**	-0.51**	-0.22*	-0.14	0.26*	-0.43**	1	
12. Days to maturity	۱۲. روز تا رسیدگی	-0.35**	-0.58**	0.42**	0.31**	-0.73**	-0.47**	-0.16	-0.14	0.08	-0.29*	0.69**	1
13. Seed yield	۱۳. عملکرد دانه	-0.03	0.08	0.16	0.18	-0.04	0.86**	0.55**	0.11	-0.05	-0.04	-0.51**	-0.48**

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: significant at 5% and 1%, respectively.

جدول ۶- مقادیر ویژه و درصد واریانس صفات مختلف در تجزیه به عامل‌ها

Table 6. Eigenvalues, percentage of variance for studied traits in factor analysis

درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance	درصد واریانس Percentage of variance	مقادیر ویژه Eigenvalue	عامل اصلی Principal factor
26.16	26.16	3.88	1
51.53	25.37	3.23	2
68.83	17.30	1.96	3
77.97	9.13	1.04	4

جدول ۷- ضرایب چهار عامل اصلی (با چرخش وریماکس) برای صفات موردمطالعه در لاین‌های عدس

Table 7. Coefficients of four principal factors (with Varimax rotation) for studied traits in lines of lentil

Traits	صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
Biological yield	عملکرد زیستی	-0.12	<u>0.88</u>	0.33	-0.003
Plant height	ارتفاع بوته	0.07	<u>0.80</u>	-0.10	-0.10
Leaf length	طول برگ	0.18	-0.40	<u>0.79</u>	-0.13
Leaf width	عرض برگ	0.04	-0.08	<u>0.91</u>	-0.11
RWC	محتوای نسبی آب برگ	-0.04	<u>0.90</u>	-0.30	0.06
Number of pods/plant	تعداد غلاف در بوته	<u>0.93</u>	0.05	0.21	0.01
Weight of pods/plant	وزن غلاف در بوته	<u>0.55</u>	0.24	0.48	0.17
100 seeds weight	وزن۱۰۰دانه	0.18	0.02	-0.35	<u>0.56</u>
Seed diameter	قطر دانه	-0.06	-0.09	-0.01	<u>0.90</u>
Stem diameter	قطر ساقه	0.19	-0.14	-0.25	0.10
Days to flowering	روز تا گلدهی	<u>-0.62</u>	0.09	0.08	0.30
Days to maturity	روز تا رسیدگی	<u>-0.76</u>	0.07	0.31	0.05
Seed yield	عملکرد دانه	<u>0.91</u>	0.03	0.16	0.01

در عامل چهارم متغیرهای وزن۱۰۰دانه و قطر دانـه دارای بار عاملی مثبت و زیادی بودند که این عامل به نام عامل بـذری نـام‌گـذاری شـد. Salehi *et al*, (2008) بـا انجـام تجزیـه بـه عامل‌ها در بررسی ۲۰ژنوتیپ عدس در شرایط مزرعـه‌ای، چهـار عامـل شناسـایی کردنـد کـه ۷۶/۰۵درصـد از تنـوع را پوشـش می‌دادند. این محققان بیان داشتند که صفات مربوط بـه عامـل دوم شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، عرض بوته و عملکرد دانه بوده و به‌عنوان صفات مهم دخیل در عملکرد دانـه در عـدس معرفـی شـدند. در ارزیـابی Narouei Rad *et al*, (2009) شش عامل معرفی شـدند کـه در مجمـوع ۸۰درصـد از تنوع جامعه را تبیین نموده و عامل اول دارای ضـرایب مثبـت و بزرگ برای صفات عملکرد دانه و ارتفاع بوته بود. Nouri *et al*, (2014) در ارزیابی صفات زراعـی در ۳۵ژنوتیـپ عـدس شـش عامل استخراج نمودند کـه در مجمـوع ۸۵/۹درصـد از تنـوع را پوشش می‌دادند.

تجزیه خوشه‌ای

با انجام تجزیه خوشه‌ای می‌توان تعداد زیـادی ژنوتیـپ را در چند خوشه محدود گروه‌بندی نمـود و بـر اسـاس نتـایج آن برنامه‌هـای دورگ‌گیـری را بـر اسـاس نزدیکـی و یـا دوربـودن ژنتیکی ژنوتیپ‌ها تنظیم نمـود (Upadhyaya *et al*., 2001). از این رو، به‌منظور تعیین تنوع بـین لایـن‌هـای مـورد بررسـی مختلف و تعیین قرابت بـین لایـن‌هـای مـورد بررسـی، تجزیـه خوشه‌ای به‌روش WARD بر مبنـای ۱۳صـفت مـورد مطالعـه انجام شد (شکل ۱) با توجه به تجزیه تابع تشـخیص کانونیـک، لاین‌های مورد مطالعـه در هشـت کلاسـتر گـروه‌بنـدی شـدند (جدول ۸). محاسبه میانگین و انحراف صفات مـورد بررسـی در هر کلاستر (جدول ۹) نشان داد که لاین‌های کلاستر اول دارای انحراف مثبت نسبت به میـانگین کـل از نظـر صـفات عملکـرد زیستی، ارتفاع بوته، محتوای نسـبی آب بـرگ، وزن۱۰۰دانـه و قطر دانه بودند. لاین‌های خوشه دوم از لحـاظ صـفات عملکـرد

زیستی، ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب برگ، طول و عرض برگ میانگین بیشتری داشتند. لاین موجود در خوشه سوم (لاین شماره۴) نیز با توجه به صفات رویشی و تعداد و وزن غلاف، مقادیر بیشتری نسبت به میانگین کل نشان داد. لاین‌های خوشه چهارم از نظر کلیه صفات میانگین کمتری نشان داده و روز تا گلدهی و رسیدگی بیشتری داشتند. لاین‌های واقع‌شده در خوشه‌های پنجم و ششم از لحاظ طول و عرض برگ، وزن غلاف در بوته و قطر دانه دارای انحراف مثبت نسبت به میانگین کل بودند. لاین‌های خوشه ششم دارای مقادیر بیشتر طول و عرض برگ، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه نسبت به میانگین کل بودند. لاین‌های موجود در خوشه هفتم از نظر صفات عرض برگ، تعداد و وزن غلاف در بوته، قطر دانه و ساقه و عملکرد دانه میانگین بیشتری نسبت به میانگین کل نشان دادند. در نهایت، لاین‌های موجود در خوشه هشتم از نظر عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی دارای انحراف مثبت نسبت به میانگین کل بودند و از لحاظ فنولوژیکی دارای گلدهی و رسیدگی زودتری بودند؛ بنابراین، لاین‌های موجود در کلاستر هشتم به‌عنوان مناسب‌ترین لاین‌ها در شرایط آب و هوایی شهرکرد شناخته شده و می‌توان جهت بهبود عملکرد دانه و سایر صفات از آن‌ها بهره گرفت. Roy *et al*, (2013) با ارزیابی ۱۱۰توده عدس طی دو سال، بیان داشتند که توده‌هایی که از لحاظ صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه برتر از سایرین بودند، در یک کلاستر قرارگرفته و استفاده از آن‌ها را در برنامه‌های اصلاحی آینده پیشنهاد نمودند.

جدول ۸- تجزیه تابع تشخیص برای تعیین نقطه برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای در لاین‌های عدس

Table 8. Discriminate analysis to determine the cut-off point dendrogram of cluster analysis in lines of lentil

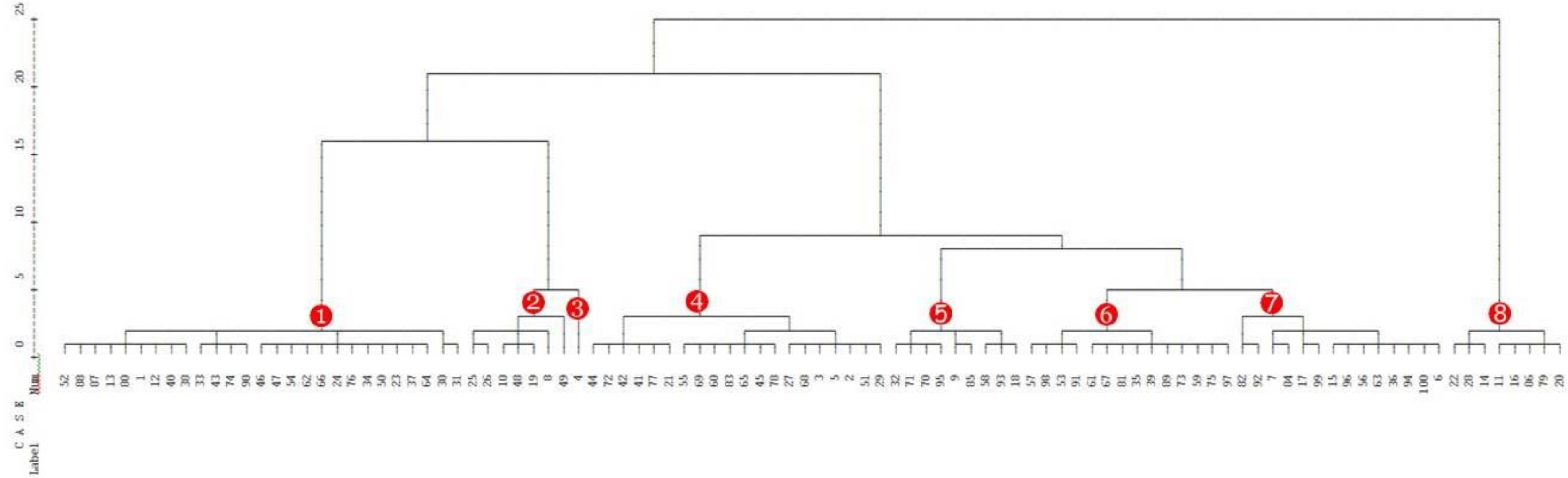
تعداد گروه‌ها No. Groups	ویلکس-لامبدا Wilks-Lambda	کای- اسکوئر Chi-square	سطح معنی‌داری Significance level
2	3×10^{-5}	895.751	0.000
3	0.001	633.864	0.000
4	0.01	408.762	0.000
5	0.42	278.518	0.000
6	0.142	172.030	0.000
7	0.333	96.816	0.000
8	0.603	44.474	0.000
9	0.891	10.154	0.118

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد تنوع ژنتیکی قابل توجهی برای صفات زراعی مختلف از جمله عملکرد و اجزای آن در لاین‌های خالص عدس مورد بررسی وجود دارد و لاین‌های ILL590، ILL947، ILL3963، ILL2795، ILL461، ILL459، ILL353 و ILL5888 از پتانسیل ژنتیکی بسیار خوبی برای افزایش عملکرد دانه برخوردار هستند. در کل، با توجه به این تنوع ژنتیکی و همچنین میزان وراثت‌پذیری عمومی بالا برای اغلب صفات، امکان بهبود آن‌ها از طریق برنامه های انتخاب فراهم می‌باشد. نتایج تجزیه همبستگی ساده نشان داد که صفات تعداد و وزن غلاف در بوته، روز تا گلدهی و رسیدگی مهم‌ترین اجزای مؤثر محسوب می‌شوند و با توجیه مقدار زیادی از تغییرات موجود در عملکرد دانه، می‌توانند برای بهبود دانه عدس در برنامه‌های به‌نژادی به‌عنوان مبنایی برای انتخاب، قابل‌توجه باشند. همچنین نکته قابل‌توجه این است که چهار عامل عملکرد و فنولوژی، رویشی، برگی و ویژگی‌های دانه در تجزیه عاملی استخراج شدند. این موضوع نشان‌دهنده این است که در فرایند رشد و محصول‌دهی لاین‌های خالص عدس در شرایط مختلف این چهار عامل نقش به‌سزایی را به عهده دارند.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA) که بذرهای پژوهش را فراهم نمودند، قدردانی نمایند.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات زراعی در لاین‌های عدس

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis of agronomic traits in lines of lentil

جدول ۹- میانگین صفات زراعی برای هشت کلاستر در لاین‌های عدس

Table 9. Mean of agronomic traits for eight clusters in lines of lentil

شماره کلاستر Number of cluster	تعداد لاین Number of lines	عملکرد زیستی (گرم) Biological yield (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)	عرض برگ (سانتی‌متر) Leaf width (cm)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)	تعداد غلاف/بوته Number of pods/plant	وزن غلاف/بوته (گرم) Weight of pods/plant (g)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seeds weight (g)	قطر دانه (میلی‌متر) Seed diameter (mm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)
1	27	20.45	27.65	1.41	0.35	60.77	17.02	0.34	3.31	3.58	1.45	68.60	83.10	178.68
2	7	41.27	28.71	3.69	1.62	62.26	15.16	0.47	2.41	3.18	1.00	65.87	82.36	134.15
3	1	52.03	34.33	2.28	1.09	57.05	36.00	3.39	1.93	3.01	0.53	72.05	87.90	226.67
4	20	12.18	24.39	2.55	0.64	44.14	6.79	0.21	2.23	3.15	1.24	70.48	91.49	76.18
5	9	7.44	19.80	4.13	1.14	25.12	21.25	0.54	2.37	3.86	1.40	72.29	99.39	193.18
6	14	11.96	21.87	2.95	0.87	44.30	22.41	0.41	3.90	3.33	1.39	70.48	93.54	290.16
7	14	16.94	24.67	2.56	0.81	48.71	43.74	0.82	2.90	3.53	1.70	70.04	88.59	412.23
8	8	17.07	28.38	3.35	0.87	51.05	83.14	1.13	2.80	3.12	2.02	59.02	77.40	851.71
میانگین کل Total mean	-	17.45	25.27	2.58	0.76	49.53	25.20	0.51	2.91	3.41	1.44	68.85	88.01	258.99

منابع

1. Ahamed, K.U., Akhter, B., Islam, M.R., Humaun, M.R., and Alam, M.J. 2014. Morphological characterization and genetic diversity in lentil (*Lens culinaris* Medikus ssp. *Culinaris*) germplasm. International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology 4(1): 70-76.
2. Ahmed, A. 2009. Genetic Diversity of Lentil (*Lens culinaris*). MSc. Thesis. Patuakhali Science and Technology University. Bangladesh.
3. Alam, A.K.M.M., Podder, R., and Sarker, A. 2011. Estimation of genetic diversity in lentil germplasm. Agrivita 33(2): 103-110.
4. Anjam, M.S., Ali, A., Iqbal, SH.M., and Haqqani, A.M. 2005. Evaluation and correlation of economically important traits in exotic germplasm of lentil. International Journal of Agriculture and Biology 7(6): 959-961.
5. Azizi Chakherchaman, Sh., Mostafaei, H., Hassanpanah, D., Kazemi Arbat, H., and Yarnia, M. 2009. Path analysis of seed yield and its components of lentil in rainfed condition. Journal Of New Agricultural Science 17: 45-56.
6. Bayoumi, T.Y. 2008. Genetic diversity among lentil genotypes for drought tolerance. Journal of Agricultural Investment 3: 25-35.
7. Chakraborty, M., and Haque, M.F. 2000. Genetic variability and component analysis in lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Research, Birsa Agricultural University 12(2): 199-204.
8. FAOSTAT, F., 2014. Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat.fao.org/site/567/default
9. Fehr, W.R. 1987. Principals of Cultivar Development: Theory and Technique. McMillan, New York.
10. Gautam, N.K., Singh, N., Iquebal, M.A., Singh, M., Akhtar, J., Khan, Z., and Ram, B. 2014. Genetic diversity analysis for quantitative traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm. Legume Research-An International Journal 37(2): 139-144.
11. Hoover, R., Hughes, T., Chung, H.J., and Liu, Q. 2010. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. Food Research International 43(2): 399-413.
12. Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., and Khan, M.S. 2006. Nutritional quality of important food legumes. Food Chemistry 97(2): 331-335.
13. John, P.W.M., and John, P.W. 1971. Statistical Design and Analysis of Experiments (No. 04; QA279, J6.). New York: Macmillan.
14. Kumar J., Basu, P.S., Srivastava, E., Chaturvedi, S.K., and Nadarajan, N. 2012. Phenotyping of traits imparting drought tolerance in lentil. Crop Pasture Science 63: 547-554.
15. Manly, B.F., 1994. Multivariate Statistical Methods: A Primer. CRC Press.
16. Mostafaei, H., Hssanpanah, D., and Shahriari, R. 2006. Adaptation of local and domesticated lentil genotypes in dry farming of Ardabil region. (Abstract). The First International Conference on the Theory and Practices in Biological Water Saving (ICTPB). 21-25 May, Beijing-China. http://www.conferene.ac.cn/ictpb.htm.
17. Muehlbauer, F.J., Cho, S., Sarker, A., McPhee, K.E., Coyne, C.J., Rajesh, P.N., and Ford, R. 2006. Application of biotechnology in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stress. Euphytica 147(1-2): 149-165.
18. Muhammed, A. 2012. Genetic Diversity in Plants (Vol. 8). Springer Science & Business Media.
19. Naroui Rad, M.R., Aghaei, M., Fanaei, H.R., and Ghasemi, M. 2009. The study of genetic variation of some morphologic and phenologic characters in lentil germplasms of warm and dry regions. Journal of Research and Development 78: 173-181. (In Persian with English Summary).
20. Nuri, M., Dashti, H., Maddah Hoseini, Sh., and Dehghan, E. 2014. Genetic diversity in the gene pool lentil using morphological traits in Bardsir. Iranian Journal of Field Crop Science 45(4): 541-551. (In Persian with English Summary).
21. Rahimi, M.H., Houshmand, S., and Khodambashi, M. 2016. Determination of the most important agronomic traits affecting seed yield in lentil (*Lens culinaris* Medik) recombinant inbred lines. Iranian Journal of Crop Sciences 18(2): 161-177. (In Persian with English Summary).
22. Rasmusson, D.C., and Phillips, R.L. 1997. Plant breeding progress and genetic diversity from de novo variation and elevated epistasis. Crop Science 37(2): 303-310.
23. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S. 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30(1): 105-111.
24. Roy, S., Islam, M.A., Sarker, A., Malek, M.A., Rafii, M.Y., and Ismail, M.R. 2013. Determination of genetic diversity in lentil germplasm based on quantitative traits. Australian Journal of Crop Science 7(1): 14-21.

25. Ruisi, P., Longo, M., Martinelli, F., Di Miceli, G., Frenda, A.S., Saia, S., Carimi, F., Giambalvo, D., and Amato, G. 2015. Morpho-agronomic and genetic diversity among twelve Sicilian agro-ecotypes of lentil (*Lens culinaris*). Journal of Animal and Plant Sciences 25(3): 716-728.
26. Salehi, M., Haghnazari, A., Shekari, F., and Faramarzi, A. 2008. The study of seed yield and seed yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik) under normal and drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 11(5): 758-762.
27. Singh, S.P., Gutierrez, J.A., Molina, A., Urrea, C., and Gepts, P. 1991. Genetic diversity in cultivated common bean: II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. Crop Science 31(1): 23-29.
28. Singh, T., and Gupta, K.K., 2004. Genetic diversity for yield and related traits in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Plant Archives 4(1): 39-43.
29. Sirohi, S.P.S., Yadav, R., and Singh, R. 2007. Genetic variability, correlations and path analysis of yield and its component characters in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Plant Archives 7(1): 295-299.
30. Tadesse, T., Leggesse, T., Mulugeta, B., and Sefera, G. 2014. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm in the highlands of Bale, Ethiopia. International Journal of Biodiversity and Conservation 6(1): 115-120.
31. Toklu, F., Biçer, B., and Karaköy, T. 2009. Agro-morphological characterization of the Turkish lentil landraces. African Journal of Biotechnology 8(17): 4121-4127.
32. Tyagi, S.D., and Khan, M.H. 2011. Correlation, path-coefficient and genetic diversity in lentil (*Lens culinaris* Medik) under rainfed conditions. International Research Journal of Plant Science 2(7): 191-200.
33. Upadhyaya, H.D., Bramel, P.J., and Singh, S. 2001. Development of a chickpea core subset using geographical distribution and quantitative traits. Crop Science 41: 206-210.
34. Whitt, S.R., Wilson, L.M., Tenaillon, M.I., Gaut, B.S., and Buckler, E.S. 2002. Genetic diversity and selection in the maize starch pathway. Proceedings of the National Academy of Sciences 99(20): 12959-12962.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 100-113

Study of genetic diversity and relationships between agronomic traits in lentil

Rahimi[1*], M.H., Houshmand[2], S., Khadambashi[2], M. & Ghasemi Siani[3], N.

1. Graduated PhD, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Iran
2. Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Iran, (s_houshmand@yahoo.com & mkhodambashi@yahoo.com, respectively)
3. Graduated PhD, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Iran, ghasemi1364@yahoo.com

Received: 4 January 2017
Accepted: 29 January 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.60322

Introduction

Food legumes with high amounts of protein are known as the second largest source of human food. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) have large amounts of protein (28%), micronutrients and vitamins in its seeds and is one of the beans in the world that is highly consumed in human diets. Also, its straw contains 2% minerals and 59% carbohydrates and considered valuable in animal feeding. Study of the genetic diversity is one of the most important steps in plant breeding program, so that the genetic diversity is considered as the basis of selection. By studying the diversity, the relationships between traits can be understood, too, and the best assays for high yielding are selected. In this regard, the morphological markers are the selection criteria. As reviewed above, the present research was carried out for studying the genetic diversity of 100 lines of lentil in terms of agro-morphological, determining the relationship between seed yield and other traits and selecting the superior pure lines using multivariate statistics methods.

Materials & Methods

To evaluate the 100 lines of lentil that were imported from ICARDA, an experimental field was conducted in research station of Shahrekord University in based on simple lattice 10×10 with two replications at 2012-13 cropping season. Because of the incomplete blocks within each repeat for all characteristics were non-significant, the data were analyzed as the randomized complete block design. The studied pure lines were cultivated in late winter in 3-5cm depth and 10cm intervals on the plots which consisted of 2 rows of 1m length, and 30cm between rows. During the growth season, the weeding was done manually in several times. During the study, days to flowering and days to maturity were recorded. After the physiological maturity, 10 plants of each plot were harvested and some traits such as 100 seed weight (g), plant height (cm), number of pods per plant, weight of pods per plant (g), leaf length (cm), leaf width (cm), seed diameter (mm), stem diameter (mm), biological yield per plant (g), RWC (%) and seed yield (kg/ha) were measured. Analysis of variance, comparison of means, correlation analysis, cluster analysis, factor analysis, and estimate of Phenotypic coefficient of variability (PCV), Genotypic coefficient of variability (GCV), broad sense heritability (h^2) and genetic advance (GA) were achieved to evaluate the yield performances, genetic diversity and the relationship between traits in pure lines of lentil in the present study. For above analysis, SAS software version 9.1 and SPSS software version 20 were used.

[*]**Corresponding Author:** moh124000@gmail.com

Results & Discussion

The results of analysis of variance showed that high genetic variation among studied lines as the differences between 100 pure lines were significant at 1% probability level. According to the means comparison, it was not observed a desirable line in terms of all studied traits but the superior pure lines (ILL590, ILL947, ILL3963, ILL2795, ILL461, ILL459, ILL353 and ILL5888) in terms of phonological characters, stem diameter, number of pods per plant, plant height and seed yield were identified. Number of pods per plant, weight of pods per plant, leaf width and biological yield had the highest values of GCV, h^2 and GA. The correlation analysis indicated that seed yield had positive and significant correlation with number of pods per plant and weight of pods per plant at 1% probability level; while its relationship with days to flowering and days to maturity was negative and significant at 1% probability level. Thirteen agronomic traits have been classified into four groups which expressed 77/97% diversity of the total variation according to the factor analysis Each of the first, second, third and fourth components were able to allocate 26.16%, 25.37%, 17.30% and 9.13% respectively. Cluster analysis using Euclidean distance with Ward's method placed the studied lines into eight groups and desirable lines in Shahrekord climate were grouped on the cluster 8.

Conclusion

Identification of relationship between agronomic traits and genetic diversity can help the breeders to select the best traits and varieties. The results of this study showed significant genetic variation for agronomic traits in lines of lentil and lines ILL590, ILL947, ILL3963, ILL2795, ILL461, ILL459, ILL353 and ILL5888 had high genetic potential for increasing the seed yield. Also, the number and weight of pods per plant, days to flowering and maturity can be used to improve the seed yield in breeding programs.

Keywords: Cluster analysis, Correlation, Factor analysis, Genetic diversity, Pure lines of lentil

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 114-125
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.61250

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۲۵-۱۱۴، نیمهٔ دوم ۱۳۹۷

بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و پتاسیم بر برخی از صفات و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در مدیریت‌های مختلف آبیاری

سوده ملکی[1*]، علی نخزری‌مقدم[2]، سیدحسین صباغ‌پور[3]، عباسعلی نوری‌نیا[4] و حسین صبوری[5]

۱-دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه گنبد
۲ و ۵- به‌ترتیب استادیار و دانشیار گروه امور زراعی دانشگاه گنبد
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
۴- پژوهنده مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و مصرف مقادیر مختلف زئولیت و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم آزاد، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی همدان به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم رطوبتی در چهار سطح (شرایط دیم (بدون آبیاری)، آبیاری در مرحله گل‌دهی، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و آبیاری هم در مرحله گل‌دهی و هم غلاف‌دهی) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب تیماری مقدار زئولیت در سه سطح شامل ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار و مقدار پتاسیم در سه سطح شامل ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰کیلوگرم در هکتار (از منبع سولفات پتاسیم) به‌عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که سطوح مختلف آبیاری، زئولیت و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر پرولین، غلظت پتاسیم دانه، پروتئین، میزان کلروفیل در زمان گلدهی و پرشدن دانه، عملکرد دانه، وزن بوته داشتند. اثر متقابل آبیاری و زئولیت در تمامی صفات به‌جز بر میزان کلروفیل در زمان پرشدن دانه معنی‌دار بود. در این بررسی بالاترین عملکرد دانه از آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف ۳۰ تن زئولیت در هکتار به‌دست آمد. با مصرف پتاسیم عملکرد دانه از ۸ تا ۱۳درصد افزایش یافت، به‌طوری که با مصرف ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم عملکرد دانه به ۱۲۴۳کیلوگرم در هکتار رسید. نتایج بررسی نشان داد که مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب است و مصرف زئولیت و پتاسیم در شرایط تنش می‌تواند با تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی، اثر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، پروتئین، پرولین، عملکرد دانه، نخود دیم

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 (Naseri *et al*., 2011). متوسط عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در هکتار در ایران نسبت به میانگین عملکرد جهانی و کشورهای مهم تولیدکننده نخود بسیار پایین می‌باشد که مهم‌ترین عامل پایین‌بودن آن تنش خشکی آخر فصل می‌باشد (Sabaghpour *et al*., 2003). در شرایط کمبود آب در گیاهان، علاوه بر تغییرات فیزیولوژیک و مورفولوژیک، تغییرات بیوشیمیایی نیز به‌وجود می‌آید (Rabbani & Emam, 2011). ساز و کارهای تحمل خشکی به‌ویژه در شرایط تنش شدید، شامل فرایندهایی در سطح سلول است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تنظیم اسمزی اشاره کرد. پرولین به‌عنوان یکی از ترکیبات مؤثر در این فرآیند، اسیدآمینه‌ای است که به‌طور طبیعی در بسیاری از گیاهان عالی وجود دارد و معمولاً غلظت آن در واکنش به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Alexieva *et al*., 2001). کاهش پروتئین‌های محلول و تجمع پرولین در اثر تنش خشکی در نخود گزارش شده است (Serraj & Sinclair, 2002). افزایش تجمع پرولین در برگ نخود، ساز و کاری برای تعدیل اسمزی تحت شرایط تنش آبی معرفی شده است (NiariKhamssi *et al*., 2010). در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) و گندم

[*] نویسنده مسئول: soode.maleki@yahoo.com

(*Triticum aestivum* L.)، تنش کمبود آب مقدار کلروفیل را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Nayyar & Gupta, 2006). از آنجا که 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). در آزمایشی روی سه رقم نخود مشخص شد که کمبود آب به‌طور معنی‌داری سبب کاهش فتوسنتز خالص و تعرق شد (Krouma, 2010).

برخی مواد نظیر سوپرجاذب زئولیت می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره کنند و قابلیت نگه‌داری و ذخیره کردن آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره‌شده به کمک این مواد در مواقع کم‌آبی در خاک آزاد می‌شود و ریشه گیاه از آن استفاده می‌کند (Ghazavi, 2015). این مواد قابلیت‌های اثبات‌شده‌ای در بهبود تهویه و نگهداری آب در خاک، تنظیم میزان مصرف آب توسط گیاه، اصلاح مدیریت آبیاری، افزایش تأثیر کود و کاهش نیاز به مصرف کود دارند (Nazarli *et al*., 2010).

مصرف کود پتاسیم با تعدیل خسارات ناشی از تنش خشکی، از طریق حفظ فشار آماس و کاهش تعریق بسیار مؤثر است (Khodami *et al*., 2013). لذا، مصرف پتاسیم علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، مقاومت گیاهان به تنش کم‌آبی و کارآیی مصرف آب را نیز افزایش می‌دهد (Valadabadi *et al*., 2009). تأثیر زئولیت بر افزایش کارآیی پتاسیم بسیار چشمگیر بود، به‌گونه‌ای که افزودن زئولیت در خاک باعث گردید سطح پتاسیم قابل جذب در خاک افزایش یابد و از این نظر تأثیر مطلوبی بر گیاه ایجاد کند (Prez-Cabalero *et al*., 2008). در شرایط تنش خشکی، اثر پتاسیم بر افزایش عملکرد و کاهش اثرات منفی تنش نسبت به شرایط مساعد رطوبتی بالاتر بود (Fanaee *et al*., 2010). نتایج آزمایش Mollavaly *et al*, (2009) نشان داد که افزایش سولفات پتاسیم تا ۱۵۶/۶ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش شاخص کلروفیل برگ پیاز شد.

با افزایش جمعیت نیاز به استفاده از آب بیشتر می‌شود و لذا منابع آب به‌طور فزاینده‌ای مورد تهدید قرار می‌گیرد. از آنجایی که در ایران بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۹۰درصد از منابع آب، عمده‌ترین مصرف‌کننده آب به‌شمار می‌آید، هرگونه صرفه‌جویی در این بخش کمک مؤثری به صرفه‌جویی در منابع آب تلقی می‌شود (Mirzaee & Rezvani, 2006). اعمال کم‌آبیاری بدون برنامه‌ریزی دقیق ممکن است به کاهش رشد و تولید محصولات زراعی منجر شود. تعیین زمان کم‌آبیاری که همراه با حداقل خسارت باشد، راهکاری مناسب است که ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، سبب دستیابی به محصول بهینه می‌شود. با توجه به این‌که کشت نخود در استان همدان رایج و کشت غالب مزارع دیم را تشکیل می‌دهد و با توجه به نقش مثبت پتاسیم و زئولیت در کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر رشد گیاهان و اطلاعات قابل‌دسترس کم در این زمینه، این پژوهش با این فرض که بتوان با کاربرد زئولیت و پتاسیم تأثیر تنش خشکی را کاهش داد و عملکردی قابل قبول را در سطوح پایین آبیاری به‌دست آورد، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و پتاسیم بر برخی از صفات و عملکرد نخود در مدیریت‌های مختلف آبیاری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۷۳۰متر و دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک با مشخصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۵۲ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی است. حداقل و حداکثر رطوبت نسبی هوا به‌ترتیب ۳۷/۴ و ۷۴/۴درصد می‌باشد. نتایج مربوط به بارندگی و دمای ماهانه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- میزان بارندگی ماه‌های سال و میانگین روزانه درجه حرارت ماهانه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در منطقه همدان

Table 1. The rainfall rate and average of temperature in each month during 2014-2015 in Hamadan region

ماه Month	مهر Oct	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد Jun	تیر July
Precipitation (mm) بارندگی	31.4	9.1	29.5	8.3	12.9	20.4	49.4	4.2	0.2	4.4
Temperatures (C°) درجه حرارت	15.1	6.3	4	1.3	5.4	4.4	10	16.5	22.9	26.7

عملیات آماده‌سازی زمین آزمایش شامل شخم، سیکلوتیلر و ایجاد خطوط کشت با فاصله ۳۰سانتی‌متر بود. خاک محل آزمایش لوم رسی شنی و دارای pH=۸/۱ و EC=۲/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر و میزان پتاسیم قابل استفاده آن ۱۸۰قسمت در میلیون بود.

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. رژیم رطوبتی به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح شامل شرایط دیم (بدون آبیاری)، آبیاری در مرحله گل‌دهی، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و آبیاری هم در مرحله گل‌دهی و هم غلاف‌دهی درنظر گرفته شد. عامل فرعی شامل مصرف زئولیت در سه سطح (عدم مصرف زئولیت و مصرف زئولیت به‌میزان ۱۵ و ۳۰تن در هکتار) و مصرف پتاسیم در سه سطح (عدم مصرف پتاسیم و مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) بود که با توجه به آزمایش خاک و توصیه مرکز تحقیقات همدان انتخاب شدند. بر اساس آزمون خاک، مقدار ۳۰کیلوگرم در هکتار فسفر (P_2O_5) از منبع سوپر فسفات تریپل همزمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد (Sabaghpour, 2015). آبیاری به‌صورت کرتی انجام شد و به‌منظور آبیاری یکنواخت کلیه واحدهای آزمایشی از کنتور استفاده شد. میزان آبیاری نیز با استفاده از فرمول زیر (برای عمق مؤثر توسعه ریشه ۳۰-۰ سانتی‌متری) محاسبه شد (Malakouti & Homaee, 2005):

$$d= 10\ (Wfc-Wo)\ S\ D/\ E$$

d: میلی‌متر آبی که باید به زمین داده شود؛ Wfc: درصد رطوبت خاک (وزنی) درحد ظرفیت نگهداری؛ Wo: درصد رطوبت خاک (وزنی) قبل از آبیاری؛ S: وزن مخصوص خاک؛ D: عمق لایهٔ خاک؛ E: کارآیی آبیاری.

هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کشت به طول پنج متر بود. فاصله کرت‌های اصلی، بوته روی ردیف و عمق کاشت به‌ترتیب یک‌و نیم متر، ۱۰ و ۱۰سانتی‌متر بود. بین هر تکرار نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد. بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت، مقادیر مختلف کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در سطح کرت‌ها پخش و قبل از کاشت بذر با خاک مخلوط گردید و سپس ردیف‌ها ایجاد شد. مقادیر سوپرجاذب زئولیت به‌صورت نواری و در عمق ۱۵سانتی‌متری قرار گرفت و سپس روی آن‌ها با خاک پوشانده شد. زئولیت مصرفی از معدن زئولیت ساوه تهیه شد که اندازه آن ۵۰ تا ۱۵۰میکرومتر، رطوبت ۳ تا ۵درصد، pH=۷، K2O= ٪۳ و SiO2=٪۶۷ بود. بذور رقم نخود آزاد قبل از کاشت با کاربوکسین تیرام به‌میزان یک در هزار ضدعفونی گردیدند. این آزمایش در ۱۲آذرماه۱۳۹۳ کشت و در ۱۵تیرماه۱۳۹۴ برداشت گردید. در طول مدت رشد و نمو در دو نوبت علف‌های هرز مزرعه با کارگر وجین شدند.

برای تعیین درصد پروتئین دانه به روش کجلدال از محصول به‌دست آمده از هر کرت آزمایش۱۰۰گرم جدا و آسیاب شد و سپس جهت اندازه‌گیری به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از دستگاه اتوماتیک مدل K-370 میزان پروتئین محاسبه شد (Naseri *et al*., 2011). برای تعیین مقدار پتاسیم دانه از روش هضم، سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک استفاده شد و میزان پرولین بر اساس روش Bates *et al*, (1973) در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. شاخص کلروفیل برگ در دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه، به‌وسیله دستگاه کلروفیل‌متر (Chlorophyll Meter Japan) spad-502 (Minolta, اندازه‌گیری شد، بدین‌ترتیب که از قسمت مرکزی هر کرت۱۰گیاه به صورت تصادفی انتخاب و میزان کلروفیل در جوان‌ترین برگ بالغ گیاه (عمدتاً دومین و سومین برگ از نوک گیاه) به‌صورت غیرتخریبی اندازه‌گیری شد (Oneill *et al*., 2006).

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه، وزن بوته، میزان کلروفیل در مرحله گل‌دهی، میزان کلروفیل در مرحله پرشدن دانه، مقدار پروتئین، پرولین و پتاسیم دانه تحت تأثیر آبیاری، زئولیت و کود پتاسیم قرار گرفت. اثر متقابل آبیاری×زئولیت بر صفات فوق به‌جز میزان کلروفیل در مرحله پرشدن دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری×پتاسیم و آبیاری×زئولیت×پتاسیم در مورد هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲).

عملکرد دانه

بالاترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف ۱۵ و۳۰تن زئولیت به‌ترتیب ۲۰۴۰ و ۲۱۴۰کیلوگرم در هکتار (جدول ۳) به‌دست آمد. بالابودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی همراه با مصرف زئولیت نخود گویای نیاز رطوبتی این گیاه زراعی برای دستیابی به پتانسیل تولید است که با نتیجه بررسی Naseri *et al*, (2015) همخوانی دارد. Sabaghpour (2015) گزارش کرد که مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی مراحل بحرانی تنش خشکی در گیاه نخود هستند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و سایر صفات نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، زئولیت و پتاسیم

Table 2. Analysis of variance (Mean Squares) of yield and other traits of chickpea under irrigation regimes, zeolite and potassium

منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی Df	عملکرد دانه Seed yield	وزن بوته Plant weight	کلروفیل برگ (گل‌دهی) Leaf chlorophyll (flowering)	کلروفیل برگ (پرشدن دانه) Leaf chlorophyll (seed setting)	پروتئین Protein	پرولین Proline	پتاسیم دانه Seed potassium
بلوک	Block	2	13173	7.199	6.54	75.7	8.6	5.9	0.01
آبیاری	Irrigation (I)	3	8615785**	941.3**	809**	6404**	11.23**	135.9**	0.11**
خطای اصلی	Main error	6	29109	7.723	3.06	17.0	1.11	6.81	0. 02
زئولیت	Zeolite (Z)	2	3514820**	415.2**	273.6**	776.2**	43.44**	14.52**	0.37 **
پتاسیم	Potassium (P)	2	195975**	0.742 ns	74.76**	85.43*	6.71**	12.57**	0.03 *
آبیاری×زئولیت	I× Z	6	515673**	59.06**	45.39**	37.02ns	9.65**	8.06**	0.03**
آبیاری×پتاسیم	I× P	6	42538 ns	4.348 ns	6.50 ns	23.71 ns	0.8 ns	2.02 ns	0.009 ns
زئولیت×پتاسیم	Z× P	4	18407 ns	6.465 ns	2.02 ns	9.685ns	0.77 ns	0.65 ns	0.003 ns
آبیاری×زئولیت×پتاسیم	I× Z× P	12	20840 ns	3.762 ns	3.94 ns	17.38ns	0.62 ns	1.62 ns	0.005 ns
خطای فرعی	Sub error	64	21139	5.371	13.52	26.95	0.48	1.87	0.007
ضریب تغییرات	(CV (%)	-	12.38	16.92	14.41	9.71	3.75	11.75	5.87

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

ns, * and**: non-significant and significant at 5% and 1% probability level according to LSD test, respectively.

تأثیر مثبت زئولیت بر رطوبت خاک و نگهداری مواد غذایی را می‌توان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار معنی‌دار زئولیت بر عملکرد قلمداد کرد. با توجه به این‌که عمده کشت نخود در کشور به‌صورت دیم است و تنش خشکی در مرحله گل‌دهی باعث کاهش طول دوره گل‌دهی، تعداد گل و عملکرد دانه می‌شود (Ganjeali & Nezami, 2008)؛ بنابراین، با کاربرد آبیاری در مراحل بحرانی گیاه (گل‌دهی و غلاف‌دهی) و مصرف ۳۰ یا ۱۵تن در هکتار زئولیت می‌توان عملکردهای قابل‌قبولی تولید کرد. کمترین عملکرد مربوط به تیمار عدم آبیاری و عدم مصرف زئولیت با ۳۴۳/۹کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول۳). پایین‌بودن عملکرد دانه در این تحقیق به‌دلیل تنش شدید خشکی در فصل زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ بود. میانگین بارندگی سالیانه درازمدت در ایستگاه اکباتان ۳۱۰میلی‌متر است درصورتی‌که میزان بارندگی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ برابر با ۱۶۹/۸ میلی‌متر بود. باران مؤثری در زمان بیشترین نیاز آبی این گیاه که مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی این گیاه است، وجود نداشت (جدول ۱).

مصرف پتاسیم عملکرد دانه را افزایش داد، به‌طوری که با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم عملکرد دانه به‌ترتیب به ۱۱۸۴ و ۱۲۴۳ کیلوگرم در هکتار رسید. عملکرد دانه در تیمار عدم مصرف پتاسیم ۱۰۹۶کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). عنصر پتاسیم با تأثیر بر مقاومت روزنه‌ای و تنظیم اسمزی سلول‌ها سبب افزایش مقاومت به خشکی می‌شود. تأثیر مثبت کود پتاسیم بر افزایش عملکرد دانه توسط Beiknejad *et al*, (2013) برای سویا (*Glysin max* L.) و Valadabadi *et al*, (2009) برای سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و ذرت نیز گزارش شده است. نتیجه بررسی Heidari & Asgharpour (2012) در خصوص اثر کود پتاسه بر نحوه پاسخ گیاهان به تنش خشکی نشان داد که کاربرد مقادیر بهینه کود پتاسیم در تخفیف اثرات خشکی بر رشد و عملکرد سورگوم مفید بود.

وزن بوته

بیشترین وزن بوته مربوط به تیمار آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف زئولیت ۳۰تن در هکتار بود که با آبیاری در همین مرحله و کاربرد زئولیت ۱۵تن در هکتار و آبیاری در مرحله گل‌دهی و مصرف زئولیت ۳۰تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و سایر صفات نخود تحت تأثیر آبیاری×زئولیت

Table 3. Mean comparison of yield and other traits of chickpea under irrigation regimes × zeolite

رژیم آبیاری	Irrigation treatment	زئولیت Zeolite t/ha	عملکرد دانه Seed yield (Kg/ha)	وزن بوته Plant weight (gr)	کلروفیل برگ (گل‌دهی) Leaf Chlorophyll (flowering)	پرولین Proline (µmol/g fw)	پتاسیم Potassium (%)	پروتئین Protein (%)
بدون آبیاری	No irrigation	0	343.9 h	5.259^{f}	16.7^{k}	15.91^{a}	1.27^{k}	21.58^{a}
		15	565.5 g	7.729 e	16.77^{jk}	14.24^{b}	1.42^{hi}	$18.02f^{-i}$
		30	539.3 g	7.452^{e}	18.51^{ijk}	13.29^{bc}	1.47^{f-i}	18.43^{d-h}
گلدهی	Flowering stage	0	911.7 ef	12.25^{c}	22.3^{f-h}	11.25^{fgh}	1.32^{jk}	20.21^{b}
		15	1556 c	18.48^{b}	30.87^{bc}	9.19^{jk}	1.59^{bcd}	17.16^{jk}
		30	1868 b	22.31^{a}	32.75^{ab}	9.23^{ijk}	1.62^{abc}	18.24^{e-h}
غلاف‌دهی	Pod setting stage	0	835 f	9.188^{de}	19.7^{h-k}	11.54^{ef}	1.44^{ghi}	17.9^{hi}
		15	1149 d	12.09^{c}	21.2^{g-i}	12.7^{cde}	1.51^{d-g}	17.93^{ghi}
		30	975.8 e	11.25^{dc}	24.9^{ef}	11.87^{def}	1.50^{e-h}	19.31^{c}
گلدهی و غلاف‌دهی	Flowering and pod setting stage	0	1169 d	12.56 c	26.71 d-e	10.28 g-i	1.62^{abc}	19^{cd}
		15	2040 a	22.47 a	27.14 de	8.66^{k}	1.41^{i}	16.84^{k}
		30	2140 a	23.35 a	31.41 b	10.08^{hij}	1.58^{cd}	17.49^{ij}

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

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

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات و عملکرد نخود تحت تأثیر پتاسیم

Table 4. Mean comparison of traits and yield of chickpea under potassium

تیمارها	Treatments	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	پروتئین Protein (%)	پتاسیم Potassium (%)	پرولین Proline (µmol/gfw)	کلروفیل برگ (گل‌دهی) Leaf Chlorophyll (flowering)	کلروفیل برگ (پرشدن دانه) Leaf Chlorophyll (Seed setting)
پتاسیم	Potassium (kg/ha)						
۰	0	1096 b	12.15 a	1.45 b	18.95 a	22.89 b	52.58 b
۱۰۰	100	1184 a	11.43 b	1.50 a	18.49 b	23.69 b	52.55 b
۲۰۰	200	1243 a	10.97 b	1.49 a	18.00 c	25.69 a	55.23 a

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

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

جدول ۵- مقایسه میانگین کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و زئولیت

Table 5. Comparison of effects of irrigation regimes and zeolite on traits and yield of chickpea

تیمارها	Treatments	کلروفیل برگ (پرشدن دانه) Leaf chlorophyll (Seed filling)
رژیم رطوبتی	Irrigation regime	
بدون آبیاری	No irrigation	39.17 c
آبیاری در زمان گلدهی	Flowering stage	64.92 b
آبیاری در زمان غلاف‌دهی	Pod setting stage	41.22 c
آبیاری در زمان گل‌دهی و غلاف‌دهی	Flowering and pod setting stage	68.5 a
زئولیت	Zeolite	
بدون زئولیت	No- Zeolite	49.27 c
۱۵ تن در هکتار	15 ton/ha	52.63 b
۳۰ تن در هکتار	30 ton/ha	58.45 a

میانگین‌هایی در هر ستون و برای هر عامل که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

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

بیشترین و کمترین وزن بوته به‌ترتیب مربوط به آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و عدم آبیاری (شرایط دیم) بود (جدول ۳). کاهش شدید وزن بوته در نتیجه محدودیت آب توسط Imanzadeh *et al*, (2014) گزارش شده است. بنابراین با توجه به اثر زئولیت بر میزان رطوبت قابل استفاده خاک، کاربرد آن به‌طور غیرمستقیم بر تعرق گیاه اثر می‌گذارد. گیاهان که در طول دوره رشد رویشی خود دسترسی قابل توجهی به عوامل مساعد محیطی مانند رطوبت کافی، درجه حرارت مناسب، تهویه خوب محیط ریشه و عدم وجود شرایط غرقابی در محیط ریشه داشته باشند، با تولید مقادیر مطلوبی از کربوهیدرات‌ها وارد فاز زایشی می‌شوند و از نظر کمی و کیفی اجزاء زایشی قابل توجهی تولید خواهند کرد (Mirzakhani *et* (*al*., 2015. اثر رطوبت بر کاهش وزن بوته را می‌توان به کاهش طول دوره رشد، به‌خصوص گرده‌افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سرعت رشد محصول نسبت داد. همچنین تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی باعث کاهش میزان ماده خشک می‌شود، زیرا تنش باعث ریزش گل‌ها، غلاف‌ها و عدم تشکیل دانه می‌شود (Amiri Dehahmad *et al*., 2010). در گیاه نخود هنگامی که تنش خشکی حادث می‌شود، بسته‌شدن روزنه‌ها همراه با کاهش پتانسیل آب برگ موجب محدودشدن تثبیت دی‌اکسید کربن در فتوسنتز می‌شود. این عامل نیز باعث کاهش سطح برگ و مواد غذایی در دسترس گیاه و درنتیجه کاهش دوام سطح برگ می‌شود. بنابراین تنش خشکی از طریق کاهش توسعه سطح برگ و دوام سطح برگ باعث کاهش استفاده از نور می‌شود و در نتیجه با کاهش سرعت رشد محصول میزان تجمع ماده خشک و وزن بوته کاهش می‌یابد (Almodares *et al*., 2007).

شاخص کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی

مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین شاخص کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی با ۳۲/۷۵میلی‌گرم در گرم برگ از تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی با مصرف ۳۰تن زئولیت در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار پتاسیم بر میزان کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲) و با مصرف ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم در هکتار بیشترین میزان کلروفیل برگ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار عدم مصرف و مصرف۱۰۰کیلوگرم پتاسیم در هکتار داشت (جدول ۴). Ghorbanli & Niyakan (2005) گزارش کردند تنش آبی سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل در گیاه سویا شده است. کاهش در محتوای کلروفیل به احتمال زیاد به‌دلیل افزایش کاتابولیسم کلروفیل و تخریب رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی می‌باشد که این فرآیند نیز خود نتیجه فراهم‌نبودن عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنش می‌باشد (Ahmadi Mousavi *et al*., 2005). با توجه به این‌که میزان کلروفیل برگ با فراهمی کودها در ارتباط می‌باشد (Malakouti & Homaee, 2005) به‌نظر می‌رسد که در تیمارهای مصرف کود پتاسیم و زئولیت، مواد لازم برای ساخت کلروفیل بیشتر در اختیار گیاه بوده و میزان کلروفیل در آن‌ها بیشتر از تیمارهای عدم مصرف این کودها می‌باشد. Chehelgerdi *et al*, (2015) تأثیر زئولیت و سولفات پتاسیم و کود دامی را در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی را در گیاه ارزن دم‌روباهی (*Setaria italic* L.) بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد بیشترین میزان شاخص کلروفیل مربوط به تیمار سولفات پتاسیم بود که به‌دلیل اثر پتاسیم بر افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی بوده و باعث تعدیل خسارت‌های ناشی از تنش خشکی می‌باشد.

شاخص کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای آبیاری، زئولیت و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه داشتند، اما اثرات متقابل معنی‌دار نشد. (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل برگ در مرحله پرشدن دانه از آبیاری در زمان گل‌دهی و غلاف‌دهی، مصرف ۳۰تن زئولیت (جدول ۵) و ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم در هکتار (جدول ۴) به‌دست آمد. کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش طولانی‌مدت تا حدودی به‌دلیل کاهش ورود نیتروژن به بافت‌ها و فعالیت نیترات ردوکتاز می‌باشد که منجر به تجزیه و کاهش کلروفیل می‌گردد (Ahmadi & Bikr, 2000). Mirzakhani *et al*, (2015) در یک بررسی بر روی گندم و Bahador *et al*, (2016) بر روی ماش (*Vigna radiata* L.) اثبات کردند که مصرف سطوح مختلف زئولیت باعث افزایش میزان کلروفیل می‌شود. تأثیر کود پتاسیم بر افزایش جذب دو عنصر ضروری آهن و منیزیوم برای سنتز کلروفیل توسط آثار منفی تنش که موجب کاهش رشد و جذب عناصر غذایی و نیز تجزیه محتوای کلروفیل برگ می‌گردد، خنثی می‌شود (Thalooth *et al*., 2006). کاهش مقدار کلروفیل نخود در اثر تنش کمبود آب توسط Abbasslou *et al*, (2015) نیز گزارش شده است. تخریب کلروپلاست‌ها و تجزیه کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز ازجمله عوامل مؤثر بر کاهش غلظت این رنگیزه در شرایط تنش کمبود آب محسوب می‌شود. در کل می‌توان گفت زمانی‌که گیاه در مراحل رویشی و زایشی رشد خود در معرض تنش خشکی قرار بگیرد، استفاده از زئولیت و پتاسیم می‌تواند موجب افزایش کلروفیل شود؛ یا به‌عبارتی از کاهش شدید کلروفیل جلوگیری کند و این امر سبب جلوگیری از کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سبزینگی و درنتیجه رشد گیاه می‌شود و به این طریق به گیاه کمک می‌کند تا سعی در حفظ ثبات عملکرد خود داشته باشد.

محتوای پرولین

بالاترین مقدار پرولین از تیمار عدم آبیاری و عدم مصرف زئولیت با ۱۵/۹۱ میکرومول بر گرم به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت. کمترین مقدار این صفت از

تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و مصرف ۱۵تن زئولیت با ۸/۶۶ و همچنین تیمار آبیاری در مرحله گل‌دهی و مصرف ۱۵ و ۳۰تن زئولیت با ۹/۱۹ و ۹/۲۳میکرومول بر گرم به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش پرولین در زمان بروز تنش خشکی نوعی سازگاری گیاه برای جلوگیری از تعرق بیشتر و افزایش جذب آب است که عمدتاً به‌دلیل عدم انتقال مواد فتوسنتزی و بارگیری آن‌ها از برگ اتفاق می‌افتد. مهم‌ترین تأثیر زئولیت در تجمع پرولین این است که زئولیت با فراهم‌آوری آب قابل‌دسترس برای گیاه تا حدودی از تجمع پرولین که در واکنش به کمبود آب و برای تنظیم پتانسیل اسمزی ایجاد می‌گردد، جلوگیری می‌کند. تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که در دوره کوتاهی بعد از اعمال تنش خشکی زنده بماند و گیاه بتواند بعد از رفع تنش، رشد خود را بازیابی کند و بنابراین اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت، اما در تنش طولانی‌مدت اثرات مفید آن عمل نخواهد کرد و تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد خواهد گذاشت زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به‌سمت فرآیندهایی غیر از پرشدن دانه منحرف می‌گرداند (Sanchez *et al*., 1998). در این مطالعه، تنش خشکی سبب افزایش میزان پرولین در برگ‌های نخود گردید و این تأثیر با مصرف زئولیت بیشتر نمایان گردید. در یک پژوهش مشخص شد که تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در برنج میزان پرولین را افزایش داد (Pirdashti *et al*., 2009). افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در آفتابگردان Asilan (2016) و باقلا (*Vicia faba* L.) Siva Nageswara Rao *et al*, (2015) نیز گزارش شده است. مصرف پتاسیم میزان پرولین را کاهش داد که نشان‌دهنده کاهش اثرات مضر ناشی از تنش خشکی می‌باشد.

غلظت پتاسیم دانه

وجود پتاسیم کافی نیز با توجه به نقشی که در حفظ پتانسیل آبی گیاه و جلوگیری از هدررفتن آب دارد، در شرایط تنش آبی سبب حفظ فعالیت فتوسنتزی و جلوگیری از کاهش شدید فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد (Daneshian *et al*., 2002). بنابراین نقش این عناصر را می‌توان در کمک به تنظیم اسمزی در شرایط تنش رطوبتی دانست که با دخالت در سنتز اسمولیت‌ها برای سازگاری با تنش و حفظ فشار تورژسانس، نقش خود را اجرا می‌کنند. تفاوت معنی‌داری ($p<0.01$) در غلظت پتاسیم دانه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری مشاهده شد (جدول ۲). مصرف ۳۰تن زئولیت و آبیاری در مرحله گل‌دهی و عدم مصرف زئولیت همراه با دو نوبت آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی، دارای بیشترین غلظت پتاسیم دانه بودند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش رطوبت میزان جذب پتاسیم توسط گیاه کاهش و در شرایط رطوبت کافی، افزایش می‌یابد که با نتایج Nasri (2015) مطابقت دارد. کاهش جذب مواد و عناصر غذایی در شرایط کم‌آبی در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش شده است (Pirzad *et al*., 2011). Kafi *et al*, (2009) گزارش کردند که درصد پتاسیم در گیاهان تحت تنش کمتر بوده و دلیل آن می‌تواند کاهش قابلیت دسترسی این عناصر در شرایط کمبود رطوبت باشد، به‌این‌صورت که در اثر وجود آب زیادتر، یون‌های یک ظرفیتی مانند پتاسیم در محلول خاک به‌طور نسبی بیشتر از یون‌های دو ظرفیتی افزایش می‌یابد، اما به‌تدریج که خاک خشک می‌شود، کلوئیدهای رس با قدرت بیشتری پتاسیم را به سطح خود جذب کرده و مانع از جداشدن این یون‌ها می‌شوند. Domadar Reddy *et al*, (2000) نشان دادند که با کاربرد کود دامی، فسفر و پتاس قابل دسترس خاک افزایش یافته و موجب افزایش جذب این عناصر توسط گیاه می‌شود و اگر مقادیر این عناصر در خاک فراوان باشد، گیاه عکس‌العملی نسبت به مقادیر اضافی این عناصر نشان نخواهد داد. اثر پتاسیم بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش مقدار پتاسیم در خاک باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه گردید و پتاسیم بیشتری جذب شد.

غلظت پروتئین دانه

میزان پروتئین گیاه صفتی است که تحت تأثیر ژنوتیپ رقم، غذاسازی گیاه، فراهمی عناصر غذایی و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. هر عامل غذایی واقلیمی که سبب شود دوره رشد گیاه و خصوصاً دوره پرشدن دانه‌ها کاهش یابد، میزان پروتئین را افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار رژیم‌های آبیاری، کاربرد زئولیت و پتاسیم و همچنین اثر متقابل آبیاری × زئولیت در مقدار پروتئین دانه بود (جدول ۲). تیمار عدم آبیاری و عدم مصرف زئولیت دارای بیشترین میزان پروتئین دانه به میزان ۲۱/۵۸درصد بود (جدول ۳). بالاتربودن میزان پروتئین دانه در این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر می‌تواند مرتبط با کاهش دوره رشد و نمو در شرایط دیم و عدم مصرف زئولیت باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین و درنتیجه افزایش میزان پروتئین شده است. این نتیجه مانند نتیجه بررسی Naseri *et al*, (2015) بود. همچنین کاهش رطوبت، پاسخ‌هایی نظیر تخریب پروتئین‌های محلول و انباشت برخی اسید آمینه‌های آزاد را جهت حفظ تنظیم فشار اسمزی سلول به‌دنبال دارد (Momeni *et al*., 2015). افزایش میزان

پروتئین دانه را در شرایط تنش خشکی به کاهش قابل توجه وزن دانه نسبت داده‌اند (Mottaghi *et al*., 2009). Hayati *et al*, (2012) نشان دادند که با افزایش فواصل آبیاری و القای تنش، بر درصد پروتئین دانه ارزن افزوده شد. نتایج بررسی Dogounchi *et al*, (2016) نشان داد که مصرف زئولیت بدون حضور اوره نتوانست درصد نیتروژن پروتئین دانه را افزایش دهد.

در بین تیمارهای مصرف کود پتاسیم، بیشترین میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر مربوط به تیمار عدم مصرف کود بود (۱۸/۹۵درصد)(جدول ۴) که با نتیجه بررسی Momeni *et al*, (2015) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که آبیاری تکمیلی همراه با مصرف زئولیت و همچنین مصرف پتاسیم، عملکرد دانه نخود را افزایش داد. مصرف سطوح مختلف زئولیت همراه با آبیاری تکمیلی باعث افزایش مقدار عملکرد دانه، وزن بوته، کلروفیل برگ و میزان پتاسیم دانه گردید، به‌طوری که بالاترین عملکرد با ۲۱۴۰ و ۲۰۴۰کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب با مصرف ۳۰ و ۱۵تن زئولیت در هکتار و آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی حاصل شد. بنابراین برای کاهش هزینه‌ها و صرفه‌جویی در مصرف کود بهتر است آبیاری در این دو مرحله همراه با مصرف ۱۵تن زئولیت در هکتار در شرایط همچون سال آزمایش باشد. افزایش میزان کلروفیل برگ در شرایط مصرف زئولیت و آبیاری تکمیلی موجب فراهمی بیشتر فتوستز شده و در نهایت عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافت. زمانی‌که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه شود، محتوای پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد که این امر نشانه افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش در اثر تولید این اسمولیت می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، در شرایط کمبود آب با مصرف سولفات پتاسیم می‌توان تا حد زیادی باعث افزایش عملکرد دانه شد. با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم، عملکرد دانه به‌ترتیب به ۱۱۸۴ و ۱۲۴۳کیلوگرم در هکتار رسید، در حالی‌که در تیمار عدم مصرف پتاسیم عملکرد دانه ۱۰۹۶کیلوگرم در هکتار بود که حاکی از افزایش ۸/۰۳ و ۱۳/۴۱درصدی عملکرد دانه به ترتیب با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰کیلوگرم پتاسیم می‌باشد.

منابع

1. Ahmadi, A., and Bikr, D.A. 2000. Stomatal and nonstomatal militants of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. Iranian Journal of Agricultural Science 31: 813-826. (In Persian with English Summary).
2. Ahmadi Mousavi, A., Manouchehri Kalantari, Kh., and Torkzade, M. 2005. Effect a kind of berasinoestroeed on Malondealdeid, proline, chlorophyll in drought stress. Biology Journal 4: 259-267. (In Persian with English Summary).
3. Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., and Karanove, E. 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Journal of Plant Cell Environment 24: 1337-1344.
4. Almodares, A., Hadi, M.R., Ranjbar, M., and Taheri, R. 2007. The effect of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum: Asian Journal of Plant Sciences 6 (2): 423-426.
5. Amiri Dehahmadi, S.R., Parsa, M., and Ganjali, A. 2010. The effect of drought stress at different phonological stages on morphological traits and yield components of chickpea under greenhouse conditions. Bimonthly Iranian Journal of Field Crop Research 8(1): 157-166. (In Persian with English Summary).
6. Asilan, K. 2016. Effect of water deficit stress on soluble sugars, proline, protein and chlorophyll content in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. Iranian Journal of Filed Crop Science 47(2): 175-184. (In Persian with English Summary).
7. Bahador, M., Ebdali Mashhadi, A., Siadat, A., Fathi, G., and Lotfi Jalalabadi, A. 2016. Effect of zeolite and seed priming on nitrogen, chlorophyll and seed yield of grass pea. Journal of Plant Process and Function 4(11): 137-147. (In Persian).
8. Bates, I., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free Proline for water stress studies. Journal of Plant and Soil 39: 205-207.
9. Beiknejad, S., Azizi, M., Rameh, V., and Afzali, M. 2013. Effect of potassium and Mg on yield and yield component of soybean. (Abstract). In: Abstract Book of the 11th Iranian Crop Science Congress. September 2013. Shahid Beheshti Agricultural Organization. p. 3035. (In Persian).

