

پژوهش های حبوبات ایران

ISSN 2008-725X

نشریه علمی - دوفصلنامه

پژوهشگاه علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

سال (دوره) ۱۱، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۹ - شماره پستی: ۲۱



با همکاری



دانشگاه صنعتی امینستان



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید بهشتی تهران



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان



دانشگاه علوم پزشکی تهران



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

- ارزیابی استفاده از رهیافت اختلاط مالچ با علف کش های تریفلورالین و ایمازتاپیر در کنترل علف های هرز نخود (*Cicer arietinum* L.)
آرش مقصودی، ابراهیم ایزدی دربندی و احمد نظامی
- ردیابی و تسوایی یابی ژن گدکننده پروتئین مرتبط با بیماری زایی PR10 در نخود (*Cicer arietinum* L.)
مریم نوری شکرتو، فاطمه ذاکر تولایی و فرهاد شکوهی فر
- مدل سازی مراحل فنولوژیک و پارامترهای عملکردی گیاه باقلا در شرایط شرق استان گلستان (ارزیابی مدل)
علی راحمی کاریزکی و سیدحسین حسینی
- تأثیر مدیریت تغذیه بر مراحل فنولوژیک، کارایی مصرف نور و عملکرد زراعی (*Cicer arietinum* L.) تحت تأثیر تاریخ کاشت
فریما دعائی، علی نخزری مقدم، علی راحمی کاریزکی و مجید الداغی
- ارزیابی تناسب اراضی استان گلستان جهت کشت نخود فرنگی بر اساس عوامل اقلیمی
مهدی تراشی، علی راحمی کاریزکی، عباس بیابانی و محمد صلاحی فراخی
- ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ های باقلا (*Vicia faba* L.) با استفاده از روش های آماری چندمتغیره
حسین آسترکی، پیمان شریفی، فاطمه شیخ و علی ایزدی دربندی
- ارزیابی واکنش ژنوتیپ های نخود به آبیاری تکمیلی در مراغه
داود صادق زاده اهری
- مطالعه تغییرات بیان ژن CAT و فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام عدس (*Lensculinaris Medik*) تحت تنش خشکی
منیژه رحیمی، مهرآنا کوهی دهکردی و عبدالرزاق دانش شهرکی
- کنترل پوسیدگی و پژمردگی فوزاریومی ریشه نخود با عوامل *Fusarium solani* و *Fusarium oxysporum* با استفاده از باکتری های محرک رشد گیاه
مسعود سهرابی، خسرو چهری و روح الله شریفی

(فهرست کامل، داخل نشریه...)

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

سال (دوره) ۱۱، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۹ - شماره پیاپی: ۲۱

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: دکتر محمد کافی
سر دبیر: دکتر احمد نظامی
مدیر اجرایی: مهندس حسن پُرسا
هیئت تحریریه:

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان	احمد ارزانی
استاد حشره‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز	هادی استوان
استاد بیماری‌های گیاهی، دانشگاه شیراز	علیرضا افشاری‌فر
دانشیار ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان	علی ایزدی دربندی
استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	نادعلی بابائیان جلودار
استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد	عبدالرضا باقری
استاد خاک‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد	غلامحسین حق نیا
استاد اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان	سیدحسین صباغ‌پور
استاد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد	محمد کافی
استاد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	سرالله گالشی
استاد زراعت، دانشگاه زابل	محمد گلوی
دانشیار فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد	علی گنجعلی
استاد زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران	ناصر مجنون حسینی
استاد گیاه‌پزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان	حسین معصومی
استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد	احمد نظامی

ویراستار: مهندس حسن پُرسا (ویراستار ادبی، فنی و علمی)
دکتر محمد بنایان اول (ویراستار چکیده مبسوط انگلیسی)

همکاران این شماره: حامد طلاچیان - رحمان اسدی

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

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:



نشانی:

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

پست الکترونیک: ijpr@um.ac.ir

تارنما: <http://ijpr.um.ac.ir>

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

سال (دوره) ۱۱، شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۹، شماره پیاپی: ۲۱

عنوان مقاله	نویسنده (گان)	صفحه
• ارزیابی استفاده از رهیافت اختلاط مالچ با علف‌کش‌های تریفلورالین و ایمازتاپیر در کنترل علف‌های هرز نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.)	آرش مقصودی، ابراهیم ایزدی‌دربندی و احمد نظامی	۱۲
• ردیابی و توالی‌یابی ژن‌گدکننده پروتئین مرتبط با بیماری‌زایی PR10 در نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.)	مریم نوری شکر تو، فاطمه ذاکرتولایی و فرهاد شکوهی‌فر	۲۶
• مدل‌سازی مراحل فنولوژیک و پارامترهای عملکردی گیاه باقلا در شرایط شرق استان گلستان (ارزیابی مدل)	علی‌راحمی کاریزکی و سیدحسین حسینی	۳۸
• تأثیر مدیریت تغذیه بر مراحل فنولوژیک، کارآیی مصرف نور و عملکرد نخود زراعی (<i>Cicer arietinum</i> L.) تحت تأثیر تاریخ کاشت	فریما دعائی، علی نخزری‌مقدم، علی‌راحمی کاریزکی و مجید الداغی	۴۹
• ارزیابی تناسب اراضی استان گلستان جهت کشت نخودفرنگی بر اساس عوامل اقلیمی	مهدی تراشی، علی‌راحمی کاریزکی، عباس بیابانی و محمد صلاحی فراحی	۶۲
• ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های باقلا (<i>Vicia faba</i> L.) با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره	حسین آسترکی، پیمان شریفی، فاطمه شیخ و علی ایزدی‌دربندی	۷۴
• ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های نخود به آبیاری تکمیلی در مراغه	داود صادق‌زاده اهری	۸۸
• مطالعه تغییرات بیان ژن CAT و فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام عدس (<i>Lens culinaris</i> Medik.) تحت تنش خشکی	منیژه رحیمی، مهرآنا کوهی دهکردی و عبدالرزاق دانش‌شهرکی	۱۰۰
• کنترل پوسیدگی و پژمردگی فوزاریومی ریشه نخود با عوامل <i>Fusarium solani</i> و <i>Fusarium oxysporum</i> با استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه	مسعود سهرابی، خسرو چهری و روح‌الله شریفی	۱۱۲
• تأثیر پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی (<i>Vigna unguiculata</i> L.) در شرایط مدیریت کم‌آبیاری	پروانه ممبینی و سیدکیوان مرعشی	۱۲۴

۱۳۴	فهیمة رضایوریان قهفرخی، سرالله گالشی، ابراهیم زینلی و بنیامین ترابی	• اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد، مایکوریزا و مقادیر فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (<i>Vigna radiata</i> L.)
۱۵۲	داود صادق‌زاده اهری و یداله فرایندی	• بررسی تنوع در برخی صفات زراعی و عملکرد توده بومی عدس منطقه کوهین قزوین
۱۶۳	سیدمحمدناصح حسینی، سیروس منصوری فر و محسن سعیدی	• تأثیر قطع آبیاری از ابتدای گلدهی و غلافدهی تا رسیدگی، بر عملکرد و اجزای آن در پنج رقم رایج نخود منطقه کرمانشاه
۱۷۶	سیدجلال آذری، مهدی پارسا، احمد نظامی، رضا توکل افشاری و جعفر نباتی	• ارزیابی تأثیر پرایمینگ و مدت آن بر خصوصیات جوانه‌زنی دو ژنوتیپ عدس (<i>Lens culinaris</i> Medic.) در شرایط آزمایشگاهی
۱۸۷	وحید شریفی، منوچهر قلی‌پور و حمید عباس‌دخت	• کاهش اثرات کم‌آبیاری بر رشد و عملکرد نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.) توسط اسپرمیدین

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 درخور توجهی در بهبود حاصلخیزی خاک دارند. حبوبات در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی، کشت‌وکار می‌شوند و بدین‌ترتیب، با تنوع‌بخشی به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات، جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی پایدار به خود اختصاص داده‌اند. این گیاهان، کم‌توقع بوده و برای کشت در نظام‌های زراعی کم‌نهاد مناسب می‌باشند. همچنین به صورت گیاهان پوششی، در جلوگیری از فرسایش خاک مؤثرند. مجموعه این ویژگی‌ها، حبوبات را از جنبه‌های زراعی، بوم‌شناختی و زیست‌محیطی در جایگاه ارزشمندی قرار داده است.

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

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

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

منشور اخلاق نشریه

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

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

سردبیر و هیئت تحریریه

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

داوران

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

نویسندگان

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



پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی-دوفصلنامه
پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

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

ب - فراخوان و شرایط پذیرش مقاله

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

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

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

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

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

ج - راهنمای تهیه و ارسال مقاله

ج-۱- روش نگارش

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

ج-۲- اجزای مقاله

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

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

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

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

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

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

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

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

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

انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند؛ مانند (Nezami, 2007). برای جداسازی منابع از ";" استفاده شود؛ مانند (Saxena, 2003; Singh *et al.*, 2008; Bagheri & Ganjeali, 2009). چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود، به صورت نام (سال) نوشته شود مانند Parsa (2007). اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی، برگردان شوند.

ج-۲-۹- صفحه آخر، شامل چکیده مبسوط انگلیسی است. از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود.

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

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

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

ج-۳- نحوه تنظیم فهرست منابع

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

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در زیر آمده است:

ج-۳-۱- مجلات:

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

ج-۳-۲- کتاب تألیف شده:

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

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

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

ج-۳-۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

ج-۳-۶- رساله‌های تحصیلی:

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

ج-۳-۷- کنفرانس‌های علمی:

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

ج-۳-۸- نرم‌افزارهای رایانه‌ای:

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

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

تکمیل اطلاعات فراداده مقاله

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

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:



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

اطلاعات تماس نشریه:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی، دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

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

پست الکترونیک:

ijpr@um.ac.ir

تارنما:

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

ارزیابی استفاده از رهیافت اختلاط مالچ با علف‌کش‌های تریفلورالین و ایمازتاپیر در کنترل علف‌های هرز نخود (*Cicer arietinum* L.)

آرش مقصودی^۱، ابراهیم ایزدی دربندی^{۲*} و احمد نظامی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز دانشگاه فردوسی مشهد؛ arashwenger@yahoo.com

۲- اعضای هیئت علمی گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(به ترتیب e-izadi@um.ac.ir و nezami@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۳۰

چکیده

به منظور بررسی کارایی اختلاط علف‌کش‌های تریفلورالین و ایمازتاپیر با مالچ خاکاره در مدیریت علف‌های هرز نخود، آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد مالچ خاکاره، علف‌کش‌های ایمازتاپیر و تریفلورالین و اختلاط هر کدام از این دو علف‌کش با مالچ خاکاره به دو صورت (مالچ آغشته به علف‌کش و کاربرد علف‌کش زیر مالچ) به صورت پیش‌رویشی بود. نتایج نشان داد که کاربرد ایمازتاپیر به صورت پیش‌رویشی خسارت شدیدی به نخود وارد کرد و به دلیل گیاه‌سوزی و توقف رشد، نخود را از بین برد، اما کاربرد تریفلورالین موجب کنترل علف‌های هرز و همچنین افزایش عملکرد نخود شد. همچنین کاربرد مالچ خاکاره به تنهایی باعث افزایش عملکرد نخود و کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شد. کاربرد همزمان تریفلورالین با مالچ نسبت به دیگر تیمارها بهترین نتیجه را در کنترل علف‌های هرز داشت، به طوری که مالچ آغشته به تریفلورالین دارای بیشترین عملکرد دانه (۱۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) و زیست‌توده (۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) نخود شد. اگرچه کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ، کارایی بیشتری در کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد داشت، اما باعث کاهش بقاء نخود و خسارت به آن شد.

واژه‌های کلیدی: اختلاط مالچ و علف‌کش، خاک‌پوش، دیم‌کاری، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز

مقدمه

خواهند شد (Solh & Pala, 1990; Parsa & Bagheri, 2008). بر اساس آمار موجود، ۵۰ تا ۹۵ درصد مناطق زیرکشت حبوبات کشور با مشکل علف‌های هرز روبرو هستند و تلفات عملکرد ناشی از تداخل علف‌های هرز در مزارع نخود، ۴۰ تا ۹۰ درصد گزارش شده است (Parsa & Bagheri, 2008). گزارش‌های زیادی در رابطه با خسارت علف‌های هرز در صورت کنترل‌نشدن در کشت نخود ارائه شده است. برای مثال Mousavi et al, (2007) کاهش ۹۲ درصدی عملکرد دانه نخود را در صورت کنترل‌نشدن علف‌های هرز گزارش کردند. Paolini et al (2006) تا ۹۷ درصد، Al-Thahabi et al (1994) تا ۸۱ درصد و همچنین Vaishya et al, (1999) ۴۸ درصد کاهش عملکرد نخود را در صورت کنترل‌نشدن علف‌های هرز گزارش کردند. از این رو کنترل علف‌های هرز در زراعت نخود یکی از ارکان اصلی مدیریتی در مزارع نخود می‌باشد.

همانند سایر حبوبات، نخود نیز نسبت به علف‌کش‌های پیش‌رویشی در مقایسه با تیمارهای پس‌رویشی متحمل‌تر است. این موضوع گویای محدودیت علف‌کش‌ها به ویژه پهن

نخود (*Cicer arietinum* L.) از نظر اهمیت در بین حبوبات رتبه دوم را به خود اختصاص داده است و به واسطه بالابودن میزان پروتئین آن (۱۸ تا ۳۰ درصد) نقش مهمی در برطرف کردن کمبود پروتئین در رژیم غذایی انسان دارد (Lyon & Wilson, 2005). سطح زیرکشت نخود در جهان در سال ۲۰۱۰، ۱۱/۹ میلیون هکتار بود و ایران در رتبه هفتم جهانی قرار دارد (Haghparsa & Moradi, 2012). طبق آخرین آمار، کشت نخود حدود ۶۵ درصد از کل سطح برداشت حبوبات در ایران را به خود اختصاص داده است و استان‌های کرمانشاه، کردستان و لرستان به ترتیب با ۲۶/۳، ۲۰/۸ و ۲۰/۵ درصد از کل سطح برداشت نخود، مقام‌های اول تا سوم را به خود اختصاص دادند (Jihad statistics, 2015). نخود به دلیل نداشتن صفات رقابتی مناسب، از جمله سرعت رشد اولیه زیاد، ارتفاع زیاد و کانوبی گسترده و استقرار سریع، در صورت کنترل‌نشدن علف‌های هرز، دچار خسارت شدیدی

* نویسنده مسئول: e-izadi@um.ac.ir

این تحقیق به منظور بررسی کارایی استفاده از رهیافت اختلاط مالچ خاکاره با علف‌کش‌های ایمازتاپیر و تریفلورالین در کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد نخود انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و سه تکرار، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی به شرح زیر بودند:

- ۱- کاربرد مالچ پوششی خاکاره به‌تنهایی
- ۲- کاربرد علف‌کش تریفلورالین به‌صورت پیش‌رویشی در دز توصیه‌شده آن (۲ لیتر ماده تجاری در هکتار)
- ۳- کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر به‌صورت پیش‌رویشی در دز توصیه‌شده آن (۱ لیتر ماده تجاری در هکتار)
- ۴- کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش تریفلورالین زیر مالچ و در دز توصیه‌شده آن
- ۵- کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش ایمازتاپیر زیر مالچ و در دز توصیه‌شده آن
- ۶- کاربرد مالچ آغشته به علف‌کش تریفلورالین در دز توصیه‌شده آن
- ۷- کاربرد مالچ آغشته به علف‌کش ایمازتاپیر در دز توصیه‌شده آن

۸- شاهد بدون کنترل علف‌های هرز

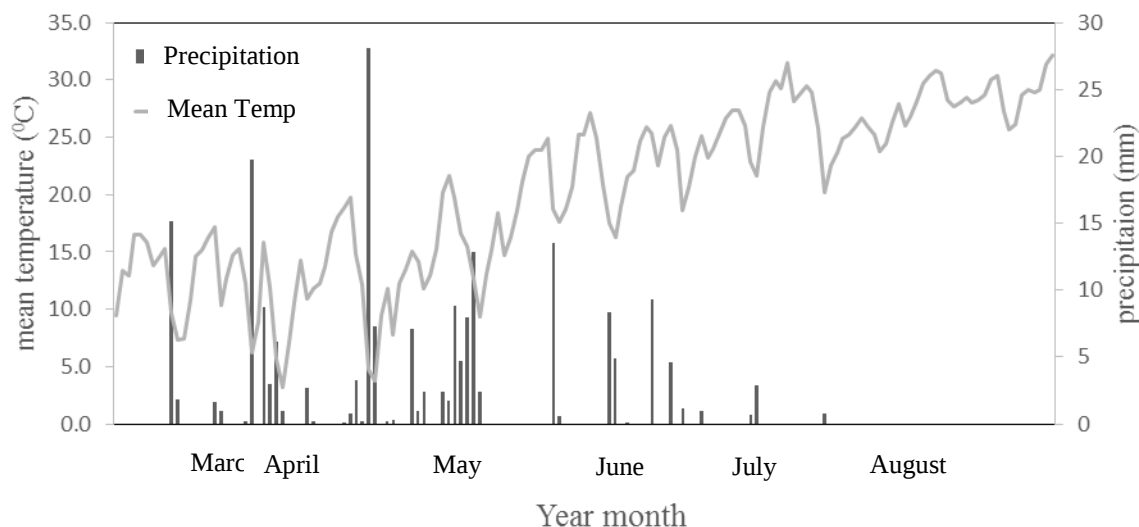
۹- شاهد وجین علف‌های هرز در طول رشد و نمو

به منظور کاربرد علف‌کش‌ها در زیر مالچ، ابتدا علف‌کش به‌صورت پیش‌رویشی به‌کار برده شد. سپس مالچ مورد استفاده به ارتفاع حدود سه سانتی‌متر یا به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار برای هر کرت جداگانه توزین و با شن‌کش در سطح کرت‌ها به‌طور یکنواخت پخش شد. به‌منظور آغشته‌کردن مالچ‌ها به علف‌کش، ابتدا مالچ را قبل از پخش‌کردن در سطح کرت‌ها، بر روی یک ورقه پلاستیکی قرار داده و سپس با علف‌کش‌های تریفلورالین و ایمازتاپیر به‌طور جداگانه اسپری و مخلوط شد و پس از کاشت نخود با شن‌کش به‌طور یکنواخت با ارتفاع سه سانتی‌متر در داخل کرت‌ها پخش شد.

پس از آماده‌سازی زمین (شخم برگردان‌دار در پاییز و دیسک و لولر در ۲۱ اسفندماه) کشت نخود در تاریخ ۲۵ اسفندماه، در روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع انجام شد (Mousavi et al., 2010). به‌دلیل بارندگی‌های قابل‌قبول در طول فصل رشد از آبیاری اجتناب شد (شکل ۱) و فقط در انتهای فصل رشد، در تاریخ ۱۰ خرداد آبیاری تکمیلی در مرحله پُرشدن غلاف‌های نخود انجام شد.

برگ‌کش‌های پس‌رویشی برای این گیاه است (Solh & Pala, 1990). علف‌کش‌هایی که در کشورهای مختلف مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و نخود قادر به تحمل آن‌ها بوده است، عبارتند از: پرومترین، متری‌بوزین، سیمازین، تریفلورالین، فلوکلرالین، پندی‌متالین، تربوتترین، پرونامید، اکسی‌فلورفن، پروپازین، سینازین و دیورون (Bagheri et al., 1997). اکثر این علف‌کش‌ها در خاک فعال هستند و به‌صورت پیش‌کاشت و پیش‌رویشی برای جلوگیری از استقرار گیاهچه‌های علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی تریفلورالین، پندی‌متالین، اتال فلوکلرالین و سیمازین از علف‌کش‌های پیش‌کاشت و پایردیت به‌صورت پس‌رویشی از مهم‌ترین علف‌کش‌های مؤثر بر کنترل علف‌های هرز نخود می‌باشند (Corp et al., 2004).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کاربرد یک روش به‌تنهایی، نمی‌تواند کنترل مناسب و پایداری بر علف‌های هرز داشته باشد (Modhej & Bedarvandi, 2006). از طرفی افزایش مصرف علف‌کش‌ها، آلودگی‌های زیست‌محیطی را به همراه داشته و می‌تواند اثرات منفی بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در نخود ایجاد کند (Izadi-Darbandi & Akram, 2012). مالچ‌ها یکی از روش‌های کنترل علف‌های هرز هستند و گزارش شده است که در صورت اختلاط با علف‌کش‌ها، از کارایی بهتری در کنترل علف‌های هرز برخوردار خواهند شد (Derr, 1994; Mathers, 2003; Samtani et al., 2007). اعتقاد بر این است که مواد مختلف تشکیل‌دهنده مالچ‌ها می‌توانند باعث کاهش جابجایی و آبشویی و در نتیجه کاهش آلودگی علف‌کش‌ها بشوند (Fawcett et al., 1994). در آزمایشی مشاهده شد که مالچ‌های آلی می‌توانند تا ۷۴ درصد باعث کاهش آبشویی علف‌کش‌ها شوند (Knight, 2001). گزارش شده است که مالچ‌های پوست درختان که به علف‌کش آغشته شده‌اند، به‌عنوان روشی جدید می‌تواند جایگزین برخی روش‌های کنترل علف‌های هرز باشند (Mathers, 2003). تصور بر این است که لیگنین موجود در پوست درخت این امکان را فراهم می‌کند تا علف‌کش به تدریج آزاد شود و موجب بهبود کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد در مقایسه با روش مرسوم کاربرد علف‌کش‌ها می‌شود. فناوری مذکور این امکان را فراهم می‌کند که بتوان میزان مصرف علف‌کش‌ها را در برخی شرایط کاهش داد (Oliviera et al., 2000). معمولاً علف‌کش‌های قابل اختلاط با مالچ به‌صورت پیش‌کاشت و از خانواده دی‌نیتروآنیلین‌ها و شامل تریفلورالین، پندی‌متالین، اورایزالین و پرودیامین هستند همچنین از دیگر علف‌کش‌ها مانند دیکلوبنیل، اس-متولاکلر، ایزوکسبان و اوکسادیازون هم می‌توان در این روش استفاده کرد (Marble, 2015).



شکل ۱- نمودار امبروترمیک (بارندگی و میانگین درجه حرارت) شهرستان مشهد در طول فصل رشد

Fig. 1. Ombrothermic curve of Mashhad city in growing season

مقایسات میانگین حذف و داده‌های مربوط به کاربرد علف‌کش تریفلورالین مورد آنالیز و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

جمعیت غالب علف‌های هرز مزرعه مورد مطالعه

بر اساس نتایج حاصل از نمونه‌گیری، علف‌های هرز مزرعه مورد مطالعه به شرح جدول ۱ بودند و بیشترین فراوانی نسبی مربوط به دو گونه تاج‌ریزی و سلمه‌تره بودند که به ترتیب با ۳۲ و ۳۰ درصد فراوانی نسبی حضور داشتند.

ایمازتاپیر

بر اساس نتایج حاصل در کرت‌هایی که ایمازتاپیر به صورت خالص به کار برده شده بود، خسارت شدیدی به خود وارد شد، به طوری که منجر به کاهش تراکم نخود شد و گیاهچه‌های ظاهر شده نیز دچار توقف رشد در مرحله دو تا سه‌برگی شدند و در برگ‌های آن‌ها کلروز و در ادامه نکروز مشاهده شد و تا انتهای فصل رشد به همان صورت باقی ماندند. در کرت‌هایی که ایمازتاپیر با مالچ اختلاط یافته بود، هیچ گیاهچه علف‌هرز و نخود ظاهر نشد که احتمالاً به علت افزایش کارایی علف‌کش، مانع از ظهور گیاهچه‌های نخود شد و در این تیمار عملکرد دانه و زیست‌توده نخود برابر صفر بود و تنها چند بوته خارشتر (*Alhagi camelaron L.*) در این کرت‌ها مشاهده شد؛ لذا امکان آنالیز آن‌ها میسر نشد.

سم‌پاشی علف‌کش‌ها و اعمال تیمارهای آزمایش در تاریخ اول فروردین ماه انجام شد و با توجه به بارندگی‌های مناسب و ساعات ابری طولانی در فروردین‌ماه، از مخلوط‌کردن تریفلورالین با خاک خودداری شد. در طول فصل رشد از هیچ‌گونه کود شیمیایی و بیولوژیک استفاده نشد و برای کنترل آفت هلیوتیس (*Heliothis spp.*)، سم ایندوکساکارب (آوانت) به میزان نیم لیتر در هکتار در انتهای مرحله غلاف‌دهی نخود به کار برده شد. به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش در سه دوره زمانی ۵۸، ۷۰ و ۹۵ روز پس از اعمال تیمارها، از علف‌های هرز نمونه‌برداری با کوآدراتی به مساحت نیم‌مترمربع انجام شد و زیست‌توده و تراکم آن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین برای تعیین عملکرد نخود در آخر فصل و پس از رسیدگی کامل نخود (۸ تیرماه)، نمونه‌برداری از مساحت یک‌مترمربع (۴۰ بوته) انجام گرفت و زیست‌توده و عملکرد دانه نخود اندازه‌گیری شد.

آنالیز واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد و با کمک نرم‌افزار آماری Minitab 17 انجام شد. همچنین رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد. با توجه به این‌که در تیمارهای مربوط به کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر، گیاه‌سوزی بسیار شدید در نخود ایجاد شد و منجر به از بین رفتن آن شد و از طرفی علف هرزی هم در این تیمارها مشاهده نشد، لذا به دلیل نداشتن داده‌ای در این کرت‌ها، آن‌ها از آنالیز واریانس و

جدول ۱- علف‌های هرز و خصوصیات آن‌ها در مزرعه مورد مطالعه
Table 1. Weeds and their characteristics in the studied farm

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	تیره Family	تراکم (تعداد بوته در مترمربع) Weed density (plants m ²)	فراوانی نسبی (درصد) Relative frequency (%)	فرم رویشی Vegetative form	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	عادت رشدی Growth habit
اویارسلام	<i>Cyperus rotendus</i> L.	Cyperaceae	6.6	6.1	Grass	C ₄	Perennial
پیچک	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	4	2.6	Broadleaf	C ₃	Perennial
تاج‌ریزی سیاه	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	32.3	32	Broadleaf	C ₃	Annual
خارشتر	<i>Alhagi camelaron</i> L.	Fabaceae	2.3	2.2	Broadleaf	C ₄	Perennial
خونی‌واش	<i>Phalaris minor</i> L.	Poaceae	7.3	7	Grass	C ₄	Annual
سلمه‌تره	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	29.3	30	Broadleaf	C ₃	Annual
سوروف	<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	Poaceae	6.3	6	Grass	C ₄	Annual
شاه تره	<i>Fumaria officinalis</i> L.	Fumariaceae	1.6	1.5	Broadleaf	C ₃	Annual
شیرتیغی	<i>Sonchus asper</i> L.	Asteraceae	3	2.5	Broadleaf	C ₃	Annual
دم‌روباهی چسبان	<i>Setaria verticillata</i> L.	Poaceae	6	5	Broadleaf	C ₃	Annual
هفت‌بند	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae	6	5.1	Broadleaf	C ₃	Annual

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

اگرچه علف‌کش ایمازتاپیر از جمله علف‌کش‌های ثبت‌شده در کشور ترکیه برای کنترل علف‌های هرز مزارع نخود است (Kantar & Elkoka, 1999)، اما گزارش‌های هم‌مبنی بر خسارت این علف‌کش به نخود وجود دارد. برای مثال Mousavi *et al.*, (2007) مشاهده کردند که کاربرد پیش‌کاشت، پیش‌رویشی و پس‌رویشی ایمازتاپیر اگرچه اثرات کنترلی مناسبی روی علف‌های هرز داشت، اما اثرات گیاه‌سوزی شدیدی از جمله توقف رشد و جارویی‌شدن برگ‌ها بر نخود برجای گذاشت. همچنین Lyon & Wilson (2005) در بررسی کنترل شیمیایی علف‌های هرز نخود گزارش کردند که کاربرد پیش‌رویشی ایمازتاپیر به میزان ۵۳ گرم ماده مؤثره در هکتار باعث کاهش ارتفاع بوته، تأخیر در رسیدگی و کلروز برگ‌ها در نخود شد. در این آزمایش هم از دز یک لیتر در هکتار استفاده گردید که به نظر می‌رسد در خسارت به نخود سهم زیادی داشته است. در این ارتباط، برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود دزهای کاهش‌یافته آن مورد بررسی قرار گیرد.

تریفلورالین

تراکم علف‌های هرز

نتایج نشان دادند که تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری معنی‌دار شد (جدول ۱).

در مرحله اول نمونه‌برداری از علف‌های هرز (۵۸ روز پس از سم‌پاشی)، تمامی تیمارهای روش‌های کاربرد تریفلورالین، با و بدون مالچ (اختلاط با مالچ و کاربرد در زیر مالچ) باعث کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون

کنترل شدند. بر اساس نتایج حاصل، در بین تیمارهای کنترل علف‌های هرز بیشترین تراکم علف‌های هرز (۰۳/۶ بوته در مترمربع) در تیمار کاربرد مالچ بدون کاربرد علف‌کش مشاهده شد که باعث کاهش ۵۶ درصدی تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شد. کمترین تراکم علف‌های هرز در تیمار کاربرد علف‌کش تریفلورالین در زیر مالچ، با تراکم ۲/۶ بوته در مترمربع مشاهده شد. در این مرحله از نمونه‌برداری، به‌جز کاربرد تریفلورالین زیر مالچ، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهایی که در آن‌ها تریفلورالین استفاده شده بود، مشاهده نشد. با توجه به نتایج، به‌نظر می‌رسد تأثیر علف‌کش نسبت به مالچ در کنترل علف‌های هرز، بیشتر بوده است. اختلاط مالچ با تریفلورالین موجب افزایش کارایی این علف‌کش شد و با توجه به نتایج و در بین تیمارهای کاربرد تریفلورالین و مالچ، کارایی علف‌کش تریفلورالین در تیمار کاربرد تریفلورالین زیر مالچ نسبت به مالچ آغشته به علف‌کش بیشتر بود (جدول ۲). مالچ‌ها می‌توانند از نظر فیزیکی مانع جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز شوند و در مورد بذوری که در سطح خاک جوانه می‌زنند، یک لایه باریک از مالچ می‌تواند باعث کاهش توانایی سبزشدن و فتوسنتز آن‌ها و در نهایت کاهش تراکم علف‌های هرز شود (Crutchfield *et al.*, 1986; Facelli & Pickett, 1991). مالچ خاکاره به عنوان یک ماده زائد کارخانجات چوب‌بری، با خصوصیت متراکم، و تجزیه تدریجی آن، موجب کنترل علف‌های هرز قبل از بسته‌شدن ساختار کانوبی گیاه زراعی می‌شود (Obiefuna, 1986). نتایج آزمایشی نشان داد که اختلاط مالچ با علف‌کش باعث افزایش کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد تنهای هرکدام شد (Samtani *et al.*, 2007).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های هرز در سه مرحله نمونه‌برداری

Table 1. Analysis of variance (mean squares) the effect of treatments on weed density in three sampling stages

Source of variation منابع تغییر	DF درجه آزادی	تراکم علف‌های هرز Weed density		
		۵۸ روز پس از تیمار 58 DAT	۷۰ روز پس از تیمار 70 DAT	۹۰ روز پس از تیمار 90 DAT
Replication تکرار	2	2.54	1.48	0.22
Treatment تیمار	4	99.7**	31.17**	15.13**
Error خطا	8	1.35	0.66	0.64
Total کل	14	-	-	-
CV (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	15.3	14.3	15.6

DAT: Days after treatment

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

* and **: Significant at 5% and 1%; respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های هرز در سه مرحله نمونه‌برداری

Table 2. Mean comparisons the effect of treatments on weed density in three sampling periods

تیمار Treatment	تراکم علف‌های هرز (بوته در مترمربع) Weed density (Plant.m ⁻²)		
	۵۸ روز پس از تیمار 58 DAT	۷۰ روز پس از تیمار 70 DAT	۹۰ روز پس از تیمار 90 DAT
Trifluralin تریفلورالین	29.33 c	12.66 bc	19.00 b
Mulch مالچ	103.66 b	25.33 b	35.00 b
Mulch-Trifluralin Mixed مالچ آغشته به تریفلورالین	20.66 c	14.66 bc	25.33 b
Trifluralin Under Mulch تریفلورالین زیر مالچ	2.66 d	2.00 c	0.66 c
Weed interference شاهد بدون کنترل	211.33 a	118.66 a	66.33 a
Weed free شاهد وچین تمام فصل	0	0	0

DAT: Days after treatment

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

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

بین تیمارهای کاربرد مالچ آغشته به تریفلورالین و کاربرد تریفلورالین به تنهایی، به مانند مرحله اول نمونه‌برداری، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

در مرحله سوم نمونه‌برداری (۹۰ روز پس از سم‌پاشی) بین تیمارهای کاربرد مالچ و تریفلورالین هر کدام به تنهایی و مالچ آغشته به تریفلورالین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما در تیمار کاربرد تریفلورالین در زیر لایه مالچ اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای کنترلی مشاهده شد. به نظر می‌رسد که با گذر زمان، کارایی علف‌کش تریفلورالین در تیمار کاربرد آن به تنهایی کاهش پیدا کرده است و از آنجایی که این علف‌کش،

در مرحله دوم نمونه‌برداری (۷۰ روز پس از سم‌پاشی) اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای تریفلورالین و انواع اختلاط آن با تریفلورالین مشاهده نشد. با این حال کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ اختلاف معنی‌داری نسبت به کاربرد مالچ به تنهایی داشت همچنین تمامی تیمارهای کنترلی، نسبت به شاهد بدون کنترل، باعث کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز شدند، به طوری که بیشترین تراکم علف‌های هرز (۲۵/۳ بوته در مترمربع) در تیمار کاربرد مالچ به تنهایی و کمترین میزان (دو بوته در مترمربع) در تیمار کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ مشاهده شد. همچنین در این مرحله

نظر می‌رسد آغشته‌شدن مالچ با تریفلورالین، تأثیری بر کارایی کنترلی علف‌های هرز نسبت به کاربرد تنه‌ای تریفلورالین نداشته باشد. اما کاربرد تریفلورالین زیر مالچ نسبت به کاربرد تریفلورالین به تنهایی اختلاف معنی‌داری داشت. در گزارشی مشاهده شد که کاربرد اپتام در زیر مالچ نسبت به کاربرد آن در روی مالچ، اوپارسلام را بهتر کنترل کرد (Chen *et al.*, 2013). به عنوان مثال علف‌کش‌هایی که قابلیت تبخیر بیشتری دارند (مانند دیکلوبنیل)، در صورتی که زیر مالچ قرار گیرند، می‌توانند مؤثرتر مواقع شوند که مربوط به کاهش تبخیر علف‌کش توسط مالچ است (Lanphear, 1986). گزارش‌های زیادی مبنی بر افزایش کارایی علف‌کش‌ها در اختلاط با مالچ وجود دارد (Derr, 1994; Mathers, 2003; Samtani *et al.*, 2007). همچنین در گزارشی آمده است که اختلاط علف‌کش با پوست درختان کاج منجر به افزایش طول دوره کنترل علف‌های هرز شد (Wells *et al.*, 1987) که منطبق با نتایج این آزمایش است.

زیست توده علف‌های هرز

نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست توده علف‌های هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری معنی‌داری شد (جدول ۳).