10. Chehelgerdi, A., Saffari, M., and Abdolshahi, R. 2015. Effect of super absorbent polymer, potassium sulphate and farmyard manure on physiological characteristics of millet (*Setaria italic* L.) under optimum irrigation and drought stress conditions. Journal of Crop Production 7(2): 43-60. (In Persian with English Summary).
11. Daneshian, J., Majidi Hrvan, A., and Jonoubi, P. 2002. The effect of drought stress and different amounts of potassium on quantitative and qualitative characteristics of soybean. Journal of Agriculture Sciences 8(1): 108-95. (In Persian).
12. Dogounchi, A., Biabani, A., Sabouri, H., Gholizadeh, A., Esmaeeli, M., Romani, A., and Jaafarzadeh, M. 2016. Effect of zeolite and urea manure with azospirillum on yield on yield and yield of components of wheat. Journal of Agricultural Research, Education and Extension organization 1(1): 41-53. (In Persian).
13. Domadar Reddy, D., Subba, A., and Rupa, T. R. 2000. Effect of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic in a vertical. Journal of Bioresearch Technology 75: 113-118.
14. Fanaee, H.R., Galavi, M., Kafi, M., Ghanbari, A., and Shirani Rad, A. 2010. Effect of potassium fertilization and irrigation on yield and water use efficiency of canola and Indian mustard species (*B. napus*. L. and *B. juncea* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 11(3): 273-291. (In Persian with English Summary).
15. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Yield Barriers in Pulse Crops. In: M. Parsa and Bagheri A. (Eds.). Pulses. Jehad Daneshgahi Mashhad Publisher. (In Persian).
16. Ghazavi, R. 2015. The application effects of natural zeolite on soil runoff, soil drainage and some chemical soil properties in arid land area. International Journal of Innovation and Applied Studies 13(1): 172-177.
17. Ghorbanli, M., and Niyakan, M. 2005. Effect of drought stress on protein, proline, phenol and nitrate redoctas anzyme in soybean (gorgane 3). Oloom Journal of Tarbiat Moalem University 1: 537-551. (In Persian with English Summary).
18. Hayati, A., Ramroudi, M., and Galavi, M. 2012. Effect of timing of potassium application on Millet (*Setaria italica* L.) yield and grain protein content in different irrigation regimes. Journal of Crop Production and Processing 1(2): 35-44. (In Persian with English Summary).
19. Heidari, M., and Asgharipour, M.R. 2012. Effect of potassium sulphate on yield and component yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research 10(2): 374-381. (In Persian).
20. Imanzadeh, B., Yarnia, M., and RahimzadehKhoiy, F. 2014. Effect of soil use and spraying of potassium sulfate and different irrigation intervals on grain related trains in maize 704 in Khoda Afarin. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 4(3): 92-100.
21. Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoomi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental stresses in plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publishers. 504 pp.
22. Khodami, S., Shirani Rad, A.H., Delkhosh, B., and NoorMohamadi, Gh. 2013. Effect of different potassium levels and different humidity conditions, in the use of zeolite and disuse zeolite in safflower. Annals of Biological Research 4(8): 56-60.
23. Krouma, A. 2010. Plant water relations and photosynthetic activity in three Tunisian chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype subjected to drought. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 34 (3): 257-264.
24. Malakouti, M.J., and Homaee, M. 2005. Soil Fertility of Arid and Semi-Arid Regions "Difficulties and Solutions". 2nd, ed. Tarbiat Modarres University Publishers. 435 pp.
25. Mirzaee, M.R., and Rezvani, M. 2006. Effect of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 23(1): 29-42. (In Persian).
26. Mirzakhani, M., Hemmati, Z., Sajedi, A. 2015. Response agronomic and physiologic wheat traits to drought stress and application of zeolite. Journal of Agronomy Research in Iran 13(1): 173-183. (In Persian with English Summary).
27. Mollavaly, M., Bolandnazar, S., and Tabatabai, S.J. 2009. The effect of different amounts of ammonium nitrate and potassium sulfate growth characteristics and yield of onion. Journal of Agriculture Science 19(2): 227-239. (In Persian with English Summary).
28. Momeni, F., Ghobadi, M., Jalali, S., and Shekari, P. 2015. Response of physiolgical characteristics of chickpea to Zinc and Potassium in irrigation and rainfed condition. Journal of Plant Physiology. 3(9): 71-83. (In Persian with English Summary).

29. Mottaghi, M., Najafiyan, G., and Bihamta, M.R. 2009. Effect of terminal drought stress on grain yield and baking quality of hexapoloid wheat genotype. Iranian Journal of Crop Science 11(3): 290-306. (In Persian with English Summary).
30. Naseri, R., Siyadat, S.A., Soleymanifard, A., Soleymani, R., and Khosh Khabar, H. 2011. Effect 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).
31. Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 78-91. (In Persian with English Summary).
32. Nasri, M. 2015. Effect of zinc foliar, potassium elements and irrigation terms of concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in grain and some quantitative characteristics of corn (KSC704). International Journal of Biosciences 6(2): 15-23. (In Persian with English Summary).
33. Nayyar, H., and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany 58: 106-113.
34. Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R., and Najafi, S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. Notulace Scientia Biologicae 2(4): 53-58. (In Persian).
35. NiariKhamssi, N., Ghassemi Golezani, K., ZehtabSalmasi, S., and Najaphy, A. 2010. Effect of water deficit stress on field performance of chickpea cultivars. African Journal of Agriculture Research 5(15): 1973-1977.
36. Oneill, P.M., Shanahan, J.F., and Schepers, J.S. 2006. Use chlorophyll florescence assessments to differentiate corn hybrid respond to variable water conditions Journal of Crop Science 46(2): 681-687.
37. Pirdashti, H., Tahmasebi-Sarvestani, Z., and Bahmanyar, A. 2009. Comparison of physiological responses among four contrast rice cultivars under drought stress conditions. World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 52-54.
38. Pirzad, A., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, S.A., Darvishzadeh, R., and Samadi, A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Medicinal Plants Research 5(12): 2483-2488.
39. Prez-Cabalero, R., Gill, J., Benitez, C., and Gonzalez, J.L. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the N-K nutrition of olive trees. American Journal of Agricultural and Biological Science 2(1): 321-324.
40. Rabbani, J., and Emam, Y. 2011. Yield response of maiz hybrids to drought stress at different growth stages. Journal of Crop Production and Processing 1(2): 65-78. (In Persian with English Summary).
41. Sabaghpour, S.H., Sadeghi. E., and Malhotra, R.S. 2003. Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. (Abstract). In: Abstract Book of the International Chickpea Conference January 20-22, 2003. Indira Gandhi Agicultural University, Raipur Chhattisgarh, India.p. 436-443.
42. Sabaghpour, S.H. 2015. Strategic Framework for Food Legume Research. Nashar and Entesharat Organization. 417pp.
43. Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Tenorio, J.L., and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Journal of Field Crop Research 59: 225-235.
44. Serraj, R., and Sinclair, T.R. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant Cell Environment 25: 333-341.
45. Siva Nageswara Rao, D., Naidu, D., and Ashoka Rani, Y. 2015. Effect of foliar nutrition on antioxident enzymes, photosynthetic rate, dry matter production and yield of Mung Bean under receding soil moisture condition. International Journal of Pure & Applied Bioscience 3(1): 115-123.
46. Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., and Magda Mohamed, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of Mung Bean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agriculture Sciences 2(1): 37-46.
47. Valadabadi, S.A.R., Aliabadi Farahani, H., and Khalvati, M.A. 2009. Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K_2O application and irrigation according. Asian Journal of Agricultural Sciences 1: 19-24.
48. 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 of Field Crop Research 7(2): 483-492. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 114-125

Effect of zeolite and potassium on some of characteristic and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in the different irrigation management

Maleki[1*], S., Nakhzari Moghaddam[2], A., Sabbaghpour[3], S.H., Noorinia[4], A.A. & Sabouri[5], H.

1. PhD. Student of Crop Ecology, University of Gonbad Kavoos
2&5. Assistant Professor and Associate Professor, University of Gonbad Kavoos
3. Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education of Hamadan
5. Researcher, Center of Agricultural Research and Natural Resources of Gorgan

Received: 24 December 2016
Accepted: 21 February 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.61250

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is grown predominantly in Mediterranean environment where yield is faced with abiotic stresses such as water deficit. Due to shortage of water resources and sequential cropping in many areas, it is necessary to manage the irrigation water, because this would cause inadequate irrigation. Therefore, in order to achieve the maximum yield and efficient use of available water, prevention of waste of water is necessary. One of the reasons for the use of zeolite in agricultural production and productivity of soil, is the moisture absorption and maintain the property for a long time and prevent environmental pollution. Zeolite acts as a slow release fertilizer, giving the plant access to water and nutrients for more times. Also zeolite caused significant saving in water use and reducing the amount of fertilizer. Thus helping to decrease the amount of water used per crop and the contamination of aquifers due to overuse of chemical fertilizers. Adjustment of drought negative effects by maintaining inflammation pressure, transpiration reduction and increase of water use efficiency has been through consumption of potassium. Although potassium unlike N and P, does not enter into the composition of any product. Potassium has an important role either direct or indirect, under different environments, in major plant processes such as photosynthesis, respiration, protein synthesis, enzyme activation, water uptake, osmoregulation, growth and yield of plant. Considering the importance of chickpea in nutrition of human and weather conditions of arid and semiarid, supplementary irrigation is necessity for cultivation of this plant in Iran; with regard to role of zeolite and potassium in reducing sensitivity of plants to water deficit and since there is limited published work about the effect of application of potassium sulphate combined with zeolite, this research was conducted to compare their effects on some of characteristics and yield of chickpea.

Materials & Methods

In order to study the effect of different irrigation regimes and different Zeolite and Potassium application on quality characteristics and yield of chickpea *cv Azad*, an experiment was conducted as split factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications in Research Station of Agriculture and Natural Resource Research center of Hamadan, during 2015 cropping season. Main plot included supplementary irrigation (check as non-irrigation, supplementary irrigation at flowering, irrigations at both flowering and pod setting and irrigation at pod setting stages) and subplot included three levels of zeolite (Z0=0, Z1=15 and Z2=30 ton ha^{-1}) and three levels of potassium fertilizer (K0=0, K1=150 and K2= 250 kg ha^{-1} K_2SO_4) that located as split factorial in each sub plot. In this study, the amount of proline, potassium, protein, chlorophyll content (flowering and pod setting stage), seed yield and Plant weight were determined. Software SAS Ver. 9.1 was used for the statistical analysis and the means were compared by using Least Significant Difference (LSD) test at 0.05 level of significance.

Results & Discussion

***Corresponding Author:** soode.maleki@yahoo.com

The results showed that the different irrigation regimes, Zeolite and Potassium fertilizer levels had significant effect on proline, potassium, protein, chlorophyll (flowering stage), chlorophyll (pod setting stage) and seed yield. The results indicated that drought stress significantly decreased leaf potassium and leaf chlorophyll whereas protein percent and proline were increased. Interaction between irrigation and Zeolite was significant except for chlorophyll (pod setting). In this study, the highest plant weight and seed yield were obtained under irrigations at both flowering and pod setting along with 30 ton ha^{-1} zeolite. Enhanced proline accumulation during stress indicates that proline is thought to play a cardinal role as an osmoregulatory solute in plants. The flowering stage in chickpea cultivars is the most sensitive stage to drought stress and in deficit water condition supplemental irrigation in this stage may considerably increases yield of chickpea.

Conclusion

Production in dry land farming systems in Iran is limited by deficiency of water. Chickpea has good potential to increase production in dry land conditions. Zeolite and potassium consumption can be positive effects on yield and quality characteristic of chickpea in severity and moderately stress conditions. It is concluded that zeolite and potassium consumption with ameliorate damages due to water stress could be effective on plant and formation economical yield in conditions of Hamadan region. Zeolite application in lands which are exposure to late season drought stress can keep soil water content and improve seed yield and production. Therefore, considering water shortage in drought area of the country, application of zeolite can be useful to save more water that leads to produce more yield. According to results of this study, potassium sulfate consumption has been enhanced 8 to 13 percent grain yield.

Keywords: Chickpea, Proline, Protein, Seed yield, Supplementary irrigation

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۷، صفحۀ ۱۳۸-۱۲۶

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 126-138
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.58254

تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفاته و روی بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در دو رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

محمود محمدی

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفاته و روی بر برداشت عناصر غذایی توسط لوبیا، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال اجرا شد. عوامل آزمایش شامل دو رقم لوبیاچیتی (تلاش و صدری)، چهار سطح فسفر (P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، P_2: مصرف کود زیستی فسفاتی و ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_3: کود زیستی فسفاتی) و سه سطح روی (Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی، Zn_2: کود زیستی روی) بود. کود زیستی فسفاتی شامل تلقیح با قارچ‌های میکوریزی *Rhizophagus intraradices* ،*Clariodeoglumus etunicatum* و *Funneliformiss mosseae* و باکتری *Azetobacter* و تیمار زیستی روی تلقیح با باکتری‌های *Pseudomona*s بود. صفات مورد بررسی در این آزمایش عملکرد دانه، غلظت و برداشت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس بود. نتایج نشان داد بیشترین مقادیر عملکرد، غلظت و برداشت عناصر غذایی از رقم صدری مشاهده شد. تیمار P_2 باعث افزایش ۲۱/۸، ۳۹، ۹۸، ۵۹، ۳۲، ۵۷، ۴۴/۵ و ۲۸درصدی عملکرد و برداشت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس نسبت به شاهد شد. حداکثر میزان عملکرد دانه، غلظت نیتروژن، پتاسیم و روی به ترتیب به میزان ۳۴۰۴کیلوگرم در هکتار، ۳/۹۳، ۲/۲۵درصد و ۳۱/۴۱میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار Zn_1 به‌دست آمد. در خصوص اثر متقابل معنی‌دار، بیشترین میزان عملکرد دانه، غلظت نیتروژن، روی و مس به‌ترتیب به میزان ۳۶۵۶کیلوگرم درهکتار، ۴/۱درصد، ۳۶/۵۷ و ۲۱/۶میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار P_2Zn_1 به‌دست آمد. کودهای زیستی مورد استفاده علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفری باعث افزایش برداشت عناصر غذایی و تولید بذور غنی از عناصر غذایی مورد مطالعه شدند.

واژه‌های کلیدی: *Azotobacter*، عملکرد، فسفر، میکوریزا

مقدمه

غنی‌سازی[۲] مواد غذایی و کاهش غلظت آلاینده‌ها در محصولات کشاورزی از جمله راهکارهای رفع سوءتغذیه ناشی از ناکافی‌بودن ریزمغذی‌ها، کلسیم، منیزیم و ویتامین‌ها در مواد غذایی می‌باشد (Malakouti, 2014). لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با داشتن ۲۵-۲۰درصد پروتئین، ۶۰درصد کربوهیدرات، ویتامین‌ها، فیبر، آنتی‌اکسیدان و ترکیبات آمینواسیدی حاوی آهن و روی اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی دارد (Fageria & Santos, 2008). استفاده علمی و صحیح از کودهای آلی و زیستی راهکاری برای به‌حداقل‌رساندن تجمع کودهای شیمیایی در محصولات کشاورزی، منابع آب و خاک و سایر موجودات زنده می‌باشد (Vessay, 2003). از جمله این کودها می‌توان به کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های حل‌کننده اشکال نامحلول فسفر و روی اشاره نمود (Vessay, 2003؛ Artusson *et al*., 2006؛ Khan *et al*., 2009). از مهم‌ترین اثرات مثبت همزیستی میکوریزی می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود تغذیه گیاه، افزایش کارآیی و بهره‌وری مصرف آب و مقاومت گیاه در مقابل تنش های محیطی مانند خشکی و شوری اشاره نمود (Marschner & Dell, 1994؛ Artusson *et al*., 2006؛ Amirabadi *et al*., 2009؛ Smith *et al*., 2010؛ Yaseen *et al*., 2012). همچنین قارچ‌های میکوریزی با ایجاد تعادل نسبی در جذب فسفر و نیتروژن می‌توانند از اثرات بازدارندگی و رقابتی آنها در

* نویسنده مسئول: m.mohamadi@areo.ac.ir

۲ Enrichment

جذب عناصر کم‌مصرف کاسته و به ایجاد تغذیه متعادل گیاهی کمک کنند (Chen *et al*., 2005؛ Marschner & Dell, 1994؛ Parvizi *et al*., 2013). نتایج تحقیقات همزیستی میکوریزی در گیاهان زراعی مختلف نشان می‌دهد در حضور این قارچ‌ها، جذب عناصر نیتروژن (Amirabadi *et al*., 2009؛ Artusson *et al*., 2006)، فسفر (David, 2007؛ Amirabadi *et al*., 2009)، پتاسیم (Yaseen *et al*., 2012)، آهن (Marschner & Dell, 1994؛ Yaseen *et al*., 2012)، روی (Subramanian *et al*., 2009؛ Yaseen *et al*., 2012)، مس (Mader *et al*., 2005) و منگنز (Amirabadi *et al*., 2009) به طور نسبی افزایش یافته است.

باکتری‌های حل‌کننده فسفات[1] گروهی از میکروارگانیسم ها می‌باشند که توانایی تبدیل فسفات‌های معدنی نامحلول را به ترکیبات معدنی محلول و قابل دسترس گیاهان را دارند (Khan *et al*., 2009؛ Sarathambalm *et al*., 2010). این میکروارگانیسم‌ها با کاهش pH خاک از طریق تولید میکروبی اسیدهای آلی مانند اسید اگزالیک، اسید سیتریک، اسید گلوکونیک، اسید کتوگلونیک و اسید مالیک و ترشح پروتون و با معدنی‌نمودن فسفر آلی از طریق تولید فسفاتازهای اسیدی باعث افزایش انحلال فسفات معدنی می‌شوند (Khan *et al*., 2009). تحقیقات Rudrish *et al*., 2005 نشان داده است استفاده از ریزجانداران حل‌کننده فسفات باعث افزایش رشد، جذب عناصر غذایی و عملکرد گیاه نخود نسبت به شاهد شده است. قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه مثل باکتری‌های جنس *Azotobacter* و *Pseudomonas* به‌خصوص زمانی که با هم استفاده می‌شوند، پتانسیل افزایش جذب عناصر غذایی را دارند و کارآیی این موجودات در خاک-های فقیر از لحاظ مواد غذایی بیشتر است (Behl *et al*., 2006؛ Artusson *et al*., 2006؛ Scheublin & Heijden, 2006). استفاده از باکتری‌های حل‌کننده روی[2] یکی از راه-کارهای مفید در آزاد سازی روی از ترکیبات نامحلول روی در خاک‌های آهکی و قلیایی می‌باشد (Sarathambalm *et al*., 2010؛ Abbaszade *et al*., 2012). در بین این باکتری‌ها جنس *Pseudomonas* یکی از مهم‌ترین باکتری‌های حل-کننده فسفات و روی در گیاهان است که به‌دلیل تولید طیف گسترده‌ای از ترکیبات تحریک‌کنندۀ رشد گیاه مانند تولید اکسین، سیدروفور، اسید سالیسیک و کیتیناز به‌طور غیرمستقیم باعث افزایش جذب روی و دیگر عناصر غذایی می-شود (Khan *et al*., 2009). تحقیقات Abbaszade *et al*., 2012 نشان می‌دهد از میان سویه‌های مختلف *Pseudomonas fluorescens* سویه P_{19} کارآمدترین سویه در استخراج روی از منابع نامحلول یا کم‌محلول روی در خاک بوده و باعث افزایش غلظت آن در گیاه لوبیا می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد به ازاء تولید هر تن دانه لوبیا به‌طور متوسط ۳۲/۲کیلوگرم نیتروژن، ۳/۷کیلوگرم فسفر، ۱۸/۶کیلوگرم پتاسیم، ۹/۲کیلوگرم گوگرد، ۳/۲کیلوگرم کلسیم، ۳/۱کیلوگرم منیزیم از یک هکتار زمین برداشت می‌شود (Bagheri *et al*., 2001). لوبیا یکی از محصولات استراتژیک محسوب می‌باشد و حساسیت بالایی نسبت به کمبود روی و آهن دارد (Morghan & Grafton, 2003). با توجه به بالابودن pH و ماهیت آهکی خاک‌های زراعی کشور، غلظت فسفر و برخی از عناصر ریز مغذی در محلول خاک کمتر از مقدار لازم برای رشد بهینه گیاه می‌باشد. از طرفی با مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی بالاخص کودهای فسفاتی مواجه هستیم که بخش زیادی از این کودها در خاک تثبیت شده و کارآیی آن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین عدم مصرف کودهای ریزمغذی بالأخص کودهای حاوی آهن و روی در مزارع لوبیا مرسوم می‌باشد. با این وجود اطلاعات در خصوص اثرات کاربرد کودهای زیستی بر غلظت و جذب عناصر غذایی لوبیا در شرایط مزرعه‌ای اندک است. لذا این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کودهای زیستی فسفاتی و روی بر عملکرد، غلظت و جذب عناصر غذایی در بذر دو رقم لوبیاچیتی برای نخستین‌بار در منطقه لوبیاکاری شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲ و ۱۳۹۴- ۱۳۹۳ در اراضی لوبیاکاری بخش کیار استان چهارمحال و بختیاری واقع درکیلومتر ۴۵جنوب شرقی شهرکرد با ۲۰۹۶متر ارتفاع از سطح دریا و مختصات جغرافیایی ۳۲درجه و۲۰دقیقه عرض شمالی و ۵۱درجه و ۱۷دقیقه طول شرقی انجام شد. بر اساس رده‌بندی خاک به روش آمریکایی (Soil Taxonomy , 2014) فامیل خاک محل آزمایش Fine, mixed, mesic, Typic Calcixerepts است (Mohammadi, 1986). فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: فاکتور اول، ارقام لوبیا چیتی شامل C_1: تلاش و C_2: صدری، فاکتور دوم کاربرد فسفر درچهار سطح P_0: شاهد، P_1: استفاده از کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک، P_2: استفاده از کود زیستی فسفاتی و مصرف ۵۰درصد کود شیمیایی فسفری

[1] Phosphate Solubilizing Bacteria

[2] Zinc Solubilizing Bacteria

بر اساس آزمون خاک و P_3: استفاده از کود زیستی فسفاتی. فاکتور سوم کاربرد روی درسه سطح شامل Zn_0: شاهد، Zn_1: استفاده از کودشیمیایی سولفات روی مطابق آزمون خاک وZn_2: استفاده از کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده روی. کود فسفری مصرفی از منبع سوپر فسفات تریپل $(Ca(H_2PO_4)_2)$ به میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار در تیمار P_1 و ۵۰کیلوگرم در هکتار در تیمار P_2، روی از سولفات روی $(ZnSO_4.7H_2O)$ به‌میزان ۵۰کیلوگرم در هکتار (Zn_1) مصرف شد. تیمارها به‌صورت تصادفی در کرت‌ها و بلوک‌ها اختصاص داده شدند. تیمار کود زیستی فسفاتی مورد استفاده شامل مایه تلقیح حاوی باکتری حل‌کننده فسفات از جنس *Azotobacter chroococcum strain 5* و سه گونه قارچ میکوریزایی *Rhizophagus* ،*Clariodeoglumus etunicatum intraradices* و *Funneliformiss mosseae* بود. کود زیستی روی مورد استفاده، مایه تلقیح حاوی باکتری‌هایی از جنس *Pseudomonas aeuroginosa strain MPFM* و *Pseudomonas fluorescens strain 187* بود. کود زیستی فسفاتی به صورت دانه‌ای شامل قارچ‌های میکوریزی (با جمعیت ۶۰ اسپور در هر گرم) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس*Azotobacter* حاوی $1/8 \times 10^8$ سلول باکتری در هرگرم به صورت مایه‌تلقیح بود. به ازای هر ۱۰کیلوگرم قارچ های میکوریزی، یک کیلوگرم مایه تلقیح *Azotobacter* استفاده شد و به‌خوبی به‌هم زده شد. سپس به ازاء هر بذر مقدار دو گرم از این کود در چاله کاشت زیر بذر قرار داده شد. از این دو گرم ۱/۸گرم قارچ‌های میکوریزی و ۰/۲گرم مایه تلقیح *Azotobacter* بود. در مورد کودزیستی روی، بذرها قبل از کشت با مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده ترکیبات نامحلول روی با $2/3 \times 10^8$ CFU باکتری در هر گرم مایه تلقیح با نسبت پنج درصد (با ازاء هر ۱۰۰۰گرم بذر، ۵۰گرم مایه تلقیح) به‌صورت بذرمال تلقیح شدند. به‌منظور باقی گذاشتن سلول‌های باکتری بر روی بذرها از محلول صمغ عربی استفاده شد. بعد از تلقیح بذری و اندکی هوا خشک‌شدن سطوح بذور بلافاصله اقدام به کشت گردید. قبل از اجرای آزمایش در هر سال نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری جهت اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برداشت شد (جدول ۱). نتایج تجزیه خاک نشان داد خاک مزرعه در دو سال آزمایش دارای بافت لوم سیلتی و فاقد محدودیت شوری بوده و با توجه به بالاتربودن غلظت پتاسیم و منگنز قابل استفاده نسبت به حد بحرانی، نیازی به مصرف کود پتاسیمی و منگنزی نبود. این خاک‌ها از نظر فسفر و روی قابل جذب در زیر حد بحرانی قرار داشتند. میزان نیتروژن و مواد آلی در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر و از حاصلخیزی خاک بالاتری برخوردار بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش

Table 1. Soil chemical and physical characteristics of the research site

بافت Texture	کل مواد خنثی شونده TNV	کربن آلی OC	نیتروژن N	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	سال Year
							mg kg^{-1}			dS m^{-1}		
Silty Loam	24.5	0.93	0.07	0.93	8.90	0.58	3.9	255	8.3	0.88	7.87	First year (سال اول)
Silty Loam	23.5	1.57	0.10	0.89	8.31	0.55	4.02	362	10.4	0.50	8.00	Second year (سال دوم)

کشت محصول به‌صورت خطی انجام شد. در هر بلوک آزمایشی ۲۴کرت آزمایشی ایجاد شد که با احتساب سه تکرار تعداد کل واحدهای آزمایش ۷۲کرت بود. هر کرت آزمایشی به ابعاد (۳×۴ متر) شامل پنج ردیف به طول چهار متر و یک ردیف به‌صورت نکاشت در نظر گرفته شد. کشت بر روی ردیف به صورت دستی و به روش هیرم‌کاری انجام شد. کود نیتروژنی به‌میزان ۵۰کیلوگرم در هکتار اوره $(CO(NH_2)_2)$ قبل از کاشت مصرف شد. بذور مورد استفاده از مرکز تحقیقات ملی لوبیا واقع در خمین استان مرکزی و مایه‌های تلقیح و کودهای زیستی از بانک میکروبی بخش تحقیقات بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. در طول فصل رشد مراقبت‌های زراعی لازم شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها به‌طور یکنواخت برای همۀ تیمارها اعمال شد. در پایان فصل رشد در هر سال، برداشت محصول در اواخر

شهریورماه با حذف دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتها در سطح شش متر مربع به‌صورت دستی انجام شد. عملکرد دانه از طریق جداکردن کاه و کلش از دانه لوبیا و توزین کل دانه برداشت شده در سطح شش مترمربع با ترازو و سپس تبدیل به عملکرد در هکتار اندازه‌گیری شد (Basiri, 1991). برای اندازه‌گیری عناصر غذایی دانه، پس از تهیه نمونه‌ها و آسیاب کردن آنها، نیتروژن مایع به روش کجلدال (Gerhardt, Germany)، فسفر به روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV 3100, Tokyo, Japan)، پتاسیم به روش شعله‌سنجی با دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway PFP7, Sherwood Scientific, Cambridge, United Kingdom) و عناصر غذایی آهن، روی، منگنز و مس به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی (PerkinElmer AAnalyst 400, Waltham, United States of America) اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). میزان برداشت عناصر غذایی مورد بررسی از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در غلظت هر عنصر غذایی بر حسب کیلوگرم در هکتار بدست آمد (Mengel & Kirkby, 1993). از آنجایی که برداشت، عامل برتری نسبت به غلظت می‌باشد و در آن علاوه بر غلظت، عملکرد نیز مؤثر است، لذا در این تحقیق روی این صفت تأکید بیشتری شده است. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.3 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد، اثر رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیشترین میزان عملکرد دانه از رقم صدری حاصل شد که باعث افزایش ۵درصدی نسبت به رقم تلاش شد (جدول ۲). بیشتربودن عملکرد در رقم صدری می‌تواند به‌دلیل جذب بیشتر عناصر غذایی این رقم در مقایسه با رقم تلاش باشد. تیمار فسفری بر میزان عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه در نتیجه کاربرد تیمار P_2 به میزان ۳۵۳۰کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۱درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). تیمار روی باعث تفاوت معنی‌دار بر میزان عملکرد دانه شد. حداکثر عملکرد دانه از تیمار Zn_1 به میزان ۳۴۰۴کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد افزایش ۱۱درصدی را نشان داد (جدول ۲). در خصوص اثرات متقابل، اثر رقم در روی و فسفر در روی بر این صفت معنی‌دار شد. در خصوص اثر متقابل فسفر در روی، حداکثر مقدار عملکرد دانه از تیمار P_2Zn_1 به میزان ۳۶۵۶کیلوگرم در هکتار بدست آمد که نسبت به شاهد با عملکرد ۲۵۶۴کیلوگرم در هکتار، ۴۲/۵درصد افزایش نشان داد (جدول۳). افزایش عملکرد در نتیجه مصرف کودهای زیستی فسفاتی با نتایج تحقیقات Rudrish *et al.*, (2005)، Wu *et al*, (2005)، Scheublin &Heijden, (2006) و Yaseen *et al*, (2005) مطابقت دارد. این محققان گزارش دادند که قارچ‌های میکوریزایی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و ایجاد شرایط مطلوب رشد باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌گردند. در بررسی‌های Scheublin &Heijden, (2006) در سه گونه متفاوت از لگوم‌ها نشان داده شد که استفاده از قارچ‌های میکوریزایی سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشت، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه افزایش یافته است. تیمارهای زیستی استفاده‌شده در این تحقیق، باعث افزایش قابلیت جذب فسفر، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی شدند و متعاقب آن رشد گیاه و عملکرد محصول با افزایش دسترسی بهتر به عناصر غذایی افزایش پیدا کرد (جدول ۲).

غلظت عناصر غذایی در بذر

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد بین دو رقم مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری در غلظت عناصر غذایی مورد مطالعه وجود داشت و بیشترین میزان غلظت این عناصر از رقم صدری به‌دست آمد (جدول ۲). تیمار فسفری بر غلظت عناصر غذایی به‌غیر از جذب آهن و مس معنی‌دار شد. حداکثر میزان غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، به ترتیب به‌میزان ۴/۰۶، ۰/۴۷ و ۲/۴۲درصد از تیمار P_2 حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۴/۵، ۴۲/۵ و ۳۱درصدی نشان داد. همچنین حداکثر غلظت روی و منگنز از تیمار P_2 به‌ترتیب به‌میزان۳۳/۴۶ و ۳۷/۰۴میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که باعث افزایش ۳۳ و ۱۸درصدی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). با وجود معنی‌دارنشدن اثر عامل فسفری بر میزان غلظت آهن و مس دانه، بیشترین غلظت این عناصر از تیمار P_2 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰درصد کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک) حاصل شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات تأثیر تیمارهای فسفری و روی بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 2. Mean comparison of phosphorus and zinc treatments on the seed yield and nutrient concentration of two cultivars of bean

تیمار Treatment		عملکرد دانه Seed yield	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu
		کیلوگرم در هکتار (Kg ha^{-1})	(درصد) %				(میلی‌گرم در کیلوگرم) mg Kg^{-1}		
رقم Cultivar	C_1- تلاش Talash	3188b	3.90b	0.39b	2.05b	85.1b	28.84b	32.30b	19.65b
	C_2- صدری Sadri	3348a	3.70a	0.41a	2.25a	96.7a	30.25a	37.83a	20.96a
فسفر P	P_0	2897d	3.55c	0.33d	1.85d	87.2a	25.16d	32.56b	19.89 a
	P_1	3217c	3.72b	0.38c	2.12c	90.5a	28.95c	35.32ab	20.30 a
	P_2	3530a	4.06a	0.47a	2.42a	94.5a	33.46a	37.04a	20.82a
	P_3	3429b	3.83b	0.44b	2.22b	91.8a	30.62b	35.20ab	20.22 a
رویZn	Zn_0	3079c	3.58b	0.42a	2.00b	103.7a	26.54b	36.72a	19.64b
	Zn_1	3404a	3.93a	0.40b	2.25a	79.1c	31.41a	34.24b	20.55a
	Zn_2	3321b	3.87a	0.39b	2.21a	90.1b	30.70a	34.13b	20.74a

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

C1: رقم تلاش، C2: رقم صدری، P0: شاهد، P1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each column and part by a different letter are significantly different at 0.05 probability levels by Duncan's Multiple range test.
C1: Talash cultivar, C2: Sadri cultivar, P0: Blank, P1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_47H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

تیمار روی مصرفی بر غلظت عناصر غذایی مورد بررسی به‌غیر از غلظت منگنز تأثیر معنی‌دار داشت. بیشترین میزان غلظت نیتروژن و پتاسیم در نتیجه تیمار Zn_1 به‌ترتیب به‌میزان ۳/۹۳ و ۲/۲۵درصد به‌دست آمد که افزایش ۱۰ و ۱۳درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. حداکثر غلظت فسفر از تیمار Zn_0 به‌میزان ۰/۴۲درصد حاصل شد (جدول ۲). کاهش جذب فسفر در تیمار Zn_1 و Zn_2 می‌تواند به علت اثر ضدیتی[۱] فسفر در جذب روی باشد (Motashare-Zade & Savaghebi, 2012؛ Kaya *et al.*, 2009). حداکثر غلظت روی از تیمار Zn_1 به‌میزان ۳۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد که با تیمار Zn_2 اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. غلظت مس در تیمار Zn_1 و Zn_2 تفاوت معنی‌دار نشان نداد و حداکثر غلظت از تیمار Zn_2 به میزان ۲۰/۷۴میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد. بیشترین غلظت آهن و منگنز در نتیجه تیمار Zn_0 به ترتیب به‌میزان ۱۰۳/۷ و ۳۶/۷۲میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۲). در بین اثرات متقابل اثر متقابل فسفر در روی بر غلظت نیتروژن، روی غلظت روی، منگنز و مس معنی‌دار شد. حداکثر غلظت نیتروژن، روی، منگنز و مس دانه از تیمار P_2Zn_1 به *ترتیب* به‌میزان ۴/۳۹درصد و ۳۶/۵، ۳۷/۵ و ۲۱/۶میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب باعث افزایش ۲۵، ۵۸، ۱۶ و ۱۱درصد شد. همچنین بیشترین غلظت دیگر عناصر غذایی مورد مطالعه از تیمار P_2Zn_1 حاصل شد (جدول ۳).

برداشت و غنی سازی عناصر غذایی در بذر برداشت نیتروژن، فسفر و پتاسیم

بین دو رقم مورد استفاده در این آزمایش، اختلاف معنی داری در میزان برداشت این سه عنصر مشاهده شد. افزایش میزان برداشت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در رقم صدری نسبت به رقم تلاش به ترتیب به میزان ۱۱، ۱۰ و ۱۶درصد شد (جدول ۴). تیمار فسفری بر میزان برداشت این عناصر غذایی تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار P_2 نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش ۳۹، ۹۸ و ۵۹درصد جذب نسبت به شاهد شد. تحقیقات نشان می‌دهد در اکثر موارد تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش غلظت و جذب عناصر غذایی با تحرک پایین در خاک به‌ویژه فسفر و روی به گیاه میزبان می‌شود (Marschner & Dell, 1994؛ Rudresh *et al.*, 2005؛ Turk *et al.*, 2006؛ Amirabadi *et al.*, 2009 ؛ Yaseen *et al.*, 2012). گیاهان میکوریزایی با مکانیسم‌های مختلفی از قبیل دسترسی به حجم بیشتری از خاک به‌واسطه تولید ریسه‌های برون‌ریشه‌ای توسط قارچ و افزایش طول ریشه گیاه، بالابردن سرعت جذب فسفر توسط هیف قارچ، انتقال

[۱] Antagonistic

فسفر از فواصل دور از ریشه، افزایش ناحیه تخلیه فسفر، افزایش انحلال فسفر به‌واسطه رهاسازی اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز و فیتاز و کاهش pH ریزوسفر به‌واسطه ترشح یون‌های H^+ موجب افزایش جذب فسفر می‌گردند (Wu *et al.*, 2005؛ Khan & Zeidi, 2007).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای فسفری و روی بر غلظت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 3. Mean comparison of interaction effect of phosphorus and Zinc treatments on the nutrient concentration of two cultivars of bean

مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	عملکرد دانه Seed yield	تیمار Treatment
(میلی‌گرم در کیلوگرم) mg Kg^{-1}					درصد (٪)		(کیلوگرم در هکتار) Kg ha^{-1}	
19.05d	31.94a	23.20h	104.20a	1.70a	0.35a	3.28g	2564g	P_0Zn_0
20.68abc	32.51a	25.32g	69.40a	1.95a	0.34a	3.77cde	3054.5f	P_0Zn_1
19.90bcd	33.20a	26.96efg	88.26a	1.91a	0.32a	3.60ef	3074f	P_0Zn_2
20.75ab	40.95a	26.17fg	95.31a	1.98a	0.41a	3.45fg	3054f	P_1Zn_0
20.02bcd	34.70a	30.96bc	83.83a	2.18a	0.38a	4.00bc	3391cd	P_1Zn_1
20.14bcd	30.33a	29.71cd	92.18a	2.19a	0.34a	3.71de	3204e	P_1Zn_2
19.41bcd	36.58a	28.76de	111.15a	2.32a	0.48a	3.72de	3383cd	P_2Zn_0
21.60a	36.98a	36.57a	83.37a	2.58a	0.44a	4.10b	3656a	P_2Zn_1
21.47a	37.57a	35.04a	88.70a	2.36a	0.43a	4.38a	3551b	P_2Zn_2
19.31cd	37.41a	28.05def	104.21a	2.02a	0.45a	3.87bcd	3313d	P_3Zn_0
19.90bcd	32.76a	32.77b	80.08a	2.28a	0.44a	3.84cde	3516b	P_3Zn_1
21.45a	35.41a	31.04bc	91.18a	2.37a	0.42a	3.80cde	3457cb	P_3Zn_2

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

C_1:رقم تلاش، C_2:رقم صدری، P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each column by a different letter are significantly different at 0.05 probability levels ($P \leq 0.05$) by Duncan's Multiple range test.
C_1: Talash cultivar, C_2: Sadri cultivar, P_0: Blank, P_1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P_2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P_3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_47H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات تأثیر تیمارهای فسفری و روی بر میزان برداشت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 4. Mean comparison of phosphorus and zinc treatments on the nutrient uptake of two cultivars of bean

مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N		تیمار Treatment
Kg ha^{-1} (کیلوگرم در هکتار)								
0.06b	0.10b	0.09b	0.27b	66.0b	8.90b	118.5b	Talash تلاش -C_1	Cultivar رقم
0.07a	0.12a	0.10a	0.32a	76.6a	9.75a	131.3a	Sadri صدری -C_2	
0.057d	0.09c	0.07d	0.25c	54.0d	6.12d	103.5d	P_0	فسفر P
0.065c	0.11b	0.09c	0.29b	68.8c	8.27c	120.4c	P_1	
0.073a	0.13a	0.11a	0.33a	85.8a	12.10a	143.8a	P_2	
0.07b	0.12b	0.10b	0.31ab	76.6b	10.84b	131.7b	P_3	
0.06b	0.11a	0.08b	0.32a	62.6c	9.52a	111.2c	Zn_0	روی Zn
0.07a	0.11a	0.10a	0.27b	77.3a	9.524a	134.2a	Zn_1	
0.07a	0.11a	0.10a	0.3ab	74.0b	8.94a	129.3b	Zn_2	

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

C_1: رقم تلاش، C_2: رقم صدری، P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each column by a different letter are significantly different at 0.05 probability level ($P \leq 0.05$) by Duncan's Multiple range test.
C_1: Talash cultivar, C_2: Sadri cultivar, P_0: Blank, P_1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P_2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P_3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_47H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

هیف‌های قارچی در مقایسه با ریشه‌های گیاه به طور طبیعی عناصر غذایی را از فواصل دوردست مناطق تخلیه‌شده انتقال می‌دهند. این هیف‌ها توانایی نفوذ داخل حفرات خاک و تماس با ذرات خاک و جذب عناصر غذایی را دارند. همچنین ریشه‌های میکوریزایی‌شده موادی ترشح می‌کنند که فراهمی مواد غذایی برای جذب ریشه‌ای یا هیفی را افزایش می‌دهند (Wu *et al.*, 2005; Marschner & Dell, 1994).

یکی از دلایل اثر هم‌افزایی قارچ‌های میکوریزایی و باکتری *Azotobacter* در برداشت عناصر غذایی به دلیل نقش فسفر در تشکیل گره و تثبیت نیتروژن در گیاهان تیره لگوم می‌باشد. در لوبیا مقدار کافی فسفر برای رشد گیاه و تشکیل گره و تثبیت نیتروژن ضروری است (Bhat *et al.*, 2011). تحقیقات Behl *et al.*, 2006 نشان می‌دهد کاربرد همزمان باکتری *Azotobacter* و قارچ میکوریزی اثرات مثبت و سینرژیسمی[۱] روی جذب عناصر غذایی در گندم دارد. باکتری‌های *Azotobacter* با تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش سطح جذب ریشه‌ها و سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول‌استیک اسید[۲]، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها می‌توانند از طریق افزایش جذب عناصر غذایی باعث بهبود وضعیت رشدی گیاه شوند (Behl *et al.*, 2006). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهند هیف‌های خارجی قارچ‌های میکوریزایی قادر به تأمین ۱۰درصد از نیاز گیاه همزیست خود به پتاسیم هستند (Marschner & Dell, 1994). دراین تحقیق میزان نیتروژن بیشتر در تیمارهای زیستی P_2 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰درصد کود شیمیایی فسفری بر اساس آزمون خاک) و P_3 (کاربرد کود زیستی فسفاتی) می‌تواند به‌طور مستقیم در اثر افزایش تجزیه ترکیبات آلی نیتروژن‌دار و افزایش پتانسیل تثبیت زیستی نیتروژن و به طور غیرمستقیم با گسترش هیف در خاک منجر به افزایش عناصر غذایی مؤثر در تثبیت و بهبود شرایط رشدی گیاه باشد (Artusson *et al.*, 2006). تأثیر مثبت قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب نیتروژن با نتایج تحقیقات Lisette *et al.*, 2003، Amirabadi *et al.*, 2009، Bhat *et al.*, 2011 مطابقت دارد. تیمار روی بر جذب نیتروژن و پتاسیم اثر معنی‌دار داشت، ولی بر جذب پتاسیم تأثیری نداشت. افزایش میزان برداشت نیتروژن و پتاسیم در تیمار Zn_1 نسبت به شاهد به‌ترتیب برابر با ۲۰/۶ و ۲۳/۵درصد شد. حداکثر جذب فسفر نیز از تیمارهای Zn_1 و Zn_0 به‌میزان ۹/۵۲کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). در خصوص اثر تیمار روی مصرفی بیشترین میزان صفات مورد بررسی به جز غلظت و جذب فسفر از تیمار Zn_1 و Zn_2 حاصل شد (جدول ۴). لوبیا از گیاهان حساس به کمبود روی محسوب می‌گردد. در این تحقیق با توجه به پایین‌بودن میزان روی خاک در طی دو سال آزمایش به مصرف کود روی واکنش مشاهده شد. همچنین از مصرف توأم کود زیستی فسفاتی و روی، عملکرد دانه بیشتری نسبت به مصرف جداگانه آنها حاصل شد. کاهش غلظت و برداشت فسفر در تیمار Zn_1 و Zn_2 می‌تواند به علت اثر ضدیتی فسفر در جذب روی باشد (Motashare-Zade & Savaghebi, 2012؛ Kaya *et al.*, 2009). با افزایش غلظت روی، غلظت و جذب فسفر کاهش یافت. در بین اثرات متقابل، اثر متقابل فسفر با روی بر برداشت نیتروژن و پتاسیم اختلاف معنی‌دار ایجاد نمود. بیشترین میزان برداشت نیتروژن از تیمارهای P_2Zn_2 و P_2Zn_1 به‌ترتیب به‌میزان ۱۵۵/۷ و ۱۴۵کیلوگرم در هکتار و پتاسیم از تیمار P_2Zn_1 به میزان ۹۴/۷کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بیشترین میزان فسفر برداشت‌شده به‌میزان ۱۲/۴۰کیلوگرم در هکتار از تیمار P_2Zn_1 به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش ۱۲۴درصدی شد (جدول ۵). این تغییرات را می‌توان به تأثیر استفاده از تیمارهای زیستی در افزایش جذب عناصر غذایی نسبت داد. در این آزمایش در تیمارهای زیستی استفاده‌شده میزان نیتروژن و پتاسیم بیشتری توسط دانه برداشت شد (جدول ۴). بهبود شرایط رشد و افزایش جذب فسفر و نیتروژن به جذب پتاسیم دانه کمک نمود.

برداشت آهن و روی

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر رقم بر برداشت آهن و روی معنی‌دار شد. افزایش برداشت آهن و روی در رقم صدری نسبت به رقم تلاش به‌ترتیب به‌میزان ۷ و ۱۱درصد شد (جدول ۴). تیمار فسفری بر برداشت آهن و روی تأثیر معنی‌دار داشت. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار P_2 باعث افزایش ۳۲ و ۵۷درصدی جذب آهن و روی شد (جدول ۶). افزایش برداشت آهن و روی در اثر استفاده از قارچ های میکوریزی با نتایج تحقیقات Marschner & Dell, (1994)، Amirabadi *et al*, (2009)، Mader *et al*, (2011) و Azarmi *et al*, (2015) مطابقت دارد. این افزایش می‌تواند به علت جذب از طریق هیف قارچی، تغییرات بیولوژیکی از قبیل افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز و دهیدروژناز، افزایش کربن زیست‌توده و ترشح گلیکوپروتئین، گلومالین به وسیله هیف در محیط ریزوسفر ریشه باشد که به افزایش فراهمی و جذب این عناصر کمک می‌کند. همچنین بر اثر نفوذ

---

۱ Synergism

۲ Indol Acetic Acid (IAA)

ریسه‌های نازک قارچی در حفرات ریز خاک و با افزایش طول و سطح جذب ریشه‌های قارچی انتقال بیشتر عناصر غذایی ریزمغذی از خاک به‌ویژه عنصر روی انجام می‌شود (Marschner & Dell, 1994؛ Subramanian *et al.*, 2009). اثر تیمار روی بر برداشت آهن و بر برداشت روی معنی‌دار شد. حداکثر مقدار جذب آهن از تیمار Zn_0 به‌میزان ۰/۳۲ و حداکثر جذب روی از تیمار Zn_1 و Zn_2 به‌میزان ۰/۱۰کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). این افزایش به دلیل تأمین کمبود روی خاک با مصرف کود شیمیایی سولفات روی (تیمار Zn_1) و آزادسازی و افزایش جذب روی از ترکیبات روی موجود در خاک با مصرف تیمار زیستی روی (تیمار Zn_2) می‌باشد. این نتیجه با نتایج تحقیقات Motashare-Zade & Savaghebi, (2012)، Sarathamblam *et al*, (2010)، Abbaszade *et al*, (2012) و Mader *et al*, (2011) مطابقت دارد. افزایش غلظت و برداشت آهن در تیمار Zn_0 به دلیل جذب کمتر روی در این تیمار می‌باشد (Motashare-zadeh & Savaghebi, 2012). یکی از راه‌های تأمین آهن از طریق ترشحات ریشه‌ای مانند سیدروفورهای گیاهی و اسیدهای آلی از قبیل سیتریک، اگزالیک و فنلیک می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد باکتری‌های *Pseudomonas* و *Azotobacter* توانایی تولید ترکیباتی از قبیل اسیدهای آلی مانند اسیدگلوکونیک و ۲-گلوکونیک اسید، اسید ایندول استیک، افزایش میزان پروتون، تولید سیدروفور و تولید اسیدهای معدنی مانند اسید سولفوریک، نیتریک و کربنیک را دارند (Zaidi *et al.*, 2004؛ Abbaszade *et al.*, 2012؛ Malviya *et al.*, 2012؛ Sarathamblam *et al.*, 2010). گیاهان می‌توانند از سیدروفورهای تولیدشده توسط باکتری‌ها به عنوان عاملی برای تأمین آهن و روی مورد نیاز خود استفاده کنند (Ahmad *et al.*, 2006). مصرف خاکی کودهای فسفری و روی سریعاً کمپلکس‌های غیرقابل‌حل با خاک می‌دهند و به فرم اشکال غیرقابل‌دسترس برای جذب گیاه تبدیل می‌شوند (Malakouti, 2014). میکروارگانیسم‌های جذب و آزادکننده این عناصر توانایی آزادکردن این عناصر را از منابع غیرقابل دسترس با مکانیسم‌های خاص خود دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای فسفری و روی بر میزان برداشت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی

Table 5. Mean comparison of interaction effect of of phosphorus and Zinc treatments on the nutrient uptake of two cultivars of bean

مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	تیمار Treatment
(کیلوگرم در هکتار) Kg ha^{-1}							
0.050g	0.081d	0.060g	0.26a	43.40g	5.34a	84.0h	P_0Zn_0
0.063ef	0.010c	0.077f	0.21a	59.68f	6.43a	115.6ef	P_0Zn_1
0.061f	0.102c	0.083f	0.27a	58.64f	6.00a	111.0fg	P_0Zn_2
0.063ef	0.125ab	0.080f	0.30a	61.24f	8.29a	106.3g	P_1Zn_0
0.068de	0.118b	0.105d	0.28a	74.62cd	8.50a	135.8b	P_1Zn_1
0.064ef	0.097c	0.095e	0.29a	70.68ed	7.30a	119.0de	P_1Zn_2
0.065def	0.124ab	0.097e	0.37a	78.64cb	12.24a	126cd	P_2Zn_0
0.080a	0.135a	0.133a	0.30a	94.68a	12.40a	145.0a	P_2Zn_1
0.076ab	0.133a	0.124b	0.31a	84.34b	12.15a	155.7a	P_2Zn_2
0.064ef	0.124ab	0.093e	0.34a	67.24e	11.20a	128.4bc	P_3Zn_0
0.070cd	0.115b	0.115c	0.28a	80.61b	11.16a	135.3b	P_3Zn_1
0.074bc	0.122ab	0.107d	0.31a	82.16b	10.50a	131.6bc	P_3Zn_2

حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

C_1: رقم تلاش، C_2: رقم صدری، P_0: شاهد، P_1: مصرف ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، P_2: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به همراه کود زیستی فسفاتی، P_3: مصرف کود زیستی فسفاتی، Zn_0: شاهد، Zn_1: مصرف ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی و Zn_2: کود زیستی روی

Means in an each parameter by a different letter are significantly different at 0.05 probability level by Duncan's Multiple range test.

C_1: Talash cultivar, C_2: Sadri cultivar, P_0: Blank, P_1: Use of 100 kg ha^{-1} TSP, P_2: Use of 50 kg ha^{-1} TSP + Phosphate bio-fertilizer P_3: Use of phosphate bio-fertilizer, Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} $ZnSO_4 7H_2O$, and Zn_3: Use of Zn bio-fertilizer

افزایش برداشت آهن و روی در این تحقیق در اثر استفاده از تیمارهای زیستی (تیمارهای P_3، P_2 و Zn_2) می‌تواند ناشی از انتقال توسط هیف قارچی، اسیدی‌شدن ریزوسفر، تولید سیدروفورهای آهن و روی و بهبود شرایط کیلت‌نمودن و افزایش فراهمی این دو عنصر در ریزوسفر ریشه باشد (Zaidi *et al.*, 2004؛ Sarathamblam *et al.*, 2010؛ Mader *et al.*, 2011؛ Abbaszade *et al.*, 2012). اکثر خاک‌های ایران آهکی هستند و میزان کربنات روی آنها بالا می‌باشد و روی محلول کودی در این خاک‌ها سریع به‌صورت غیرقابل‌استفاده درمی‌آید (Malakouti, 2014). از این رو استفاده از باکتری های حل‌کننده ترکیبات روی می‌تواند در افزایش جذب روی مؤثر باشد. اثر متقابل تیمار فسفر با روی تنها بر برداشت روی

معنی‌دار شد. با وجود معنی‌دارنشدن اثرات متقابل تیمارها بر میزان برداشت آهن، حداکثر میزان برداشت آهن از تیمارP_2Zn_0 به‌میزان ۰/۳۷کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. حداکثر میزان برداشت روی از تیمار P_2Zn_1 به‌میزان ۰/۱۳کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۱۷درصد افزایش را نشان داد (جدول ۵).

برداشت منگنز و مس

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر رقم بر جذب منگنز و مس معنی‌دار شد. افزایش برداشت ۲۰ و ۱۶/۶درصدی منگنز و مس در رقم صدری نسبت به رقم تلاش مشاهده شد (جدول ۴). تیمار فسفری بر میزان برداشت این دو عنصر معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد حداکثر میزان برداشت منگنز و مس از تیمار P_2 به‌دست آمد، به گونه ای‌که باعث افزایش ۴۴/۵ و ۲۸درصد جذب نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). تیمار روی فقط بر میزان برداشت مس معنی‌دار شد. حداکثر مقدار برداشت مس از تیمار Zn_1 و Zn_2 به‌میزان ۰/۰۷کیلوگرم در هکتار حاصل شد و در خصوص منگنز تیمار روی اثر معنی‌داری نشان نداد. اثر متقابل فسفر با روی بر برداشت منگنز و جذب مس معنی‌دار شد. حداکثر میزان منگنز و مس برداشت شده به‌ترتیب به میزان ۰/۱۳۵ و ۰/۰۷۹ در نتیجه کاربرد تیمار P_2Zn_1 به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۶۲/۵ و ۶۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). Liu *et al*, (2000) گزارش نمودند گیاهان همزیست با قارچهای میکوریزی عناصر غذایی فلزی بیشتری را از طریق هیفهای خارجی خود جذب می‌کنند که این امر به علت افزایش سطح تماس بیشتر نسبت به ریشه‌های گیاه و کاهش فاصلۀ انتشار یون‌های فلزی نظیر منگنز و مس تا محل جذب می‌باشد. با توجه به پایین‌بودن مس موجود در محلول خاک و ضریب پخشیدگی پایین آن در خاک، این دو عامل باعث می‌شود تا در تیمار زیستی فسفاتی P_2، میزان مس برداشت‌شده بیشتر باشد (Marschner & Dell, 1994). همچنین همزیستی میکوریزی از طریق افزایش فعالیت فسفاتازی خود می‌تواند ترکیبات آلی فسفره را هیدرولیز کرده و جذب همزمان فسفر و مس را در گیاه گندم افزایش دهد. از طرف دیگر افزایش محتوی فسفر در بذر می‌تواند منجر به افزایش اندازه مخزن برای دیگر عناصر از جمله مس، منگنز و روی شود که این امر به نوبه خود می‌تواند موجب القای جذب و انتقال بیشتر این عناصر به دانه گردد (Smith *et al*., 2010). گیاهان میکوریزایی معمولاً توانایی کمتری برای جذب منگنز نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی دارند (Kothari *et al*., 1990). البته در مواردی افزایش جذب منگنز در همزیستی میکوریزایی نیز دیده شده است (Al-Karaki & Clark, 1998). یک توازن مناسبی بین میکروارگانیسم‌های احیاء و اکسیدکننده گیاهان میکوریزایی وجود دارد که باعث کاهش جذب منگنز در گیاهان می‌گردد (Marschner & Dell, 1994). Liu *et al*., 2000 گزارش نمودند با حضور قارچ میکوریزآربوسکولار، جذب روی، مس، منگنز و آهن به‌وسیله ذرت در سطوح فسفر و عناصر غذایی ریزمغذی تحت تأثیر قرار گرفته است، به‌طوری‌که غلظت منگنز با کاربرد قارچ میکوریزی کاهش پیدا می‌کند. اما Al-Karaki & Clark, (1998)، Amirabadi *et al*, (2009)، Azarmi *et al*, (2015)، Mader *et al*, (2011) افزایش جذب منگنز را در اثر استفاده ترکیبی گونه‌های مایکوریزا و *Pseudomonas* گزارش نمودند. همزیستی میکوریزی به استقرار و بقاء گیاه کمک می‌کند و از طریق انتشار میسلیوم های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین وجود ندارد، باعث جذب بیشتر عناصر غذایی می‌شود (Marschner & Dell, 1994). تولید سیدروفرها توسط باکتری *Pseudomonas* حلالیت آهن، روی، منگنز و مس را افزایش داده و اکسین تولیدشده توسط این باکتری موجب افزایش طول ریشه، طول تارهای کشنده و انشعابات ریشه‌های فرعی گیاهان شده و از این طریق می‌تواند باعث افزایش عناصر ریزمغذی از جمله روی و مس شود (Marschner & Dell, 1994). در این تحقیق با مصرف کودهای زیستی فسفاتی علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفری می‌توان ضمن افزایش عملکرد، جذب و برداشت عناصر غذایی و غنی‌سازی لوبیا گامی مؤثر در برطرف‌کردن سوءتغذیه، افزایش سلامتی جامعه و در راستای کشاورزی پایدار برداشت.

نتیجه‌گیری

مصرف کودهای زیستی فسفاتی و روی باعث افزایش عملکرد، غلظت و برداشت عناصر غذایی در دانه دو رقم لوبیاچیتی شدند. رقم صدری از نظر صفات بررسی‌شده و پاسخ به کودهای زیستی مورد استفاده رقم برتر بود. بیشترین مقدار این صفات از تیمارهای P_2 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل)، Zn_1 (کاربرد ۵۰کیلوگرم در هکتار سولفات روی)، Zn_2 (کاربرد تیمار زیستی روی) و P_2Zn_1 (کاربرد کود زیستی فسفاتی و ۵۰کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) حاصل شد. بنابراین، تلفیق مناسب کودهای زیستی فسفاتی با کودهای شیمیایی می‌تواند در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و هزینه های تولید، جایگزین بخشی از کود شیمیایی مورد نیاز لوبیا

شود و محصولی با عملکرد بیشتر و کیفیت بهتر و غنی از عناصر غذایی مورد بررسی تولید نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای دراختیارگذاشتن قارچ‌های میکوریزی و مایه‌تلقیح‌های مورد نیاز و آقای مهندس فرزان برای کمک در انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌نماید.

منابع

1. Abbas-Zadeh, P., Savaghebi, G.R., Asadi-Rahmani, H., Rejali, F., FarahBakhsh, M., Motashare-Zaade, B., and Omidvari, M. 2012. The effect of *Pseudomonas fluorescent* on increasing of zinc compounds dissolution and improve its uptake by bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Irannian Journal of Soil Research 26(20): 195-205. (In Persian).
2. Ahmad, F., Ahmad, I., and Khan, M.S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Journal of Microbialogy Research 36: 1-9.
3. Al-Karaki, G.N., and Clark, R.B. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition 21: 263-276.
4. Artusson, V., Finlay, R.D., and Jansson, J.K. 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Journal of Environment Microbiology 8: 1-10.
5. Azarmi, F., Malakouti, M.J., Khavazi, K., and Saghafi, K. 2015. The effect of co application of *Pseudomonas* floorescense and Phosphate fertilizer on yield, phosphorus and micronutrient uptake in canola. 2015. Irannian Journal of Soil Biology 3(1): 21-30. (In Persian).
6. Amirabadi, M., Rejali, F., Ardakani, M., and Borji, M. 2009.The effect of using *Azetobacter* inoculant and mycorrhizae fungi on uptake of some mineral nutrients in different levels of phosphorus in corn (*Zea mays* var 704). Journal of Soil Research 23(1): 107-115. (In Persian).
7. Bagheri, A., Mahmoudi, A.A., and Ghezeli, F. 2001. Common Beans, Research for Crop Improvement. Jahade Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, 556 p.
8. Basiri, A. 1991. Statistical Designs in Agricultural Science. Shiraz University Publication. 596 pages.
9. Behl, R.K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T., and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi-arid tropics. Journal of Tropics 15 (1): 123-133.
10. Bhat, M.I., Bangroo, S.A., Tahir, A., Yadav, S.R.S., and Aziz, M.A. 2011. Combined effects of rhizobium and vesicular arbuscular fungi on green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) under temperate conditions. Journal of Research Agriculture Science 2(1): 17-20.
11. Chen, X., Chunhua, W.U., Jianjun, T., and Shuijin, H. 2005. Arbuscular mycorrhiza enhances metal lead uptake and growth of host plant under a sand culture experiment. Journal of Chemospher 60: 665-671.
12. David, D., Gerald, N., Carolyn, R., and Paul, R.H. 2007. Inoculation with Arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. Journal of Biological Agriculture and Horticulture 25: 67-78.
13. Emami, A. 1996. Plant Analysis Methods. Soil and Water Research Institute. First Volume Technical Bulletin No.982. (In Persian).
14. Fageria, N.K., and Santos, A.B. 2008. Yield physiology of dry bean. Journal of Plant Nutrition 31: 983: 1004.
15. Kaya, M., Küçükyumuk, Z., and Erdal, I. 2009. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. African Journal of Biotechnology 8: 4508-4513.
16. Khan, M.S., Zaidi, A., and Wani, P.A. 2009. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review, Journal of Agriculture Sustainable Development. 27: 29-43.
17. Kothari, S.K., Marschner, H., and Romheld, V. 1991. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. Journal of Plant and Soil 131: 177-185.

18. Lisette, J., Xavier, C., and Germida, J.J. 2003. Selective interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium leguminosarum* bv, Viceae enhance pea yield and nutrition. Journal of Biology and Fertility of Soils 37: 261-267.
19. Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I., Ma, B.L., and Smith, D.L. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn, and Fe by mycorrhizal maize (*Zea Mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhiza Journal 9: 331-336.
20. Mader, P., Kaiser, F., Adholeya, A., Singh, R., Uppal, H.S., Sharma, A.K., Srivastava, R., Sahai, V., Aragno, M., Wiemken, A., Johri, B.N., and Fried, P.M. 2011. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat rice and wheat black gram rotations in India. Journal of Soil Biology and Biochemistry 43: 609-619
21. Malakouti, M. 2014. Recommendations for Optimal Fertilizer Use in Agricultural Crops of Iran: Determination of Amount, Type and Time of Fertilizer Application for the Purpose of Achieving Self-Sufficiency, Food Security, Sustainable Agriculture and Increasing Farmers' Income. Mobaleghan Publication, Tehran, 330 p.
22. Malviya, M.K., Sharma, A., Pandey, A., Rinu, K., Sati, P., and Palni, L.M.S. 2012. Bacillus subtilis NRRL B-30408: A potential inoculant for crops grown under rainfed conditions in the mountains. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12(4): 811-824.
23. Marschner, H., and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Journal of Plant and Soil 159: 89-102.
24. Mengel, K., and Kirkby, E.A. 1993. Principles of Plant Nutrition. Translated by A.A. Salardini and M. Mojtahedi. Tehran University Publication, No: 1842, Second Edition, 436 pages.
25. Mohammadi, M. 1986. Report of Soil Science of Chaharmahal-Va-Bakhtiari (Shahrekord and Brojen regions). Soil and Water Research. Technical Publication No 696. 239 pages.
26. Moragan, J.T., and Grafton, K. 2003. Plant zinc and the zinc-efficiency trait in navy bean. Journal of Plant Nutrition 26: 1649-1663.
27. Motashare-Zadeh, B., and Savaghebi, G.h.R. 2012. The effect of balanced fertilization on nutrients, concentration and phytic acid to zinc molar ratio in Iranian red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars at different stages of seed development. Iranian Journal of Soil Science and Technology. Greenhouse Culture 3(9): 73-84. (In Persian With English Summery).
28. Parvizi, K.h., Dashti, F., Esna Ashari, M., Rejali, F., and Chayichi, M. 2013. The effect of two spices of arbuscular mycorrhizae (*G. etunicatum* and *G. mosseae*) on nutrient uptake and mini tubers production in potato tissue culture plantlets. Journal of Soil Biology 1: 61-69. (In Persian).
29. Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. On growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Applied Soil Ecology 28: 139-146.
30. Sarathambalm, C., Thangaraju, M., Paulraj, C., and Gomathy, M. 2010. Assessing the Zinc solubilization ability of *Gluconacetobacter diazotrophicus* in maize rhizosphere using 65labelled Zn compounds. Indian Journal of Microbiology 50(1): 103-109.
31. Scheublin, T.R., and Heijden, G.A. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi colonize nonfixing root nodules of several legume species. Journal of New Phytologist 172: 732-738.
32. Smith, S.E., Facelli, E., Pope, S., and Smith, F.A 2010 Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. Journal of Plant and Soil 326: 3-20
33. Subramanian, K.S., Tenshia, V., Jayalakhshmi, K., and Ramachandran, V. 2009. Role of arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*)-(fungus aided) in zinc nutrition of maize. Journal of Agriculture Biotechnology Sustainable Development 1: 29-38.
34. Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. Journal of World Agricalture Science 2: 16-20.
35. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Journal of Plant and Soil 255: 571-586.
36. Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and Arbusclar mycorrhizal fungi on maize growth: a greenhouse trial. Journal of Soil Science 125: 155-166.
37. Yaseen, T., Burni, T., and Hussain, F. 2012. Effect of Arbuscular Mycorrhizal inoculation on nutrient uptake, growth and Productivity of chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. Journal of Agronomy and Plant Production 3 (9): 334-345.
38. Zaidi, A., Khan, M.S., and Amil, M. 2004. Bioassociative effect of rhizospheric microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of greengram. Journal of Plant Nutrition 27: 599-610.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 126-138

The effect of using an integrated phosphate and Zinc bio and chemical fertilizers on yield and nutrient uptake of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Mohammadi*, M.[1]

Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrekord, Iran

Received: 30 August 2016
Accepted: 3 March 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.58254

Introduction

Bean *(Phaseolus vulgaris* L.) is one of the richest seeds in legumes. Scientific and correct use of bio and organic fertilizers are a strategy to reduce the accumulation of chemical materials in agricultural products, soil and water resources and living organisms. Mycorhizal fungi, Phosphate and Zn solubilizing bacteria are the sample of these bio fertilizers. The most important beneficial effects of mycorrhizal symbiosis is increase the nutrient uptake, water use efficiency, productivity, improve plant nutrition and resistance to environmental stresses. The results of mycorrhizae symbiosis research in different plants show that the increase uptake of nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Iron (Fe), Zn, Copper (Cu) and Manganese (Mn). Mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) such as *Azotobacter* spp., and *Pseudomonas* spp. are able to increase uptake of nutrient elements particularly when they are applied with others. Phosphate and Zinc solubilizing bacteria facilitate uptake of slowly diffusing nutrient ions such as P, Zn, Fe and increase their availabilities usually by increasing volume of soil exploited by plants, spreading external mycelium, secreting organic acids, production of dehydrogenase and phosphates enzymes and reducing rhizosphere acidity. The main objective of this farm study was to evaluate the effect of using of P and Zn chemical and bio-fertilizers on yield, concentration and uptake of nutrient elements for the first time in two cultivars of bean in the Chaharmahal-va- Bakhtiari province.

Material & Methods

This field experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The treatments of this research consisted of two cultivars of Chiti bean (Talash and Sadri), four levels of P (P_0: Control, P_1: Chemical fertilizer on the basis of soil test, P_2: 50 percent of recommended P + bio-fertilizer (P), and P_3: bio-fertilizer (P)), three levels of Zn (Zn_0: Control, Zn_1: 50 kg ha^{-1} Zinc sulphate, and Zn_3: bio-fertilizer (Zn)). Bio-fertilizer (P) treatment consisted of using inoculum of P solubilizing bacteria from *Azotobacter chroococcum* strain 5 and three species of mycorrhizal fungi from *Glomus* species (*Clariodeoglumus etunicatum*, *Rhizophagus intraradices* and *Funneliformiss mosseae*). Zn bio-fertilizer treatment consisted of using inoculum of *Pseudomonas aeruginosa* strain MPFM and *Pseudomonas fluorescent* strain 187. Chemical fertilizers were applied from TSP at a rate of 100 and 50 kg ha^{-1} in P_1 and P_2 respectively, 50 kg ha^{-1} $ZnSO_4.7H_2O$ in Zn_1. After harvesting the seed yield and nutrient concentration were measured. The nutrient uptake was measured by multiple seed yield on nutrient concentration. Statistical analysis was done with SAS statistical software. Duncan's multiple range test was used to compare means.

Results & Discussion

The results of this experiment showed that there were significant difference between two cultivars on seed yield, nutrient concentration and nutrient uptake. The maximum values of studying parameters were obtained for Sadri cultivar (table 2 and 4). The effect of P treatment was significant on studying parameters, in a way P_2 treatment in comparison with control treatment caused to increase seed yield (29%) Nitrogen

***Corresponding Author:** m.mohamadi@areo.ac.ir

(39%), P (98%), K (59%), Fe (32%), Zn (57%), Mn (45%) and Cu (22%) Uptake (Table 2 and 4). These results were agreement with findings of other researches. The effect of Zn treatment was significant on seed yield and nutrient concentration except Mn and nutrient uptake except P and Mn. The maximum nutrient uptake and bio enrichment except Fe was obtained from Zn_1 (Table 2 and 4). Bean is one of the sensitive plants to Zn deficiency. In this study, the response to using Zn fertilizer was showed because of low soil Zn content. The antagonistic effect between P and Zn caused to decreasing concentration and uptake of P in Zn_1 and Zn_2. The interaction effect between P and Zn was significant on seed yield, nutrient concentration and uptake except P and Fe uptake. The maximum of studying parameters was obtained from P_2Zn_1 (Table 3 and 5). In this study, the dual inoculation with phosphate and Zn bio-fertilizers caused to increase nutrient concentration and uptake and improve seed enrichment especially elements with slowly diffusion ions such as P and Zn. It can be done with increasing mycorrhizal symbiosis, root colonization, phytosiderophores secretion, organic acids and chelated compounds production.

Conclusion

The results of this research revealed that individual and dual use of phosphate and Zn bio-fertilizers caused to increase seed yield, nutrient concentration and uptake in two studied cultivars of bean. Microorganisms used in biological treatments caused to increase the availability, concentration and uptake of nutrient elements. It can be done with increasing mycorrhizal symbiosis, root colonization and enhance secretion of siderophore compounds, organic acids and chelate compounds. Also, plant hormones and enzymes promoting growth increased with using of these bio treatments. In this research, the best treatment was using of mycorrhizal fungi with *Azotobacter* inoculant and 50 kg ha^{-1} TSP and 50 kg ha^{-1} $ZnSO_4.7H_2O$. (P_2Zn_1 treatment). With using integrated bio and chemical-fertilizers of P and Zn in addition to reduce chemical P fertilizers application can be produce health grain with high quality and rich of nutrients.

Keywords: *Azetobacter*, Mycorrhizae, Phosphorus, Yield

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No.2, 2018, p. 139-150
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.59524

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۷، صفحۀ ۱۵۰-۱۳۹

بررسی روند تغییرات عوامل فلورسانس کلروفیل در طی تنش یخزدگی در دو توده باقلا (*Vicia faba* L.)

جعفر نباتی[1]*، احمد نظامی[2]، علیرضا حسن‌فرد[3] و ژاله حقیقت شیشوان[4]

۱- استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، nezami@um.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، alireza.hasanfard@yahoo.com
۴- دانشجوی دکتری زراعت گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، haghighat.zhaleh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳

چکیده

فتوسیستمII در دستگاه فتوسنتزی، حساس‌ترین مؤلفه به تنش دمایی است. به‌منظور ارزیابی تحمل دو توده باقلای بروجرد و نیشابور به تنش یخزدگی (دمای ۰، ۴-، ۸-، ۱۲-، ۱۶-، ۲۰-، ۲۴-درجه سانتی‌گراد) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۴ در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل فلورسانس کلروفیل قبل، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ساعت پس از اعمال یخزدگی اندازه‌گیری شد. درصد بقای توده‌ها نیز سه هفته پس از اعمال تیمارهای دمایی تعیین شد. بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور (F'_m)، در توده بروجرد نسبت به توده نیشابور چهار درصد بیشتر بود. مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل با کاهش دما از صفرتا ۱۲°C- تغییر قابل‌ملاحظه‌ای نشان ندادند، ولی با کاهش دما از ۱۲- به ۱۶°C- عوامل فلورسانس کلروفیل روند کاهشی پیدا کردند و در ۲۴°C- به حداقل مقدار خود رسیدند. کاهش عوامل فلورسانس کلروفیل ازجمله بیشینه کارآیی پتانسیل فتوسیستم F'_v/F'_m تا ۲۴ ساعت پس از اعمال یخزدگی با شیب تندی ادامه پیدا کرد و پس از آن با شیب ملایم افزایش یافت، اما F'_m، ۷۲ساعت پس از اعمال یخزدگی به مقدار قبل از تنش نرسید. با افزایش شدت یخزدگی درصد بقای نمونه‌ها کاهش یافت، به‌طوری‌که در دمای ۱۲°C- درصد بقا به ۸۳درصد رسید با کاهش دما از ۱۲- به ۱۶°C- درصد بقا به‌شدت کاهش یافت، در این دما در توده بروجرد هیچ گیاهی باقی نماند و در توده نیشابور تنها پنج درصد از گیاهان قادر به تحمل این شدت از تنش یخزدگی بودند. ضریب رگرسیونی بالایی بین F'_v/F'_m و درصد بقا در توده بروجرد (R^2=۰/۹۹) و نیشابور (R^2=۰/۹۸) مشاهده شد. به طور کلی این مطالعه نشان داد که باقلا قادر به تحمل سرما تا دمای ۱۲°C- است و با استفاده از شاخص‌های کلروفیل فلورسانس پس از تنش یخزدگی می‌توان میزان خسارت را در این گیاه تخمین زد.

واژه‌های کلیدی: بقا، عملکرد کوانتومی، فتوسیستم، کارآیی فتوسیستم

مقدمه

باقلا (*Vicia faba* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی دنیا و سومین لگوم دومنظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) بعد از سویا (*Glycine max*) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L) است (Singh *et al*., 2012). بر اساس آمار سازمان غذا و کشاورزی (FAO, 2009)، درحال‌حاضر این گیاه در ۵۸کشور دنیا کشت می‌شود. تثبیت نیتروژن توسط باقلا موجب افزایش حاصلخیزی خاک برای گیاه زراعی بعدی می‌گردد. هدف اصلی برنامه‌های اصلاحی در باقلا بهبود و توسعه مقاومت یا تحمل آن به تنش‌های زنده و غیرزنده است (Singh *et al*., 2012).

توانایی گیاهان در تحمل به دماهای پایین نقش حیاتی در تولید جهانی بسیاری از محصولات مهم کشاورزی ایفا می‌کند (Vaclavik *et al*., 2013). همچنین تحمل به یخزدگی از عوامل مهم در تعیین توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی، مناطق رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی است. کاهش بیش از حد درجه حرارت در بسیاری از گیاهان سبب بروز خسارت و کاهش رشد و تولید گیاه می‌گردد (Mishra *et al*., 2014). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گیاهان پاییزه غالباً در معرض تنش سرما و یخزدگی قرار می‌گیرند. عامل اصلی که منجر به خسارت زمستانه در این گیاهان می‌شود، با دمای محیط (هوا و خاک) در ارتباط است (Badeck & Rizza, 2015).

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

مطالعات متعددی در رابطه با تحمل به سرما در حبوبات سرمادوست مانند نخود (*Cicer arietinum* L.) (Porsa *et al*., 2016)، نخودفرنگی (Zhang *et al*., 2016) و عدس (*Lens culinaris* Medik.) (Nezami *et al*., 2011) برای کشت پاییزه این محصولات در مناطق معتدله و مدیترانه‌ای انجام شده است. مطالعات نشان داده است که کشت پاییزه موجب افزایش عملکرد حبوبات می‌شود (Nezami *et al*., 2011; Porsa *et al*., 2016). بررسی کشت پاییزه نخود حاکی از افزایش عملکرد آن به دلیل استقرار بهتر در پاییز و بهره‌بردن از نزولات جوی و اجتناب از تنش خشکی در اواخر بهار می‌شود (Porsa *et al*., 2016). همچنین کشت پاییزه عدس موجب افزایش حدود چهار برابری عملکرد این گیاه نسبت به کشت بهاره آن شد (Nezami *et al*., 2011). در گذشته محققان توجه زیادی به تأثیر دمای پایین بر گیاهان داشته‌اند، اما متأسفانه اطلاعات کمی در ارتباط با اثر سرما بر باقلا موجود است.

تحمل به یخ‌زدگی یک صفت کمّی چندژنی است و خوسرمایی در گیاهی مانند آرابیدوبسیس (*Arabidopsis thaliana*) موجب تغییر در بیان صدها ژن (Vogel *et al*., 2005) و تغییر در محتوای سلولی تعداد زیادی از متابولیت‌های قابل اندازه‌گیری شده است (Kaplan *et al*., 2007).

یکی از مهم‌ترین پیش‌شرط‌های لازم برای تجزیه و تحلیل تنوع فنوتیپی در گیاهان توانایی تعیین دقیق تحمل به انجماد گیاه و پاسخ سازگاری به سرما است. به‌طور کلی محققان به این اجماع رسیده‌اند که محل اصلی خسارت یخ‌زدگی در گیاهان غشای سلولی است (Ehlert & Hincha, 2008).

از طرف دیگر کلروپلاست‌ها به‌عنوان یک اندامک حساس به دما نقش حیاتی در فتوسنتز ایفا می‌کنند (Krause & Santarius, 1975). در طول تنش یخ‌زدگی و ذوب ممکن است به غشاء کلروپلاست آسیب وارد شود که این امر توسط میکروسکوپ الکترونی نشان داده شده است (Hincha *et al*., 1992). در نتیجه فعالیت فتوسنتزی به دلیل عدم فعالیت انتقال غیرچرخه‌ای الکترون غیرفعال می‌شود (Krause *et al*., 1988).

فتوسیستم II در دستگاه فتوسنتزی، حساس‌ترین مؤلفه به تنش دمایی است (Zhou *et al*., 2015). زمانی که گیاه در معرض تنش دمایی قرار می‌گیرد، اولین محلی که در گیاه صدمه می‌بیند فتوسیستم II است (Mathur *et al*., 2011). اندازه‌گیری کارایی فتوسیستم II شامل عملکرد کوانتومی فتوسیستمII، ماکزیمم عملکرد کوانتومی فتوسیستمII و خاموشی غیرفتوشیمیایی توسط کلروفیل فلورسانس یک روش کارآمد و غیرتخریبی برای ارزیابی میزان خسارت در فتوسیستمII می‌باشد (Baker, 2008). نسبت فلورسانس متغیر ($F'_v=F'_m-F'_o$) به بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی (F'_m) ، برآوردی از بیشینه کارایی فتوسیستمII (F'_v/F'_m) را فراهم می‌کند (Butler, 1978) که یکی از عوامل فلورسانس کلروفیل تحت تأثیر تنش دمایی است. کاهش F'_v/F'_m به‌طور متوالی زمانی که گیاهان تحت تأثیر تنش‌های غیرزیستی مانند تنش‌های دمایی قرار می‌گیرند، مشاهده می‌شود (Molina-Bravo *et al*., 2011; Sharma *et al*., 2012). دلیل کاهش F'_v/F'_m تحت تأثیر تنش، افزایش فرود انرژی الکترون برانگیخته‌شده از مسیر غیرفتوشیمیایی[۱] است که منجر به کاهش F'_m و درنتیجه آن غیرفعال‌شدن مراکز واکنش فتوسیستمII شده و به دنبال آن مقدار F'_o (فلورسانس پایه یا کمینه برگ سازگار شده به روشنایی) افزایش می‌یابد (Baker, 2008).

بنابراین متابولیسم برگ‌ها در گیاهانی که در معرض تنش یخ‌زدگی قرار می‌گیرند، به‌شدت کاهش یافته و خسارت نوری به PSII اجتناب‌ناپذیر است. به‌علاوه گیاهانی که تحت تنش یخ‌زدگی قرار گرفته‌اند، در مرحله بازیابی (در شدت تشعشع بالا) بایستی انرژی اضافی را نیز مدیریت کنند، در غیر این صورت به دستگاه فتوسنتزی و فعالیت‌های متابولیکی خسارت وارد می‌شود. همچنین مشاهده شده که نور از طریق فتوسنتز، انرژی لازم برای القای تحمل به یخ‌زدگی در گیاهان تأمین می‌کند (Dexter,1993)؛ بنابراین با اندازه‌گیری نسبت $F'v/F'm$ میزان تحمل به تنش یخ‌زدگی در گیاهان قابل ارزیابی است (Baker, 2008).

مجموع سطح زیرکشت باقلا در ایران حدود ۲۰هزار هکتار و میزان تولید حدود آن ۲۴هزار تن در سال است (FAO, 2009). با توجه به این‌که در بسیاری از مناطق غربی و شرق ایران کشت باقلا را در پاییز انجام می‌گیرد، قسمتی از دوره رشد آن با سرما مواجه خواهد شد که مطالعه تحمل به سرما و مکانیسم‌های آن در اصلاح ارقام متحمل به سرما مفید خواهد بود؛ بنابراین این آزمایش با هدف بررسی روند تغییرات عوامل فلورسانس کلروفیل پس از تنش یخ‌زدگی در تعیین میزان تحمل به یخ‌زدگی دو توده باقلا به‌عنوان روشی سریع و غیرتخریبی انجام شد.

---
[۱] Non-photochemical quenching

مواد و روش‌ها

این مطالعه در پاییز و زمستان ۱۳۹۴ در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش دو توده باقلای بروجرد و نیشابور در معرض هفت دمای یخ‌زدگی (صفر،۴-،۸-،۱۲-،۱۶-، ۲۰-،۲۴-درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند.

کشت در نیمه اول آبان‌ماه۱۳۹۴ در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۲سانتی‌متر حاوی خاک مزرعه، خاک‌برگ و ماسه (به نسبت ۱:۱:۱) انجام شد. تعداد هشت بذر در هر گلدان کشت گردید و پس از سبزشدن پنج بوته در هر گلدان جهت اعمال تیمار نگهداری شد. جهت اعمال خوسرمایی گیاهان در شرایط طبیعی رشد کردند. بعد از رشد گیاهان و رسیدن به مرحله چهار تا شش برگی، گلدان‌ها ۲۴ساعت قبل از تیمار یخزدگی آبیاری و سپس به فریزر ترموگرادیان جهت اعمال تنش یخ‌زدگی منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش پنج درجه سانتی‌گراد بود. پس از قرار دادن نمونه‌ها (گلدان‌های حاوی گیاه) دما با سرعت دو درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش پیدا کرد. جهت جلوگیری از پدیده فراسرمایی و ایجاد هستک یخ در گیاهچه‌ها (Lindowetal, 1982) در دمای ۲/۵-درجه سانتی‌گراد روی گیاهچه‌ها محلول باکتری‌های ایجادکننده هستک یخ [1](INAB) به‌طوری‌که قشر نازکی روی برگ‌ها قرار گیرد، پاشیده شد. هر یک از نمونه‌ها در دمای مورد نظر به مدت یک ساعت نگهداری و سپس از فریزر خارج و بلافاصله به اتاقک رشد با دمای ۲±۵ درجه سانتی‌گراد منتقل و به مدت ۲۴ساعت نگهداری و سپس به گلخانه منتقل شدند.

جهت اندازه‌گیری عوامل فلورسانس کلروفیل شامل کمینه بازتاب فلورسانسی از برگ سازگار شده به روشنایی (F'o)، بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور (F'_m)، فلورسانس متغیر (F'_v) و بیشینه‌ی کارایی پتانسیل فتوسیستمII (F'_v/F'_m)، از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته از نوک گیاه در سه بوته از دستگاه فلورومتر[2] استفاده شد. قبل از قرارگیری نمونه‌ها در معرض دماهای یخ‌زدگی عوامل کلروفیل فلورسانس برگ اندازه‌گیری گردید. روند تغییرات عوامل فلورسانس کلروفیل در هر تیمار دمایی بر اساس زمان خارج‌شدن آن‌ها از فریزر ترموگرادیان در ۳، ۶، ۱۲،۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تنش یخزدگی اندازه‌گیری شد.

پس از ۲۱ روز، درصد بقاء گیاهان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد بقاء از طریق نسبت تعداد گیاهان زنده پس از اعمال تیمار یخزدگی به تعداد گیاهان قبل از تیمار یخزدگی ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab و Excel و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بین دو توده باقلای بروجرد و نیشابور ازنظر کمینه فلورسانس برگ سازگارشده به روشنایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). بیشینه فلورسانس برگ سازگارشده به نور در دو توده باقلا تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). نتایج نشان داد میانگین F'_m توده بروجرد به میزان چهار درصد بیشتر از توده نیشابور بود (جدول ۲). فلورسانس متغیر نیز اختلاف معنی‌داری بین دو توده داشت (جدول ۱). میزان F'v در توده بروجرد پنج درصد بیشتر از توده نیشابور بود (جدول۲). ازنظر بیشینه‌کارآیی پتانسیل فتوسیستمII بین توده‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول۱) و توده بروجرد چهار درصد F'_v/F'_m بیشتری نسبت به توده نیشابور داشت (جدول ۲).

بررسی این نتایج نشان می‌دهد که هر دو توده باقلا دارای F'_o مشابهی هستند، به این مفهوم که مقدار فلورسانس در زمانی که پذیرنده کوئینون A در فتوسیستمII در بالاترین وضعیت اکسیداسیونی قرار دارد (مراکز فتوسیستمII باز هستند)، مشابه است؛ اما F'_m که بیانگر مقدار فلورسانس در زمانی است که کوئینون A در فتوسیستمII در بالاترین مقدار شرایط احیایی قرار دارد (مراکز فتوسیستمII بسته هستند) در توده بروجرد بیشتر بود. بالابودن این عامل بیانگر توان تحمل بیشتر در شرایط نامساعد محیطی است. F'_v که نشان‌دهنده ظرفیت فتوسیستمII در راه‌اندازی ابتدای مسیر فتوشیمیایی (احیای نوری QA) است نیز در توده بروجرد بیشتر از توده نیشابور بود. در نهایت F'_v/F'_m که برآیند تمام مؤلفه‌های کلروفیل فلورسانس است و تخمینی از بیشینه کارایی در فتوسیستمII را در یک شدت نور مشخص فراهم می‌کند، در توده بروجرد بیشتر از توده نیشابور بود.

اثر دمای یخزدگی بر عوامل کلروفیل فلورسانس از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل با کاهش دما از صفر تا ۱۲- درجه سانتی‌گراد تغییر قابل‌ملاحظه‌ای نشان ندادند. با کاهش دما از ۱۲- به ۱۶- درجه سانتی‌گراد

[1] Ice nucleation active bacteria

[2] MINI-PAM Portable Chlorophyll Fluorometer, WALZ, German

عوامل فلورسانس کلروفیل رونـد کاهشـی پیـدا کردنـد و در ۲۴- درجه سانتی‌گراد به حداقل مقدار خود رسیدند (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس (سطح احتمال) مؤلفه‌های کلروفیل فلورسانس برگ دو توده باقلا تحت تأثیر دماهای یخزدگی در دوره پس از تنش

Table 1. Analysis of variance (P value) study traits under freezing temperature after stress

Source of varation منابع تغییرات	**df**	**F'_o**	**F'_m**	**F'_v**	**F'_V/F'_m**
Replication تکرار	3	0.001	0.004	0.083	0.052
Ecotype (Ec) توده	1	0.171^{ns}	0.024^{*}	0.022^{*}	0.015^{*}
Temperature (Te) دما	6	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}
Ec×Te	6	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.006^{**}
Time (Ti) زمان	6	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}
Ec×Ti	6	0.163^{ns}	0.421^{ns}	0.275^{ns}	0.746^{ns}
Ti×Te	36	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}
Error خطا	327				

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

F'o: کمینه فلورسانس برگ سازگارشده به روشنایی، F'm: بیشینه فلورسانس برگ سازگارشده به نور، F'v: فلورسانس متغیر و F'v/F'm: بیشینه‌ی کارآیی پتانسیل فتوسیستم II

* and ** significant at levels of 5% and 1% and ns not significant at levels of 5%. F'o: minimum fluorescence light-acclimated leaves, F'_m: maximum fluorescence light-acclimated leaves, F'_v: variable fluorescence, and F'_v/F'_m: maximum quantum yield of PSII photosystems light-acclimated leaves

جدول ۲- مقایسه میانگین مؤلفه‌های کلروفیل فلورسانس برگ دو توده باقلای بروجرد و نیشابور تحت تأثیر تنش یخزدگی

Table 2. Mean comparison of chlorophyll fluorescence parameters of two fava bean ecotypes under freezing stress

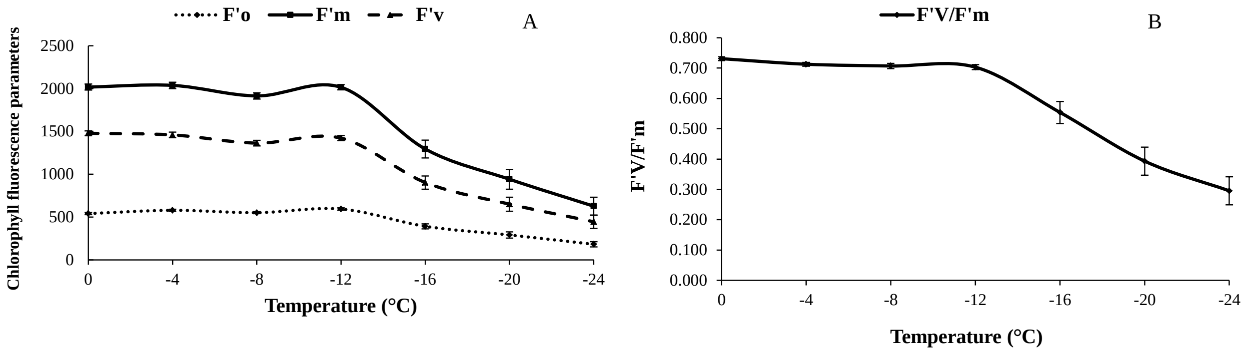
Ecotype توده	**F'_o**	**F'_m**	**F'_v**	**F'_V/F'_m**
Borujerd بروجرد	453^{a}	1582^{a}	1129^{a}	0.596^{a}
Neyshabur نیشابور	440^{a}	1517^{b}	1077^{b}	0.574^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

F'o: کمینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی، F'm: بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور، F'v: فلورسانس متغیر و F'v/F'm: بیشینه‌ی کارایی پتانسیل فتوسیستم II

Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($P \leq 0.05$).

F'o: minimum fluorescence light-acclimated leaves, F'_m: maximum fluorescence light-acclimated leaves, F'_v: variable fluorescence, and F'_v/F'_m: maximum quantum yield of PSII photosystems light-acclimated leaves



شکل ۱- مقایسه تغییرات عوامل فلورسانس کلروفیل

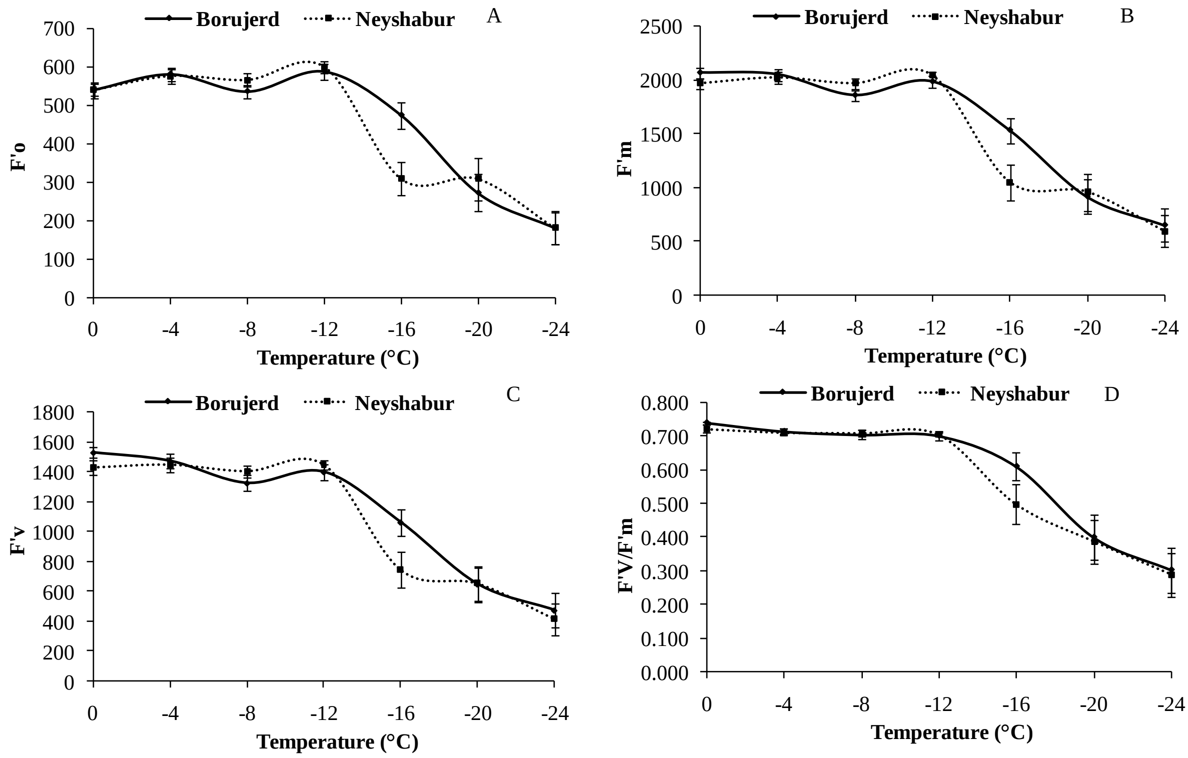
(کمینه فلورسانس برگ سازگارشده به روشنایی (F'o)، بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور (F'_m)، فلورسانس متغیر (F'_v) (A) و بیشینه‌ی کارآیی پتانسیل فتوسیستم II (F'_v/F'_m) (B)) در دو توده باقلای بروجرد و نیشابور در سطوح مختلف دمای یخزدگی

خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Fig. 1. Comparison of chlorophyll fluorescence parameters

(minimum fluorescence light-acclimated leaves (F'o), maximum fluorescence light-acclimated leaves (F'_m), variable fluorescence (F'_v) (A), and maximum quantum yield of PSII photosystems light-acclimated leaves (F'_v/F'_m) (B)) in two fava bean ecotypes under freezing stress. Bar lines are the standard error.

برهمکنش توده و دمای یـخزدگـی بـر عوامـل فلورسـانس کلروفیل نشان داد که در هر دو توده باقلای بروجـرد و نیشـابور اثر کاهش دما تا ۱۲- درجه سانتی‌گـراد تقریبـاً یکنواخـت بـود (شکل ۲). شـیب کـاهش تمـامی عوامـل فلورسـانس کلروفیـل به‌خصوص F'_v/F'_m از دمای ۱۲- تا ۱۶- در توده نیشابور بیشتر از توده بروجرد بود، به‌نحوی‌که مقدار کـاهش F'_v/F'_m در تـوده بروجرد ۱۳درصد و در توده نیشابور ۳۰درصد بود. با کاهش دمـا از ۱۶- به ۲۰- و ۲۴- درجه سانتی‌گراد شیب کاهشـی F'_v/F'_m در هر دو توده نسبتاً مشابه بود (شکل ۲).



شکل ۲- عوامل فلورسانس کلروفیل

(کمینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی (F'o) (A)، بیشینه فلورسانس برگ سازگارشده به نور (F'_m) (B)، فلورسانس متغیر (F'_v) (C) و بیشینه‌ی کارآیی پتانسیل فتوسیستمII (F'_v/F'_m) (D)) در دو توده باقلای بروجرد و نیشابور در سطوح مختلف تنش یخزدگی

خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

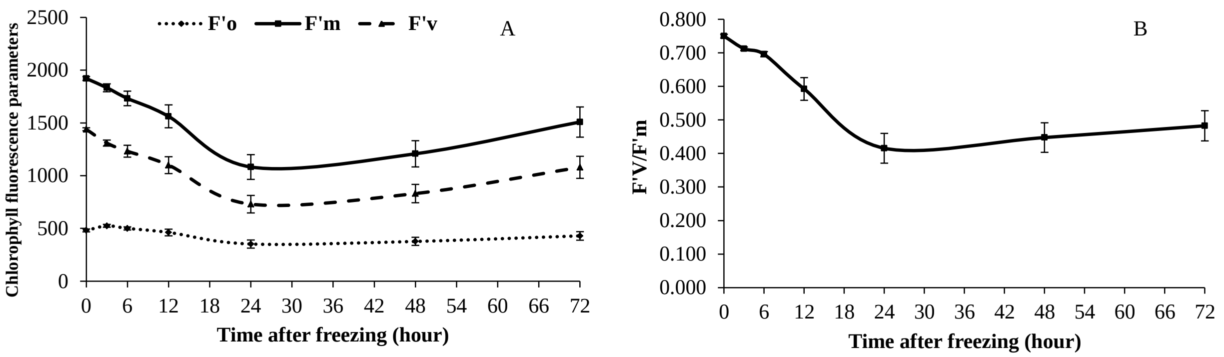
Fig. 2. Chlorophyll fluorescence parameters

(minimum fluorescence light-acclimated leaves (F'o) (A), maximum fluorescence light-acclimated leaves (F'_m) (B), variable fluorescence (F'_v) (C), maximum quantum yield of PSII photosystems light-acclimated leaves (F'_v/F'_m) (D) of two fava bean ecotypes under freezing stress. Bar lines are the standard error.

همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، عامـل F'_v/F'_m که تخمینـی از بیشـینه کـارایی فتوسیسـتمII در یـک شدت نور مشخص را نشان می‌دهد، با کاهش دمای یخزدگی تـا ۱۲- درجه سانتی‌گراد تغییری پیـدا نمـی‌کنـد، امـا بـا کـاهش بیشتر دما این ویژگی کاهش شدید پیدا کرد. این نتیجه به ایـن مفهوم است که کارایی در فتوسیستمII گیاه باقلا تا ۱۲- درجـه سانتی‌گراد تحت تأثیر قرار نمی‌گیـرد و قابلیـت انجـام فعالیـت فتوسنتزی به‌طور طبیعـی را دارد. Nezami *et al*, (2011) بـا بررسی تحمل ژنوتیپ‌های عـدس (*Lens culinaris* Medik.) گزارش کردند که F'_v/F'_m با کاهش دما از ۳- درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند.

مقدار F'_o در ساعات مختلف قبل و بعد از تنش یـخزدگـی اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). بررسی روند تغییـرات F'_o قبل از اعمال تنش یخزدگی تـا ۷۲ سـاعت پـس از اعمـال تیمارهای یخزدگی در برگ بـاقلا نشـان داد کـه مقـدار F'o در ساعات اولیه پس از اعمال یخزدگی رونـد نزولـی داشـت و ایـن روند تا ۲۴ ساعت پس از تنش یخزدگـی ادامـه پیـدا کـرد و در ادامه ۴۸ ساعت پس از تنش به‌تدریج روند افزایشـی نشـان داد

(شکل ۳). بیشینه فلورسانس برگ سازگارشده به نور قبل از اعمال تنش یخزدگی تا ۷۲ ساعت پس از اعمال تنش در باقلا تفاوت معنی‌داری نشان داد. همانند F'_o مقادیر F'_m نیز بعد از اعمال تیمارهای یخزدگی تا ۲۴ ساعت روند کاهشی داشتند و پس از آن روند افزایشی مشاهده شد (شکل ۳). اختلاف معنی‌دار آماری در مقدار F'_v در ساعات مختلف قبل و پس از تنش یخزدگی مشاهده شد (جدول ۱). فلورسانس متغیر قبل از اعمال تنش یخزدگی در بیشترین مقدار خود به سر می‌برد، اما با اعمال تنش یخزدگی مقدار F'_v روند کاهشی پیدا کرد و مانند سایر ویژگی‌های کلروفیل فلورسانس تا ۲۴ ساعت بعد از تنش این روند ادامه پیدا کرد و پس از آن با شیب ملایم افزایش پیدا کرد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه تغییرات عوامل فلورسانس کلروفیل

(کمینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی (F'o)، بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور (F'_m)، فلورسانس متغیر (F'_v) (الف) و بیشینه کارآیی پتانسیل فتوسیستمII (F'_v/F'_m) (ب)) در دو توده باقلای بروجرد و نیشابور تا ۷۲ ساعت پس از تنش یخزدگی

خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Fig. 3. Comparison of chlorophyll fluorescence parameters

(minimum fluorescence light-acclimated leaves (F'o), maximum fluorescence light-acclimated leaves (F'_m), variable fluorescence (F'_v) (A), and maximum quantum yield of PSII photosystems light-acclimated leaves (F'_v/F'_m) (B) in two fava bean ecotypes until72 hours after freezing stress. Bar lines are the standard error.

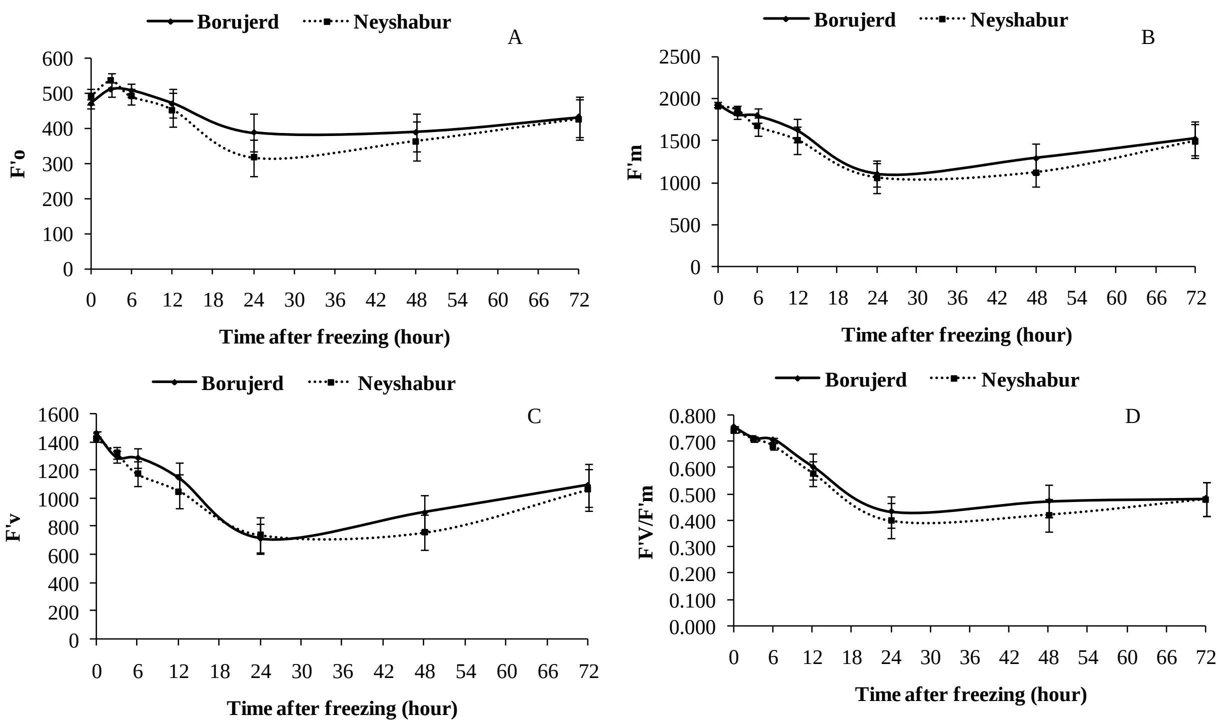
بیشینه کارایی در فتوسیستمII برگ باقلا در ساعات مختلف قبل و پس از تنش یخزدگی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۱). کاهش F'_v/F'_m تا ۲۴ ساعت پس از اعمال تنش یخزدگی با شیب تندی ادامه پیدا کرد و پس‌ازآن با شیب ملایم افزایش یافت، اما بیشینه کارآیی در فتوسیستمII، ۷۲ساعت پس از اعمال تنش یخزدگی هنوز به مقدار قبل از تنش نرسید (شکل ۳).

مطالعه روند تغییرات مؤلفه‌های مختلف کلروفیل فلورسانس قبل و بعد از اعمال تنش یخزدگی تا ۷۲ ساعت نشان داد که صدمه به فتوسیستمII دستگاه فتوسنتزی بلافاصله بعد از تنش یخزدگی صورت گرفت و در ساعات اولیه تنش روند کاهش کارایی فتوسیستمII و دستگاه فتوسنتزی شیب تندی نشان داد که تا ۲۴ ساعت بعد از تنش ادامه یافت. این کاهش کارایی فتوسیستمII بعد از ۲۴ ساعت متوقف و به‌تدریج شروع به بازیافت و روند افزایشی آن آغاز شد. با این وجود روند بازیافت دستگاه فتوسنتزی به‌طور نسبی کندتر از روند خسارت بود و ۷۲ساعت پس از تنش هنوز به حالت قبل از تنش برگشت پیدا نکرد. دلیل کاهش F'_v/F'_m تحت تأثیر تنش، افزایش فرود انرژی الکترون برانگیخته‌شده از مسیر غیرفتوشیمیایی (Non-photochemical quenching) که منجر به کاهش F'_m و درنتیجه آن غیرفعال‌شدن مراکز واکنش فتوسیستمII شده که منجر به افزایش F'_o (فلورسانس پایه یا کمینه برگ سازگار شده به روشنایی) می‌شود (Baker, 2008).

بررسی وضعیت دستگاه فتوسنتزی ازنظر فلورسانس کلروفیل در توده‌های مورد مطالعه قبل از تنش یخزدگی تا ۷۲ساعت پس از تنش نشان داد که کمینه فلورسانس برگ سازگارشده به روشنایی در توده نیشابور نسبت به توده بروجرد با شیب بیشتری کاهش پیدا کرد و این روند تا ۲۴ساعت پس از تنش ادامه یافت. در ادامه F'_o در هر دو توده شروع به افزایش کرد و در ۷۲ساعت پس از تنش به مقدار یکسانی رسیدند (شکل ۴). بیشینه فلورسانس برگ سازگارشده به روشنایی نیز در هر دو توده باقلا تا ۲۴ ساعت پس از اعمال تنش یخزدگی کاهش یافت و پس از آن روند افزایشی پیدا کرد (شکل ۴). همانند F'_o مقدار F'_m در توده نیشابور در ۲۴ ساعت

اولیه بعد تنش یخ‌زدگی کمتر از توده بروجرد بود. در ساعت۲۴ پس از تنش یخ‌زدگی مقدار F'_m در هر دو توده برابر گردید و پس از آن روند افزایش پیدا کرد، اما شیب سرعت بازیافت مقدار F'_m در توده نیشابور بیشتر از توده بروجرد بود (شکل ۴). میزان فلورسانس متغیر در هر دو توده روند مشابه با F'_m نشان داد (شکل ۴). F'_v/F'_m نیز مانند سایر مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل تا ۲۴ ساعت پس از تنش یخ‌زدگی کاهش یافت و این کاهش در توده نیشابور بیشتر از توده بروجرد بود. شیب روند افزایشی بیشینه کارایی در فتوسیستمII در توده نیشابور بیشتر از توده بروجرد بود و ۷۲ ساعت پس از تنش هر دو توده مقدار F'_v/F'_m یکسانی دارا بودند (شکل ۴). این مطلب ممکن است از یک طرف صدمه‌پذیرتربودن و از طرف دیگر بازیافت سریع‌تر دستگاه فتوسنتزی در توده نیشابور نسبت به توده بروجرد در تنش یخ‌زدگی را بیان کند.

فعالیت فتوسنتزی زیاد، گیاهان را در برابر صدمات ممانعت نوری فتوسنتزی ایجادشده در اثر سرما محافظت می‌کند (Jurczyk *et al.*, 2013). تحمل به یخ‌زدگی در ارتباط با تحمل در مقابل ممانعت نوری فتوسنتزی ایجادشده در اثر سرما است که این درنتیجه فرآیندهای عمومی سهیم در تطابق با تنش یخ‌زدگی و ممانعت نوری فتوسنتزی تحت تأثیر سرما می‌باشد (Rapacz *et al.*, 2011).



شکل ۴- عوامل فلورسانس کلروفیل

(کمینه فلورسانس برگ سازگار شده به روشنایی (**F'o**) (الف)، بیشینه فلورسانس برگ سازگار شده به نور (**F'm**) (ب)، فلورسانس متغیر (**F'v**) (ج) و بیشینه‌ی کارایی پتانسیل فتوسیستم **II** (**F'v/F'm**) (د)) در دو توده باقلای بروجرد و نیشابور تا ۷۲ ساعت پس از تنش یخ‌زدگی

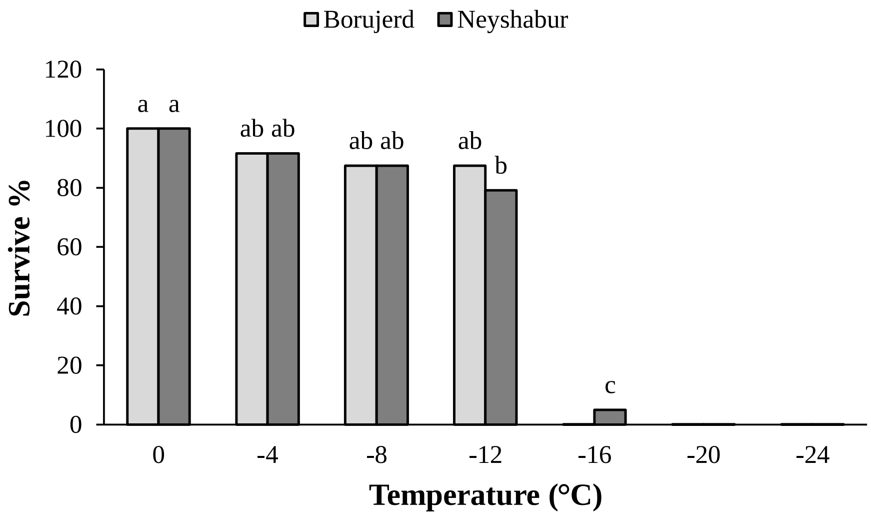
خطوط عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

Fig. 4. Chlorophyll fluorescence parameters

(minimum fluorescence light-acclimated leaves (F'o) (A), maximum fluorescence light-acclimated leaves (F'_m) (B), variable fluorescence (F'_v) (C), maximum quantum yield of PSII photosystems light-acclimated leaves (F'_v/F'_m) (D) of two fava bean ecotypes until72 hours after freezing stress. Bar lines are the standard error.

بین توده‌های باقلا موردمطالعه ازنظر درصد بقاء سه هفته پس از تنش یخ‌زدگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش شدت تنش یخ‌زدگی درصد بقای نمونه‌ها کاهش یافت، به‌طوری‌که در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد درصد بقا به ۸۳درصد رسید با کاهش دما از ۱۲- به ۱۶- درجه سانتی‌گراد درصد بقاء به‌شدت کاهش یافت. در این دما در توده بروجرد هیچ گیاهی باقی نماند و در توده نیشابور تنها پنج درصد از گیاهان قادر به تحمل این شدت از تنش یخ‌زدگی بودند (شکل۵).

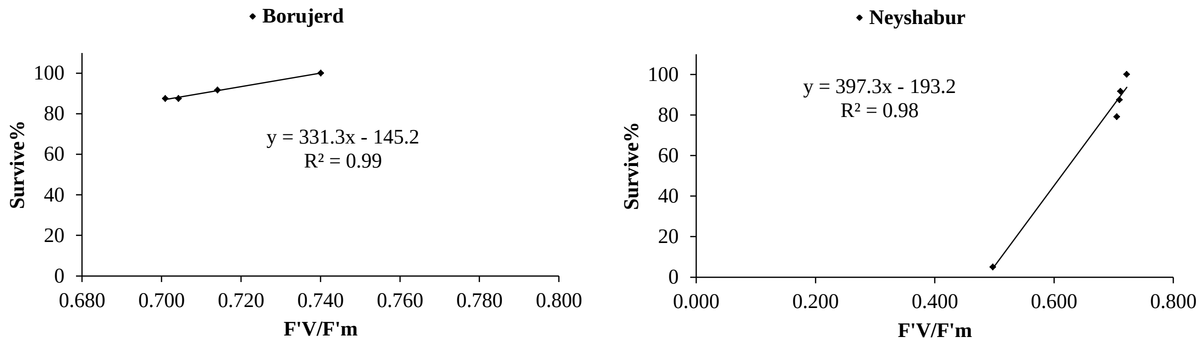
بررسی رگرسیونی بین بیشینه فلورسانس برگ سازگارشده به روشنایی و بقاء در دو توده باقلای بروجرد و نیشابور نشان داد که ضریب رگرسیونی بالا بین F'_v/F'_m و درصد بقاء وجود دارد و با کاهش F'_v/F'_m، درصد بقاء روند کاهشی نشان داد (شکل ۶). در تنش یخ‌زدگی اولین محلی که در گیاه صدمه می‌بینند فتوسیستمII است (Mathur *et al.*, 2011).



شکل ۵- درصد بقاء در دو توده باقلای بروجرد و نیشابور در سطوح مختلف دمای یخ‌زدگی

Fig. 5. Survival rate at two fava bean ecotypes Borujerd and Neyshabur in freezing temperatures

وجود رابطه مستقیم بین بقاء و F'_v/F'_m در این مطالعه نشان می‌دهد بررسی صدمه به دستگاه فتوسنتزی و به‌ویژه فتوسیستمII می‌تواند به‌عنوان یک روش کارآمد در تعیین میزان خسارت و به‌گزینی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعات پیشین نیز بین درصد بقای ژنوتیپ‌های مختلف عدس و نسبت F'_v/F'_m پیش از تیمار یخ‌زدگی رابطه رگرسیونی قوی (R^2=۰/۹۴**) گزارش‌شده است، ولی این رابطه در اندازه‌گیری‌های پس از اعمال تیمارهای یخ‌زدگی بسیار ضعیف بود (Nezami *et al.*, 2011). در مطالعه دیگری مشاهده شد که اختلافات ژنوتیپی از نظر فرود غیرالکترون برانگیخته (NPQ) در ذرت (*Zea mays*) می‌تواند در انتخاب گیاهان متحمل به دماهای پایین مورد استفاده واقع شود (Koscielniak & Biesaga-Koscielniak, 2006). در گیاه آرابیدوبسیس در بوته‌های سازگارنشده به سرما بین تحمل به سرما و F_v/F_m همبستگی مشاهده نشد، اما F_v/F_m در گیاهان حساس، نیمه حساس و متحمل به سرمای آرابیدوبسیس متفاوت بود (Mishra *et al.*, 2014). با توجه به نتایج حاصل از بقای توده‌ها در واقع می‌توان گفت که آستانه تحمل به یخ‌زدگی در دو توده باقلا مورد مطالعه ۱۲- درجه سانتی‌گراد است و در کمتر از این دما خسارت یخ‌زدگی گیاهان توده بروجرد ۱۰۰ درصد و توده نیشابور در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد ۹۵ درصد بود.



شکل ۶- ارتباط بین نسبت F'_v/F'_m و درصد بقاء (۲۱ روز پس از تنش) در دو توده باقلای بروجرد و نیشابور تحت تنش یخ‌زدگی

Fig. 6. Relationship between F'_v/F'_m and survive percentage (21 days after freezing stress) in two fava bean ecotypes Borujerd and Neyshabur under freezing temperatures

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی هر دو توده باقلای بروجرد و نیشابور قادر به تحمل تنش یخزدگی تا ۱۲- درجه سانتی‌گراد بودند. عوامل فلورسانس کلروفیل با کاهش دما تا ۱۲- درجه سانتی‌گراد تغییر قابل ملاحظه‌ای نشان ندادند، اما با کاهش دما بیشتر از این مقدار روند کاهشی شدیدی نشان دادند. دستگاه فتوسنتزی باقلا تا ۲۴ساعت پس از اعمال تنش متأثر از تنش یخزدگی بود و کارآیی آن به شدت افت پیدا کرده بود، اما پس از این مدت به‌تدریج بازیافت خود را شروع نمود، اما با گذشت ۷۲ساعت به کارآیی قبل از تنش نرسید. در مجموع تجزیه و تحلیل عوامل فلورسانس کلروفیل در دو توده باقلا نشان داد که فلورسانس کلروفیل با بقاء، سه هفته پس از تنش یخزدگی رابطه مستقیمی دارد و می‌تواند به عنوان شاخصی برای بررسی میزان تحمل به یخزدگی مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این مطالعه از محل طرح مصوب با کد۴۰۰۶۳ در معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع

1. Badeck, F.W., and Rizza, F. 2015.A Combined field/laboratory method for assessment of frost tolerance with freezing tests and chlorophyll fluorescence. Agronomy 5: 71-88.
2. Baker, N.R. 2008. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. Annual Review of Plant Biology 59: 89-113.
3. Butler, W.L. 1978. Energy distribution in the photochemical apparatus of photosynthesis. Annual Review of Plant Physiology 29: 345-378.
4. Dexter, S.T. 1993. Effects of several environmental factors on hardening of plants. Plant Physiology 8: 123-139.
5. Ehlert, B., and Hincha, D.K. 2008. Chlorophyll fluorescence imaging accurately quantifies freezing damage and cold acclimation responses in Arabidopsis leaves. Plant Methods 4: 12.
6. FAOSTAT. 2009. Prod Stat: Crops. FAO Statistical Databases (Faostat), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), http://faostat.fao.org.
7. Hincha, D.K., and Schmitt, J.M. 1992. Freeze-Thaw Injury and Cryoprotection of Thylakoid Membranes. In: G.N. Somero, C.B. Osmond and C.L. Bolis (Eds). Water and Life. Springer, p. 316-337.
8. Jurczyk, B., Krepski, T., Kosmala, A., and Rapacz, M. 2013. Different mechanisms trigger an increase in freezing tolerance in *Festuca pratensis* exposed to flooding stress. Environmental and Experimental Botany 93: 45-54.
9. Kaplan, F., Kopka, J., Sung, D.Y., Zhao, W., Popp, M., Porat, R., and Guy, C.L. 2007. Transcript and metabolite profiling during cold acclimation of Arabidopsis reveals an intricate relationship of cold-regulated gene expression with modifications in metabolite content. Plant Journal 50: 967-981.
10. Koscielniak, L., and Biesaga-Koscielniak, J. 2006. Photosynthesis and non-photochemical excitation quenching components of chlorophyll excitation in maize and field bean during chilling at different photon flux density. Photosynthetica 44: 174-180.
11. Krause, G., and Santarius, K. 1975. Relative thermostability of the chloroplast envelope. Planta 127: 285-299.
12. Krause, G.H., Grafflage, S., Rumich-Bayer, S., and Somersalo, S. 1988. Effects of freezing on plant mesophyll cells. Symposia of the Society for Experimental Biology 42: 311-327.
13. Lindow, S.E., Arny, D.C., and Upper, C.D. 1982. Bacterial ice nucleation: a factor in frost injury to plants. Plant Physiology 70: 1084-1089.
14. Mathur, S., Jajoo, A., Mehta, P., and Bharti, S. 2011. Analysis of elevated temperature induced inhibition of photosystem II using chlorophyll a fluorescence induction kinetics in wheat leaves (*Triticum aestivum*). Plant Biology 13: 1-6.
15. Mishra, A., Heyer, A.G., and Mishra, K.B. 2014. Chlorophyll fluorescence emission can screencold tolerance of cold acclimated *Arabidopsis thaliana* accessions. Plant Methods 10: 38.
16. Molina-Bravo, R., Arellano, C., Sosinski, B.R., and Fernandez, G.E. 2011. A protocol to assess heat tolerance in a segregating population of raspberry using chlorophyll fluorescence. Scientia Horticulturae 130: 524-530.
17. Nezami, A., Bagheri, A., Porsa, H., Zafranieh, M., and Khamadi, N. 2011. Evaluation of cold tolerant lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik.) in fall planting under supplementary irrigation. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 49-58. (In Persian with English Summary).