حساس به تجزیه نوری و تبخیر از سطح خاک است (Rashed Mohassel & Nassiri, 1993) و به دلیل مخلوط‌نکردن آن با خاک در ابتدای فصل، این نتیجه دور از انتظار نبوده است. اما هنگامی که تریفلورالین در زیر مالچ قرار گرفته است، کارایی آن تا انتهای فصل به مانند ابتدای فصل رشد حفظ شده است. احتمالاً مالچ به عنوان مانعی فیزیکی مانع از تبخیر و تجزیه این علف‌کش شده است. در مرحله سوم نمونه‌برداری بین تیمارهای علف‌کش و مالچ، بیشترین تراکم علف‌های هرز (۳۵ بوته در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد مالچ به تنهایی و کمترین تراکم علف‌های هرز (۶ بوته در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد تریفلورالین زیر مالچ بود (جدول ۲).

با توجه به نتایج این آزمایش، کاربرد مالچ به تنهایی و کاربرد تریفلورالین به صورت مخلوط با مالچ و کاربرد آن در زیر مالچ، اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد بدون کنترل در تراکم علف‌های هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری ایجاد کردند و در طول فصل رشد، کمترین تراکم علف‌های هرز برای تیمار کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ ثبت شد، به طوری که در هر سه مرحله نمونه‌برداری به ترتیب ۲/۶، ۲ و ۶ بوته در مترمربع وجود داشت. اما در تیمار مالچ آغشته به تریفلورالین و کاربرد تریفلورالین به تنهایی، اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار در تمام طول فصل رشد (سه مرحله نمونه‌برداری) مشاهده نشد. به

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست توده علف‌های هرز در سه مرحله نمونه‌برداری
Table 3. Analysis of varians (mean squares) the effect of treatments on weed biomass in three sampling periods

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی DF	زیست توده علف‌های هرز Weed biomass		
		۵۸ روز پس از تیمار 58 DAT	۷۰ روز پس از تیمار 70 DAT	۹۰ روز پس از تیمار 90 DAT
Replication تکرار	2	0.45	0.76	22.99
Treatment تیمار	4	95.74**	61.58**	85.18**
Error خطا	8	0.65	0.56	2.08
Total کل	14	-	-	-
CV (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	16.3	14.2	15.9

DAT: Days after treatment

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

* and **: Significant at 5% and 1%; respectively

مشاهده نشد و به نظر می‌رسد اثر علف‌کش در این تیمارها بیشتر از مالچ بوده است و در این بین، تیمار کاربرد تریفلورالین زیر مالچ دارای کمترین زیست توده علف‌های هرز با ۵/۰ گرم در مترمربع و تیمار مالچ آغشته به تریفلورالین با ۱۲/۸ گرم در مترمربع دارای بیشترین زیست توده علف‌های هرز بودند. کاربرد

در مرحله اول نمونه‌برداری بیشترین (۲۰۱/۹ گرم در مترمربع) و کمترین (۵/۰ گرم در مترمربع) زیست توده علف‌های هرز به ترتیب مربوط به تیمار شاهد بدون کنترل و کاربرد تریفلورالین زیر مالچ بودند. در بین تیمارهایی که در آن‌ها تریفلورالین به کار برده شده بود، اختلاف معنی‌داری

این امکان وجود دارد که با توجه به این‌که تریفلورالین در شرایط کاملاً ابری به کار برده شد، کاهش تجزیه نوری و انتقال آن به لایه سطحی خاک پس از بارش‌ها باعث کاهش تلفات ناشی از تجزیه نوری و تبخیر شده باشد و این مهم در بهبود کارایی آن در تیمار کاربرد آن به صورت پیش‌رویشی نقش داشته باشد. در گزارشی آمده است که برخی اختلاط‌ها ممکن است باعث کاهش کارایی علف‌کش شوند (Buhler, 1992). مالچ‌ها با حفظ و به‌دام‌انداختن علف‌کش‌ها در خود، مانع از رسیدن علف‌کش به سطح خاک می‌شوند (Chauhan & Abugho, 2012)، یا با افزایش فعالیت میکروبی خاک باعث افزایش تجزیه علف‌کش می‌شوند (Locke & Bryson, 1997). با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد که آغشته‌شدن تریفلورالین با مالچ خاک‌اره باعث کاهش کارایی آن در کنترل علف‌های هرز می‌شود.

مالچ به‌تنهایی، باعث کاهش زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار بدون کنترل شد که نشان از کارایی آن در کنترل علف‌های هرز دارد، به‌طوری‌که باعث کاهش ۷۲/۵ درصدی زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شد. در بین تیمارهایی که تریفلورالین به‌کاربرده شده بود، به‌نظر می‌رسد آغشته‌کردن مالچ با تریفلورالین نسبت به کاربرد تنهایی آن، اختلاف معنی‌داری بر کنترل زیست‌توده علف‌های هرز نداشته است، به‌طوری‌که در این آزمایش، مالچ آغشته به تریفلورالین و کاربرد تنهایی تریفلورالین به‌ترتیب ۹۳/۷ و ۹۹/۲ درصد زیست‌توده علف‌های هرز را کنترل کردند (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد از آنجا که تریفلورالین علف‌کشی است که فعالیت آن در خاک انجام می‌گیرد (Rashed Mohassel & Nassiri, 1993)، اختلاط آن با مالچ به‌صورت آغشته‌کردن مالچ به علف‌کش، مانع از رسیدن علف‌کش به سطح خاک و کاهش توانایی آن در کنترل دانه‌رست علف‌های هرز شده باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست‌توده علف‌های هرز در سه مرحله نمونه‌برداری
Table 4. Mean comparisons the effect of treatments on weed biomass in three sampling periods

تیمار Treatment	زیست‌توده علف‌های هرز (گرم در مترمربع) Weed biomass (g.m ⁻²)		
	۵۸ روز پس از تیمار 58 DAT	۷۰ روز پس از تیمار 70 DAT	۹۰ روز پس از تیمار 90 DAT
تریفلورالین Trifluralin	1.71 cd	3.70 d	27.54 c
مالچ Mulch	55.70 b	26.34 b	170.30 ab
Mulch-Trifluralin Mixed	12.84 d	23.88 b	100.44 b
مالچ آغشته به تریفلورالین Trifluralin Under Mulch	0.50 c	17.96 c	11.86 d
تریفلورالین زیر مالچ Weed interference	201.94 a	178.06 a	233.44 a
شاهد بدون کنترل Weed free	0	0	0
شاهد وجین تمام فصل			

DAT: Days after treatment

در هر ستون، اعداد با حروف مشابه، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.
Means in each column that do not share a letter are significantly different at 5% level of probability.

تریفلورالین همراه با مالچ، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. آغشته‌کردن مالچ با تریفلورالین نسبت به دیگر روش‌های کاربرد تریفلورالین با مالچ، از کارایی کنترلی کمتری برخوردار بود، به‌طوری‌که با ۸۶/۷ درصد کنترل دارای کمترین میزان کنترل علف‌های هرز بود، در صورتی که کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ باعث کاهش ۹۰ درصدی زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شد (جدول ۴). در مرحله سوم نمونه‌برداری، تمامی تیمارها باعث کاهش زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شدند، به‌طوری‌که کمترین زیست‌توده علف‌های هرز (۱۱/۸ گرم

در مرحله دوم نمونه‌برداری، تمامی تیمارهای آزمایش باعث کاهش زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شدند. کمترین زیست‌توده علف‌های هرز (۳/۷ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی بود و تیمار کاربرد مالچ به‌تنهایی با ۲۶/۳ گرم در مترمربع دارای بیشترین زیست‌توده علف‌های هرز بود. کاربرد تریفلورالین همراه با مالچ باعث کاهش زیست‌توده علف‌های هرز شد و کارایی کنترل علف‌های هرز را افزایش داد، به‌طوری‌که تمامی روش‌های کاربرد تریفلورالین همراه با مالچ نسبت به کاربرد مالچ به‌تنهایی دارای کارایی کنترلی بالاتری بود. در بین روش‌های کاربرد

علف‌کش و کارایی آن بسیار مؤثر است و ممکن است باعث کاهش یا افزایش کنترل و کارایی علف‌کش شود (Knight et al., 2001). برای مثال در مطالعه‌ای با افزایش مقدار بقایای گیاهی سطح خاک (مالچ) در سیستم‌های حداقل خاک‌ورزی، کارایی علف‌کش‌ها کاهش پیدا کرد (Buhler, 1992). در تیمار مالچ آغشته به تریفلورالین هم این‌طور به‌نظر می‌رسد که مالچ مانع از رسیدن علف‌کش به سطح خاک و کاهش کارایی تریفلورالین در کنترل علف‌های هرز شد، اما در تیمار کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ، کارایی این علف‌کش افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که باعث افزایش طول دوره کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی شد. بنابراین اختلاط علف‌کش‌های پیش‌کاشت با مالچ می‌تواند روشی معقول به منظور کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز و افزایش دوام کارایی علف‌کش‌ها باشد (Chen et al., 2013).

تأثیر تریفلورالین بر عملکرد زیست‌توده و دانه نخود

نتایج نشان دادند که اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه و زیست‌توده نخود معنی‌دار شد (جدول ۵). با توجه به نتایج این آزمایش، تیمار کاربرد مالچ آغشته به تریفلورالین با ۵۲۰ گرم در مترمربع زیست‌توده نخود دارای بالاترین میزان عملکرد زیست‌توده بود. اگرچه تیمار کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی هم با ۵۰۹/۳ گرم در مترمربع عملکردی نزدیک با کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی داشت و تیمار وجین تمام فصل علف‌های هرز با ۳۸۹/۳ گرم در مترمربع اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با دو تیمار کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی و مالچ آغشته به تریفلورالین نداشت.

با توجه به این‌که در تیمار کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی شرایط بارندگی‌ها و ابری‌بودن هوا مانع از تبخیر و تجزیه این علف‌کش شده است، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار مالچ آغشته به تریفلورالین کمتر بود و در طول فصل کنترل مناسب‌تری را نسبت به تیمار مالچ آغشته به تریفلورالین داشت که این نتیجه دور از انتظار نیست.

در تیمار کاربرد تریفلورالین زیر مالچ عملکرد زیست‌توده نخود برابر با ۱۹۰ گرم در مترمربع شد و کمترین عملکرد زیست‌توده را در میان تیمارهای این آزمایش به خود اختصاص داد، به‌طوری‌که از تیمار بدون کنترل هم عملکرد پایین‌تری داشت که به خاطر گیاه‌سوزی و کاهش تراکم بوته‌های نخود در این تیمار بود. نکته قابل ذکر در رابطه با گیاه‌سوزی این بود که تیمار کاربرد تریفلورالین زیر مالچ باعث کاهش معنی‌دار (۷۵ درصدی) تراکم نخود شد. به‌نظر می‌رسد هرچند در این روش، کارایی کنترلی علف‌کش افزایش یافته است و بیشترین

در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ و بیشترین زیست‌توده (۱۷۰/۳ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد مالچ به‌تنهایی بود. در بین تیمارهایی که تریفلورالین حضور داشت بین دو تیمار مالچ آغشته به تریفلورالین و کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد، اما کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی باعث کاهش بیشتر زیست‌توده (۸۸ درصد) نسبت به هنگامی که با مالچ آغشته شده بود (۲۵ درصد)، داشت که احتمالاً مربوط به دام‌انداختن تریفلورالین در لایه‌های مالچ و نرسیدن علف‌کش به سطح خاک باشد. کاربرد تریفلورالین زیر مالچ با ۱۱/۸ گرم در مترمربع زیست‌توده دارای کمترین زیست‌توده علف‌های هرز بود و ۹۱ درصد زیست‌توده علف‌های هرز را نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل کاهش داد (جدول ۴).

نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد همزمان مالچ و تریفلورالین بسته به روش کاربرد می‌تواند باعث افزایش یا کاهش کارایی تریفلورالین شود، به‌طوری‌که کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ باعث افزایش کارایی علف‌کش تریفلورالین نسبت به سایر تیمارهای آزمایش شد و بیشترین کارایی را در کنترل علف‌های هرز داشت و کاربرد مالچ آغشته به تریفلورالین باعث کاهش کارایی تریفلورالین نسبت به تیمار کاربرد تریفلورالین به‌تنهایی شد که منطبق با نتایج سایر محققان است. برای مثال، (Chen et al., 2013) نشان دادند که کاربرد اپتام در زیر مالچ نسبت به کاربرد آن در روی مالچ اویارسلام را بهتر کنترل کرد. گزارش شده است که علف‌کش‌هایی که قابلیت تبخیر بیشتری دارند، مانند دیکلوبنیل در صورتی‌که زیر مالچ قرار گیرند، می‌توانند مؤثرتر مواقع شوند که مربوط به کاهش تبخیر علف‌کش توسط مالچ است (Lanphear, 1986). (Chauhan & Abugho (2012) در بررسی کاربرد علف‌کش‌ها بر روی مالچ بقایای برنج مشاهده کردند که کاربرد علف‌کش در روی سطح مالچ باعث کاهش کارایی در کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد علف‌کش به‌تنهایی در سطح خاک شد که احتمال داده شد به خاطر مهار علف‌کش توسط مواد تشکیل دهنده مالچ این اتفاق افتاده باشد که مطابق نتایج این آزمایش است. همچنین در طول سه دوره نمونه‌گیری، کارایی تریفلورالین در کنترل علف‌های هرز در تیمار کاربرد آن در زیر مالچ نسبت به سایر تیمارهای آزمایش بالاتر بود و باعث افزایش طول دوره کنترل علف‌های هرز توسط علف‌کش تریفلورالین شد. (Wells et al., 1987) گزارش کردند که اختلاط مالچ پوست درختان کاج با علف‌کش باعث افزایش طول دوره کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد تنهای مالچ شد که مطابق با نتایج این آزمایش است. نوع مالچ و نوع علف‌کش در رفتار یک

به‌طوری که عملکرد زیست‌توده نخود در تیمار وجین تمام فصل برابر با ۲۹۱/۶ گرم در مترمربع بود، اما نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل منجر به افزایش ۶۳ درصدی زیست‌توده نخود شد (جدول ۶).

کارایی کنترل علف‌های هرز را داشت (جدول ۲ و ۴)، اما با افزایش کارایی، باعث گیاه‌سوزی شدید بوته‌های نخود و کاهش تراکم آن‌ها شده است. همچنین تیمار کاربرد مالچ به‌تنهایی با ۳۳۰ گرم در مترمربع زیست‌توده، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با تیمار وجین تمام فصل علف‌های هرز نداشت،

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد زیست‌توده و دانه نخود

Table 5. Analysis of variance (Mean square) the effect of treatments on chickpea biomass and seed yield

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی DF	صفات نخود Chickpea traits	
		زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Seed yield
Replication تکرار	2	3109	115
Treatment تیمار	5	71578**	6405.8**
Error خطا	10	2371.8	15.4
Total کل	17	-	-
CV (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	13.7	5.6

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

* and **: Significant at 5% and 1%; respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده و دانه نخود تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 6. Mean comparisons the effect of treatment on chickpea biomass and seed yield

تیمار Treatment	صفات نخود Chickpea traits	
	Biomass (g.m ⁻²) عملکرد زیست‌توده (گرم در مترمربع)	Seed yield (g.m ⁻²) عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
Trifluralin تریفلورالین	509.3 a	90.86 b
Mulch مالچ	330 b	77.32 c
Mulch-Trifluralin mixed مالچ آغشته به تریفلورالین	520 a	145.60 a
Trifluralin under mulch تریفلورالین زیر مالچ	190.00 c	29.24 e
Weed interference شاهد بدون کنترل	168.00 c	19.07 f
Weed free شاهد وجین تمام فصل	389.3 b	55.22 d

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

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

و بهبود عملکرد نخود شد که مطابق با نتایج این آزمایش است. در رابطه با باغات و درختان هم این نتایج گزارش شده است، به‌صورتی که در آزمایشی در نیجریه، رشد و عملکرد موز سبز با افزودن خاک‌پوش خاکاره بهبود یافت (Obiefuna, 1986).

گزارش‌ها حاکی از آن است که عملکرد گندم و برنج در صورت استفاده از مالچ‌ها نسبت به خاک بدون مالچ افزایش یافته و باعث افزایش عملکرد شدند (Bruce et al., 2006; Chen et al., 2007) همچنین Fetri et al, (2016) نشان دادند که کاربرد مالچ در کشت نخود دیم منجر به حفظ رطوبت

در رابطه با عملکرد دانه نخود هم بیشترین عملکرد دانه (۱۴۵/۶ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار مالچ آغشته به تریفلورالین بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین عملکرد دانه (۲۹/۲ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد تریفلورالین زیر مالچ بود که به علت گیاه‌سوزی و کاهش تراکم نخود در این تیمار این نتیجه حاصل شد. به طور کلی تیمار مالچ و تریفلورالین هر کدام به تنهایی اثرات مثبتی در افزایش عملکرد زیست‌توده و دانه نخود نسبت به تیمار بدون کنترل علف‌های هرز داشتند و با اختلاط این دو با یکدیگر در صورت آغشته‌شدن مالچ با تریفلورالین سهم اثرات مثبت هر کدام در بهبود و رشد نخود مشاهده شد، به‌طوری که مالچ با حفظ رطوبت خاک باعث افزایش عملکرد نخود شد و علف‌کش هم تا حدودی مانع از رشد علف‌های هرز شد. در صورتی که کاربرد تریفلورالین زیر مالچ اگرچه اثرات کنترلی این علف‌کش را بر زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز افزایش داده است، اما منجر به کاهش عملکرد زیست‌توده و دانه نخود هم شد که به علت کاهش تراکم به دلیل گیاه‌سوزی نخود بود. در رابطه با اثرات کاربرد همزمان مالچ و علف‌کش که منجر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی مختلفی مانند برنج، گندم و سویا شده است، گزارش‌های متعددی وجود دارند (Marble, 2015). در گزارشی، استفاده از مالچ‌های کلش گندم، کود دامی و کلش ذرت به ترتیب منجر به افزایش ۳۰، ۱۸ و ۱۶ درصدی عملکرد دانه نخود شد (Fetri et al., 2016). با این حال گزارشی مبنی بر بررسی اثرات کاربرد همزمان مالچ و علف‌کش در کشت نخود وجود ندارد و در آینده نیاز به آزمایشات بیشتری در این زمینه می‌باشد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این آزمایش، کاربرد مالچ و تریفلورالین هر کدام به تنهایی منجر به افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده نخود نسبت به تیمار شاهد شد و کنترل مناسبی بر علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل داشت. با این حال سهم کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد نخود در تیمار

تریفلورالین بیشتر بود. از بین دو تیمار کاربرد تریفلورالین و ایمازتاپیر به صورت پیش‌رویشی، کاربرد تریفلورالین کنترل قابل قبولی را در طول فصل رشد بر علف‌های هرز نشان داد و بدون خسارت به بوته‌های نخود، منجر به بهبود عملکرد نخود شد، اما کاربرد ایمازتاپیر باعث گیاه‌سوزی و توقف رشد نخود شد. با این حال به نظر می‌رسد تریفلورالین گزینه مناسبی برای کنترل علف‌های هرز نخود خواهد بود. در کاربرد همزمان مالچ و علف‌کش، در صورتی که تریفلورالین در زیر مالچ استفاده شود، منجر به افزایش کارایی تریفلورالین در کنترل علف‌های هرز خواهد شد، ولی از آنجایی که این علف‌کش برای نخود به ثبت نرسید است، به نظر می‌رسد این افزایش کارایی کنترل، منجر به خسارت به نخود خواهد شد. اما در صورت آغشته‌شدن مالچ به تریفلورالین، کارایی کنترلی علف‌های هرز نسبت به کاربرد آن در زیر مالچ کاهش پیدا می‌کند، ولی شرایط مناسب‌تری را برای رشد نخود ایجاد خواهد کرد، زیرا بیشترین عملکرد زیست‌توده و دانه نخود در این تیمار حاصل شد. به نظر می‌رسد که آغشته‌شدن تریفلورالین با مالچ خاکاره اثرات هر دو تیمار را حفظ کرده است، به‌طوری که مالچ خاکاره با حفظ رطوبت خاک، منجر به بهبود شرایط رطوبتی خاک نسبت به خاک بدون مالچ شده است و همین‌طور علف‌کش تریفلورالین که در لایه‌های مالچ محبوس شده است، بدون این‌که خسارتی به بوته‌های نخود وارد کند، منجر به کنترل علف‌های هرز شده است. با توجه به نتایج این آزمایش، نظر به این‌که کاربرد تریفلورالین در زیر مالچ منجر به افزایش کارایی تریفلورالین شده است، می‌توان از دزهای کاهش‌یافته این علف‌کش در زیر مالچ استفاده کرد که علاوه بر کاهش خسارات زیست‌محیطی علف‌کش‌ها، از هزینه‌های مصرف علف‌کش هم کاسته شود. هرچند به منظور یافتن دُز مصرفی مناسب تریفلورالین در زیر مالچ، نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه است، با این حال اختلاط مالچ و علف‌کش علاوه بر افزایش کارایی علف‌کش منجر به حفظ رطوبت خاک و افزایش عملکرد نخود به‌ویژه در شرایط دیم می‌شود و لذا می‌توان آن را به عنوان راهکاری برای افزایش عملکرد نخود پیشنهاد کرد.

منابع

1. Al-Thahabi, S.A., Yasin, I.Z., Abu-Irmaileh, B.E., Haddad, N.I., and Saxena, M.C. 1994. Effect of weed removal on productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Med.) in a Mediterranean environment. *Journal of Agronomy Crop Science* 41(1): 60-65.
2. Bagheri, A., Nezami, A., and Parsa, M. 1997. *Agronomy and Breeding of Chickpea*. Jahad Daneshgahi Mashhad press. 444 pp. (in Persian).

3. Bruce, A.L., Brouder, S.M., and Hill, J.E. 2006. Winter straw and water management: effects on soil nitrogen dynamics in California rice systems. *Journal of Agronomy* 98(4): 1050-1059.
4. Buhler, D.D. 1992. Population dynamics and control of annual weeds in corn (*Zea mays*) as influenced by tillage systems. *Journal of Weed Science* 40(2): 241-248.
5. Chauhan, B.S., and Abugho, S.B. 2012. Interaction of rice residue and PRE herbicides on emergence and biomass of four weed species. *Journal of Weed Technology* 26(4): 627-632.
6. Chen, S.Y., Zhang, X.Y., Pei, D., Sun, H.Y., and Chen, S.L. 2007. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on the North China Plain. *Annals of Applied Biology* 150(3): 261-268.
7. Chen, Y., Strahan, R.E., and Bracy, R.P. 2013. Effects of mulching and pre-emergence herbicide placement on yellow nutsedge control and ornamental plant quality in landscape beds. *Journal of Horticulture Technology* 23(5): 651-658.
8. Corp, M., Machado, S., Ball, D., Smiley, R., Petrie, S., Siemens, M., and Guy, S. 2004. Chickpea Production Guide. Oregon State University. Extension Service, EM 8791-E.
9. Crutchfield, D.A., Wicks, G.A., and Burnside, O.C. 1986. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) straw mulch level on weed control. *Journal of Weed Science* 34(1): 110-114.
10. Derr, J.F. 1994. Innovative herbicide application methods and their potential for use in the nursery and landscape industries. *Journal of Horticulture Technology* 4(4): 345-350.
11. Facelli, J.M., and Pickett, S.T. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Journal of Botanical Review* 57(1): 1-32.
12. Fawcett, R.S., Christensen, B.R., and Tierney, D.P. 1994. The impact of conservation tillage on pesticide runoff into surface water: a review and analysis. *Journal of Soil and Water Conservation* 49(2): 126-135.
13. Fetri, M., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., and Mohammadi, M. 2016. Effect of sowing depth and mulching types on soil water storage at different growth stages of chickpea under rainfed farming. *Iranian Journal of Pulses Research* 7(1): 135-144. (in Persian with English Summary).
14. Haghparsat, R., and Moradi, N. 2012. Importance of Chickpea Trade and Production. In: Chickpea National Community Board Report. p. 5-8. (in Persian).
15. Izadi-Darbandi, E., and Akram, L. 2012. Investigate the of Pyridate, Bentazon and Imazethpyr herbicides on growth, nodulation and biological nitrogen fixation I chickpea. *Iranian Journal of Pulses Research* 3(1): 105-118. (in Persian with English Summary).
16. Jahad Keshavarzi Statistics. Information Technology Center. Ministry of Agriculture. Iran. 2015.
17. Kantar, F., and Elkoca, E. 1999. Chemical and agronomical weed control in chickpea (*Cicer arietinum*). *Journal of Agriculture and Forest* 23(6): 631-635.
18. Knight, P.R., Gilliam, C.H., File, S.L., and Reynolds, D. 2001. Mulches reduce herbicide loss in the landscape. *Proceeding South Nursery Research Conference* 46: 461-463.
19. Lanphear, F.O. 1968. Incorporation of dichlobenil in mulches. *Journal of Weed Science* 16(2): 230-231.
20. Locke, M.A., and Bryson, C.T. 1997. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. *Journal of Weed Science* 45(2): 307-320.
21. Lyon, D.J., and Wilson, R.G. 2005. Chemical weed control in dryland and irrigated chickpea. *Journal of Weed Technology* 19(4): 959-965.
22. Marble, S.C. 2015. Herbicide and mulch interactions: A review of the literature and implications for the landscape maintenance industry. *Journal of Weed Technology* 29(3): 341-349.
23. Mathers, H.M. 2003. Novel methods of weed control in containers. *Journal of Horticulture Technology* 13(1): 28-34.
24. Modhej, A., and Bedarvandi, B. 2006. Integrated weeds management in canola. In: *Proceedings of 1st Asian Pacific Weed Science Society Conference*, Colombo, Srilanka.
25. Moradi, A. 2010. The Efficiency of Pendimethaline, Oxyflourfen, Trifluralin, Imazethapyr Herbicides and Hand Weeding Controls on Chickpea in Mashhad. MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English Summary).
26. Mousavi, S.K., Pezeshkpour, P., and Shahroudi, M. 2007. Weed community response to chickpea cultivars and planting date in rainfed condition. *Journal of Agricultural and Natural Resources Science* 4(1): 167-176. (in Persian with English Summary).
27. Mousavi, S.K., Sabeti, P., Jafarzadeh, N., and Bazzazi, D. 2010. Evaluation of some herbicides efficacy for weed control in chickpea. *Iranian Journal of Pulses Research* 1(1): 19-31. (in Persian with English Summary).
28. Obiefuna, J.C. 1986. effect of sawdust mulch and increasing levels of nitrogen on the weed growth and yield of false horn plantains. *Journal of Biological Agriculture and Horticulture* 3(4): 353-359.

29. Oliviera, S.C., Pereira, F.M., Ferraz, A., Silva, F.T., and Goncalves, A.R. 2000. Mathematical modeling of controlled-release systems of herbicides using lignins as matrices- A review. *Journal of Applied Biochemistry and Biotechnology* 84(86): 595-615.
30. Paolini, R., Faustini, F., Saccardo, F., and Crino, P. 2006. Competitive interactions between chickpea genotypes and weeds. *Journal of Weed Research* 46(4): 335-344.
31. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 524 pp. (in Persian).
32. Rashed Mohassel, M.H., and Nassiri Mahallati, M. 1993. Herbicide Physiology (Translated). Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 589 pp. (in Persian).
33. Samtani, J.B., Kling, G.J., Mathers, H.M., and Case, L. 2007. Rice hulls, leaf-waste pellets, and pine bark as herbicide carriers for container-grown woody ornamentals. *Journal of Horticulture Technology* 17(3): 289-295.
34. Solh, M.B., and Pala, M. 1990. Weed Control in Chickpeas. p. 93-99. In: *Proceedings of the Seminar on Present Status and Future Prospects of Chickpea Crop Production and Improvement in Resistance to Imidazolinone in Chickpea* 127: 1583-1591.
35. Vaishya, R.D., Rai, O.P., and Singh, R.K. 1999. Weed control in field pea with pre and post emergence herbicides. *Indian Journal of Pulses Research* 12(2): 201-205.
36. Wells, D.W., Constantin, R.J., and Brown, W.L. 1987. Weed control innovations for large, container grown ornamentals. In: *Proceedings South Weed Science Society* 40: 137.

Evaluation of mulch combination with Trifluralin and Imazethapyr for chickpea (*Cicer arietinum* L.) weed control

Maghsoudi¹, A., Eizadi-Darbandi^{2*}, E. & Nezami², A.

1. MSc. of Weed Science, Department of Agrotechnology, College of Agriculture,
Ferdowsi University of Mashhad; arashwenger@yahoo.com

2. Contributions from Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad;
(e-izadi@um.ac.ir & nezami@um.ac.ir; respectively)

Received: 13 January 2018

Accepted: 20 June 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.70011

Introduction

Chickpea is the second important legume crops and because of high protein level (18-30 percent), has a key role in human diet. Chickpea is a weak competitor with weeds because of its slow growth at the seedling stage, lower height and slow canopy closer. Growing chickpea in weedy condition can suffer yield reduction up to 40 to 90 percent and weed management is one of the most important management methods in chickpea farming. Like another legumes, chickpea is more tolerate to pre-emergence herbicides compare to post-emergence herbicides. Experiments indicated using of one weed control method, can not have a proper and sustainable control on weeds and for this purpose we should integrate weed control methods for sustainable weed management. Mulches is one of the effective weed control method and reduced weed damages. In many cases, pre-emergence herbicides are used in combination with different mulches provide longer duration of weed control and suppress a broad spectrum weed species. Pre-emergence herbicides uses for combining with mulches mostly members of dinitroanilines such a trifluralin and pendimethalin or another pre-emergence herbicides like isoxaben and dichlobenil. In this regard, the goal of this study is evaluating the application of mulch-herbicide combination as a method in chickpea weed control.

Materials & Methods

The experiment was conducted in completely randomized blocks design with three replications at research farm of Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, during 2015. Treatments were included the pre-emergence application of trifluralin, imazethapyr and wood shaving mulch and two ways of mulch-herbicide mixtures application (application of herbicide under the mulch and application of pre-mixed herbicide with mulch) with full season hand weeding and full season weed interference as control treatments. For making pre-mixed mulch and herbicide, mulch is sprayed with herbicide in another place on plastic foil and mixed together with rake completely then transported to the field experiment and was spread in field experiment. Studied mulch is a carpentry wood shaved mulch and was spread on the field experiment in 3 centimeter height with rake. For application of herbicides under the mulch, herbicides applied on the soil surface first, then mulch would be spread on the soil surface. The data statistical analysis were performed by Mini Tab Ver 17 and draw the figures with Excel 2013. Means were also compared by LSD (Last Significant Difference) test at 5% probability level.

Results & Discussion

Results indicated that, application of imazethapyr injured chickpea hardly and stopped chickpea growth. Application of trifluralin and wood shaving mulch alone, decreased weed density and weed biomass and increased chickpea yield significantly. Combination of wood shaving mulch and trifluralin indicated that two different results, trifluralin-mulch mixed had the higher chickpea seed yield (1450 Kg.ha⁻¹) and biomass (3700 Kg.ha⁻¹). Although application of mulch after trifluralin application as pre-emergence, controlled weeds significantly and provide the longer weed duration control in growing season, but also injured chickpea, and decreased it's suitable density and indicated that the lowest chickpea seed yield and biomass. There was not significantly difference between the trifluralin application alone and trifluralin-mulch

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

combination in three periods of sampling in weed density and biomass it seems the mulch prevent the trifluralin to achieve to the soil surface and decrease weed control efficacy but when trifluralin applied under mulch, weed control efficacy increased and controlled weeds during the growing season significantly. Trifluralin is decomposable when is applied in day light but when it is under mulch it be more stable and increase efficacy compare with application alone.

Conclusion

Through the experiment, mulch is suppress weeds and reduced weed density and biomass significantly and increased chickpea biomass and seed yield. Chickpea is very sensitive to pre-emergence application of imazethapyr and it caused chickpea injury, although this herbicide is labeled for chickpea in Turkey and controlled weeds significantly but in this experiment it caused chickpea injury. Chickpea is less sensitive to trifluralin and trifluralin application, increased chickpea yield significantly and decreased weed density and biomass. It seems that to be trifluralin-mulch combination, when trifluralin applied under the mulch, is suitable and increase the efficacy weed control and decrease the costs with this regard but it caused injury crop and decreased chickpea yield. Pre-mixed combination trifluralin with mulch decreased trifluralin efficacy compare to application Trifluralin under the mulch.

Keywords: Integrated weed management, Mulch, Mulch-herbicide combination, Rainfed farming

ردیابی و توالی‌یابی ژن کدکننده پروتئین مرتبط با بیماری‌زایی PR10 در نخود (*Cicer arietinum* L.)

مریم نوری شکر تو^۱، فاطمه ذاکر تولایی^{۲*} و فرهاد شکوهی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، مجتمع آموزش عالی شیروان؛ mnoori20409@gmail.com

۲- استادیار بیوتکنولوژی کشاورزی و عضو هیئت علمی مجتمع آموزش عالی شیروان

۳- استادیار بیوتکنولوژی کشاورزی و عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ shokouhifar@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۷

چکیده

در بین حبوبات، نخود از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و از جمله عوامل محدودکننده عملکرد آن، می‌توان به برق‌زدگی نخود اشاره کرد. استفاده از پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی یکی از راهکارهای مقابله گیاهان با عوامل بیماری‌زا به‌شمار می‌رود. یکی از ژن‌های کدکننده این نوع پروتئین‌ها، ژن کدکننده PR-10 است. این پژوهش با هدف ردیابی ژن PR-10 در ژنوم گیاه نخود انجام شد. بدین منظور DNA ژنومی شش ژنوتیپ نخود با مقاومت متفاوت نسبت به بیماری شامل دو رقم مقاوم MCC142 و MDD528، دو رقم متحمل MCC150 و MCC20 و دو رقم حساس MCC507 و MCC506 به روش CTAB استخراج گردید. با استفاده از آغازگرهای PSH-91 و MN واکنش PCR طی دو مرحله انجام شد. مرحله اول با استفاده از DNA ژنومی نخود و با آغازگر PSH91 و مرحله دوم با استفاده از محصولات مرحله اول و آغازگر MN انجام شد. سپس تخلیص باندها به‌وسیله کیت صورت گرفت و جهت توالی‌یابی ارسال شد. حضور تک‌باند ۱۳۵۰ جفت بازی در مرحله اول و حضور تک‌باند ۱۲۸۹ بازی در مرحله دوم بیانگر حضور ژن PR-10 در ژنوم نخود می‌باشد. نتایج این آزمون حاکی از عدم تفاوت در توالی‌های ژن کدکننده پروتئین PR-10 در ارقام نخود با سطوح مقاومتی متفاوت بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت در واکنش ارقام نسبت به بیماری، به تفاوت در توالی این ژن مربوط نیست و دلایل دیگری مقاومت متفاوت را ایجاد می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: نخود، (*Cicer arietinum* L.)، پروتئین‌های مرتبط با بیماری زایی، برق‌زدگی، PR-10

مقدمه

شمال آفریقا، شمال آمریکا، استرالیا، آسیای مرکزی و خاورمیانه محسوب می‌شود که توسط *Ascochyta rabiei* ایجاد می‌شود (Shokoohifar et al., 2003 & Taran et al., 2013). بروز و شیوع این بیماری به آب و هوا بستگی دارد. در برخی از سال‌ها، شرایط آب و هوای سرد و مرطوب، توسعه این بیماری را افزایش داده و اغلب موجب از دست رفتن ۱۰۰ درصد عملکرد محصول می‌شود (Udupa et al., 2003). در ایران پراکنش بیماری در شمال غرب، غرب، جنوب غربی و مرکز کشور گزارش شده است و در گلستان، کرمانشاه، ایلام، لرستان و فارس خسارات زیادی دربرداشته است (Ghiai et al., 2012; Nourollahi et al., 2009). نخود پاسخ‌های فعال و غیرفعال برای مقابله با این بیماری دارد. سازوکارهای دفاعی غیرفعال، شامل ایجاد موانع ساختاری و شیمیایی مانند کرک‌های غده‌ای است که ایجاد ایزوفلاون ضدقارچ می‌کند. سیستم‌های دفاعی فعال در گیاه، ممکن است ژن‌های مقاومت را به‌کار بگیرند. این بیماری می‌تواند با قارچ‌کش‌های مختلفی کنترل شود، اما با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی قارچ‌کش

ایران از نظر سطح زیرکشت نخود در جهان پس از هندوستان و پاکستان در رتبه سوم و از نظر تولید در رتبه هفتم قرار دارد (FAO, 2014). به گزارش فائو، ۱۲ درصد کل حبوبات تولیدشده در جهان مربوط به نخود بوده و این گیاه پس از نخودفرنگی و لوبیا در رتبه سوم قرار دارد (Yadav et al., 2015). سطح زیرکشت نخود کشور حدود ۵۲۸ هزار هکتار برآورد شده که معادل ۴/۴۶ درصد از کل محصولات زراعی و حدود ۶۴/۳ درصد از کل سطح برداشت حبوبات می‌باشد. میزان تولید نخود در کشور حدود ۲۶۹ هزار تن برآورد شده است که معادل ۳۶/۰ درصد از میزان تولید محصولات زراعی و ۴۳/۷ درصد از کل میزان تولید حبوبات می‌باشد (Ahmadi et al., 2016). یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد نخود، بیماری‌های قارچی می‌باشد. بیماری برق‌زدگی یکی از بیماری‌های مهم نخود در سراسر جهان از جمله غرب کانادا،

*نویسنده مسئول: f.zaker.t@um.ac.ir

Beet necrotic yellow PR-10 در طی عفونت به ویروس *BNYVV* vein virus در چغندر *Benthamiana* *nicotiana* ایجاد می‌شود (Wu et al., 2014). پروتئین PR-10 رشد و سازگاری با محیط‌زیست را تنظیم می‌کند و به طور گسترده در دانه گیاهان توزیع شده است. بر اساس شباهت در توالی اسیدآمینه آن، جایگاه زیرسلولی و عملکرد احتمالی، خانواده PR-10 شامل دو گروه مشخص است: پروتئین مرتبط با بیماری‌زایی داخل سلولی (IPR) و *S-norococlaurine synthases* (NCS). گروه IPR شامل ناحیه (ژن رمزگردان) ORF متشکل از ۴۵۶ تا ۴۸۹ نوکلئوتید می‌باشد که پلی‌پپتید ۱۶۲-۱۵۱ آمینواسیدی با وزن مولکولی ۱۸-۱۵ کیلودالتون را کد می‌کند. اعضای گروه NCS شامل ORF طولانی‌تری با ۶۳۳-۶۹۶ نوکلئوتید با وزن مولکولی حدود ۲۶ کیلو دالتون می‌باشد (Liu et al., 2006). برخی از PR-10 الگوهای بیان ساختاری غیرمرتبط با پاسخ به پاتوژن‌ها را نشان می‌دهند. تجمع ساختار PR-10 در طول رشد و تکامل گیاه در اندام گل شناسایی شده است (Liu et al., 2006). پروتئین PR-10 دارای عملکردهای مختلفی می‌باشند. شواهد مستقیمی از فعالیت ضد میکروبی که توسط PR-10 القاء می‌شود، در آزمایشگاه‌های میکروبی شناخته شده است. توانایی اتصال لیگاندها نیز در آن‌ها مشاهده شده است. همچنین دارای فعالیت آنزیمی در متابولیسم ثانویه گیاهان می‌باشد و در تنش‌های غیرزنده نیز ایفای نقش می‌کنند (Liu et al., 2006). القای بیان ژن PR-10 گاهی در پاسخ به حمله عوامل بیماری‌زا به‌طور گسترده در تعدادی از گونه‌های گیاهی مورد بررسی قرار گرفته است. مقاومت به سرما، به عنوان یک عامل مهم زیست محیطی، بیان PR-10 را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Liu et al., 2006). پروتئین PR-10 به‌طور وسیعی در همه خانواده‌های گیاهی یافت شده و در همه آن‌ها تقریباً اندازه و ساختار دوم پروتئین مشترک است. ساختار بعضی از آن‌ها با استفاده از اشعه ایکس و اسپکتروسکوپی NMR مشخص شده است. با وجود اطلاعات زیاد در مورد ساختار PR-10، اطلاعات در مورد عملکرد آن محدود است. پروتئین PR-10 نسبتاً کوچک و حدود ۱۶۰ اسیدآمینه می‌باشد و از سه مارپیچ و هفت رشته ناموازی b تشکیل شده است. این عناصر ساختاری یک حفره بزرگ آبگریز را تشکیل می‌دهند که به احتمال زیاد کلید ارتباطات عملکردی آن باشد (Fernandes, 2013). این ژن معمولاً از دو اگزون قطع شده توسط اینترون با ۷۶-۳۵۹ جفت باز و ناحیه ORF با ۴۶۵-۴۸ جفت باز تشکیل شده است. منطقه متغیر در این ژن بیشتر در ناحیه C ترمینال آن واقع

ها، محققان به دنبال گزینه‌های دیگر مانند مقاومت در برابر پاتوژن‌ها و استفاده از عوامل زنده و غیرزنده برای ایجاد مقاومت هستند. مهم‌ترین سازوکار کنترل بیماری استفاده از ارقام مقاوم است (Ghazanfar et al., 2011 & Leo et al., 2016). مقاومت ژنتیکی نخود در برابر این بیماری به دلیل سطح بالایی از تنوع در خزانه ژنی میزبان، پیچیدگی اساس مولکولی QTLها و متغیر بودن جمعیت پاتوژن با ظهور مداوم پاتوتایپ‌های جدید یک چالش است. افزایش فهم بشر از تعاملات بین گیاه-بیمارگر، ژن‌های دخیل در مقاومت و مسیرهای سیگنال‌دهی منتهی به مقاومت توانسته است راهکارهای ژنتیکی مناسب و کارآمدی به‌منظور افزایش مقاومت پیش روی محققان قرار دهد (Hashemi et al., 2013). ژن‌های کدکننده پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی که در بافت‌های گیاهان در تنش‌های مختلف تجمع می‌یابند، از جمله برجسته‌ترین ژن‌ها هستند که محققان سعی کرده‌اند با افزایش بیان این ژن‌ها در گیاهان مختلف مقاومت آن‌ها را به بیمارگرها بهبود بخشند (Hashemi et al., 2013). یکی از واکنش‌های دفاعی القاشونده گروهی از پروتئین‌ها است که تحت عنوان پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی (PR) نامیده می‌شوند. پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی (PR) گروه متنوعی از پروتئین‌ها از جمله گلوکانازها، سیتینازها، اندوپروتئینازها، پراکسیدازها، مهارکننده‌های پروتئاز و همچنین پروتئین کوچک مانند اسموتین (Osmotins)، تیونین‌ها (Thionins)، دفسین‌ها (Defensins) و پروتئین‌های انتقال چربی (Lipid Transfer Proteins) می‌باشند (Jain et al., 2012). تاکنون هفده PR پروتئین شناسایی شده است (Liu et al., 2006; Moosa et al., 2017).

پروتئین PR-10 در گیاهان مختلفی شناسایی شده است. مثلاً در گیاه نخودفرنگی بر روی رشد و جوانه‌زنی تأثیر گذاشته و موجب فعال شدن هورمون سیتوکینین می‌شود (Srivastava et al., 2006). در گیاه فلفل (*Capsicum baccatum*) در برابر قارچ *Colletotrichum acutatum* که مولد بیماری سیاه‌تاول (Aanthracnose) است، ایجاد مقاومت می‌کند (Sohet et al., 2012). PR-10 در گیاه برنج پس از آلودگی با *Magnaporthe grisea* القاء می‌شود (McGee et al., 2001). گیاهان توتون و تنباکو تراریخته با تظاهرات بالای ژن AhsIPR-10 افزایش تحمل به شوری، فلزات سنگین و تنش خشکی، محتوای کلروفیل و اندازه جوانه‌زنی نشان داده است (Jain et al., 2012). در کشت کالوس بادام‌زمینی، در شرایط تنش شوری، خشکی و فلزات سنگین از کالوس، PR-10 جدا شده است (Jain et al., 2012). تنظیم بیان

دو ژنوتیپ متحمل (MCC20 و MCC150) نخود در برابر بیماری برق‌زدگی استفاده شد. بذرها از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید. بذرها قبل از کشت با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۲ درصد به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی سطحی شده و پس از شستشو با آب مقطر، جهت جوانه‌زنی به پتری‌دیش‌های استریل حاوی کمی آب مقطر استریل انتقال داده شدند. سپس بذور جوانه‌زده، در گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتی‌متر با سه ترکیب پرلیت، کوکوپیت، ورمی‌کمپوست با نسبت ۱:۲:۱ در عمق ۲/۵ سانتی‌متری کاشته حاوی خاک شدند. آبیاری گلدان‌ها در دو هفته اول به صورت دوبرار در هفته انجام گرفت و سپس به سه‌بار در هفته افزایش پیدا کرد. هر ۱۴ روز آبیاری به صورت محلول آبیاری به اندازه ۱۵ گرم کود کامل NPK ۲۰:۲۰:۲۰ در ۱۰ لیتر آب انجام شد.

نمونه‌گیری و استخراج DNA

یک ماه بعد از کاشت، نمونه‌های برگ‌ها از گیاهان تهیه و استخراج DNA به روش CTAB (Probski et al., 1997) از آن‌ها انجام شد. به منظور بررسی کیفیت و کمیت DNA ژنومی مقدار چهار میکرولیتر از DNA استخراج‌شده بر روی ژل آگارز یک درصد بارگذاری شد. پس از الکتروفورز در ولتاژ ۸۰ ولت، به مدت ۴۵ دقیقه کیفیت DNA به کمک اشعه UV بررسی و عکس‌برداری شد. تخمین کمیت غلظت باندهای DNA براساس غلظت باند مارکر بر روی ژل آگارز یک درصد انجام شد.

طراحی آغازگر برای ردیابی و تکثیر توالی کامل ژن PR10

آغازگرهای اختصاصی بر اساس توالی ژنومی نخود به شماره بازیابی PGT01000000 و با کمک توالی EST JZ585563.1 با استفاده از نرم‌افزار Primer premier شرکت Premier bio soft طراحی شد (جدول ۱).

توالی ژن PR10 و محل آغازگرها جهت ردیابی ژن PR10

شکل ۱، نمای شماتیک ژن PR10 در سطح نوکلئوتیدی و محل اتصال آغازگرها را نشان می‌دهد. این ژن در گیاه نخود روی کروموزوم شماره ۱ قرار دارد. انتظار می‌رود باندهای با اندازه ۱۳۵۶bp با آغازگر PSH91 و ۱۲۸۹bp با آغازگر MN مشاهده شود.

شده است. توالی این پروتئین در تعدادی از گیاهان شناسایی شده است (Fernandes et al., 2013). Shokoohifar et al. (2003) با مطالعه ۹۴ جدایه از استان‌های مختلف ایران توانستند شش سطح مقاومتی در ارقام افتراقی تعیین نمایند و بر اساس قدرت بیماری‌زایی لازم جهت شکستن این سطوح شش گروه پاتوتیپی را گزارش کردند. در مطالعه دیگری نیز تنوع ژنتیکی جدایه‌های ایران با استفاده از نشانگرهای مولکولی RAPD بررسی گردید و ۲۲ گروه ژنوتیپی شناسایی شد. همچنین در مطالعه دیگری از همین پژوهشگران (Shokoohifar et al., 2006) که در شرایط آزمایشگاه و مزرعه صورت گرفت، واکنش ۴۲۰ توده بومی و ۹۷ دودمان رقم خارجی نخود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که ژنوتیپ‌های MCC311، MCC133، MCC496، MCC299، MCC528 و MCC142 از تیپ کابلی و ژنوتیپ‌های MCC54 و MCC523 از تیپ دسی در برابر شش پاتوتیپ از بیماری برق‌زدگی مقاومت بالایی نشان داد. بهبود مقاومت میزبان به عنوان مهم‌ترین، کاراترین، سازگارترین با محیط‌زیست و نسبتاً اقتصادی‌ترین راهکار برای مدیریت و مقابله با هر بیماری است (Li et al., 2015). بنابراین استفاده از ارقام مقاوم جهت دستیابی به عملکرد بالا اهمیت اساسی دارد (Hassan et al., 2012). اما به دلیل ظهور مداوم پاتوتیپ‌های جدید قارچ *A. rabiei*، تولید ژنوتیپ‌های مقاوم با چالش بزرگی مواجه است (Sharma & Ghosh 2016). جداسازی و توالی‌یابی پیش‌بر فعال‌شونده توسط بیمارگر *Ascochyta* که باعث القاء بیان ژن پروتئین مرتبط با بیماری‌زایی (PR-10) در نخود می‌شود، توسط Kaseb et al. (2017) انجام شده است.

با توجه به اهمیت مقاومت به برق‌زدگی در نخود و شناسایی ژن مرتبط با پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی (PR) در گیاهان مختلف در این تحقیق ردیابی، توالی‌یابی و جداسازی ژن PR10 در ارقام مقاوم و حساس به برق‌زدگی نخود انجام شده است.

مواد و روش‌ها

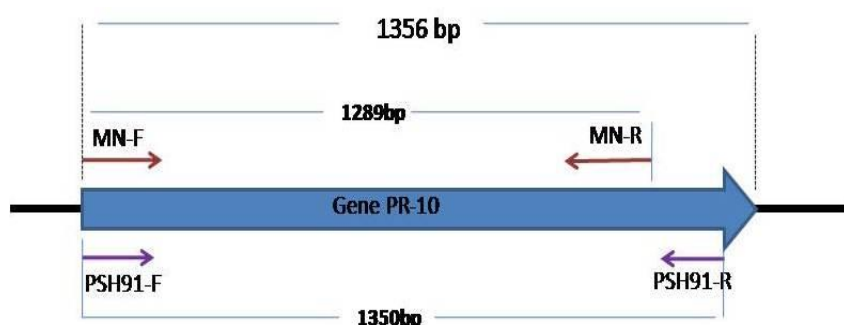
کشت و آماده‌سازی مواد گیاهی

در این آزمایش از دو ژنوتیپ حساس (MCC506 و MCC507)، دو ژنوتیپ مقاوم (MCC142 و MCC528) و

جدول ۱- آغازگرهای مورد استفاده برای ردیابی و تکثیر توالی کامل ژن PR10

Table 1. Employed primers to detection and amplification of whole sequence of PR10 gene

نوع آغازگر Primer type	توالی آغازگر Primer sequence	تعداد نوکلئوتید Nucleotide number	Tm (°C)
PSH91.F	5' ATTCATCACCATGGGTGTTTCAG 3'	24	62.7
PSH91.R	5' ACACACGTGGTGAATAAAAGCACTTA 3'	27	61.9
MN.F	5' ATGGGTGTTTTCAGTT 3'	16	40.5
MN.R	5' ATAACCCCTCAAGTCC 3'	16	43.8



شکل ۱- نمای شماتیک ژن PR-10 و ناحیه اتصال آغازگرهای MN و PSH-91 به ژن PR-10

Fig. 1. Schematic view of PR-10 gene and connecting region of PSH-91 and MN primers to gene

دستورالعمل مربوطه انجام گردید و سپس جهت توالی‌یابی، سازه‌های ژنی PR-10 به همراه آغازگرها جهت توالی‌یابی ارسال گردید. نتایج حاصل از توالی‌یابی با استفاده از نرم‌افزار SeqMan مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی گیاهان تقریباً به صورت همزمان صورت گرفت. شاخه‌زایی گیاهان مقاوم و متحمل بیشتر از ارقام حساس بود و رقم حساس گیاهی ضعیف و با شاخه‌های اندک تولید کرد. رقم‌های مقاوم و متحمل دارای بذر فراوان‌تر بوده و زودتر از ارقام حساس به گل رفته و تولید بذر کردند.

کمیت و کیفیت DNA استخراج شده

دسترسی به DNA با کیفیت و کمیت مناسب پیش‌نیاز اولیه بررسی‌های ژنتیکی مولکولی می‌باشد. غلظت و کیفیت پایین DNA اعتبار داده‌های حاصله را تحت تأثیر قرار داده و تکرارپذیری آن را کاهش می‌دهد. الگوی الکتروفورزی DNA استخراج شده از ارقام مقاوم، متحمل و حساس نخود، در شکل 1A نشان داده شده است. پس از استخراج نمونه‌ها به منظور انجام واکنش PCR نمونه‌ها در غلظت تقریبی ۳۰ نانوگرم در میکرولیتر شدند.

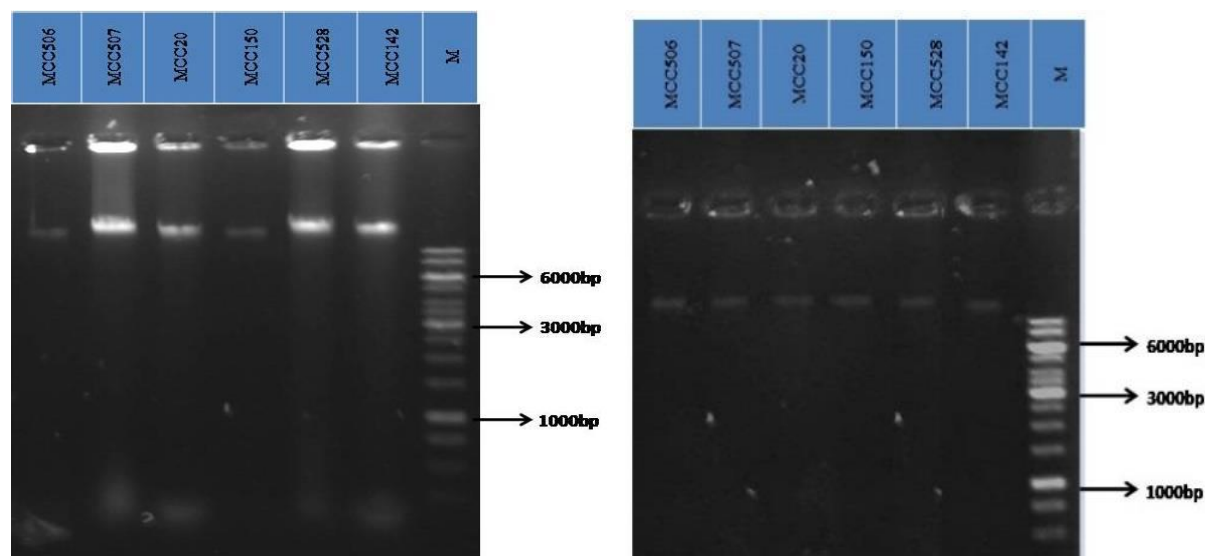
واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR)

محتویات واکنش شامل ۵۰ نانوگرم DNA ژنومی ارقام مقاوم و حساس نخود در حجم کل ۲۰ میکرولیتر حاوی ۲ میلی مولار MgCl₂، ۲۰۰ میکرومول dNTPs (GeNetBio, south Korea)، ۲ میکرولیتر بافر PCR 10X (GeNetBio, south Korea)، ۵ پیکومول از آغازگرهای رفت و برگشت PSH91- (BioNeer Co., south Korea) (سنتز شده توسط MN-F/R و F/R Taq DNA یک واحد آنزیم تک‌پلیمرز (polymerase, GeNetBio, south Korea) تهیه شد.

برنامه دمایی واکنش در مرحله واسرشت اولیه به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد و ۳۵ سیکل در ۹۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۳ ثانیه، مرحله اتصال به مدت ۴۵ ثانیه و در دمای ۶۲ درجه سانتی‌گراد، مرحله تکثیر در ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه و در نهایت ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه توسط دستگاه ترموسایکلر انجام شد. محصولات PCR بر روی ژل آگارز ۱ درصد در ولتاژ ثابت ۸۰ ولت به مدت یک ساعت الکتروفورز گردید. از غلظت 1X بافر SB در تهیه ژل و بافر تانک الکتروفورز استفاده شد.

تخلیص باند محصولات PCR از روی ژل و توالی‌یابی

استخراج ژن ردیابی شده با استفاده از کیت Gel extraction kit ساخت شرکت دنازیست و مطابق



شکل ۲- A: DNA استخراج شده از ارقام MCC506، MCC20، MCC150، MCC528، MCC142 و MCC507 نخود روی ژل الکتروفورز؛ B: DNA هم‌غلظت شده این رقم‌ها روی ژل الکتروفورز

Fig 2. A: Extracted DNA from chickpea cultivars of MCC142, MCC528, MCC150, MCC20, MCC506 and MCC507 on electrophoresis gel; B: Equal concentration of DNA from these cultivars on electrophoresis gel

توالی‌یابی ژن PR-10 در ارقام مقاوم، متحمل و حساس
در این مطالعه حضور ژن PR-10 به عنوان عامل مقاومت به بیماری برق‌زدگی در ارقام مقاوم، متحمل و حساس مورد بررسی قرار گرفت. سپس قطعه ژن PR-10 در کلیه ارقام بالا با واکنش PCR تکثیر شد. به منظور تأیید نهایی توالی‌یابی دو جهته صورت گرفت که نتایج توالی‌یابی حضور ژن PR-10 را در کلیه نمونه‌های بالا مورد تأیید قرار داد. هدف مهم بعدی بررسی جهش‌های احتمالی موجود در این ارقام بود. جهش‌ها در دو سطح نوکلئوتیدی و بیان پروتئین قابل بررسی می‌باشد. نتایج توالی‌یابی با استفاده از نرم‌افزار SeqMan بررسی شد. توالی‌یابی نمونه‌ها و مقایسه خوانش‌های رفت و برگشت حاصل از توالی‌یابی برای هر نمونه انجام شد. نتایج توالی‌یابی ارقام مختلف مقاوم و حساس در شکل‌های ۵ تا ۹ نشان داده شده است.

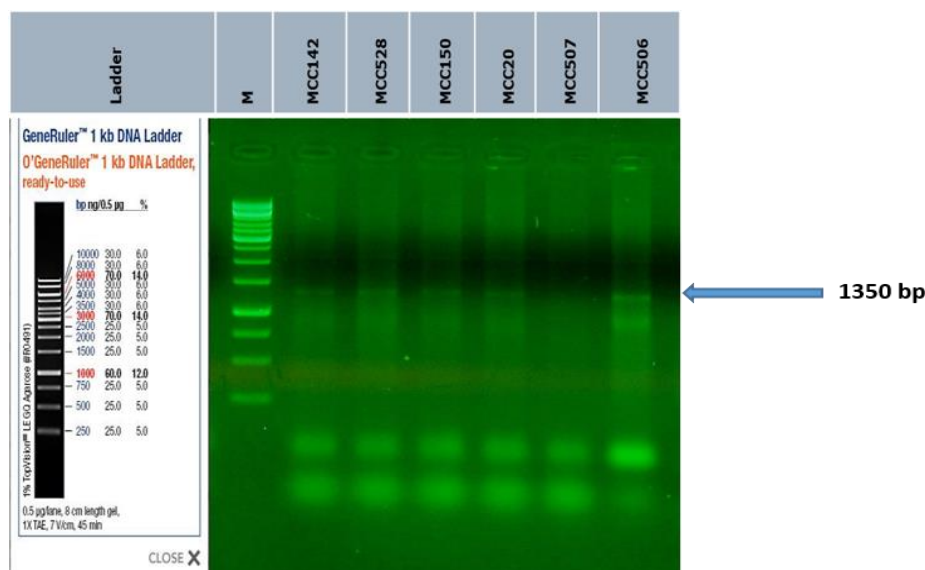
با توجه به تفاوت‌های حاصل بین توالی رفت و برگشت هر نمونه توالی نهایی به دست آمد که ظاهراً تعدادی جهش را نشان می‌داد. جهت بررسی تفاوت‌های مشاهده شده و اطمینان از صحت وجود جهش در توالی‌ها، آن‌ها با توالی رفرنس مقایسه شدند.

به دلیل اختصاصی بودن آغازگر در دامنه دمایی مختلف باند مشاهده شد، ولی بهترین باند در دمای ۶۰ و ۶۲ درجه سانتی‌گراد حاصل گردید. نتایج این قسمت در هر چاهک نشان داد که آغازگرهای طراحی شده براساس توالی ژن PR-10 توانسته‌اند منطقه‌ای با اندازه مورد انتظار را تکثیر نمایند.

تکثیر قطعه هدف از ارقام مختلف و ارائه الگوی حضور باند هدف
پس از انجام واکنش PCR جهت مشاهده نتیجه محصولات PCR را روی ژل یک درصد برده و ارقام مختلف مقایسه شدند. با توجه به آنچه گفته شد، اولین مرحله PCR با آغازگر PSH-91 انجام شد که حاصل آن مشاهده باند با اندازه مورد انتظار یعنی ۱۳۵۰ bp در تمام نمونه‌ها به جز نمونه MCC507 که جزء ارقام حساس می‌باشد، بود.

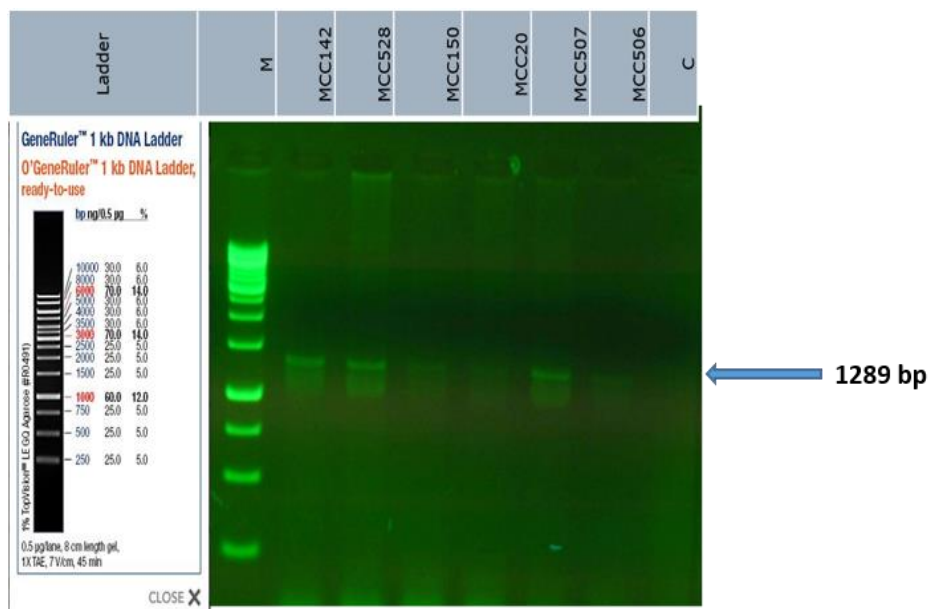
در مرحله دوم، PCR با استفاده از محصولات واکنش قبلی (به عنوان الگو) با آغازگر MN انجام شد. فقط در نمونه MCC20 جهت DNA الگو از خود DNA استخراج شده از گیاه استفاده شد و از محصول واکنش PCR استفاده نشد. در واقع تفاوتی بین این که از محصول PCR برای واکنش دوم استفاده شود یا از DNA اصلی استخراج شده از گیاه، وجود ندارد.

با توجه به حضور ژن در ارقام مقاوم، حساس و متحمل این فرضیه مطرح شد که شاید تنوع در توالی این ژن در ارقام با سطوح مقاومتی مختلف مشاهده گردد.



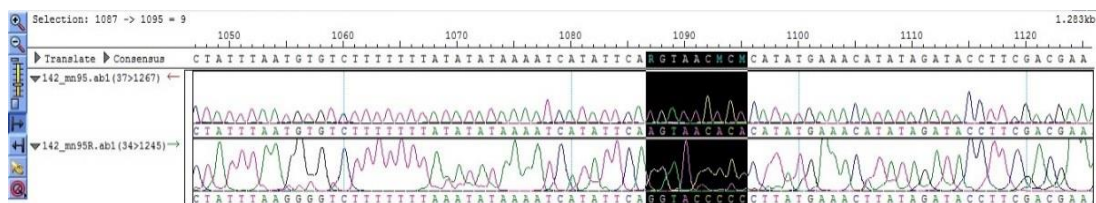
شکل ۳- تولید قطعه ۱۳۵۰ جفت بازی DNA به وسیله تکثیر PCR با استفاده از آغازگر PSH-91 در همه رقم‌ها، نشان‌دهنده وجود ژن PR-10 در ژنوم همه آن‌ها است.

Fig. 3. Production of 1350 bp DNA fragment by PCR amplification using PSH-91 primer in all cultivars indicated to existence of PR-10 gene in their genome.

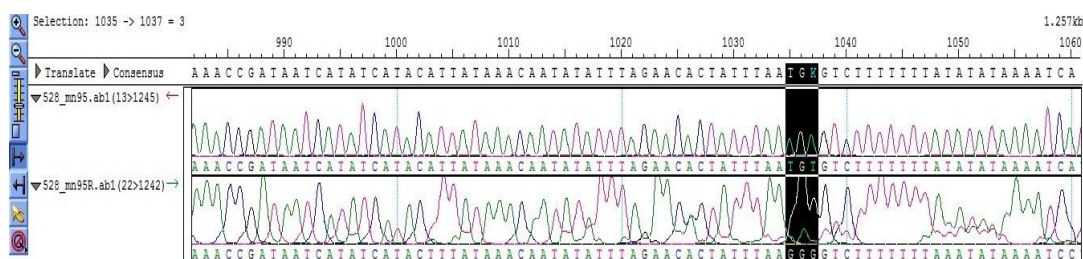


شکل ۴- تولید قطعه ۱۲۸۹ جفت بازی DNA به وسیله تکثیر PCR با استفاده از آغازگر MN در همه رقم‌ها نشان‌دهنده وجود ژن PR-10 در ژنوم همه آن‌ها است.

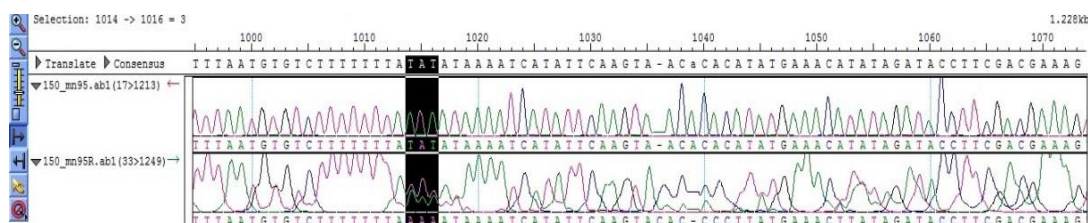
Fig. 4. Production of 1289 bp DNA fragment by PCR amplification using MN primer in all cultivars indicated to existence of PR-10 gene in their genome.



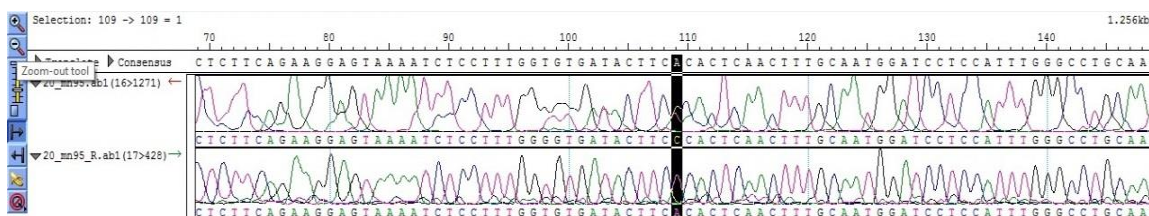
شکل ۵- توالی‌یابی دوطرفه رفت و برگشت ژن PR-10 از واریته MCC142 (مقاوم به برق‌زدگی)
Fig. 5. Forward and reverse sequencing of PR-10 gene derived from MCC142 variety (resistant to Ascochyta blight)



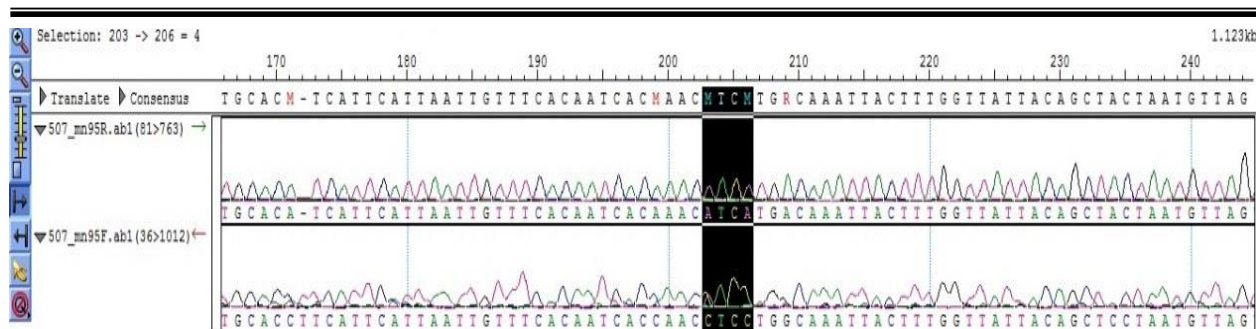
شکل ۶- توالی‌یابی دوطرفه رفت و برگشت ژن PR-10 از واریته MCC528 (مقاوم به برق‌زدگی)
Fig. 6. Forward and reverse sequencing of PR-10 gene derived from MCC528 variety (resistant to Ascochyta blight)



شکل ۷- توالی‌یابی دوطرفه رفت و برگشت ژن PR-10 از واریته MCC150 (متحمل به برق‌زدگی)
Fig. 7. Forward and reverse sequencing of PR-10 gene derived from MCC150 variety (tolerant to Ascochyta blight)



شکل ۸- توالی‌یابی دوطرفه رفت و برگشت ژن PR-10 از واریته MCC20 (متحمل به برق‌زدگی)
Fig. 8. Forward and reverse sequencing of PR-10 gene derived from MCC20 variety (tolerant to ascochyta blight)



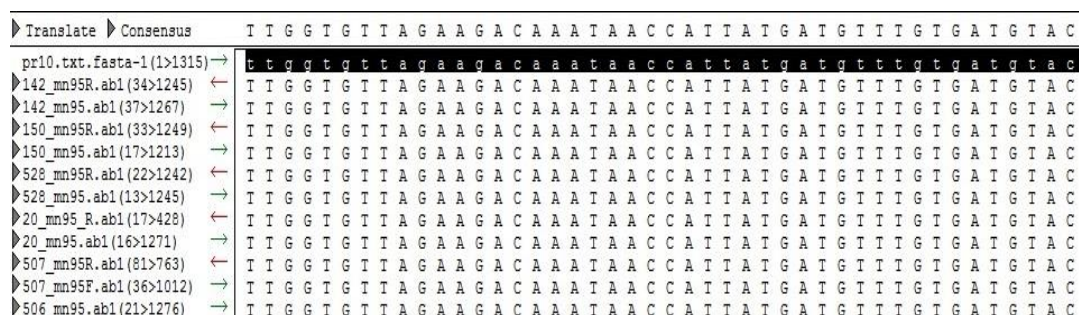
شکل ۹- توالی‌یابی دوطرفه رفت و برگشت ژن PR-10 از واریته MCC507 (حساس به برق‌زدگی)

Fig. 9. Forward and reverse sequencing of PR-10 gene derived from MCC507 variety (susceptible to Ascochyta blight)

نخود و توالی رفرنس را نشان داد. در واقع چون این مناطق در انتهای منطقه خوانش بوده است، به‌همین دلیل کیفیت توالی‌یابی در این قسمت کاهش یافته است و به‌عنوان جهش در نظر گرفته نمی‌شود. نتیجه نهایی این‌که توالی این ژن در منطقه بررسی‌شده بین ارقام مقاوم و حساس و توالی رفرنس یکسان می‌باشد.