18. Nezami, A., Khazaei, H.R., Eshghizadeh, H.R., and Riahinia, Sh. 2011. Evaluation of freezing temperature tolerance of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes with using chlorophyll fluorescence parameters. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 99: 24-33. (In Persian with English Summary).
19. Porsa, H., Nezami, A., Bagheri, A., and Najibnia, S. 2016. Agronomic assessment of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in fall sowing at Mashhad conditions. Iranian Journal of Pulses Research 7(1): 37-53. (In Persian with English Summary).
20. Rapacz, M., Sasal, M., and Gut, M. 2011. Chlorophyll fluorescence-based studies of frost damage and the tolerance for cold-induced photoinhibition in freezing tolerance analysis of triticale (× *Triticosecale* Wittmack). Journal of Agronomy and Crop Science. 197: 378–389.
21. Sharma, D.K., Andersen, S.B., Ottosen, C.O., and Rosenqvist, E. 2012. Phenotyping of wheat cultivars for heat tolerance using chlorophyll a fluorescence. Functional Plant Biology 39: 936-947.
22. Singh, A.K., Bhatt, B.P., Upadhyaya, A., Kumar, S., Sundaram, P.K., Singh, B.K., Chandra, N., and Bharati, R.C. 2012. Improvement of faba bean (*Vicia faba* L.) yield and quality through biotechnological approach: A review. African Journal of Biotechnology 11(87): 15264-15271.
23. Vaclavik, L., Mishra, A., Mishra, K.B., and Hajslova, J. 2013. Mass spectrometry-based metabolomic fingerprinting for screening cold tolerance in *Arabidopsis thaliana* accessions. Analytical and Bioanalytical Chemistry 405(8): 2671-2683.
24. Vogel, J.T., Zarka, D.G., van Buskirk, H.A., Fowler, S.G., and Thomashow, M.F. 2005. Roles of the *CBF2* and *ZAT12* transcription factors in configuring the low temperature transcriptome of Arabidopsis. Plant Journal 41: 195-211.
25. Zhang, X., Wan, S., Hao, J., Hu, J., Yang, T., and Zong, X. 2016. Large-scale evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) germplasm for cold tolerance in the field during winter in Qingdao. The Crop Journal 4(5): 377-383.
26. Zhou, R., Yu, X., Kjær, K.H., Rosenqvist, E., Ottosen, C.O., and Wu, Z. 2015. Screening and validation of tomato genotypes under heat stress using Fv/Fm to reveal the physiological mechanism of heat tolerance. Environmental and Experimental Botany 118: 1–11.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 139-150

The trend of changes in chlorophyll fluorescence parameters in two *Vicia faba* ecotype during freezing stresses

Nabati[1*], J., Nezami[2], A., Hasanfard[3], A.R. & Haghighat Sheshvan[4], Zh.

1. Assistant Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. Professor, Faculty of Agriculture and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, nezami@um.ac.ir

3&4. MSc. and Ph.D. Students, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, alireza.hasanfard@yahoo.com & haghighat.zhaleh@gmail.com, respectively

Received: 16 October 2016
Accepted: 13 March 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.59524

Introduction

Freezing tolerance is an important factor determining natural geographic distribution of plant species as well as growth and yield of many crop plants. Many plants from temperate and cold climates, including several important crop species, are able to increase their freezing tolerance in response to low, nonfreezing temperatures in a process termed cold acclimation. It is generally accepted that cellular membranes are the primary targets of freezing damage in plants. So, besides whole plant survival, determination of electrolyte leakage from plant tissues after freezing and thawing, using conductivity measurements has been the most frequently used method reported in the literatures. This method mainly monitors the ability of the plasma membrane to function as a semi-permeable barrier towards intracellular ions, but the intactness of the vacuole, as the major storage compartment for inorganic ions, may also impact the measurements. Under stress conditions, the possibility of over excitation of photosystem II (PSII) increases, and this reduces the photosynthetic rate and lead to an increase in the dissipation of absorbed energy through nonradiative processes. The measurement of chlorophyll fluorescence has been used for many years as a sensitive, reliable, and rapid method to determine the effect of environmental stresses, like drought, temperature, excessive light and air pollution on green plants. Decrease of the maximal rate of the fast rise of fluorescence after exposure of leaves to chilling temperatures, correlated well with the visual symptoms of chilling injury in several species

Materials & Methods

This study was carried out to measure chlorophyll fluorescence and determine the survival of two *Vicia faba* ecotypes (Borujerd and Neyshabur) in the fall and winter of 2015 at Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. Treatments were arranged as factorial based on completely randomized block design with four replications. Plants were grown in pots under natural conditions until four to six leaf stage for acclimation, and then were subjected to freezing temperatures (0, -4, -8, -12, -16, -20, -24 °C) in a thermo gradient freezer. Freezer temperature was 5 °C at the beginning and reached to -24 °C, decreasing two degrees centigrade per hour. Ice nucleation active bacteria was sprayed to nucleation formation in plants at -3°C. Plants were kept for an hour in each temperature and then were transported to a cold chamber (5±2 °C) and kept for 24 hours to avoid rapid melting. Chlorophyll fluorescence was recorded with a pulse amplitude modulation fluorometer (PAM-2000, Walz, Effeltrich, Germany) before and 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hour after freezing stress. The efficiency of excitation energy capture by open PSII reaction centers (F'_v/F'_m) and the quantum yield of electron transport at photosystem II (PSII), were determined. Survival percentage was determined after three weeks recovery in greenhouse condition. Data were analyzed using a two-way ANOVA model, followed by Duncan's test for mean comparison at 95 % confidence level by Minitab 16 program.

***Corresponding Author:** jafarnabati@um.ac.ir

Results & Discussion

Result indicated that maximum quantum yield of PSII photochemistry (F'_v/F'_m) was four percent higher in Borujerd ecotype compared to Neyshabur ecotype. No significant change was found in chlorophyll fluorescence parameters with decreasing temperature from zero to -12°C but more temperature reduction caused chlorophyll fluorescence parameters to decrease in a way that the lowest mean was observed at -24°C. Rapid reductions were found in chlorophyll fluorescence parameters such as F'_v/F'_m until 24 hours after freezing stress which was followed by gently slope increasing trend, but the photochemical efficiency of photosystem II, 72 hours after stress, did not return to the level before freezing stress. Survival rate was decreased as freezing temperature decreased and reached to 83% at -12°C. More temperature reduction to -16°C led to sever decrease in survival rate in a way that no plant survival and only five percent was observed in Borujerd and Neyshabur ecotypes, respectively. High regression coefficients were found between F'_v/F'_m and survival rate in both ecotypes (R^2=0.99 and R^2=0.98 for Borujerd and Neyshabur ecotypes, respectively)

Conclusion

Generally, evaluation of chlorophyll fluorescence parameters of both *Vicia faba* ecotypes showed that chlorophyll fluorescence has a direct relationship with survival three weeks after freezing stress and can be used as an index for assessment of freezing tolerance.

Keywords: Photochemical efficiency, Photosystem, Quantum yield, Survival

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۷، صفحۀ ۱۶۵-۱۵۱

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 151-165
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.62542

بررسی اثر اختلاط علف‌کش‌ها بر عملکرد دانه ماش (*Vigna radiate*) و کنترل علف‌های‌هرز آن در شرایط آب و هوایی شمال خوزستان

روزبه فرهودی[1*] و محسن حمزه[2]

۱- دانشیار گروه شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز، واحد شوشتر،
دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، mohsen@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۲

چکیده

با توجه به محدودیت علف‌کش‌های ثبت‌شده جهت کنترل علف‌های‌هرز ماش و در راستای اختلاط علف‌کش‌ها، آزمایشی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱تیمار در سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در شهرستان شوشتر اجرا گردید. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از کاربرد علف‌کش‌های هالوکسی فوپ آر- متیل، بنتازون و اکسی فلورفن (در دُزهای توصیه‌شده)، کاربرد علف‌کش‌های بنتازون + هالوکس فوپ-آر متیل، بنتازون + اکسی فلورفن، هالوکس فوپ - آر متیل + اکسی فلورفن در سطوح ۵۰ و ۸۰ درصد مقدار توصیه‌شده، تیمار وجین کامل علف هرز و شاهد (بدون کنترل علف‌هرز). عمده علف‌های‌هرز مزرعه را کنجد شیطانی، سوروف و اویارسلام ارغوانی تشکیل می‌دادند. کمترین تراکم علف‌هرز اویارسلام ارغوانی تحت تأثیر تیمارهای کاربرد دز توصیه شده بنتازون و اختلاط بنتازون + اکسی فلورفن ۸۰درصد دز توصیه‌شده به ترتیب با تراکم ۱/۳ و ۲/۳ بوته در متر مربع مشاهده شد. مصرف علف‌کش هالوکسی فوپ آر- متیل سبب نابودی کامل علف‌هرز سوروف شد. بهترین عملکرد دانه ماش (۲۷۳۳ کیلو گرم در هکتار) نیز با کاربرد اختلاط علف‌کش‌های بنتازون + هالوکس فوپ - آر متیل در سطح ۵۰ درصد دز توصیه‌شده مشاهده گردید، اما اختلاط این دو علف‌کش با ۸۰ درصد دز توصیه‌شده باعث گیاه‌سوزی شدید ماش شد. بنابراین تیمار کاربرد علف‌کش‌های هالوکس فوپ - آر متیل+ بنتازون به مقدار ۵۰ درصد دز توصیه‌شده به صورت اختلاط، تیمار علف‌کشی مناسبی جهت استفاده در زراعت ماش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اویارسلام ارغوانی، بنتازون، سوروف، کنجد شیطانی، هالوکسی فوپ- آر متیل

مقدمه

حبوبات به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، بعد از غلات دومین منبع مهم غذایی انسان به شمارمی‌روند و جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان به ویژه کشورهای جهان سوم را تشکیل می دهد. این گیاهان با تثبیت نتیروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، به صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری فرسایش خاک مؤثر بوده و نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند (Blakshaw *et al*., 2000; Habibzade *et al*., 2006). ماش (*Vigna radiate*) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده حبوبات است و سطح زیرکشت آن در جهان حدود ۲/۵ میلیون هکتار است که سالانه بیش از ۱/۸میلیون تن محصول ماش از این اراضی برداشت می‌شود (Dalish & Poulton, 2011). در این میان سطح زیرکشت ماش در ایران حدود ۲۵هزار هکتار است و استان خوزستان با سطح زیرکشت معادل ۱۴هزار هکتار بیشترین سطح زیرکشت این محصول را به خود اختصاص داده است (Anonymus, 2014). تداخل علف‌های‌هرز با گیاهان خانواده حبوبات از جمله عوامل مهم محدودکننده تولید این محصولات است که منجر به کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. ۵۰ تا ۹۵درصد مناطق زیرکشت حبوبات کشور با مشکل علف‌های‌هرز روبه رو هستند (Musavi *et al*., 2011). حضور علف‌های‌هرز در مزرعه ماش عملکرد دانه ماش را تا ۴۸ درصد کاهش داد که دلیل عمده آن کاهش سطح برگ و کاهش تعداد غلاف در بوته ماش تحت تأثیر رقابت با علف‌های هرز بود (Parsa & Bagheri, 2008). همچنین حضور علف‌های‌هرز در مزرعه سویا (*Glycine max*) سبب کاهش رشد بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف شد (Ehteshami & Chaichi,

*نویسنده مسئول: rfarhoudi@gmail.com

2001). افـزایش ارتفـاع و سـطح بـرگ علـف‌هـرز پیچـک (*Convolvulus arvensis*) باعث سـایه انـدازی بـر لوبیاسـبز (*Phaseolus vulgaris*) شد که کاهش شاخص سطح بـرگ و عملکرد لوبیا سبز را به دنبال داشت (Agugon & Masiuas, 2003).

امروزه علف‌کش‌های شیمیایی یکـی از نهـاده‌هـای مهـم و ضروری در سیستم‌های کشاورزی هستند و بخش قابـل‌تـوجهی از عملکرد محصولات زراعی ناشـی از مصـرف علـف‌کـش اسـت (Blakshaw *et al*., 2000; Furuzhesh *et al*., 2011; Musavi, 2008; Zand *et al*., 2008). بـا وجـود برخـی مشکلات زیست محیطی و بـروز مقاومـت بـه علـف‌کـش‌هـا در جوامع علف‌هرز، این ترکیبات هنوز هم به عنوان یکی از اجـزای مهم مـدیریت علـف‌هـای‌هـرز مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیرنـد (Yusefi *et al*., 2006). تحقیقـات نشـان داد مصـرف علـف کش‌ها با تأثیر مثبت بر تعداد غلاف در بوتـه و وزن دانـه باعـث افزایش عمکرد دانه ماش نسبت عدم مصرف علـف‌کـش گردیـد (Ghanbari Birghani & Sekhavat, 2011). در اغلب موارد علف‌کش‌های ثبت‌شده در کشور طیف محدودی از علف‌های‌هرز را کنترل نموده و همین امر باعث شده که بسیاری از کشاورزان بدلیل عدم شناخت کافی از طیف عمل علف‌کش‌ها، مبادرت بـه مصرف دز بـیش از میـزان توصـیه‌شـده علـف‌کـش بنماینـد (Baghestani *et al*., 2007; Baghestani *et al*., 2008). مصرف مداوم یک علف‌کش طی سـال‌هـای متـوالی در مزرعـه، باعث ظهور بیوتیپ‌های مقاوم علف‌هـرز مـی‌گـردد کـه در ایـن صورت با اسـتفاده از مـدیریت‌هـای مختلـف از جملـه اخـتلاط علـف‌کـش‌هـا مـی‌تـوان از بـروز مقاومـت جلـوگیری نمـود (Skrzypcak *et al*., 2007; Baghestani Meybodi & Zand, 2009; Baghestani Meybodi *et al*., 2013). از اهداف اصلی اختلاط علف‌کش‌هـا مـی‌تـوان بـه افـزایش طیـف کنترل علف‌های‌هرز، جلوگیری از توسعه مقاومت علف‌های‌هـرز به علف‌کـش‌هـا، کـاهش دفعـات سـم پاشـی، کـاهش عملیـات کشاورزی، کاهش باقیمانده علف‌کش در خاک و محصول زراعی بـا اسـتفاده از غلظـت‌هـای پـایین علـف‌کـش اشـاره نمـود (Baghestani *et al*, 2009; Bagherani & Shimi, 2001). تحقیقـات نشـان داد اخـتلاط علـف‌کـش‌هـای متریبـوزین[1] و کلودینافوپ پروپارژیل[2] در مزرعه سویا علاوه بر کـاهش مصـرف سموم نسبت به دز توصیه‌شده، سـبب کنتـرل مناسـب خـردل وحشی (*Sinapis* spp.)، تـاج‌خـروس وحشـی (*Amarantus retroflexus*) و سـلمه‌تـره (*Chenopodium album*) در مقایسه با مصرف این علف‌کش‌ها به تنهایی گردیـد (Parsa & Bagheri, 2008). با وجـود ایـن موضـوع، در آزمایشـی دیگـر عنوان شد که در صورت اختلاط دو علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ[3] با کلودینافوپ پروپارژیل در مزارع گنـدم لازم اسـت کـه میزان مصرف کلودینافوپ پروپارژیل از ۶۴ گرم به ۹۶ گرم ماده مؤثره در هکتار افزایش یابد که نشان می‌دهد اختلاط علف‌کش الزاماً به معنی کاهش دز مصرف علف‌کش نیست (Baghestani *et al*., 2007). در تحقیقـی روی ذرت (*Zea mays*) مشـخص شد اختلاط علـف کـش هـای اولتیمـا[4] و برومایسـید آ ام[5] بـا دز مناسب، ضمن کنترل علف‌های‌هرز و افزایش عملکـرد دانـه ذرت، سبب کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز مزرعـه ذرت شـد (Baghestani Meybodi & Zand, 2010).

ماش در استان خوزستان به ویـژه شهرسـتان شوشـتر بـه صورت وسیع کشت می‌شـود و مبـارزه علـف‌هـرز یـک معضـل اساسی در زراعت این گیاه است. با توجه به لزوم مبارزه با علـف های‌هرز مزرعه ماش، عدم معرفی علف‌کش مناسـب بـرای ایـن محصول و مزایای نسبی اختلاط علف‌کش‌ها و همچنـین وجـود گزارش‌های غیررسمی از بروز مقاومت به بنتازون در علـف‌هـای هرز، تحقیق حاضر به منظور بررسی کارآیی اختلاط علف‌کش‌ها در مزرعه ماش در شرایط آب و هوایی شمال اسـتان خوزسـتان به منظور کاهش مصرف سموم شیمیایی و افزایش کنترل علـف های‌هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در منطقـه میـان آب شـمالی بخـش مرکـزی شهرسـتان شوشـتر اجـرا گردیـد. شهرستان شوشتر با عـرض جغرافیـای ۸ دقیقـه و ۳۱ درجـه و طول جغرافیایی ۳۴ دقیقه و ۴۸ درجـه و بـا ارتفـاع ۴۳ متـر از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان در شمال اسـتان خوزسـتان واقع شده و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمـه‌خشـک محسوب می‌گردد. میزان بارندگی سالیانه بر اساس آمار ۵۰ساله ۲۱۲میلی‌متر، متوسط رطوبت نسبی روزانـه ۴۴درصـد، میـزان تبخیـر سـالیانه ۳۴۹۷ میلـی‌متـر و میـزان سـاعات آفتـابی ۲۹۴۰ساعت گزارش شده اسـت (Anonymus, 2014). زمـین اجـرای آزمـایش در سـال قبـل زیرکشـت گنـدم بـود. برخـی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول۱ آمده است.

[1] Metribuzin
[2] Clodinafop Propargyl
[3] 2,4 - D & MCPA
[4] Ultima
[5] Bromicide

این پژوهش به صورت طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و ۱۱تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل وجین کامل علف‌های‌هرز، مصرف دز توصیه‌شده علف‌کش‌های هالوکسی فوپ آر-متیل (۰/۸ لیتر در هکتار)، بنتازون (۲ لیتر در هکتار) و اکسی فلورفن (۲ لیتر در هکتار) و اختلاط این علف کش‌ها با ۸۰ درصد دز توصیه‌شده که عبارتند از اختلاط علف‌کش‌های اکسی فلورفن (۱/۶ لیتر در هکتار) + بنتازون (۱/۶ لیتر در هکتار)، اختلاط علف‌کش‌های اکسی فلورفن (۱/۶لیتر در هکتار) + هالوکسی فوپ آر-متیل (۰/۶ لیتر در هکتار)، اختلاط هالوکسی فوپ آر-متیل (۰/۶ لیتر در هکتار) + بنتازون (۱/۶ لیتر در هکتار) و اختلاط ۵۰ درصد دز توصیه شده علف‌کش‌ها که عبارتند از اختلاط علف‌کش‌های اکسی فلورفن (۱ لیتر در هکتار) + بنتازون (۱ لیتر در هکتار)، اختلاط علف‌کش‌های اکسی فلورفن (۱ لیتر در هکتار) + هالوکسی فوپ آر-متیل (۰/۴ لیتر در هکتار) و اختلاط هالوکسی فوپ آر-متیل (۰/۴ لیتر در هکتار) + بنتازون (۱لیتر در هکتار) و تیمار شاهد شامل عدم مبارزه با علف‌هرز بودند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Physical and chemical properties of the field soil

بافت خاک Soil texture	عمق نمونه برداری (سانتی متر) The depth of sampling(cm	درصد رس Caly (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	پتاسیم قابل جذب (پی پی ام) Available potassium (ppm)	فسفر قابل‌جذب (پی پی ام) Available phosphorus ppm)(	درصد مواد آلی خاک Organic)٪carbon (	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر) EC (dS/m)
Sandy loam	0-30	50	30	20	296	4.5	0.66	7.3	2.5

جدول۲- مشخصات علف‌کش‌های مورد استفاده

Table 2. Herbicide used characteristics

نام عمومی علف‌کش Herbicide name	شرکت سازنده Company	فرمولاسیون و درصد ماده مؤثره Formulation	دز توصیه‌شده (لیتر در هکتار) Recommendation dose (L/h)	نوع محصول Crop
هالوکسی فوپ آر متیل Haloxyfop-R- methyl	آریا شیمی Ariashimi	SL 10.8%	1-0.8 0.8-1.0	پیاز، کلزا Onion, Canola
اکسی فلورفن Oxyfluorfen	آریا شیمی Ariashimi	SL 24 %	2 2.0	پیاز Onion
بنتازون Bentazon	اگرواکسیر Agroxir	SL 48 %	2 2.0	حبوبات، گندم، برنج، ذرت Legumes, Wheat, Rice, Corn

در این آزمایش از ماش رقم پرتو (عمرانی) استفاده شد. به منظور عملیات آماده سازی زمین ابتدا مزرعه آزمایش در تاریخ ۹۳/۵/۱ آبیاری (ماخار) شد و پس از گاوروشدن، عملیات شخم با گاوآهن به عمق ۳۰ سانتی‌متر و دو بار دیسک عمود بر هم انجام گردید. مساحت هر کرت هشت مترمربع (عرض ۲/۵ متر و طول ۳/۲ متر) و فاصله بین کرت‌ها یک متر درنظر گرفته شد. فاصله بین تکرارها نیز یک متر بود. به منظور تأمین مواد غذایی بر اساس نیاز محصول و نتایج آزمون خاک، کود اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپر فسفات تریپل (۷۵ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. پس از آماده‌سازی زمین، کشت بذر ماش به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار با استفاده از دستگاه خطی کار ایرانی ساخت شرکت تولیدی ادوات کشاورزی تاکا در تاریخ ۹۳/۵/۱۰ انجام گردید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت انجام شد. به منظور استقرار بهتر گیاه فواصل دو آبیاری اولیه کم بود، به طوری که دومین آبیاری چهار روز بعد انجام شد و حدود ۱۰ روز پس از کاشت مزرعه کاملاً سبز شده بود. تیمارهای علف‌کشی در مرحله ۲ تا ۴ برگی علف‌های‌هرز اعمال گردید. در این آزمایش از سمپاش نوع پشتی کتابی ساخت شرکت طوس فدک با نازل بادبزنی پس از کالیبره‌کردن و محاسبه مقدار مصرف آب در هکتار، استفاده شد. زمان سمپاشی بعدازظهر و فشار سمپاش به طور متوسط ۲/۵ بار بود.

بررسی تراکم و وزن علف‌های‌هرز

جهت بررسی تراکم علف‌های هرز هر کرت، قبل از اعمال تیمارهای علف‌کشی یک کادر ثابت به مساحت دو مترمربع در

هر کرت نصب و تعداد علف‌های‌هرز به تفکیک گونه شمارش شدند و ۱۵روز پس از سمپاشی نیز شمارش علف‌های‌هرز در همین کادر صورت گرفت. برای به‌دست‌آوردن وزن خشک علف‌های‌هرز نیز ۳۰ روز پس از سمپاشی در همین کادر علف‌های‌هرز به تفکیک گونه از سطح زمین قطع و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و توسط ترازوی دیجیتال وزن خشک آنها ثبت شد.

ارزیابی مشاهداتی گیاه‌سوزی[1]

به‌دلیل بروز اثرات گیاه‌سوزی در تیمارهای آزمایشی از روش استاندارد تخمین چشمی برای ارزیابی شدت خسارت استفاده شد. بدین منظور در زمان‌های ۳، ۱۵ و ۳۰ روز پس از کاربرد تیمارهای علف‌کشی و وقوع گیاه سوزی با استفاده از کادری به مساحت یک مترمربع، میزان گیاه سوزی بررسی و با استفاده از جدول استاندارد، ارزیابی انجام شد (Sandral *et al*., 1997).

عملکرد و اجزای عملکرد دانه ماش

برداشت مزرعه در تاریخ ۹۳/۷/۲۴ صورت گرفت. عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه از جمله وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف با برداشت بوته‌ها در مساحت یک متر مربع بررسی شد. تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف از ۱۰ بوته نمونه‌برداری انجام و میانگین‌گیری شد. برای بررسی وزن۱۰۰دانه، نمونه تصادفی از عملکرد دانه هر کرت جدا و پس از شمارش ۱۰۰دانه، وزن شد. شاخص برداشت در هر کرت، از تقسیم عملکرد اقتصادی بر عملکرد بیولوژیک به‌صورت درصد محاسبه گردید.

در این آزمایش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری Mstatc ، نسخه ۲/۱۰ استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها نیز بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال یک درصد آماری صورت گرفت.

نتایج و بحث

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

عمده‌ترین علف‌های‌هرز مزرعه عبارت بودند از سوروف (*Echinochloa colona*)، کنجد شیطانی (*Clome viscose*) و اویار سلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*). تراکم و وزن‌خشک این علف‌های‌هرز در سطح یک درصد آماری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۴).

تراکم و وزن خشک اویارسلام ارغوانی

کمترین تراکم علف‌هرز اویارسلام ارغوانی تحت تأثیر تیمارهای وجین کامل، کاربرد دز توصیه‌شده بنتازون و اختلاط بنتازون + اکسی فلورفن ۸۰ درصد دز توصیه‌شده به ترتیب با تراکم ۰/۱۱، ۱/۳ و ۲/۳ بوته در متر مربع مشاهده شد، درحالی که بیشترین تراکم اویارسلام ارغوانی در تیمار شاهد و تیمار توصیه‌شده هالوکسی فوپ آر- متیل به ترتیب با تراکم ۲۴ و ۱۵/۳ بوته در متر مربع مشاهده شد (جدول ۴). کاربرد علف‌کش تری فلورالین[2] توأم با اختلاط اکسی فلورفن + بنتازون، علف‌های‌هرز پهن‌برگ و نیز اویار سلام فرار کرده از کنترل توسط علف‌کش‌های پیش‌کاشت را قبل از بسته‌شدن پوشش گیاهی لوبیا کنترل نمود (Soltani *et al*., 2005). بیشترین وزن‌خشک اویارسلام ارغوانی به ترتیب به تیمارهای شاهد و کاربرد هالوکسی فوپ آر- متیل به ترتیب با وزن‌خشک ۱۶/۸ و ۱۰/۸ گرم در متر مربع تعلق داشت. در همین حال کمترین وزن‌خشک اویارسلام ارغوانی در تیمار کاربرد علف‌کش بنتازون (۰/۶۷ گرم در متر مربع) مشاهده شد که تفاوت معنی داری با تیمار اختلاط بنتازون + اکسی فلورفن با کاهش دز به ۸۰ درصد توصیه‌شده و تیمار وجین علف‌هرز نداشت (جدول ۵). کاربرد توأم اکسی فلورفن و بنتازون باوجود اثرات گیاه سوزی در لوبیا، موجب کنترل مناسب اویار سلام و سوروف شد (Zhang *et al*., 2011). اختلاط مناسب علف‌کش‌ها با کاهش دز مصرفی علف‌کش و ایجاد تنوع در علف‌کش‌های کاربردی می‌تواند ضمن کنترل مناسب علف‌های‌هرز از بروز مقاومت در توده‌های علف‌هرز جلوگیری نماید (Furuzhesh *et al*., 2011). محققان بیان نمودند که اختلاط علف‌کش‌های فورام سولفورون[3]، نیکوسولفورون[4] و توفوردی+ ام سی پی آ می‌توانند به‌طور مطلوبی علف‌های‌هرز مزرعه ذرت مانند تاج‌خروس و سلمه‌تره را در مقایسه با کاربرد این علف‌کش‌ها به تنهایی کنترل کنند که بیانگر کارآیی مطلوب اختلاط علف‌کش‌ها است (Lotfi Mavi *et al*., 2011).

تراکم و وزن خشک کنجد شیطانی

نتایج نشان داد تیمار عدم کنترل علف‌هرز و کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر- متیل که یک باریک‌برگ‌کش است

[1] European Weed Research Council

[2] Trifluralin
[3] Foramsulfuron
[4] Nicosulfuron

به ترتیب با تراکم ۸ و ۸/۶ بوته در متر مربع بیشترین تراکم بوته علف‌هرز کنجد شیطانی را به خود اختصاص دادند. وجین کامل علف‌های‌هرز به انضمام کلیه تیمارهای پهن‌برگ‌کش (بنتازون و اکسی فلورفن) و اختلاط علف‌کش هالوکس فوپ آر- متیل با پهن‌برگ‌کش‌های اکسی فلورفن و بنتازون در سطح ۸۰ و ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده، علف‌هرز کنجد شیطانی را کاملاً کنترل کردند. بیشترین وزن‌خشک علف‌هرز کنجد شیطانی در تیمارهای شاهد و کاربرد هالوکسی فوپ آر- متیل به ترتیب با ۱۳ و ۱۲/۶ گرم وزن‌خشک در مترمربع مشاهده شد (جدول۵).

تیمار وجین کامل علف‌هرز، کاربرد علف‌کش بنتازون و اکسی فلورفن در دز توصیه‌شده و کلیه اختلاط علف‌کش‌ها در سطح ۵۰ و ۸۰ درصد با کنترل کامل علف‌هرز کنجد شیطانی همراه بود و وزن‌خشک علف‌هرز را به کمتر از یک گرم در مترمربع کاهش داد (جدول۵). طول مدت همجواری علف‌های‌هرز بر ماده خشک تولیدی توسط گیاه زراعی تأثیرگذار است و با افزایش زمان تداخل، ماده خشک تولیدی کاهش می یابد که دلیل این پدیده را می‌توان به رقابت برای آب، مواد غذایی و نور نسبت داد (Ehteshami & Chaichi, 2001).

جدول۳- خصوصیات علف‌های هرز مزرعه

Table 2. Weeds Characteristics

نام علف‌هرز Weed name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	سیستم فتوسنتزی Photosynthesis system
سوروف Pigweed	*Echinochloa colona*	Poaceae	C4
اویارسلام ارغوانی Purple nutsedge	*Cyperus rotundus*	Cyperaceae	C4
کنجد شیطانی Tickweed	*Cleoma viscosa* L.	Cleomaceae	C3

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

Table 4. Analysis of variance of effect of treatments on weeds density and weeds dry weight

		اویارسلام ارغوانی *Cyperus rotundus*		کنجد شیطانی *Clome viscose*		سوروف *Echinochloa colona*	
منبع تغییر Source of varince	درجه آزادی Degrees of freedom	تراکم (گیاه در متر مربع) Density (plant/m^2)	وزن خشک (گرم در متر مربع) Dry weight (g m^{-2})	تراکم (گیاه در متر مربع) Density (plant/m^2)	وزن خشک (گرم در متر مربع) Dry weight (g m^{-2})	تراکم (گیاه در متر مربع) Density (plant/m^2)	وزن خشک (گرم در متر مربع) Dry weight (g m^{-2})
Rep تکرار	2	24.2**	3.0^{ns}	0.65^{ns}	7.3^{ns}	0.5^{ns}	14.3^{ns}
T تیمار	10	61.4**	31.6**	26.4**	78.3**	51.5**	195.8**
Error خطا	20	1.3	5.3	1.1	9.6	1.8	25.0
CV (%) ضریب تغییرات		8.4	6.1	10.1	8.3	11.4	10.4

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد؛ ns: معنی‌دار نیست.

ns: non significant; * and **: Significant at the 0.05 and 0.01 level of probability.

اختلاط علف‌کش‌های بنتازون و هالوکسی فوپ آر متیل موجب کنترل کامل کنترل کنجد شیطانی و افزایش عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum*) شد (Zhu, 2012). تحقیقات نشان داد زمانی که علف‌کش‌های بروموکسینیل[1] و ام سی پی آ به همراه علف‌کش پندی متالین مصرف گردد، تمام علف‌های‌هرز پهن‌برگ ذرت را به خوبی و با کارآیی بیشتر نسبت به مصرف هر یک از این علف‌کش‌ها به تنهایی کنترل می‌کند (Baghestani *et al.*, 2009).

[1] *Bromoxynil*

تراکم و وزن خشک سوروف

بیشترین تراکم علف‌هرز سوروف در تیمار شاهد و مصرف بنتازون با تراکم ۳۲ و ۳۱/۶ بوته در متر مربع مشاهده شد. بنتازون یک علف‌کش پهن‌برگ‌کش است و مصرف آن بر روی علف‌های‌هرز باریک‌برگ مؤثر نیست و به همین دلیل توانایی کنترل علف‌هرز سوروف را نداشت. مصرف علف‌کش هالوکسی فوپ آر- متیل سبب نابودی کامل علف‌هرز سوروف شد، زیرا علف‌کش هالوکسی فوپ آر- متیل یک علف‌کش باریک‌برگ کش است که در مزارع و محصولات پهن‌برگ به صورت انتخابی عمل کرده و برای کنترل سوروف توصیه می‌شود (Soltani *et al.*, 2005). پس از این تیمار، مصرف بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل ۸۰ درصد و ۵۰ درصد به ترتیب با ۱/۳۳ و ۲ بوته در متر مربع، کمترین تراکم علف هرز سوروف را داشتند (جدول۵).

جدول۵- مقایسه میانگین اثر علف‌کش و اختلاط آن‌ها بر تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز

Table 5. Mean comparison effect of herbicides tank mixing on weeds density and weeds dry weight

تیمارها Treatment	اویارسلام ارغوانی *Cyperus rotundus*		کنجد شیطانی *Clome viscose*		سوروف *Echinochloa colona.*	
	تراکم (گیاه در متر مربع) Density (plant/m^2)	وزن خشک (گرم در متر مربع) Dry weight (g m^{-2})	تراکم (گیاه در متر مربع) Density (plant/m^2)	وزن خشک (گرم در متر مربع) Dry weight (g m^{-2})	تراکم (گیاه در متر مربع) Density (plant/m^2)	وزن خشک (گرم در متر مربع) Dry weight (g m^{-2})
شاهد بدون وجین Control	24a	16.8a	8a	13a	32a	42.9a
وجین علف‌هرز Weeding	0.11 g	0.51 g	0.1 b	0.21 b	0.11 f	0.13 f
هالوکسی فوپ آر - متیل (۰/۸ لیتر در هکتار) Haloxyfop-R- methyl (0.8 L h^{-1})	15.3b	10.8b	7.6a	12.6a	0.14 f	0.19 f
بنتازون (۲ لیتر در هکتار) Bentazone (2 L h^{-1})	1.3fg	0.66gh	0.12 b	0.25b	31.6a	42.7a
اکسی فلورفن (۲ لیتر در هکتار) Oxyfluorfen (2 L h^{-1})	7.6d	5.3de	0.12b	0.25b	2.6 de	3.5d
اختلاط بنتازون و هالوکسی فوپ آر- متیل (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop-R- methyl (80%) +Bentazon	5.3e	3.6f	0.12b	0.25b	1.3 e	1.6 e
اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Oxyfluorfen (80%)	2.3f	1.6g	0.12b	0.25b	3.6 d	4.8 c
اختلاط اکسی فلورفن و هالوکسی فوپ آر- متیل (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop-R- methyl + Oxyfluorfen (80%)	6.6e	5.1e	0.12b	0.25b	3.1 d	3.9 d
اختلاط بنتازون و هالوکسی فوپ آر- متیل (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Haloxyfop-R- methyl (50%)	9.6c	6.9c	0.12b	0.25b	2.0 e	2.5de
اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Oxyfluorfen (50%)	7.6de	6.5cd	0.12b	0.25b	7.3 b	9.6b
اختلاط اکسی فلورفن هالوکسی فوپ آر- متیل (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop-R- methyl + Oxy fluorfen (50%)	11c	7.8c	0.12b	0.25b	5.3 c	6.9bc

در هرستون، اعداد دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند، برای تبدیل داده‌ها از روش ریشه دوم استفاده شد.

Data were transformed through square root method. Means followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.01$ according to Duncan multiple test.

بیشترین وزن خشک سوروف به ترتیب به تیمار شاهد و کاربرد بنتازون با وزن خشک ۴۲/۹ و ۴۲/۷ گرم در متر مربع تعلق داشت، در حالی که کمترین وزن‌خشک سوروف در تیمار هالوکسی فوپ آر- متیل (۰/۱۹ گرم در متر مربع) و وجین علف‌هرز (۰/۱۳ گرم در مترمربع) مشاهده شد. تیمارهای اختلاط هالوکسی فوپ آر- متیل + بنتازون با دز کاهش‌یافته ۸۰ و ۵۰ درصد نیز وزن‌خشک علف‌هرز سوروف را به ۱/۶ و ۲/۵گرم در متر مربع کاهش دادند (جدول ۵). کاربرد توأم علف‌کش‌های اکسی فلورفن و بنتازون با وجود اثرات گیاه‌سوزی در لوبیا، موجب کنترل مناسب علف‌هرز سوروف شد (Zhang *et al.*, 2011). کاربرد پس‌رویشی مخلوط علف‌کش‌های فوماسن و بنتازون علف‌های‌هرز مزرعه لوبیا از سوروف را به نحو مناسبی کنترل نمود و دز هر یک از علف‌کش‌ها را حدود ۲۵درصد در مقایسه با شرایط عدم اختلاط کاهش داد که بیانگر تأثیر مثبت اختلاط علف‌کش‌ها بر کاهش مصرف علف‌کش است (Soltani *et al.*, 2005).

گیاه سوزی ماش

بر اساس شاخص برآورد میزان گیاه‌سوزی (جدول ۶) در ۳، ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی، بیشترین خسارت به گیاه زراعی ماش را علف‌کش اکسی فلورفن داشت. ارزیابی چشمی این خسارت در اولین مشاهده در حد نابودی کامل ماش و در مشاهده سوم خسارت بسیار سنگین بود.

جدول ۶- ارزیابی چشمی اثرات گیاه سوزی علف‌کش‌ها روی گیاه ماش

Table 6. Visual assessment of phytotoxicity effects of herbicides on mungbean

Treatment	۳ روز 3 days	۱۵ روز 15 days	۳۰ روز 30 days
شاهد بدون وجین Control	No damages	No damages	No damages
وجین علف‌هرز Weeding	No damages	No damages	No damages
هالوکسی فوپ آر - متیل (۰/۸ لیتر در هکتار) Haloxyfop-R- methyl (0.8 L h^{-1})	No damages	No damages	No damages
بنتازون (۲ لیتر در هکتار) Bentazone (2 L h^{-1})	No damages	No damages	No damages
اکسی فلورفن (۲ لیتر در هکتار) Oxyfluorfen (2 L h^{-1})	damages in the destroy	damages in the destroy	Heavy damage
اختلاط بنتازون و هالوکسی فوپ آر- متیل (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop-R- methyl +Bentazon (80%)	Heavy damage	Medium and stable damages	Extreme damages but unsustainable
اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Oxyfluorfen (80%)	Extreme damages but unsustainable	Heavy damage	Medium and stable damages
اختلاط اکسی فلورفن هالوکسی فوپ آر- متیل (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop-R- methyl + Oxyfluorfen (80%)	damages in the destroy	Extreme damages but unsustainable	Medium and stable damages
اختلاط بنتازون و هالوکسی فوپ آر- متیل (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Haloxyfop-R- methyl (50%)	Very low damages	No damages	No damages
اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Oxyfluorfen (50%)	Heavy damage	Medium and stable damages	No damages
اختلاط اکسی فلورفن هالوکسی فوپ آر- متیل (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop-R- methyl + Oxy fluorfen (50%)	Heavy damage	Medium and stable damages	No damages

No damages: بدون خسارت، Heavy damage: خسارت سنگین، Extreme damages but unsustainable: خسارت بسیار سنگین و ناپایدار، Medium and stable damages: خسارت متوسط و پایدار، damages in the destroy: خسارت در حد نابودی کامل

تیمار بعدی که آثار خسارت آن بر گیاه ماش بسیار مشهود بود، تیمار اختلاط علف‌کش بنتازون و اکسی فلورفن در سطح ۸۰ درصد بود که در اولین و دومین مشاهده با توصیف «خسارت در حد نابودی کامل ماش» و «خسارت بسیار سنگین بر ماش» شناسایی شد، اما گیاه ماش توانست در مشاهده سوم توصیف «خسارت متوسط و پایدار بر ماش» را به دست آورده و از شدت خسارت گیاه‌سوزی کاسته شد.

پس از این دو تیمار، تیمار اختلاط هالوکسی فوپ آر- متیل و اکسی فلورفن از لحاظ خسارت گیاه‌سوزی به گیاه زراعی ماش قابل تأمل بود، زیرا در سه مشاهده به ترتیب توصیف‌های«خسارت در حد نابودی کامل»، «خسارت بسیار سنگین بر ماش» و «خسارت متوسط و پایدار بر ماش» را به خود اختصاص دادند. تیمارهای اختلاط ۵۰درصد شامل علف‌کش اکسی فلورفن نیز دارای خسارت گیاه‌سوزی ماش بودند، اما میزان خسارت بسیار کمتر از خسارت تیمارهای دارای ۸۰درصد اختلاط علف‌کش اکسی فلورفن بود. در بین تیمارهای اختلاط کمترین گیاه‌سوزی بعد از تیمار شاهد، مربوط به تیمار اختلاط علف‌کش‌های هالوکسی فوپ آر متیل+ بنتازون در سطح ۵۰ درصد دز توصیه‌شده بود. کاربرد پس رویشی علف‌کش اکسی فلورفن در اوایل زمان مصرف بر روی محصول نخود (*Cicer arietinum*) گیاه‌سوزی ایجاد می‌کند و به همین دلیل مصرف آن باید با احتیاط صورت بگیرد (Yusefi *et al*., 2006). محققان اظهار داشتند که اثرات گیاه سوزی اولیه ناشی از کاربرد علف‌کش بنتازون به تنهایی و یا مخلوط با سایر علف‌کش‌ها موقتی بوده و تأثیر منفی بر عملکرد لوبیا نداشت. ایشان برای کاربرد علف‌کش بنتازون روی لوبیا خسارت چشمی گزارش نکردند (Blakshaw *et al*., 2000).

عملکرد دانه و اجزاء عملکرد دانه ماش

نتایج نشان داد عملکرد دانه و اجزاء عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه ماش

Table 7. Analysis of variance of effect of treatments on mungbean (*Vigna radiate*) yield

منبع تغییر Source of varince	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biololgic yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Grain per pod	وزن۱۰۰دانه 100 grain weight	ارتفاع بوته Shoot height
Rep تکرار	2	2951.1^{ns}	26008.9^{ns}	0.14^{ns}	1.12^{ns}	0.55^{ns}	0.08^{ns}	7.5^{ns}
T تیمار	10	7669842.7**	911628.3**	63.8**	48.3**	6.5**	2.8	689.2**
Error خطا	20	6854.9	287516.0	7.3	1.6	0.18	0.095	6.2
CV (%) ضریب تغییرات		4.9	7.3	2.9	8.8	7.3	8.2	7.1

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد؛ ns: معنی‌دار نیست.

ns: non significant; * and **: Significant at the 0.05 and 0.01 level of probability.

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ماش

نتایج نشان داد عملکرد دانه ماش تحت تأثیر تیمار وجین کامل علف‌هرز، تیمار اختلاط بنتازون و هالوکسی فوپ آر-متیل در سطح دز مصرفی ۵۰درصد و تیمار هالوکسی فوپ آر-متیل با دز مصرف معمولی در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف‌هرز به ترتیب ۶۸/۸ درصد، ۷۵/۲ درصد و ۷۵ درصد افزایش داد. کمترین میزان عملکرد دانه ماش در تیمار دز توصیه‌شده علف‌کش اکسی فلورفن مشاهده شد که حتی در مقایسه با تیمار حضور کامل علف هرز موجب کاهش ۷۱ درصد در عملکرد دانه ماش گردید. تیمارهای علف‌کشی اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن در سطح ۸۰ درصد دز مصرفی، هالوکسی فوپ آر متیل + اکسی فلورفن در سطح دز ۸۰ درصد و اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن در سطح ۵۰ درصد دز مصرفی نیز سبب کاهش شدید عملکرد دانه ماش حتی در مقایسه با تیمار حضور کامل علف‌های‌هرز شدند (جدول ۸). تحقیقات نشان داده ۵۰ تا ۹۵ درصد مناطق زیرکشت حبوبات کشور با مشکل علف‌های‌هرز رو به رو هستند، لذا کنترل علف‌های‌هرز حبوبات ضروری است (Parsa & Bagheri, 2008). عدم کنترل علف‌های‌هرز در زراعت ماش باعث کاهش عملکرد بین ۵ تا ۶۲ درصد می شود (Dalish & Poulton, 2011). نتایج آزمایش حاضر نشان داد عدم انتخاب تیمار علف‌کشی مناسب به دلیل گیاه‌سوزی و عدم کنترل مناسب علف‌های‌هرز، سبب کاهش شدید عملکرد دانه ماش حتی در مقایسه با شرایط عدم کنترل علف‌هرز شد که از این میان می‌توان به تیمارهای کاربرد اکسی فلورفن به تنهایی یا تیمار اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن (۸۰ و ۵۰ درصد دز توصیه‌شده) اشاره کرد (جدول ۸).

تحقیقات نشان داد کاربرد توأم اکسی فلورفن و بنتازون با وجود اثرات گیاه‌سوزی در لوبیا موجب کنترل مناسب علف‌های اویار سلام و سوروف و در نتیجه افزایش عملکرد دانه لوبیا شد (Zhang *et al*., 2011). اختلاط علف‌کش‌ها ضمن کاهش دز مصرف علف‌کش، طیف وسیع‌تری از علف‌های‌هرز ذرت را کنترل نمود، زیرا بیشترین عملکرد دانه ذرت در کرت‌هایی که علف‌کش ریم سولفورون + نیکوسولفورون به میزان ۱۵۰ و ۱۷۵گرم در هکتار مصرف شد، به‌دست آمد (Zand *et al*., 2009). انتخاب یک تیمار اختلاط علف‌کش مناسب می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه در کنار کاهش اثرات زیست‌محیطی مصرف بی‌رویه یک علف‌کش شود. به عنوان مثال، اختلاط علف‌کش‌های نیکوسولفورون و ریم سولفورون[1] به همراه اختلاط علف‌کش‌های بروموکسنیل و ام سی پی آ میزان عملکرد دانه ذرت را نسبت به مصرف هر یک از این علف‌کش‌ها به تنهایی، بیش از ۵۰ درصد کاهش داد و میزان مصرف علف‌کش‌ها را نیز کاهش داد (Motabheri *et al*., 2013).

نتایج نشان داد عدم کنترل علف‌های‌هرز و تیمار کاربرد دز توصیه‌شده علف‌کش اکسی فلورفن به ترتیب موجب کاهش عملکرد بیولوژیک ماش به میزان ۱۸/۱ درصد و ۱۷/۷ درصد در مقایسه با تیمار وجین کامل علف‌های‌هرز شد، درحالی‌که سایر تیمارها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک ماش نداشتند (جدول ۸). ظهور علف‌هرز در مزرعه گیاهان زراعی به دلیل رقابت برای آب، موادغذایی و نور موجب کاهش زیست‌توده گیاه زراعی می‌گردد (Ehteshami & Chaichi, 2001). اختلاط علف‌کش‌های متریبوزین و فلوفناک در مزرعه سویا با تأثیر مثبت بر رقابت گیاه سویا و علف‌هرز سبب افزایش سطح برگ، وزن غلاف و افزایش ارتفاع سویا و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک سویا شد، در حالی که تأثیر مثبت مصرف هر یک از این علف‌کش‌ها به تنهایی به اندازه کاربرد توأم این علف‌کش‌ها نبود (Nader *et al*., 2005). این نتایج که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد، بیانگر نقش مثبت اختلاط علف‌کش‌ها در کاهش دز مصرف علف‌کش‌ها است.

نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین شاخص برداشت ماش در تیمارهای وجین کامل علف‌هرز، کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر –متیل و تیمار بنتازون + هالوکسی فوپ آر –متیل (۵۰ درصد دز توصیه شده) مشاهده شد که به ترتیب موجب افزایش شاخص برداشت به ۱۵/۸درصد، ۱۵ درصد و ۱۵/۲ درصد در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف‌هرز شد، درحالی‌که کمترین شاخص برداشت ماش نیز متعلق به تیمار کاربرد علف‌کش اکسی فلورفن، تیمار بنتازون+ اکسی فلورفن ۸۰درصد، تیمار هالوکسی فوپ آر- متیل + اکسی فلورفن ۸۰درصد و تیمار بنتازون + اکسی فلورفن ۵۰ درصد بود که موجب کاهش شاخص برداشت به ترتیب به میزان ۲۹/۱ درصد، ۲۵/۳ درصد، ۲۵/۴ درصد و ۱۶/۷ درصد در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز شد. این نتایج نشان داد عدم انتخاب تیمار علف‌کش نامناسب در شرایط اختلاط می‌تواند شاخص برداشت گیاه را به دلیل گیاه‌سوزی یا عدم کنترل مناسب علف‌های‌هرز به شدت کاهش دهد، زیرا حتی تحت تأثیر عدم کنترل علف‌های‌هرز شاخص برداشت بیشتری (۲۶/۸ درصد) نسبت به گروه آماری اخیر که دارای علف‌کش اکسی فلورفن بودند، مشاهده شد. بررسی اثر علف‌کش‌ها بر میزان کنترل علف‌هرز و عملکرد لوبیا نشان داد که علف‌کش‌های بنتازون و هالوکسی فوپ آر- متیل در سطوح به‌کاررفته قادر به کاهش ۸۱/۱ درصد زیست‌توده علف‌هرز شدند و بعد از تیمار عاری از علف‌های‌هرز، بیشترین افزایش تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و عملکرد دانه لوبیا را به خود اختصاص دادند (Moghadam Khamse & Farajpoor, 2011). مصرف علف‌کش‌های اکسی فلوروفن، بنتازون و فوماسن به‌صورت مختلط سبب افزایش عملکرد دانه لوبیاقرمز شد، زیرا مصرف این سه علف‌کش به صورت مختلط موجب کاهش شدید وزن خشک علف‌های‌هرز مزرعه، کاهش رقابت بین علف‌های‌هرز و گیاه لوبیا و در نتیجه افزایش شاخص برداشت دانه لوبیا شد (Musavi *et al*., 2011).

تعداد دانه در غلاف و غلاف در بوته

بیشترین افزایش تعداد غلاف در بوته ماش نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌هرز در تیمارهای وجین کامل علف‌هرز، تیمار اختلاط بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل ۵۰ درصد، تیمار هالوکسی فوپ آر- متیل، تیمار اختلاط بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل ۸۰ درصد مشاهده شد (به ترتیب ۲۹/۶ درصد، ۲۰/۸ درصد، ۱۳/۶درصد و ۲۴ درصد)، درحالی‌که کاربرد علف‌کش اکسی فلورفن تعداد غلاف در بوته ماش را ۲۱ درصد در مقایسه با عدم کنترل علف‌های هرز کاهش داد. این نتایج نشان داد تیمارهای علف‌کش اکسی فلورفن و هر آنچه با اکسی فلورفن اختلاط یافته، به‌خصوص در سطح ۸۰ درصد اختلاط، کاهش محسوس تعداد غلاف در بوته را نشان داد (جدول۸). این امر به‌دلیل اثرات گیاه‌سوزی این علف‌کش بر گیاه ماش و کاهش سطح برگ می‌باشد (جدول ۶) که احتمالاً منجر به کاهش مواد فتوسنتزی قابل دسترس غلاف‌ها و دانه‌ها شد. گونه علف‌هرز، تراکم نسبی علف هرز و طول مدت همجواری علف‌هرز با گیاه زراعی از عوامل مهم بر میزان کاهش عملکرد بر اثر تداخل علف‌های‌هرز می‌باشد (Zand *et al*., 2007).

[1] *Rimsulfuron*

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش

Table 8. Mean comparison of herbicides tank mixing on mungbean grain yield and grain yield components

Treatment	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) **grain yield(kg/h)**	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) **Biololgic yield (kg/h)**	شاخص برداشت (درصد) **HI (%)**	تعداد غلاف در بوته **Pod per plant**	تعداد دانه در غلاف **grain per pod**	وزن۱۰۰دانه (گرم) **100 weigjt grain (g)**	ارتفاع بوته (سانتی متر) **Plant height (cm)**
شاهد بدون وجین Control	1992.23 ef	7421.2 b	26.8 c	19 c	7.7 c	7.5 b	33.2 d
وجین علف‌هرز Weeding	2895.77a	9117.2a	31.7a	27 a	9.3 a	8.9 a	65.3 a
هالوکسی فوپ آر – متیل (۰/۸ لیتر در هکتار) Haloxyfop-R- methyl (0.8 L h^{-1})	2647.13 b	8899.3 a	30.1 a	24 a	8.9 a	8.5 a	55.4 b
بنتازون (۲ لیتر در هکتار) Bentazone (2 L h^{-1})	2113.63 dc	8349.9 a	26.1 c	20 b	8.1 b	7.7 b	55.47 b
اکسی فلورفن (۲ لیتر در هکتار) Oxyfluorfen (2 L h^{-1})	1450.23 h	7498.9 b	19.1 d	15 e	6.7 d	6.5 c	23.2 e
اختلاط بنتازون و هالوکسی فوپ آر- متیل (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop- + Bentazon R- methyl (80%)	2500.8 c	8672.6 a	28.8 b	22 ab	8.3 b	8.3 a	60 a
اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن (۸۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Oxyfluorfen (80%)	1549.9 g	7700.8 a	20.1 d	16 d	6.9 d	6.7 c	32.4 d
اختلاط اکسی فلورفن هالوکسی فوپ آر- متیل (۸۰ درصد دز توصیه شده) Haloxyfop-R- methyl + Oxyfluorfen (80%)	1650.57 f	7800.3 a	20.8 d	17 d	7.9 c	6.9 c	31.6 d
اختلاط بنتازون و هالوکسی فوپ آر- متیل (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Haloxyfop-R- methyl (50%)	2733.07 a	8950.7 a	31.5 a	25 a	9.1 a	8.6 a	62.1 a
اختلاط بنتازون و اکسی فلورفن (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Bentazon + Oxyfluorfen (50%)	1812.83 fg	8034.2 ab	22.3 d	18 c	7.5 cd	7.1 b	39.4 c
اختلاط اکسی فلورفن هالوکسی فوپ آر- متیل (۵۰ درصد دز توصیه‌شده) Haloxyfop-R- methyl + Oxy fluorfen (50%)	2305.97 d	8517.9 a	27.0 bc	21 b	8.3 b	8 ab	38.1 c

در هرستون، اعداد دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means followed by the same letter(s) are not significantly different at $P < 0.01$ according to Duncan multiple test.

عدم کنترل علف‌های‌هرز منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته ماش شد، زیرا سطح برگ و ارتفاع ماش تحت تأثیر علف‌های‌هرز کاهش یافت (Habibzade *et al*., 2006). حضور علف‌های‌هرز در مزرعه ماش عملکرد دانه ماش را تا ۴۸ درصد کاهش داد که دلیل عمده آن کاهش سطح برگ و کاهش تعداد غلاف در بوته ماش تحت تأثیر رقابت با علف‌های‌هرز بود

(Parsa & Bagheri, 2008). اختلاط علف‌کش‌های بنتازون و اکسی فلورفن سبب افزایش کارایی کنترل علف‌های‌هرز مزرعه لوبیاقرمز در استان لرستان تا بیش از ۷۰درصد و افزایش معنی دار عملکرد دانه لوبیا در مقایسه با کاربرد این علف‌کش‌ها به تنهایی شد، زیرا با کاهش جمعیت علف‌های‌هرز مزرعه لوبیا تحت تأثیر اختلاط علف‌کش‌ها، تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف افزایش معنی‌داری یافت (Musavi *et al*., 2011). علف‌کش‌های هالوکسی فوپ آر- متیل و بنتازون و اختلاط این دو علف‌کش علف‌های‌هرز مزرعه لوبیا را به خوبی کنترل نمودند (Moghadam Khamse & Farajpoor, 2010) که با نتایج آزمایش حاضر بر گیاه ماش همخوانی دارد.

تیمارهای وجین کامل علف‌هرز، اختلاط بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل ۵۰ در درصد دز توصیه‌شده و تیمار هالوکسی فوپ آر- متیل به ترتیب تعداد دانه در غلاف ماش را نسبت به تیمار عدم کنترل علف هرز ۱۷/۲ درصد، ۱۵/۳ درصد و ۱۳/۴ درصد افزایش دادند، درحالی‌که کاربرد علف‌کش اکسی فلورفن و تیمار اختلاط بنتازون+ اکسی فلورفن ۸۰ درصد تعداد دانه در غلاف ماش را نسبت به تیمار عدم وجین به ترتیب ۱۲/۹ و ۱۲/۲ درصد کاهش داد (جدول ۸). تعداد دانه در غلاف این تیمارها از تعداد دانه در غلاف گیاهان تیمار شاهد که در حضور علف‌هرز رشد کرده بودند نیز کمتر بود که دلیل آن گیاه سوزی شدید گیاه ماش تحت تأثیر علف‌کش اکسی فلورفن در این تیمارها و کاهش شدید سطح برگ‌ها بود (جدول ۶). علف‌های‌هرز در رقابت با گیاه زراعی سبب کاهش تعداد دانه در بوته می شوند و علت این موضوع کاهش مواد فتوسنتزی قابل دسترس دانه‌های گیاه زراعی است. هرچند تعداد دانه در غلاف با ثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب می‌شود و کمتر تحت تأثیر عوامل به‌زراعی و محیطی قرار می‌گیرد (Habibzade *et al*., 2006)، اما مشاهده شد که رقابت علف‌های‌هرز باعث کاهش تعداد دانه در غلاف سویا شد (Ehteshami & Chaichi, 2001).

وزن۱۰۰دانه ماش

بیشترین افزایش وزن۱۰۰دانه ماش متعلق به تیمار وجین، تیمار هالوکسی فوپ آر- متیل و تیمارهای اختلاط بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل در سطح اختلاط ۵۰ درصد و۸۰ درصد بود که به ترتیب موجب افزایش وزن۱۰۰دانه ماش به ۱۵/۷درصد، ۱۱/۷درصد، ۱۰درصد و ۱۲/۷ درصد در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز شد. کمترین وزن۱۰۰دانه ماش نیز به تیمارهای کاربرد اکسی فلورفن، اختلاط بنتازون+ اکسی فلورفن ۸۰ درصد، تیمار اختلاط هالوکسی فوپ آر- متیل + اکسی فلورفن ۸۰ درصد (به ترتیب کاهش به میزان ۱۳/۳، ۱۰/۶ و ۸ درصد در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف هرز) تعلق داشت (جدول ۸). این نتایج نشان می‌دهد تیمارهای علف‌کش اکسی فلورفن و همچنین اختلاط آن با علف‌کش هالوکسی فوپ آر- متیل و بنتازون در سطح ۸۰درصد تأثیر سوء بر گیاه ماش داشت و گیاه‌سوزی ناشی از این علف‌کش‌ها در نهایت باعث کاهش مقدار وزن۱۰۰دانه گردید (جدول ۳). تداوم حضور علف‌های‌هرز به دلیل رقابت بین‌گونه‌ای علف‌های‌هرز و گیاه زراعی و نیز تخلیه رطوبت و مواد غذایی خاک توسط آنها کاهش وزن۱۰۰دانه گیاه زراعی را به دنبال دارد. افزایش طول دوره حضور علف‌های‌هرز درکاهش وزن۱۰۰دانه مؤثر شناخته شده است (Ehteshami & Chaichi, 2001). تحقیقات نشان داد مصرف علف‌کش‌ها با تأثیر مثبت بر طول دوره پرشدن دانه، سبب افزایش عملکرد دانه و وزن۱۰۰۰دانه ماش نسبت به شرایط عدم مصرف علف‌کش گردید (Ghanbari Birghani & Sekhavat,2011). اختلاط دو علف‌کش اکسی فلورفن و ناپروپامید[1] تا ۲۰درصد وزن میوه‌های توت فرنگی (*Fragaria vesca*) را افزایش داد که بیانگر کارآیی هر دو علف‌کش در کنترل علف‌های‌هرز مزرعه توت‌فرنگی می‌باشد (Gilreath & Bielinski, 2005).

ارتفاع بوته ماش

ارتفاع بوته ماش تحت تأثیر تیمارهای علف‌کش قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین افزایش ارتفاع بوته ماش در مقایسه با تیمار عدم وجین علف‌های‌هرز در تیمار وجین کامل علف‌هرز (۴۹/۱ درصد)، اختلاط بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل ۵۰درصد (۴۶/۵ درصد) و اختلاط بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل ۸۰درصد (۴۴/۶ درصد) مشاهده شد. تیمار کاربرد دز توصیه‌شده اکسی فلورفن به دلیل گیاه‌سوزی شدید ماش سبب کاهش شدید ارتفاع بوته ماش (۴۳ درصد) در مقایسه با تیمار عدم کنترل علف‌هرز شد (جدول ۸). رقابت علف‌های‌هرز با سویا (Ehteshami & Chaichi, 2001) و لوبیا (Musavi *et al*., 2011) سبب کاهش شدید ارتفاع بوته این گیاهان می شود، زیرا حضور علف‌هرز با سایه‌اندازی سبب کاهش سطح فتوسنتزکننده در این گیاهان زراعی می‌گردد. انتخاب تیمار مناسب علف‌کش با کاهش رقابت بین علف‌هرز و گیاه ماش سبب افزایش ارتفاع ماش، افزایش طول دوره گلدهی و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته ماش شد (Ghanbari

[1] Napropamide

Birghani & Sekhavat, 2011). علف‌های‌هرز ارتفاع بوته لوبیا را به شدت کاهش دادند، اما علف‌کش‌های هالوکسی فوپ آر- متیل و بنتازون و اختلاط این دو علف‌کش، با کنترل علف‌های‌هرز مزرعه لوبیا سبب افزایش قابل توجه ارتفاع بوته و عملکرد لوبیا شد (Moghadam Khamse & Farajpoor, 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد حضور علف‌هرز سبب کاهش عملکرد دانه ماش شد، اما انتخاب تیمار علف‌کش مناسب در افزایش عملکرد دانه ماش و کنترل علف‌های‌هرز نقش به‌سزایی داشت. نتایج نشان دادند باوجود آن‌که کمترین وزن خشک مجموع علف‌های هرز مربوط به تیمار اختلاط علف‌کش‌های بنتازون + اکسی فلورفن با ۸۰درصد دز توصیه‌شده بود، اما این تیمار به دلیل اثرات گیاه‌سوزی نسبتاً پایدار بر ماش، عملکرد ماش را به مقدار قابل‌توجهی کاهش داد (۱۵۴۹ کیلو گرم در هکتار). تیمارهای کاربرد اکسی فلورفن به تنهایی یا تیمار اکسی فلورفن با سایر علف‌کش‌ها (به ویژه ۸۰درصد دز توصیه‌شده) به دلیل گیاه سوزی شدید ماش، سبب کاهش شدید عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه ماش شدند. تیمار اختلاط علف‌کش‌های بنتازون + هالوکسی فوپ آر- متیل در سطح ۵۰درصد دز مصرفی این علف‌کش‌ها بیشترین عملکرد دانه ماش را به میزان ۲۷۳۳ کیلو گرم در هکتار به خود اختصاص داد و تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه ماش در تیمار وجین علف‌هرز نداشت (۲۸۹۵ کیلو گرم در هکتار) که بیانگر تأثیر مثبت این تیمار علف‌کش بر کنترل علف‌هرز ماش است.