به‌دست‌آوردن توالی توافقی برای ژن PR-10

پس از بررسی توالی نمونه‌ها با یکدیگر یک توالی توافقی به‌دست آمد. این توالی در نرم‌افزار SeqMan با توالی رفرنس مقایسه شد. در این مقایسه مشخص شد که تفاوت‌های مشاهده شده در آزمون قبلی ناشی از خطای توالی‌یابی بوده است و لذا بررسی‌ها عدم وجود تفاوت بین این توالی توافقی، توالی ژنوم



شکل ۱۰- مقایسه توالی ژن PR-10 ارقام مختلف نخود با توالی رفرنس نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت بین توالی با توالی رفرنس می‌باشد.

Fig. 10. Comparison of PR-10 gene sequence of different chickpea varieties with reference sequence indicated to lack of difference between sequences and reference sequence also.

نتایج الگوی الکتروفورزی محصول PCR با پرایمر PSH-91 در بین ارقام مقاوم، متحمل و حساس یکسان است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان کرد که در طی PCR با پرایمر موردنظر در بین ارقام مقاوم، متحمل و حساس موفق به ردیابی ژن PR-10 شدیم و اندازه باندها در تمام ارقام ۱۳۵۰ bp می‌باشد که این نشان‌دهنده الگوی باندهای مشابه در بین ارقام مختلف بوده است. با توجه به وجود این ژن در ارقام حساس این نتیجه حاصل می‌شود که واکنش متفاوت ارقام مختلف در برابر بیماری برق‌زدگی نخود می‌تواند ناشی از تفاوت در بیان ژن PR-10 باشد. پروتئین‌های PR-10 پروتئین‌های

با توالی‌یابی ژنوم میزبان‌ها و بیمارگرها مشخص شد که نسبت زیادی از ژن‌ها برای دفاع در مقابل بیمارگرها یا از بین بردن مقاومت میزبان اختصاص یافته‌اند. دستیابی به توالی ژن‌های مقاومت در تولید ارقام مقاوم ارزش بالایی دارد. ژن کدکننده پروتئین PR-10 به‌عنوان عامل مقاومت در مقابل بیماری برق‌زدگی می‌تواند شناخته شود که جهت اطمینان از ایجاد مقاومت توسط این پروتئین نیاز به بررسی بیان پروتئین در شرایط مختلف می‌باشد. نتایج PCR با پرایمر PSH-91 حضور PR-10 را در شیش رقم نخود مورد مطالعه نشان داد.

بیماری سوختگی غلاف برنج، بیان ژن PR-10 در ارقام مقاوم در مقایسه با ارقام حساس به بیماری افزایش معنی‌داری نشان داده است (Babaiezhadeh & Sayyari, 2012). تنها PR پروتئین شناسایی شده در نخود PR-2 می‌باشد. ۱۴ روز پس از تلقیح نخود با *Ascochyta rabiei* فعالیت آنزیم ۱ و ۳ گلوکاناز مشاهده شده است (Hanselle & Barz, 2001). همچنین ۲ کتیناز و ۳ بتا (۳) گلوکاناز در گیاه نخود علیه عامل بیماری برق‌زدگی کشف شده است (Saikia et al., 2005). به نظر می‌رسد که پروتئین PR-10 در گیاهان مختلفی ایجاد مقاومت می‌کند. به عنوان مثال در گیاه فلفل در برابر قارچ مولد بیماری سیاه‌تاول (Soh et al., 2012)، در برنج در برابر *Magnaporthe grisea* (McGee et al., 2001)، در چغندر در برابر BNYVV (Wu et al., 2014) و در سورگوم بر علیه قارچ فوزاریوم (Katile et al., 2010) بیان شده است.

دفاعی داخل سلولی می‌باشند که ساختاری شبیه ریبونوکلازها دارند. تمام پروتئین‌های PR-10 اسیدی بوده و در هیچ‌یک از آن‌ها سیگنال پپتیدی وجود ندارد. این موضوع نشان می‌دهد که پروتئین‌های این خانواده درون سلولی هستند و توسط بیمارگرها القاء می‌شوند (Vidhyasekaran, 2002). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد به علت عدم وجود تنوع در توالی نوکلئوتیدی، این احتمال وجود دارد که در هنگام بیان پروتئین در شرایط وجود عامل بیماری، تفاوت بین ارقام مختلف نشان داده شود که این احتمال با توجه به تحقیقاتی که بر ژن PR-10 برنج صورت گرفته است، تأیید می‌شود (Babaiezhadeh & Sayyari, 2012). ژن PR-10 در برنج به طور طبیعی در برگ‌ها بیان نمی‌شود و به زخم‌ها واکنش نشان نمی‌دهد، اما بالقوه در سطح بالایی به وسیله اتیلن و جاسمونیک اسید بیان می‌شود (Heidarinejad et al., 2014). همچنین در بررسی رقم مقاوم و حساس به عامل

منابع

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hosseinpour, R., Hatami, F., Fazli, B., kazemian, A. and Rafiee, M. 2016. Agricultural Statistics. First Volume. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy Director of Planning and Economics, ICT Center. Iran. (In Persian).
- Babaeizadeh, V., and Sayyai, M. 2013. Intervention of Lipoxigenase gene and multiple pathogenesis-related (PR) genes in the resistance of tarom and anonymous cultivars of rice to *Rhizoctonia solani* Disease. 12th Iranian Congress of Genetics. May 21-23, 2012. Tehran. (In Persian).
- FAO, 2014. FAOSTAT Database Results from FAO Website. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernandes, H., Michalska, K., Sikorski, M., and Jaskolski, M. 2013. Structural and functional aspects of PR-10 proteins. FEBS Journal 280(5): 1169-1199.
- Ghiai, S., Razavi, M., and Shahriary, D. 2012. Study on pathogenic and molecular variability in some isolates of *Ascochyta rabiei* causal agent of Ascochyta blight of chickpea in Iran. Journal of Applied Entomology and Phytopathology 79: 199-218.
- Hanselle, T., and Barz, W. 2001. Purification and characterisation of the extracellular PR-2b β -1, 3-glucanase accumulating in different *Ascochyta rabiei*-infected chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Plant Science 161(4): 773-781.
- Heidarinezhad, M., Babaye Zadeh, A., and Rahimian, H.A. 2015. The role of genes related to pathogenicity PR10 and PR2 in rice in resistance to *Acidovorax avenae* subsp. *Avenae*. First National Congress of Biology and Natural Sciences of Iran. https://www.civilica.com/Paper-BSCONF01-BSCONF01_101.html (in Persian).
- Jain, S., Kumar, D., Jain, M., Chaudhary, P., Deswal, R., and Sarin, N.B. 2012. Ectopic overexpression of a salt stress-induced pathogenesis-related class 10 protein (PR10) gene from peanut (*Arachis hypogaea* L.) affords broad spectrum abiotic stress tolerance in transgenic tobacco. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) 109(1): 19-31.
- Ghannadha, K., and Zahrawi, M. 2006. Areas of construction, operation and engineering of resistance genes in plants. The 9th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Tehran University. Pardis Abooreihan. (in Persian). https://www.civilica.com/Paper-NABATAT09-NABATAT09_007.html
- Ghazanfar, M.U., Wakil, W., and Sahi, Sh.T. 2011. Induction of resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) against *Ascochyta rabiei* by applying chemicals and plant extracts. Chilean Journal of Agricultural Research 71(1): 52-62.
- Hassan, S.I., Hameed, A., Tariq, M., and Arshad, M. 2012. Pearl: A high yielding and full season white maize variety. Journal of Agricultural Research 50(3): 329-334.

12. Hashemi, S., Babaeizad, V., Tajik, M.A., and Rahimian, H. 2013. Studying of several Pathogenesis-related genes role in rice resistance *Bipolaris oryzae*. Iranian Journal of Plant Pathology 49(2): 57.
13. Kaseb, A. 2017. Tracking and sequence analysis of the PR10 gene promoter from chickpea plant (MSc. Thesis). Retrieved from IRANDOC Database. (Accession No. 2443873).
14. Katile, S.O., Perumal, R., Rooney, W.L., Prom, L.K., and Magill, C.W. 2010. Expression of pathogenesis-related protein PR-10 in sorghum floral tissues in response to inoculation with *Fusarium thapsinum* and *Curvularia lunata*. Molecular Plant Pathology 11(1): 93-103.
15. Leo, A.E., Linde, C.C., and Ford, R. 2016. Defence gene expression profiling to *Ascochyta rabiei* aggressiveness in chickpea. Theoretical and Applied Genetics 129: 1333-1345.
16. Li, H., Rodda, M., Gnanasambandam, A., Aftab, M., Redden, R., Hobson, K., Rosewarne, G., Materne, M., Kaur, S., and Slater, A.T. 2015. Breeding for biotic stress resistance in chickpea: progress and prospects. Euphytica 204: 257-288.
17. Liu, J.J., and Ekramoddoullah, A.K. 2006. The family 10 of plant pathogenesis-related proteins: their structure, regulation, and function in response to biotic and abiotic stresses. Physiological and Molecular Plant Pathology 68(1): 3-13.
18. McGee, J.D., Hamer, J.E., and Hodges, T.K. 2001. Characterization of a PR-10 pathogenesis-related gene family induced in rice during infection with *Magnaporthe grisea*. Molecular Plant-Microbe Interactions 14(7): 877-886.
19. Moosa, A., Farzand, A., Sahi, S.T., and Aleem Khan, A. 2017. Transgenic expression of antifungal pathogenesis-related proteins against phytopathogenic fungi-15 years of success. Israel Journal of Plant Sciences, ISSN: 0792-9978 (Print) 2223-8980 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/tips20>. DOI: 10.1080/07929978.2017.1288407.
20. Nourollahi, K., Javannikah, M., Naghavi, M.R., and Okhvt, S.M. 2009. Pathogenic diversity in *Didymella rabiei* from the western Iranian Ilam and Kermanshah provinces. Journal of Plant Protection 23: 56-65.
21. Saikia, R., Singh, B.P., Kumar, R., and Arora, D.K. 2005. Detection of pathogenesis-related proteins-chitinase and β -1,3-glucanase in induced chickpea. Current Science 89: 659-663.
22. Sharma, M., and Ghosh, R. 2016. An update on genetic resistance of chickpea to ascochyta blight. Agronomy 6: 18. doi:10.3390/agronomy6010018.
23. Shokoohifar, F., Bagheri, A., and Falahati Rastgar, M. 2003. Identification of genetic diversity in the *Ascochyta* blight pathogen of chickpea [*Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab.] Using RAPD markers. JWSS-Isfahan University of Technology 7(2): 193-204.
24. Shokoohifar, F., Bagheri, A.R., and Falahati Rastgar, M. 2006. Identification of resistant chickpea lines against pathotypes causing *Ascochyta* blight disease in Iran. Iranian Journal of Biology 19(1): 29-42.
25. Soh, H.C., Park, A.R., Park, S., Back, K., Yoon, J.B., Park, H.G., and Kim, Y.S. 2012. Comparative analysis of pathogenesis-related protein 10 (PR10) genes between fungal resistant and susceptible peppers. European Journal of Plant Pathology 132(1): 37-48.
26. Taran, B., Warkentin, T., and Vandenberg, A. 2013. Fast track genetic improvement of *Ascochyta* blight resistance and double podding in chickpea by marker-assisted backcrossing. Theoretical and Applied Genetics 126(6): 1639-1647.
27. Udupa, S., and Baum, M. 2003. Genetic dissection of pathotype-specific resistance to *Ascochyta* blight disease in chickpea (*Cicer arietinum* L.) using microsatellite markers. Theoretical and Applied Genetics 106(7): 1196-1202.
28. Vidhyasekaran, P. 2002. Bacterial Disease Resistance in Plants: Molecular Biology and Biotechnological Applications. Routledge. 322pp
29. Wu, W.Q., Fan, H.Y., Jiang, N., Wang, Y., Zhang, Z.Y., Zhang, Y.L., Wang, X.B., Li, D.W., Yu, J.L., and Han, Ch.G. 2014. Infection of Beet necrotic yellow vein virus with RNA4-encoded P31 specifically up-regulates pathogenesis-related protein 10 in *Nicotiana benthamiana*. Virology Journal 11(1): 118.
30. Yadav, P., Tripathi, D.K., Kafel Khan, K., and Yadav, A.K. 2015. Determination of genetic variation and heritability estimates for morphological and yield traits in chickpea (*Cicer arietinum*) under late sown conditions. The Indian Journal of Agricultural Sciences 85(7): 116-129.

Tracing and sequencing of pathogenesis-related (PR) protein 10 gene in chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Noori Shekartoo¹, M., Zaker Tavallaie^{2*}, F. & Shokoohifar³, F.

1. MSc. in Plant Biotechnology, Higher Education Complex of Shirvan, Shirvan, Iran; mnoori20409@gmail.com
2. Assistant Professor, Plant Biotechnologist, Department of Plant Production, Higher Education Complex of Shirvan, Shirvan, Iran
3. Assistant Professor, Plant Biotechnology, Legumes Department, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; shokouhifar@um.ac.ir

Received: 19 June 2018

Accepted: 18 July 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73594

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is an especial important crop among Pulse crops. One of the most important factors limiting the yield of chickpea is fungal diseases. Ascochyta blight is the most problematic disease of chickpea. The fungus *Ascochyta rabiei* (also called *Didymella rabiei*) causes ascochyta blight of chickpea. Pathogenesis related (PR) proteins are one of the ways to control plant pathogens. These proteins are encoded by the host plant, but their express done only in the presence of disease agent or the related conditions (Ghannadha *et al.*, 2006). PR-proteins are a variety group of proteins including: glucanase, chitinases, endoproteinase, peroxidases, protease inhibitors, as well as small proteins such as osmotins, thionins, defensins, and lipid transfer proteins (Jain *et al.*, 2012). So far seventeen PR proteins have been identified (Liu *et al.*, 2006). PR-2 is the only PR-protein that identified in chickpea. The PR-10 has many functions. Direct evidence of antimicrobial activity induced by PR-10 is known in microbiological labs. The ability to connect to ligands is also observed. It also has an enzymatic activity in the secondary metabolism of plants and plays a role in abiotic stresses (Liu *et al.*, 2006). This research was done to detect *pr-10* gene in chickpea genome.

Materials & Methods

In this experiment, six genotypes of chickpea, including two sensitive genotypes (MCC506 and MCC507), two resistant genotypes (MCC142 and MCC528) and two tolerant genotypes (MCC20 and MCC150), against ascochyta blight were used. The seeds were surface sterilized using 2% sodium hypochlorite and germinated in sterile petri dishes. The germinated seeds were planted in pots (with 20 cm in diameter) containing combination of perlite, coco peat and vermicompost with a ratio of 1: 2: 1 at a depth of 2.5 cm. After one month, DNA extraction was down from leaves using CTAB method. RCR reaction was down using primers of PSH-91 and MN in 2 steps. These primers were designed using Primer software Ver.5. The first step was performed using PSH-91 primer on genomic DNA and second step using MN primer on first PCR product. The detected gene was extracted using a Gel extraction kit manufactured by Denazist Company. Then PR-10 gene constructs were sequenced. Sequencing results were analyzed using SeqMan software.

Results & Discussion

Germination of plants was almost simultaneously. The shoot production of resistant and tolerant plants was more than sensitive cultivars. Resistant and tolerant varieties reached to flowering stage earlier and produced more abundant seed rather than sensitive cultivars. The presence of a single-band 1350 bp in the first PCR and a single-band 1289 bp in the second PCR indicated to presence of the PR-10 gene in the chickpea genome. The results of this research indicated that there is no difference in sequence of coding gene of PR-10 protein in chickpea genome with different resistance levels.

*Corresponding Author: f.zaker.t@um.ac.ir

Conclusion

Due to the lack of diversity in the nucleotide sequence of pr-10 gene among resistant and sensitive cultivars, it is likely that when the protein is expressed in the presence of the disease agent, the expression difference between the different varieties is shown. This seems reasonable considering research on the pr-10 rice genes (Babaiezadeh & Sayyari, 2012). The PR-10 gene in rice is naturally not expressed in leaves and does not respond to ulcers, but it has high expression potential in the presence of ethylene and jasmine acids (Heidarinejad *et al.*, 2014). Also, in evaluating the resistant and susceptible cultivar of rice blight pods disease, PR-10 gene expression in resistant cultivars was significantly increased compared with susceptible cultivars (Babaiezadeh and Sayyari, 2012). It seems that additional experiments are necessary in disease condition on expression of pr-10 gene in chickpea.

Keywords: Ascochyta blight, *Cicer arietinum* L., Pathogenesis related (PR) proteins, pr-10 gene

مدل سازی مراحل فنولوژیک و پارامترهای عملکردی گیاه باقلا در شرایط شرق استان گلستان (ارزیابی مدل)

علی راحمی کاریزکی^{۱*} و سیدحسین حسینی^۲

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲- دانشجوی دکتری رشته زراعت، دانشگاه گنبد کاووس، ایران؛ hosseini2002us@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

در حال حاضر باقلا به عنوان یکی از محصولات مهم در منطقه خاورمیانه، آفریقا، چین و نقاطی از اروپا و استرالیا در تغذیه انسان و دام مورد توجه قرار دارد. مدل، ابزاری است که ما را در تفسیر و درک دنیایی که در آن زندگی می‌کنیم، یاری می‌کند. پیش‌بینی دقیق فنولوژی گیاهان زراعی از ویژگی‌های ضروری مدل‌های شبیه‌سازی به‌شمار می‌رود. از مدل‌ها می‌توان در بهبود مدیریت تولید گیاهان زراعی برای پیش‌بینی تاریخ‌های احتمالی برداشت یا پیش‌بینی عملکرد نهایی، یا به صورت فعال‌تر، برای پیش‌بینی مطمئن زمان وقوع حوادث فنولوژیکی استفاده نمود. مدل استفاده‌شده در این مطالعه، مدل ارائه‌شده توسط سلطانی و همکاران برای نخود بود. برای پارامترهای ورودی مدل، از مقادیر به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ که در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس در شرایط مطلوب دیم و عاری از آفات، علف‌های هرز و بیماری‌های باقلا اجرا گردیده بود، استفاده شد. ۲۴ سناریوی مختلف شامل ترکیبات مختلفی از تراکم و تاریخ کاشت در دو سال زراعی برای مدل تعریف گردید. نتایج نشان داد که مدل قادر است مراحل فنولوژیک گیاه باقلا را به‌جز روز تا سبز شدن به‌خوبی پیش‌بینی کند. این پیش‌بینی در مراحل منتهی به برداشت باقلا از بالاترین دقت برخوردار بود، به‌نحوی که بالاترین ضریب تبیین با مقدار ۰/۹۱ مربوط به تعداد روز تا برداشت باقلا بود. مطالعه نشان داد که مدل فوق نمی‌تواند به‌خوبی حداکثر سطح برگ، عملکرد، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را در شرایط آب و هوایی گنبد و تحت شرایط آزمایش‌های مزرعه‌ای پیش‌بینی نماید.

واژه‌های کلیدی: توصیف مدل، حبوبات، شبیه‌سازی، مدل

مقدمه

سبز آن ۹۰۷۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. باقلا گیاه مناسبی در تناوب با غلات است، زیرا موجب شکستن چرخه بسیاری از بیماری‌های متداول غلات می‌شود و جمعیت نامتدها را کاهش می‌دهد (Jafarnodeh et al., 2017).

مدل، ابزاری است که ما را در تفسیر و درک دنیایی که در آن زندگی می‌کنیم، یاری می‌کند. دانشمندان و مهندسان از انواع مدل‌ها به عنوان ابزاری برای درک پدیده‌های مورد مطالعه استفاده می‌کنند. مدل ریاضی، معادله یا مجموعه‌ای از معادلات است که رفتار هر سیستم را به‌طور کمی توصیف می‌کند (Boote et al., 1996; Sinclair & Seligman, 1996; Van Ittersum et al., 2003). پیش‌بینی دقیق فنولوژی گیاهان زراعی از ویژگی‌های ضروری مدل‌های شبیه‌سازی به‌شمار می‌رود (Soltani et al., 2006; Torabi, 2004).

تولید و تسهیم ماده خشک در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تا حد زیادی به وسیله زمان‌بندی مراحل نمو تنظیم می‌شود (Rahemi Karizaki & Soltani, 2005; Soltani et al., 2006). درک چگونگی واکنش نمو فنولوژیک باقلا به طول

باقلا با نام علمی *Visia faba* L. متعلق به خانواده Fabaceae می‌باشد. با احتمال زیاد منشأ باقلا جنوب غربی آسیا گزارش شده است (Majnoon Hosseini, 2008). باقلا با دارا بودن ۲۳/۴ درصد پروتئین در دانه خشک باعث گردیده تا در حال حاضر به عنوان یکی از محصولات مهم در منطقه خاورمیانه، آفریقا، چین و نقاطی از اروپا و استرالیا در تغذیه انسان و دام مورد توجه قرار گیرد (et al., 2002 Turpin). سطح زیر کشت باقلا در جهان و ایران به ترتیب معادل ۲/۹ میلیون و ۳۰ هزار هکتار می‌باشد. مناطق عمده کشت باقلا در ایران، استان‌های گلستان، خوزستان، مازندران و گیلان می‌باشد (Majnoon Hosseini, 2008). سطح کشت باقلا در استان گلستان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، ۲۲۸۸ هکتار و میزان تولید آن ۲۰۷۶۱ تن (۳۵ درصد تولید باقلا در کشور) و عملکرد غلاف

*نویسنده مسئول: alirahemi@yahoo.com

Aryakia et al, (2017) در مطالعه ای که روی لوبیاچیتی

انجام دادند، نتیجه گرفتند که می توانند از مدل ترابی و سلطانی برای پیش بینی عملکرد و مراحل فنولوژیکی این گیاه استفاده کنند و بیان داشتند که این مدل می تواند به خوبی این پارامترها را بیان کند.

استفاده از یک مدل شبیه سازی برای پیش بینی رشد و عملکرد، به پارامترهای ورودی آن مدل در منطقه موردنظر بستگی دارد. مدل های شبیه سازی گیاهان مثل سایر ابزارها دارای نقاط قوت و محدودیت های خاص خود هستند. بنابراین، حصول نتیجه مطلوب از به کارگیری مدل ها مستلزم شناخت مناسب از توانایی ها و محدودیت های آن ها می باشد. هدف از این تحقیق، ایجاد یک مدل ساده برای پیش بینی مراحل فنولوژیک، حداکثر سطح برگ، عملکرد و شاخص برداشت باقلا تحت شرایط آب و هوایی گنبد با استفاده از مدل نخود بود.

مواد و روش ها

آزمایش های مزرعه ای

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ و ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس در شرایط مطلوب دیم و عاری از آفات، علف های هرز و بیماری های باقلا اجرا گردید. گنبد کاووس در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض جغرافیایی، در ارتفاع ۴۵ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. میزان بارش سالانه حدود ۵۰۰ میلی متر است. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری انجام شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱) که بر اساس نتایج حاصله بافت خاک لوم رسی سیلتی بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار و در دو سال انجام شد. تراکم کاشت در چهار سطح (۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در مترمربع) و تاریخ کاشت در سه سطح (۱۳ آبان ۱۳۹۱، ۱۳ آذر ۱۳۹۱، ۱۳ دی ۱۳۹۱ و ۱۷ آذر ۱۳۹۰، ۲۴ آذر ۱۳۹۰ و ۱۷ دی ۱۳۹۰) بود. برای ایجاد تراکم های مختلف، فاصله بین ردیف ها ۵۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ها ۲۵ سانتی متر برای تراکم ۸ بوته در مترمربع، ۱۶/۷ سانتی متر برای تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، ۱۲/۵ سانتی متر برای تراکم ۱۶ بوته در مترمربع و ۱۰ سانتی متر برای تراکم ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. میزان کود توصیه شده در زمان کاشت، ۲۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود. بذور قبل از کاشت با سم کربوکسی تیرام به میزان دو در هزار، ضدعفونی شده و در ردیف های ایجاد شده در عمق ۵ سانتی متری کشت شدند. چون این آزمایش در شرایط مطلوب

روز و دما، ایجاد مدلی برای پیش بینی زمان وقوع مراحل مختلف نمو این گیاه زراعی را میسر می سازد. انجام آزمایش ها و تحقیقات علمی بر روی محصول زراعی و یافتن شرایط مطلوب رشد آن ها مستلزم هزینه های گزاف و صرف وقت و دقت زیادی می باشد و این موضوع برای کشورهای در حال توسعه به علت کمبود امکانات و پژوهشگر دشوار است. امروزه با استفاده از مدل های زراعی و امکانات گسترده ای که در زمینه نرم افزارهای کامپیوتری به وجود آمده است، می توان با پیدا کردن روابط میان فرایندهای رشد و یافتن شرایط مطلوب رشد، به نتایج قابل توجهی دست یافت و آن ها را برای شرایط دیگر تعمیم داد و وضع جدید را پیش بینی نمود. مدل ها محدودیت های جغرافیایی و محیطی را کاهش داده و در مورد گیاهان زراعی برای ارقام مختلف قابل تعمیم می باشند (Boote et al, 1996; Sinclair & Seligman, 1996).

استفاده از مدل ها بسیار سریع بوده و با در نظر گرفتن گیاه زراعی به عنوان یک سیستم پویا، امکان پیش بینی تغییرات این سیستم نسبت به زمان را فراهم می آورند. علاوه بر آن، از این مدل ها می توان برای معرفی گیاهان جدید در یک منطقه نیز استفاده کرد. پیش بینی برای وضعیت تولید مواد غذایی در یک منطقه یا جهان و اتخاذ سیاست های لازم با توجه به تغییرات محیطی نیز از دیگر مزایای مدل سازی است (Boote et al, 1996; Sinclair & Seligman, 1996).

از مدل ها می توان در بهبود مدیریت تولید گیاهان زراعی برای پیش بینی تاریخ های احتمالی برداشت یا پیش بینی مطمئن زمان وقوع نهایی، یا به صورت فعال تر، برای پیش بینی مطمئن زمان وقوع مراحل فنولوژی به نحوی که کود، تنظیم کننده های رشد، علف کش ها و کنترل بیماری ها در مناسب ترین زمان به کار گرفته شوند، استفاده نمود. بسیاری از مدل سازان از مدل های خود به عنوان وسیله ای برای ارزیابی خطرات موجود در تولید استفاده کرده اند (Sinclair & Muchow, 1999). این امر با بررسی واکنش عملکرد (مدل) به آمار درازمدت اقلیمی یک منطقه صورت می گیرد و در نتیجه آن بهترین تاریخ کاشت، تراکم، فاصله ردیف، رقم زراعی و غیره تعیین می شود. از مدل ها می توان در بررسی کمی اثر ویژگی های زراعی بر روی رشد و عملکرد گیاهان در محیط های خاص استفاده کرد. در مورد مسائل به نژادی گیاهان زراعی همچون دورگ گیری، دیررسی و زودرسی، بهبود دانه بستن، مورفولوژی گل ها، افزایش رشد تک دانه ها و زمان گلدهی می توان از مدل ها استفاده کرد. تعیین پتانسیل عملکرد منطقه ای، کمک به مدیریت آبیاری و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم از کاربردهای دیگر مدل ها می باشند (Sinclair & Seligman, 1996; Torabi, 2004; Sinclair & Muchow, 1999).

پس از سبزشدن بذور در مرحله ۴ تا عبورگی تنک کردن انجام شد. صفات اندازه گیری شده در این تحقیق شامل تمامی مراحل مهم فنولوژیک از جمله روز تا گلدهی (R1)، روز تا غلافدهی (R3)، روز تا دانه بندی (R5)، روز تا شروع رسیدگی (R7) و روز تا رسیدگی کامل (R8) بود که در فصل رشد روی ۱۰ بوته مشخص بر اساس روش Fehr & Cavienss (1977) انجام شد. به این نحو که ۱۰ بوته انتخاب و با یک نخ قرمز مشخص گردید و سپس با فاصله هر دو روز یکبار مراحل فنولوژی مورد بررسی قرار گرفت.

دیم و عاری از آفات، علف های هرز و بیماری های باقلا انجام شد، هر دو تا سه هفته یکبار، برای مبارزه با آفات از جمله شته سیاه باقلا (Aphis fabae) از سم ایمیداکلوپرامید (کنفیدور) به میزان ۲۵۰ سی سی در هکتار، و به منظور جلوگیری از بیماری های قارچی مانند لکه شکلاتی (Botrytis fabae) و برق زدگی (Ascochyta fabae) از سم بنومیل به نسبت دو در هزار استفاده گردید. به خاطر انجام عملیات تهیه زمین مناسب، قبل از کاشت، مشکل علف های هرز هنگام سبزشدن وجود نداشت و پس از آن به صورت هفتگی عملیات وجین به صورت دستی انجام شد.

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)
Table1. Soil characteristics in experimental place (depth 0 to 30 cm)

مقدار	مشخصه
Mount	Characteristic
47.3	گوگرد (قسمت در میلیون) Sulphur (ppm)
1.1	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس) (Ec)
7.6	اسیدیته (pH)
10.5	درصد مواد خنثی شونده T.N.V%
1.16	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
0.7	نیتروژن (قسمت در میلیون) Nitrogen (ppm)
12.3	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) Aolutely phosphor (ppm)
414	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) Absolutely potassium (ppm)
30	رس (درصد) Clay (%)
62	لای (درصد) Silt (%)
8	ماسه (درصد) Sand (%)

توصیف مدل

مدل استفاده شده در این مطالعه مشابه با مدل نخود Soltani et al, (1999) SSM-iLegume-Chickpea توسط بود. در این مدل جهت پیش بینی پارامترهای مختلف فنولوژیکی نیاز به مجموعه ای از اطلاعات پایه است که در جدول ۲ آورده شده است. برای استفاده از این مدل، ابتدا اقدام به تعریف سناریوهایی بر اساس تاریخ کاشت و تراکم مورد مطالعه در آزمایش مزرعه ای گردید و در نهایت خروجی مدل (خروجی های مربوط به مراحل فنولوژی، حداکثر سطح برگ، عملکرد اقتصادی و بیولوژیک و شاخص برداشت) با داده های واقعی به دست آمده از آزمایش مزرعه ای مورد ارزیابی قرار گرفت.

داده های هواشناسی و اقلیمی بر اساس داده های مربوط به سال های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ گنبد مورد استفاده قرار گرفت. برای اجرای مدل، ۲۴ سناریو شامل ترکیبات مختلف تاریخ کاشت و تراکم مورد استفاده در آزمایش های مزرعه ای تعریف گردید. جهت مقایسه داده های شبیه سازی شده با داده های به دست آمده از آزمایش های مزرعه ای، از شاخص های ارزیابی، ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا

($RMSE^1$)، جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده ($NRMSE^2$) و خط ۱:۱ استفاده گردید. هرچه مقدار R^2 حاصل از رگرسیون خطی توابع و خط ۱:۱ به یک نزدیک تر باشد، نشان دهنده همبستگی بالا بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده است و نشانه توصیف بهتر مدل در شبیه سازی صفت مورد نظر می باشد. علاوه بر آن مدل ایده آل آن است که در رگرسیون مقادیر شبیه سازی شده در مقابل مقادیر اندازه گیری شده ضرایب $a=0$ و $b=1$ به دست آیند.

نتایج و بحث

خصوصیات فنولوژیکی

نتایج حاصل از مدل بیانگر پاسخگویی خوب مدل برای مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه باقلا در شرایط گنبد بود. مدل به غیر از مرحله روز از کاشت تا سبزشدن، سایر مراحل (روز از کاشت تا گل دهی، روز از کاشت تا غلافدهی، روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک و روز از کاشت تا برداشت) را به خوبی برآورد کرد (جدول ۳).

1. Root mean square error

2. Normalized root mean square error

جدول ۲- پارامترهای ورودی مورد نیاز مدل

Table 2. Needed input parameters for model

پارامتر (مخفف) Parameter (abbreviation)	واحد Unit
داده های هواشناسی و اقلیمی Weather and climate data	
Maximum daily temperature (TMAX) حداکثر دمای روزانه	Degree Celsius (°C) درجه سلسیوس
Minimum daily temperature (TMIN) حداقل دمای روزانه	Degree Celsius (°C) درجه سلسیوس
Solar radiation (SRAD) تابش خورشیدی روزانه	Megajoule per square meter and per day مگاژول در مترمربع در روز
Daily rainfall (RAIN) بارندگی روزانه	Millimeter میلی متر
ویژگی های خاک Soil characteristics	
Albedo (SALB) آلبدو	No ندارد
Drainage factor (DRAINF) ضریب زهکشی	میلی متر بر میلی متر Millimeter per Millimeter
Volumetric soil water content at drained upper limit کسر حجمی رطوبت در نقطه پژمردگی (IDUL)	سانتی متر بر سانتی متر
Volumetric soil water content at crop lower limit کسر حجمی رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی (ILL)	Centimeter per Centimeter
Volumetric soil water content at saturation کسر حجمی رطوبت در نقطه اشباع (ISAT)	سانتی متر بر سانتی متر
Curve number (CN) شماره منحنی خاک	Centimeter per Centimeter
مدیریت زراعی Agronomic management	
Sowing date (PDOY) تاریخ کاشت	Day of year since the 1st January روز سال از اول ژانویه
Density (DEN) تراکم	Plant per square meter بوته در مترمربع
Initial soil water in sowing time رطوبت خاک در موقع کاشت (ISW)	میلی متر
Irrigation threshold level کسر آب قابل تعرق خاک برای انجام آبیاری (IRGLVL)	Millimeter
	No ندارد

جدول ۳- پارامترهای ریاضی و آماری مربوط به صفات مختلف مورد مطالعه به دست آمده از مدل و آزمایش های مزرعه ای

Table 3. Mathematical and statistical parameters related to the various traits studied by the model and field experiments

صفت Parameter	حداکثر Maximum		حداقل Minimum		میانگین Mean		پارامترهای آماری Statistical parameters		
	واقعی Actual	پیش بینی شده T.N.R	واقعی Actual	پیش بینی شده T.N.R	واقعی Actual	پیش بینی شده Predicted	R ²	RMSE	NRMSE
روز تا سبز شدن Days to emergence	43	14	5	22	36	9	0.19	6.23	0.29
روز تا گلدهی Days to flowering	111	131	87	88	96	108	0.89	2.99	0.12
روز تا شروع رشد دانه Days to start of seed grow	131	141	101	100	114	121	0.81	5.47	0.18
روز تا دانه دهی Days to seed formation	134	147	103	108	118	127	0.84	5.1	0.16
روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to physiological maturity	178	175	128	138	150	158	0.9	5.84	0.12
روز تا برداشت Days to harvest	190	183	133	136	157	166	0.91	6.23	0.11
سطح برگ ماکزیمم Maximum leaf area (m ²)	3.71	2.7	1.33	0.82	2.53	1.58	0.4	0.68	0.29
عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g/m ²)	519.4	249.8	202.5	129.4	325.3	190.2	0.017	32.42	0.10
شاخص برداشت Harvest Index (%)	52.2	56	34	44	46.3	50.1	0.006	5.3	0.29
عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g/m ²)	787	497	305	252	490.3	381	0.09	66.29	0.14

به ترتیب معادل ۱۷۵ و ۱۳۸ روز و میانگین ۱۵۸ روز به دست آمد. در خصوص این پارامتر، ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده به ترتیب برابر ۰/۹، ۵/۸۴ و ۰/۱۲ به دست آمد که همگی نشان دهنده پیش بینی خوب مدل می باشد (جدول ۳). مقادیر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک واقعی و پیش بینی شده مدل نیز در محدوده ۱۵ درصد از خط ۱:۱ قرار دارند (شکل ۱).