منابع

1. Agugon, J.N., and Masiuas, A. 2003. Interfeance of red root pidweed (*Amaranthusre trofelexus*) with snap beans. Weed Science 51: 202-207.
2. Anonymus. 2014. Ministry of Agriculture Jihad, Tehran, Iran. (In Persian).
3. Bagherani, N., and Shimi, P. 2001. Evaluation of the efficiency of different herbicides on the control of weeds in rapeseed. Journal of Agriculture and Natural Resources Research 8: 157-167. (In Persian).
4. Baghestani, M.A., Zand, A., Soufizadeh, S., Mivakili, S.M., and Jafarzadeh, N. 2007. Response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and weeds to tank mixtures of 2,4-D plus MCPA with clodinafop propaggyl .Weed Biology and Management 7: 209-218.
5. Baghestani Meybodi, M.A., Zand, A., Pour Azar, R., and Mamnuyi, A. 2008. Investigating the Applicable Range of Herbicides in Corn Fields. The Final Report of the Research Projects 87.946, Plant Protection Research Institute. (In Persian).
6. Baghestani, M.A., Zand, A., Soufizadeh, S., Mirvakili, M., and Jaafarzade, N. 2009. Antagonistic effect of 2, 4-D plus MCPA and Clodiafop propargyl on wheat (*Tritcum aestivum*) field weeds in Iran. Applied Phytopathlogy 1: 1-18.
7. Baghestani Meybodi, M.A., and Zand, A. 2010. Investigating the Possibility of Tank-mix Application of two Herbicides Nicosulfuron (Cruz) and Bromoxid (Bromoxynil MCPA) to Control Weeds in Corn Fields. The Final Report of Research Plan No. 89.1767. Iranian Plant Protection Research Institute pp. 110. (In Persian).
8. Baghestani Meybodi, M.A., Zand, A., Lotfi Mavi, F., Mamnuyi, A., and Sharifi, S.H. 2013. Study of the possibility of tank mix application of nicosulfuron + rimsulfuron (ultima) with bromoynil + MCPA (Bromicid MA) for weed control in maize. Iranian Journal of Crop Science 15(2): 166-180. (In Persian).
9. Blakshaw, R.E., Molnar, J.L., Muendel, H., Saindon, B., and Xingju, L. 2000. Integration of cropping practices and herbicides improves weed management in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). Weed Technology 14: 327-336.
10. Dalish, H., and Poulton, P. 2011. Sustainable intensification of radi cropping in south of Bangladesh using wheat and mungbean. Applied Agronomy 18: 202-211.
11. Ehteshami, S., and Chaichi, M.R. 2001. Weeding time effect on species composition, density and dry weight of weeds in soybeans. Iranian Agricultural Sciences 32(1): 201-215. (In Persian with English Summary).
12. Furuzhesh, S., Zand, A., Baghestani Meybodi, M.A. 2011. Compare the performance of a number of deterrent herbicides of Acetyle-Co enzyme, A. Carboxylase and ALS in control of wild oat *(Avena* spp*)*. Iranian Plant Protection 42(2): 293-285. (In Persian).
13. Ghanbari Birghani, D., and Sekhavat, R. 2011. Effects of the planting arrangement, density and herbicides on weeds and the performanec of mung bean in Khuzestan. Proceeding of the 4rd Iranian Weeds Science Conference, February 6-8, 2011, Ahvaz, Iran, p 212-216. (In Persian with English Summary).

14. Gilreath, J.P., and Bielinski M.S. 2005. Weed management with oxyflurfen and napropamide in mulched strawberry. Weed Technology 19: 325-328.
15. Habibzade, Y., Mamaghani, R., and Kashani, A. 2006. Effect of plant density on seed yield and morpho-physiological characteristics of three genotype of mungbean in terms of Ahvaz (*Vigna radiata* (L.) Wilczk). Iranian Journal of Agricultural Siences 8 (1): 66-78. (In Persian with English Summary).
16. Lotfi Mavi, F., Daneshian, J., and Moradiaghdam, M. 2011. Effect of integrated weed management on forage corn (*Zea mays L.*) in miyaneh region. Iranian Journal of Crop Weed Ecophysiology 5: 97-108. (In Persian with English Summary).
17. Moghadam Khamse, A,. and Farajpoor, F. 2010. Management of beans weed, Proceeding of 5th Conference of New Ideas in Agriculture. May 12-13, 2010, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Iran. p 126-128. (In Persian).
18. Motabheri, A., Baghestani Meybodi, M.A., Zand, A., and Anghaji, S.H. 2013. Investigating the effect of using herbicides nicosulfuron + Rimsulfuron and bromoxynil + MCPA on controlling usual weeds in corn fields in Karaj. Agronomy Research 5(1): 25-32.
19. Musavi, M.R. 2008. Weed Control (Principles and Methods). Marz Danesh Publisher, Tehran, Iran.
20. Musavi, S.K., Zand, A., and Saremi, H. 2011. Physiological function and application of herbicides. Zanjan University Publisher. Zanjan, Iran. (In Persian).
21. Nader, S., Deenb, B., Bowleyb, P.H., and Sikema, A. 2005. Effects of pre emergence application of ufenaced plus metibuzin on weed and soybean (*Glycine max*). Crop Protection 24: 507-511.
22. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Grain Beans. Jahad Daneshgahi Press. Mashhad, Iran (In Persian). pp125.
23. Sandral, G.H., Dear, B.S., Pratley, J.E., and Cullis, B.R. 1997. Herbicide dose response rate response curve in subterranenean clover determined by a bioassay. Australian Journal of Experimental Agriculture 37: 67-74.
24. Skrzypcak, G.A., Padelkoj, A., and Waniorek, W. 2007. Assessment of tank mixture of mesotrione and pethoxamidplus Terbuthazin efficacy for weed control in maze (*Zea mayse* L.). Journal of Plant Protection Reserch 47(4): 237-242.
25. Soltani, N., Bowley, S., and Sikkema, P.H. 2005. Responses of blak and cranberry beans (*Phaseolus vulgaris*) to post-emergence herbicides. Crop Protection 24: 15-21.
26. Yusefi, A., Mohammad Alizadeh, H., Rahimian, H., and Jahansuz, M. 2006. Check control chemical and manual weeding of broadleaf herbicides at wating cultivation of peas. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37(2): 337-346. (In Persian with English Summary).
27. Zand, A., Baghestani Meybodi, M.A., Dastaran, F., Atri, A., Labafi Hossein Abadi, R., Khayami, M. M., and Pur Beigh, A. 2008. Performance evaluation of a number of herbicides to control resistant and sensitive Lolium rigidum to deterrent herbicides of Acetyle-Co enzyme and enzyme. Plant Protection 22(2): 210-219. (In Persian).
28. Zand, A., Baghestani Meybodi, M.A., Porazar, R., Sabeti, P., and Razazi, A. 2009. Performance evaluation of new lumax herbicides (Mesotrione+S-Metolachlor+Terbuthylazine), Nicosulfuron+Rimsulfuron and Dynamic (Amircarbazon) in compared with conventional herbicides in corn fields of Iran. Plant Protection 23(2): 42-55. (In Persian).
29. Zand, E., Baghestani, M. A., Soufizadeh, S., Eskandari, A., Porazar R., and Veysi, M. 2007. Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum L.*) in Iran. Crop Protection 26: 1342-1358.
30. Zhang X., Lee, D., and Lee, L. 2011. Herbicides tank mixing herbicides improves weed control in bean (*Phaseolus vulgaris*) fram. Weed Management 4(2): 252-260.
31. Zhu, X. 2012. Effect of herbicide on seasam (*Seamum indicum* L.) yield. Indian Crop Protection 18: 312-380.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 151-165

Effect of tank mixing herbicides on Mung Bean (*Vigna radiate*) grain yield and weed control at North Khuzestan climatic condition

Farhoudi[1*], R. & Hamze[2], M.

1. Associate professor, Department of Weed Science, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
2. MSc. Student, Department of Weed Science, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
mohsen@gmail.com

Received: 19 February 2017
Accepted: 22 April 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.62542

Introduction

The mungbean (*Vigna radiate*) alternatively known as green gram belongs to legume family. Mungbean is mainly cultivated today in India, China, Iran and USA generally. Weed infestation in mungbean crop is one of the main causes of low yield per hectare against the potential yield in the world. Weeds decreased mungbean yield up to 70% compared to weed control condition. Chemical weed control is the easiest and most successful alternative method in crop yields such as mungbean. Herbicides have increasingly become a key component of weed management programs, one being the reason accounts for increased crop yields in the world. Tank mixing is scientific methods for use of two or more herbicide in the field. The correct tank mix of two or more herbicides may save time and labor and may reduce equipment and application costs. In addition, such a mixture might also control a range of pests or enhance the control of one or a few weeds. The instant studies were undertaken to evaluate the efficacy of different herbicides alone and in mixture on dynamics of weeds in Mungbean to find out the suitable tank mixture of herbicides for the control of weeds in Mungbean.

Materials & Methods

Field experiment was conducted at college of agronomy, Shoushtar branch, Islamic Azad University, 2013-2014 to investigate the efficacy of some herbicide mixtures on weeds control and mung bean seed yield. The field experiment was carried out under completely randomized design with 10 treatments and 3 replications. Experimental treatments including Haloxyfop-R-methyl, Bentazone and Oxyflurophone (at recommended dose rates) mixing of Bentazone + Haloxyfop-R-methyl, bentazone + oxyflurophone, Haloxyfop R-methyl + Oxyflurophone (decrease dose to 80% and 50% of recommended dose rates). Check treatment was without any control of weeds. Experiment data were recorded on weed density, weed dry eight, Mungbean grain yield, biololgic yield, pod per plant, 100 grain weight, grain per pod and plant height.

Results & Discussion

The general weeds were included *Clome viscose*, *Echinocloa colonus* and *cyperusrotondus*. In this study, bentazone and bentazone+ oxyflurophone (decrease dose to 80%) decreased *Cyperus rotundus* density to 1.3 and 2.3 plant per m^{-2}. The lowest *Echinochloa crus-galli l.*density obtained in Haloxyfop-R-methyl, Bentazon +Haloxyfop-R-methyl (decrease dose to 80% and 50%) respectively 0, 1.3 and 2 plant per m^{-2}. All herbicide treatment control *Clome viscos*e compared control except Haloxyfop-R-methyl (0.8 l ha^{-1}). Maximum mungbean seed yield (2733 kg ha^{-1}) obtained in application of combination Bentazone+Haloxtphobe_R- methyl (decrease dose to 50%) but the lowest Mungbean yield showed in Oxyfluorfen (2 l ha^{-1}). Previous studies showed that there was phytotoxicity of herbicides on mungbean cultivars. The highest phytotoxicity effects of herbicides on mungbean after 30 days showed in Oxyfluorfen were applied at recommended doses (heavy damage scale). This signifies the necessity of the tank mix application of herbicide for better weed control and improve mungbean yield. Several researchers have reported better weed. Applying herbicides at lower doses by tank mixing methods has a fit in specific situations as they might allow increased profits to be realized by growers, reduce potential injury to current and succeeding susceptible crops, and minimize risk to the environment and results of this study showed

***Corresponding Author:** rfarhoudi@gmail.com

Bentazone+ Haloxtphobe_R- methyl (decrease dose to 50%) that treatment had maximum mungbean seed yield compared other treatments.

Conclusion

Studies have demonstrated that low doses of herbicides by tank mixed herbicides could result in faster evolution of herbicide resistance. So reducing herbicide doses by tank mixing method is better combined with weed integrated management. Application doses of these post-emergence herbicides could be substantially reduced to below registered doses without sacrificing their efficacy on weeds. Results indicated that Haloxyfop-R-methyl was most effective on controlling grass weeds and Bentazone herbicides controlled broadleaf weeds efficiently. No one of these herbicides could not control of weeds effectively alone but Mixing of Haloxyfop-R-methyl + Bentazone at level 80% and 50% could reduce dry weight of total weeds (26.6 and 10.4 g m^{-1}) and were successful in weed control. Reduction amounts depended on weed composition and herbicide due to different effectiveness of these herbicides on broadleaved and grass weeds. Results concluded that integrated application of Bebtazon + Haloxyfop-R- methyl (50% recommended dose rate) was the best treatment for weeds management in mungbean fields in Khuzestan condition.

Keyword: Bebtazone, Clome viscose, Cyperus rotundus, Echinochloa colona, Haloxyfop-R-methyl

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۷، صفحۀ ۱۷۷-۱۶۶

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 166-177
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.57118

نماتدهای انگل گیاهی مزارع لوبیا در استان مرکزی

مریم حاتم‌آبادی فراهانی[1]* و زهرا تنهامعافی[2]

۱- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
۲- مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۸

چکیده

نماتدهای انگل گیاهی یکی از عوامل خسارت‌زا به حبوبات از جمله لوبیا محسوب شده و باعث کاهش میزان تولید می‌شوند. با توجه به سطح زیرکشت بالای لوبیا در استان مرکزی، تحقیقی جهت بررسی و شناسایی نماتدهای انگل گیاهی مزارع لوبیای استان انجام شد. بدین منظور در سال‌های ۹۱ و ۹۲ طی فصل رشد گیاه (اوایل تیرماه تا پایان شهریورماه) تعداد ۱۷۴نمونه خاک و ریشه از مزارع لوبیا در شهرستان‌های خمین، شازند و اراک جمع‌آوری شد. شناسایی گونه‌ها بر اساس مشخصات مورفولوژی و مورفومتری نماتدها انجام گرفت. در این بررسی۲۲گونه نماتد از ۱۸جنس متعلق به زیرراسته Tylenchina فوق بالا خانواده Tylenchomorpha شناسایی گردید. در بین نماتدهای شناسایی‌شده، از جنس *Ditylenchus* گونه‌های *D. destructor* و *D. kheiri*، *Aphelenchoides* spp. و از خانواده Pratylenchidae گونه‌های *Pratylenchus neglectus*، *Pratylenchoidesritteri* و *Zygotylenchus guevarai* جدا شد که از بین گونه‌های شناسایی‌شده سه گونه اخیر به ترتیب با داشتن ۱۰۰، ۹۵ و ۵۸درصد فراوانی، رایج‌ترین نماتدهای انگل گیاهی در مزارع لوبیای استان مرکزی بودند. نماتدهای زیرخانواده Merliniinae و خانواده Hoplolaimidae به ترتیب با فراوانی ۵۶ و ۳۹ درصد تنها در مزارع شهرستان خمین و شازند یافت شدند. از بین نماتدهای سیستی علاوه بر گونه *Heterodera filipjevi* که در مزارع لوبیا در تناوب با گندم یافت شد، گونه *Heterodera goettingiana* در یک مزرعه لوبیا در قاسم‌آباد اراک شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: استان مرکزی، لوبیا، مناطق انتشار، نماتد

مقدمه

لوبیا به عنوان یکی از منابع تأمین غذای انسان دارای پروتئین در حد بالا، فسفر، آهن، ویتامینB1 و فیبر بوده و فاقد کلسترول می‌باشد و گیاهی است یک‌ساله و خودگشن با نام علمی *Phaseolus vulgaris* که از آمریکای مرکزی و جنوب آند منشأ گرفته است. از اهداف مهم اصلاحی این گیاه افزایش عملکرد، افزایش درصد پروتئین، فرم بوته مناسب و مقاومت به آفات و بیماری‌ها می‌باشد (Yazdi Samadi & Abdmishani, 2001). سطح زیرکشت لوبیا در استان مرکزی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳برابر با ۲۶۹۲۸هکتار و میزان تولید ۱۵۷۰۱تن بوده است و رتبه ششم تولید حبوبات در کشور را داراست (Ministry of agriculture jihad, 2015). نماتدهای انگل گیاهی از جمله عوامل خسارت‌زای محصولات زراعی از جمله لوبیا محسوب می‌شوند. خسارت ناشی از نماتدها در مزارع لوبیا سالانه ۱۰/۹درصد، در مزارع لوبیای چشم‌بلبلی ۱۵/۱درصد و در مزارع نخود ۱۳/۷درصدبرآورد شده است (Sasser & Freckman, 1987).

نماتدهای زیادی از جنس‌ها و گونه‌های مختلف از لوبیا در نقاط مختلف جهان شناسایی شده‌اند. در مزارع لوبیاسبز با خاک ماسه‌ای در فلوریدا نماتدهای *Belonolaimuslongicaudatus*، *Paratrichodorus christei*، *Dolichodorus heterocephalus* و *Hoplolaimus* spp. گزارش شده است که باعث خسارت شدید می‌شوند (Rhoades, 1964,1974). در جنوب فلوریدا خسارت به لوبیاسبز توسط *Meloidogyne incognita* و *Rotylenchulus reniformis* گزارش شده است (McSorley, 1979, 1980) . نماتدهای دیگری نیز از این مزارع گزارش شده که خیلی خسارت‌زا نیستند از جمله

*نویسنده مسئول: maryamhatami2002@yahoo.com

Helicotylenchus dihystera و *Quinisulcius acutus* (Waddill *et al*., 1981).

Di Vito *et al*, (1994) طی تحقیقی در مراکش، تونس و الجزایر طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ حضور چندین گونه نماتد در ارتباط با نخودفرنگی، باقلا، عدس، لوبیا و نخود را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که نماتد زخم ریشه *Pratylenchus* در همه محصولات مورد بررسی وجود داشت و باعث خسارت می‌شد. در بررسی مزبور در برگ و ساقه باقلا نماتد *Ditylenchusdipsaci* یافت شد و نماتدهای *Zygotylenchus*، *Heterodera* و *Meloidogyne* در همه کشورها خسارت‌زا بودند. نماتدهای دیگری که در خاک یافت شدند، اما ارتباطی با کاهش محصول نداشتند، عبارت بودند از: *Helicotylenchus*، *Hoplolaimus*، *Paratylenchus*، *Rotylenchulus*، *Tylenchus*، *Tylenchorhynchus*، *Paralongidorus*، *Trophurus* و *Xiphinema*.

نماتدهای *M. incognita*، *Heterodera cajani* و *R. reniformis* به حبوبات مختلف در هند حمله می‌کنند و باعث رشد ضعیف گیاه می‌شوند. این نماتدها از نظر خسارت اقتصادی روی محصول حبوبات در این کشور دارای اهمیت هستند (Sharma & Sharma, 2002).

نماتد مولد زخم ریشه (*Pratylenchus* spp.) گستره میزبانی وسیعی دارد و برخی از گونه‌های آن برای گیاهان مختلفی از جمله لوبیا عامل بیماری محسوب می‌شود. تحقیق در مورد نماتدهای انگل گیاهی مرتبط با لوبیا در ایالت میشیگان آمریکا نشان داده که *P. penetrans* مهم‌ترین گونه نماتد زخم ریشه خسارت‌زا می‌باشد (Elliott, 1980).

در بررسی مهم‌ترین نماتدهای خسارت‌زا در برخی میوه‌ها و سبزیجات، از جمله لوبیا، در کشور اوگاندا مشخص شده که نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne* spp.) در تمام محصولات وجود داشته و موجب خسارت شده است. دیگر نماتدهایی که از روی لوبیا در این کشور گزارش شده است شامل *Pratylenchus brachyurus*، *Helicotylenchus* spp.، *Rotylenchulus reniformis* و *Quinisulcius capitatus* بودند (Bafokuzara, 1996).

Franc *et al*, (1996) در Wyoming یک بیماری برگی به نام نماتد لکه‌زاویه‌ای برگ را از لوبیا گزارش کردند که توسط نماتد *Aphelenchoides ritzemabosi* (نماتد برگ گل داوودی) ایجاد می‌شود و با ایجاد زخم‌های زاویه‌ای تیره‌رنگ روی برگ‌ها و گاهی یک نکروز سطحی روی سطح فوقانی برگ شناسایی می‌شود. این نماتد اغلب به عنوان نماتد انگل برگ یونجه در Wyoming مطرح است، ولی تناوب یونجه با لوبیا باعث بقاء این نماتد در مزرعه می‌شود.

در آلاباما نماتد ریشه گرهی مهم‌ترین نماتد انگل گیاهی است که به لوبیا خسارت وارد می‌کند. گونه‌های دیگری از جمله نماتد مولد زخم (*Pratylenchus* spp.)، نماتد ضخیم‌شدن ریشه (*Trichodorus* spp.)، نماتد قلوه‌ای‌شکل (*Rotylenchulus reniformis*) و نماتد سیستی (*Heterodera* spp.) در مزارع و باغات آلاباما یافت می‌شوند، اما به اندازه نماتد ریشه گرهی خسارت‌زا نیستند (Sikora, 2004).

Schwartz *et al*, (2007) دو گونه از نماتدهایی که باعث کاهش شدید محصول در مزارع لوبیا می‌شوند را نماتد ریشه گرهی و نماتد زخم ریشه (*Pratylenchus* spp.) معرفی کردند.

در ایران نماتدهای مختلفی از مزارع حبوبات گزارش شده‌اند. در بررسی نماتدهای انگل گیاهی حبوبات استان لرستان نماتدهای *M. incognita*، *Ditylenchus dipsaci*، *Pratylenchus thornei*، *P. pseudopratensis* و *Pratylenchoides ritteri* از روی نخود و *Zygotylenchus guevarae* از روی لوبیا و *Pratylenchus neglectus* از روی لوبیاقرمز و نخود گزارش شده است (Barooti *et al*., 2000). در بررسی دیگری در این استان، در بین گونه‌های شناسایی‌شده از مزارع حبوبات گونه‌های *Aphelenchoides cyrtus*، *D. medicaginis*، *D. parvus*، *Merlinius brevidens* و *Paratylenchus coronatus* به ترتیب با ۳۷/۶، ۳۰/۸، ۲۴/۶، ۲۰/۵ و ۱۹/۱ درصد بیشترین فراوانی را داشتند (Azizi & Karegar, 2014).

در تحقیق دیگری که در جنوب بلوچستان انجام شد، نماتد *P. neglectus* از روی لوبیا و *M. javanica* از روی بیشتر محصولات از جمله لوبیا گزارش گردید (Barooti *et. al*., 2002).

نماتدهای ریشه‌گرهی از مهم‌ترین نماتدهای بیماریزای مزارع حبوبات استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی به ویژه در شهرستان‌های استان خراسان شمالی می‌باشد. در تحقیقی که به منظور شناسایی گونه‌های مختلف این نماتد در مزارع حبوبات این استان‌ها صورت گرفت، چهار گونه *M. javanica*، *M. incognita*، *M. hapla* و *M. arenaria* شناسایی گردید و مشخص شد که دو گونه *M. javanica* و *M. incognita* نسبت به دو گونه دیگر از پراکندگی بیشتری برخوردار بودند (Ahmadian Yazdi & Zohoor Paralak, 2007).

در بررسی فون نماتدهای انگل گیاهی لوبیا در منطقه بویراحمد، ۱۱گونه نماتد از ۹جنس شناسایی گردید که عبارت بودند از: *Paratylenchus sheri*، *Aphelenchus avenae*، *Pratylenchoides alkani*، *Pratylenchus neglectus*، *Filenchus cylindricus*، *F. filiformis*، *Psilenchus hilarus*، *Tylenchorhynchus claytoni*، *Irantylenchus clavidorus*، *Helicotylenchus scoticus* و *H. vulgaris* که در بین آن‌ها دو جنس *Aphelenchus* و *Filenchus* دارای بیشترین پراکندگی و گسترش در منطقه بودند (Ghayedi, 2011).

در بررسی نماتدهای انگل گیاهی جمع‌آوری‌شده از مزارع حبوبات در استان خراسان شمالی ۱۱گونه نماتد از هفت جنس متعلق به زیرراسته‌های Tylenchina و Aphelenchina شامل گونه‌های *Aphelenchoides limberi*، *A. avenae*، *Spicomucronatus*، *Aphelenchus*، *Ditylenchus adasi*، *D. tenuidens*، *Filenchus cylindricaudus*، *F. thornei*، *Geocenamus tenuidens*، *Helicotylenchus vulgaris*، *Pratylenchus neglectus* و *P. thornei* تشخیص داده شد. در بین گونه‌های شناسایی‌شده، گونه *Ditylenchus adasi* برای نخستین‌بار از ایران گزارش گردید (Ahmadi *et al*.,2014).

با توجه به این که استان مرکزی یکی از مناطق عمده لوبیاکاری کشور محسوب می‌شود، اطلاعاتی در مورد نماتدهای خسارت‌زا در این محصول وجود ندارد. تحقیق حاضر با هدف شناسایی، تعیین مناطق انتشار و تراکم جمعیت نماتدهای انگل گیاهی لوبیا در مناطق عمده کشت این محصول در استان مرکزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در طی سال‌های ۹۱ و ۹۲، از اواسط مرحله رشد گیاه لوبیا تا زمان برداشت محصول (تیر تا پایان شهریورماه) از مزارع لوبیا در سطح استان مرکزی بازدید به عمل آورده و نمونه‌هایی از خاک و ریشه از عمق ۱۰ تا ۳۰سانتی‌متری خاک برداشته شد. بسته به وسعت هر ناحیه، تعدادی از مزارع لوبیا به طور تصادفی انتخاب و نمونه‌برداری به ازای هر یک هکتار ۱۰زیرنمونه انجام و زیرنمونه‌ها با هم مخلوط و یک نمونه کلی به‌دست آمد. در مجموع ۱۷۴نمونه خاک و ریشه از مزارع لوبیا در سطح استان مرکزی شهرستان‌های خمین، شازند و اراک جمع‌آوری شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نماتدهای هر نمونه خاک با استفاده از روش Jenkins (1964) جداسازی شد. نماتدهای داخل ریشه با استفاده از بلندر و سانتریفوژ (Coolen & D′herde, 1972) از میزان ۵گرم از ریشه هر نمونه استخراج گردید. برای جداکردن نماتدهای سیستی از روش Fenwick (1940) استفاده شد. به منظور تعیین تراکم نماتد، میزان جمعیت در سوسپانسیون به‌دست‌آمده از حجم معینی از خاک تعیین گردید. پس از استخراج نماتدها از یک حجم مشخص خاک و ریشه، شمارش تعداد نماتدهای هر نمونه با استفاده از لام شمارش (Counting slide) و شمارش تعداد سیست‌های موجود در ۱۰۰گرم خاک خشک با استفاده از استرئومیکروسکپ انجام شد.

نماتدهای کرمی شکل با استفاده از روش دگریسه De Grisse (1969) تثبیت و به گلیسیرین خالص منتقل و اسلایدهای میکروسکوپی دائمی از آنها تهیه شد. جهت بررسی های مشخصات مورفولوژی و مورفومتری سیست‌ها، از انتهای بدن سیست‌ها برش‌هایی تهیه شد. با اندازه‌گیری مشخصات ریخت‌سنجی لارو سن دوم و مخروط انتهایی سیست و همچنین با استناد به مشخصات مورفولوژی، شناسایی انجام شد. پس از بررسی نمونه‌ها، مناطق آلوده به نماتد شناسایی و درصد فراوانی آنها بر اساس تعداد نمونه‌ای که دارای گونه مورد نظر بود، به نسبت کل نمونه تعیین گردید.

نتایج و بحث

در این تحقیق ۲۲گونه نماتد انگل گیاهی متعلق به ۱۸جنس از زیرراسته Tylenchina، فوق بالا خانواده Tylenchomorpha، از خاک و ریشه نمونه‌های جمع‌آوری‌شده استخراج و شناسایی گردید. جمعیت نماتدهای استخراج‌شده از جنس‌ها و گونه‌های شناسایی‌شده و مناطق انتشار و درصد فراوانی آنها به تفکیک شهرستان، در جداول ۱ تا ۳ آمده است.

خمین

نتایج بررسی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از شهرستان خمین در جدول۱ آمده است. ۱۵گونه نماتد از ۱۳جنس در خاک‌های مزارع لوبیای این شهرستان شناسایی شد که در بین آنها نماتد *Ditylenchus destructor* در تمامی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده مشاهده گردید و بیشترین میزان جمعیت آن ۳۸۰عدد نماتد در ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک مربوط به مزرعه ای واقع در منطقه قورچی باشی بود. بعد از *Ditylenchus*، نماتد زخم ریشه *Pratylenchus neglectus* با ۹۳درصد فراوانی بیشترین پراکنش را به خود اختصاص داد و بالاترین میزان جمعیت نماتد مربوط به مزرعه‌ای واقع در روستای پشتکوه بود که تعداد ۴۳۰عدد نماتد از ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک استخراج شد.

شازند

در بین نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از این شهرستان تعداد ۱۱گونه متعلق به ۹جنس نماتد شناسایی گردید که نتایج بررسی آنها در جدول۲ نشان داده شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود *D. destructor* با ۹۷درصدفراوانی بیشترین پراکنش را به خود اختصاص داد و بیشترین جمعیت این نماتد مربوط به مزرعه‌ای در روستای کرک با ۳۷۰عدد نماتد در ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک بوده است.

جدول ۱- نماتدهای جداشده از مزارع لوبیای شهرستان خمین

Table 1. Isolated nematodes from bean fields in Khomein region

No.		نماتد شناسایی‌شده Detected nematode	تعداد نماتد در ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک Nematodes / 250 cm^3 soil	محل جمع‌آوری Sampling locality	درصد فراوانی Frequency percentage
1		*Ditylenchus destructor*	10-380	Bean research station Khomein, Lilian, Ghorchi-bashi, Deh sefid, Poshtkooh, Goosheh mohammad malek, Tanjaran, Mishijan, Khomein-Aligoudarz road, Darband, Nasr-abad, Ashnakhor ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، لیلیان، قورچی باشی، ده سفید، پشتکوه، گوشه محمد مالک، طنجران، میشیجان، جاده خمین الیگودرز، دربند، نصرآباد، آشناخور	100%
2		Family of Pratylenchidae	20-430		
	2-1	*Pratylenchus neglectus*		Bean research station Khomein, Lilian, Ghorchi-bashi, Deh sefid, Poshtkooh, Goosheh mohammad malek, Tanjaran, Mishijan, Khomein-Aligoudarz road, Nasr-abad, Ashnakhor ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، لیلیان، قورچی باشی، ده سفید، پشتکوه، گوشه محمد مالک، طنجران، میشیجان، جاده خمین الیگودرز، نصرآباد، آشناخور	93%
	2-2	*Pratylenchoides ritteri*		Goosheh mohammad malek گوشه محمد مالک	6%
	2-3	*Zygotylenchus guevarai*		Nasr-abad نصرآباد	3%
3		*Aphelenchusavenae*	20-440	Bean research station Khomein, Lilian, Ghorchi-bashi, Deh sefid, Poshtkooh, Goosheh mohammad malek, Tanjaran, Khomein-Aligoudarz road, Nasr-abad, Ashnakhor, Darband, Mishijan ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، لیلیان، قورچی باشی، ده سفید، پشتکوه، گوشه محمد مالک، طنجران، جاده خمین الیگودرز، نصرآباد، آشناخور، دربند، میشیجان	87%
4		*Aphelenchoides* sp.	30-520	Bean research station Khomein, Lilian, Ghorchi-bashi, Deh sefid, Poshtkooh, Tanjaran, Mishijan, Khomein-Aligoudarz road, Nasr-abad, Ashnakhor, Darband ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، لیلیان، قورچی باشی، ده سفید، پشتکوه، طنجران، میشیجان، جاده خمین الیگودرز، نصرآباد، آشناخور، دربند	84%
	4-1	*A. centralis*		Bean research station Khomein, Lilian, Ghorchi-bashi ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، لیلیان، قورچی باشی	16%
	4-2	*A. limberi*		Bean research station Khomein ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین	3%

ادامه جدول ۱- نماتدهای جداشده از مزارع لوبیای شهرستان خمین

(Continued) Table 1. Isolated nematodes from bean fields in Khomein region

No.		نماتد شناسایی‌شده **Detected nematode**	تعداد نماتد در ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب خاک **Nematodes / 250 cm^3 soil**	محل جمع‌آوری **Sampling locality**	درصد فراوانی **Frequency percentage**
5		*Helicotylenchus* sp.	30-460		
	5-1	*H. vulgaris*		Lilian, Ghorchi-bashi, Deh sefid, Poshtkooh, Tanjaran, Nasr-abad, Ashnakhor لیلیان، قورچی باشی، ده سفید، پشتکوه، طنجران، نصرآباد، آشناخور	72%
	5-2	(juvenile) *Helicotylenchus sp*.		Bean research station Khomein, Ghorchi-bashi ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، قورچی باشی	6%
	5-3	*H. digonicus*		Nasr-abad, Ashnakhor نصرآباد، آشناخور	6%
6		Subfamily of Merliniinae	20-560		
	6-1	*M. brevidens*		Bean research station Khomein, Lilian, Ghorchi-bashi, Deh sefid, Poshtkooh, Goosheh mohammad malek ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، لیلیان، قورچی باشی، ده سفید، پشتکوه، گوشه محمد مالک	50%
	6-2	*Merlinius* (juvenile)		Bean research station Khomein, Ghorchi-bashi ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین، قورچی باشی	25%
	6-3	*M. obscures*		Ghorchi-bashi قورچی باشی	9%
	6-4	*Scutylenchus rugosus*		Lilian, Deh sefid, Mishijan لیلیان، ده سفید، میشیجان	19%
	6-5	*Amplimerlinius macrurus*		Lilian, Poshtkooh, Tanjaran لیلیان، پشتکوه، طنجران	9%
	6-6	*Tylenchorynchus* sp. (juvenile)		Ghorchi-bashiقورچی باشی	6%
	6-7	*T. maximus*		Lilian, Ghorchi-bashi, Deh sefid, Poshtkooh لیلیان، قورچی باشی، ده سفید، پشتکوه	25%
	6-8	*T. brassicae*		Ghorchi-bashiقورچی باشی	3%
7		*Paratylenchus* (juvenile4)	10-80	Ghorchi-bashi, Deh sefid قورچی باشی، ده سفید	12%
8		Dorylaimid		Deh sefid, Poshtkooh ده سفید، پشتکوه	6%
9		*Boleodorus tylactus*	160	Lilian لیلیان	3%

نماتدهای *Aphelenchus avenae* و *Aphelenchoides* sp. نیز با فراوانی ۹۷درصد از خاک بیشتر مناطق جداسازی گردید. نماتد زخم ریشه (*P. neglectus*) با فراوانی ۲۲درصد در مزارع روستاهای البرز، مانیزان، ایجان، خانقاه، پل دو آب، توره وجود داشت و بیشترین جمعیت آن از مزرعه‌ای در روستای مانیزان با ۲۰۰ عدد نماتد در ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب خاک جداسازی گردید.

اراک

نتایج بررسی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از مزارع لوبیای روستاهای اراک نشان داد که نماتد *D. destructor* با ۱۰۰درصد آلودگی بیشترین درصد فراوانی را در بین دیگر جنس‌ها و گونه‌ها داشته است (جدول ۳) و بیشترین جمعیت آن ۴۲۰عدد نماتد در ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک از مزرعه‌ای واقع در روستای کارچان جدا گردید.

نماتدهای جنس‌های *Aphelenchoides*sp. و *Aphelenchus avenae* با فراوانی به ترتیب ۸۹ و ۶۸درصد در رتبه‌های بعدی آلودگی قرار داشتند. نماتد *P. neglectus* با فراوانی ۴۲درصد از مزارع روستاهای قاسم‌آباد، علیم‌آباد، کارچان و مزرعه ایستگاه تحقیقات اراک جداسازی شد و بیشترین جمعیت آن ۳۳۰عدد نماتد در ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک در مزرعه‌ای واقع در روستای کارچان بود.

جدول ۲- نماتدهای جداشده از مزارع لوبیای شهرستان شازند
Table 2. Isolated nematodes from bean fields in Shazandregion

No.	نماتد شناسایی‌شده **Detected nematode**	تعداد نماتد در ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب خاک **Nematodes / 250 cm^3 soil**	محل جمع‌آوری **Sampling locality**	درصد فراوانی **Frequency percentage**
1	*Ditylenchus destructor*	30-370	Ghadamgah, Bazeneh, Emarat, Kerk, Jamal-abad, Ali-abad, Alborz, Hasan-abad, Khosbijan, Manizan, Sahm-abad, Eijan, Khaneghah, pol doab, Hesar, Nahr mian, Toureh, Bagh baraftab قدمگاه، بازنه، عمارت، کرک، جمال‌آباد، علی‌آباد، البرز، حسن آباد، خسبیجان، مانیزان، سهم‌آباد، ایجان، خانقاه، پل دوآب، حصار، نهرمیان، توره، باغ برآفتاب	97%
2	*D. kheiri*	85	Nahr mian نهرمیان	5%
3	*Aphelenchusavenae*	60-760	Ghadamgah, Bazeneh, Emarat, Kerk, Kazaz, Jamal-abad, Ali-abad, Alborz, Hasan-abad, Khosbijan, Deh shirkhan, Manizan, Sahm-abad, Eijan, Khaneghah, pol doab, Hesar, Nahr mian, Toureh قدمگاه، بازنه، عمارت، کرک، کزاز، جمال آباد، علی‌آباد، البرز، حسن‌آباد، خسبیجان، ده شیرخان، مانیزان، سهم‌آباد، ایجان، خانقاه، پل دوآب، حصار، نهرمیان، توره	97%
4	*Aphelenchoides* sp.	20-520	Ghadamgah, Bazeneh, Emarat, Kerk, Kazaz, Jamal-abad, Ali-abad, Alborz, Hasan-abad, Khosbijan, Deh shirkhan, Manizan, Sahm-abad, Eijan, Khaneghah, pol doab, Hesar, Nahr mian, Toureh قدمگاه، بازنه، عمارت، کرک، کزاز، جمال‌آباد، علی‌آباد، البرز، حسن‌آباد، خسبیجان، ده شیرخان، مانیزان، سهم‌آباد، ایجان، خانقاه، پل دوآب، حصار، نهرمیان، توره	97%

در مجموع در بین نماتدهای جداشده از خاک‌های مزارع لوبیای استان مرکزی جنس *Ditylenchus* sp. در تمامی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده وجود داشت و دو گونه *D. destructor* و *D. kheiri* در بین آنها شناسایی گردید. نماتدهای جنس‌های *Aphelenchoides* sp. و *Aphelenchus avenae* نیز در بیشتر نمونه‌های جمع‌آوری‌شده وجود داشت و درصد فراوانی آنها به ترتیب ۹۵ و ۸۹درصد بود. همچنین تقریباً نیمی از مزارع نمونه‌برداری‌شده در هر سه منطقه خمین، شازند و اراک آلوده به نماتدهای خانواده Pratylenchidae بودند و از این خانواده نماتدهای *Pratylenchoides ritteri*، *P. neglectus* و *Zygotylenchus guevarai* مورد شناسایی قرار گرفتند. نماتدهای زیرخانواده Merliniinae نیز با فراوانی۵۶درصد از مناطق خمین و شازند جداسازی شد و جنس‌های *Merlinius*، *Scutylenchus*، *Tylenchorynchus* و *Amplimerlinius* در بین آنها شناسایی گردید. نماتدهای خانواده Hoplolaimidae با فراوانی ۳۹درصد از مزارع خمین و شازند و زیرخانواده Tylenchinae با فراوانی ۸درصد از مناطق خمین، شازند و اراک مورد شناسایی قرار گرفت. نماتد *Paratylenchus* sp. از خمین با فراوانی ۵درصد و لارو سن دوم *Meloidogyne* sp. که از جمله نماتدهای خسارت‌زای لوبیا محسوب می‌شود، با فراوانی یک درصد تنها در یک مزرعه در روستای باغ‌برآفتاب شهرستان شازند از خاک جداسازی گردید، هرچند ریشه‌ها فاقد گره‌های ناشی از حمله نماتد بودند.

بر اساس بررسی سیست‌های جداشده از خاک مزارع لوبیای استان، سه گونه از جنس *Heterodera* شناسایی شد که گونه *H. filipjevi* بیشترین پراکنش را داشت و از هر سه منطقه خمین، شازند و اراک جمع‌آوری گردید. بیشترین جمعیت آن ۲۲عدد سیست در ۱۰۰گرم خاک خشک مربوط به روستای ده سفید در منطقه خمین بود. گونه *H. trifolii* از مزارع شازند (روستای مانیزان) و *H. goettingiana* از مزارع اراک (روستای قاسم‌آباد) شناسایی گردید.

ادامه جدول ۲- نماتدهای جداشده از مزارع لوبیای شهرستان شازند

(Continued) Table 2. Isolated nematodes from bean fields in Shazand region

No.		نماتد شناسایی شده **Detected nematode**	تعداد نماتد در ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک **Nematodes / 250 cm^3 soil**	محل جمع‌آوری **Sampling locality**	درصد فراوانی **Frequency percentage**
5		Family of Pratylenchidae	40-200		
	5-1	*Pratylenchus neglectus*		Alborz, Manizan, Eijan, Khaneghah, pol doab, Toureh البرز، مانیزان، ایجان، خانقاه، پل دوآب، توره	22%
	5-2	*Pratylenchoides ritteri*		pol doab پل دوآب	3%
6		Family of Hoplolaimidae	50-150		
	6-1	*Helicotylenchus vulgaris*		Emarat, Kerk عمارت، کرک	19%
	6-2	*Helicotylenchus* sp.		Eijan ایجان	3%
	6-3	*Rotylenchus basiri*		Sahm-abad سهم آباد	3%
7		Subfamily of Merliniinae	110-180		
	7-1	*Scutylenchus rugosus*		Alborz البرز	3%
	7-2	*Amplimerlinius macrurus*		Hesar, Nahr mian حصار، نهرمیان	5%
8		Subfamily of Tylenchinae	50-250		
	8-1	*Filenchus vulgaris*		Kerk, Kazaz کرک، کزاز	8%
	8-2	*F. filiformis*		Sahm-abad سهم آباد	3%
	8-3	*Basiria* sp.		Nahr mian نهرمیان	5%
9		Juvenile2 of *Meloidogyne*	90	Bagh baraftab باغ برآفتاب	3%

جدول ۳- نماتدهای جداشده از مزارع لوبیای شهرستان اراک

Table 3. Isolated nematodes from bean fields in Arak region

No.	نماتد شناسایی‌شده **Detected nematode**	تعداد نماتد در ۲۵۰سانتی‌متر مکعب خاک **Nematodes / 250 cm^3 soil**	محل جمع‌آوری **Sampling locality**	درصد فراوانی **Frequency percentage**
1	*Ditylenchus destructor*	40-420	Gavar, Golshan-abad, Ghasem-abad, Alim-abad, Khorm-abad, Muchan, Karchan, Aman-abad, Arak research station گوار، گلشن آباد، قاسم‌آباد، علیم‌آباد، خرم‌آباد، موچان، کارچان، امان‌آباد، ایستگاه تحقیقات اراک	100%
2	*Aphelenchoides* sp.	40-290	Gavar, Golshan-abad, Ghasem-abad, Alim-abad, Khorm-abad, Muchan, Karchan, Aman-abad, Arak research station گوار، گلشن‌آباد، قاسم‌آباد، علیم‌آباد، خرم‌آباد، موچان، کارچان، امان‌آباد، ایستگاه تحقیقات اراک	89%
3	*Aphelenchus avenae*	40-230	Gavar, Golshan-abad, Ghasem-abad, Alim-abad, Khorm-abad, Muchan, Karchan, Aman-abad, Arak research station گوار، گلشن‌آباد، قاسم‌آباد، علیم‌آباد، خرم آباد، موچان، کارچان، امان‌آباد، ایستگاه تحقیقات اراک	68%
4	*Pratylenchus neglectus*	50-330	Ghasem-abad, Alim-abad, Karchan, Arak research station قاسم‌آباد، علیم‌آباد، کارچان، ایستگاه تحقیقات اراک	42%
5	*Filenchus* sp.	110	Karchan کارچان	5%

برخی از نماتدهای شناسایی‌شده در این تحقیق، انگل‌های مهم گیاهی هستند و به نظر می‌رسد بتوانند به لوبیا خسارت اقتصادی وارد کنند. *Pratylenchus neglectus* در خمین با فراوانی ۹۳درصد و در اراک و شازند با فراوانی به ترتیب ۴۲ و ۲۲درصد از خاک مزارع لوبیا جداسازی شدند (جداول ۱،۲و۳). نماتدهای زخم ریشه *Pratylenchus neglectus* و *P. thornei* از رایج‌ترین نماتدها روی لوبیا و سایر لگوم‌ها در ایتالیا، شمال آفریقا و خاور میانه گزارش شده‌اند (Greco *et. al.*, 1992; Greco& Di Vito, 1994) که باعث نکروز شدید روی ریشه همراه با کاهش محصول می‌شوند.

Abawi *et al*, (1985) گزارش کردند که در تمام مزارع لوبیای نیویورک نماتد زخم ریشه (*Pratylenchus* spp.) وجود دارد، ولی جمعیت آن در بین مزارع مختلف از ۳ تا ۱۶۸نماتد در ۱۰۰گرم خاک متغیر است.

در بررسی نماتدهای انگل گیاهی مزارع لوبیا در کنیا *Meloidogyne* spp. و *Pratylenchus* spp. غالب‌ترین نماتدهای انگل داخلی با فراوانی به ترتیب ۸۶ و ۶۱درصد بودند. همچنین جنس‌های *Scutellonema* و *Helicotylenchus* به ترتیب با فراوانی ۸۰ و ۵۹درصد بیشترین جمعیت را در بین نماتدهای انگل خارجی در مناطق مختلف کشت لوبیا در این کشور داشتند (Kimenju *et. al.*, 1999). Elliott & Bird (1985) میزان خسارت نماتد مولد زخم ریشه را در مزارع لوبیا از ۱۰ تا ۸۰درصد گزارش کردند؛ لذا تحقیق در مورد بیماریزایی و میزان خسارت این گونه‌ها روی لوبیا ضروری به نظر می‌رسد.

علاوه بر خسارت مستقیم نماتدهای پارازیت به گیاه لوبیا از جمله نماتد زخم ریشه، این موجودات باعث تشدید خسارت ناشی از بیماری‌های خاکزاد ریشه که از مهم‌ترین بیماری‌های لوبیا می‌باشند نیز می‌گردد. نماتد زخم ریشه از ریشه‌های جوان تغذیه می‌کند و باعث کاهش حجم ریشه یا مانع فعالیت ریشه به دلیل ایجاد زخم‌های موضعی روی آن می‌شود. ریشه‌های موردحمله‌قرارگرفته توسط نماتد نسبت به حمله عوامل بیماریزای پوسیدگی ریشه حساس می‌شوند (Back *et al.*, 2002).

از آنجا که بیشتر مزارع لوبیای استان، آلوده به بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه می‌باشد (مشاهدات شخصی) و این نماتد هم باعث افزایش میزان بیماری می‌گردد، لازم است تا در زمینه اثر متقابل این دو عامل هم تحقیقاتی صورت گیرد. Abawi *et al*, (1985) گزارش کردند که نماتد زخم ریشه (*Pratylenchus* spp.) در حالت مزارع میکروپلات به تنهایی خسارت‌زا نمی‌باشد، اما در خاک مزرعه با تضعیف گیاه، زمینه را برای نفوذ دیگر عوامل بیماریزای خاکزاد مهیا می‌کند. همچنین Hutton *et al*, (۱۹۷۳) گزارش کردند که آلودگی لوبیا با نماتد، وقوع و شدت بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه را افزایش می‌دهد.

به علت فراوانی گونه‌های *Ditylenchus* در مزارع لوبیای استان لازم است توانایی آنها در ایجاد خسارت به لوبیا مورد بررسی قرار گیرد. این نماتد از تمامی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده با میزان جمعیت‌های متفاوت جداسازی شد. Azizi (2014) & Karegar دو گونه *Ditylenchus medicaginis* و *D.parvus* را از مزارع حبوبات استان لرستان گزارش کردند.

در بررسی سیست‌های جداشده از خاک، گونه *H. filipjevi* بیشترین پراکنش را داشت و از هر سه منطقه خمین، شازند و اراک جمع‌آوری گردید. با توجه به این‌که در بیشتر مزارع استان مرکزی، لوبیا در تناوب با غلات کشت می‌شود و در مزارع غلات نیز گزارش‌هایی مبنی بر حضور نماتدهای سیستی وجود دارد (Tanha Maafi *et al.*, 2008) لذا بررسی اثر کاشت لوبیا روی بقاء و تولیدمثل این گروه از نماتدها می‌تواند جزء برنامه‌های تحقیقاتی باشد.

گونه *H. goettingiana* در یک مزرعه لوبیا در قاسم‌آباد اراک یافت شد. این گونه به نام نماتد سیستی نخودفرنگی شناخته می‌شود و دامنه میزبانی آن از خانواده Fabaceae، Leguminous شامل نخودفرنگی، باقلا و ماشک است و از بسیاری از مناطق دنیا گزارش شده است (Di Vito & Greco, 1986). *H. goettingiana* قبلاً در دو منطقه در شهرستان دورود استان لرستان از مزرعه شبدر و مزرعه‌ای که در آیش بود، گزارش شده است (Tanha Maafi *et al.*, 2004). در نمونه‌برداری‌های جامعی که به‌منظور ردیابی و تعیین پراکنش نماتدهای سیستی غلات در استان لرستان انجام شد، این گونه در تعدادی از مزارع گندم که لوبیا یکی از گیاهان درتناوب با گندم در این مزارع بود، به فراوانی در منطقه دورود یافت شد. با توجه به پیدایش این گونه در مزرعه لوبیا در استان مرکزی که هم‌مرز استان لرستان می‌باشد، به‌نظر می‌رسد این گونه در مزارع لوبیا و نخودفرنگی این دو استان گسترش داشته باشد.

منابع

1. Abawi, G.S., Crosier, D.C., and Cobb, A.C. 1985. Root rot of snap beans in NewYork. NewYork Food and Life Sciences Bulletin 110: 1-7.
2. Ahmadi, S., Mahdikhani Moghaddam, E., and Baghaee Ravari, S. 2014. Identification of plant parasitic nematode collected from pulse fields in Northern Khorasan province. Iranian journal of Pulses Research 5(2): 111-118. (In Persian with English Summary).
3. Ahmadian Yazdi, A., and Zohoor Paralak, E. 2007. Survey of root knot nematodes of legume fields in Khorasan provinces (Abstract). In: Abstract Book of the 2nd National Pulse Crops Symposium of Iran, Tehran, p: 250. (In Persian).
4. Azizi, K., and Karegar, A. 2014. Plant parasitic nematodes of legume fields and their distribution in Lorestan province, Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 50(3): 219-235. (In Persian with English Summary).
5. Back, M.A., Haydock, P.P.J., and Jenkinson, P. 2002. Disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. Plant Pathology 51: 683-697.
6. Bafokuzara, N.D. 1996. Incidence of different nematodes on vegetable and fruit crops and preliminary assessment of yield loss due to *Meloidogyne* species in Uganda. Nematologia Brasileira 20(1): 32-43.
7. Barooti, S., Kheiri, A., Tanha-Maafi, Z., and Norozi, R. 2000. Study on plant parasitic nematode fauna in Lorestan province (Abstract). In: Abstract Book of the 14th Iranian Plant Protection Congress, Isfahan, Iran, p: 188. (In Persian with English Summary).
8. Barooti, S., Tanha-Maafi, Z., Kheiri, A., and Golmohammad Zadeh Khiabani, N. 2002. Plant parasitic nematodes fauna from south of Baloochestan area in Iran (Abstract). In: Abstract Book of the 15th Iranian Plant Protection Congress, Kermanshah, Iran, p: 304. (In Persian with English Summary).
9. Coolen, W.A., and D′herde, J. 1972. A Method for the Quantitative Extraction of Nematodes from Plant Tissue. State Agricultural Research Center. Ghent, Belgium.
10. De Grisse, A.T. 1969. Redescription ou modification de quelques techniques utiliseesdans L'etude des Nematodes Phytoparasitaires. Meded. Rijksfaculteit der Landbouwe-tenschappen Gent 34: 351-369.
11. Di Vito, M., Greco, N., Halila, H.M., Mabsoute, L., Labdi, M., and Beniwal, S.P.S. 1994. Nematodes of cool-season food legumes in North Africa. Nematologia Mediterranea 22: 3-10.
12. Elliott, A.P. 1980. Ecology of *Pratylenchus penetrans* ssociated with navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Ph.D. Dissertation, Department of Entomology, Michigan State University.
13. Elliott, A.P., and Bird, G.W. 1985. Phathogenicity of *Pratylenchus penetrans* to navybean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Nematology 17(2): 81-85.
14. Fenwick, D.W. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. Journal of Helminthology18: 155-172.
15. Franc, G.D., Beaupre, C.M.S., Gray, F.A., and Hall, R.D. 1996. Nematode angular leaf spot of dry bean in Wyoming. Plant Disease 80: 476-477.
16. Ghayedi, S. 2011. Identification of plant parasitic nematodes of bean in Boyer Ahmad region. M.Sc. Thesis. University of Yasouj, Iran. (In Persian with English Summary).
17. Greco, N., and Di Vito, M. 1994. Nematodes of food legumes in the Mediterranean Basin. Eppo Bulletin 24: 393-398.
18. Greco, N., Di Vito, M., and Saxena, M.C. 1992. Plant parasitic nematodes of cool seasonfood legumes in Syria. Nematologia Mediterranea 20: 37-46.
19. Hutton, D.G., Wilkinson, R.E., and Mai, W.F. 1973. Effect of two plant parasitic nematodes on Fusarium root rot of beans. Phytopathology 63(6): 749-751.
20. Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Diseases 48: 692.
21. Kimenju, J.W., Karanja, N.K., and Macharia, I. 1999. Plant parasitic nematodes associated with common bean in Kenya and the effect of *Meloidogyne* infection on bean nodulation. African Crop Science Journal 7(4): 503-510.
22. Mc Sorley, R. 1979. Damage to snap beans as a function of population gradients of *Meloidogyne incognita* in the field. Journal of Nematology 11: 308. (Abstract).
23. Mc Sorley, R. 1980. Effect of *Rotylenchulus reniformis* on snap bean and methods for control by oxamyl. Nematropica 10(2): 89-95.
24. Ministry of Agriculture Jihad. 2015. Agricultural Statistics, Crop Year 2011-2012. Available at website http://www.maj.ir/Portal/File/ShowFile.aspx? (In Persian).

25. Rhoades, H.L. 1964. Effect of *Crotalaria spectabilis* and *Sesbania exaltata* on plant nematode populations and subsequent yield of snap beans and cabbage. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 77: 233-237.
26. Rhoades, H.L. 1974. Comparison of two methods of applying granular nematicides for control of sting nematodes on snap beans, sweet corn and field corn. Soil Crop Science Society Florida Proceedings 33: 77-80.
27. Sasser, J.N., and Freckman, D.W. 1987. A World Perspective on Nematology: The Role of the Society. p. 7-14. In: J.A. Veech and D.W. Dickson (Eds.). Vistas on Nematology. Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland. 509p.
28. Schwartz, H.F., Gent, D.H., Franc, G.D., and Harveson, R.M. 2007. Dry Bean Root Knotnematode. High Plant IPM Guide, University of Wyoming.
29. Sharma, R., and Sharma, S.B. 2002. Nematode Diseases of Pulses and their Control. In: M. Mashkoor Alam and N.Sharma (Eds.). Nematode Control in Crops. IBDC Publishing, India, p. 95-117.
30. Sikora, E.J., Kemble, J.M., and Bauske, E.M. 2004. Plant disease notes: Root knot nematode on snap and lima beans. Alabama Cooperative Extension System. Available at website www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1010
31. Tanha-Maafi, Z., Ebrahimi, N., Mazdasht, G., Ghalandar, M., Mohammadi Pour, M., Ghasemi, M.T., and Nourafkan, M. 2008. Identification and population density of cereal cyst nematodes and root lesion nematodes in north west, west and central provinces in Iran (Abstract). In: Abstract Book of the 18th Iranian Plant Protection Congress, Hamadan, Iran, p. 590. (In Persian with English Summary).
32. Tanha-Maafi, Z., Sturhan, D., Kheiri, A., Geraert, E., Subbotin, S.A., and Moens, M. 2004. Morphology of some cyst-forming nematodes from Iran. Russian Journal of Nematology 12: 59-78.
33. Waddill, V.H., Mc Sorley, R., and Pohronezny, K. 1981. Field monitoring: basis forintegrated management of pests on snap beans. Journal of Tropical Agriculture 58: 157-169.
34. Yazdi Samadi, B., and Abdmishani, S. 2001. Breeding Field Crops. Tehran University Press, 283p. (In Persian).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 166-177

Identification of plant parasitic nematodes of bean fields in Markazi province

Hatamabadi Farahani[1*], M. & Tanha Maafi[2], Z.

1. Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran
2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; zahrat.maafi@yahoo.com

Received: 3 July 2016
Accepted: 18 April 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.57118

Introduction

Regarding the importance of bean production in supplying of plant based protein for human being societies and its area under cultivation in Iran, identification and management of pests and diseases associated to this crop are important. Plant parasitic nematodes are one of the biotic agents that adversely affect the production of bean crops. In order to manage these pathogens, their identification and distribution is necessary. Plant parasitic nematodes damaging bean are widely reported through the world. In Florida, *Belonolaimus longicaudatus*, *Paratrichodorus christei, Dolichodorus heterocephalus and Hoplolaimus spp*. are reported from bean cultivated field while causing severe damage (Rhoades, 1964, 1974). In Michigan *Pratylenchus penetrans* was the most common root lesion nematode. In fact *Pratylenchus* spp. have wide host ranges and are pathogenic to many important crops viz *Phaseolus vulgaris*. There are a few reports across Iran regarding the plant parasitic nematodes of bean. In a study of plant parasitic nematodes of pulse crops in southern Balochistan, *Pratylenchus neglectus* and *Meloidogyne javanica* were reported from bean fields. Five species *Aphelenchoides cyrtus*, *Ditylenchus medicaginis*, *Merlinius brevidens*, *D. parvus* and *Paratylenchus coronatus* with 37.6, 30.8, 24.6, 20.5 and 19.1 percent frequency, respectively, were the most common nematode species in the legume fields of Lorestan province. Although Markazi province is one of the poles of bean-growing in Iran but there is a few information about plant parasitic nematodes on bean. The aim of this study was to identify the plant parasitic nematodes associated with bean, determination their population density and geographical distribution.

Materials & Methods

In order to determine the plant parasitic nematodes 174 root and soil samples were collected from bean fields in Khomein, Shazand and Arak cities during 2012-2013. The samples were analyzed and the population density of the extracted nematodes was counted at genus level using counting slide. Then the obtained nematodes were fixed and transferred to hydrated glycerol, the nematodes were mounted on microscopic slides and identified at species level, based on morphometrical and morphological characters. Cyst nematodes were isolated using Fenwick can technique. After analyzing the samples, infested areas were identified and frequency based on the number of species compared to the total sample were determined.

Results & Discussion

In this study, 22 species belonging to 18 genera of suborder Tylenchina, infraorder Tylenchomorpha were identified. *Ditylenchus destructor*, *Ditylenchus* sp., *Aphelenchoides* sp. and family of Pratylenchidae including *P. neglectus*, *Zygotylenchus guevarai* and *Pratylenchoides ritteri* from family Merliniidae with 100, 58 and 95 percent frequency respectively, were the most common nematode species in the bean fields of Markazi province. Subfamily of Merliniinae the genera of *Merlinius, Scutylenchus*, *Tylenchorynchus* and *Amplimerlinius* with 56 percent frequency, were found in Khomein and Shazand bean fields. The family of Hoplolaimidae was detected in Khomein and Shazand bean fields with 39 percent frequency. Among the cyst forming nematodes in addition to *Heterodera filipjevi* which was found in bean fields rotated by wheat, *H. goettingiana*was found in a bean field in Ghasemabad, Arak, this species in known as pea cyst nematode. *H. goettingiana* had already been reported from two areas in Dorud region (Lorestan province). This species

***Corresponding Author:** maryamhatami2002@yahoo.com

was found in some wheat fields that bean was one of the crops in rotation. According to the occurrence of this species in bean field in Markazi province which borders Lorestan Province, it seems that it is distributed in pea and bean fields in two provinces. Some nematodes identified in this study are important as plant parasiting and damaging for bean. *P. neglectus* with 93, 42 and 22 percent frequency respectively detected in the bean fields of Khomein, Arak and Shazand. Root lesion nematodes were reported as the most common nematodes on bean and other legumes in Italy, North Africa and Middle East. Elliott & Bird (1985) reported damage of root lesion nematodes in bean fields among 10 to 80 percent.Therefore, it is necessary to research on the importance and evaluation the damage caused by this species. Moreover due to the abundance of *Ditylenchus* in bean fields of Markazi province, it needs intensive research as far as crop loss aspects are concerned.

Conclusion

In the present study, among identified nematodes, family of Pratylenchidae was the most important plant parasitic nematode with 58 percent frequency. Also genus of *Ditylenchus spp*. detected in all of bean fields of Markazi province.

Keywords: Bean, Distribution, Markazi province, Nematode

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۱۹۰-۱۷۸

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 178-190
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.62663

تعامل بین قارچ و باکتری محرک رشد و نقش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

هادی خاوری[1]* و قدرت‌اله شاکرمی[2]

۱- گروه زراعت، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران
۲- گروه زراعت، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران، ghshakarami1345@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۶

چکیده

امروزه مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی یکی از مهم‌ترین عوامل آلودگی‌های زیست‌محیطی و محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است. در این راستا استفاده از پتانسیل حمایتی ریزجانداران خاکزی در جهت بهبود حاصلخیزی خاک و تولید پایدار محصولات کشاورزی، طی سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این آزمایش با هدف بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیاقرمز، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵ در منطقه بیران‌شهر لرستان اجرا شد. عوامل شامل تلقیح (با گونه‌های *Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) در دو سطح (تلقیح و بدون تلقیح)، مایه‌زنی (با *Azotobacter chroococcum* Strain 15) در دو سطح (مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی) و ارقام لوبیاقرمز (توده بیران‌شهر، ارقام اختر و گلی) بودند. نتایج نشان داد که اثر ازتوباکتر و میکوریزا بر تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه، شاخص برداشت و همچنین اثر دو جانبه میکوریزا و رقم، بر تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت ارقام لوبیا معنی‌دار و افزایشی بود. مایه‌زنی ازتوباکتر و تلقیح میکوریزا عملکرد دانه را به ترتیب ۱۲/۴ و ۲۴/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین عملکرد دانه در رقم گلی به دست آمد که نسبت به رقم اختر و توده بیران‌شهر به ترتیب ۴۵/۲ و ۵۱/۱درصد افزایش داشت. یافته‌های آزمایش نشان داد که همیاری قارچ میکوریزا و ازتوباکتر، دارای اثر افزایشی بر عملکرد گیاه لوبیا است و می‌توان در جهت تولید پایدار این محصول در نظام‌های زراعی بوم‌سازگار درنظرگرفته شوند.

واژه‌گان کلیدی: تولید پایدار، حاصلخیزی خاک، کودهای زیستی، همیاری

مقدمه

امروزه با توجه به محدودبودن اراضی قابل‌کشت و نیاز اکثر جوامع به افزایش محصولات تولیدشده در بوم‌نظام‌های رایج کشاورزی، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر را شاهد هستیم (Sabori *et al*., 2005). بررسی میزان مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن (N)، فسفر (P_2O_5) و پتاسیم (K_2O) حاکی از آن است که در سال۲۰۱۴، متوسط کل مصرف این کودها در سراسر جهان به ترتیب ۸۵/۵، ۳۳/۲ و ۲۰/۴ کیلوگرم در هکتار بوده است که این میزان در مقایسه با سال۲۰۰۰ به ترتیب افزایشی معادل ۳۱/۷، ۲۸/۱ و ۱۲درصد داشته است (FAO, 2015).

از طرفی افزایش سلامت و تأمین امنیت غذایی محصولات تولیدشده در بوم‌نظام‌های کشاورزی در جهت حفظ پویایی منابع بوم‌نظام‌های زراعی بر اساس اصول اکولوژیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مصرف نامتعادل و بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) باعث ناپایداری در بوم‌نظام‌های زراعی شده است و پیامدهای جبران‌ناپذیر اقتصادی و زیست‌محیطی مصرف آن‌ها در کشاورزی در سراسر جهان شناخته‌شده 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 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 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 ریزجانداران مفید خاکزی و یا به‌صورت

*نویسنده مسئول: 2006.khavari.hadi@gmail.com

فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی موردنیاز گیاه در یک نظام زراعی پایدار به‌کار 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 با توجه بیشتر به مدیریت خاک و بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی ریزجانداران از گیاهان در خاک می‌توان تنوع زیستی، تأمین سلامت و به دنبال آن پویایی عناصر خاک را افزایش داد، لذا برای رسیدن به یک سیستم زراعی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه، جنبه‌های اکولوژیکی 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 قارچ میکوریزا آربسکولار (Arbuscular Mycorrhizal) و باکتری‌های محرک رشد گیاه (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: PGPR) به‌ویژه ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) اشاره نمود (Kokalis-Burelle *et al*., 2002; Lekberg *et al*., 2013). قارچ‌های میکوریزا آربسکولار از مهم‌ترین ریزجانداران خاکزی همزیست با ۹۰درصد از گونه‌های مختلف گیاهی هستند که به یک راسته (Monophyletic phylum) با نام علمی *Glomero mycota* متعلق می‌باشند (Schussler *et al*., 2001). ازتوباکتر کروکوکوم متعلق به خانواده *Azotobacteracea* و از مهم‌ترین باکتری‌های آزادزی-خاکزی و هتروتروف می‌باشد که علاوه بر تثبیت نیتروژن مولکولی موجود در اتمسفر از طریق افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و تولید فیتوهورمون‌ها موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاهان زراعی می‌شود (Mrkovacki & Milic, 2001). در اغلب پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده نقش مفید این ریز جانداران بر گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.) و لوبیا، در رابطه با بهبود رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی گزارش شده است (Ardakani *et al*., 2015; Biari *et al*., 2011; Aghababaei *et al*., 2012; Rezvani Moghaddam *et al*., 2015; Koocheki *et al*., 2015; Ardakani *et al*., 2012; Ramana *et al*., 2010; Yadegari and Rahmani, 2010).

دانه حبوبات شامل گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.)، ماش (*Vigna radiate* L. Wilczek)، عدس (*Lens esculenta* Moench)، باقلا (*Vicia faba* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) جایگاه مهم و عمده‌ای در سبد غذایی دارند و جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم دنیا محسوب می‌شوند. حبوبات علاوه بر قابلیت انبارداری مناسب، یک منبع غنی از پروتیین و مواد مغذی مانند ویتامین، نشاسته، روغن و مواد معدنی هستند. لوبیا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی این خانواده است که دارای بالاترین سطح زیرکشت و عملکرد است (Mcclean *et al*., 2004; FAO, 2012).

این آزمایش باهدف ارزیابی میزان همیاری قارچ میکوریزا آربسکولار و ازتوباکتر کروکوکوم با گیاه لوبیا و اثر آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیاقرمز نسبت به روش‌های رایج کاشت این گیاه در شرایط آب و هوایی لرستان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیران‌شهر استان لرستان با عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۴۰دقیقه شمالی و طول جغرافیایی۴۸درجه و ۳۱دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۳متر از سطح دریا، با میانگین بارندگی ۵۸۳میلی‌متر و بیشینه و کمینه دمای مطلق سالانه به ترتیب ۳۶/۶ و ۰/۷-درجه سانتی‌گراد به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل تلقیح بذر با سه گونه قارچ میکوریزا آربسکولار (M *Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) در دو سطح (تلقیح m_1 و بدون تلقیح m_2)، مایه‌زنی با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (A *Azotobacter chroococcum* Strain 15) در دو سطح (مایه‌زنی a_1 و عدم مایه‌زنی a_2) و ارقام لوبیاقرمز شامل توده بیران‌شهر (فرم بوته رونده و رشد نامحدود V_1)، اختر (فرم بوته ایستاده، رشد محدود و کلاس تجارتی آن Light Red Kidney V_2) و گلی (فرم بوته رونده، رشد نامحدود و کلاس تجاری V_3 Red Mexican) بودند. زمین محل اجرای آزمایش در زمان تلقیح دارای نور طبیعی و درجه حرارت ۱۱ تا ۲۴درجه سانتی‌گراد و در سال زراعی قبل آیش بود. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental field

بافت خاک **Soil Texture**	رس **Clay**	لای **Silt**	شن **Sand**	مس **Cu**	روی **Zn**	منگنز **Mg**	آهن **Fe**	پتاسیم **K**	فسفر **P**	نیتروژن **N**	کربن آلی **O.C**	هدایت الکتریکی **EC**	اسیدیته **pH**	عمق **Depth (cm)**
		(٪)				**(mg.kg^{-1})**				(٪)	(٪)	**(ds.m^{-1})**		
سیلت رسی لوم	37	58	5	0.84	0.97	6.12	3.47	210	4.6	0.08	0.98	0.63	7.65	0-30
Silt Clay Loam	35	58	7	0.55	0.92	4.54	2.81	150	2.4	0.07	0.73	0.58	7.71	30-60

کود زیستی میکوریزا آربسکولار با پتانسیل ۱۰۰قطعه تکثیر (پروپاگول) در هر گرم، از گونه‌های مختلف (*Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) با نام تجاری مایکوروت از شرکت زیست‌فناور پیشتاز واریان (دانش‌بنیان)، باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum* strain 15) با تراکم جمعیت (۱۰^۸ × ۵ CFU بر گرم به ازای هر میلی‌لیتر) از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) و بذور ارقام لوبیا از پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان بروجرد تهیه گردید.

به‌منظور آماده‌سازی بستر کاشت و بهره‌گیری از مزایای شخم پاییزه، زمین موردنظر توسط گاوآهن برگردان‌دار در پاییز سال۱۳۹۴ یک‌بار و پس از مساعدشدن هوا و گاوروشدن زمین در اواخر اردیبهشت‌ماه سال۱۳۹۵ یک‌بار شخم زده شد. واحدهای آزمایشی با ابعاد ۵×۲/۵ متر و جوی و پشته‌ها با عرض۵۰سانتی‌متر ایجاد شد. فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر درنظرگرفته شد. به‌منظور کاشت بذور با توجه به شرایط حساس جوانه‌زنی گیاه لوبیا آبیاری پیش از کاشت انجام شد. پس از گذشت پنج روز با گاوروشدن زمین، بذور در تاریخ ۱۴خرداد۱۳۹۵ به روش هیرم‌کاری (نم‌کاری)، به‌صورت دستی در خطوطی با طول پنج متر با فاصله ردیف ۵۰سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر و با تراکم ۴۰بوته در مترمربع در عمق پنج تا شش سانتی‌متری خاک کشت شد. ماده تلقیح قارچ میکوریزا آربسکولار به میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار استفاده شد؛ به این صورت که پس از ایجاد شیار مقدار مشخص‌شده از ماده تلقیح در طول خط کاشت و با عمق دو سانتی‌متری زیر بذور ریخته شد و سپس روی آن با خاک پوشانده شد. مایه‌زنی با مایه‌تلقیح مایع ازتوباکتر کروکوکوم 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 سلول‌های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت ۲۰میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه‌تلقیح مایع به نسبت ۵۰میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل مایه‌زنی به‌طور کامل مخلوط شد و درنهایت بذرها پس از گذشت مدت۳۰دقیقه 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 با حجم ۵۴مترمکعب در یک ساعت با دبی آب ۱۵لیتر در ثانیه با موتور پمپ آب سه‌اینچ گازوئیلی ساخت کمپانی روبین سوبارو کشور ژاپن انجام شد. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرار کامل گیاهچه‌ها در ۱۴روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری هر هفت روز 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 ۱۶۹۱۸/۲مترمکعب در هکتار و میانگین تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد ۱۶مرحله بود. با توجه به اهداف توسعه پایدار در کشاورزی مبارزه با علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی در دو مرحله قبل از شروع گلدهی و در زمان گلدهی کامل بوته‌ها انجام شد. همچنین در مراحل رشد بوته‌ها از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی شامل آفت‌کش و قارچ‌کش استفاده نشد. در پایان فصل رشد، برداشت محصول با درنظرگرفتن اثر حاشیه (حذف دو خط کناری و۵۰سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) بوته‌ها در سطح پنج مترمربع انجام و عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. اجزای عملکرد لوبیا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰بوته (۵۰ سانتی‌متر طولی) از هر واحد آزمایشی تعیین شدند. همچنین برای محاسبه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی ضربدر عدد۱۰۰ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9. 1. 3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای موردبررسی نیز با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده گردید.

نتایج و بحث

اثر ازتوباکتر، میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ازتوباکتر و میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم گلی و کمترین تعداد غلاف در بوته در رقم اختر مشاهده شد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل ازتوباکتر و میکوریزا نشان داد که تعداد غلاف در بوته در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر و تلقیح میکوریزا نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر و بدون تلقیح میکوریزا افزایش ۴۱/۷درصدی داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاربرد توأم کودهای زیستی از طریق تقویت و بهبود استقرار گیاهچه‌ها، جذب بهینه آب و مواد غذایی به‌واسطه‌ی توسعه‌ی بیشتر ریشه‌ها و افزایش کارآیی فتوسنتز، سبب بهبود فرآیند گلدهی و افزایش توان تولید در گیاه شده و تعداد غلاف در بوته را نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا به‌طور معنی‌داری افزایش داده است که با نتایج دیگر محققان در رابطه با افزایش تعداد غلاف در بوته بر گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) و گیاه لوبیا مطابقت دارد (Rokhzadi *et al*., 2008; Mahmoud *et al*., 2010; Nazeri *et al*., 2010).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ازتوباکتر (A)، میکوریزا (M) و رقم (V) بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاقرمز

Table 2. Analysis of Variance (mean square) the effect of (A) *Azotobacter*, (M) *Mycorrhiza* and (V) Cultivar on yield and yield components of Red Bean Cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن۱۰۰دانه 100 Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست‌توده Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
Block	3	2.52 ns	0.269 ns	239 ns	6.83 ns	26935 ns	466603 ns	10.3 ns
A	1	78.4 **	5.16 **	8638 **	2.71 ns	619845 **	2973677 *	8.40 ns
M	1	144 **	12.5 **	17753 **	147 **	2169257 **	7286003 **	74.6 **
V	2	272 **	9.45 **	11796 **	491 **	3493215 **	16731439 **	464 **
A*M	1	0.024 *	0.056 ns	198 ns	56.24 **	151727 ns	34859 ns	33.4 *
A*V	2	15.2 ns	0.202 ns	274 ns	8.69 ns	75924 ns	265259 ns	10.6 ns
M*V	2	16.0 ns	1.00 *	105 ns	18.5 *	120541 ns	28518 *	23.9 *
A*M*V	2	2.83 ns	0.249 ns	112 ns	2.58 ns	1673 *	248925 ns	16.7 ns
Error	33	7.90	0.267	237	4.80	95415	677341	6.79
V (%).C	-	16.1	12.3	18.7	6.43	15.8	13.6	8.09

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

A، M و V به ترتیب ازتوباکتر کروکوکوم، میکوریزا آربسکولار و ارقام لوبیاقرمز

ns: non significant; *: significant at P≤0.05; **: significant at P≤0.01

A, M and V: *Azotobacter chroococcum*, *Arbuscular Mycorrhiza* and Red Bean Cultivars, respectively

تعداد دانه در غلاف یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد لوبیا است. با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ازتوباکتر، میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل میکوریزا در رقم در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی ازتوباکتر تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌نحوی‌که تعداد دانه در غلاف در تیمار مایه‌زنی با ازتوباکتر ۱۷/۱درصد بیشتر از عدم مایه‌زنی بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که مایه‌زنی بذر ارقام لوبیا با ازتوباکتر از طریق بهبود رشد، توسعه اندام‌های فتوسنتزکننده و همچنین میزان کلروفیل برگ سبب اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی شده که باعث افزایش طول غلاف و درنتیجه تعداد دانه در غلاف شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف گیاه لوبیا شد، به‌نحوی‌که تعداد دانه در غلاف در تیمار تلقیح میکوریزا در رقم اختر نسبت به تیمار بدون تلقیح، افزایش ۴۰/۱درصدی داشت (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد دانه در غلاف در تیمار تلقیح میکوریزا در توده بیران‌شهر و رقم گلی نسبت به تیمار بدون تلقیح میکوریزا در توده بیران شهر و رقم گلی به ترتیب ۲۰/۳ و ۲۱/۶درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). در خصوص افزایش تعداد دانه در غلاف می‌توان بیان داشت که همزیستی با میکوریزا آربسکولار با فراهم‌نمودن آب کافی برای رشد و توسعه بهتر اندام‌های گیاه، باعث بهبود گلدهی و تشکیل غلاف بارور و درنتیجه تولید تعداد بیشتر دانه در غلاف شد. در بین ارقام مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری

ازنظر تعداد دانه در غلاف وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در غلاف در رقم اختر و کمترین آن در توده بیران-شهر به دست آمد (جدول ۴). پژوهشگران گزارش کردند که در بین ارقام برنج تلقیح‌شده با کود زیستی میکوریزا نیز تفاوت معنی‌داری به لحاظ تعداد دانه در خوشه وجود دارد (Ardakani *et al*., 2012). دیگر محققان نیز گزارش نمودند که ارقام لوبیاقرمز با تیپ رشدی متفاوت، به لحاظ تعداد دانه در غلاف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (Ardakani *et al*., 2011) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ازتوباکتر، میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین نتایج نشان داد که بین مایه‌زنی ازتوباکتر و عدم مایه‌زنی، از نظر اثر آن روی تعداد دانه در بوته تفاوت زیادی مشاهده شد، به‌طوری‌که تعداد دانه در بوته در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر نسبت به عدم مایه‌زنی، افزایش ۳۹/۱درصدی داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد تثبیت زیستی نیتروژن ناشی از مایه‌زنی با ازتوباکتر سبب بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتری به رشد زایشی و تولید دانه شده است که این افزایش تعداد دانه می‌تواند در عملکرد گیاه مؤثر واقع شود. بررسی‌های متعدد نشان می‌دهد که کاربرد کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر سبب افزایش تعداد دانه گردیده است (Leithy *et al*., 2006; Rashidi *et al*., 2012; Rezaei-chiyaneh *et al*., 2015).

مقایسه میانگین نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا آربسکولار باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته ارقام لوبیاقرمز در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تلقیح) شد، به‌طوری‌که تعداد دانه در بوته در تیمار تلقیح با قارچ نسبت به تیمار بدون تلقیح، افزایش معنی‌دار ۶۱/۲درصدی را نشان داد (جدول ۳). استفاده از کود زیستی میکوریزا آربسکولار با افزایش سطح جذب سیستم ریشه‌ای دسترسی به عناصر ضروری (فسفر و نیتروژن) را برای رشد مطلوب گیاه را تسهیل می‌کند که افزایش تعداد دانه در بوته در تیمار تلقیح میکوریزا می‌تواند ناشی از بهبود خصوصیات خاک و افزایش دسترسی به عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و همچنین عناصر ریزمغذی از طریق توسعه ریشه باشد. در این رابطه نتایج مشابهی توسط سایر محققان در گیاه لوبیا گزارش‌شده است (Mahmoud *et al*., 2010). همچنین مقایسه میانگین نتایج نشان داد که در بین ارقام موردمطالعه نیز از نظر تعداد دانه در بوته تفاوت زیادی مشاهده شد، به‌نحوی‌که رقم گلی و توده بیران‌شهر به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته را داشتند. تعداد دانه در بوته در رقم اختر نیز به‌طور تقریبی حد واسط توده بیران‌شهر و رقم گلی بود (جدول ۳). رقم گلی با توجه به فرم بوته رونده و رشد نامحدودبودن نسبت به رقم اختر با فرم بوته ایستاده و رشد محدود توانست تعداد دانه بیشتری تولید نماید که می‌توان این اختلاف را به پتانسیل تولید غلاف بیشتر ارقام رونده نسبت به ارقام نیمه رونده و ایستاده نسبت داد. در مورد توده بیران شهر با فرم بوته رونده و رشدنامحدود نیز این اختلاف تولید دانه را می‌توان به پتانسیل تولید بهتر ارقام اصلاح‌شده نسبت به توده‌های محلی نسبت داد (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008). در یک بررسی بر گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) بیشترین تعداد دانه در خوشه و تعداد گلچه بارور در رقم بی‌نام به ترتیب با تعداد ۱۱۲/۱۴ و ۸۷/۹۲ و کمترین تعداد دانه در خوشه و تعداد گلچه بارور در رقم طارم هاشمی به ترتیب با مقدار ۷۴/۸۶ و ۸۱/۵۵ به دست آمد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Ardakani *et al*., 2012).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر میکوریزا، رقم و اثر متقابل ازتوباکتر و میکوریزا در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل میکوریزا و رقم در سطح احتمال پنج درصد بر وزن۱۰۰دانه معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا و عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا تفاوت معنی داری وجود داشت، به‌طوری‌که وزن۱۰۰دانه گیاه لوبیا افزایش ۱۲درصدی داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف اثر دوجانبه میکوریزا و رقم بر روی وزن۱۰۰دانه گیاه لوبیا بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن۱۰۰دانه در تیمار تلقیح میکوریزا در رقم اختر و کمترین آن در تیمار بدون تلقیح میکوریزا در توده بیران‌شهر مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کاربرد توأم کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر توانست از طریق افزایش میزان کلروفیل برگ در مرحله دانه‌بندی زمینه را برای دوام فتوسنتز و تخصیص بهتر مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) به دانه‌ها فراهم نماید که این موضوع موجب افزایش وزن دانه شده است. محققان نیز در بررسی اثر کودهای زیستی بر گیاه ماش (*Vigna radiate* L.) و گیاه لوبیا نتایج مشابهی در رابطه با افزایش وزن دانه گزارش نموده‌اند (Asad *et al*., 2004; Yadegari *et al*., 2008).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ازتوباکتر، میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سه‌گانه ازتوباکتر در میکوریزا در رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر کروکوکوم به لحاظ افزایش عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری

وجود دارد، به‌طوری‌که عملکرد دانه در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر نسبت به شرایط عدم مایه‌زنی، افزایش ۱۲/۴درصدی نشان داد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تلقیح با میکوریزا آربسکولار و بدون تلقیح نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌نحوی‌که عملکرد دانه در تیمار تلقیح با میکوریزا آربسکولار نسبت به شرایط بدون تلقیح، افزایش ۲۴/۵درصدی داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای موردبررسی در این آزمایش (جدول ۳) تفاوت معنی‌داری را در بین ارقام لوبیا به لحاظ عملکرد دانه نشان داد. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در رقم گلی به دست آمد که نسبت به رقم اختر و توده بیران‌شهر به ترتیب ۴۵/۲ و ۵۱/۱درصد افزایش داشت (جدول ۳). همچنین پایین‌ترین عملکرد دانه از توده بیران‌شهر به دست آمد که در مقایسه با رقم اختر در حدود چهار درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول۳). عملکرد دانه در گیاه لوبیا تابع فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیک است و بیشترین عملکرد دانه در شرایطی به دست می‌آید که تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه در حداکثر مقدار خود باشد. در خصوص اثر ازتوباکتر و میکوریزا می‌توان بیان داشت که این ریزجانداران خاکزی می‌توانند از طریق افزایش جذب عناصر غذایی (فسفر و نیتروژن) سبب بهبود کارآیی فتوسنتز در گیاه شوند که درنتیجه موجب بهبود رشد و به دنبال آن افزایش در عملکرد دانه و اجزاء عملکرد می‌شود (Behl *et al*., 2006). نتایج این آزمایش نشان‌دهنده آن است که افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح میکوریزا و مایه‌زنی با ازتوباکتر می‌تواند به دلیل همیاری این ریزجانداران با گیاه لوبیا باشد که توانسته‌اند از طریق بهبود در اجزای عملکرد، سبب افزایش معنی‌داری عملکرد دانه گردد. در خصوص تفاوت بین عملکرد دانه در ارقام لوبیا نیز می‌توان بیان داشت که ارقام اصلاح‌شده (گلی و اختر) از پتانسیل تولید بالاتری نسبت به ارقام بومی و توده‌های محلی (توده بیران‌شهر) برخوردارند که می‌تواند دلیل اصلی این تفاوت در عملکرد دانه در بین این ارقام باشد. در رابطه با اختلاف عملکرد دانه در بین ارقام اصلاح‌شده اختر و گلی نیز می‌توان بیان داشت که این تفاوت می‌تواند به دلیل تفاوت در فرم رویشی بوته‌ها (گلی رونده و رشد نامحدود) و (اختر ایستاده و رشدمحدود) در این ارقام باشد. در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده نتایج مشابهی توسط دیگر محققان بر گیاه ذرت، گیاه آفتابگردان، گیاه گلرنگ و گیاه کنجد، در رابطه با نقش این کودهای زیستی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی گزارش‌شده است (Biari *et al*., 2011; Aghababaei *et al*., 2012; Rezvani Moghaddam *et al*., 2015; Koocheki *et al*., 2015).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ازتوباکتر در سطح احتمال پنج درصد، اثر میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل میکوریزا و رقم در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد زیست‌توده گیاه لوبیا معنی‌دار گردید (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مایه‌زنی با ازتوباکتر سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد زیست‌توده ارقام لوبیا در مقایسه با بوته‌های عدم مایه‌زنی شد. بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمار مایه‌زنی با ازتوباکتر مشاهده گردید که نسبت به تیمار عدم مایه‌زنی با ازتوباکتر، افزایش ۸/۶درصدی داشت (جدول ۳). ازتوباکتر کروکوکوم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین باکتری‌های آزادزی-خاکزی از طریق قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن و تولید فیتوهورمون‌های گیاهی سبب تحریک رشد، افزایش جذب مواد غذایی و کارایی فتوسنتز در گیاه می‌شود. مایه‌زنی با ازتوباکتر کروکوکوم توانست از طریق توسعه شاخسار و افزایش تعداد برگ‌های فعال در بوته موجب افزایش رشد و عملکرد زیست‌توده در گیاه لوبیا گردد. نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص پاسخ گیاهان زراعی به ازتوباکتر کروکوکوم نشان‌دهنده افزایش ویژگی‌های رشد و عملکرد زیست‌توده گیاه گندم و جو (*Hordeum vulgare* L.)، گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) و گیاه ذرت است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Baris *et al*, 2014; Ebrahimi *et al*., 2007; Zahir *et al*., 2005).

بررسی اثر متقابل میکوریزا و رقم بر عملکرد زیست‌توده ارقام لوبیا نشان داد که تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار تفاوت معنی‌داری را در عملکرد زیست‌توده ارقام لوبیا در مقایسه با بوته‌های بدون تلقیح این گیاه نشان داد. بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمار تلقیح میکوریزا در رقم گلی و پایین‌ترین عملکرد زیست‌توده در تیمار بدون تلقیح میکوریزا در رقم اختر بود (جدول ۴). همزیستی میکوریزایی با ارقام لوبیاقرمز موردمطالعه (توده بیران‌شهر، ارقام اختر و گلی) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد زیست‌توده نسبت به تیمار بدون تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار به ترتیب ۱۳/۴، ۱۵ و ۱۳/۲درصد شد (جدول ۴). تلقیح با میکوریزا آربسکولار سبب افزایش عملکرد زیست‌توده ارقام لوبیا شد. در خصوص اثر همزیستی میکوریزایی بر عملکرد زیست‌توده ارقام لوبیا، می‌توان بیان داشت که این رابطه از طریق بهبود رشد ریشه‌ها و افزایش میزان کلونی‌زایی توانسته است از طریق افزایش سطح جذب سیستم ریشه‌ای و نفوذ بهتر میسلیوم‌های تشکیل‌شده قارچ در بخش‌های غیرقابل‌دسترس آن برای گیاه (Mazid & Khan, 2014) موجب بهبود رشد، توسعه بیوماس گیاهی، افزایش ماده خشک و درنتیجه افزایش عملکرد زیست‌توده

بوته‌های میکوریزایی در مقایسه با بوته‌های غیر میکوریزایی گیاه لوبیا گردد. پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که کودهای زیستی حاوی قارچ میکوریزا آربسکولار اثر مثبت و معنی‌داری بر ویژگی‌های رشد و افزایش عملکرد زیست‌توده گیاهان زراعی دارد (Pezeshkpour *et al*., 2014; Jeiriaei *et al*., 2014; Valadabadi & Aliabadi Farahani, 2013).

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 ۲) اثر میکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ازتوباکتر در میکوریزا و میکوریزا در رقم در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین اثر توأم مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا آربسکولار و عدم مایه‌زنی ازتوباکتر در بدون تلقیح میکوریزا آربسکولار تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌نحوی‌که شاخص برداشت در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر در تلقیح میکوریزا آربسکولار، ۱۰/۶درصد افزایش یافت (جدول ۳). کاربرد توأم کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر سبب افزایش شاخص برداشت ارقام لوبیا شد که نشان‌دهنده نقش این ریزجانداران مفید خاکزی در تقویت کارآیی توزیع و انتقال آسیمیلات‌های (Assimilate) ساخته‌شده در بین اندام‌های گیاه به‌ویژه اندام های اقتصادی است. به نظر می‌رسد تعامل بین میکوریزا آربسکولار و ازتوباکتر کروکوکوم باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه لوبیا و اختصاص آسیمیلات‌ها (مواد فتوسنتزی) به مخازن ذخیره‌ای گیاه (دانه‌ها) شده است که شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Kennedy & Tchan, 1992). در رابطه با نقش مثبت به‌کارگیری قارچ‌های میکوریزا آربسکولار و باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر افزایش عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت گیاهان زراعی نتایج مشابهی توسط دیگر محققان بر گیاه روغنی گلرنگ و گیاه لوبیا گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Dahmardeh *et al*., 2016; Ardakani *et al*., 2011).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تلقیح با کود زیستی میکوریزا آربسکولار سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در ارقام گیاه لوبیا شد. بیشترین افزایش شاخص برداشت در تیمار تلقیح میکوریزا در رقم گلی مشاهده شد که نسبت به تیمار بدون تلقیح، افزایش ۱۱/۷درصدی داشت (جدول ۴). شاخص برداشت در توده بیران‌شهر و رقم اختر نیز با تلقیح کود زیستی میکوریزا تفاوت مثبت و معنی‌داری را در مقایسه با تیمار بدون تلقیح نشان داد. شاخص برداشت در تیمار تلقیح میکوریزا در توده بیران‌شهر و رقم اختر نسبت به تیمار بدون تلقیح میکوریزا به ترتیب ۱۵/۸ و ۹/۶درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی ازتوباکتر (A)، میکوریزا (M) و رقم (V) بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیاقرمز

Table 3. Mean comparisons of main effects of (A) *Azotobacter*, (M) *Mycorrhiza* and (V) Cultivars on yield and yield components of Red Bean cultivars

تیمار Treatment	تعداد غلاف در بوته Number of Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن صد دانه 100 Seed weight (gr)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیست‌توده Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
A_1	18.7 a	4.51 a	95.4 a	34.2 a	2058 a	6281 a	32.6 a
A_2	16.1 a	3.85 b	68.5 b	33.7 a	1831 a	5783 a	31.7 a
M_1	19.1 a	4.69 a	101.2 a	35.7 a	2157 a	6422 a	33.4 a
M_2	15.7 b	3.67 b	62.7 b	32.2 b	1732 b	5643 b	30.9 a
V_1	16.2 b	3.30 b	56.5 c	29.5 c	1643 b	6242 b	26.0 b
V_2	14.0 c	4.73 a	78.8 b	40.2 a	1709 b	4921 c	34.8 a
V_3	22.0 a	4.51 a	110.6 a	32.2 b	2483 a	6934 a	35.7 a

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

A_1 و A_2 به ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ازتوباکتر کروکوکوم*

M_1 و M_2 به ترتیب تلقیح و بدون تلقیح با میکوریزا آربسکولار

V_1، V_2 و V_3 به ترتیب توده بیران‌شهر، ارقام اختر و گلی

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) have not significantly different at 5% probability level.

A_1 and A_2, with and without apply *Azotobacter chroococcum*, respectively

M_1 and M_2, with and without apply *Arbuscular Mycorrhiza*, respectively

V_1, V_2 and V_3, landrace Beiran Shahr, Akhtar variety and Goli variety, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دوجانبه عامل‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیاقرمز

Table 4. Mean comparison of two factors interaction effect on yield and yield components of Red Bean cultivars

تیمار **Treatment**	تعداد غلاف در بوته **Number of Pod per plant**	تعداد دانه در غلاف **Number of seed per pod**	تعداد دانه در بوته **Number of seed per plant**	وزن صد دانه **100 Seed weight (gr)**	عملکرد دانه **Seed yield ($kg.ha^{-1}$)**	عملکرد زیست-توده **Biological yield ($kg.ha^{-1}$)**	شاخص برداشت (درصد) **Harvest index (%)**
A_1M_1	20.4 ^{a}	5.05 ^{a}	116 ^{a}	37.1 ^{a}	2327 ^{a}	6698 ^{a}	34.7 ^{a}
A_1M_2	16.9 ^{ab}	3.96 ^{bc}	74.1 ^{b}	31.4 ^{b}	1790 ^{b}	5865 ^{ab}	30.5 ^{a}
A_2M_1	17.8 ^{ab}	4.33 ^{b}	85.7 ^{b}	34.4 ^{ab}	1988 ^{ab}	6146 ^{ab}	32.2 ^{a}
A_2M_2	14.4 ^{b}	3.37 ^{c}	51.4 ^{c}	33.1 ^{ab}	1675 ^{b}	5421 ^{b}	31.3 ^{a}
A_1V_1	18.3 ^{b}	3.51 ^{bc}	68.4 ^{bc}	29.2 ^{c}	1793 ^{b}	6513 ^{ab}	27.2 ^{b}
A_1V_2	14.2 ^{c}	5.16 ^{a}	89.0 ^{b}	40.2 ^{a}	1743 ^{b}	5032 ^{c}	34.5 ^{a}
A_1V_3	23.5 ^{a}	4.86 ^{ab}	128.7 ^{a}	33.3 ^{b}	2639 ^{a}	7299 ^{a}	36.1 ^{a}
A_2V_1	14.0 ^{c}	3.10 ^{d}	44.6 ^{c}	29.8 ^{c}	1492 ^{b}	5970 ^{b}	24.7 ^{b}
A_2V_2	13.8 ^{c}	4.30 ^{bc}	68.5 ^{bc}	40.2 ^{a}	1675 ^{b}	4811 ^{c}	35.2 ^{a}
A_2V_3	20.5 ^{ab}	4.16 ^{bc}	92.5 ^{b}	31.2 ^{bc}	2327 ^{a}	6569 ^{ab}	35.3 ^{a}
M_1V_1	18.3 ^{b}	3.61 ^{bc}	73.1 ^{cd}	30.1 ^{d}	1866 ^{c}	6634 ^{ab}	27.9 ^{c}
M_1V_2	14.6 ^{c}	5.52 ^{a}	98.3 ^{b}	42.3 ^{a}	1830 ^{c}	5267 ^{cd}	34.7 ^{ab}
M_1V_3	24.4 ^{a}	4.95 ^{a}	132 ^{a}	34.9 ^{c}	2777 ^{a}	7365 ^{a}	37.7 ^{a}
M_2V_1	14.0 ^{c}	3.00 ^{c}	40.0 ^{e}	29.0 ^{d}	1420 ^{d}	5850 ^{bc}	24.0 ^{d}
M_2V_2	13.4 ^{c}	3.94 ^{a}	59.3 ^{de}	38.1 ^{b}	1588 ^{cd}	4575 ^{d}	35.0 ^{ab}
M_2V_3	19.5 ^{b}	4.07 ^{b}	88.9 ^{bc}	29.6 ^{d}	2189 ^{b}	6503 ^{ab}	33.7 ^{b}

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

A_1 و A_2 به ترتیب مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی با *ازتوباکتر کروکوکوم*

M_1 و M_2 به ترتیب تلقیح و بدون تلقیح با میکوریزا آربسکولار

V_1، V_2 و V_3 به ترتیب توده بیران‌شهر، ارقام اختر و گلی

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) have not significantly different at 5% probability level.

A_1 and A_2, with and without apply *Azotobacter chroococcum*, respectively

M_1 and M_2, with and without apply *Arbuscular Mycorrhiza*, respectively

V_1, V_2 and V_3, landrace Beiran Shahr, Akhtar variety and Goli variety, respectively

به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق توسعه اندام‌های فتوسنتزکننده سبب تداوم کارآیی فتوسنتز می‌شود و با تقویت تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی سبب حمایت هرچه بیشتر از گیاهان میکوریزایی برای تولید دانه با ذخایر آندوسپرمی بیشتر شده است که شاخص برداشت را در ارقام لوبیا به نحو چشمگیری افزایش داده است (Kennedy & Tchan, 1992; Ortas, 2003). محققان گزارش نمودند که همزیستی میکوریزایی سبب افزایش شاخص برداشت گیاه گندم رقم آذر۲ شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Pirdashti *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیاقرمز تحت تأثیر عوامل به‌کاربرده‌شده قرار گرفتند. به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر از طریق رشد بهتر ریشه‌ها و شاخسار، سبب تعادل بین نمو رویشی و زایشی گیاه لوبیا شد و با بهبود صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰دانه، توانست عملکرد اقتصادی را در ارقام لوبیا به نحو چشمگیری بهبود بخشد. در این آزمایش عدم مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر سبب کاهش معنی دار صفات مورد بررسی شد که همیاری کودهای زیستی توانست این کاهش را که به دلیل شرایط تغذیه‌ای ایجادشده بود، جبران کند. با وجود نقش مؤثر کودهای زیستی میکوریزا و ازتوباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا، اثر متقابل ازتوباکتر و میکوریزا بر تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه ارقام لوبیا، اختلاف معنی داری را نشان نداد که می‌توان دلیل آن را توسعه سطح جذب ریشه‌ها از طریق افزایش میزان کلونیزاسیون ریشه در گیاه لوبیا دانست؛ به این صورت که کاربرد توأم ازتوباکتر و میکوریزا توانست حجم تارهای کشنده ریشه را در مقایسه با تیمار عدم کاربرد این ریزجانداران افزایش دهد، اما به دلیل کمبود عناصر غذایی در خاک مزرعه و برآورده‌نشدن نیاز غذایی بوته‌ها، روند یکسان و غیرمعنی‌داری را بر این صفات نشان داد. اثر متقابل

سه گانه ازتوباکتر، میکوریزا و رقم نیز از نظر تأثیر بر اجزای عملکرد گیاه لوبیا اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. این موضوع ممکن است به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و رقابت بین این ریزجانداران برای دریافت کربوهیدرات‌ها و مواد فتوسنتزی تولیدشده توسط گیاه لوبیا باشد و در نهایت سبب ایجاد روند یکسان و غیرمعنی‌دار اثر سه‌گانه بر اجزای عملکرد گیاه زراعی شد که در مواقعی این امر می‌تواند سبب کاهش غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام‌های هوایی گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان زراعی گردد. به نظر می‌رسد که عدم تأثیر اثر دوگانه و سه‌گانه این ریزجانداران با ارقام مورد مطالعه به‌دلیل حاصلخیزی پایین خاک محل انجام آزمایش و فراهمی اندک ماده آلی خاک برای گیاه لوبیا بوده باشد. در این خصوص می‌توان بیان داشت که تلقیح بذر گیاهان زراعی با این ریزجانداران مفید خاکزی زمانی تأثیرگذار است که شرایط محیطی و بستر خاک نیز به لحاظ فراهمی مواد آلی در محیط رشد بوته‌ها مناسب باشد تا بتوان به عملکرد مورد انتظار دسترسی پیدا کرد. در خصوص واکنش توده محلی بیران‌شهر به کاربرد کودهای زیستی نیز مشخص می‌شود که عملکرد و اجزای عملکرد در توده بیران‌شهر تحت تأثیر عوامل زراعی و تغذیه با کودهای زیستی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در این رابطه می‌توان بیان داشت که توده محلی بیران‌شهر بیشتر از عوامل ژنتیکی تأثیر می‌پذیرد و نسبت به ارقام اصلاح‌شده اختر و گلی پاسخ کمتری به شرایط تغذیه‌ای نشان می‌دهد؛ در نتیجه با توجه به اختلاف ژنتیکی، پتانسیل کودپذیری و بازده بیشتر اقتصادی از طریق اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در ارقام پرمحصول اختر و گلی نسبت به توده محلی بیران‌شهر، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نمی‌باشد. به‌طورکلی به‌کارگیری این ریزجانداران شرایط مناسب را برای بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا فراهم نمود که با توجه به اهداف تولید پایدار در زراعت این گیاه و همچنین در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی در بوم‌نظام‌های زراعی پایدار، می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری همه عزیزان مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) و همچنین جناب آقای دکتر فرهاد رجالی (دانشیار محترم و عضو هیئت‌علمی مؤسسه) که باراهنمایی‌های ارزنده خود در تهیه مواد، لوازم و انجام این پژوهش نقش مؤثری داشته‌اند، قدردانی می‌نماییم.

منابع

1. Abbott, L.K., and Murphy, D.V. 2007. Soil Biological Fertility; A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Published by Springer.
2. Abo-Ghalia, H., and Khalafallah, A. 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4(5): 570-580.
3. Aghababaei, F., Raiesi, F., and Hosseinpur, A. 2012. The Influence of earthworm and arbuscular mycorrhizal fungi on microbial biomass carbon and enzyme activity in a soil contaminated with cadmium in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation. Journal of Water and Soil 27(5): 949-962. (In Persian with English Summary).
4. Amirabadi, M., Rejali, F., Ardakani, M., and Borji, M. 2009. Effect of azotobacter and mycorrhizal 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).
5. Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafiei, M., Paknejad, F., and Rejali, F. 2015. Effect of Mycorrhiza and Azotobacter on concentration of macro elements and root colonization percentage in different cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). Biological Forum-An International Journal 7(2): 895-900.
6. Ardakani, M., Rajali, F., and Heidari, Sh. 2012. Study the effect of arbuscular biological fertilizer on yield and yield components of rice cultivars. Journal of Plant Eco physiology 4(11): 1-13. (In Persian with English Summary).
7. Asad, S.A., Bano, A., Farooq, M., Aslam, M., and Afzal, A. 2004. Comparative study of the effects of bio fertilizers on nodulation and yield characteristics of mung bean (*Phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Agriculture & Biology 6(5): 837-843.
8. 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).

9. Baris, O., Sahin, F., Turan, M., Orhan, F., and Gulluce, M. 2014. Use of plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) seed inoculation as alternative fertilizer inputs in wheat and barley production. Communications in Soil Science & Plant Analysis 45: 2457-2467.
10. Behl, R.K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T., and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi-arid tropics. Tropics 15(1): 123-133.
11. Biari, A., Gholami, A., and Rahmani, H.A. 2011. Effect of different plant growth promotion bacteria (*Azotobacter*, *Azospirillum*) on growth parameters and yield of field maize. Journal of Water and Soil 25(1): 1-10. (In Persian with English Summary).
12. Ebrahimi, S., Iran Nejad, H., Shirani Rad, A.H., and Akbari, G.A. 2007. Effect of *Azotobacter chroococcum* application on quantity and quality forage of rapeseed cultivars. Pakistan Journal of Biological Science 10(18): 3126-3130.
13. 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).
14. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2012. Faostat Agriculture Data. Available at Web site http://faostat3.fao.org (verified 10 June 2013).
15. Jiriaie, M., Fateh, E., and Aynehband, A. 2014. The consequences of the application of Mycorrhiza and *Azospirillum* inoculations on yield and yield components of wheat cultivars. Journal of Agroecology 6(3): 520-528. (In Persian with English Summary).
16. Kennedy, I.R., and Tchan, Y.T. 1992. Biological nitrogen fixation in non-leguminous field crops: Recent aAdvances. Plant and Soil 141: 93-118.
17. Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33(2):150-156·
18. Kokalis-Burelle, N., Vavrina, C.S., Rosskopf, E.N., and Shelby, R.A. 2002. Field evaluation of plant growth-promoting rhizobacteria amended transplant mixes and soil solarization for tomato and pepper production in Florida. Plant and Soil 238(2): 257-266.
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. Leithy, S., El-Meseiry, T.A. and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Sciences Research 2(10): 773-779.
21. Lekberg, Y., Gibbons, S.M., Rosendahl, S., and Ramsey, P.W. 2013. Severe plant invasions can increase mycorrhizal fungal abundance and diversity. International Society for Microbial Ecology (The ISME Journal) 7: 1424-1433.
22. Mahmoud, A.R., EL_Desuki, M., and Abdol_Mouty, M. 2010. Response of snap been plants to biofertilizer and nitrogen Level application. International Journal of Academic Research 2(3): 179-183.
23. Mazid, M., and Khan, T.A. 2014. Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: an overview. International Journal of Agricultural and Food Research 3(3): 10-23.
24. Mcclean, P., Kamir, J., and Gepts, P. 2004. Genomic and Genetic Diversity in Common Bean. In: R.F. Wilson Stalker and H.T. Brummer EC (Eds.). Legume Crop Genomics. AOCS Press. Champaign, Illinois pp 60-82.
25. Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of *Azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application. Annals of Microbiology 51: 145-158.
26. Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M.R., Mirakhori, M., and Pour Siah Bidi, M. 2010. The effect of bio fertilizer and phosphorus fertilizer banding with Zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L). Journal of Agroecology 2(1): 175-185. (In Persian with English Summary).
27. Ortas, I. 2003. Effect of selected mycorrhizal inoculation on phosphorus sustainability in sterile and non-sterile soils in the Harran Plain in South Anatolia. Journal Plant Nutrient 26: 1-17.
28. 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).
29. Pezeshkpour, P., Ardakani, M., Paknejad, F., and Vazaan, S. 2014. Application effect of vermicompost, mycorrhizal symbiosis and biophosphate soulbilizing on physiological traits and yield of chickpea. Crop Physiology Journal 6(23): 53-65. (In Persian with English Summary).

30. Ramana, V., Ramakrishna, M., Purushotham, K., and Balakrishna Reddy, K. 2010. Effect of bio-fertilizers on growth, yield attributes and yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal Legume Research an International Journal 33(3): 178-183. Available at Web site http://www.arccjournals.com / indianjournals.com/ (verified September 2010).
31. Rashidi, Z., Zare, M.J., Rejali, F., and Mehrabi, A.A. 2012. Effect of soil tillage and integrated chemical fertilizer and biofertilizer on quantity and quality yield of bread wheat and soil biological activity under dry land farming. Electronic Journal of Crop Production 4(2): 189-206. (In Persian with English Summary).
32. Rezaei-chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Ghiyasi, M., and Amirnia, R. 2015. Effect of integrated organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions. Research in Field Crops 3(1): 55-69. (In Persian with English Summary).
33. Rezvani Moghaddam, P., Norouzian, A., and Seyyedi, S.M. 2015. Evaluation the effects of manure and mycorrhizal inoculation on grain and oil yield of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 7(3): 331-343. (In Persian with English Summary).
34. Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nour-Mohammadi, Gh., and Majidi, E. 2008. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under field condition. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 3(2): 253-257.
35. Sabori, H., Rezai, A., Mirmohammady Maibody, S.A.M., and Esfahani, M. 2005. Path analysis for rice grain yield and related traits in tow planting patterns. JWSS-Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 9(1): 113-129. (In Persian with English Summary).
36. 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.
37. Schussler, A., Schwarzott, D., and Walker, Ch. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. Mycological Research 105(12): 1413-1421.
38. Shahraki, M., Dahmardeh, M., Khamari, E., and Asgharzadeh, A. 2016. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* and levels of manure on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 8(1): 59-69.
39. Valadabadi, S.A., and Aliabadi Farahani, H. 2013. Mycorrhizal fungi influence on quantitative and morphological characteristics in basil induced by phosphorus fertilizer under water deficit conditions. African Journal of Agricultural Research 8(23): 3042-3046.
40. Yadegari, M., and Asadi Rahmani, H. 2010. Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris)* seeds' inoculation with *Rhizobium phaseoli* and plant growth promoting *Rhizobacteria* (PGPR) on yield and yield components. African Journal of Agricultural Research 5(9): 792-799. Available at Web site http://www.academicjournals.org/AJAR/(verified 4 May 2010).
41. Yadegari, M., Rahmani, H.A., Noormohammadi, G. and Ayneband, A. 2008. Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds inoculation with *Rhizobium phaseoli* and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components. Pakistan Journal of Biological Sciences 11(15): 1935-1939.
42. Yaghoubian, Y., Pirdashti, H., Mohammadi Goltapeh, E., Feiziasl, V., and Esfandiari, E. 2012. Investigation of dryland wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Azar 2) plants response to symbiosis with arbuscular mycorrhiza and mycorrhiza like fungi under different levels of drought stress. Journal of Agroecology 4(1): 63-73. (In Persian with English Summary).
43. Zahir, Z.A., Arshad, M., and Frankenberger J.W.T., 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 178-190

Interaction between fungi and plant growth-promoting *Rhizobacteria* and their role on red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars

Khavari[1*], H. & Shakarami[1], Gh.

1. Department of Agronomy, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran (2006.khavari.hadi@gmail.com & ghshakarami1345@gmail.com, respectively)

Received: 23 February 2017
Accepted: 26 April 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.62663

Introduction

Nowadays, in conventional farming systems, due to the limited amount of cultivated land and the need for most of communities to increase the production of agricultural products, unbalanced fertilizers, especially nitrogen and phosphorus, have been consumed. The study of nitrogen (N), phosphorus (P2O5) and potassium (K_2O) fertilizers use in 2014 indicates that the average total consumption of these fertilizers worldwide is 85.5, 2.3 and 20.4 (kg. ha^{-1}), an increase of 31.7, 28.1 and 12% respectively compared to 2000. On the other hand, increasing the health and security of food products produced in agricultural systems is essential for maintaining the dynamism of ecosystem resources based on ecological principles. Unbalanced consumption and excessive demand for chemical inputs (fertilizers and pesticides) have caused instability in farmland systems and the irreparable economic and environmental consequences of their consumption in agriculture all over the world. Sustainable agriculture relies on the reduction or elimination of chemical inputs for agricultural production, with the aim of achieving long-term sustainable production and adaptation to the environment. The main objective of sustainable agriculture is to increase the efficiency of the internal cycle of soil nutrients and the use of organic and organic fertilizers as an alternative to chemical fertilizers in order to improve the stability of grain yield and quality, while maintaining the proper utilization of soil and water resources in agricultural ecosystems. Researchers have shown that more attention to soil management and the beneficial potential of microorganisms from plant to soil can enhance biodiversity, health and, consequently, the dynamics of soil elements. So, in order to achieve a sustainable agricultural system, it is necessary to use inputs that improve plant ecological aspects in addition to meeting plant needs and reduce the negative effects of chemical inputs.

Materials & Methods

This experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with four replications during growing season of 2016 at the experimental field of Beiranshahr city of Khorramabad in Lorestan Province, Iran (48° 31' E, 33° 40' N and 1653m above the sea level). Before conducting the experiment to determine the physical and chemical properties of soil samples were collected from 0-30 and 30-60 cm depth of soil. During this experiment effects of three factors were studied: 1. Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal M (*Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) in tow levels (M_1= inoculation, M_2= no inoculation), 2. Inoculation with *Azotobacter chroococcum* (strain 15) A, in tow levels (A_1= inoculation, A_2= no inoculation) and 3. Different Cultivars of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in three levels (V_1: Beiranshahr landrace, V_2: Akhtar and V_3: Goli varieties). The seeds were inoculated with mentioned biological compounds 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 that the effect of Azotobacter and Mycorrhiza, number of pods per plant, 100 seed weight, harvest index in the red bean cultivars were significantly increased, and as well as the effect of the Mycorrhiza and cultivars, the number of seeds per pod, 100 seed weight, biological yield and harvest index Bean cultivars were significantly increased. Azotobacter and Mycorrhizal inoculation, 12.4 and 24.5 percent,

***Corresponding Author:** 2006.khavari.hadi@gmail.com

respectively Bean plant yield was increased compared to control treatment. The highest grain yield in Goli varieties were compared to the 45.2 and 51.1 percent, Akhtar varieties and Beiranshhr landrace, respectively.

Conclusions

Obtained results of this experiment showed that the yield and yield components of Red Bean cultivars were influenced by applied treatments. It seems that the use of biological fertilizers (Mycorrhizal and Azotobacter) through better root and shoot growth, the balance between vegetative and reproductive development and improvement of bean pods per plant, seeds per pod, number of seeds per plant and 100 seed weight, could bean cultivars to significantly increase of economic performance. In this experiment, avoiding the use of chemical fertilizers, especially nitrogen and phosphorus was reduced traits significantly. That biological fertilizers cooperative could this decrease was caused by created nutritional, compensation. In general, the use of these microorganism's favorable conditions for improving the yield and yield components of Bean plant provides. Generally, the application of these microorganisms provided the best conditions for improving the yield and yield components of bean plants, which, in view of the objectives of sustainable production of this plant, as well as to reduce the use of fertilizers in stable indigenous agricultural systems, could be used to be placed.

Keywords: Biological fertilizers, Cooperative, Soil fertility, Sustainable production

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۷، صفحهٔ ۲۰۳-۱۹۱

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 191-203
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.53905

ارزیابی کمک آب زیرزمینی کم‌عمق در تأمین نیاز آبی دو رقم عدس (*Lens culinaris* L.)

هوشنگ قمرنیا[1]*، آزاده خلدی رضایی[2] و مختار قبادی[3]

۱- استاد گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۲- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه،
azadekholdirezaie@yahoo.com
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ghobadi.m@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۰

چکیده

آب زیرزمینی کم‌عمق، یک منبع آب بالقوه و کارآمد در کشاورزی است. در این پژوهش به بررسی اثر اعماق سطوح ایستابی کم‌عمق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر بر تأمین نیاز آبی، کارآیی مصرف آب و عملکرد دو رقم عدس (کیمیا و ILL6037) در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ پرداخته شده است. آزمایشات در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با بهره‌گیری از لایسیمترهای پلی اتیلنی با قطر ۲۸۰میلی‌متر به صورت فاکتوریل دو عامله و بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. لازم به ذکر است که در این تحقیق هیچگونه استفاده‌ای از آبیاری سطحی نشد و صرفاً آب مورد نیاز گیاه از طریق سطح ایستابی کم‌عمق و با استفاده از آب بارن تأمین گردید. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، عمق ۶۰سانتی‌متر بیشترین میزان مصرف از آب زیرزمینی و عمق۱۱۰سانتی‌متر کمترین میزان مصرف از آب زیرزمینی را داشت، به‌طوری‌که متوسط مشارکت آب زیرزمینی برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر به ترتیب ۵۳/۷۶درصد، ۳۶/۵۰درصد و ۱۵/۲۳درصد به دست آمد. بیشترین کارآیی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه در سال‌های اول و دوم به ترتیب برای ارقام ILL6037 و کیمیا در عمق آب زیرزمینی۱۱۰سانتی‌متر و کمترین کارآیی مصرف آب برای رقم‌های ذکرشده در اعماق آب زیرزمینی۶۰ و ۸۰سانتی‌متری، به‌دست آمد. همچنین در این آزمایش متوسط بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه با ۹۱/۳۱ و ۳۷/۸۰گرم بر مترمربع در هر دو سال برای رقم کیمیا به ترتیب در اعماق سطح ایستابی ۶۰ و ۱۱۰ و بیشترین و کمترین میزان پروتئین به ترتیب برای رقم کیمیا در عمق ۱۱۰سانتی‌متر و رقم ILL6037 در عمق ۶۰سانتی‌متری به دست آمد.

کلمات کلیدی: پروتئین، سطوح ایستابی کم‌عمق، عملکرد، کارآیی مصرف آب، لایسیمتر

مقدمه

گیاه عدس از نظر مقدار پروتئین بسیار غنی بوده و در بین حبوبات فقط لوبیای سویا بیشتر از عدس پروتئین دارد. همچنین عدس از نظر غذایی ارزش بالایی داشته و منبع خوبی از آهن و اسید فولیک و فیبر می‌باشد. بذر عدس دارای حدود ۲۸درصد پروتیئن بوده و با توجه به این‌که در حال حاضر حدود ۲۵درصد جیره پروتئینی روزانه جمعیت کشورهای درحال توسعه جهان از حبوبات تأمین می‌گردد، عدس با دارابودن درصد قابل‌توجهی پروتئین و با توجه به غنی‌بودن از اسیدهای آمینه که مکمل پروتئین خوبی برای غلات می‌باشد، حائز اهمیت است (Singh & Saxena, 1993). سطح زیرکشت عدس در ایران در حدود۱۱۷۲۳۰هکتار و تولید آن ۷۱۸۰۸تُن بوده و از نظر سطح زیرکشت، پس از نخود و لوبیا رتبه سوم را در بین حبوبات دارا می‌باشد. کرمانشاه، همدان، خرم‌آباد، کرمان، بم، فارس، بوشهر و میناب مهم‌ترین مراکز تولید عدس در ایران می‌باشند (Agriculture Statistics, 2011). به طور کلی، کم‌بودن عملکرد عدس در بسیاری از مناطق کشت آن در دنیا و همچنین در کشور ما به دلایل گوناگونی از جمله بروز انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی در طول فصل رشد است (Bagheri *et a*l., 2000). بنابراین، توجه ویژه به شرایط اقلیمی، به عنوان یکی از عوامل تعیینکننده تولید محصولات کشاورزی ما را بیشتر یاری خواهد نمود. در این راستا با توجه به محدودیت در افزایش سطح زیرکشت و همچنین کمبود منابع آب شیرین تجدیدشونده، بهترین راه حل و ایده عملی در جهت افزایش تولید و بالابردن کیفیت محصولات، می‌تواند بهره گیری از روش‌های نوین و مکانیزه، کاشت، داشت و برداشت، بذور اصلاح‌شده، استفاده از منابع آب جایگزین و بازیافتی، بهره گیری از پساب‌های تصفیه‌شده، به‌کارگیری تک‌آبیاری‌ها یا

*نویسنده مسئول: hghamarnia@razi.ac.ir

آبیاری‌های تکمیلی همراه با بذوری که به این آبیاری‌ها واکنش مثبت نشان می‌دهند و نیز استفاده از آب‌های زیرزمینی کم‌عمق باشد.

آب زیرزمینی کم‌عمق، منبعی است که در کشاورزی آبی با درنظرگرفتن مدیریت متناوب آبیاری، دائماً از آن چشم‌پوشی می‌شود، درحالی‌که این منبع این پتانسیل و قابلیت را داراست که مقدار زیادی از آب مورد نیاز گیاه را در شرایط مدیریت بهینه فراهم و رفع نماید. دسترسی و میزان استفاده گیاه از آب زیرزمینی کم‌عمق تحت تأثیر عواملی مانند هدایت آبی (ضریب آبگذری) خاک، ویژگی‌ها و خصوصیات ریشه‌دوانی گیاه، حد قابل تحمل شوری گیاه، وجود یک سیستم زهکشی مناسب و نوع سیستم آبیاری و مدیریت آن قرار می‌گیرد (Ayars *et al*., 2009).

هنگامی که آب زیرزمینی توسط گیاه استفاده می‌شود، در واقع این منبع در تعادل آب آبیاری به حساب آمده است. مقدار آبی که از آب ذخیره‌شده در لایه‌های خاک تخلیه می‌گردد، کاهش یافته و در عین حال می‌توان دور آبیاری را افزایش داد. پس تعداد کل دفعات آبیاری و مجموع عمق مورد نیاز آب آبیاری گیاه، کاهش خواهد یافت. بنابراین سطح آب زیرزمینی کم‌عمق، یک منبع آب بالقوه و کارآمد در کشاورزی است که بعضی اوقات آبیاری زیرسطحی تعریف می‌شود (Benz *et al*., 1985). تعدادی از مطالعات و تحقیقات نشان داده‌اند که حدوداً بین ۲۰ تا ۴۰درصد میزان تبخیر و تعرق مورد نیاز گیاهان مختلف می‌تواند از جریان صعودی آب حاصل از مویینگی سطح ایستابی در اعماق ۰/۷ تا ۱/۵متر تأمین شود (Ragab *et al*., 1988).

در رابطه با استفاده عدس از آب زیرزمینی کم‌عمق تاکنون هیچگونه گزارشی نشده است که بتوان آن نتایج را با نتایج حاصله از این تحقیق مقایسه نمود، اما محققان بسیاری سهم آب زیرزمینی شور و غیرشور را برای محصولات کشاورزی مختلف و در شرایط متنوع دیم و آبی به شمار آورده و به آن پرداخته‌اند.

با بررسی سه سطح ایستابی ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر و سه ژنوتیپ گندم، در سه تکرار نشان داده شد که بیشترین مصرف آب زیرزمینی مربوط به عمق ۶۰سانتی‌متر و کمترین مقدار مصرف از آب زیرزمینی نیز مربوط به عمق ۱۱۰سانتی‌متر می‌باشد، به‌طوری‌که متوسط مشارکت آب زیرزمینی برای ارقام مختلف در طی دو سال تکرار آزمایش‌ها برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر، به ترتیب ۶۳درصد، ۵۵درصد و ۴۵درصد به‌دست آمد (Ghamarnia *et al*., 2012).