روز تا برداشت: نتایج مطالعه نشان داد که روز تا برداشت پیش بینی شده توسط مدل از بالاترین دقت نسبت به سایر پارامترهای مورد مطالعه برخوردار بود، به نحوی که مقدار حداکثر روز تا برداشت که توسط مدل پیش بینی شده بود، معادل ۱۸۳ روز و حداقل این عدد معادل ۱۴۶ روز و با میانگین ۱۶۶ روز پیش بینی گردید. در مقابل حداکثر، حداقل و میانگین روز تا برداشت به دست آمده از آزمایش های مزرعه ای به ترتیب برابر ۱۹۰، ۱۳۳ و ۱۵۰ روز بود. ضریب تبیین به دست آمده حاصل آنالیز رگرسیون خطی توابع بین روز تا برداشت اندازه گیری شده و مقادیر پیش بینی شده برابر ۰/۹۱ بود که این مقدار به خوبی نشان می دهد که مدل، مقادیر مناسبی را از این پارامتر پیش بینی نموده است (جدول ۳). علاوه بر آن، سایر پارامترهای آماری و نمودار خط ۱:۱ نیز تأیید کننده مطلب فوق می باشد (شکل ۱).

(Hundale & Kaur (1997) به منظور پیش بینی عملکرد گندم در دشت های آبی منطقه پنجاب هندوستان با استفاده از مدل و داده های اقلیمی پنج ساله، عملکرد دانه، ماده خشک کل، مراحل فنولوژیک، گلدی و رسیدگی فیزیولوژیک گندم را شبیه سازی کردند. مقایسه نتایج شبیه سازی شده با نتایج مشاهده شده در مزرعه نشان داد که مدل به طور رضایت بخشی عملکرد دانه، ماده خشک و مراحل فنولوژیک را پیش بینی کرد.

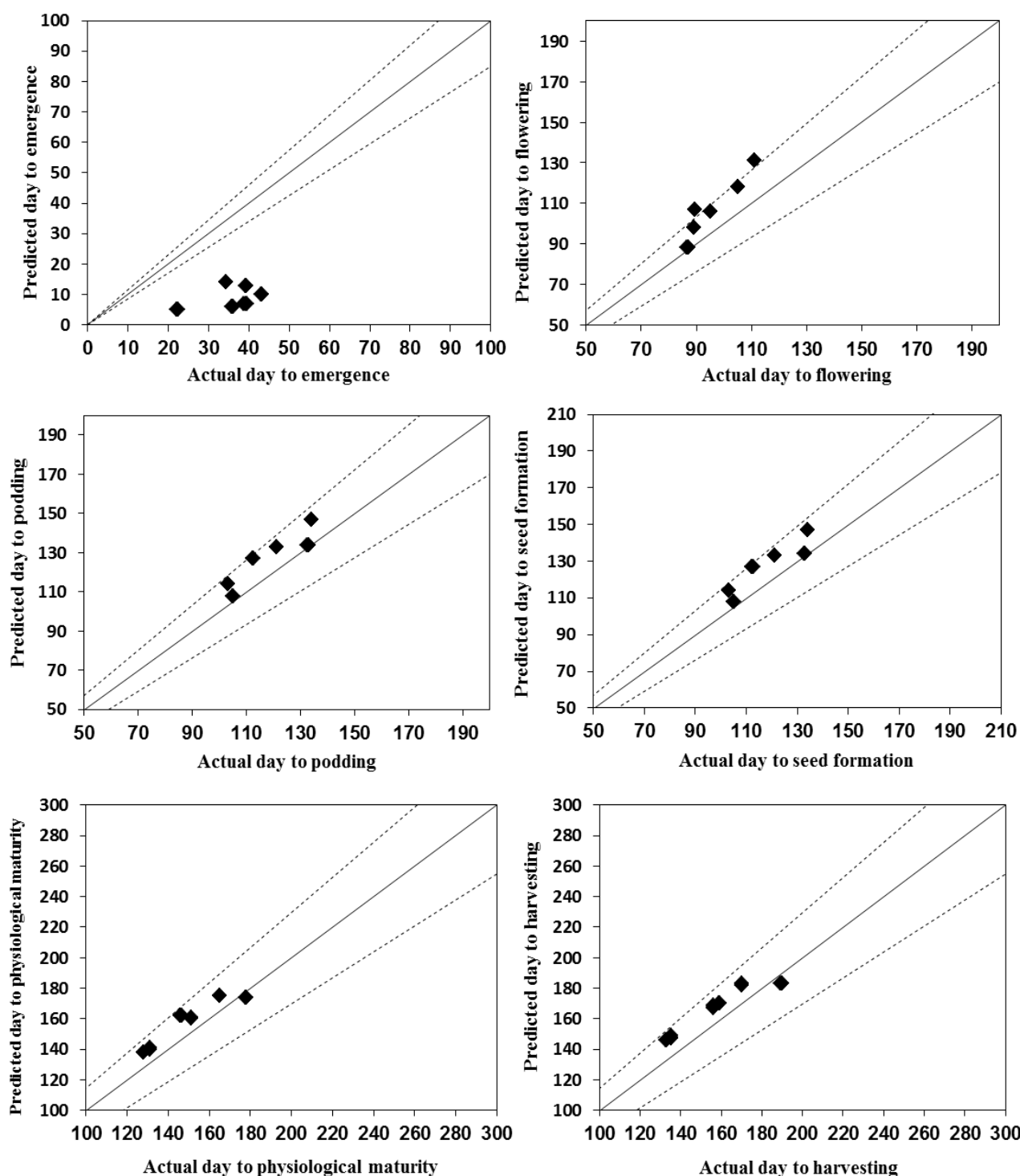
حداکثر سطح برگ: نتایج حاصل از مدل در خصوص حداکثر سطح برگ نشان داد که مدل به خوبی این خصوصیت را نمی تواند در شرایط گنبد پیش بینی نماید. ضریب تبیین به دست آمده حاصل تابع رگرسیون بین مقادیر داده های پیش بینی شده و واقعی نیز به دلیل کم تر بودن از ۰/۶ بیانگر این مطلب بود $(R^2 = 0/4)$ (جدول ۳). (Xue et al, (2008) نیز بیان کردند که مدل مورد استفاده در مطالعه ایشان قادر نبود تا به خوبی حداکثر شاخص سطح برگ را پیش بینی کند.

روز از کاشت تا گل دهی: جهت بررسی این پارامتر، روز تا گل دهی مشاهده شده از مزرعه با روز تا گل دهی پیش بینی شده توسط مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر مشاهده شده در آزمایش مزرعه ای با حداکثر و حداقل معادل ۱۱۱ و ۸۷ روز و میانگین ۹۶ روز بود، در صورتی که این مقادیر در نتایج پیش بینی شده معادل ۱۳۱ و ۸۸ روز و میانگین ۱۰۸ بود. مقایسه بین روز تا گل دهی واقعی و پیش بینی شده نشان داد که داده ها در دامنه ۱۵ درصد از خط ۱:۱ قرار دارند که بیانگر کارآیی خوب مدل می باشد (شکل ۱). ضریب تبیین بین این مقادیر در خصوص روز تا گل دهی برابر ۰/۸۹ به دست آمد. جذر میانگین مربعات خطا و مقدار نرمال شده آن به ترتیب معادل ۲/۹۹ و ۰/۱۲ روز بود (جدول ۳).

روز از کاشت تا غلاف دهی: نتایج نشان داد که مدل، روز تا غلاف دهی را نیز به خوبی پیش بینی کرد، به نحوی که ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده، بین داده های به دست آمده از آزمایش های مزرعه ای و داده های پیش بینی شده از مدل به ترتیب معادل ۰/۸۱، ۲/۹۹ و ۰/۱۲ بود (جدول ۳). مقایسه داده های حاصل مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده نسبت به خط ۱:۱ در محدوده ۱۵ درصد این خط قرار گرفتند (شکل ۱) که آن هم بیانگر پیش بینی خوب مدل از خصوصیت فنولوژیک روز تا غلاف دهی با قلا بود.

روز از کاشت تا شروع رشد دانه: مقایسه ضریب تبیین حاصل از آنالیز رگرسیون خطی توابع بین مقادیر روز تا شروع رشد دانه اندازه گیری شده و شبیه سازی شده گیاه با قلا در شرایط گنبد نشان داد که مدل، ارزیابی خوبی از این پارامتر داشت $(R^2 = 0/84)$. علاوه بر آن، جذر میانگین مربعات خطا و جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده نیز به ترتیب با مقادیری معادل ۵/۱ و ۰/۱۶ بیانگر پیش بینی خوب این پارامتر توسط مدل بود (جدول ۳). نمودار مربوط به مقادیر اندازه گیری شده روز تا شروع رشد دانه و مقادیر پیش بینی شده آن نیز نشان داد که تمامی داده ها در محدوده ۱۵ درصد خط ۱:۱ قرار داشتند (شکل ۱).

روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک: مقادیر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به دست آمده از مزرعه در یک محدوده ای از مقادیر ۱۲۸ تا ۱۷۸ روز و میانگین ۱۵۰ روز به دست آمد، در مقابل نیز اعداد به دست آمده از مدل نیز تقریباً در دامنه ای مشابه با اعداد واقعی به دست آمد، به نحوی که حداکثر و حداقل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به دست آمده از مدل



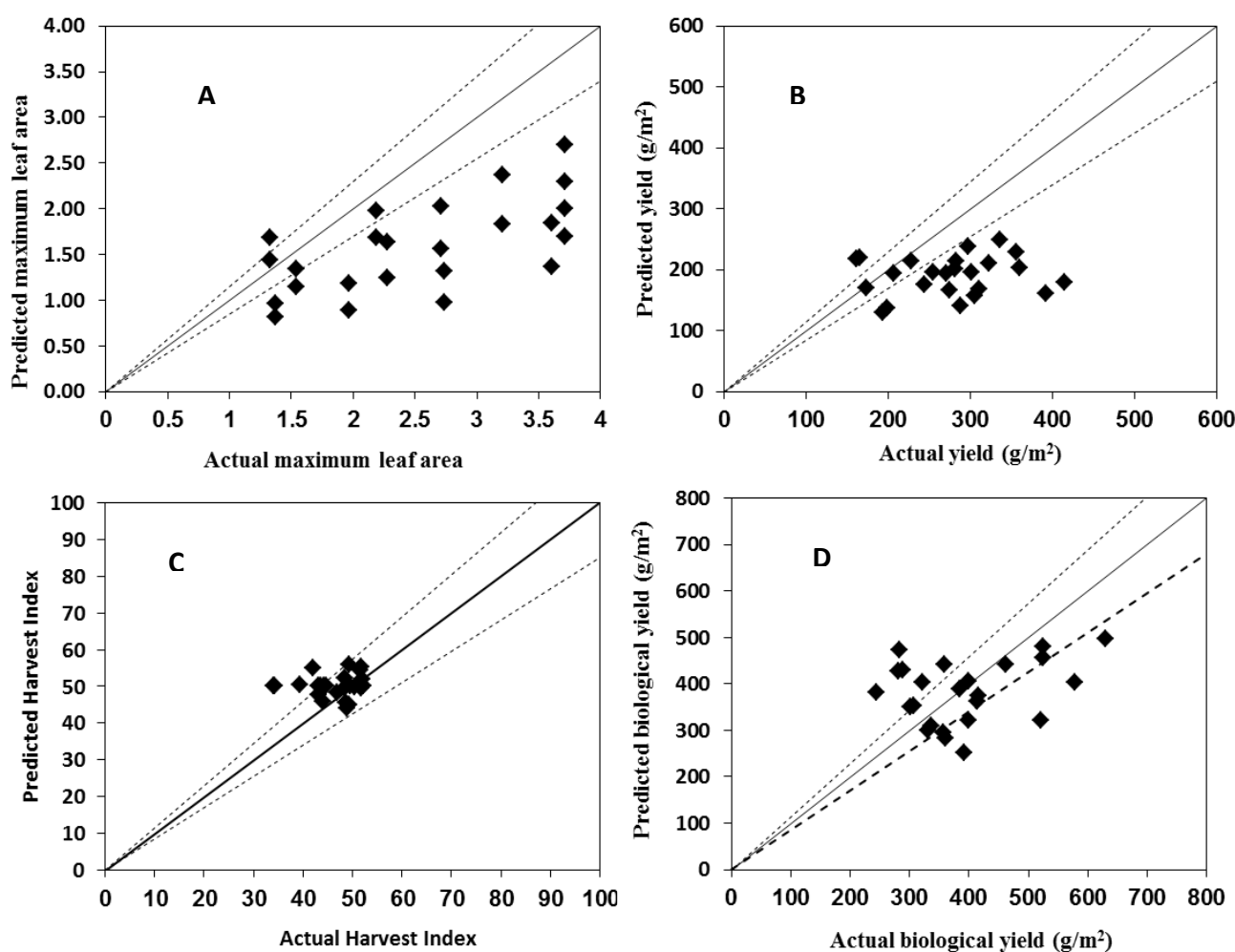
شکل ۱- مراحل مختلف فنولوژیکی مشاهده شده در مقابل مراحل مختلف فنولوژیکی پیش بینی شده

خط توپر، معرف خط ۱:۱ و خطوط نقطه چین بالا و پایین به ترتیب بیانگر خط ۱:۱/۱۵ و ۱:۰/۸۵ می باشد.

Fig. 1. Observed different phenological stages versus predicted different phenological stages
Continuous line is line 1:1 and upper and lower dashed lines are 1:1.15 and 1:0.85, respectively.

بین عملکرد واقعی و عملکرد پیش‌بینی شده نیز مشخص گردید که داده‌ها تقریباً خارج از محدوده ۱۵ درصد خط ۱:۱ قرار دارند (شکل ۲). نتایج به‌دست آمده از این مطالعه با یافته‌های Bagheri & Torabi (2015) در خصوص باقلا برای استان گلستان مطابقت نداشت. Aryakia *et al*, (2017) نیز در مورد لوبیاچیتی به نتایج مشابه دست پیدا کردند.

عملکرد دانه: مقایسه آموزه‌های آماری مربوط به مقایسه بین عملکرد به‌دست آمده از آزمایش‌های مزرعه‌ای و عملکرد پیش‌بینی شده در مدل نشان داد که مدل تحت شرایط مطالعه قادر نیست تا پیش‌بینی خوبی را از عملکرد به ما بدهد. به عبارتی ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده به ترتیب برابر ۰/۱۷، ۳۱/۴۲ و ۰/۱ به دست آمد (جدول ۳). علاوه بر این، در خصوص نمودار



شکل ۲- حداکثر سطح برگ (A)، عملکرد (B)، شاخص برداشت (C) و عملکرد بیولوژیک (D) مشاهده شده در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده آن‌ها

خط توپر، معرف خط ۱:۱ و خطوط نقطه‌چین بالا و پایین به ترتیب بیانگر خط ۱:۱/۱۵ و ۱:۰/۸۵ می‌باشد.

Fig. 2. Predicted maximum leaf area (A), yield (B), harvest index (C) and biological yield versus them actual mounts
Continuous line is line 1:1 and upper and lower dashed lines are 1:1.15 and 1:0.85, respectively.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از پیش بینی مدل نشان داد که مدل می تواند به خوبی مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه را برای شرایط آب و هوایی گنبد پیش بینی نماید. دقت پیش بینی مدل در مراحل فنولوژیکی منتهی به زمان برداشت به خصوص پیش بینی روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و روز تا برداشت از دقت خیلی بالاتری نسبت به سایر مراحل فنولوژیکی برخوردار بود (جدول ۱). در مقابل، نتایج این مطالعه حاکی از عدم پیش بینی مناسب پارامترهای عملکردی شامل عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک گیاه باقلا در شرایط مطالعه بود. علاوه بر آن، مدل پیش بینی مناسبی را از حداکثر سطح برگ به ما ارائه نکرد. شاید بتوان دلیل این امر را این گونه بیان نمود که چون ما از مدل نخود جهت مدل سازی برای گیاه باقلا استفاده نمودیم و همچنین بعضی از پارامترهای مورد نیاز در مدل به دلیل عدم وجود این پارامترها برای گیاه باقلا، ناگزیر از پارامترهای نخود استفاده گردید، این امر باعث شد تا مدل نتواند به خوبی بعضی از پارامترها را توجیه کند.

شاخص برداشت: نتایج نشان داد که مدل، پیش بینی

مناسبی را از شاخص برداشت باقلا برای شرایط گنبد نمی دهد. با وجود قرار گرفتن بیشتر داده ها در محدوده ۱۵ درصد خط ۱:۱، پارامترهای آماری بیانگر عدم توجیه مناسب مقادیر پیش بینی شده شاخص برداشت توسط مدل بود. به طور مثال، ضریب تبیین برابر ۰/۰۰۶ به دست آمد (جدول ۳ و شکل ۲).

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک به دست آمده در

آزمایش مزرعه ای در دامنه ای از حداقل معادل ۳۰۵ گرم در مترمربع تا حداکثر ۷۸۷ گرم در مترمربع و میانگین ۴۹۰/۳ گرم در مترمربع به دست آمد. مدل نیز مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد بیولوژیک را به ترتیب معادل ۲۵۲، ۴۹۷ و ۳۸۱ گرم در مترمربع محاسبه نمود. مقایسه بین این دو سری داده نیز نشان داد که مدل در خصوص این پارامتر نیز همانند عملکرد اقتصادی قادر نیست تا پیش بینی مناسبی را ارائه نماید. پارامترهای آماری شامل ضریب تبیین، جذر میانگین مربعات خطا و جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده نیز بیانگر این مطلب بود (جدول ۳).

منابع

1. Aryakia, E., Torabi, B., and Aryakia, A. 2017. Evaluating the simulate and prediction model of chitti bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grain yield. Iranian Journal of Field Crop Science 48(3): 591-600. (In Persian with English Summery).
2. Bagheri, V., and Torabi, B. 2015. A simple model for simulation of growth, development and yield of faba bean in Golestan Province. Electronic Journal of Crop Production 8(2): 133-152. (In Persian with English Summary).
3. Boote, K.G., Jones, J.W., and Pickering, N.B. 1996. Potential uses and limitation of crop models. Agronomy Journal 88(5): 704-716.
4. Fehr, W.R., and Cavienss, G.F. 1977. Stage of Soybean Development. Special Report 80, Cooperative Extension. Low State University Ameslowa. 110 pp.
5. Hundale, S.S., and Kaur, P. 1997. Application of CERES-Wheat model to yield productions in the irrigated plains of the Indian-Punjab. The Journal of Agricultural Science 129: 13-18.
6. Jafarnodeh, S., Zeinali, E., Soltani, A., and Sheikh, F. 2017. The effect of seed size and seeding date on the phenological, morphological and agronomic characteristics of faba bean under rainfed conditions in Gorgan. Agricultural Crop Management 19(1): 87-103. (In Persian with English Summary).
7. Majnoon Hosseini, N. 2008. Legumes in Iran. Jihad Daneshgahi. Press, 148p. (In Persian).
8. Rahemi Karizaki A., and Soltani, A. 2005. Allometric relationships between leaf area and vegetative qualities in plant chickpea. In: Proceeding of the First National Conference on Pulse in Iran. 20-21 November 2005. Research Center for Plant Sciences. Ferdowsi University of Mashhad Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
9. Rahemi Karizaki, A. 2011. Investigation the Changes of Physiological and Morphological Traits Associated with Wheat (*Triticum aestivum* L.) Yield. A Thesis Ph.D, Sciences and Natural Resources Gorgan University Agricultural. 104 p. (In Persian).
10. Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. Advance in Agronomy 65: 215-265.
11. Sinclair, T.R., and Seligman, G. 1996. Crop modeling: from infancy to maturity. Agronomy Journal 88(5): 698-704.
12. Soltani, A., Ghassemi-Golezani, K., Rahimzadeh-Khooie, F., and Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. Journal Field Crops Research 62(2): 213-224.

13. Soltani, A., Roberston, M.J., Mohammad-Nejad, Y., and Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. *Field Crops Research* 99(1): 1-33.
14. Torabi, B. 2004. Prediction of Phenological Development in Chickpea. MSc. Thesis, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, Gorgan, Iran. (In Persian).
15. Turpin, J.E., Robertson, M.J., Hillcoat, N.S., and Herridge, D.F. 2002. Faba bean (*Vicia faba* L.) in Australia's northern grains belt: canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. *Australian Journal Agriculture Research* 53(2): 227-237.
16. Van Ittersum, M.K., Leffelaar, P.A., Van Keulen, H., Kropff, M.J., Bastiaans L., and Goudriaan, J. 2003. On approaches and applications of the Wageningen crop models. *European Journal Agronomy* 18(3): 201-234.
17. Xue, C.Y., Yang, X.G., Bouman, B.A.M., Deng, W., Zhang, Q.P., Yan, W.X., Zhang, T., Rouzi, A., and Wang, H. 2008. Optimizing yield, water requirements, and water productivity of aerobic rice for the North China Plain. *Irrigation Science* 26: 459-474.

Modeling of phenological stages and yield parameters of faba bean in the East of Golestan province conditions

Rahemi Karizaki^{1*}, A. & Hosseini², S.H.

1. Assistant Professor, Department of Plant Production, Gonbad University, Gonbad, Iran
2. PhD. Student of Agronomy, Department of Plant Production, Gonbad University, Gonbad, Iran;
hosseini2002us@yahoo.com

Received: 10 January 2018

Accepted: 21 July 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.69427

Introduction

Bean is now considered as one of the most important products in the Middle East, Africa, China and parts of Europe and Australia in human and animal nutrition (Turpin *et al.*, 2002). Bean is a suitable herb in rotation with cereals. Because it can break the cycle of many common diseases of grains and reduce the population of nematodes. The model is a tool that helps us interpret and understand the world in which we live (Boote *et al.*, 2003). Precise prediction of the phenology of crops is one of the essential features of simulation models. From models, improved crop production management can be used to predict the probable dates of harvesting or predicting final yields, or more actively, to predict the timing of phenological events. The production and distribution of dry matter in crop simulation models is largely regulated by the timing of development stages. Understanding how the bean's phenological development response to day length and temperature, creates a model for predicting the time of occurrence of different stages of development of this crop. The aim of this study was to obtain a model for predicting phenological stages, maximum leaf area index, economic and biological yield, as well as harvest index of bean plant under Gonbad conditions.

Materials & Methods

For the main data, the values obtained from field experiments were carried out at the research farm of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gonbad-e-Kavou's University under favorable rainfed conditions and free of pests, weeds and bean diseases. The experiment was a factorial based on randomized complete block design with four replications in two years. Planting density was at four levels (8, 12, 16 and 20 plants/m²) and sowing date was in three levels (13 November, 1391, 13 December, 1391, 13 December 2012 and 7 December 2011, December 4, 2011 and December 17, 2011). The model used in this study was similar to that of Soltani *et al.* (1999) for chickpea. Meteorological and climatic data was from 1994 to 2014 of Gonbad. 24 different scenarios including different combinations of density and planting dates were defined for two years in the model. In order to compare simulated data with field experiment data, evaluation indices, explanation factor (R^2), root mean square error, normalized root mean square error and line 1: 1 were used. The higher the R^2 value from the linear regression of functions and the 1: 1 line closer to one, indicates a high correlation between simulated and observed values and is a sign of a better description of the model in simulating the desired attribute.

Results & Discussion

The coefficient of explanation between the predicted values and obtained from field experiments on day to flowering was 0.89. The root mean square error and its normalized value were 2.99 and 1.29 days, respectively. Also, comparison of the number of days to harvest obtained from field experiments with values obtained from the model showed that all of these values are in the range of 15% up and down the 1:1 line. The results showed that the model also well predicted day to pod setting. So that the explanation coefficient, root mean square error and normalized root mean square error, between the data obtained from field experiments and the predicted data of the model were equal to 0.81, 2.99, and 12.0, respectively. Regarding the day to the physiological maturity, the coefficient of explanation, root mean square error and normalized root mean square error were 0.9, 5.84, and 12.0, respectively, which all represent a good prediction of the

*Corresponding Author: alirahemi@yahoo.com

model. The explanation coefficient (R^2) was obtained by analyzing the linear regression of the functions between day to harvest and the predicted values equal to 0.91.

Conclusion

The results showed that the model could well predict the phenological stages of the faba bean, with the exception of the day to the emergence. This prediction was at the highest level in the stages leading to bean harvest, so that the highest coefficient of explanation with a value of 0.91 was found for the number of days to bean harvest. Our study showed that the above model cannot predict well the maximum leaf area index, yield, biological yield and harvest index in dune weather conditions and under our farm experiments.

Keywords: Beans, Model, Model description, Simulation

تأثیر مدیریت تغذیه بر مراحل فنولوژیک، کارآیی مصرف نور و عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) تحت تأثیر تاریخ کاشت

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

۱- دانش آموخته دکتری، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد کاووس

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

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

۴- عضو هیئت علمی، گیاه پزشکی (بیوتکنولوژی)، مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش کشاورزی

و منابع طبیعی مازندران؛ m_aldaghi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۱

چکیده

طول دوره مراحل رشد گیاه، استفاده از تشعشع خورشیدی، آب و مواد غذایی از جمله موارد تعیین کننده عملکرد گیاه به شمار می آیند. از این رو، به منظور بررسی مدیریت تغذیه و شرایط آب و هوایی بر مراحل فنولوژیک، کارآیی مصرف نور و عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه عامل و سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. دو تاریخ کاشت شامل اواسط دی ماه و اواسط بهمن ماه، کود زیستی مزور/یزوبیوم در دو سطح شامل تلقیح و عدم تلقیح و کود شیمیایی نیتروژن در چهار سطح شامل صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با منشأ اوره، به عنوان تیمار مدنظر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تاریخ کاشت عامل اصلی تغییر در مراحل فنولوژیک گیاه در هر دو سال بود. عملکرد دانه در تاریخ کاشت اواسط بهمن ماه نسبت به اواسط دی ماه به ترتیب در سال اول و دوم ۱۷/۸۴ و ۲۳/۶۵ درصد کاهش یافت. همچنین، بیشترین مقدار این صفت در هر دو سال از مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد، ولی با این حال بین ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی داری در هر دو سال وجود نداشت. تلقیح بذر با مزور/یزوبیوم در سال اول و دوم به ترتیب سبب افزایش ۲۴۲ و ۱۷۰ کیلوگرمی عملکرد دانه در هکتار نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. کارآیی مصرف نور نسبتاً پایدار بود و تحت تأثیر معنی دار عامل ها قرار نگرفت. در مجموع، نتایج نشان داد در بین عوامل مورد بررسی، تاریخ کاشت نقش بیشتری در طول مراحل رشد گیاه، کارآیی مصرف نور و در نهایت عملکرد گیاه داشت.

واژه های کلیدی: تشعشع، گلدهی، مزور/یزوبیوم، نیتروژن

مقدمه

همچنین بیان کردند که با طولانی تر شدن دوره رشد، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه افزایش یافت.

تاریخ کاشت با حاکم کردن شرایط اقلیمی متفاوت (دما و بارش) در دوره رشد گیاه، نقش مهمی در زندگی گیاه دارد، به طوری که در پژوهشی دما را عامل مهمی معرفی نمودند که روی مراحل فنولوژیک نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) تأثیرگذار است (Anwar et al., 2003). آنان همچنین بیان کردند که زمان کاشت تا سبز شدن و کاشت تا گلدهی تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. در بررسی دیگری نیز تاریخ کاشت اثر معنی داری بر مدت زمان از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی نخود داشت (Rehman et al., 2015). به جز عوامل اقلیمی قابلیت استفاده از تشعشع خورشیدی رسیده به بالای تاج پوشش گیاهی از جمله عوامل تعیین کننده عملکرد گیاه می باشد.

کارآیی مصرف نور بیانگر مقدار ماده خشک تولید شده به ازای هر واحد نور جذب شده بر حسب گرم ماده خشک

فنولوژی گیاه یک جنبه مهم از سازگاری گیاه به شرایط محیطی به منظور مطابقت حداکثری چرخه کشت با الگوی آب و هوای فصلی است (Vadez et al., 2013). به جز تنش خشکی، عوامل محیطی دیگری همچون دما، دوره نوری و کمبود عناصر غذایی، زمان وقوع مراحل نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می دهند (Soltani, 2009). از جمله عناصری که می تواند بر مراحل نمو گیاه تأثیرگذار باشد، نیتروژن است، به طوری که در یک بررسی گزارش شد که با افزایش مصرف نیتروژن صفات فنولوژیک گیاه نخود نظیر روز از کاشت تا گل دهی، روز از گل دهی تا غلاف دهی، روز از غلاف دهی تا رسیدگی و دوره رشد افزایش یافت (Namvar & Seyed Sharifi, 2011). آن ها

* نویسنده مسئول: farima_doei@yahoo.com

به‌منظور تکثیر سویه موردنظر، کلنی باکتری به‌مدت پنج روز در محیط کشت^۱ YAM در انکوباتور با دمای 28 ± 1 درجه سانتی‌گراد کشت داده شد. برای تهیه سوسپانسیون مزور/یزوبیوم به‌عنوان مایه تلقیح، کلونی رشدیافته روی محیط کشت توسط محلول آب و شکر چهاردرصد جمع‌آوری شد. غلظت موردنظر برای تلقیح 10^9 سلول در هر میلی‌لیتر بود. برای تعیین غلظت مورد نظر، جذب سوسپانسیون ریزوبیومی در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت شد که حدود 0.607 بود. بذور عدم تلقیح نیز با محلول آب و شکر چهاردرصد ترکیب شدند.

قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ آورده شده است. میزان بارندگی و میانگین دمای ماهانه در طی دوره رشد گیاه در شکل ۱ آورده شده است.

به‌منظور آماده سازی بستر کاشت از دو نوع عملیات شخم و دیسک استفاده شد. در این آزمایش، هر کرت دارای پنج ردیف شش متری به فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود (طبق عرف منطقه). فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک یک متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر و فاصله بوته روی ردیف حدود ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت در تاریخ ۱۵ دی‌ماه و ۱۳ بهمن‌ماه سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و در ۱۶ دی‌ماه و ۱۶ بهمن‌ماه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. به‌منظور اطمینان از سبز شدن بذور نخود، در هر کپه دو بذر کشت شد. گیاهچه اضافی در مرحله چهاربرگی حذف شد تا گیاه به تراکم اصلی (۳۳ بوته در مترمربع (Maleki, 2017)) برسد. در طول اجرای طرح، وجین علف‌های هرز به روش دستی انجام شد.

در این پژوهش، با توجه به بارش‌های مناسب در طول فصل رشد ۹۵-۱۳۹۴ کشت به‌صورت دیم انجام شد و از این رو، نیم دیگر کود شیمیایی نیتروژن در مرحله پُرشدن دانه و کمی قبل از بارندگی اعمال شد. در طول فصل رشد ۹۶-۱۳۹۵، انجام آبیاری به‌منظور اعمال مابقی کود شیمیایی نیتروژن در مرحله پُرشدن دانه با توجه به عدم بارندگی در این زمان انجام شد. برای تعیین عملکرد دانه با حذف اثر حاشیه‌ای، محصول برداشت شد. برای ثبت مراحل فنولوژیک، مراحل به‌صورت سبز شدن (ظهور ۵۰ درصد گیاهان در هر کرت)، گل‌دهی (گل‌دادن ۵۰ درصد گیاهان)، غلاف‌دهی (تشکیل غلاف به‌طول ۲ تا ۴ میلی‌متر در ۵۰ درصد گیاهان) و رسیدگی فیزیولوژیک (تغییر رنگ ۵۰ درصد غلاف‌های گیاهان به زرد) ثبت شدند (Sadras, 2017).

تولید شده بر مگاژول تشعشع جذب شده می‌باشد (John et al., 2005). اگرچه قبلاً باور بر این بود که کارایی مصرف نور ثابت بوده و بیشتر از طریق ژنتیکی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Monteith, 1977)، ولی با این حال، بررسی‌ها نشان داد که عوامل محیطی و عملیات مدیریتی نظیر تاریخ کاشت و فراهمی منابعی نظیر نیتروژن می‌تواند کارایی مصرف نور را تحت تأثیر قرار دهند (Ameri & Nasir Mahalati, 2009; Sun et al., 2013). در بررسی Karimian et al., (2009) نیز بیان شد با افزایش شاخص سطح برگ گندم (*Triticum aestivum* L.) با افزایش کود شیمیایی اوره، کارایی مصرف نور نیز به‌دلیل دریافت و جذب بیشتر تشعشع خورشیدی افزایش یافت. در بررسی دیگر روی گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) نتایج حاکی از آن بود که تاریخ کاشت به‌واسطه حاکم کردن شرایط دمایی متفاوت روی فتوسنتز گیاه، اثر زیادی روی تسخیر و کارایی مصرف تشعشع فعال فتوسنتزی و به‌دنبال آن روی عملکرد دانه و اجزای آن دارد (Confalone et al., 2010).

با توجه به اهمیت نخود هم به‌عنوان تأمین‌کننده پروتئین در برنامه غذایی انسان و هم به‌عنوان یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن در تناوب زراعی، این آزمایش با هدف بررسی سهم تاریخ کاشت، نیتروژن و تثبیت نیتروژن بر مراحل فنولوژیک، کارایی مصرف نور و عملکرد نخود زراعی در شرایط اقلیمی گنبد کاووس انجام شد.

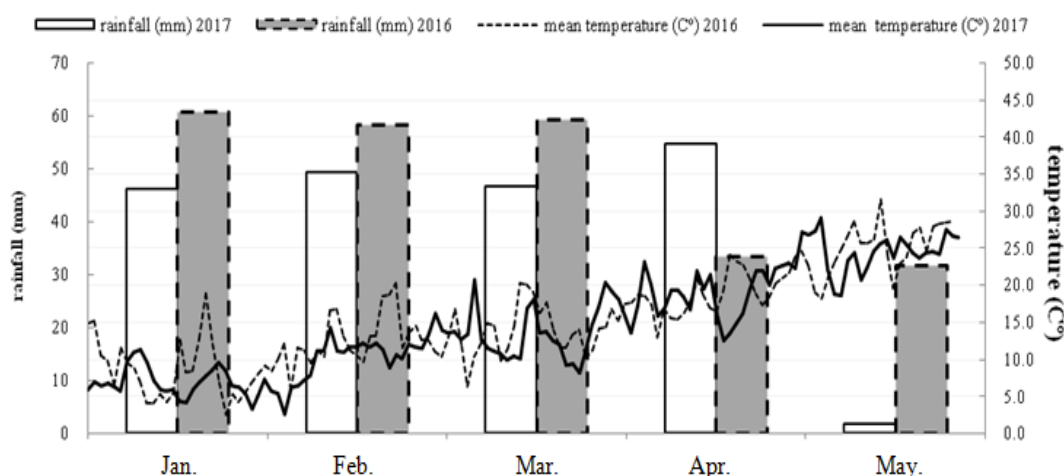
مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی به اجرا درآمد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۴۶ متر و بر اساس تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌خشک است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و سه عامل در هر دو سال انجام شد. عامل‌ها شامل تاریخ کاشت (کاشت در اواسط دی‌ماه و اواسط بهمن‌ماه)، کود زیستی مزور/یزوبیوم (*Mesorhizobium*) (تلقیح و عدم تلقیح) و کود شیمیایی نیتروژن (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره $CO(NH_2)_2$) بود که نصف کود نیتروژن به‌صورت پایه و نصف دیگر به‌صورت سرک در مرحله پُرشدن دانه با توجه به کاهش رابطه همزیستی بین باکتری و گیاه نخود استفاده شد.