محققان در آزمایشی با مطالعه چهار عمق سطح ایستابی ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ اینچ روی گیاهان گوجه‌فرنگی، لوبیاسبز و ذرت شیرین در سه بافت خاک در گلخانه دریافتند که میزان محصول، همان‌طور که به بافت خاک بستگی دارد، از عمق سطح ایستابی نیز تأثیر می‌پذیرد و میزان آب استفاده‌شده به طور خطی با مقدار ماده خشک تولیدشده افزایش می‌یابد (Goins *et al*., 1996). در پژوهش دیگری نیز نشان داده شد که بین عمق سطح ایستابی و سهم استفاده آب زیرزمینی ارتباط معکوس برقرار است (درحالی‌که آب زیرزمینی به‌طور طبیعی لب‌شور باشد). همچنین در طی تحقیقی مشخص شد که جذب میزان آب زیرزمینی توسط گیاه با سطح سفره کمتر از یک متر بیشتر از سطح سفره با اعماق دو و سه متری بوده است (Kahlown *et al*., 1998). همچنین مشاهده شد در مناطقی که سطح ایستابی کم‌عمق وجود دارد، می‌توان نیاز آبیاری را تا ۸۰درصد مجموع نیاز تبخیر و تعرق گیاه، بدون کم شدن محصول گیاه و افزایش در مقدار شوری خاک، کاهش داد. این عمل نه‌تنها محصول مناسب و خوبی را حاصل می‌کند، بلکه میزان شوری خاک و عمق سطح ایستابی را نیز در حد قابل قبولی نگه می‌دارد (Pratharpar *et al*., 1999).

در تحقیقی برای گیاه سیاه‌دانه تحت شوری‌های ۱، ۲ و ۴دسی زیمنس در شرایط سطوح ایستابی ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متری، میزان استفاده از آب زیرزمینی نسبت به کل آب مورد نیاز گیاه به ترتیب ۶۷/۵، ۵۵ و ۴۵/۷۵درصد، ۶۰/۷۵، ۵۰و ۴۱/۵درصد و ۵۴/۲۵، ۴۳/۵۰ و ۳۶درصد اندازه‌گیری شد (Ghamarnia & Jalily, 2014).

در تحقیقی بر روی گیاه کینوا تحت آب‌های زیرزمینی شور، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰دسی زیمنس با اعماق ۰/۳، ۰/۵۵ و ۰/۸۰متر میزان استفاده از آب زیرزمینی نسبت به کل آب موردنیاز گیاه از ۱۸ تا ۶۶درصد گزارش شد. (Talebnejad & Sepaskhah, 2015). برای سبزیجات خوردنی نظیر ریحان، تربچه و جعفری نیز میزان استفاده از آب زیرزمینی در اعماق بین ۶۰ تا ۱۱۰سانتی‌متری در حدود ۲۴ تا ۵۱درصد گزارش شده است (Ghamarnia & Khodaei, 2016).

از آنجا که در بسیاری از دشت‌های موجود در استان‌های شمالی، غربی، شمال‌غربی و جنوب‌غربی ایران پتانسیل استفاده از آب زیرزمینی کم‌عمق در ماه‌های مختلفی از سال برای استفاده محصولات زراعی و باغی وجود دارد، لذا در این راستا و در این پژوهش به بررسی اثر اعمال سطوح ایستابی کم‌عمق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر بر تأمین نیاز آبی، کارآیی مصرف آب و عملکرد اجزای محصول دو ژنوتیپ عدس (کیمیا و ILL6037) پرداخته شد که به صورت فاکتوریل دو عامله و بر

پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت تا درصد امکان استفاده عدس از آب زیرزمینی کم‌عمق در شرایط مختلف تعیین گردد.

مواد و روش ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی آب واقع در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۷درجه و ۹دقیقه شرقی و ۳۴درجه و ۲۱دقیقه شمالی و ۱۳۱۹متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. در این ایستگاه لایسیمترهای مدنظر از خاک منطقه پس از ردشدن از الک شماره۲ پُر شدند تا عاری از سنگ‌ریزه و کلوخه گردند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول‌های ۱ و ۲ و خصوصیات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه و لایسیمترها

Table 1. Physical properties of soil in the studied area and lysimeters

بافت خاک Soil texture	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)	عمق نمونه‌گیری (سانتی‌متر) Depth (cm)	وزن مخصوص ظاهری (گرم برسانتی‌متر مکعب) Bulk Density (g/cm^3)
(سیلتی رسی) Silt- Clay	42.3	3.7	54	0-60	1.3

جدول ۲- مشخصات شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه و لایسیمترها

Table 2. Chemical properties of soil in the studied area and lysimeters

مس (میلی‌گرم برکیلوگرم) Cu (mg/kg)	روی (میلی‌گرم برکیلوگرم) Zn (mg/kg)	آهن (میلی‌گرم برکیلوگرم) Fe (mg/kg)	منگنز (میلی‌گرم برکیلوگرم) Mn (mg/kg)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (٪)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم) Absorbable Potassium (mg/kg)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم برکیلوگرم) Absorbable Phosphorus (mg/kg)	هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر) Ec (dS/m)	قلیائیت Alkalinity pH
1.64	1.26	11.9	7.8	1.38	44	26	1.2	7.3

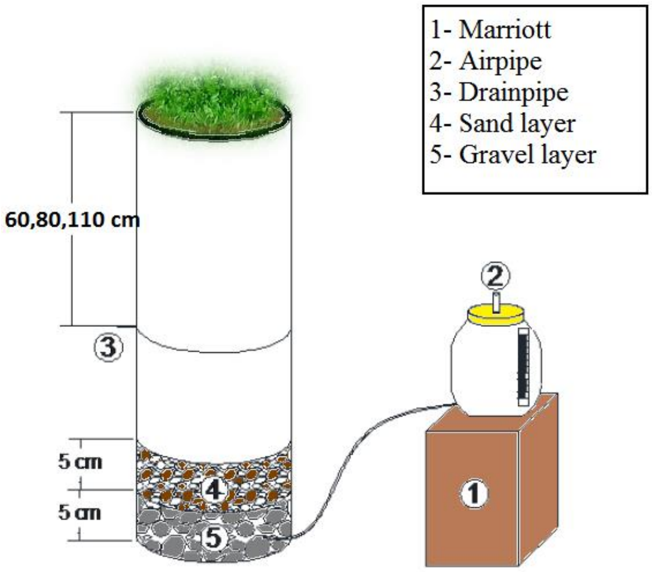
جدول ۳- مشخصات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

Table 3. Chemical properties of water in studied area

کربنات(میلی اکی والانت درلیتر) CO_3^{--} Meq/L	بی‌کربنات(میلی اکی والانت درلیتر) HCO_3^- Meq/L	کلرید(میلی اکی والانت درلیتر) CL- Meq/L	سولفات(میلی اکی والانت درلیتر) SO_4^- Meq/L	مجموع آنیون‌ها Sum of Onions	مجموع منیزیم و کلسیم(میلی اکی والانت درلیتر) Mg+Ca Meq/L	سدیم(میلی اکی والانت درلیتر) Na+ Meq/L	مجموع کاتیون‌ها Sum of Cations	نسبت جذب سدیم SAR	هدایت الکتریکی(دسی زیمنس بر متر) Ec (ds/m)	قلیائیت Alkalinity pH	کل املاح محلول(میلی‌گرم درلیتر) TDS Mg/L
0	6.15	1.9	1.18	9.23	8.15	1.08	9.23	0.54	1	7.1	640

به منظور رشد بهتر گیاه، کوددهی خاک داخل لایسیمترها یک روز قبل از کاشت بذرها و با رعایت تناسب به خاک اضافه گردید: ۱۰۰کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۲۰تن در هکتار کود دامی پوسیده و ۱۵۰کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل که فقط با ۱۰سانتی‌متر خاک سطحی مخلوط شد، مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با توجه به تعداد مطلوب بذر کشت‌شده در هکتار (۱۵۰ بذر در مترمربع) و محاسبات بر اساس قطر لایسیمتر، برای هر لایسیمتر از جنس پلی‌اتیلن با قطر ۲۸۰میلی‌متر تعداد ۱۰بذر که به قارچ‌کش مانکوزب با غلظت ۲ در ۱۰۰۰ نیز آغشته شده بود، به صورت ردیفی کشت گردید که فاصله بین ردیف‌ها پنج سانتی‌متر، فاصله بین بذرها دو سانتی‌متر و عمق کاشت بذر هم چهار تا پنج سانتی‌متر بود. لازم به ذکر است که تاریخ کشت در سال ۱۳۹۱ در ۲۳ اسفند (۱۳ مارس) و در سال ۱۳۹۲ در ۲۵ اسفند (۱۶ مارس) بود. لایسیمترهای پلی‌اتیلنی مورد استفاده در این پژوهش ۱۸عدد بود که از انتها مسدود و با خاک اطراف

هیچ‌گونه ارتباطی نداشتند. سطح آب زیرزمینی در این لایسیمترها توسط ماریوت سیفون‌هایی که کنار آنها نصب شده بود، در اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متری نگه داشته می‌شدند. در شکل ۱، نمایی از این لایسیمترهای مورداستفاده نشان داده شده است.



شکل ۱- نمایی از لایسیمتر

Fig, 1. Lysimeter set up

آب موردنیاز و نحوه اعمال تیمارهای آبیاری

برای به‌دست‌آوردن میزان آب موردنیاز گیاه داده‌های تبخیر از تشت تبخیر به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی کشاورزی مستقر در فاصله ۱۰۰متری ایستگاه دریافت می گردید. تعیین نیاز آبی شامل سه مرحله، تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_O)، تعیین ضریب گیاهی (K_C) و تعیین اثر شرایط محلی و عملیات زراعی بر نیاز آبی گیاه بود. در این تحقیق از تشت تبخیر کلاسA و از معادلات (۱) و (۲) جهت تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی استفاده شد.

معادله۱: $ETo = Kp \times Epan$

در این رابطه Kp ضریب تشت و Ep میزان تبخیر از تشت اندازه‌گیری‌شده (میلی‌متر) برای هر منطقه که به تبخیر و تعرق گیاه مرجع و به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه ربط دارد. مقدار Kp به عوامل متعددی از جمله رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و محیط اطراف تشت بستگی دارد. مقادیر تبخیر از تشت تبخیر (Epan) به صورت روزانه دریافت گردید.

معادله۲: $ETc = Kc \times ETo$

در این رابطه، Kc ضریب گیاهی و ETo تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) و ETc تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (میلی‌متر) می‌باشد. به منظور تعیین مقدار Kc از جداول توصیه‌شده درنشریه فائو ۵۶ استفاده شد (Allen *et al*., 1998).

لازم به ذکر است که در این تحقیق هیچ‌گونه استفاده‌ای از آبیاری سطحی نشد و صرفاً آب موردنیاز گیاه از طریق سطح ایستابی کم‌عمق و با استفاده از خاصیت موئینگی و بارندگی تأمین گردید. زمان اعمال تیمار آب زیرزمینی با شروع مرحله گلدهی، در سال اول اجرای آزمایش ۳۱ فروردین (۲۰ آپریل) و در سال دوم، ۴ اردیبهشت (۲۴ آپریل) در نظر گرفته شد. میزان استفاده از آب زیرزمینی با قرائت اعداد اشل ماریوت سیفون‌های متصل به هر لیسیمتر به صورت روزانه رأس یک ساعت مشخص (۸ صبح هر روز) برای هر لایسیمتر یادداشت گردید و به عنوان آب مصرف شده آن تیمار منظور شد.

آنالیز آماری داده‌های اندازه‌گیری‌شده

به منظور تجزیه واریانس و آزمون‌های مقایسه میانگین از نرم‌افزار MSTATC استفاده گردید. همچنین جهت مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. لازم به ذکر است که این آزمایش به صورت فاکتوریل دو عامله و بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت.

تعیین پارامترها و شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده

پس از برداشت و خشک‌شدن محصول (با قراردادن محصول در آون به مدت ۲۴ساعت)، اولین پارامتری که اندازه گیری شد، عملکرد بیولوژیک یا وزن خشک کل اندام هوایی (بر حسب گرم در گلدان) بود که نهایتاً به واحد گرم در مترمربع تعمیم داده شد. پس از جداسازی غلاف‌ها و سپس دانه‌های مربوط به هر تیمار، عملکرد دانه که همان وزن دانه‌ها می‌باشد (بر حسب گرم در گلدان) اندازه‌گیری شد که نهایتاً به واحد گرم در مترمربع تعمیم داده شد. به‌منظور به‌دست‌آوردن وزن۱۰۰۰دانه، ابتدا وزن تک‌دانه مربوط به هر لایسیمتر از تقسیم وزن دانه‌ها به تعداد دانه‌های مربوط به همان لایسیمتر به دست آمد و سپس از حاصل‌ضرب مقدار حاصل در عدد۱۰۰۰، وزن۱۰۰۰دانه محاسبه گردید. شاخص برداشت هم از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، ضربدر عدد۱۰۰ محاسبه شد. تعداد دانه در غلاف، از تقسیم تعداد کل دانه‌ها به تعداد غلاف‌های پُر مربوط به هر لایسیمتر به دست آمد و در نهایت کارآیی مصرف آب زیرزمینی بر مبنای عملکرد دانه، از نسبت عملکرد دانه به میزان آب مصرفی محاسبه شد (واحد کیلوگرم بر مترمکعب). رابطه آن به صورت معادله ۳ بیان شده است (Kheirabi *et al*., 1996; Shih & Rahi, 1985):

معادله۳:

$$\mathrm{IWUE} = \frac{\mathrm{Gy}}{\mathrm{IWA}}$$

Gy: میزان عملکرد دانه (کیلوگرم)

IWA: میزان آب مصرفی (متر مکعب)

اندازه‌گیری پروتئین موجود در دانه

به منظور اندازه‌گیری پروتئین دانه عدس از روش کجلدال استفاده گردید. در ابتدای کار یک سری مواد شیمیایی جهت آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام عملیات هضم بر روی آن‌ها مورد نیاز بودند که این مواد عبارت بودند از: متیل رد، بروموکروزول گرین، سدیم هیدروکسید، بوریک اسید، سولفوریک اسید، اتانول و آب اکسیژنه. عملیات هضم نمونه‌ها به روش اکسیداسیون مرطوب صورت پذیرفت. مدل دستگاه کجلدال مورد استفاده PRO-NITRO II و ساخت کشور ژاپن می‌باشد (J.P.SELECTA, s.a.).

نتایج و بحث

میزان آب مصرفی و مشارکت آب زیرزمینی

مجموع نتایج کل آب استفاده‌شده برای هر شش تیمار آزمایشی در هر سال به طور جداگانه در جدول۴ آمده است. کل آب مورد نیاز در طول دوره رشد برای همه تیمارها در سال زراعی ۹۲- ۱۳۹۱ شامل ۸۰/۵میلی‌متر بارندگی و حدود ۳۶۸/۷میلی‌متر نیاز تبخیر-تعرق و در سال ۹۳- ۱۳۹۲ شامل ۵۲میلی‌متر بارندگی و ۴۵۵/۶میلی‌متر نیاز تبخیر- تعرق بود.

همان‌گونه که از نتایج مندرج در جدول ۴ مشخص است، اختلاف بین میانگین آب زیرزمینی مصرف‌شده برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود. در هر دو سال اجرای آزمایش، بیشترین مصرف آب زیرزمینی مربوط به عمق ۶۰سانتی‌متر و کمترین مقدار مصرف از آب زیرزمینی مربوط به عمق ۱۱۰سانتی‌متر بود. در سال ۹۲-۱۳۹۱، بیشترین میزان مصرف از آب زیرزمینی برابر با ۱۹۵/۸میلی‌متر برای رقم کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متری و کمترین میزان مصرف از آب زیرزمینی به ترتیب ۴۶/۸۰میلی‌متر برای رقم ILL6037 و ۵۱/۶۸میلی‌متر برای رقم کیمیا هر دو در عمق ۱۱۰سانتی‌متری بود. همچنین در سال ۹۳- ۱۳۹۲ نیز بیشترین میزان مصرف از آب زیرزمینی به ترتیب مربوط به رقم کیمیا و رقم ILL6037 هر دو در عمق ۶۰سانتی‌متر با مقادیر ۲۵۴/۵ و ۲۴۹/۲میلی‌متر و کمترین میزان مصرف از آب زیرزمینی به ترتیب برابر با ۷۶/۶۴ و ۷۹/۲۵ میلی‌متر برای رقم ILL6037 و کیمیا هر دو در عمق ۱۱۰سانتی‌متر بود.

مشارکت آب زیرزمینی در این آزمایش نیز به تبعیت از میزان مصرف کل آب زیرزمینی، شرایطی مشابه داشت و بین میانگین‌های میزان مشارکت آب زیرزمینی برای اعماق ۶۰، ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به عبارتی به طور متوسط در سال اول بیشترین مشارکت آب زیرزمینی در عمق ۶۰سانتی‌متر مربوط به رقم کیمیا با ۵۳/۱۱درصد و کمترین مشارکت آب زیرزمینی به ترتیب مربوط رقم ILL6037 و کیمیا هر دو در عمق ۱۱۰سانتی‌متر و به میزان ۱۲/۶۹درصد و ۱۴/۰۲درصد بود. همچنین در سال دوم اجرای آزمایش نیز بیشترین میزان مشارکت آب زیرزمینی در عمق ۶۰سانتی‌متر و به ترتیب مربوط به رقم کیمیا و ILL6037 با مقادیر ۵۵/۸۶درصد و ۵۴/۷۰درصد و کمترین میزان مشارکت آب زیرزمینی نیز به ترتیب ۱۶/۸۲درصد و ۱۷/۳۹درصد بود که مربوط به رقم ILL6037 و کیمیا و در عمق ۱۱۰سانتی‌متر بود.

بنابراین مطابق نتایج به‌دست‌آمده در یک دید کلی می‌توان اظهار نمود که با افزایش عمق سطح ایستابی، میزان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه کاهش یافته است. دلیل این امر را می‌توان افزایش فاصله بین ریشه گیاه و سطح ایستابی دانست که در نتیجه این موضوع دسترسی ریشه گیاه به آب جهت رفع نیاز آبی کمتر شده و نهایتاً میزان مشارکت آب زیرزمینی هم در تأمین نیاز آبی گیاه کاهش می‌یابد.

این نتایج با تحقیقات (Kahlown *et al*., 1998) همخوانی دارد، به‌طوری‌که دیده شده بین عمق سطح ایستابی و سهم استفاده گیاه از آب زیرز مینی ارتباط معکوس برقرار است.

شکل‌های ۲ و ۳، نیاز آبی گیاه و کل کمک آب زیرزمینی را در دوره‌های چهار روزه، برای دو سال زراعی ۱۳۹۲- ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳- ۱۳۹۲ به صورت نمودار پیوسته نمایش داده‌اند. شروع اعمال تیمار آب زیرزمینی در سال اول اجرای آزمایش ۳۱فروردین (۲۰ آپریل) و در سال دوم، ۴ اردیبهشت (۲۴ آپریل) درنظرگرفته شد.

همان‌گونه که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، در روزهای ابتدایی اعمال تیمارهای آب زیرزمینی (۲۱ الی ۲۴ آپریل سال اول و ۲۵ الی ۲۸ آپریل سال دوم) میزان آب زیرزمینی استفاده شده توسط گیاه کمتر بود، ولی با گذشت زمان و رشد و توسعه بیشتر ریشه گیاه و همچنین گرم‌شدن هوا و در نتیجه افزایش تبخیر-تعرق، میزان دسترسی گیاه به آب زیرزمینی افزایش یافت و گیاه که از آبیاری سطحی استفاده نمی‌کرد، سعی در جذب بیشتر آب زیرزمینی داشت که همیشه در عمق ثابت در دسترس است. در هر دو سال، رقم کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متر، بیشترین میزان استفاده از آب زیرزمینی را داشت که مقادیر آن به ترتیب برای سال های اول و دوم معادل ۱۷/۳۹ و ۲۰/۳۹میلی‌متر و برای دوره‌های چهار روزه ۲۶ تا ۲۹ ماه می در سال اول و ۲۳ تا ۲۶ ماه می در سال دوم حاصل شد. در روزهای پایانی این روند با شروع رسیدگی محصول گیاه و زردشدن آن سیر نزولی پیدا کرد و میزان آب زیرزمینی استفاده شده توسط گیاه نیز کاهش یافت.

جدول ۴- مقایسه میانگین مجموع مصرف و مشارکت آب زیرزمینی در دو سال زراعی

Table 4. Comparison of total consumption and groundwater contribution during two growing seasons

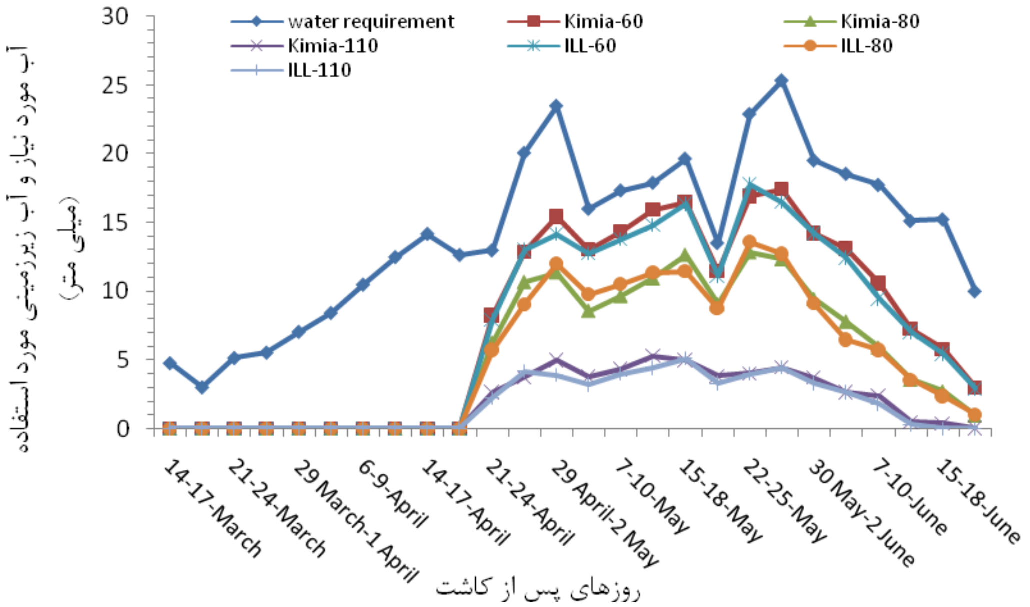
سال Year	عمق سطح ایستابی Water table depth (cm)	رقم عدس Lentil cultivar	کل نیاز تبخیر و تعرق Evapotranspiration (mm)	مجموع بارندگی Total of rainfall (mm)	کل آب زیرزمینی مورد استفاده Total of used groundwater (mm)	مشارکت آب زیرزمینی Groundwater contribution (%)
۱۳۹۱ - ۱۳۹۲ 2013	60	Kimia	368.7	80.5	195.8[a]	53.11[a]
	60	ILL6037			189.4[b]	51.37[b]
	80	Kimia			134.5[c]	36.49[c]
	80	ILL6037			133.1[c]	36.11[c]
	110	Kimia			51.68[d]	14.02[d]
	110	ILL6037			46.80[d]	12.69[d]
۱۳۹۲ - ۱۳۹۳ 2014	60	Kimia	455.6	52	254.5[a]	55.86[a]
	60	ILL6037			249.2[a]	54.70[a]
	80	Kimia			169.3[b]	37.16[b]
	80	ILL6037			165.1[b]	36.24[b]
	110	Kimia			79.25[c]	17.39[c]
	110	ILL6037			76.64[c]	16.82[c]

حروف مختلف (بین دو خط افقی) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون دانکن) می‌باشد.

Different letters (between two horizontal lines) is represents a significant difference in the level of 5% (Duncan).

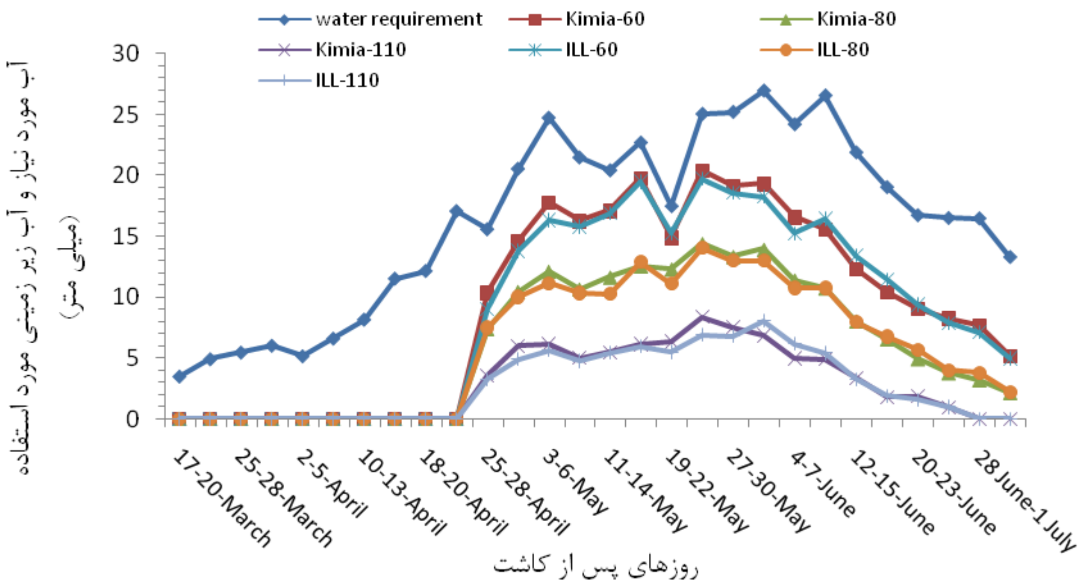
همچنین با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، رقم ILL6037 در عمق ۱۱۰سانتی‌متر در اکثر روزهای اعمال تیمار کمترین میزان استفاده از آب زیرزمینی را در هر دو سال داشته است. به این دلیل که هرچقدر عمق سطح ایستابی افزایش یافته، دسترسی ریشه گیاه به آب کمتر شده و در نتیجه آب کمتری هم توسط گیاه در اعماق بیشتر به مصرف رسیده است. این نتایج با تحقیقات دیگر همخوانی دارد (Ghamarnia *et al*., 2012).

شکل‌های ۴ و ۵ نیز درصد مشارکت آب زیرزمینی را برای تیمارهای مختلف در مدت اعمال تیمار برای دو سال اجرای آزمایش را به تصویر کشیده‌اند. درصد مشارکت آب زیرزمینی به تبعیت از میزان آب زیرزمینی مصرفی، در هر دو سال اجرای آزمایش، برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۶۰سانتی‌متری بیشتر و برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۱۱۰سانتی‌متری کمتر می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در اکثر روزهای وجود آب زیرزمینی تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۶۰سانتی‌متر بیش از ۵۰درصد، تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۸۰سانتی‌متر بیش از ۳۰درصد و تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۱۱۰سانتی‌متر هم بیش از ۱۰درصد از مقدار نیاز آبی خود را از طریق آب زیرزمینی تأمین نموده‌اند.



شکل ۲- نمودار پیوسته نیاز آبی و کل آب زیرزمینی مصرفی در سال ۱۳۹۲

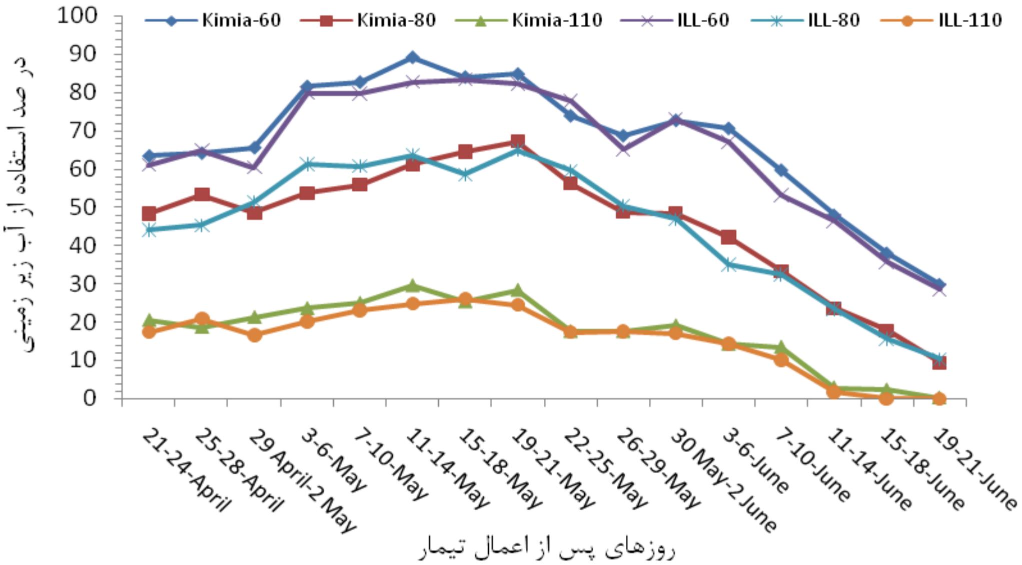
Fig. 2. Continuous graph of water requirement and total groundwater use in different treatments in 2013



شکل ۳- نمودار پیوسته نیاز آبی و کل آب زیرزمینی مصرفی در سال ۱۳۹۳

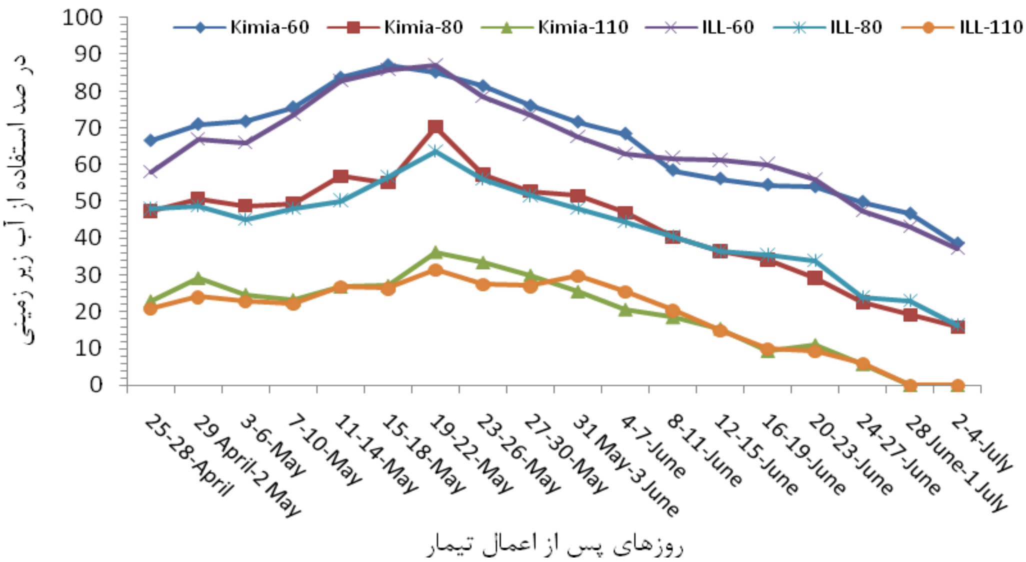
Fig. 3. Continuous graph of water requirement and total groundwater use in different treatments in 2014

در روزهای انتهای فصل رشد وجود آب زیرزمینی تیمارهای دارای عمق بیشتر سطح ایستابی درصد کمتری از نیاز آبی خود را از آب زیرزمینی تأمین نموده‌اند. همچنین می‌توان گفت تیمارهای با عمق سطح ایستابی ۱۱۰سانتی‌متر نسبت به تیمارهای دارای اعماق ۶۰ و ۸۰سانتی‌متر نوسان کمتری در استفاده از آب زیرزمینی در مدت وجود آب زیرزمینی داشته‌اند.



شکل ۴- نمودار پیوسته درصد مشارکت آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۲

Fig. 4. Percentage of groundwater contribution to crop water use in 2013



شکل ۵- نمودار پیوسته درصد مشارکت آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۳

Fig. 5. Percentage of groundwater contribution to crop water use in 2014

کارآیی مصرف آب زیرزمینی

جدول ۵ میزان عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه را در دو سال زراعی اجرای آزمایش نشان می‌دهد. همان‌طورکه از جدول نتایج مشخص است، در سال اول اجرای آزمایش بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب زیرزمینی (بر اساس عملکرد دانه) مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۱۱۰سانتی‌متر می‌باشد که معادل ۰/۹۷۷($g/mm/m^2$) به‌دست‌آمده است وکمترین مقدار کارآیی مصرف آب زیرزمینی هم به ترتیب مربوط به تیمارهای ILL6037 در عمق ۶۰سانتی‌متر، کیمیا در عمق ۸۰سانتی‌متر، ILL6037 در عمق ۸۰سانتی‌متر و کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متر با مقادیر ۰/۲۵۵، ۰/۲۷۲، ۰/۳۰۵ و ۰/۳۸۶($g/mm/m^2$) می‌باشد. در سال دوم نیز بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب زیرزمینی مربوط به رقم کیمیا در عمق

۱۱۰سانتی‌متر با ۰/۵۶۵(g/mm/m²) و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب زیرزمینی نیز مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۸۰سانتی‌متر با ۰/۲۰۳(g/mm/m²) می‌باشد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین مقدار کارآیی مصرف آب زیرزمینی مربوط به عمق سطح ایستابی ۱۱۰سانتی‌متر می‌باشد، یعنی به نسبت تغذیه آب کمتری که گیاه از این عمق در مقایسه با اعماق ۶۰ و ۸۰سانتی‌متر داشته، اما میزان عملکرد دانه بالایی نیز داشته و به همین دلیل کارآیی مصرف آب زیرزمینی در این عمق بالاتر می‌باشد. همچنین باید گفت که در سال اول به طور متوسط کارآیی مصرف آب زیرزمینی برای اعماق ۶۰ و ۸۰سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۰/۳۲۱ و ۰/۲۸۹(g/mm/m²) و در سال دوم به طور متوسط کارآیی مصرف زیرزمینی برای اعماق ۶۰ و ۱۱۰سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۰/۳۲۹ و ۰/۴۹۱(g/mm/m²) بوده است. این موضوع نشانگر آن است که همیشه افزایش مصرف آب زیرزمینی به همان نسبت باعث افزایش در عملکرد نشده است. ضمناً نتایج نزدیک عملکرد تیمارهای ۸۰ و ۱۱۰سانتی‌متر رقم ILL6037 نشانگر عدم وجود استرس در شرایط ایجادشده برای استفاده از آب زیرزمینی می‌باشد. مقایسه میانگین صفات و اجزای عملکرد محصول عدس در دو سال زراعی اجرای آزمایش در جدول ۶ نمایش داده شده است.

ماده خشک کل

در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین مقدار ماده خشک کل مربوط به رقم کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متر بود که مقدار آن به ترتیب برای سال های اول و دوم ۴۹۳/۸ و ۶۸۶گرم در مترمربع به‌دست آمد. کمترین مقدار ماده خشک کل هم مربوط به رقم کیمیا در عمق ۱۱۰سانتی‌متر بود که مقدار آن به ترتیب برای سال های اول و دوم ۱۵۳/۸ و ۲۲۳ گرم در مترمربع به‌دست‌آمد. می‌توان دلیل این امر را تغذیه بیشتر گیاه از عمق سطح ایستابی ۶۰سانتی‌متر نسبت به ۱۱۰سانتی‌متر دانست که باعث توسعه شاخ و برگ و اندام‌های هوایی و در نتیجه افزایش مقدار ماده خشک کل گردید.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص کارآیی مصرف آب در دو سال زراعی

Table 5. Comparison of water use efficiency means during two growing seasons

سال Year	عمق سطح ایستابی Water table depth (cm)	رقم عدس Lentil cultivar	عملکرد دانه Seed yield (g/m²)	کارآیی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه Groundwater use efficiency based on seed yield (g/mm/m²)
۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2013	60	Kimia	75.51[a]	0.386[c]
	60	ILL6037	48.30[b]	0.255[c]
	80	Kimia	36.48[cd]	0.272[c]
	80	ILL6037	40.61[bc]	0.305[c]
	110	Kimia	30.77[d]	0.595[b]
	110	ILL6037	45.61[b]	0.977[a]
۱۳۹۲-۱۳۹۳ 2014	60	Kimia	107.1[a]	0.422[b]
	60	ILL6037	58.96[b]	0.237[cd]
	80	Kimia	46.42[c]	0.276[c]
	80	ILL6037	33.51[d]	0.203[d]
	110	Kimia	44.80[c]	0.565[a]
	110	ILL6037	31.96[d]	0.417[b]

حروف مختلف (بین دو خط افقی) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون دانکن) می‌باشد.

Different letters (between two horizontal lines) is represents a significant difference in the level of 5% (Duncan).

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه در هر دو سال اجرای آزمایش مربوط به رقم کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متری بود که به ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۷۵/۵۱ و ۱۰۷/۱گرم در مترمربع به‌دست‌آمد. همچنین کمترین عملکرد دانه در سال اول اجرای آزمایش مربوط به رقم کیمیا در عمق ۱۱۰سانتی‌متر با مقدار ۳۰/۷۷گرم در مترمربع و در سال دوم هم مربوط به رقم ILL6037 به ترتیب در اعماق ۱۱۰ و ۸۰سانتی‌متر با مقادیر ۳۱/۹۶ و ۳۳/۵۱گرم در مترمربع بود.

شاخص برداشت

در سال اول اجرای آزمایش بیشترین شاخص برداشت مربوط به رقم ILL6037 در عمق ۸۰سانتی‌متر با ۲۵/۵درصد و کمترین شاخص برداشت نیز مربوط به رقم کیمیا در عمق ۸۰سانتی‌متر با ۱۱/۶۴درصد بود. در سال دوم هم بیشترین شاخص برداشت برای رقم کیمیا در عمق ۱۱۰سانتی‌متر، ۲۰/۰۹درصد و کمترین شاخص برداشت هم برای رقم ILL6037 در عمق ۸۰سانتی‌متر، ۶/۴۰۳درصد به‌دست‌آمد.

تعداد دانه در غلاف

بیشترین تعداد دانه در غلاف در سال اول مربوط بـه رقـم ILL6037 در عمق ۶۰سانتی‌متر، ۱/۳۸۸ و در سال دوم مربوط به رقم کیمیا در عمـق ۱۱۰سـانتی‌متـر، ۱/۱۱۷ بـود. کمتـرین تعداد دانه در غلاف در سال اول برای رقم ILL6037 در عمـق ۱۱۰سانتی‌متر، ۱/۰۱۴ و در سال دوم برای رقم کیمیا در عمـق ۸۰سانتی‌متر، ۱/۰۷۵ به‌دست‌آمد.

وزن۱۰۰۰دانه

همان‌طورکه در بخش‌های قبل ذکر شد، این صفت بیشتر تابع ژنتیک است، اما عوامل محیطی به‌خصوص شرایط رطوبتی در مرحله پُرشدن دانه تأثیر زیادی بر روی ایـن صـفت دارد. در سـال اول اجـرای آزمـایش، بیشـترین وزن۱۰۰۰دانـه را رقـم ILL6037 در عمـق ۶۰سـانتی‌متـر بـا ۳۲/۸۹گـرم دارا بـود (جدول۶) و در سال دوم اجرای آزمایش هم رقم کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متر با ۳۰/۸۹گرم بیشـترین وزن۱۰۰۰دانـه را داشـت. کمترین وزن۱۰۰۰دانه هم در سال اول مربوط به رقم کیمیا در عمق ۸۰سانتی‌متر با ۲۴/۴۰گرم و در سال دوم مربوط بـه رقـم ILL6037 در عمق ۱۱۰سانتی‌متر بـا ۲۵/۴۰گـرم بـود. نتـایج نشانگر آن است که در عمق سطح ایستابی ۶۰سانتی‌متر به‌دلیل آن‌که که گیاه آب بیشتری را مصرف می‌نمایـد، وزن۱۰۰۰دانـه نیز بیشتر بود.

پروتئین

در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین درصد پـروتئین را رقم کیمیا در عمق ۱۱۰سانتی‌متر دارا بـود کـه مقـادیر آن بـه ترتیب برای سال‌های اول و دوم ۲۸/۰۱درصـد و ۳۰/۰۱درصـد به‌دست آمد. کمترین درصد پروتئین در هر دو سال مربـوط بـه رقم ILL6037 در عمق ۶۰سانتی‌متر بود که بـه ترتیـب بـرای سال‌های اول و دوم ۲۰/۹۰درصد و ۲۰/۵۸درصد به‌دسـت‌آمـد. بنابراین درصد پروتئین دانه در عمق بیشتر سطح آب زیرزمینی (۱۱۰سانتی‌متر) که دسترسی ریشـه گیـاه بـه آب کـم اسـت و درنتیجه گیاه آب کمتری را مصرف می‌نماید، بیشترین مقدار را بـه خـود اختصـاص داد؛ چـون در عمـق سـطح ایسـتابی ۱۱۰سانتی‌متر نسبت به اعماق ۶۰ و ۸۰سانتی‌متر آب کمتـری در اختیار گیاه قرار گرفت و در این شرایط طـول دوره پرشـدن دانه کوتاه‌تر شد. لذا با توجه به این که هنگام پرشدن دانه ابتـدا ترکیبات نیتروژن‌دار و سپس کربوهیدرات‌ها به دانه انتقـال مـی یابند، بنابراین با کوتاه‌شدن طول دوره پرشدن دانـه در شـرایط کم‌آبی، فرصت کمتری برای انتقال کربوهیدرات ها بـه دانـه بـه وجود آمده و نهایتاً نسبت پروتئین به کربوهیـدرات‌هـا افـزایش یافته است.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات و اجزای عملکرد محصول عدس در دو سال زراعی

Table 6. Comparison of lentil qualities and yield components during two growing seasons

سال Year	عمق سطح ایستابی Water table depth (cm)	رقم عدس Lentil cultivar	ماده خشک کل Dry matter (g/m^2)	عملکرد دانه Seed yield (g/m^2)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن۱۰۰۰دانه Weight of 1000 seeds (g)	پروتئین دانه Protein (%)
۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2013	60	Kimia	493.8^a	75.51^a	15.29^c	1.071^b	29.61^{ab}	25.55^{ab}
	60	ILL6037	278.6^c	48.30^b	17.33^{bc}	1.388^a	32.89^a	20.90^c
	80	Kimia	313.0^b	36.48^{cd}	11.64^d	1.044^b	24.40^c	25.81^{ab}
	80	ILL6037	159.2^e	40.61^{bc}	25.50^a	1.297^a	34.60^a	22.38^{bc}
	110	Kimia	153.8^e	30.77^d	20.08^b	1.047^b	29.96^{ab}	28.01^a
	110	ILL6037	233.2^d	45.61^b	19.54^b	1.014^b	26.23^{bc}	26.61^{ab}
۱۳۹۲-۱۳۹۳ 2014	60	Kimia	686.0^a	107.1^a	15.61^b	1.112^a	30.89^a	26.03^{bc}
	60	ILL6037	606.7^b	58.96^b	9.715^c	1.114^a	30.37^a	20.58^d
	80	Kimia	290.5^e	46.42^c	16.05^b	1.075^a	30.13^a	27.68^{ab}
	80	ILL6037	523.0^c	33.51^d	6.403^d	1.082^a	28.85^a	21.61^d
	110	Kimia	223.0^f	44.80^c	20.09^a	1.117^a	28.80^a	30.01^a
	110	ILL6037	317.6^d	31.96^d	10.07^c	1.100^a	25.40^b	23.10^{cd}

حروف مختلف (بین دو خط افقی) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (آزمون دانکن) می‌باشد.

Different letters (between two horizontal lines) is represents a significant difference in the level of 5% (Duncan).

نتیجه گیری

از نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجـه‌گیـری نمـود کـه بـا افـزایش عمـق سـطح ایسـتابی، میـزان مشـارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه کاهش یافت. دلیل این امـر را می‌توان افزایش فاصله بین ریشه گیاه و سطح ایسـتابی دانسـت که در نتیجه این موضوع دسترسی ریشه گیاه به آب با اسـتفاده از خاصیت موئینگی جهت رفع نیاز آبی کمتر شد و نهایتاً میزان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبـی گیـاه کـاهش یافـت. همچنـین بایـد گفـت کـه تیمارهـای دارای سـطح ایسـتابی ۶۰سانتی‌متر، ۸۰سانتی‌متر و ۱۱۰سانتی‌متر به ترتیـب سـرعت

بالاتری در جذب نیاز آبی خود از طریق آب زیرزمینی داشته و نیاز تبخیر-تعرق خود را از این طریق برطرف نمودند. در این آزمایش رقم ILL6037 در عمق ۱۱۰سانتی‌متر در اکثر روزهای اعمال تیمار کمترین میزان استفاده از آب زیرزمینی را در هر دو سال داشت. درصد مشارکت آب زیرزمینی هم به تبعیت از میزان آب زیرزمینی مصرفی، در هر دو سال اجرای آزمایش، برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۶۰سانتی‌متری بیشتر و برای تیمارهای دارای عمق سطح ایستابی ۱۱۰سانتی‌متری کمتر بود. نتایج نشان‌دهنده آن است که تفاوت معنی‌داری در درصد میزان جذب آب زیرزمینی در اعماق یکسان در بین رقم‌های مختلف وجود نداشت. در این تحقیق متوسط بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه با ۹۱/۳۱ و ۳۷/۸۰گرم بر مترمربع برای رقم کیمیا به ترتیب در اعماق سطح ایستابی ۶۰ و ۱۱۰سانتی‌متر به‌دست‌آمد. همچنین بیشترین کارآیی مصرف آب زیرزمینی بر اساس عملکرد دانه در سال‌های اول و دوم به ترتیب برای ارقام ILL6037 و کیمیا در عمق ۱۱۰سانتی‌متر و کمترین کارآیی مصرف آب مربوط به رقم ILL6037 در اعماق ۶۰ و ۸۰سانتی‌متر، به ترتیب برای سال‌های اول و دوم بود. بیشترین وزن۱۰۰۰دانه متعلق به رقم‌های ILL6037 و رقم کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متری بود. همچنین حداکثر مقدار ماده خشک کل مربوط به رقم کیمیا در عمق ۶۰سانتی‌متر بود. بیشترین و کمترین میزان پروتئین هم به ترتیب برای رقم کیمیا در عمق ۱۱۰سانتی‌متر و رقم ILL6037 در عمق ۶۰سانتی‌متری به‌دست‌آمد.

منابع

1. Agriculture Statistics. 2011. Ministry of Agriculture, Deputy for Planning and Economic, Technology Center of Information & Communication. The First Volume of Crops, 123 pp. (In Persian).
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome 300(9): p. D05109.
3. Ayars, J.E., Shouse, P., and Lesch, S.M. 2009. In situ use of groundwater by alfalfa. Agricultural Water Management 96(11): 1579-1586.
4. Bagheri, A., Nezami, A., and Soltani, M. 2000. Cool Season Beans Modified for Tolerance to Stress. Organization of Research, Education and Promoting Agriculture. (In Persian with English Summary).
5. Benz, L. C., Doering, E.J., and Reichman, G.A. 1985. Water-table and irrigation effects on corn and sugarbeet. Transactions of the ASAE 28(6): 1951-1956.
6. Ghamarnia, H., Farmani Fard, M., and Sasani, SH. 2012. Effects of shallow water table on water requirement supply, water use efficiency and yield of three cultivars of wheat. Journal of Water Research in Agriculture 26(3): 339-353. (In Persian with English Summary).
7. Ghamarnia, H., and Jalily, Z. 2014. Shallow saline groundwater use by Black cumin (*Nigella sativa* L.) in the presence of surface water in a semi-arid region. Agricultural Water Management 132: 89-100.
8. Ghamarnia, H., and Khodaei, E. 2016. Evidence on shallow groundwater use by edible green vegetables such as *Solanum pseudoca psicum*, *Ocimum basilicum* and *Lepidium sativum* in a semi-arid climate condition. Agricultural Water Management 165: 198-210.
9. Goins, T., Lunin, J., and Worley, H.L. 1996. Water table effects on growth of tomatoes, snap beans and sweet corn. Transactions of the ASAE 9(4): 530-0533.
10. Kahlown, M.A., Iqbal, M., Skogerboe, G.V., and Rehman, S. 1998. Waterlogging, Salinity and Crop Yield Relationships. IWMI.
11. Kheirabi, J., Tavakoli, A., Entesari, M., and Salamat, A. 1996. Guidelines of Low Irrigation. Publications of the National Committee on Irrigation and Drainage. (In Persian).
12. Prathapar, S.A., and Qureshi, A.S. 1999. Modelling the effects of deficit irrigation on soil salinity, depth to water table and transpiration in semi-arid zones with monsoonal rains. International Journal of Water Resources Development 15(1-2): 141-159.
13. Ragab, R.A., Amer, F., and El-Ghamry, W.M. 1988. The conjunctive use of rainfall and shallow water table in meeting water requirements of Faba bean. Journal of Agronomy & Crop Science 160(1): 47-53.
14. Shih, S.F., and Rahi, G.S. 1985. Evapotranspiration, yield, and water-table studies of celery. Transactions of the ASAE 28(4): 1212-1218.
15. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1993. The Challenge of Developing Biotic and Abiotic Stress Resistance in Cool-season Food Legumes. In Breeding for Stress Tolerance in Cool Season Food Legumes. Wiley-Sayce Publication.
16. Talebnejad, R., and Sepaskhah, A.R. 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. Agricultural Water Management 148: 177-188.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 191-203

Evaluation of shallow groundwater contribution by two lentil cultivars water use

Ghamarnia[1*], H., Kholdi Rezaie[2], A. & Ghobadi[3], M.

1. Professor in Department of Water Resources Engineering, Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi University, Kermanshah
2. Irrigation and Drainage MSc., Department of Water Resources Engineering, Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Azadekholdirezaie@yahoo.com
3. Associat Professor of Agriculture & Plants breeding group, Campus of Agriculture & Natural Resources, Razi university, Kermanshah, ghobadi.m@razi.ac.ir

Received: 9 March 2016
Accepted: 22 April 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.53905

Introduction

Shallow groundwater is a resource which can provides and meets high values of plant's water requirement. Shallow groundwater use by plant depends on different factors as: soil hydraulic conductivity, plant root features and characteristics, salinity tolerance level, a proper drainage system, irrigation system and management. In case of shallow groundwater use by plant, total irrigation number and water requirement will be reduced. Therefore, shallow groundwater, is a potential, efficient and free water resource in agriculture which sometimes defined as subsurface irrigation. The present study was conducted with the aim to examine the effects of shallow water table of 60, 80 and 110 cm depth on the water requirement, water use efficiency and different yield components of two lentil varieties namely that was conducted into two-factor factorial and based on completely randomized design with three replications. This research was carried out at Kermanshah with semi-arid climate by using lysimeters during two growing season 2013 and 2014.

Materials & Methods

The research was performed at the Irrigation and Water Resources Engineering Research Lysimetric Station, located at 47°9′ E and 34°21′ N, with an elevation of 1319 m (asl), as a part of the Campus of Agriculture and Natural Resources of Razi University in Kermanshah, Iran. In this study 18 Polyetelen lysimeters with diameter of 280 mm were used. The bottom of lysimeters were blocked to prevent of any leaching. Groundwater levels in the lysimeters were determined and fixed by Marriott siphon that was installed beside of each lysimeter in different groundwater depths of 60, 80 and 110 cm. The soil texture in the lysimeters was Silty clay. The cultivation in the first and second year of the research was conducted in 13 and 16 March, years 2013 and 2014 respectively. To obtain the amount of water requirement of plants, evaporation data of pan class A was received daily from the meteorology station which was located at distance of one hundred meters from research station. In this research, water requirement was determined by considering three stages as: reference evapotranspiration (ET_o), the crop coefficient (K_C) and finally crop evapotranspiration. Analysis of variance and comparison of means were done for different treatment by MSTATC software

Results & Discussion

According to the results in both years of study, maximum and minimum consumption of groundwater belong to depths of 60 and 110 cm, respectively. The ground water contribution for depths of 60, 80 and 110 cm was obtained as 53.76%، 36.50%، 15.23%, respectively. The results showed that maximum groundwater use efficiency, based on seed yield, for ILL6037 and Kimia cultivars was obtained in depths of 110, and the minimum groundwater use efficiency, for ILL6037 cultivar was obtained in depths 60 and 80 cm during both years of study, respectively. Also the maximum and minimum seed yield in both years of study was obtained for Kimia cultivar, in water table depths 60 and 110 cm respectively. Moreover, the maximum and minimum

***Corresponding Author:** hghamarnia@razi.ac.ir & hghamarnia@yahoo.co.uk

protein values was obtained, for Kimia cultivar in depth of 110 cm and ILL6037 cultivar in depth of 60 cm respectively.

Conclusion

It can be concluded that by increasing the depth of water table the values of groundwater contribution to crop water requirement was reduced. It may reason of increasing the distance between plant roots and water table. As a result of this phenomenon, plant root access to water by the use of capillary rise to meet the water requirement reduced and therefore, the groundwater contribution for providing plant water requirement was reduced. The results of this research showed that legume crops such as Lentil can use groundwater properly.

Keywords: Lysimeter, Protein, Shallow water table, Water use efficiency, Yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۷، صفحۀ ۲۱۹-۲۰۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 204-219
DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.57711

تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات ریشۀ و اندام هوایی دو رقم لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)

سعید صانعی[۱]، مرتضی گلدانی[۲]* و مهدی پارسا[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد،
sa1239079@ymail.com
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و گروه پژوهشی بقولات پژوهشکدۀ علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد،
parsa@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات ریشه و اندام هوایی دو رقم لوبیاچیتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایۀ طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانۀ تحقیقاتی دانشکدۀ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و در شرایط کنترل‌شده در سال۱۳۹۴ انجام شد. فاکتور اول شامل شش تیمار کودهای زیستی ۱) نیتروکسین® (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp)، ۲) بیوفسفر® (PSB) (حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، ۳) باکتری همزیست لوبیا (*Rhizobium*، مجموعی از کودهای زیستی همزیست لوبیا)، ۴) ترکیب کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر ۵)، ۶۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و ۶) تیمار شاهد و فاکتور دوم شامل دو رقم لوبیا(COS16 و ۲۱۶۷۶) بود. نتایج نشان داد که وزن خشک ریشه، سطح ریشه، قطر ریشه، مجموع طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک کل اندام هوایی، وزن خشک برگ، ارتفاع، تعداد غلاف دربوته و تعداد دانه درغلاف تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی اختلافات معنی‌داری را نشان دادند. رقم۲۱۶۷۶ در صفات وزن خشک ریشه، سطح ریشه، قطرریشه و رقم COS16 در صفات حجم ریشه و مجموع طول ریشه کارآیی بهتری داشتند. در صفات وزن خشک ریشه، سطح ریشه، مجموع طول ریشه کود زیستی نیتروکسین و در صفت حجم ریشه بیوفسفر از سایر تیمارهای کودی برتر بودند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که بیشترین تعداد غلاف و دانه در غلاف در تیمار نیتروکسین و رقم COS16، و کمترین میزان در تیمار شاهد و رقم۲۱۶۷۶ به‌دست آمد. در این تحقیق، به نظر می‌رسد باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp. که اصلی‌ترین محتویات کود زیستی نیتروکسین را شامل می‌شوند، به دلیل توانایی بالا در تثبیت نیتروژن و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه اثرات مثبتی بر صفات مورد بررسی بخصوص در رقم۲۱۶۷۶ از خود نشان داد.

واژه های کلیدی: بیوفسفر، حبوبات، کودهای بیولوژیک، نیتروکسین

مقدمه

حبوبات علاوه بر جایگاه مهمی که در تأمین نیازهای غذایی اقشار کم‌درآمد جامعه دارند، یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین گیاهی می‌باشند. لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* با داشتن ۲۲درصد پروتئین، ۶۲درصد نشاسته و ۲درصد چربی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی جهان و منبع ارزان‌قیمت پروتئین به حساب می‌آید و پتانسیل مناسبی را برای تأمین پروتئین مورد نیاز رژیم غذایی جامعه دارد (Troeh & Loynachan, 2003).

افزایش تولید در واحد سطح همراه با مصرف نامتعادل آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی (Khaje Hosseini & Koocheki, 2008)، باعث افزایش هزینه انرژی‌های سوخت، کاهش راندمان و بازتاب‌های منفی زیست‌محیطی شده است (Jury *et al*., 2010؛ Lund, 2007). گرایش جدید جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار در راستای کاهش استفاده از نهاده‌های مختلف شیمیایی و همچنین کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی

*نویسنده مسئول: goldani@um.ac.ir

پایدار خاک برخوردار است (RezvaniMogaddam *et al*., 2010). از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد که امروزه در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته‌اند، می‌توان به جنس آزوسپیریلوم و نیتروژنوباکتر اشاره کرد. از فواید همزیستی گیاه با این باکتری‌ها تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین (Saleh Rastin, 2001) جیبرلین، سیتوکینین (Bashan, 2005)، ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین های B، اسیدنیکوتینیک، اسیدپنتوتینیک و بیوتین (Kader, 2002)، توسعهٔ سیستم ریشه‌ای، بهبود جذب آب و عناصر غذایی (Okon & Labandera, 1994) و تثبیت بیولوژیک نیتروژن (Esitken *et al*., 2010) است. اثرات مثبت کودهای آلی بر گسترش و ترکیب جوامع میکروبی، فون و فلور خاک و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی در داخل خاک، ریشه و شاخ و برگ گیاهان مورد شناسایی قرارگرفته است (Gliessman, 1998; Wallace, 2001; Celik *et al*., 2004). استفاده از ریزموجودات خاک، راه‌حلی پایدار برای غلبه بر مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تلفات عناصر غذایی و افزایش عملکرد به دلیل عدم وجود کودهای شیمیایی در کشت‌بوم‌های فعلی و آینده به‌شمار می‌رود. انواعی از باکتری‌های خاکزی موجود در ریزوسفر که می‌توانند رشد گیاهان را تحریک نمایند، در اصطلاح ریزوباکترهای محرک رشد گیاه[1] نامیده می‌شوند. Vinutha (2005) گزارش نمود تلقیح گیاه ریحان با گونه‌های مختلف باکتری نیتروژنوباکتر و قارچ گلوموس سبب افزایش زیست‌توده، سرعت رشد و میزان اسانس گیاه می‌شود. کاربرد باکتری باسیلوس روی گیاه ریحان سبب افزایش عملکرد اسانس و زیست‌توده ریحان شده و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد (Banchio *et al*., 2009). Kumar *et al*, (2001) گزارش کردند کاربرد نیتروژنوباکتر نسبت به شاهد در گندم باعث ۱۲/۶درصد افزایش در عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. با توجه به نتایج آزمایش‌های محققان، مایه‌زنی با نیتروژنوباکتر به‌طور متوسط افزایشی در حدود ۱۰ تا ۷۰درصد در عملکرد گیاهان مختلف، به‌ویژه غلات را به‌دنبال داشت (Idris 2003 ; Vessey 2003). در تحقیقی کود زیستی نیتروژنی بر تمام پارامترهای رشدی ذرت و طول بلال اثر معنی‌داری داشت. در این آزمایش کود زیستی نیتروژنی با افزایش جذب عنصر نیتروژن در افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه ذرت نقش مؤثری داشت (Rojas *et al*., 2001). Murungu *et al*, (2004) نیز در مطالعه‌ای روی ذرت گزارش کردند که اثر بیوپراپمینگ بذر با کود زیستی نیتروکسین نیز بر صفت طول بلال اثر معنی‌دار مثبت دارد. نتایج تحقیق Sharma (2003) نشان داد که استفاده از نیتروژنوباکتر و باکتری‌های حل‌کننده فسفات روی برنج باعث افزایش معنی‌داری در وزن ۱۰۰۰دانه برنج نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین اثر کودهای بیولوژیک حاوی نیتروژنوباکتر وآزوسپریلوم و باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر بر تعداد دانه در سنبله گندم نیز گزارش شده است (Celik *et al*., 2004).

بررسی اثرات تلقیح ریزوبیومی بر عملکرد و محتوای پروتئین شش رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) 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). افزایش رشد لوبیا بر اثر تلقیح مشترک بذر با ریزوبیوم، سودوموناس و باسیلوس (Stajkovic *et al*., 2011) و افزایش عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) بر اثر تلقیح با PGPR حاوی شش نژاد باکتریایی از نتایج مطالعات دیگر محققان درخصوص کاربرد کودهای زیستی می‌باشد (Gholami *et al*., 2009). تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات ریشه و اندام هوایی دو رقم لوبیاچیتیCOS16 و ۲۱۶۷۶ انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات ریشه و اندام هوایی دو رقم لوبیاچیتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و در شرایط کنترل‌شده در سال۱۳۹۴ انجام شد. گلدان‌ها در گلخانه در شرایط ۱۶ساعت روشنایی (دمای ۲۷-۲۵درجه سانتی‌گراد) و ۸ساعت تاریکی (۱۷-۱۵درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی۷۰درصد نگهداری شدند.

جهت انجام آزمایش، گلدان‌های ۶کیلوگرمی به ارتفاع ۳۰سانتی‌متر حاوی خاک، خاک‌برگ و ماسه بادی به ترتیب به نسبت‌های ۲۵، ۵۰ و ۲۵درصد استفاده شد (جدول ۱).

بذور لوبیاچیتی به‌طور مستقیم با تراکم هشت عدد کاشته شدند. بذور مورد استفاده در آزمایش از مرکز ملی تحقیقات لوبیا خمین تهیه شدند. تلقیح بذور با کودهای بیولوژیک به روش استاندارد (Kennedy *et al*., 2004) به دور از نور مستقیم و نیز رعایت توصیه‌های شرکت تولیدکننده[2]، همزمان

[1] PGPR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria

[2] شرکت فن‌آوری زیستی آسیا

با کاشت انجام شد؛ بدین صورت که بذور به مدت ۱۵دقیقه در مایع تلقیح خیسانده شد. پس از سبزشدن و در مرحله ۳-۲ برگی، گیاهچه‌های هر گلدان طی دو مرحله تُنک شده و در نهایت سه بوته با آرایش مثلثی در گلدان‌ها باقی ماندند. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: شش تیمار کودهای زیستی شامل ۱) نیتروکسین® (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp)، ۲) بیوفسفر® (PSB) (حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، ۳) باکتری همزیست لوبیا (*Rhizobium*، مجموعی از کودهای زیستی همزیست لوبیا)، ۴) ترکیب کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر ۵)، ۶۰کیلوگرم کود اوره در هکتار و ۶) تیمار شاهد و عامل دوم شامل دو رقم لوبیا به نام‌های COS16 و ۲۱۶۷۶ بود. قابل ذکر است که بسته‌بندی تجاری هریک از کودهای عنوان‌شده به صورت مایع و در بطری‌های یک لیتری بود و بذور قبل از کاشت به تیمارهای ذکرشده آغشته شدند. برای کنترل مگس سفید و کنه در سه مرحله اقدام به سم‌پاشی با سموم اویست و تاکامی به صورت ترکیبی و به ترتیب با نسبت‌های ۱ و ۰/۵ در ۱۰۰۰ طی دو مرحله و نیز یک مرحله از کنه‌کش پروتئوس با نسبت ۲ در ۱۰۰۰ استفاده شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

Table 1. Some of physicochemical traits of experimental soil

فسفر P	پتاسیم K	نیتروژن N	کربن آلی OC	SAR	کلسیم Ca	سدیم Na	منیزیم Mg	PH	هدایت الکتریکی Ec	نمونه Sample
ppm	ppm	%	%			$meq.l^{-1}$			dS/m	
12.5	209	0.142	0.71	5.8	10.0	15.3	12.2	7.3	2.3	Soil

نمونه‌بردای و صفات مورد مطالعه

تاریخ کاشت ۱۵اردیبهشت بود و نمونه‌گیری و اندازه‌گیری صفات از میانگین بوته‌های هر گلدان در ۵شهریور انجام شد. حجم ریشه، مجموع طول ریشه، قطرریشه، سطح ریشه و وزن خشک ریشه صفاتی بودند که پس از استخراج ریشه از گلدان، شستشو و اندازه‌گیری شدند. قطر ریشه، سطح ریشه و مجموع طول ریشه به وسیله دستگاه اسکن ریشه[۱] پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد اندازه‌گیری شد. حجم به روش استوانه مدرج و وزن خشک در آخرین مرحله و پس از قرارگرفتن ۴۸ساعت در آون با دمای ۷۰درجه سانتی‌گراد توزین و محاسبه شد. صفات مربوط به اندام‌های هوایی نیز شامل ارتفاع، وزن خشک کل، وزن خشک برگ، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف دریک مرحله و در انتهای فصل اندازه‌گیری و به صورت میانگین سه گیاه موجود در هرگلدان ثبت شد.

داده‌های حاصل از نمونه برداری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1، Sigmaplot Ver.12 و Excel Ver. 11 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه

اختلاف ارقام از نظر وزن خشک ریشه در سطح ۱درصد و تیمارهای کودی در سطح ۵درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان وزن خشک ریشه مربوط به نیتروکسین با ۱/۳گرم و کمترین میزان مربوط به کود بیولوژیکی باکتری همزیست لوبیا با ۱ گرم بود (شکل ۱). همچنین رقم۲۱۶۷۶ با میانگین ۱/۲گرم وزن خشک بیشتری نسبت به رقم COS16 با میانگین ۱ گرم به خود اختصاص داد. توسعهٔ سیستم ریشه‌ای، بهبود جذب آب و عناصر غذایی Parvizi & Nabati (2004) تنها گوشه‌ای از ظرفیت‌های کودهای زیستی درکشاورزی نوین است. باکتری‌های محرک رشد می‌توانند وزن گیاه و ریشه و راندمان جذب نیتروژن را در گیاهان افزایش دهند (Dobbelaere *et al.*, 2002).

Sokuhfar *et al*, (2008) اظهار داشتند مادهٔ خشک ریشه و مادهٔ خشک اندام‌های هوایی سویا در نتیجه تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Tajik Khaveh *et al*, (2011) گزارش کردند بیشترین وزن خشک ریشه سویا در شرایط تنش خشکی مربوط به تیمار ترکیبی کودهای بیولوژیک بوده است. Parsa *et al*, (2008) عنوان داشتند به نظر می‌رسد حضور باکتری‌های دیازوتروف، از طریق تولید هورمون‌های گیاهی باعث افزایش رشد گیاه و اختصاص

۱- Root scanner

کربن بیشتر به ریشه می‌شود. بـه نظـر مـی‌رسـد اثـر کودهـای زیستی در بهبود خصوصیات خاک نظیـر محتـوای مـاده آلـی و افزایش دسترسـی عناصـر نیتـروژن، فسـفر، پتاسـیم و عناصـر ریزمغذی در توسعه سیستم ریشه گیاه و در پی آن افزایش وزن خشک ریشه اثرگذار بوده است.

سطح ریشه

اختلاف موجود بـین ارقـام و تیمارهـای کـودی در سـطح ۱درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم۲۱۶۷۶ در ایـن صـفت بـا ۳۵سانتی‌مترمربع برتر از COS16 بـا ۳۰سـانتی‌مترمربـع بـود. بیشترین میزان سطح ریشه در تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین با ۴۰سانتی‌مترمربع به‌دست آمد (شکل ۲). این درحـالی اسـت که بین سایر تیمارهای کودی تفاوتی وجـود نداشـت. کودهـای زیستی و مواد هورمـونی حاصـل از آن سـبب فراهمـی عناصـر غذایی و رشد مناسب گیاهان مورد مطالعه شد. سطح ریشـه‌هـا نیز متأثر از تسریع در فرآیند دسترسی به عناصر غذایی و سبب گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه شد.

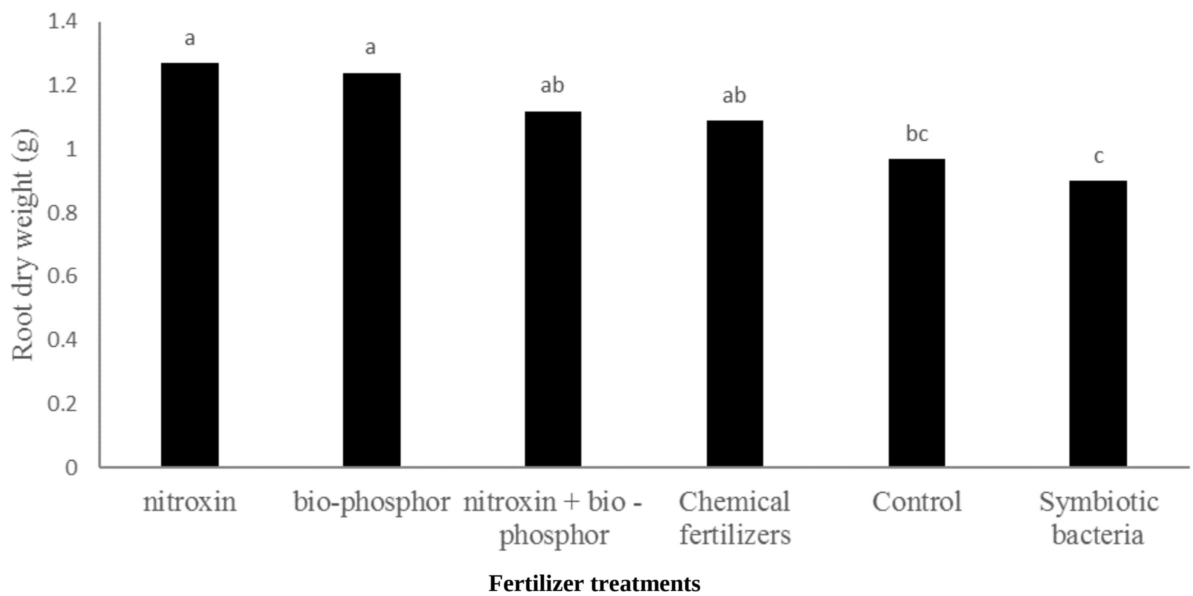
جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های وزن خشک، سطح، قطر، مجموع طول، وزن تر و حجم ریشه

Table 2. Analysis of variance for dry weight, surface, diagonal, length and volume of root indices

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	وزن خشک ریشه Root dry weight	سطح ریشه Root surface	قطر ریشه Root diagonal	مجموع طول ریشه Root sum length	حجم ریشه Root volume
Replication تکرار	5	0.1	0.6	0.001	38.88	0.19
Variety رقم	1	0.4**	3.84**	0.21**	2210.1**	10.02**
Fertilizer کود	5	0.12*	1.13**	0.01*	420.4**	4.56**
رقم x کود Fertilizer×Variety	5	0.072^{ns}	0.21^{ns}	0.013^{ns}	196.95^{ns}	2.29^{ns}
Error خطا	22	0.035	0.2	0.006	96.88	0.89
Total کل	35	0.068	0.46	0.015	214.47	1.83

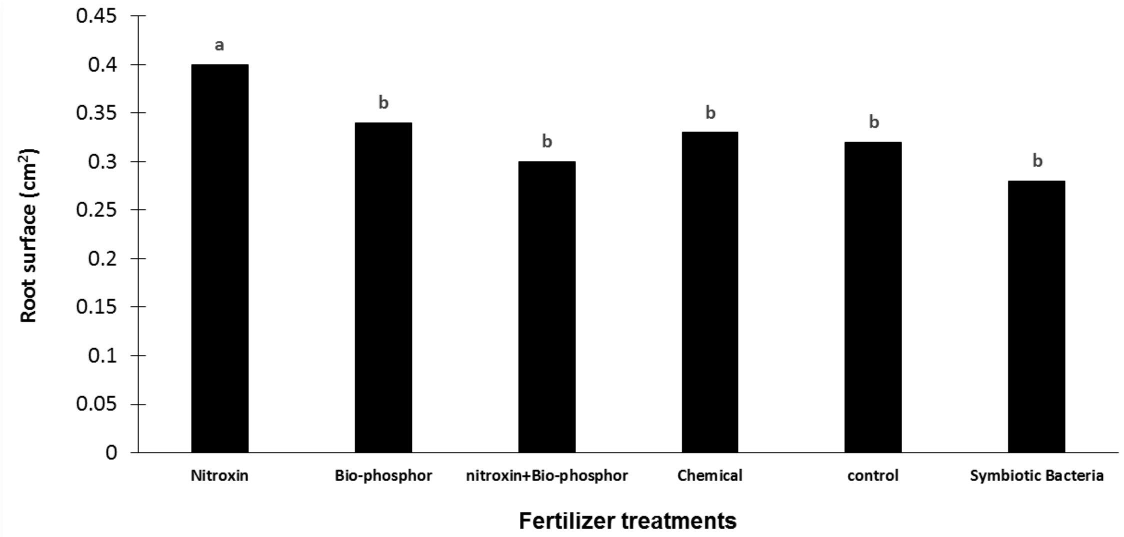
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

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



شکل ۱- اثر تیمارهای کودی بر وزن خشک ریشه لوبیا

Fig. 1. The effect of fertilizer treatments on bean root dry weight

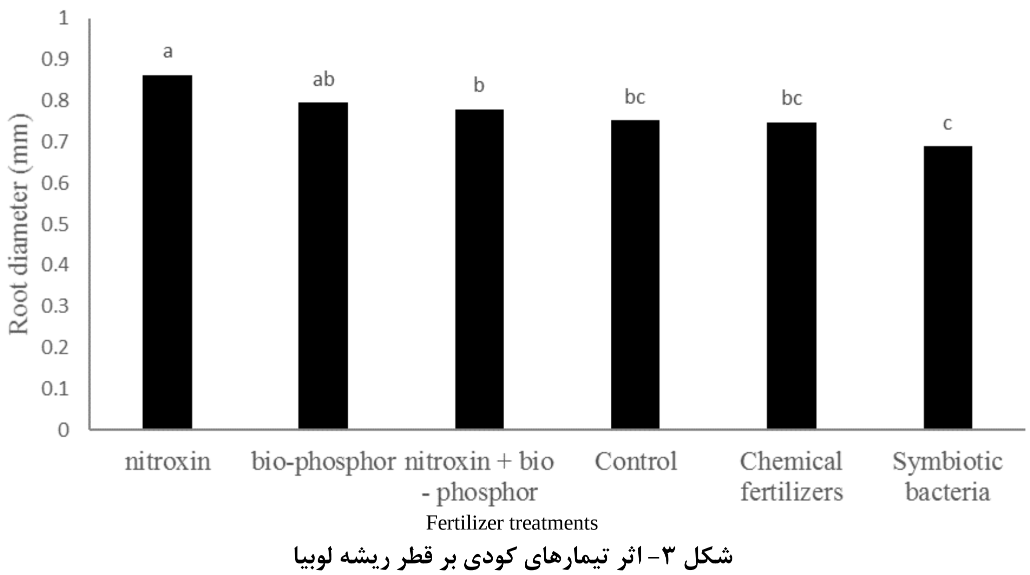


شکل ۲- اثر تیمارهای کودی بر سطح ریشه لوبیا

Fig. 2. The effect of fertilizer treatments on bean root surface

قطر ریشه

صفت قطر ریشه در ارقام در سطح ۱درصد و در تیمارهای کودی در سطح ۵درصد دارای تفاوت‌های معنی‌دار بودند (جدول ۲). رقم۲۱۶۷۶ در مقایسه با رقم COS16 دارای ریشه‌های قطورتری بود، درحالی‌که بیشترین قطر ریشه در تیمار کودی نیتروکسین و باکتری همزیست لوبیا کمترین میزان قطر را دارا بودند (شکل۳). کودهای زیستی توانمندی بسیاری در ایجاد موازنه عناصر غذایی چون فسفر و نیتروزن داشته و اثرات کاربرد آنها در جذب عناصری چون پتاسیم و فسفر از خاک شناخته شده است (Mehrpouyan *et al.*, 2010). وجود عناصر یادشده به همراه اثرات غیرمستقیم ویتامین‌ها و هورمون‌های تولیدشده در ضمن فعالیت‌های باکتریایی کودهای زیستی نقش مؤثری در رشد سلولی و افزایش قطر ریشه داشته است. از طرفی در آزمایشی Daneshian *et al*, (2010) نشان دادند که بالاترین قطر ریشه با ۳/۹۶سانتی‌متر از مصرف ۲۵درصد کود نیتروژن به همراه ۳۰تن کود دامی (بیشترین مقدار کود دامی) به دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند کودهای آلی بزرگ‌شدن سلول و تقسیم سلولی را تسریع و بهبود می بخشند.

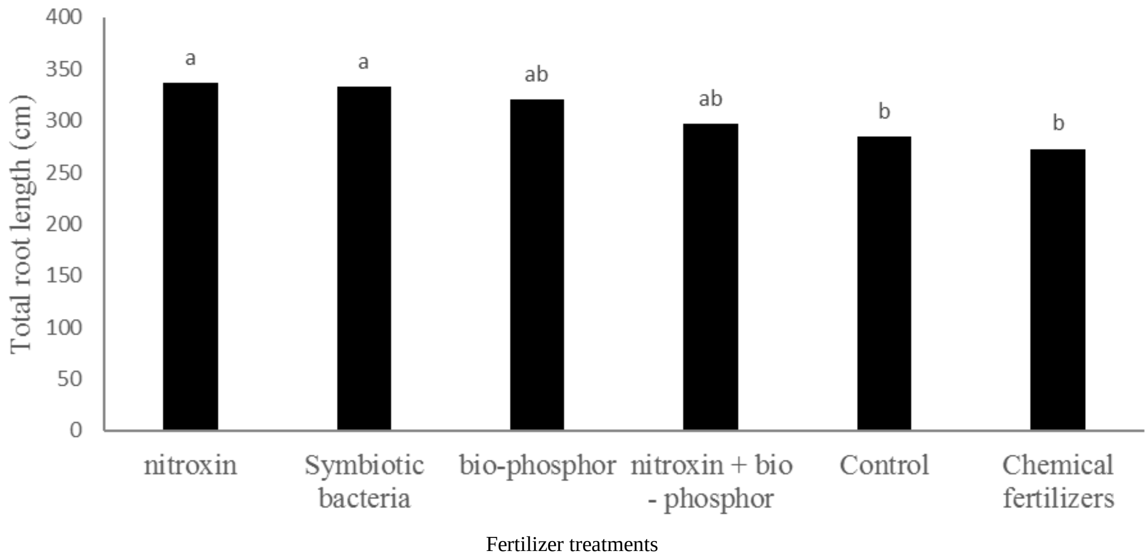


شکل ۳- اثر تیمارهای کودی بر قطر ریشه لوبیا

Fig. 3. The effect of fertilizer treatments on bean root diameter

مجموع طول ریشه

مجموع طول ریشه در ارقام و تیمارهای کودی در سطح ۱درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۲). رقم COS16 با ۳۳۰سانتی‌متر ریشه‌های طویل‌تری به نسبت رقم۲۱۶۷۶ داشت و کود زیستی نیتروکسین بیشترین تأثیر را در افزایش طول ریشه به مقدار ۳۴۵سانتی‌متر داشت (شکل۴). Cardoso & Kuyper, (2006) عنوان کردند که کود بیولوژیک (میکوریزایی) سبب رشد ریشه و در پی آن تشکیل یک نظام گسترده جذب آب می‌شود. Jahan *et al*, (2010) گزارش کردند تلقیح کدو پوست‌کاغذی با نوعی باکتری (گلوموس) سبب افزایش طول ریشه در مقایسه با گروه شاهد شد. Tilak *et al*, (2005) عنوان داشتند باکتری آزوسپیریلوم رشد ریشه را در ارزن مرواریدی افزایش داد. Barea *et al*, (2002) در تحقیق خود بر روی ذرت و علف‌چمنی نتایج مشابهی را عنوان کردند. محققانی نظیر Kapulnik *et al*, (1985)؛ Narula *et al*, (2000) و Ravi *et al*, (2001) نیز اثر تلقیح با نیتروژنوباکتر را روی طول ریشه در گندم مثبت گزارش کردند و آن را به تولید هورمون‌های محرک رشد توسط نیتروژنوباکتر نسبت دادند. Sarige *et al*, (1992) و Fulchieri & Frioni, (1994) نیز به ترتیب گزارش‌هایی را مبنی بر افزایش طول ریشه‌های سورگوم و ذرت ارائه دادند. باکتری‌های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل‌کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و کم‌مصرف موردنیاز گیاه با ساخت و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک‌ها موجب توسعه و رشد ریشه و اندام هوایی می‌شوند (Darzi *et al*., 2008). Fallahi *et al*, (2009) گزارش کردند که افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه در اثر تلقیح با آزوسپرولیوم به دلیل افزایش رشد ریشه و گسترش تارهای کشنده در اثر هورمون‌ها و برخی ماکرومولکول‌های تولیدشده توسط باکتری می‌باشد. در نهایت اثر تنظیم‌کنندگی کودهای زیستی، در کنار تولید مواد ثانویه‌ای چون هورمون‌های گیاهی، ویتامین‌ها وآنتی‌بیوتیک‌ها فضای مناسبی برای افزایش طول ریشه را فراهم می‌آورد.



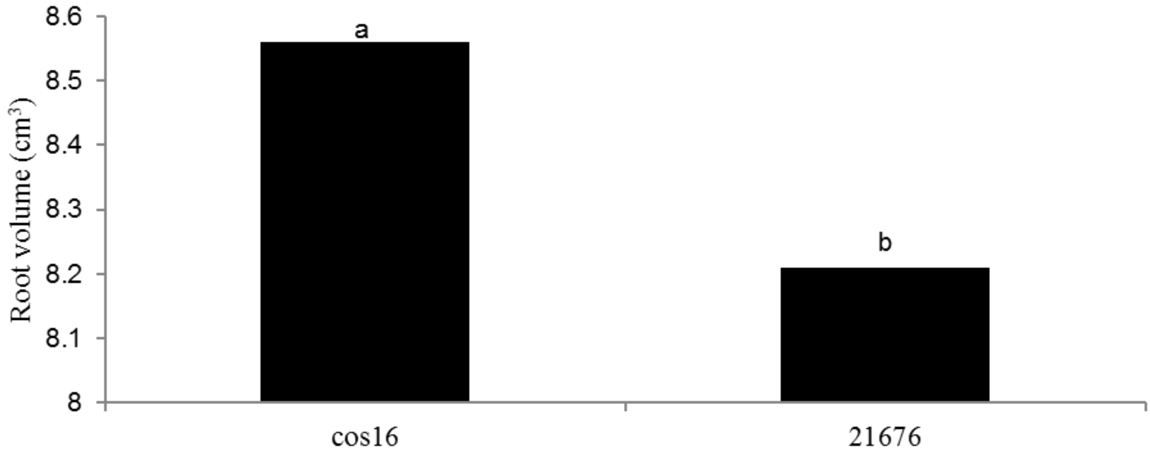
شکل ۴- اثر تیمارهای کودی بر مجموع طول ریشه لوبیا

Fig. 4. The effect of fertilizer treatments on bean total root length

حجم ریشه

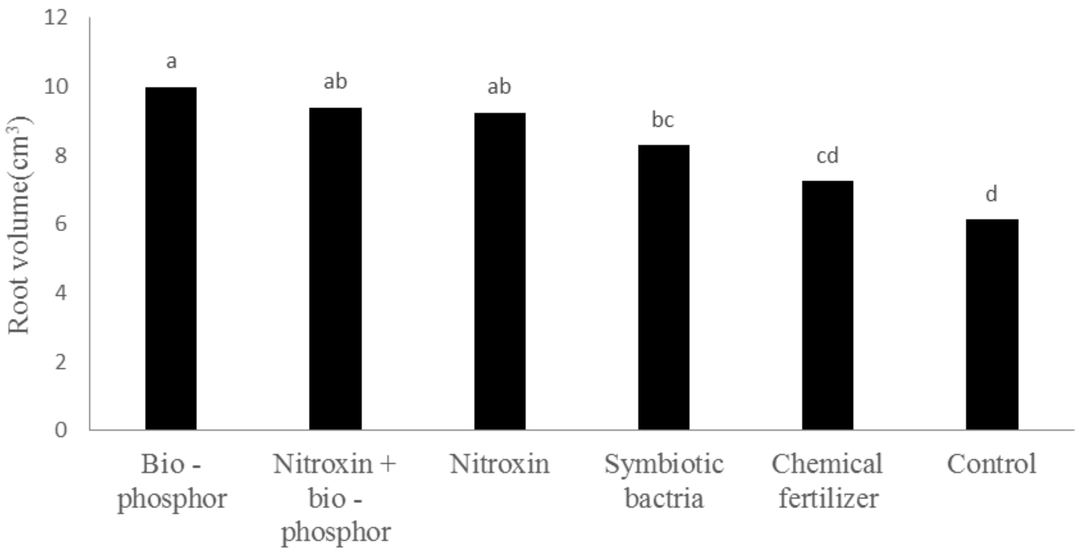
ارقام و تیمارها در سطح ۱درصد دارای تفاوت‌های معنی‌داری بودند (جدول ۲). رقم COS16 ریشه‌های حجیم‌تری نسبت به رقم۲۱۶۷۶ داشت (شکل۵) و تیمار کودی بیوفسفر نیز بیشترین اثر در افزایش حجم را به خود اختصاص داد (شکل ۶). تحقیق انجام‌شده توسط Rezvan Beidokhti *et al*., (2009) نیز حاکی از اثرات مثبت کودهای بیولوژیک در افزایش حجم ریشه‌های گندم داشت. گونه‌های مختلف باکتریایی موجود در کودهای زیستی از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند (Abdul Jaleel *et al*., 2007). حال این در بخش ریشه می‌تواند خود را به شکل افزایش حجم ریشه، طول و سایر پارامترهای مرتبط نشان دهد. فسفات جذب‌شده در خاک را به دو بخش عمده قابل و غیرقابل

دسترس تقسیم‌بندی می‌کنند. غلظت فسفات در محلول خاک و حفظ این غلظت تأثیری به‌سزایی در رشد گیاه دارد. هر گاه سایر عوامل محدودکننده نباشند، رشد گیاه با مقدار فسفات جذب‌شده به وسیله ریشه مناسب است.



شکل ۵- اثر ارقام لوبیا بر حجم ریشه

Fig. 5. The effect of treatment on bean varieties roots volume



شکل ۶- اثر تیمارهای کودی بر حجم ریشه

Fig. 6. Effect of treatment of fertilizers on root volume

وزن خشک کل

اثر رقم و تیمارهای کودی از نظر وزن خشک در سطح ۱درصد و اثر متقابل آنها نیز در سطح ۵درصد تفاوت معنی‌دار را نشان داد (جدول ۳). Mall & Patidar (2004) در بررسی اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر خصوصیات گیاه سورگوم بیان داشتند که تیمار آزوسپریلیوم و حل‌کننده فسفات به‌دلیل تأثیر مثبت بر رشد گیاه، باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی شدند. دراین صفت نیز بیوفسفر بیشترین وزن خشک کل و باکتری همزیست کمترین میزان را به خود اختصاص دادند (شکل ۷). درمورد اثرات متقابل نیز رقم COS16 تلقیح‌شده با کودبیولوژیک بیوفسفر بیشترین میزان وزن خشک کل و همین رقم در تیمار کنترل، کمترین میزان را به خود اختصاص داد (شکل ۸). گزارش Rajaei *et al*, (2007) در گیاه رازیانه نیز حاکی از آن است که حداکثر وزن خشک بوته در تیمار کاربرد

نیتروژنوباکتر، آزوسپریلیوم به‌دست آمد. چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و ترشح انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسیدهای آلی) و نیز افزایش فراهمی عناصر غذایی (Kartikian *et al*., 2007) سبب افزایش فتوسنتز و در نهایت بهبود ماده خشک می‌گردد.

وزن خشک برگ

در این صفت تیمارهای کودی در سطح ۱درصد تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). بیشترین آن مربوط به تیمار بیوفسفر و کمترین آن در تیمار باکتری همزیست مشاهده شد (شکل ۹). بعد از نیتروژن عنصر فسفر مهم‌ترین عنصر غذایی ضروری و پرمصرف مورد نیاز گیاه بود و مهم‌ترین نقش آن در فرآیند تولید و انتقال انرژی است.

فسفر در انتقال انرژی در گیاهان نقش دارد، بنابراین در فعالیت متابولیکی گیاه نقش داشته و به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد و تخصیص مواد از این طریق تأثیر می‌گذارد. کودهای بیولوژیک تثبیت‌کننده نیتروژن نیز اساساً با تحریک رشد رویشی گیاه علاوه بر افزایش سطح برگ موجبات افزایش وزن برگ را نیز فراهم می‌آورد (Darzi *et al*., 2010).

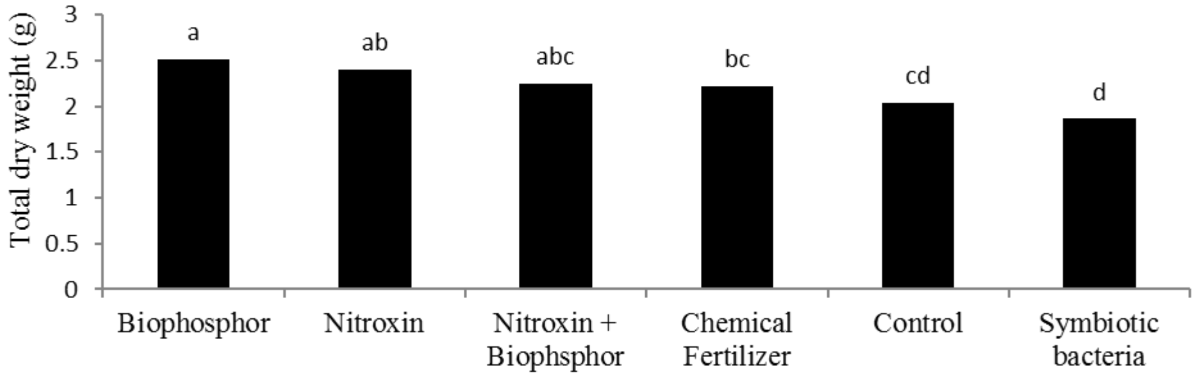
جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های وزن خشک کل، وزن خشک برگ، ارتفاع، تعداد غلاف دربوته و تعداد دانه درغلاف

Table 3. Analysis of variance total dry weight, leaf dry weight, height, number of pods per plant and the number of seeds per pod

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	وزن خشک کل Total dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	ارتفاع Height	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف The number of seeds per pod
Replication تکرار	2	0.01	0.004	121.33	0.77	0.33
Variety رقم	1	0.46**	0.043ns	324**	3.36**	6.25**
Fertilizer کود	5	0.33**	0.1**	122.35**	9.96**	18.25**
رقم × کود Fertilizer×Variety	5	0.11*	0.011ns	78.9**	0.49ns	0.38*
Error خطا	22	0.032	0.012	7.56	0.26	0.12
Total کل	35	0.098	0.026	49.77	1.79	2.93

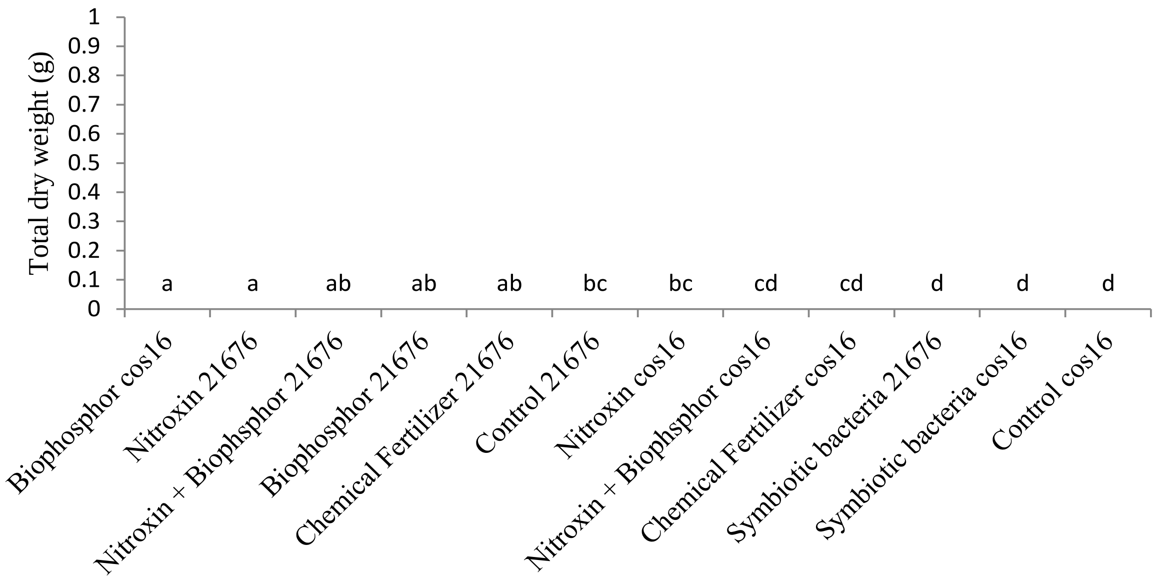
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

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



شکل ۷- اثر تیمارهای کودی بر وزن خشک کل لوبیا

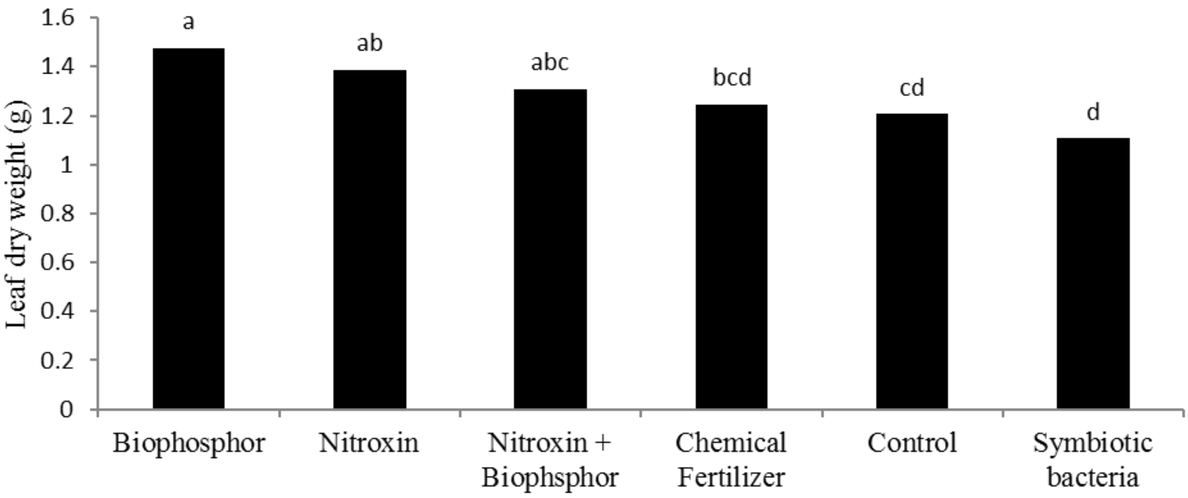
Fig. 7. Effect of fertilizer treatments on Bean total dry weight



The interaction between fertilizer and cultivars

شکل۸- برهمکنش تیمارهای کودی و رقم بر وزن خشک کل لوبیا

Fig. 8. Interaction of fertilizers and cultivar on bean total dry weight



Fertilizer treatments

شکل ۹. اثر تیمارهای کودی بر وزن خشک برگ لوبیا

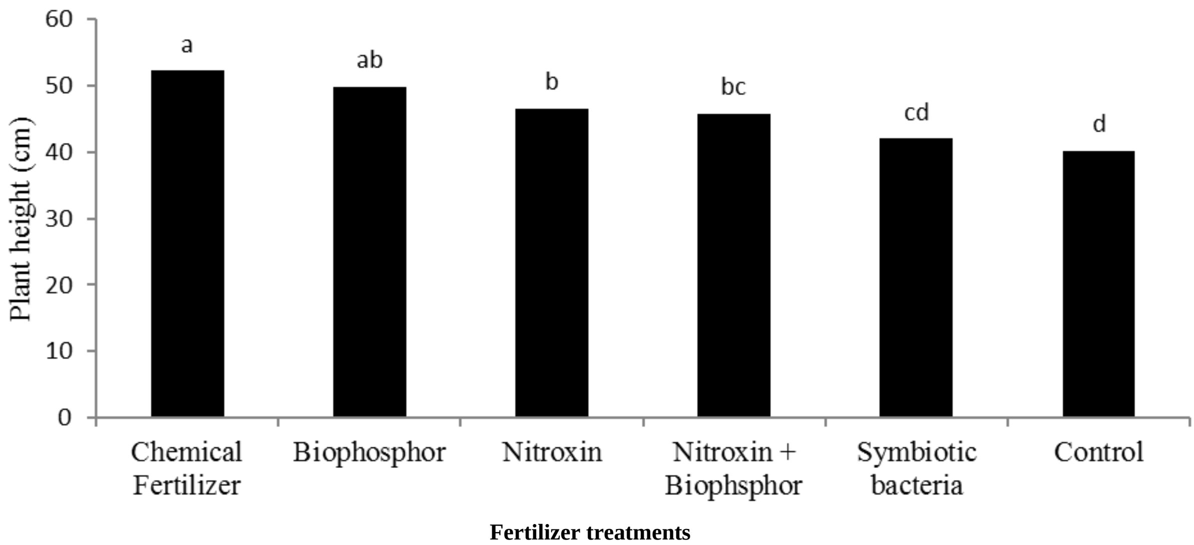
Fig. 9. Effect of fertilizer treatments on bean leaf dry weight

از آنجایی که نیتروژن یکی از اجزای اصلی کلروفیل می باشد، به نظر می‌رسد تأمین مقادیر کافی از این عنصر موجب افزیش کلروفیل و در نتیجه افزایش رشد و وزن خشک برگ گردیده است.

ارتفاع بوته

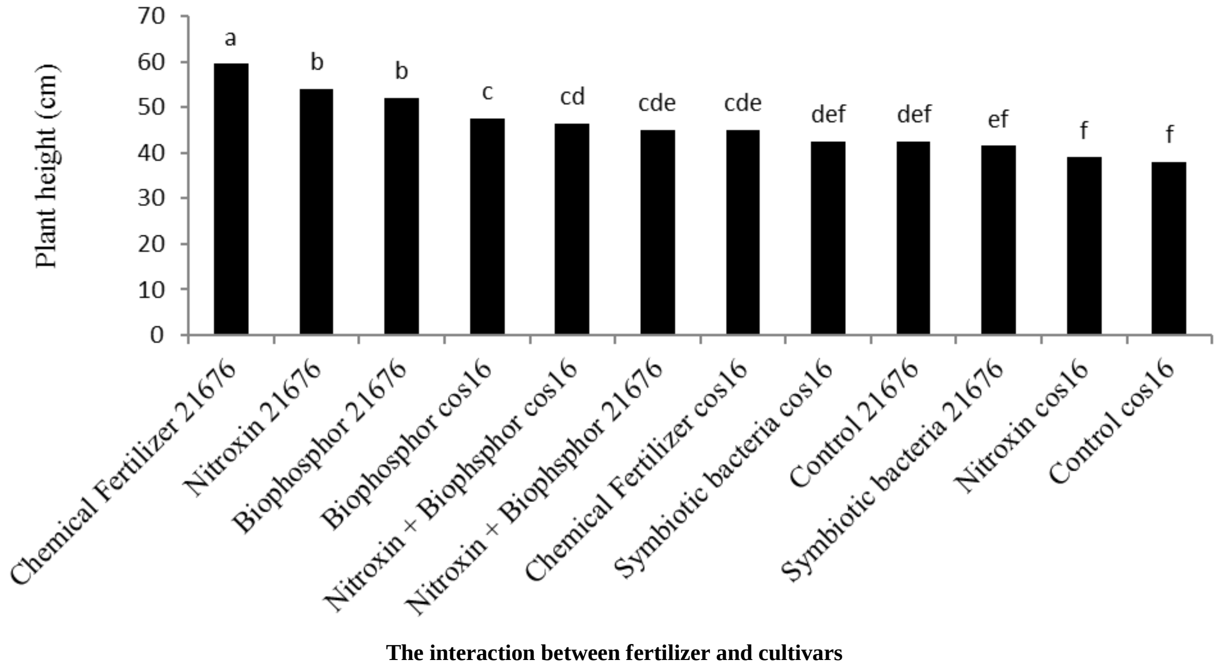
در این صفت تیمارهای کودی، ارقام و اثرات متقابل در سطح ۱درصد دارای تفاوت‌های معنی‌دار بودند (جدول ۳). بیشترین ارتفاع مربوط به کود شیمیایی و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۰). رقم۲۱۶۷۶ ارتفاع بیشتری نسبت به COS16 داشت و در مورد اثرات متقابل نیز کود شیمیایی و رقم۲۱۶۷۶ بیشترین و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد و رقم COS16 حاصل شد (شکل ۱۱). Brik & Gosoami (2003) گزارش کردند که تلقیح بذرهای گندم با آزوسپیریلوم تأثیر مثبتی بر ارتفاع بوته و طول سنبله گندم داشت. (2009) Ardekani نیز افزایش ارتفاع گیاه ناشی از کاربرد باکتری‌های

محرک رشد را در گندم گزارش کردنـد. Makizadeh (2010) گزارش کرد که ارتفاع گیاه شوید تحـت تـأثیر تیمارهـای کـود زیستی و شیمیایی قرار گرفت و از آنجا که کود شیمیایی سبب افزایش رشد رویشی گیاه و به تبع آن افزایش طـول گیـاه مـی گردد، بیشترین میزان ارتفاع گیاه مربوط به کود شیمیایی بـود، هرچند که اثر ایـن تیمـار بـا تیمـار کـود زیسـتی نیتروکسـین معنی‌دار نبود.



شکل ۱۰- اثر تیمارهای کودی بر ارتفاع گیاه لوبیا

Fig. 10. Effect of fertilizer treatments on bean plant height



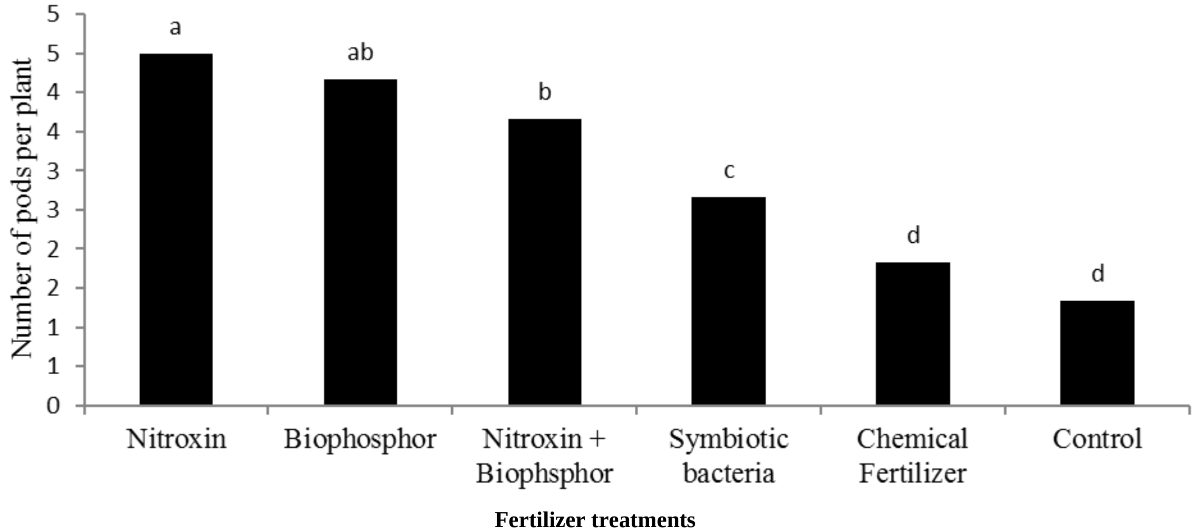
شکل ۱۱- برهمکنش تیمارهای کودی و رقم بر ارتفاع گیاه لوبیا

Fig. 11. Interaction of fertilizers and cultivar on bean plant height

تعداد غلاف در بوته

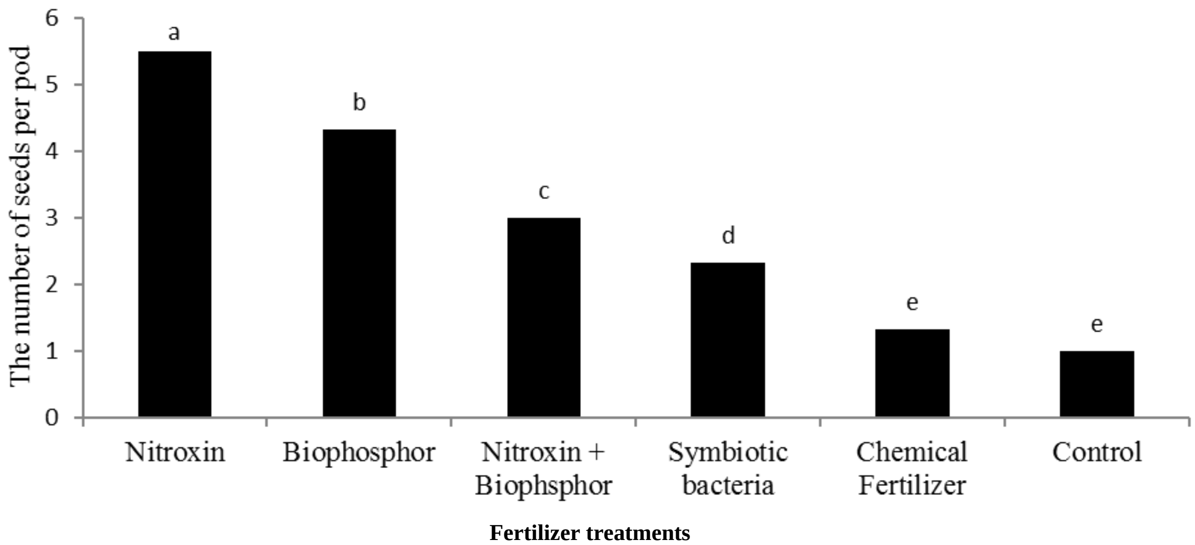
اختلاف تیمارهای کودی و ارقام لوبیا از نظر تعـداد غـلاف در بوته در سطح ۱درصد معنی‌دار بود (جـدول ۳). نیتروکسـین بیشترین میـزان غـلاف و شـاهد کمتـرین (۵۰درصـد کـاهش) میـزان غـلاف را نشـان داد (شـکل۱۲). رقـم COS16 غـلاف بیشتری به نسبت رقم۲۱۶۷۶ داشـت. نتـایج تحقیقـی بـر روی

نقش کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم نشان داد تلقیح نخـود بـا کودهـای بیولوژیـک تـأثیر معنی‌داری روی تعداد غلاف و وزن۱۰۰دانه داشت (Solimane & Asgharzadeh, 2010) و کودهای زیستی به دلیل توانـایی در افزایش جذب فسفر نـامحلول موجـود در خـاک، در مرحلـه زایشی و باروری گیاه تأثیر دارد (Sterada *et al*, 2003).



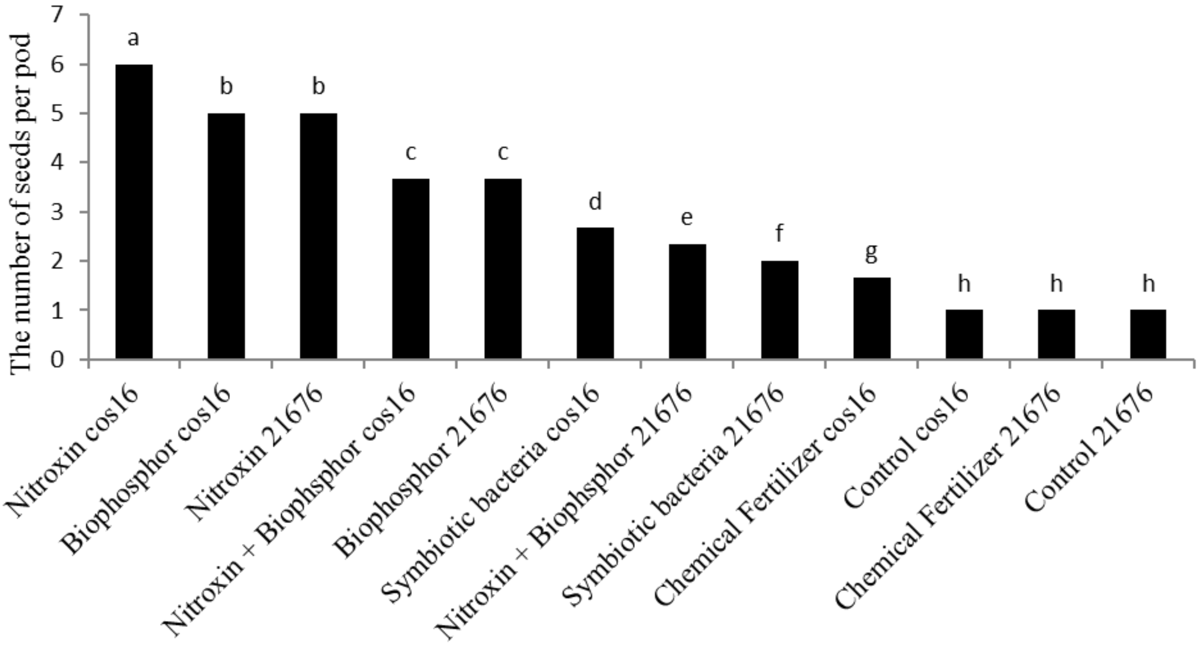
شکل ۱۲- اثر تیمارهای کودی بر تعداد غلاف لوبیا

Fig. 12. Effect of fertilizer treatments on bean number of pods



شکل۱۳- اثر تیمارهای کودی بر تعداد دانه در غلاف لوبیا

Fig. 13. Effect of fertilizer treatments on bean number of seeds per pod



شکل۱۴- برهمکنش رقم و تیمارهای کودی بر تعداد دانه در غلاف لوبیا

Fig. 14. Interaction of cultivars and fertilizer treatments on bean number of seeds per pod

تعداد دانه در غلاف

در این صفت تیمارهای کودی و ارقام در سطح ۱درصد و اثرات متقابل آنها در سطح ۵درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳ و شکل‌های ۱۳ و ۱۴). در انستیتو تحقیقات کشاورزی هندوستان، تحقیقات بسیاری در استفاده از فسفوباکترین روی گندم، شبدر برسیم، ذرت، دال‌عدس و برنج در شرایط زراعی انجام شده است. نتایج نشان داد که تحت شرایط زراعی متفاوت از کل تعداد ۳۷آزمایش زراعی انجام شده، عملکرد گیاهان در ۱۰آزمایش در مقایسه با شاهد به‌طور محسوسی افزایش داشت (Asadi Rahmane *et al*, 2005). کودهای بیولوژیک تثبیت‌کننده نیتروژن نیز با تحریک رشد گیاه زمینه افزایش تعداد دانه درغلاف را فراهم می‌آورند. در اثر متقابل تیمارهای کودی و ارقام بیشترین تعداد دانه درغلاف در تیمار نیتروکسین COS16 و کمترین میزان در شاهد و رقم۲۱۶۷۶ (۸۰درصد کاهش) به‌دست آمد (شکل‌های ۱۳ و ۱۴). رقم COS16 تعداد دانه بیشتری به نسبت ۲۱۶۷۶ در غلاف‌های خود داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تأثیر کودهای مورد آزمایش بر خصوصیات ریشه و اندام هوایی رقم۲۱۶۷۶ در صفات مورد بررسی نسبت به رقم COS16 واکنش بهتری داشت و در بین کودهای استفاده‌شده کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر نیز بیشترین اثر را بر تغییر کمّی صفات از خود نشان داد. به نظر می‌رسد باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp. که اصلی‌ترین محتویات کود زیستی نیتروکسین را شامل می‌شوند، به دلیل توانایی بالا در تثبیت نیتروژن و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه همچون فسفر، پتاسیم، تولید سیدروفور و محلول‌سازی آهن، سنتز فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین، سیتوکینین، جیبرلین و سنتز آنزیم‌هایی که رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، اثرات مثبتی بر صفات مورد بررسی به‌خصوص در رقم۲۱۶۷۶ نشان دادند. ولی به‌نظر می‌رسد علت تأثیر کمتر سایر کودها در فراهمی عناصر غذایی به‌دلیل نیاز به بازه زمانی بیشتر باشد، به‌طوری‌که کودهای حاصل از همزیستی برای تأمین فسفر و نیتروژن در سال دوم به بعد برای گیاه زراعی مفیدتر می‌باشند.

منابع

1. Banchio E, Xie X, Zhang H., and Pare, P.W. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 653-657.
2. Bashan, Y. 2005. Fresh-weight measurements of roots provide inaccurate estimates of the effects of plant growth promoting bacteria on root growth: a critical examination. Soil Biology Biochemistry 37: 1795-1804.
3. Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78: 59-67.
4. Daneshian, J., Rahmani, N., and Alimohammadi, M. 2002. The impact of the application of manure and nitrogen on physiological characteristics of marigold plants (*Calendula officinalis* L.) under drought stress. The New Findings Agriculture 6: 232-240. (In Persian with English Summary).
5. Darzi, M., Ghalavand, O.R., and Rejali, P. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and bio-fertilizer phosphate flowering, biological yield and root symbiosis on fennel. Iranian Journal of Crop Sciences 10: 88-109. (In Persian with English Summary).
6. Esitken, A., Yildiz, H.E., Ercisli, S., Figen Donmez, M., Turan, M., and Gunes, A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. Journal of Horticultural Science 124: 62-66.
7. Gholami Sharafkhaneh, A. 1392. The effect of organic fertilizer, chemical and biological uptake and use efficiency of light in Savory (*Satureja hortensis* L.). MSc. Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
8. Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and Azotobacter on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 539-543.
9. Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal Biology Science 2: 259-261.
10. Kok, B. 1998. Procedure for estimating ratio of live to dead dry matter in root core samples. Crop Science 58: 128-132.
11. Koochki, A. 1997. Sustainable agriculture, insight or method? Journal of Agricultural Economics and Development 20: 53-72. (In Persian with English Summary).
12. Kumar, V., Behl, R.K., and Narula, N. 2001. Establishment of phosphate-solubilizing strains of *Azetobacter chroococcum* in the rhizospher and their effect on wheat culunder green house conditions. Department of Microbiology, CCS Haryana Agricultural University, Hysar Microbiology Research 156: 87-93.
13. Malakoti, M.J., and Gaebi, M.N. 1379. Determination of Critical Levels of Nutrients in Strategic Products, Agricultural Education Publishing, Karaj, Iran (In Persian with English Summary).
14. Murungu F.S., Chiduza, C., Nyamugafata, P., Clark, L.J., Whalley, W.R., and Finch-Savage, W.E. 2004. Effects of on farm seed priming on consecutive daily sowing decisions on the amgen and growth of the maize in semi-arid Zimbabwe. Field Crop Research 89: 49-57.
15. Newman, E.I. 1994. Relationship between root growth of flax and water potential. New Phytologist Journal 65: 273-283.
16. Okon, Y., and Labandera, C. 1994. Agronomic application of Azospirillum: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biology and Biochemistry 26: 1591-1601.
17. Ramazanian, A. 2005. Introduction of rhizobium bacteria as Plant Growth Promoting Regulators (PGPR). (Abstracts). In: Abstract Book of First Iranian Pulse Crop Symposium, November 20, Ferdowsi University of Mashhad. p. 233. (In Persian with English Summary).
18. RezvaniMoghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Moradi, R. 2010. Effects of chemical fertilizer and organic manure on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different densities. Journal Agroecology 2(2): 256-265. (In Persian with English Summary).
19. Rojas, A., Holguin, G., Glick, B., and Bashan, Y. 2001. Synergism between Phyllobacterium spp. (N_2-Fixer), and *Bacillus licheniformis* (P-Solubilizer), both from a semiarid mangrove rhizosphere, FEMS. Microbiology and Ecology 35: 181-187.
20. Saleh Rastin, N. 2001. The role of biological fertilizer to reaching to sustainable agriculture. Journal of Water and Soil 23: 19-23. (In Persian with English Summary).
21. Schultze, M. 1998. Regulation of symbiotic root nodule development. Annual Review Genetics 32: 33-57.
22. Sharma, A.K. 2003. Biofertilizer for Sustainable Agriculture. Agrobios (India). ISBN-10: 8177541188.

23. Srmdnya, Gh., and Koochki, A. 1990. Crop Physiology. Publishing by Tehran University. p: 45-73. (In Persian with English Summary).
24. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.
25. Vinutha, T. 2005. Biochemical studies on *Ocimum* sp. inoculated with microbial inoculants. MSc. (Agri.) Thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.
26. Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 2, 2018, p. 204-219

Effects of biofertilizers on root and shoot characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars

Sanei[1], S., Goldani[2*], M. & Parsa[3], M.

1. Agroecology MSc. Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, sa1239079@ymail.com
2. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Department of Legumes, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, parsa@um.ac.ir

Received: 19 August 2016
Accepted: 3 May 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v9i2.57711

Introduction

Human as the greatest utilization of land resources without posterity note with the aim being to further develop the standard of living, and ultimately increase the health of the population is taken. So that in 2025 the world population will reach over 8.3 billion people. Since the 1950s, the process was accelerated population growth, Agriculture provides food and supplies to people. The use of chemical fertilizers also as an agent to increase the amount of spread. Accordingly, applying the methods of sustainable agriculture and ecological agriculture to lead the world is required (Kochaki *et al*., 2005). Many studies suggest that the issue of excessive use of chemical fertilizers, crop yield has been faced with a significant drop (Khaje Hosseini & Koocheki, 2008). The reason for this decline is attributable to the lack of balance acidity of the soil; reduce soil biological activity, physico-chemical properties of soil loss (Kaushik & Garg, 2003; Adediran *et al*., 2004). Loss of biodiversity and groundwater and surface water (Brar *et al*., 2008) pollution and climate change cited. The use of biofertilizers in addition to economic benefits reduces environmental pollution, reduce production costs and improve product quality implications (Aseri *et al*., 2008). In addition legume plants are an important source of plant protein, which is important for low-income community. The positive effects of bio-fertilizers, especially in the root zone is the maintenance of water and food. The aim of this study is to investigate the effects of biological and chemical fertilizers on root and shoot characteristics pinto bean cultivars is COS16 and 21676.

Materials & Methods

In order to evaluate the effect of biofertilizers on root characteristics of two varieties of beans, an experiment was conducted on factorial arrangement base on completely randomized design with three replications as in research greenhouses College of Ferdowsi University of Mashhad in 2014. In this test we used pots was filled 1:1:1 relatively ratio with leaf compost, soil and sand. The first factor was two varities pinto bean (COS16 and 21676) and the second factor was six treatments of bio-fertilizers include 1) Nitroxin® (containing bacteria Azotobacter sp. And Azospirillum sp), 2) Bio - Phosphorus ® (PSB) (containing phosphate solubilizing bacteria Bacillus sp., And Pseudomonas sp.), 3) bacteria coexist beans (Rhizobium), total organic fertilizers symbiotic beans), 4) compound fertilizers Nitroxin and Bio-Phosphorus, 5) 60 kg urea per hectare, and 6) control. Seeds was obtained from the National Research Center Beans Khomeini. Inoculating seeds with biofertilizers base on standard method (Kennedy *et al*., 2004) away from direct light and follow the manufacturer's recommendations, along with the planting was done. By watering each pot was half a liter bottles. At the end was measure all morphological roots and shoot traits.

Results & Discussion

Resulted of analysis variation showed that the highest and lowest root dry weight was achieved in nitroxin and symbiotic bacteria treatement respectively. The 21676 vareity root dry weight was more than the COS16 vareity. Nitroxin bio-fertilizer had the greatest impact on root length and COS16 variety was

***Corresponding Author:** goldani@um.ac.ir

longer than the 20676 variety. COS16 variety inoculated with bio-phosphorus fertilizer had the highest total dry weight. The COS16 variety was the lowest dry weight in control. The highest and lowest pods number recorderd in Nitroxin treatemnt and control, respectively. The highest umber of seeds per pod was in the treatment nitroxin and COS16, and the lowest in control and the 21676.

Conclusion

It seems that bacteria *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp. which is the main contents are included nitroxin bio-fertilizer, high in nitrogen fixation ability and the availability of nutrients needed by plants such as phosphorus, potassium, iron-siderophore production and Mhlvlsazy, the synthesis of phytohormones such as auxin, cytokinin, gibberellin the synthesis of enzymes that affect plant growth and development, especially in the 21676 positive effects on the traits of their own.

Keywords: Beans, Biofertilizers, Bio-phosphorus, Low-input agriculture, Nitroxin, Stability

پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران جلد۹ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم۱۳۹۷، شمارهٔ پیاپی: ۱۸

(به‌ترتیب حروف الفبا)

دکتر	هادی	اسدی رحمانی	مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج
دکتر	سپیده	انورخواه	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمد	بنایان اول	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مهدی	پارسا	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	احمدعلی	پوربابایی	پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
دکتر	محمودرضا	تدین	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
دکتر	محسن	جهان	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	کمال	حاج‌محمدنیا قالیباف	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سعیدرضا	حسین‌زاده	گروه زیست‌شناسی دانشگاه صنعتی خاتم‌الأنبیاء بهبهان
دکتر	رضا	خراسانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجید	دشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی خراسان رضوی
دکتر	عباس	ستوده‌نیا	دانشگاه امام خمینی(ره) قزوین
دکتر	سارا	سنجانی	مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
دکتر	محمدحسین	شریعتمداری	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	داود	صادق‌زاده اهری	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور- مراغه
دکتر	محمد	عبداللهی	دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج
دکتر	مهدی	عزیزی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی خراسان رضوی
دکتر	مرتضی	عظیم‌زاده	دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد شیروان
دکتر	اکبر	علی‌وردی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان
دکتر	مجید	فکری	دانشگاه شهیدباهنر کرمان
دکتر	بیژن	قهرمان	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سید عبدالرضا	کاظمینی	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	علی‌اکبر	کامگار حقیقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
دکتر	همایون	کانونی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
دکتر	غلامرضا	محسن‌آبادی	دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
دکتر	سید حسن	مرعشی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	عصمت	مهدیخانی مقدم	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سیدعلیرضا	موحدی نائینی	دانشگاه گرگان
دکتر	جعفر	نباتی	پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

پژوهش های حبوبات ایران

دوفصلنامه علمی-پژوهشی

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. 9, No. 2, 2018, S. No.: 18

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 9, No. 2, 2018, S. No.: 18

Published by: Ferdowsi University of Mashhad
Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi
Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami
Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

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. 9(2) December 2018 S.No.18

(Complete list, inside the journal…)

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