در این تحقیق، سویه خالص‌سازی‌شده SWRI14 مزور/یزوبیوم از مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران تهیه گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه
Table 1. Physicochemical characteristics of farm soil

سال	بافت	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (پی پی ام)	پتاسیم (پی پی ام)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته
Year	Texture	Total N (%)	P (ppm)	K (ppm)	O. C. (%)	EC(dS.m ⁻¹)	pH
2016	سیلتی لوم Loam Silty	0.08	13.4	417	0.87	1.06	7.93
2017	سیلتی لوم Loam Silty	0.08	14.2	400	0.81	1.2	7.7



شکل ۱- میانگین ماهانه دما و بارش در فصل رشد ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵

Fig. 1. Mean of monthly temperature and rainfall during growing season of 2016 and 2017

تا بسته شدن کانوپی ادامه یافت. تعداد مربعاتی که بیش از ۵۰ درصد آن توسط گیاه پوشیده می‌شد، به عنوان یک واحد محاسبه شد. نسبت تعداد مربعات پر شده از گیاه به تعداد مربعات کل در کوادرات به عنوان نسبت پوشش زمین یا کسر تشعشع دریافت شده در نظر گرفته شد (Rahemi-Karizaki, 2008). از معادله ۱ برای محاسبه ضریب خاموشی استفاده شد که F و K به ترتیب نمایانگر نسبت پوشش زمین، ضریب خاموشی و شاخص سطح برگ است.

$$F = 1 - \exp(-K \times LAI)$$

معادله ۱:

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار آماری SAS Ver. 9.1.3 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. با توجه به انجام آبیاری در سال دوم، داده‌های هر سال به طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژیک

در هر دو سال زراعی، مراحل فنولوژیک گیاه فقط تحت تأثیر تاریخ کاشت ($P \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۲). به نظر

کارایی مصرف نور (RUE^1) از شیب رگرسیون خطی $(y = ax + b)$ میزان ماده خشک تجمعی در مقابل تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR^2) تجمعی دریافت شده (یا جذب شده) توسط کانوپی در کل دوره رشد حاصل می‌شود. برای محاسبه تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده از برنامه $RLY\text{-}calc^3$ استفاده شد. برنامه نیاز به داده‌های هواشناسی (حداکثر و حداقل دما، میزان بارندگی و ساعات آفتابی روزانه)، ضرایب a و b (به ترتیب برای شهر گنبد برابر 0.233 و 0.527)، عرض جغرافیایی (برای گنبد برابر 37° درجه و 16 دقیقه شمالی) و ضریب خاموشی نور بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی (K_{par}) دارد. با فرض این که پوشش سبز نخود برابر با کسری از تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده است (Soltani et al., 2006b)، برای محاسبه نسبت پوشش زمین و ضریب خاموشی از یک کوادرات با ابعاد 50×50 سانتی متر که شامل مربع‌هایی به ابعاد 5×5 سانتی متر مربع بود، استفاده شد. اولین اندازه‌گیری برای این منظور یک ماه بعد از سبز شدن انجام شد و در ادامه هر هفت روز

1. Radiation use efficiency

۲. photosynthetically active radiation

۳- برنامه توسط سلطانی نوشته شده است.

می‌رسد با توجه به حضور رایزوبیوم بومی در خاک و همچنین لگوم‌بودن گیاه، کود شیمیایی نیتروژن و مزور/ایزوبیوم نتوانستند نقش به‌سزایی در تغییر زمان ورود به این مراحل داشته باشند و دما و رطوبت، نقش اصلی را در ورود به مراحل رشد دارا بودند. از این رو بین تیمارهای یک تاریخ کاشت و حتی تکرارها تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای وجود نداشت و عامل اصلی تاریخ کاشت بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت، نیتروژن و مزور/ایزوبیوم بر مراحل فنولوژیک و عملکرد دانه نخود زراعی در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of planting date, nitrogen and *mesorhizobium* on phenological stages and seed yield of chickpea during growing seasons 2016 and 2017

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	سبز شدن Emergence	گلدهی Flowering	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	عملکرد دانه Seed yield
2016					
بلوک Block	2	0.771 ^{ns}	0.145 [*]	0.062 ^{ns}	11992 ^{ns}
تاریخ کاشت Planting date (P)	1	300 ^{**}	3366 ^{**}	4275 ^{**}	5073250 ^{**}
نیتروژن Nitrogen (N)	3	0.500 ^{ns}	0.583 ^{ns}	0.576 ^{ns}	285314 ^{**}
مزور/ایزوبیوم <i>Mesorhizobium</i> (M)	1	0.333 ^{ns}	0.083 ^{ns}	0.021 ^{ns}	706888 ^{**}
P *N	3	0.055 ^{ns}	0.472 ^{ns}	0.687 ^{ns}	13035 ^{ns}
P *M	1	1.333 ^{ns}	0.083 ^{ns}	0.520 ^{ns}	6007 ^{ns}
N*M	3	0.500 ^{ns}	0.027 ^{ns}	0.298 ^{ns}	17836 ^{ns}
P *N*M	3	0.277 ^{ns}	0.361 ^{ns}	0.131 ^{ns}	14205 ^{ns}
Error	30	0.482	0.212	0.262	57949
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.94	0.5	0.41	7.256
2017					
بلوک Block	2	2.892 ^{**}	5.645 ^{**}	0.396 ^{ns}	86526 ^{ns}
تاریخ کاشت Planting date (P)	1	4760 ^{**}	4602 ^{**}	5720 ^{**}	4731980 ^{**}
نیتروژن Nitrogen (N)	3	0.222 ^{ns}	0.388 ^{ns}	0.500 ^{ns}	181866 [*]
مزور/ایزوبیوم <i>Mesorhizobium</i> (M)	1	0.750 ^{ns}	0.083 ^{ns}	0.083 ^{ns}	347650 [*]
P *N	3	0.305 ^{ns}	0.250 ^{ns}	0.055 ^{ns}	5402 ^{ns}
P *M	1	0.333 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.083 ^{ns}	28372 ^{ns}
N*M	3	0.305 ^{ns}	0.138 ^{ns}	0.250 ^{ns}	17978 ^{ns}
P *N*M	3	0.222 ^{ns}	0.055 ^{ns}	0.138 ^{ns}	4822 ^{ns}
Error	30	0.451	0.29	0.218	57925
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.8	0.55	0.37	10.27

^{ns}, * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

^{ns}, * & **: No Significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

کاشت تا سبز شدن

با توجه به جدول ۳، مدت‌زمان لازم برای سبز شدن در تاریخ کاشت اواسط بهمن‌ماه سال ۹۵-۱۳۹۴، پنج روز بیشتر از تاریخ کاشت اواسط دی‌ماه بود. با توجه به این‌که دما از عوامل تأثیرگذار در سرعت جوانه‌زنی گیاه می‌باشد، بنابراین، از جمله عوامل مؤثر در افزایش این مدت زمان در تاریخ کاشت دوم، پایین بودن دما با متوسط دمای ۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به تاریخ کاشت اول با متوسط دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد بود. در بررسی (2003) *Anwar et al*، پایین بودن دما، عامل دیرسبز شدن نخود در بین تاریخ‌های کاشت مختلف بود. همچنین در بررسی دیگری،

متفاوت بودن زمان از کاشت تا سبز شدن در نخود را در ارتباط با دما ذکر شد (Soltani *et al.*, 2006 a).

در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بذور در تاریخ کاشت اواسط دی‌ماه با تأخیر ۱۹/۹ روزی نسبت به تاریخ کاشت اواسط بهمن‌ماه سبز شدند (جدول ۳). از جمله عوامل محیطی دیگری که روی مراحل نمو گیاه تأثیرگذار است، می‌توان به فراهمی آب و خشکی (Soltani, 2009) اشاره داشت. تنش‌های محیطی و طولانی شدن فاصله زمانی از کاشت تا بارندگی در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم، سبب افزایش این دوره در تاریخ کاشت اول این سال شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تعداد روز از کاشت تا هر یک از مراحل فنولوژیک و عملکرد دانه نخود زراعی تحت تأثیر تاریخ کاشت در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ و ۱۳۹۵-۹۶

Table 3. Comparison of means of number of days after sowing to reach to each phenological stage and seed yield in chickpea under planting data in 2016 and 2017

تاریخ کاشت	سبزشدن (روز) Emergence (day)	گلدهی (روز) Flowering (day)	رسیدگی فیزیولوژیک (روز) Physiological maturity (day)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	سبزشدن (روز) Emergence (day)	گلدهی (روز) Flowering (day)	رسیدگی فیزیولوژیک (روز) Physiological maturity (day)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)
	2016				2017			
اواسط دی ماه Early Jan.	21.08 ^b	101.03 ^a	135.3 ^a	3642 ^a	47.37 ^a	107.1 ^a	136.5 ^a	2655 ^a
اواسط بهمن ماه Early Feb.	26.08 ^a	84.57 ^b	116.5 ^b	2992 ^b	27.45 ^b	87.54 ^b	114.7 ^b	2027 ^b
LSD (0.05)	0.41	0.27	0.3		0.4	0.32	0.28	

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

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

کاشت تا گل‌دهی

(جدول ۳). دمای پایین هوا خصوصاً در مراحل اولیه رشد در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم سبب شد تا گیاه به‌منظور تأمین نیاز حرارتی خود در تکمیل چرخه زندگی، تعداد روزهای بیشتری تا رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک طی نماید و طول فصل رشد گیاه افزایش یابد. زمان از سبزشدن تا رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ کاشت اواسط دی‌ماه و اواسط بهمن‌ماه در سال دوم به‌ترتیب حدود ۸۹/۱۳ و ۸۷/۲۵ روز بود (جدول ۳). با توجه به حاکم‌بودن شرایط خشک در این سال زراعی، گیاه در برخورد با این شرایط تنش‌زا طول دوره رشد خود را کاهش داد. پیش‌تر نیز بیان‌شده است که تحت شرایط تنش خشکی، گیاه نخود تعداد روز کمتری تا رسیدگی نیاز دارد (Shaban et al., 2013).

کارایی مصرف نور

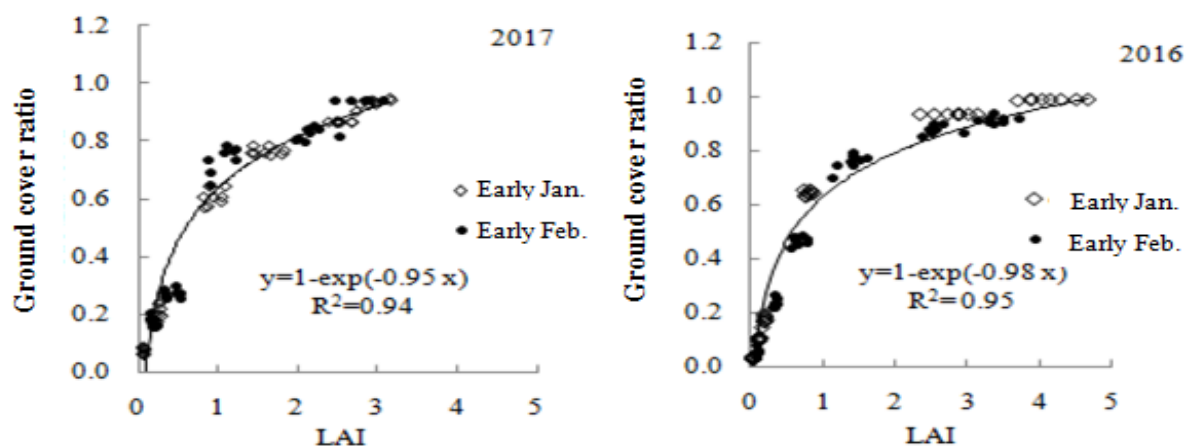
با توجه به معادله ۱، مقدار Kpar برای سال اول و دوم به‌ترتیب برابر 0.21 ± 0.098 و 0.21 ± 0.095 بود که تفاوت بین این دو از لحاظ آماری در فاصله اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبود و همپوشانی داشتند (شکل ۲). اعداد ضریب خاموشی در دامنه اعداد گزارش‌شده (Tsfaye et al., 2006) در گیاه نخود قرار داشت.

بر اساس جدول ۴، میزان کارایی مصرف نور بین ۱/۸۵ تا ۲/۳۷ در سال اول و بین ۱/۶۰ تا ۲/۱ گرم بر مگاژول در سال دوم در بین دو تاریخ کاشت متغیر بود. کارایی مصرف نور به‌دست‌آمده در محدوده گزارش‌شده از سایر پژوهشگران در گیاه نخود قرار داشت (Tsfaye et al., 2006; Soltani, 2009).

در هر دو سال زراعی گیاهان کشت‌شده در تاریخ کاشت دوم در تعداد روزهای کمتری بعد از کشت وارد مرحله گل‌دهی شدند (جدول ۳). در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ گیاهان کشت‌شده در تاریخ کاشت اول و دوم به‌ترتیب بعد از سپری‌شدن ۷۹/۹۵ و ۵۸/۴۹ روز بعد از سبزشدن وارد مرحله گل‌دهی شدند. بیشتربودن این فاصله زمانی در تاریخ کاشت اول این سال زراعی به‌دلیل تأخیر در تأمین نیاز حرارتی گیاه برای واردشدن به این مرحله در نتیجه دمای پایین هوا در روزهای اول سبزشدن بود. در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ نیز این زمان برای تاریخ کاشت اول و دوم به‌ترتیب برابر ۵۹/۷۳ و ۶۰/۰۹ روز بعد از سبزشدن بود (جدول ۳). تنش‌های محیطی و دیرسبزشدن گیاهان کشت‌شده در تاریخ کاشت اول این سال زراعی و سپس مواجه‌شدن آن با شرایط تنش‌زا، از جمله دمای بالای و بارش کم فروردین‌ماه، سبب کوتاه‌شدن فاصله زمانی سبزشدن تا گل‌دهی در این تاریخ کاشت نسبت به همین تاریخ کاشت در سال قبل شد. قابل ذکر است که حتی به علت همزمانی تقریبی گل‌دهی با بارندگی در تاریخ کاشت اواسط بهمن‌ماه این سال زراعی، افزایش فاصله زمانی کاشت تا گل‌دهی در این تاریخ کاشت نسبت به تاریخ کاشت اواسط دی‌ماه مشاهده شد. نتایج (Shaban et al., 2013) نیز بیان‌گر کاهش تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی گیاه نخود تحت شرایط تنش خشکی بود.

کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک

در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵، طول دوره رشد گیاه از سبزشدن تا رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ کاشت اواسط دی‌ماه و بهمن‌ماه به‌ترتیب برابر ۱۱۴/۲ و ۹۰/۴۲ روز بود



شکل ۲- رابطه بین نسبت پوشش گیاهی زمین با شاخص سطح برگ

Fig. 2. Relationship between the ground cover ratio (crop coverage) with leaf area index (LAI)

جدول ۴- ضرایب مدل رگرسیون خطی ($y = ax + b$) برازش داده شده به ماده خشک تجمعی نخود (گرم بر مترمربع)

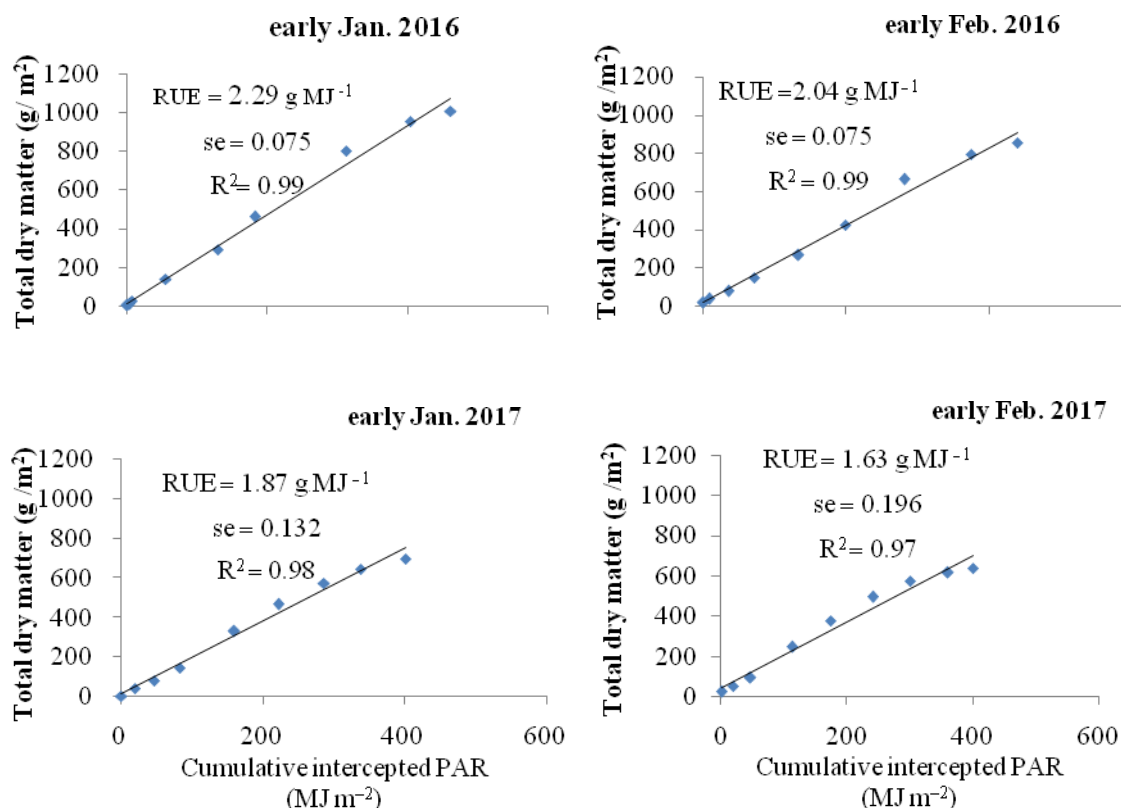
در برابر تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده تجمعی (مگاژول بر متر مربع) در سال ۱۳۹۴-۹۵ و ۱۳۹۵-۹۶

Table 4. Coefficients of linear regression model ($y=ax+b$) that fitted to cumulative biomass (g.m^{-2}) of chickpea vs. intercepted cumulative radiation (MJ. m^{-2}) in 2016 and 2017

		n	b $\pm$ se	a $\pm$ se	R ²	b $\pm$ se	a $\pm$ se	R ²
2016								
اواسط دی ماه								
Early Jan.								
مزوایزوبیوم <i>Mesorhizobium</i>	عدم تلقیح	9	-13.56 $\pm$ 16.16	2.245 $\pm$ 0.065	0.99	-16.89 $\pm$ 13.71	1.864 $\pm$ 0.060	0.99
	Non-inoculated							
تلقیح		9	-19.22 $\pm$ 17.68	2.312 $\pm$ 0.070	0.99	-22.83 $\pm$ 17.53	1.898 $\pm$ 0.074	0.98
	Inoculated							
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (Kg/ha)	0	9	-20.45 $\pm$ 14.47	2.216 $\pm$ 0.058	0.99	-26.47 $\pm$ 13.96	1.851 $\pm$ 0.062	0.99
	20	9	-22.47 $\pm$ 16.99	2.216 $\pm$ 0.067	0.99	-25.63 $\pm$ 13.29	1.870 $\pm$ 0.057	0.99
	40	9	16.28 $\pm$ 15.80	2.307 $\pm$ 0.063	0.99	-13.01 $\pm$ 20.16	1.864 $\pm$ 0.085	0.68
	60	9	-20.35 $\pm$ 20.25	2.370 $\pm$ 0.080	0.99	-14.29 $\pm$ 15.01	1.942 $\pm$ 0.063	0.99
اواسط بهمن ماه								
Early Feb.								
مزوایزوبیوم <i>Mesorhizobium</i>	عدم تلقیح	9	-23.65 $\pm$ 14.465	1.982 $\pm$ 0.060	0.99	-8.734 $\pm$ 25.35	1.649 $\pm$ 0.100	0.97
	Non-inoculated							
تلقیح		9	-14.57 $\pm$ 19.70	2.067 $\pm$ 0.081	0.98	-5.750 $\pm$ 25.88	1.631 $\pm$ 0.098	0.97
	Inoculated							
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (Kg/ha)	0	9	-25.11 $\pm$ 14.43	1.994 $\pm$ 0.061	0.99	-2.649 $\pm$ 22.86	1.600 $\pm$ 0.094	0.97
	20	9	-23.47 $\pm$ 15.13	2.034 $\pm$ 0.063	0.99	-26.51 $\pm$ 2.06	1.657 $\pm$ 0.076	0.98
	40	9	-25.58 $\pm$ 19.64	2.016 $\pm$ 0.080	0.98	-9.701 $\pm$ 30.02	1.683 $\pm$ 0.114	0.96
	60	9	-29.35 $\pm$ 20.47	2.109 $\pm$ 0.083	0.98	8.961 $\pm$ 29.42	1.629 $\pm$ 0.111	0.96

n: تعداد مشاهدات؛ b: عرض از مبدا؛ a: شیب معادله که نمایانگر کارایی مصرف نور است؛ se: خطای استاندارد؛ R²: ضریب تبیین

n: number of observations; b: intercept; a: slope of the equation that represents radiation use efficiency; se: standard error; R²: Explanation factor



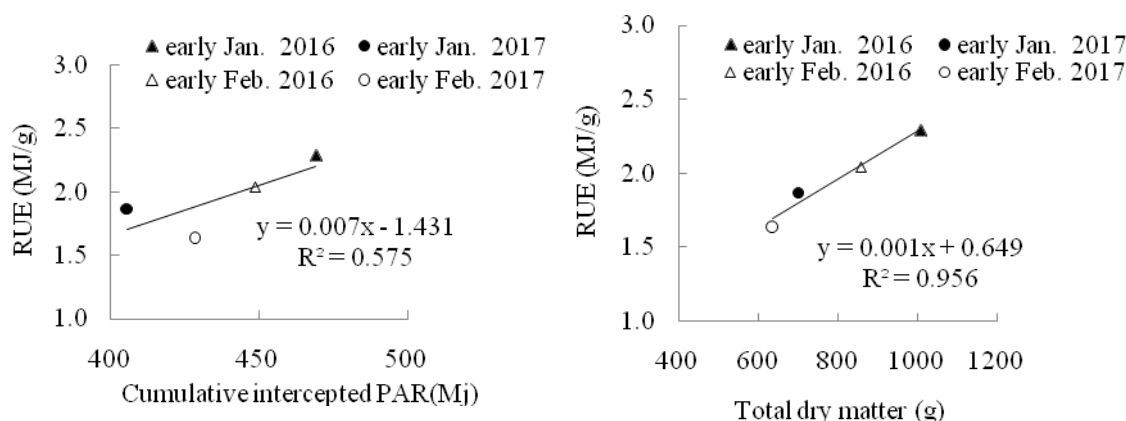
شکل ۳- رابطه بین ماده خشک تجمعی نخود و تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در یافتی تجمعی
Fig. 3. Relationship between total dry matter of chickpea and cumulative intercepted PAR

فعال فتوسنتزی دریافت شده ($R^2=0.97$) بود. با توجه به این که گیاهان کشت شده در تاریخ کاشت اول دارای سرعت رشد نسبی بالاتر و به تبع آن از سرعت رشد و تجمع ماده خشک بالاتری در مراحل مختلف رشد برخوردار بودند (داده‌ها نشان داده نشده است)، کارایی مصرف نور در تاریخ کاشت اول بالاتر بود (شکل ۳). در بررسی دیگری نیز به رابطه قوی بین کارایی مصرف نور و عملکرد زیست توده در نخود تأکید شد (Lake & Sadras, 2017). با این حال، از لحاظ آماری اختلاف بین دو تاریخ کاشت در هر سال معنی دار نبود. به نظر می‌رسد که کارایی مصرف نور در شرایط محیطی تقریباً مشابه نسبتاً پایدار است، به طوری که پیش‌تر نیز بیان شد که کارایی مصرف نور اندازه‌گیری شده برای سه لگوم در دو مکان، با وجود این واقعیت که از لحاظ درجه حرارت، تابش خورشیدی و فشار بخار متفاوت بودند، مشابه بود (Sinclair & Muchow, 1999). قابل ذکر است که برخی از شرایط محیطی از جمله تنش خشکی تأثیرات قابل ملاحظه‌ای روی فتوسنتز برگ و به تبع آن کارایی مصرف نور دارد، به طوری که تنش خشکی در سال دوم سبب کاهش این کارایی گردید.

به طور کلی، نتایج جدول ۴ نشان داد که تأمین نیتروژن، چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم سبب بهبود کارایی مصرف نور شد؛ ولی با این حال، کود شیمیایی نیتروژن و زیستی مزرو/یزوبیوم در هر سطح تاریخ کاشت تأثیر معنی داری بر این کارایی نداشتند (جدول ۴) که این امر می‌تواند در ارتباط با لگوم بودن گیاه باشد. گزارش شده است که کارایی مصرف نور در سویا (*Glycine max* L.) نسبت به غلات (برنج، *Oryza sativa* و ذرت، *Zea maize*) با شیب کمتری به مقدارهای مختلف نیتروژن برگ پاسخ داده است. همچنین، تنوع کمی در میزان کارایی مصرف نور با میزان نیتروژن برگ در بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) وجود داشت که این امر را در ارتباط با پاسخ اشباع شدن کارایی مصرف نور به افزایش محتوای نیتروژن برگ دانستند (Sinclair & Muchow, 1999).

با توجه به شکل ۳، در هر دو سال میزان کارایی نور در تاریخ کاشت اواسط دی ماه بیشتر از اواسط بهمن ماه بود. تنوع کارایی مصرف نور بین تاریخ‌های کاشت می‌تواند در ارتباط با شرایط محیطی و فیزیولوژی گیاه باشد.

با توجه به شکل ۴، رابطه خطی بین کارایی مصرف نور با ماده خشک تجمعی قوی‌تر ($R^2=0.95$) از رابطه آن با تشعشع



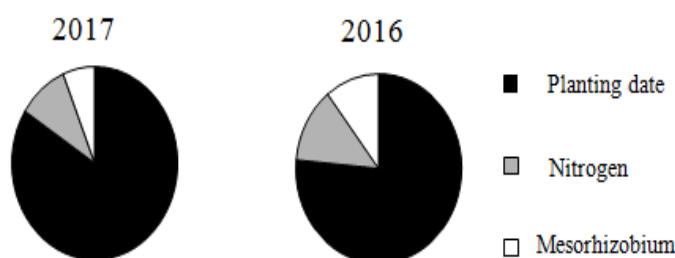
شکل ۴- رابطه بین کارآیی مصرف نور با تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) دریافت‌شده و ماده خشک تجمعی

Fig. 4. Relationship between RUE with total dry matter and cumulative intercepted PAR

دارای عملکرد دانه کمتری نسبت به بهمن‌ماه بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که در سال اول کاهش ۱۷/۸۴ درصدی و در سال دوم کاهش ۲۳/۶۵ درصدی داشت.

عملکرد دانه

در هر دو سال زراعی سهم تاریخ کاشت در تغییرات کل عملکرد دانه بیشتر از دو عامل نیتروژن و مزورایزوبیوم بود (شکل ۵). در بین دو سطح تاریخ کاشت نیز تاریخ کاشت اواسط بهمن‌ماه نسبت به اواسط دی‌ماه در هر دو سال زراعی



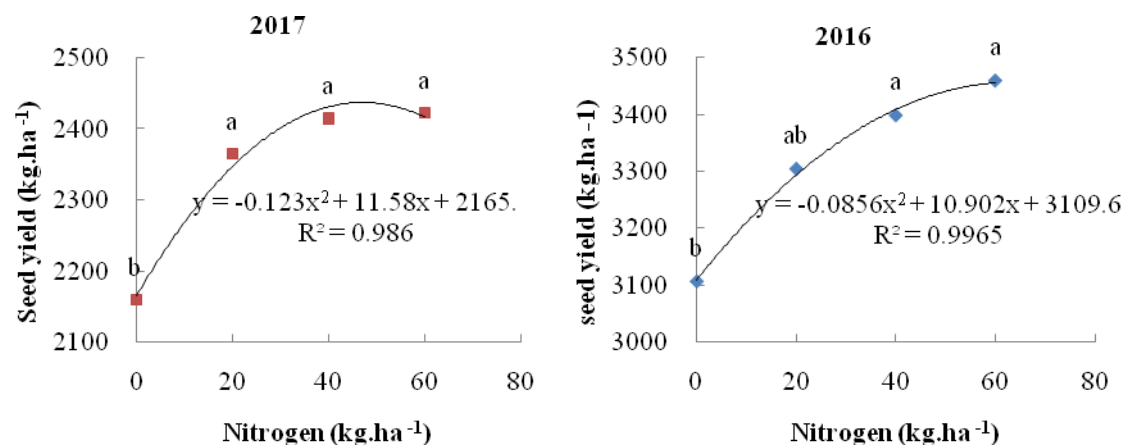
شکل ۵- سهم تاریخ کاشت، نیتروژن و کود زیستی مزورایزوبیوم در تغییرات کل عملکرد دانه در دو سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ و ۱۳۹۵-۹۶

Fig. 5. The share of planting date, nitrogen and Mesorhizobium in total changes of grain yield in 2016 and 2017

موجود و مواجه‌نشدن دوره گل‌دهی و گرده افشانی با شرایط نامساعد محیطی دانستند (Shafaroodi et al., 2012).

با توجه به شکل ۶، کمترین و بیشترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب از عدم مصرف کود نیتروژن و مصرف ۶۰ کیلوگرم آن در هر دو سال به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم مصرف نیتروژن در هر دو سال وجود نداشت (شکل ۶) و با این حال، با توجه به این‌که در هر دو سال، واکنش عملکرد دانه به کود مصرفی از یک تابع خطی درجه دو تبعیت کرد بنابراین، سطح مطلوب کود نیتروژن برای دستیابی به بیشترین عملکرد دانه در سال اول و دوم به‌ترتیب ۶۳ و ۴۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود.

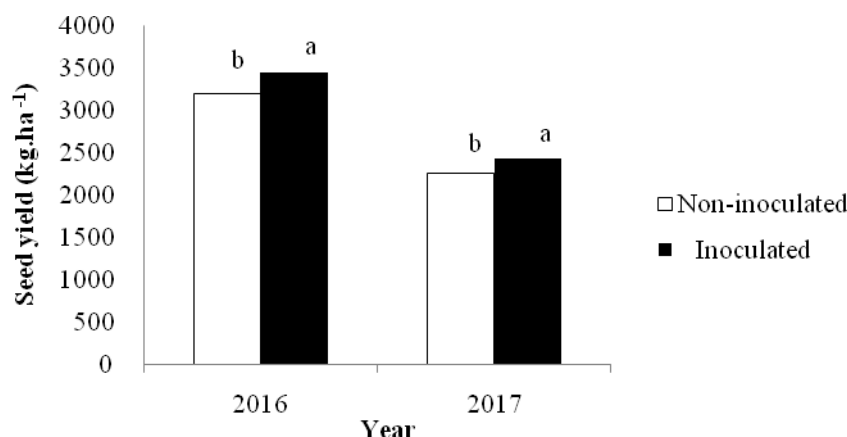
تاریخ کاشت می‌تواند با حاکم کردن عوامل محیطی متفاوت سبب اختلاف در عملکرد دانه شود، به‌طوری‌که تحت تأثیر تاریخ کاشت، عوامل محیطی مانند دما و بارش که به‌عنوان اصلی‌ترین فاکتورهای آب و هوایی مؤثر بر رشد گیاه هستند، با تأثیر بر سرعت نمو گیاه و طول دوره رشد گیاه، نقش تعیین‌کننده‌ای در اندازه گیاه و در نهایت عملکرد دانه دارند (Leng et al., 2016; Lawlo et al., 2001; López-et al., 2008). Bellido نیز طولانی‌تر شدن مرحله رویشی و زایشی نخود (پژشدن دانه و رسیدگی دانه) را دلیلی بر عملکرد بیشتر دانه در تاریخ‌های کاشت زودتر نسبت به تاریخ کاشت آخر دانستند. در بررسی دیگری نیز عملکرد دانه بیشتر لوبیا در تاریخ‌های کاشت زودتر را در ارتباط با امکان رشد بهتر گیاه، استفاده بهینه از منابع



شکل ۶- واکنش عملکرد دانه نخود تحت تأثیر مقادیر کود شیمیایی نیتروژن در دو سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ و ۱۳۹۵-۹۶
Fig. 6. Response of seed yield of chickpea affected as nitrogen fertilizer rates during 2016 and 2017

مواد فتوسنتزی بیشتر، امکان افزایش همزیستی را فراهم می‌نماید، به‌طوری‌که در پژوهش Shabani et al, (2015) نیز بیان شد که وجود نیتروژن کافی به‌عنوان آغازگر باعث تقویت رشد رویشی گیاه سویا شده و گیاه با آمادگی بیشتر به مرحله زایشی وارد می‌شود، به‌طوری‌که باعث افزایش عملکرد دانه نیز می‌شود.

با توجه به این‌که عملکرد بوته تحت تأثیر تعداد دانه در بوته و وزن دانه است (Lawlor et al, 2001) و نظر به این‌که تعداد اندام زایشی با مصرف نیتروژن افزایش یافتند (داده‌ها نشان داده نشده است)، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. قابل ذکر است در صورتی که سطوح بالایی از نیتروژن مصرف شود، احتمال وجود اثر متقابل منفی در برخی از صفات وجود دارد، ولی با این حال، مصرف سطوح کم نیتروژن با بهبود استقرار گیاه و فراهمی



شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه نخود تحت تأثیر همزیستی مزور/بیزوبیوم در دو سال زراعی
Fig. 7. Mean comparisons for seed yield of chickpea under *Mesorhizobium* 2016 and 2017

افزایش عملکرد سویا در تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در بررسی Shabani et al, (2015) به افزایش تأمین عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن طی دوره رشد و همچنین به نقش احتمالی باکتری در افزایش بازده استفاده از نیتروژن اشاره شد. نتیجه به‌دست‌آمده همسو با نتایج Verma et al, (2013) بود.

تلقیح باکتری مزور/بیزوبیوم در هر دو سال باعث افزایش عملکرد دانه شد (شکل ۷)، به‌طوری‌که تلقیح در سال اول و دوم به ترتیب سبب افزایش ۲۴۲ و ۱۷۰ کیلوگرم دانه نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. تلقیح با مزور/بیزوبیوم با تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد، بر عملکرد دانه نیز اثر مثبتی داشت. در توجیه

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی دوساله مدیریت تغذیه و شرایط آب و هوایی روی مراحل فنولوژیک، کارایی مصرف نور و عملکرد نخود در منطقه گنبد کاووس نشان داد که نقش عوامل اقلیمی در گیاه نخود بیشتر از عوامل تغذیه‌ای خاکی (کود شیمیایی نیتروژن) و کودهای زیستی (تلقیح با مزور/یوزوبیوم) بود؛ به‌طوری‌که شرایط اقلیمی متفاوتی که بین دو سال و بین تاریخ کاشت‌ها وجود داشت، نقش به‌سزایی در آغاز و طول دوره مراحل مختلف رشد و عملکرد دانه داشت. با فراهم‌شدن شرایط مطلوب‌تر برای رشد و نمو نخود در سال اول و تاریخ کاشت اول، عملکرد دانه نیز افزایش یافت که این امر نیز مؤید نقش عوامل اقلیمی در رشد

منابع

گیاه و در نهایت عملکرد گیاه است. با توجه به حاکم‌شدن شرایط خشک از ابتدای بهار (از انتهای دوره رشد رویشی) در سال دوم نسبت به سال اول و همچنین با توجه به کاهش حدود ۲۹ درصدی عملکرد دانه در سال دوم نسبت به سال اول، می‌توان نتیجه گرفت که میزان عملکرد این گیاه تا حد زیادی به فراهمی آب بستگی دارد. بنابراین، با توجه به پدیده تغییر اقلیم و نوسانات بارندگی برای بهره‌گیری حداکثری از منابع داخلی و دستیابی به عملکرد بالا، انتخاب تاریخ کاشتی که شرایط مناسبی برای گیاه در طول دوره رشد در هر منطقه فراهم کند، ضروری می‌باشد.

1. Anwar, M.R., Mckenzie, B.A., and Hill, G.D. 2003. Phenology and growth response to irrigation and sowing date of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. *Journal of Agricultural Science* 141: 273-284.
2. Confalone, A., Lizaso, J.I., Ruiz-Nogueira, B., López-Cedrón, F.X., and Saue, F. 2010. Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* L. under different temperature and photoperiod regimes. *Field Crops Research* 115(2,20): 140-148.
3. John, L.L., Timothy, J.A., Daniel, T.W., Kenneth, G.C., and Achim, D. 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy* 97: 72-78.
4. Karimian, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Influence of nitrogen and plant density on light absorption and radiation use efficiency in two spring rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(1): 163-172. (In Persian with English Summary).
5. Lake, L., and Sadras, V. 2017. Associations between yield, intercepted radiation and radiation-use efficiency in chickpea. *Crop and Pasture Science* 1-8.
6. Lawlor, D.W., Lemaire, G., and Gastal, F. 2001. Nitrogen, Plant Growth and Crop Yield. In: P.J. Lea, J.F. Morot-Gaudry (Eds.). *Plant Nitrogen*. Springer Berlin Heidelberg. p. 343-367.
7. Leng, G., Zhang, X., Huang, M., Asrar, G.R., and Leung, L.R. 2016. The Role of climate covariability on crop yields in the conterminous united states. *Scientific Reports* 6(33160): 1-11.
8. López-Bellido, F.J., López-Bellido, R.J., Khalil, S.K., and López-Bellido, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 100: 957-964.
9. Maleki, S. 2017. The Investigation of Zeolite and Potassium Effect on Agronomic and Quality of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Different Irrigation Management. Ph.D. Thesis of Agronomy, Gonbad Kavous University. 200 p.
10. Monteith, J.L. 1977. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Applied Ecology* 9: 747-766.
11. Namvar, A., and Seyed Sharifi, R. 2011. Phenological and morphological response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to symbiotic and mineral nitrogen fertilization. *Žemdirbystė (Agriculture)* 98(2): 121-130.
12. Rahemi-Karizaki, A. 2007. Prediction of Receiving and Using Solar Radiation in Chickpeas. MSc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource.
13. Rehman, H., Qamar, R., Rehman, A.U., Ahmad, F., Qamar, J., Saqib, M., and Nawaz, S. 2015. Effect of different sowing dates on growth and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under agro-environment of Taluka Dokri Sindh, Pakistan. *American Journal of Experimental Agriculture* 8(1): 46-53.
14. Shaban, M., Mansourifar, C., Ghobadi, M., and Sabaghpour, S.H. 2013. Investigation of phenological and morphological characteristics and correlation them with yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and N fertilizer in Kermanshah province. *Iranian Journal of Pulses Research* 4(1): 59-61. (In Persian with English Summary).

15. Shabani, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yidavi, A., and Dastfal, M. 2015. Effect of different levels of nitrogen, bio-fertilizers and nano-nitrogen on some qualitative and quantitative traits in soybean (*Glycine max* L.) in Darab (Fars) region. Journal of Plant Production Research 22(3): 203-222. (In Persian).
16. Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvast, G., and Dorri, H.R. 2012. Effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. Agricultural Science and Sustainable Production 22(3): 47-60. (In Persian with English Summary).
17. Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. Advances in Agronomy 65: 215-265.
18. Soltani, A. 2009. Mathematical Modeling in Field Crops. First Edition, Jihad Daneshgahi Mashhad Publication.
19. Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: phenological development. Field Crops Research 99: 1-13.
20. Soltani, A., Robertson, M.J., Rahemi-Karizaki, A., Poorreza, J., and Zarei, H. 2006. Modelling biomass accumulation and partitioning in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 192: 379-389.
21. Sun, H., Shao, L., Chen, S., Wang, Y., and Zhang, X. 2013. Effects of sowing time and rate on crop growth and radiation use efficiency of winter wheat in the North China Plain. International Journal of Plant Production 7(1): 117-138.
22. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25: 60-70.
23. Vadez, V., Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2013. Crop simulation analysis of phenological adaptation of chickpea to different latitudes of India. Field Crops Research 146: 1-9.
24. Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., and Kumar, A. 2013. Effect of indigenous *Mesorhizobium* spp., and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture. Ecological Engineering 51: 282-286.

The effect of nutritional management on phenological stages, radiation use efficiency and seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under influence of planting date

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

1. Ph.D. Graduated, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University

2. Assistant Professor, Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University; a_nakhzari@yahoo.com

3. Assistant Professor, Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University; alirahemi@yahoo.com

4. Assistant Professor, Plant Protection (Biotechnology), Agriculture and Natural Resources Research Center, Mazandaran; m_aldaghi@yahoo.com

Received: 16 May 2018

Accepted: 22 July 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.72775

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.), is a cool season seed legume, serves as an important cheap source of protein and energy in developing countries. Plant phenology is an important aspect of plant adaptation to environmental conditions in order to match maximum the cropping cycle with the seasonal weather pattern (Vadez *et al.*, 2013). Except of drought stress, other environmental factors such as temperature, photoperiod and nutrient deficiencies will affect the plant development stages (Soltani, 2009). The radiation use efficiency (RUE) indicates the amount of dry matter produced gram per unit of absorbed light (MJ) (John *et al.*, 2005). Studies have shown that the supply of nitrogen and the change in planting date will affect on the time of entry into phenological stages and RUE and ultimately seed yield. Regarding the importance of chickpeas as supplier of protein for human and as fixation of nitrogen for plant, this experiment was conducted with the aim of evaluating the contribution of planting date, nitrogen and nitrogen fixation on phenological stages, RUE and seed yield in the climatic conditions of Gonbad Kavous.

Materials & Methods

The field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the experimental farm of Gonbad Kavous University during the growing season of 2015-2016 and 2016-2017. Nitrogen (none consumption, consumption of 20, 40 and 60 Kg nitrogen ha⁻¹), planting dates (early January and early February) and inoculation with *Mesorhizobium* (inoculation with *Mesorhizobium* and non inoculation) were considered as treatments. Half of nitrogen was used in planting time and the other half was used during seed filling stage due to the decrease of the symbiotic relationship between bacteria and chickpea. Seeds in inoculation treatments were inoculated with *Mesorhizobium*, strain SWRI14, which were obtained from the Soil and Fertilizer Research Institute, Tehran. The optical density (OD's) were adjusted so that the cell concentration was 10⁹ CFU ml⁻¹. Plots (1.5 m×6 m) were designed with 5 rows per plot. Between blocks, 1.5 m alley was kept. Seeds were sown on 5 January and 2 February 2016 and 5 January and 4 February 2017. In order to obtain the desired density (33 plants/m²), two seeds were sown per hill and hand thinning (one plant hill⁻¹) was performed when seedlings reached 4-6 leaf-stage. Phenological stages (including planting to emergence, planting to flowering and planting to physiological maturity), radiation use efficiency (RUE) and seed yield were studied. Comparison of means was performed by LSD test for 5% probability level by using of SAS statistical software version 9.1.3.

Results & Discussion

The results showed that planting date was the main cause of change of phenological stages of the plant in two years. Probably due to the presence of native rhizobium in the soil, nitrogen fertilizer and *Mesorhizobium* could not play the significant role in phenological stages and temperature and moisture had the main role in entering to the phenological stages. Generally with delay in planting time, the growth period of the plant

*Corresponding Author: farima_doei@yahoo.com

decreased in both years. The seed yield of planting date in early-February compared to early-January in first and second year was decreased by 17.84% and 23.65%, respectively. This could be due to the short growing period of this planting date. The highest amount of this trait was obtained from 60 Kg N ha⁻¹ in both years but there were no significant differences between 20, 40 and 60 Kg N ha⁻¹ in both years. Seed inoculation with *Mesorhizobium* in the first and second year increased the seed yield by 242 and 170 Kg compared to non-inoculation, respectively. This is justifiable regarding to the role of nitrogen in improving plant growth, yield components and finally increasing of seed yield. The radiation use efficiency was fairly stable and was not affected by factors in both years. It seems that radiation use efficiency is relatively stable in similar environmental conditions. However, some environmental conditions such as drought stress have significant effects on leaf photosynthesis and thus the radiation use efficiency, so that drought stress reduced this efficiency in the second year compared to the first year.

Conclusion

The two years results showed that among factors, the role of planting date in chickpea was more than nutrient (nitrogen) and living factors (*Mesorhizobium*). Different climatic conditions between two years and between planting dates have significant role in the beginning and duration of phonological stages and seed yield. Therefore, considering the climate change and rainfall fluctuations in order to maximize the use of resources and achieving to high yield, it is necessary to select the planting date that provides the appropriate conditions for the plant in each region. Also the application of supplementation of adequate nitrogen for crops can increase seed yield.

Keywords: Flowering, *Mesorhizobium*, Nitrogen, Radiation

ارزیابی تناسب اراضی استان گلستان جهت کشت نخودفرنگی بر اساس عوامل اقلیمی

مهدي تراشي^۱، علي راحمي کاريژکي^{۲*}، عباس بياباني^۳ و محمد صلاحی فراحي^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس؛ mahditarashy@gmail.com

۲- دکتری زراعت، استادیار گروه تولیدات گیاهی، عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس

۳- دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشیار گروه تولیدات گیاهی، عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس؛
abs346@yahoo.com

۴- کارشناس ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس؛ salahimohammad604@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۷

چکیده

توسعه و حفظ توازن بوم‌شناختی زمانی محقق خواهد شد که از سرزمین به تناسب قابلیت‌ها و توانمندی‌های آن استفاده گردد. در بسیاری از موارد، سامانه‌های تحت کشت محصولات دارای عملکرد پایینی هستند که علاوه بر مسائل مدیریتی، توانمندی‌های اقلیمی منطقه نیز گاهی به عنوان عامل محدودکننده وارد عمل می‌شوند. بر این اساس، شناسایی توانمندی‌های سرزمین پیش از بارگذاری فعالیت‌های گوناگون بسیار حائز اهمیت است. در همین راستا به منظور ارزیابی اراضی کشاورزی استان گلستان برای کشت نخودفرنگی بر اساس بارش و دما، از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS و روش ترکیبی خطی وزنی WLC استفاده شد. اطلاعات درباره نیازهای زراعی گیاه و متغیرهای اقلیمی که شامل حداکثر و حداقل دما، دمای متوسط و بارندگی می‌باشند، از سازمان‌ها و منابع علمی موجود جمع‌آوری و نقشه‌های موردنیاز تهیه گردید. برای استانداردسازی داده‌ها از منطق فازی و برای وزن‌دهی معیارها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP استفاده شد. در نهایت، با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی WLC در محیط نرم‌افزار TerrSet نقشه پتانسیل کشت نخودفرنگی تهیه گردید. نتایج وزن‌دهی معیارها با روش AHP نشان داد که بارندگی مطلوب دوره رشد با ضریب ۰/۲۸۹۰ و حداقل دمای تاریخ کاشت با ضریب ۰/۳۶۴ به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را در تعیین وضعیت مناطق جهت کشت محصول داشتند. همچنین در نقشه برونداد حاصل از روش ترکیبی خطی وزنی مشخص گردید که بخش کوچکی از اراضی واقع در مرکز و غرب استان و مناطق حاشیه شمال شرقی و جنوب شرقی شرایط نامساعدی جهت کشت نخودفرنگی دارند. استعدادسنجی اراضی استان نیز نشان داد که ۲۶/۰۲ درصد از مساحت کل استان بسیار مستعد و ۴۸/۴۲ درصد مستعد می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله‌مراتبی، ترکیب خطی وزنی، توان بوم‌شناختی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

توسعه و حفظ توازن بوم‌شناختی زمانی محقق خواهد شد که از سرزمین به تناسب قابلیت‌ها و توانمندی‌های آن استفاده گردد. بر این اساس، شناسایی قابلیت‌ها و توانمندی‌های سرزمین پیش از بارگذاری فعالیت‌های گوناگون بسیار حائز اهمیت است. در غیر این صورت، بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده به هدر خواهد رفت (Nouri et al, 2010). در نتیجه ارزیابی توان اراضی جهت کشت محصولات مختلف اولین اولویت راهبردی جهت افزایش تولید و بهینه‌سازی مصرف منابع است (Bidadei et al, 2015). با مطالعه عوامل مؤثر در میزان بهره‌وری محصولات، می‌توان برنامه‌ریزی‌ها را با شناختی جامع‌تر انجام داد و متناسب با

توان‌های محیط، امکانات بهره‌وری را فراهم نمود (Jafarbeaglu & Mobarake, 2008).

مطالعات ارزیابی تناسب اراضی، استفاده بهینه و پایدار از هر زمینی را ممکن می‌سازد (Nasiri Sheshdeh & Alizadeh, 2009) و زمین را برای حمایت از استفاده، ارزیابی اراضی و گروه‌بندی مناطق از لحاظ تناسب کشت بررسی می‌کند. این بررسی نه تنها شامل در نظر گرفتن ظرفیت‌های ذاتی یک واحد زمین جهت حمایت از استفاده‌های خاص برای مدت زمان طولانی و بدون زوال است، بلکه هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را نیز در نظر می‌گیرد (Duc, 2006). برای برنامه‌ریزی، کسب اطلاعات در مورد مناطق بوم‌شناخت کشاورزی، ویژگی‌های زمین و تناسب آن برای استفاده در زمینه‌های خاص جهت تصمیم‌گیری مؤثرتر در مدیریت زمین مورد نیاز است (Kandari et al, 2013). در بسیاری از

*نویسنده مسئول: alirahemi@yahoo.com

موارد، سامانه‌های تحت کشت محصولات دارای عملکرد پایینی هستند که علاوه بر مسائل مدیریتی، توانمندی‌های اقلیمی منطقه نیز گاهی به عنوان عامل محدودکننده وارد عمل می‌شوند. تعیین پتانسیل اراضی از دیدگاه امکان‌سنجی تولید، با راهکارهای نوین و با دخالت دادن عوامل متعدد تأثیرگذار و یافتن ارقام مناسب می‌تواند تصویر مناسبی از توسعه یا جایگزینی سیستم‌های کشت با سایر گیاهان در تناوب و جایگزینی با محصولات جدید در اختیار قرار دهد (Baniaghil, 2015).

نخودفرنگی با نام علمی *Pisum sativa* یکی از گیاهان خانواده بقولات است که به دلیل دوره رشد کوتاه، نیاز غذایی کم و توان تثبیت زیستی نیتروژن اهمیت خاصی دارد. همچنین رشد آن در فصل پاییز، اواخر زمستان و اوایل بهار امکان استفاده از بارش‌های این فصول و عناصر غذایی باقیمانده در خاک را فراهم می‌نماید (Fallah et al, 2016). یکی از مصارف عمده آن‌ها در کنسروسازی می‌باشد (Dehghanpour, 2013). استان گلستان دارای حدود ۶۴۶/۵ هزار هکتار اراضی کشاورزی است (حدود ۳۲ درصد مساحت استان). از این میزان، ۳۴۷۱۴۱ هکتار به کشت آبی و ۲۹۹۳۱۴ هکتار به کشت دیم اختصاص یافته است (Ahmadi et al, 2015)؛ اما به دلیل عدم آگاهی از نیازهای بوم‌شناختی و پتانسیل تولید نخودفرنگی، به طور معمول در سطح استان گلستان اراضی با قابلیت کشت نامناسب به این محصول تخصیص داده می‌شود که این موضوع موجب عدم دستیابی به حداکثر ظرفیت تولید و عملکرد در واحد سطح می‌گردد. بنابراین معرفی مزیت‌ها، نقاط قوت و ضعف در سطح استان می‌تواند راهنمای مناسبی برای سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی در منطقه باشد. همچنین این امر کمک قابل توجهی به امر تخصیص منابع در جهت حداکثر پیشرفت و استفاده از امکانات موجود می‌کند. (Kazemi & Sadeghi, 2014) پژوهشی به منظور ارزیابی تناسب اراضی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود دیم، از منطق بولین و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده کردند. نتایج منطق بولین نشان داد که ۱۷۷۲۹/۹۱ هکتار از اراضی واقع در قسمت‌های جنوبی شهرستان (۱۶/۴۱ درصد از کل اراضی کشاورزی شهرستان) در پهنه مناسب جهت تولید نخود دیم قرار گرفتند. نتایج همپوشانی وزنی بر اساس AHP نشان داد که به ترتیب ۲۷/۵۲ و ۱۳/۹۱ درصد زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت تولید نخود دیم در پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد قرار دارند و حدود ۱۶ درصد از اراضی کشاورزی این منطقه غیرمستعد

تشخیص داده شد. (Faraji et al, 2014) به منظور انتخاب بهترین مناطق جهت کشت نخود دیم در استان کرمانشاه با استفاده از مدل AHP و نرم‌افزار GIS اقدام به پهنه‌بندی آگروکلیمایی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که اغلب مناطق استان برای کشت نخود مستعد بوده و دارای قابلیت‌های متفاوتی می‌باشد. مناطق شمالی و مرکز استان ۲۲۸۹۸۶ هکتار، ۹ درصد دارای استعداد تقریباً خیلی مناسب و بیشتر مناطق استان شامل قسمت‌های غربی و مرکزی و پهنه کوچکی در شرق استان با مساحت ۱۴۵۴۴۲۶ هکتار، ۵۹ درصد دارای استعداد مناسب و بقیه قسمت‌های شرق استان از قابلیت کشت متوسط برخوردار است. (Baniaghil, 2015) طی تحقیقی به پهنه‌بندی و ارزیابی فیزیکی تناسب اراضی برای محصولات خاص (گندم، سویا) با استفاده از GIS در سطح استان گلستان پرداخت. نتایج نشان داد که بیش از ۵۸ درصد اراضی استان جهت کشت گندم و بیش از ۶۲ درصد اراضی جهت کشت سویا در محدوده بسیار مستعد و مستعد قرار گرفتند. (Pakpour Rabeti et al, 2013) در استان آذربایجان غربی به ارزیابی اراضی مستعد تولید محصولات کشاورزی (ذرت، آفتابگردان و جو) با استفاده از GIS پرداختند. نتایج نشان داد که در محدوده مورد مطالعه، کلاس‌های اقلیمی برای جو بسیار مناسب (S1) و برای ذرت و آفتابگردان به دلیل محدودیت رطوبت نسبی در طول دوره رشد نسبتاً مناسب (S2) ارزیابی شد. با توجه به نبود تحقیقات در زمینه گیاه نخودفرنگی، در پژوهش حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی اراضی مستعد جهت کشت این محصول در استان گلستان با در نظر گرفتن عوامل اقلیمی، از روش ترکیبی خطی وزنی^۱ (WLC) در محیط GIS^۲ استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

از نظر موقعیت جغرافیایی استان گلستان بین ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. استان گلستان بین رشته‌کوه البرز، بیابان‌های ترکمنستان، کوه‌های خراسان شمالی و دریای خزر واقع شده است (Baniaghil, 2015). مساحت استان بالغ بر ۲۰۴۳۷/۷ کیلومتر مربع (۱/۳ درصد از کل مساحت کشور) است. آب و هوای استان را می‌توان با توجه به خصوصیات دما و بارش به سه نوع معتدل خزری مرطوب، کوهستانی (معتدل و سرد) و نیمه‌خشک (نیمه بیابانی) تقسیم کرد. در این تحقیق ابتدا لایه

1. Weighted Linear Combination
2. Geographic Information System

در استان گلستان به‌دست آمد و پس از محاسبه میانگین هر یک از عوامل در دو بازه زمان تاریخ کاشت و دوره رشد در محیط نرم افزار Excel، نقشه‌های موردنظر در محیط GIS با استفاده از روش درون‌یابی بر مبنای عکس فاصله (IDW^1) آماده شد. در این مطالعه همچنین نیاز بوم‌شناختی نخودفرنگی با استفاده از منابع موجود مشخص گردید (جدول ۱).

ها و اطلاعات موردنیاز مربوط به سطح استان گلستان از اداره هواشناسی و جهاد کشاورزی جهت تشکیل پایگاه داده‌های مکانی جمع‌آوری شد. عوامل اقلیمی شامل بارندگی، دمای حداکثر، دمای حداقل و دمای مطلوب (دمای میانگین) با دوره زمانی ماهانه از طریق داده‌های ۱۲ ساله (۱۳۸۲-۱۳۹۳) هواشناسی چهار ایستگاه سینوپتیک و ۱۲ ایستگاه اقلیم‌شناسی

جدول ۱- نیازهای بوم‌شناختی نخودفرنگی

Table 1- The ecological needs of pea

منبع	نیاز بوم‌شناختی	فاکتور
Reference	Ecological need	Factor
Majnoun Hosseini (2015)	4-5	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)
Majnoun Hosseini (2015)	24	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)
Parsa & Bagheri (2013)	12-18	دمای مطلوب (درجه سانتی‌گراد) Optimal temperature (°C)
Majnoun Hosseini (2015)	600	بارندگی مطلوب (میلی‌متر) Optimal precipitation (mm)

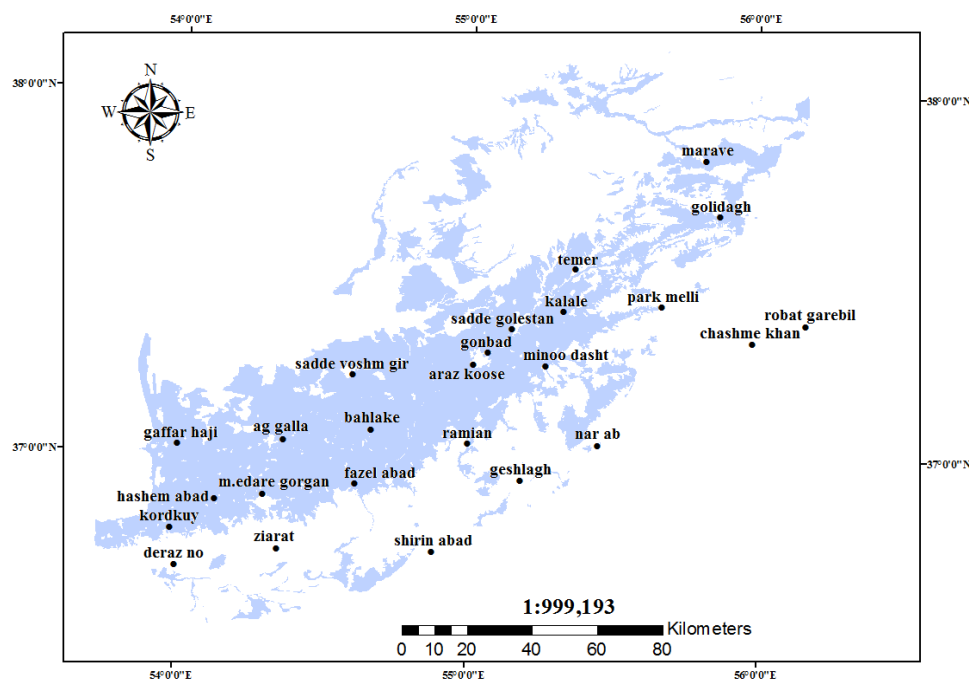
این تحقیق مقیاس صفر تا ۲۵۵ انتخاب گردید، زیرا مدل ارزیابی چندمعیاره برای این سطح بهینه شده است (Ronald Eastman, 2003). مقادیر بالاتر (به سمت ۲۵۵) گویای اراضی با پتانسیل بیشتر برای کشت و مقادیر کمتر (به سمت صفر) گویای اراضی با پتانسیل کمتر هستند. نوع توابع مورد استفاده برای هریک از پاراها در جدول ۲ آورده شده است.

پس از تشکیل پایگاه داده مکانی، با توجه به نحوه تأثیرگذاری عوامل بر کشت نخودفرنگی در سطح استان و به منظور یکسان‌سازی مقیاس‌ها در لایه‌های رقومی اطلاعات از منطق فازی استفاده شد. یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای است که اجازه می‌دهد اعضای آن، درجه عضویت متفاوتی بین صفر و یک یا صفر تا ۲۵۵ داشته باشند (Malczewski, 2006). در

جدول ۲- حد آستانه و نوع تابع فازی نخودفرنگی جهت استاندارد سازی نقشه‌ها در منطق فازی

Table 2- Threshold limit and Function kind for standardization maps in fuzzy logical

لایه نقشه	بارندگی دوره	بارندگی	دمای مطلوب	دمای مطلوب	دمای حداکثر	دمای حداکثر	دمای حداقل	دمای حداقل
Map layer	مطلوب دوره رشد	مطلوب تاریخ کاشت	دمای مطلوب دوره رشد	دمای مطلوب تاریخ کاشت	دمای حداکثر دوره رشد	دمای حداکثر تاریخ کاشت	دمای حداقل دوره رشد	دمای حداقل تاریخ کاشت
	Optimal precipitation growth date	Optimal precipitation planting date	Optimal temperature growth date	Optimal temperature planting date	Maximum temperature growth date	Maximum temperature planting date	Minimum temperature growth date	Minimum temperature planting date
حد آستانه	0	0	4	4	4	4	4	4
Threshold limit	720.30	289.92	13.09	12.38	19.43	18.23	8.29	7.62
نام تابع	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Function name	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing
نوع تابع	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing
Function kind	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در استان گلستان

Fig. 1. The location of climatic stations used in Golestan Province

۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و در طول فصل رشد، دمای ۱۲ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد مناسب رشد این گیاه است، ولی در موقع رسیدن دانه، دمای حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد مطلوب گیاه می‌باشد. تاریخ کاشت نخودفرنگی در ایران با شرایط متفاوت جوی، کاملاً متفاوت است. در مناطق سردسیر، کشت بهاره این گیاه مرسوم است، ولی در مناطق گرمسیر و معتدل کشور مثل استان‌های جنوب، جنوب‌غربی و شمال کشور، کشت پاییزه (کشت در آبان و آذرماه) مناسب‌تر است (Parsa & Bagheri, 2013). براساس تحقیقات انجام‌شده دوره کشت نخودفرنگی در استان گلستان از اوایل یا اواسط آبان تا اوایل بهمن در نظر گرفته شد. زمان برداشت این محصول نیز با توجه زمان کاشت محصول اواسط فروردین تا اواخر اردیبهشت ماه می‌باشد.

همان‌طور که نقشه دمای حداقل نشان می‌دهد، از نظر توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دماهای مناسب سبزشدن و دوره رشد برای گونه نخودفرنگی، مناطق موجود در قسمت‌های مرکزی و شمال‌شرقی بیشترین مطلوبیت را دارند که شامل مراوه‌تپه، مینودشت، فاضل‌آباد، سازمان آب منطقه‌ای (گران)، کردکوی و دیگر قسمت‌های مرکزی هستند؛ درحالی‌که مناطق غرب، جنوب‌غربی، جنوب‌شرقی و شرق نامناسب‌ترین مناطق از نظر این پارامتر می‌باشند (شکل ۲). این مناطق اکثراً شامل بخش‌های مرتفع استان می‌شود که در زمان کاشت و دوره رشد نخودفرنگی دارای شرایط سردتر (دمای نزدیک صفر و کمتر)

استاندارسازی براساس منطق فازی و محاسبه وزن عوامل محیطی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در محیط نرم‌افزار TerrSet نسخه ۱۸/۰۷ انجام شد. در روش AHP یک سری مقایسه دوجه‌دو جهت تعیین اهمیت نسبی معیارها برای ارزیابی (کشت نخودفرنگی) موردنظر به‌عمل آمد. این مقایسه‌های دوجه‌دویی، برای ایجاد یک‌سری وزن‌ها (که جمع جبری آن‌ها برابر یک است) تحلیل شد (Ghaffari, 2003) و برای تعیین درجه دقت و صحت وزن‌دهی از شاخص سازگاری (C.I) استفاده شد (Satty, 1980). در این روش، نتیجه حاصل، هرچه به عدد ۰/۱ نزدیک‌تر باشد، دقت انجام مقایسات بالاتر بوده است. پس از استانداردسازی عوامل (فازی کردن) و وزن‌دهی لایه‌ها، با استفاده از روش ترکیبی خطی وزنی (WLC) در محیط نرم‌افزار TerrSet مناطق مطلوب کشت نخودفرنگی به‌دست آمد. درنهایت با تلفیق نقشه‌ها، پهنه‌بندی کلی از محصول در سطح استان در محیط Arc map نسخه ۹/۳ حاصل شد.

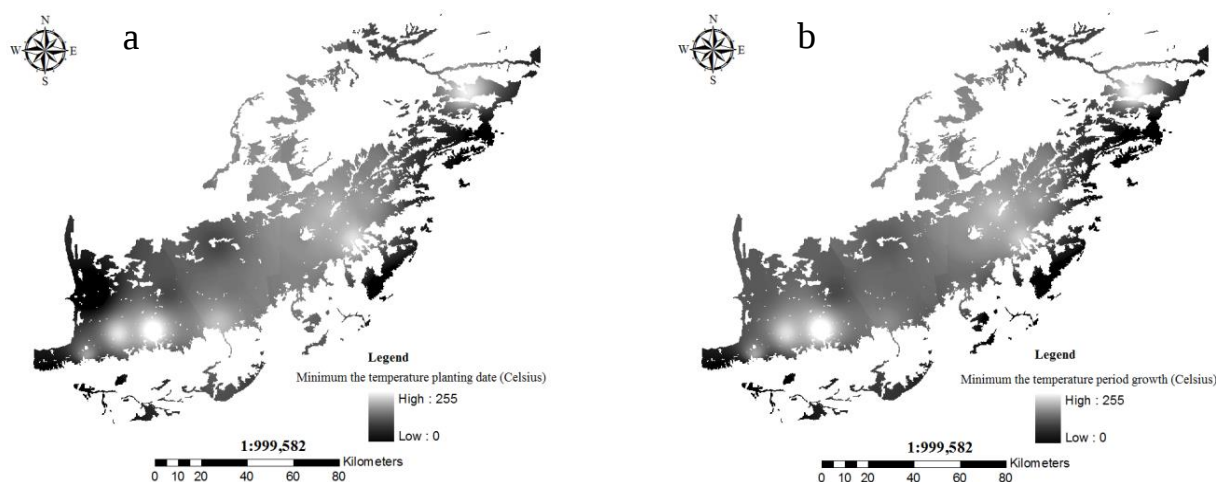
نتایج و بحث

درجه‌حرارت پایه نخودفرنگی حدود ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد است، ولی دمای مناسب برای جوانه‌زنی بذر محدوده ۱۸ تا

1. Analytical hierarchy process
2. Consistency index

کشت و دوره رشد مشاهده نگردید.

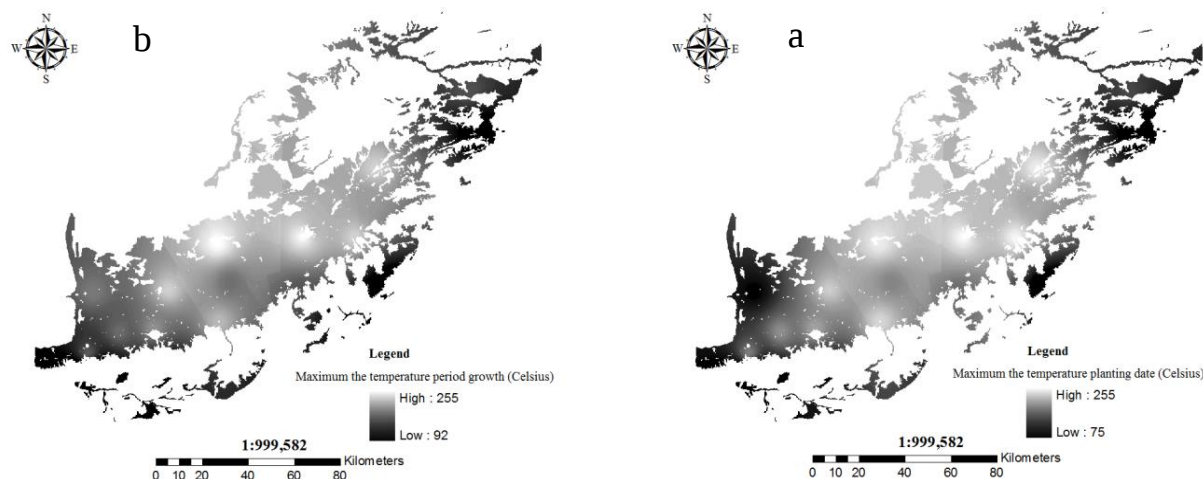
نسبت حد مطلوب هستند. همچنین تفاوت چندانی از نظر توزیع جغرافیایی مناطق دارای مطلوبیت و یا فاقد مطلوبیت طی فصل



شکل ۲- الف) نقشه فازی همدمای کمینه تاریخ کاشت، ب) نقشه فازی همدمای کمینه دوره رشد نخودفرنگی
Fig. 2. a) The minimum isotherm fuzzy map of planting date, b) the minimum isotherm fuzzy map of growing period of pea

استان کمترین مطلوبیت را دارند (شکل ۳). این نواحی دمایی پایین‌تر از حد مطلوب در نظر گرفته شده را دارا هستند، لذا امتیاز کمتری کسب کرده‌اند. با این حال تفاوت چندانی بین توزیع جغرافیایی مناطق مطلوب و نامطلوب از نظر دمایی بیشینه در طی فصل کشت و دوره رشد نخودفرنگی مشاهده نگردید.

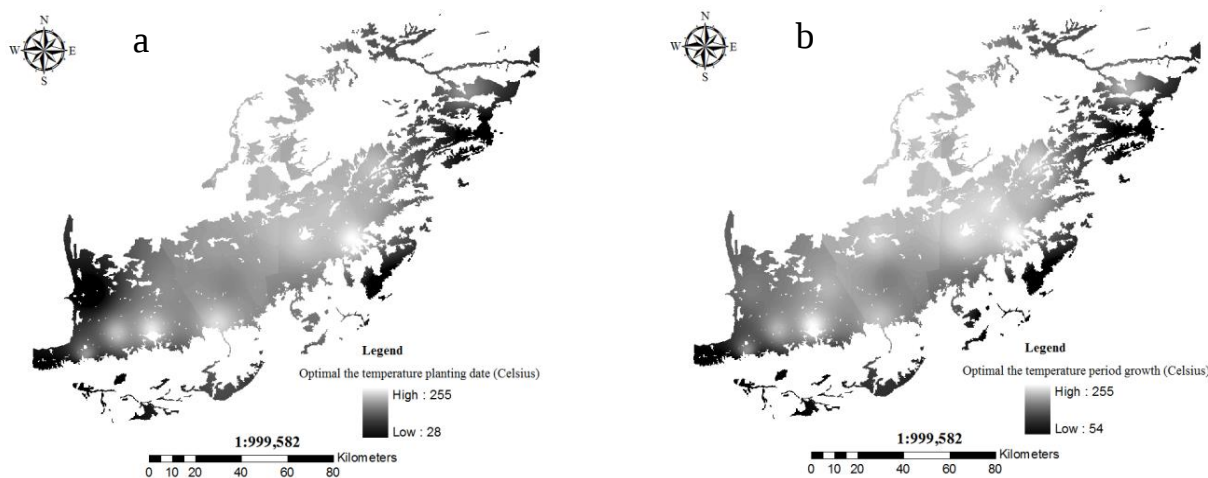
نقشه دمایی بیشینه نشان می‌دهد که از نظر توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دماهای مناسب طی سبزشدن و دوره رشد، قسمت‌های مرکزی و به سمت شمال که شامل دشتهای استان می‌باشد، بیشترین مطلوبیت را داشتند که دربرگیرنده محدوده پارک ملی، تمر-گرگان، آرازکوسه، سد وشمگیر، آق‌قلا و فاضل‌آباد می‌باشند و قسمت‌های شرق، جنوب‌شرقی و غرب



شکل ۳- الف) نقشه فازی همدمای بیشینه تاریخ کاشت، ب) نقشه فازی همدمای بیشینه دوره رشد نخودفرنگی
Fig. 3. a) The maximum isotherm fuzzy map of planting date, b) the maximum isotherm fuzzy map of growing period of pea

اولیه گیاهچه‌ها در شرایط دمایی مطلوب صورت نمی‌گیرد و به علت کاهش دمای خاک بذور جوانه‌نژده بیشتر در معرض امراض قارچی قرار خواهند گرفت که سبب کاهش تراکم بوته‌ها در مزرعه می‌شود (Khajehpour, 2013) (شکل ۴). از آنجاکه در طی دوره رشد نخودفرنگی دما در استان افزایش می‌یابد، بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که مساحت منطقه از نظر میانگین دمای مطلوب در طی دوره رشد افزایش یابد.

توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دماهای مناسب طی سبزشدن بخش قابل توجهی از استان را به خود اختصاص داده است و فقط حاشیه‌های استان که بیشتر در قسمت‌های جنوب شرقی، جنوب و جنوب‌غربی واقع شده‌اند، فاقد مطلوبیت لازم برای سبزشدن نخودفرنگی می‌باشند (شکل ۴). چون میانگین دمای شبانه‌روزی هوا در حدود ۱۲ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شرایط مزرعه مناسب نخودفرنگی است، بدیهی است هرچه کشت نخودفرنگی با تأخیر انجام پذیرد، مرحله جوانه‌زنی و رشد



شکل ۴- الف) نقشه فازی هم‌دمای مطلوب تاریخ کاشت، ب) نقشه فازی هم‌دمای مطلوب دوره رشد

Fig. 4. a) The optimal isotherm fuzzy map of planting date, b) the optimal isotherm fuzzy map of growing period of pea

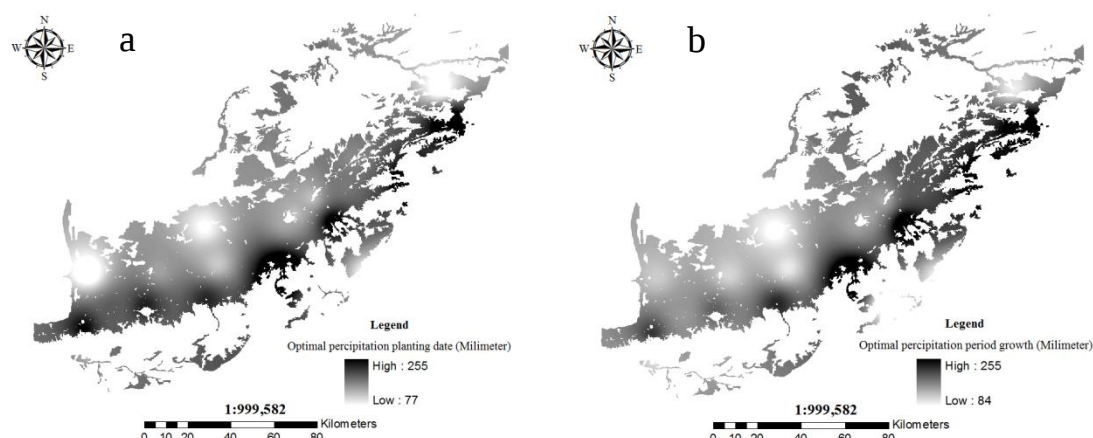
زمانی و مکانی بسیار نامنظم است. این تغییرات می‌تواند عامل ایجاد دوره خشکی که ممکن است ماه‌ها به طول انجامد، باشد (Sari Saraf et al., 2009). بهترین توزیع بارندگی به گونه‌ای است که هرچه گیاه به مراحل انتهایی رشد و به‌خصوص زمان گلدهی و تشکیل بذر نزدیک‌تر می‌شود، میزان بارندگی نیز افزایش یابد تا گیاه دچار تنش خشکی و کاهش عملکرد نگردد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مقایسات زوجی بین عوامل اقلیمی مؤثر بر کشت نخودفرنگی نشان داد که بارندگی در دوره رشد و سبزشدن به ترتیب با ضریب ۰/۲۷۹ و ۰/۲۲۰ بیشترین و دمای حداقل دوره کاشت و رشد با ۰/۰۳۶ و ۰/۰۴۶ کمترین ضرایب را در رتبه‌بندی کسب کردند (جدول ۳). مطالعات نشان می‌دهد عوامل اقلیمی مهم‌ترین تأثیر را در عملیات کشاورزی دارند. حتی پراکنش گونه‌های گیاهی اعم از وحشی و زراعی در عرض‌های جغرافیایی مختلف در ارتباط با عوامل اقلیمی به‌خصوص بارندگی و دما قرار می‌گیرد (Baniaghil et al., 2017).

براساس منابع، برای دوره رشد نخودفرنگی از کاشت تا برداشت میزان بارندگی مطلوب، ۶۰۰ میلی‌متر است (Majnoun Hosseini, 2015). با توجه به نقشه بارندگی، توزیع جغرافیایی احتمال وقوع میزان بارندگی مناسب طی دوره سبزشدن به بخش‌های شمال شرقی، جنوب شرقی و به سمت جنوب‌غربی استان محدود می‌گردد. در حالی که مطلوب‌ترین میزان بارندگی برای دوره رشد منحصر به نواحی باریکی می‌گردد که در حاشیه استان از شرق تا جنوب شرقی را پوشش می‌دهد و نواحی مرکزی‌تر استان به سمت غرب و شمال غرب شرایط نامناسب تری دارند (شکل ۵). از آنجایی که در استان گلستان بیشترین میزان بارندگی در فصل زمستان و اوایل فصل بهار رخ می‌دهد و با توجه به تاریخ کشت مرسوم در استان که اوایل یا اواسط آبان تا اوایل بهمن‌ماه می‌باشد، نقشه بارندگی در دوره کشت برخلاف انتظار که باید مناطق بیشتری را پوشش دهد، به مناطق کمتری محدود شده است. در زراعت دیم علاوه بر مجموع بارندگی سالانه، نحوه توزیع آن در طول مراحل رشد بر عملکرد تأثیر به‌سزایی دارد، زیرا غالباً توزیع بارندگی از لحاظ

هستند. نتایج نشان می‌دهد که از نظر اقلیمی بخش کوچکی از اراضی واقع در مرکز و غرب استان و مناطق حاشیه شمال شرقی و جنوب شرقی شرایط نامساعدی جهت کشت نخودفرنگی دارد (شکل ۶). استعدادسنجی اراضی استان نشان داد (شکل ۷) که ۲۶/۰۲ درصد از مساحت کل استان بسیار مستعد و ۴۸/۴۲ درصد مستعد می‌باشد (جدول ۴).

نتایج حاصل از فرآیند روش ترکیب خطی وزنی جهت کشت نخودفرنگی

نقشه برون داد حاصل از روش ترکیبی خطی وزنی برای ارزیابی پتانسیل کشت نخودفرنگی در استان گلستان، نقشه‌ای است تلفیقی با فرمت رستری که مقادیر آن ارزش‌هایی بین صفر تا ۲۵۵ را دارد. مقادیر بالاتر (به سمت ۲۵۵) در این نقشه گویای اراضی با پتانسیل بیشتر برای کشت نخودفرنگی و مقادیر کمتر (به سمت صفر) گویای اراضی با پتانسیل کمتر



شکل ۵- الف) نقشه فازی هم‌باران بهینه تاریخ کاشت، ب) نقشه فازی هم‌باران بهینه دوره رشد

Fig. 5. a) The optimum precipitation fuzzy map of planting date, b) the optimum precipitation fuzzy map of growing period of pea

جدول ۳- ارزش وزنی و رتبه معیارهای مربوط به عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر کشت نخودفرنگی در استان گلستان

Table 3. Value and rate of effected climatic factors on pea planting in Golestan Province

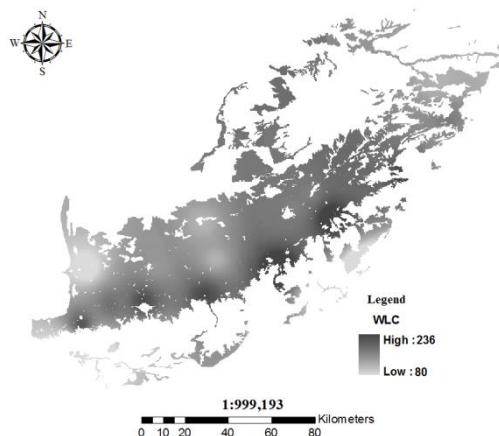
عوامل اقلیمی Climate factors	دمای حداقل تاریخ کاشت Minimum temperature planting date	دمای حداقل دوره رشد Minimum temperature growth date	دمای حداکثر تاریخ کاشت Maximum temperature planting date	دمای حداکثر دوره رشد Maximum temperature growth date	دمای مطلوب تاریخ کاشت Optimal temperature planting date	دمای مطلوب دوره رشد Optimal temperature growth date	بارندگی مطلوب تاریخ کاشت Optimal precipitation planting date	بارندگی مطلوب دوره رشد Optimal precipitation growth date
ارزش Value	0.0364	0.0461	0.0612	0.08	0.1311	0.1452	0.2209	0.2890
رتبه Rate	8	7	6	5	4	3	2	1

عملیات کشاورزی دارند. برای آن که بتوان از یک رژیم اقلیمی معین و شرایط طبیعی هر منطقه حداکثر بهره‌برداری زراعی را کسب نمود، لازم است قبل از هر برنامه‌ریزی در این زمینه عوامل هواشناسی و طبیعی آن منطقه را مورد بررسی قرار داد (Baniaghil, 2015). اطلاع از شرایط اقلیمی منطقه از جمله میزان بارندگی و نحوه پراکنش آن و دما با توجه به آمار بلندمدت هواشناسی اهمیت بالایی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد. بارندگی زیاد در زمان کشت بیشتر سبب تأخیر آماده‌سازی زمین و در نتیجه تأخیر در کشت شد.

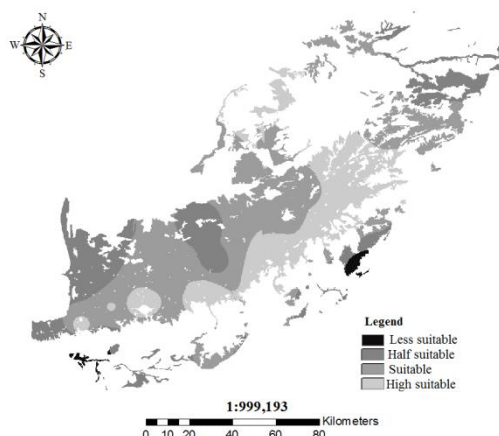
از نظر اقلیمی اراضی واقع در شمال شرقی و مناطق حاشیه شرقی به سمت مرکز استان دارای شرایط مساعدی جهت کشت نخودفرنگی هستند (شکل ۷). Mahmoudan et al, (2015) در پژوهشی با استفاده از اطلاعات تغییرات مکانی دماهای کمینه، متوسط، بیشینه و بارش اقدام به پهنه‌بندی اراضی زراعی استان گلستان جهت کشت گندم و باقلای پاییزه نمودند. نتایج حاکی از این بود که از کیفیت تناسب اراضی از سمت جنوب به شمال و از غرب به شرق استان، کاسته می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد عوامل اقلیمی مهم‌ترین تأثیر را در

بندی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که بارزترین آن کاهش جذب مواد غذایی است که در نهایت سبب کاهش وزن کل دانه‌ها خواهد شد (Subhane, 2005).

همچنین دمای بالا همزمان با کاهش بارندگی، سبب تسریع خشک شدن خاک و کاهش رطوبت خاک می‌شود که این امر موجب تأخیر در سبز شدن گیاه (Baniaghil *et al.*, 2017) و یا مواجهه با تنش‌های رطوبتی در طی مراحل بعدی رشد می‌گردد، به شکلی که کاهش آب تقریباً کلیه فرایندهای دانه



شکل ۶- نقشه حاصل از فرآیند روش خطی وزنی جهت کشت نخودفرنگی
Fig. 6. Result map of weighted linear combination for pea planting



شکل ۷- استعدادسنجی اراضی کشاورزی جهت کشت نخودفرنگی
Fig. 7. Potential survey of agriculture lands for pea planting

جدول ۴- مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده جهت کشت نخودفرنگی

Table 4. Reclassified zone areas of pea

رتبه‌بندی پهنه‌ها Ranking zones	عوامل اقلیمی Climatic factors	
	مساحت (هکتار) Area (ha)	مساحت پهنه (درصد) Zone area (%)
بسیار مستعد High suitable	207547.75	26.02
مستعد Suitable	386243.26	48.42
نیمه مستعد Half suitable	195331.16	24.49
کمتر مستعد Less suitable	8568.63	1.07

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در بین عوامل اقلیمی بیانگر آن است که نقش بارندگی دارای بیشترین وزن و اهمیت نسبت به سایر معیارها بود. بر اساس نتایج این تحقیق، پهنه وسیعی از اراضی بخش مرکزی به سمت شمال و شرق استان گلستان محدودیتی از نظر عوامل اقلیمی جهت کشت گیاه نخودفرنگی ندارند که شامل بیش از ۷۴ درصد اراضی می‌شود؛ اما برخی از اراضی واقع در مرکز، حاشیه‌های

جنوب‌شرقی، جنوب‌غربی و شمال‌غربی استان از مطلوبیت لازم جهت کشت این محصول برخوردار نمی‌باشند. بنابراین با توجه به جایگاه استان گلستان در تولید و سطح زیرکشت نخودفرنگی، اگر بتوان با توجه به نیازمندی‌های رطوبتی و حرارتی این محصول، مناطق مطلوب را شناسایی نمود و همچنین محدودیت‌ها و یا توانمندی‌هایی را که اقلیم در محیط ایجاد نموده است، شناسایی کرد، می‌توان به تولید بیشتری در واحد سطح دست یافت.

منابع

1. Ahmadi, K., Gholizadeh, H.A., Ebadzadeh, H.R., Hosseini, R., Hatami, F., Fazli, B., Kazemian, A., and Rafiei, M. 2015. Agricultural Statistics of the Years 2013-2014. First Volume of Crops. Ministry of Agriculture. Deputy Director of Planning and Economics. Center for Information and Communication Technology.
2. Baniaghi, A., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., and Faramarzi, H. 2017. Potential climatic zoning of wheat (*Triticum aestivum* L.) Golestan province. Journal of Agroecology 9(3): 821-833. (In Persian with English Summary).
3. Baniaghil, A.S. 2015. Zoning and Physical Assessment of Land Suitability for Particular Crops (Wheat, Soybean) Using GIS in Golestan Province. M.Sc. Thesis. Gonbad Kavous University. p 94. (In Persian with English Summary).
4. Bidadei, M.J., Kamkar, B., Abdi, O., and Kazemi, H. 2015. Land suitability analysis on rain fed wheat cropping using geospatial information systems (A cases study: Qaresoo Basin). Sustainable Agriculture and Production Science Journal 25(1): 131-143. (In Persian).
5. Dehghanpour Encheboroun, A. 2013. The Effect of Nitrogen Levels and Intercropping Pattern on Forage Yield and Competition Indices of Barley (*Hordeum vulgare*) and Pea (*Pisum sativum*). M.Sc. Thesis. Gonbad Kavous University. P 17. (In Persian).
6. Duc, T.T. 2006. Using GIS and AHP technique for land-use suitability analysis. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences p. 6.
7. Fallah, S., Salehi, A., and Ghasemi Seyani, N. 2016. The residual effects of organic and chemical fertilizer of spring crop (black cumin) to production of pea (*Pisum sativum*) green manure. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 26(2): 132-117. (In Persian with English Summary).
8. Faraji, A., Mousavi, M.H., and Parvini, H. 2014. Climatic Zoning of Rainfed Chickpea Planting in Kermanshah Province. M.Sc. Thesis. Zanzan University, Faculty of Humanities. (In Persian with English Summary).
9. Ghaffari, R. 2003. Prioritization of the Crisis in Rural Settlements by AHP Method. Case Study in Bazoft Village. Consulting Engineer Quarterly, 12: 100-107.
10. Jafarbeaglu, M., and Mobarake, Z. 2008. Assess the land suitability for cultivation of saffron Qazvin province on the basis of multi-criteria decisions methods. Physical Geography Research (66): 101-119. (In Persian with English Summary).
11. Kandari, A.M., Baja, S., and Ala, A. 2013. Agro ecological zoning and land suitability assessment for maize (*Zea mays* L.) development in Button regency, Indonesia. Agriculture, Forestry and Fisheries 2(6): 202-211.
12. Kazemi, H., and Sadegi, S. 2014. Land suitability evaluation of Aq-Qalla region for rainfed chickpea cropping by Boolean logic and analytical hierarchy process (AHP). Iranian Journal of Dryland Agriculture 2(1): 1-20. (In Persian with English Summary).
13. Khajepour, M.R. 2013. Cereals. Jahad Daneshgahi Isfahan Publishers, p. 783. (In Persian).
14. Mahmoudan, S., Kamkar, B., Abdi, O., and Bagherani, N. 2015. Assessment of universal kriging models to interpolate rainfall and temperature and determination of climatic suitability of Golestan province crop lands to sow winter wheat and faba bean using GIS. Research in Crop Ecosystems 1(4): 13-30. (In Persian with English Summary).
15. Majnoun Hosseini, N. 2015. Agriculture and Production of Legumes. 5th Edition. Jahad University Press, Tehran Branch. 284 p. (In Persian).

16. Malczewski, Y. 2006. Geographic Information System and Multiple Criteria Decision Analysis. Organization for the Study and Compilation of Humanities Books of Universities. 597 p.
17. Nasiri Sheshdeh, A., and Alizadeh, E. 2009. Qualitative land suitability evaluation for specific Crop. 4th National Conference New Idea in Agriculture, October 21-22, 2009. Islamic Azad University Isfahan (Khorasgan) Branch. p. 230-233. (In Persian).
18. Nouri, S.H., Seidaiy, S.E., Kiani, S., Soltani, Z., and Nooruzi Avargani, A. 2010. Assessment of ecologic environmental sources for determining rich farmland by GIS (central district of Kiar Sub County). Geography Environmental Planning 21(1): 33-46. (In Persian with English Summary).
19. Pakpurabati, A., Jafarzadeh, A.A., Shahbazi, F., and Ammary, P. 2013. Assessment of susceptible land for some agricultural crops in some regions of west Azerbaijan province using geographical information system. Journal of Soil and Water 23(1): 165-176. (In Persian).
20. Parsa, M., and Bagheri, A. 2013. Legumes. Second Printing. Publications University of Mashhad. 528 p. (In Persian).
21. Ronald Eastman, J. 2003. Guide to GIS and Image Processing (Idrisi Klimanjaro Help).
22. Sarisaraf, B., Bazigar, S., and Mohammadi, G.H. 2009. Zoning of potential climate wheat cultivation in the province of West Azerbaijan. Geography and Development 13: 5-26. (In Persian with English Summary).
23. Satty, T. 1980. The Analytical Hierarchical Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: Mc Graw-Hill.
24. Subhane, B. 2005. Agro-Climatic Zoning of Ardabil Province Using Satellite Imagery in GIS. A Thesis Submitted to the Graduated Studies Office in Partial Fulfillment of Requirement for Degree Geography. Tabriz University, Tabriz, Iran p. 1- 20. (In Persian with English Summary).

Land suitability evaluation of Golestan province for planting *Pisum sativa* based on climatic factors

Tarashi¹, M., Rahemi-Karizaki^{2*}, A., Biabani³, A. & Salahi Farahi⁴, M.

1. MSc. Student of Agroecology, Gonbad Kavoods University, Iran; mahditarashy@gmail.com
2. Agronomy PhD., Assistant Professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavoods University, Iran
3. Crop Physiology Ph.D., Associate Professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavoods University, Iran; abs346@yahoo.com
4. Researcher of Chemistry and Soil Fertility, Agricultural Research Center, Gonbad Kavoods, Iran; salahimohammad604@gmail.com

Received: 20 February 2018

Accepted: 8 August 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.70708

Introduction

The development and preservation of ecological balance will be achieved when used in accordance with land capabilities. By studying the factors affecting on products productivity, it is possible to plan with more comprehensive knowledge and provide appropriate facilities in accordance with the capabilities of the environment (Jafarbeyglou & Mobarak, 2008). Mostly, the systems under planting have low yields, which, in addition to management issues, the regional climate capacity is sometimes as limiting factor (Baniaghil, 2015). *Pisum sativa* is one of the legume family plants, which is important due to its short growth period, low nutrition needs and potential for nitrogen fixation. The agriculture lands of Golestan province are about 646.5 thousand hectare (32% of Province area). But not knowing of ecological needs and potential production of peas, non-suitable lands in Golestan province was allocated for peas planting; and this leads to non-reach to maximum production capacity and yield of a crop per unit area. Therefore, indicating advantages, strengths and weaknesses of the province can be a good guide for governmental and private investments in the region.

Material & Methods

According to the geographical position, Golestan province is between 35 degrees and 47 minutes to 28 degrees and 8 minutes north latitude and 53 degrees and 10 minutes east of the Greenwich meridian. Golestan Province is located between Alborz Mountains, Turkmenistan's deserts, the mountains of North Khorasan and the Caspian Sea. In this study, climatic data (precipitation, maximum temperature, minimum temperature and optimum temperature) were obtained from 12-year (2013-2014), 4 synoptic stations and 21 climate stations in Golestan province. Isotherm and isopluvial maps in Arc map and by using interpolation method based on inverse distance (IDW) was prepared. After standardizing the factors (fuzzy) and weighing the layers, by using the weighted linear combination (WLC) method in the TerrSet software environment, optimum areas of peas planting were obtained. Finally, by integrating the maps, the overall zoning of the pea production at the province was obtained in the Arc map.

Results & Discussion

The minimum temperature map shows that in the geographical distribution of probability of suitable temperatures for emergence and growth period for peas, in the areas of central and northeastern regions are highly suitable. There was no difference in the suitable and not suitable regions for minimum temperature during the planting season and growth period. The maximum temperature map shows that in the geographical distribution of probability of suitable temperatures for emergence and growth period, the regions in the East, South-East and West parts of the province are less suitable. The geographic distribution of the probability of suitable temperatures during the emergence of a significant part of the province has been allocated, and only the margins of the province, which are located mostly in the southeast, south and

*Corresponding Author: alirahemi@yahoo.com

southwest, are not suitable for emergence of the Peas. Based on the precipitation map of the geographical distribution, the probability of occurrence of suitable rain during the emergence period is limited to the northeast, southeast and a small part of the southern province. While the optimal distribution of precipitation for the growth period is limited to narrow areas that cover the province from the east to the south-east. The results of the analysis of the paired comparisons between the climatic factors affecting planting of peas showed that, the precipitation during emergence and growing season was the highest with the coefficient of 0.289 and 0.220 respectively, and the minimum temperature of planting and growth period was 0.036 and 0.046, the lowest coefficients in the ranking earned. Land suitability of the province showed that 26.02% of the total area of the province is highly suitable and 48.42% is suitable. Generally, the climate of northeastern lands and eastern margins has suitable conditions for the planting of peas.

Conclusion

According to the results of this research, a large area of the central lands, the north and east of Golestan province according to climatic factors are not limiting for planting peas. But some of the land in center, marginal the southeast, southwest and northwest of the province are not suitable for the planting of this crop.

Keywords: Analytic hierarchy process, Ecological capability, Geographic information system, Weighted liner combination

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های باقلا (*Vicia faba* L.) با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

حسین آسترکی^۱، پیمان شریفی^{۲*}، فاطمه شیخ^۳ و علی ایزدی دربندی^۴

۱- محقق سازمان تحقیقات آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد؛
research12014@gmail.com

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان؛
sheikhfatemeh@yahoo.com

۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛ aizady@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۴

چکیده

آزمایش حاضر به منظور بررسی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد ۲۶ ژنوتیپ باقلا در استان لرستان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ انجام شد. نتایج برآورد ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی، تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، طول غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی مثبت داشت. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون، صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد گره در شاخه، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و طول غلاف می‌توانند به عنوان متغیرهای پیشگویی کننده برای عملکرد دانه وارد مدل شوند. تجزیه علیت نشان داد که ارتفاع بوته (۰/۵۱)، تعداد غلاف در بوته (۰/۵۱)، تعداد گره در شاخه (۰/۱۱)، تعداد دانه در غلاف (۰/۲۰)، وزن ۱۰۰ دانه (۰/۳۴) و طول غلاف (۰/۴۱) اثرات مستقیم مثبت بر عملکرد دانه دارد. در مجموع بایستی به صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در شاخه و طول غلاف برای افزایش عملکرد دانه توجه شود و این صفات می‌توانند به عنوان شاخص‌های انتخاب در برنامه‌های اصلاح باقلا استفاده شوند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شش مؤلفه را معرفی کرد که حدود ۸۰ درصد از تغییرات را توجیه می‌نمود. توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای نمودار دایره‌ای (بای پلات)، وجود تنوع ژنتیکی بالای بین ژنوتیپ‌ها را از نظر صفات مورد مطالعه نشان داد. در مجموع، می‌توان اظهار داشت که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا شامل ۹ و ۲۲ می‌توانند برای بهبود عملکرد دانه باقلا استفاده شوند و سبب افزایش تولید این محصول شوند.

واژه‌های کلیدی: باقلا، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، تجزیه علیت، همبستگی، عملکرد

مقدمه

عملکرد، صفت کمی پیچیده‌ای است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌گردد و شدیداً تحت تأثیر محیط قرار دارد و حاصل خصوصیات بسیاری است که به تنهایی یا با هم بر آن اثر می‌گذارند. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد سودمند نیست و چنانچه انتخاب بر اساس صفاتی انجام شود که به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر عملکرد سهم دارند، بسیار مفیدتر خواهد بود (Amini et al., 2002). در اصلاح نباتات مطالعه همبستگی به منظور یافتن روابط بین صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ضریب همبستگی شدت یا ضعف و جهت تبعیت تغییرات دو متغیر را نسبت به یکدیگر معلوم می‌سازد (Chaieb et al., 2011). روابط بین عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک توسط بسیاری از محققان در باقلا مورد بررسی قرار گرفته است و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته،

باقلا یکی از مهم‌ترین بقولات دانه‌ای با ۲/۹ میلیون هکتار سطح زیرکشت در خاورمیانه، چین و حتی نقاطی از اروپا و استرالیا است که با حدود ۱۸ تا ۳۶ درصد پروتئین نقش مهمی را در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز بشر دارد و همچنین با دارابودن باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه یکی از گیاهان مهم تثبیت‌کننده نیتروژن هوا در خاک است (Turpin et al., 2002). سطح زیرکشت باقلا در ایران در حدود ۲۰۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ۴۰۰-۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بذر خشک و حدود ۸ تن در هکتار غلاف سبز است (FAO, 2015).

*نویسنده مسئول: sharifi@iaurasht.ac.ir

است که دو مؤلفه اول ۷۳/۹۸ درصد از تغییرات داده‌ها (Sharifi & Aminpanah, 2014) را توجیه کردند. همچنین در مطالعه دیگری، از تجزیه مؤلفه‌های اصلی برای طبقه‌بندی ۹ ژنوتیپ باقلا بر اساس ۲۷ صفت زراعی و مورفولوژیکی استفاده شد (Ouji et al., 2011).

هدف از تحقیق حاضر بررسی ارتباط صفات مختلف با عملکرد دانه و تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های مورفولوژیک مؤثر بر عملکرد دانه باقلا برای بهره‌گیری از آنها در انتخاب و معرفی صفاتی می‌باشد که بتوان از آنها جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها بهره برد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد، استان لرستان به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل ۱۳ ژنوتیپ دانه درشت و ۱۳ ژنوتیپ دانه‌ریز باقلا بودند (جدول ۱).

پس از انجام مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و صاف‌کردن، کودپاشی به‌صورت دستی (شامل کود سوپرفسفات آمونیوم ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) صورت گرفت. عملیات کاشت به صورت دستی و در تاریخ ۱۵ اسفند ۱۳۹۴ انجام شد. هر کرت شامل هشت ردیف به مساحت $4 \times 4 = 16$ مترمربع و فاصله بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف بود. عملیات آبیاری در چهار نوبت انجام شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز سه‌مرتب و به‌طور دستی انجام گرفت. گیاهان تا مراحل رسیدگی دانه نگهداری و صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد گره در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، طول غلاف، عملکرد دانه خشک، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای آنها اندازه‌گیری شد. مراحل فنولوژیک شامل تعداد روز تا جوانه‌زنی، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی دانه با ثبت تاریخ دقیق روز و ماه در کرت‌ها صورت گرفت. تاریخ گلدهی، روزی منظور شد که ۵۰ درصد بوته‌ها در چهار ردیف وسط هر کرت، حداقل یک گل باز شده باشد و رسیدگی‌ریال روزی لحاظ گردید که غالب بوته‌های موجود در هر کرت، آماده برداشت شده بودند.

تجزیه واریانس برای صفات فوق به روش معمول با استفاده از نرم‌افزار SAS9.2 انجام گرفت. همبستگی فنوتیپی با استفاده از ضریب پیرسون و همچنین ضرایب رگرسیون برای تعیین سهم اثر تجمعی صفات در تعیین عملکرد دانه با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 محاسبه شدند.

تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک، تعداد ساقه در بوته، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی، ارتفاع بوته، طول غلاف و طول و عرض دانه گزارش شده است (Alghamd, 2007; Sharifi, Azarpour et al., 2012; 2014; Ulukan et al., 2003; Tadesse et al., 2011; Hashemi & Mohammady, 2016; Sharifi et al., 2014; Badolay et al., 2009).

تجزیه رگرسیون روشی برای برآورد ارزش یک متغیر کمی با توجه به رابطه آن با یک یا چند متغیر کمی دیگر است و با استفاده از این رابطه می‌توان تغییرات یک متغیر را بر اساس تغییرات سایر متغیرها پیش‌بینی کرد (Kanouni & Malhotra, 2003). به‌منظور تعیین نقش اجزای عملکرد در بالابردن عملکرد و افزایش کارایی انتخاب از طریق تعداد کمی از خصوصیات که شاخص‌های مؤثر در دستیابی به اهداف اصلاحی محسوب می‌شوند، از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده می‌شود (Maalouf et al., 2011). به‌طور کلی همبستگی بین یک متغیر وابسته و مستقل به سه جزء شامل ضرایب علیت (اثرات مستقیم متغیر مستقل بر متغیر وابسته)، اثرات غیرمستقیم (که از طریق متغیرهای همبسته دیگر بر متغیر وابسته اثر می‌گذارد) و اثرات ناشی از عوامل ناشناخته (اثرات باقیمانده) تقسیم می‌شود (Wright, 1921). بنابراین می‌توان با استفاده از تجزیه علیت به اطلاعات تکمیلی دست یافت که عموماً در همبستگی‌های ساده مشاهده نمی‌شوند. تعداد زیادی از محققان روابط علت و معلولی بین عملکرد دانه و سایر صفات را در باقلا مورد بررسی قرار داده‌اند و به اثرات مستقیم تعداد دانه و غلاف در بوته، تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی، وزن ۱۰۰ دانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، طول غلاف و عملکرد بیولوژیک بر عملکرد دانه اشاره کرده‌اند (Ulukan et al., 2003; Tadesse et al., 2011; Azarpour et al., 2012; Sharifi, 2014; Hashemi & Mohammady, 2016; Kumar et al., 2017).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک روش آماری برای کاهش ابعاد اطلاعات و داده‌ها است، به‌نحوی که اطلاعاتی که واریانس بیشتری توجیه می‌نمایند، در مؤلفه‌های اولیه قرار می‌گیرند. در این روش عدم همبستگی بین شاخص‌ها یک ویژگی مفید است، زیرا در این حالت این شاخص‌ها جنبه‌های متفاوتی از داده‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند (Ringner, 2008). در این روش نمودارهای بای‌پلات و سه‌بعدی جهت نمایش و ترسیم همزمان نقاط و محورها استفاده می‌شود که در آنها هر یک از ابعاد نمودار مربوط به یکی از مؤلفه‌های اصلی است (Knudsen, 2005). روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تعدادی از مطالعات مربوط به باقلا مورد استفاده قرار گرفته است و نشان داده شده

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های باقلا مورد مطالعه
Table 1. Characteristics of faba bean genotypes

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	اندازه دانه	منشأ
Genotype code	Genotype name	Seed size	Origin
1	G-faba-1	دانه بزرگ	ایتالیا
2	G-faba-95	دانه بزرگ	ایکارد
3	G-faba-98	دانه بزرگ	مصر
4	G-faba-62	دانه بزرگ	ایکارد
5	G-faba-67	دانه بزرگ	ایکارد
6	G-faba-13	دانه بزرگ	ایکارد
7	G-faba-16	دانه بزرگ	ایکارد
8	G-faba-159	دانه بزرگ	ایکارد
9	G-faba-133	دانه بزرگ	ایکارد
10	G-faba-146	دانه بزرگ	ایکارد
11	Balogi	دانه بزرگ	ایران-سیستان
12	Saraziri	دانه بزرگ	ایران-خوزستان
13	Barekat	دانه بزرگ	ایران-گلستان
14	G-faba-29	دانه ریز	ایکارد
15	G-faba-31	دانه ریز	ایکارد
16	G-faba-35	دانه ریز	ایکارد
17	G-faba-51	دانه ریز	ایکارد
18	G-faba54	دانه ریز	ایکارد
19	G-faba-63	دانه ریز	ایکارد
20	G-faba-64	دانه ریز	ایکارد
21	G-faba66	دانه ریز	ایکارد
22	G-faba-69	دانه ریز	ایکارد
23	G-faba-79	دانه ریز	ایکارد
24	G-faba-94	دانه ریز	ایکارد
25	G-faba-161	دانه ریز	ایکارد
26	Broujerd	دانه ریز	ایران بروجرد

یافته‌های سایر محققان می‌باشد (Sarparast *et al.*, 2011; Sharifi, 2014; Sharifi *et al.*, 2014). ضرایب تغییرات برای صفات مورد مطالعه از ۰/۷۶ (تعداد روز تا رسیدگی) تا ۲۰/۹۸ (شاخص برداشت) متغیر بود. میزان این شاخص برای عملکرد دانه ۱۴/۵۵ بود.

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداد روز تا جوانه‌زنی دارای دامنه‌ای از ۲۳ (ژنوتیپ ۲۶) تا ۲۷/۶۷ (ژنوتیپ ۳) بودند. کمترین تعداد روز تا گلدهی (۱۲۱) مربوط به ژنوتیپ شماره ۷ و بیشترین میزان آن (۱۲۶/۶۷) مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۲ بود. کمترین (۲۱۹) و بیشترین (۲۳۷/۶۷) تعداد روز تا رسیدگی به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۱ بود. بیشترین میزان ارتفاع بوته مربوط به ژنوتیپ ۲۶ (۹۸/۶۰ سانتی‌متر) و کمترین میزان آن مربوط به ژنوتیپ ۱۵ (۵۰/۴۷ سانتی‌متر) بود. تعداد غلاف در بوته دارای دامنه‌ای از ۱۳/۷ (ژنوتیپ ۱) تا ۴۶/۲ (ژنوتیپ ۱۵) بود. کمترین (۳/۱) و بیشترین (۸/۷) تعداد ساقه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۳ و ۱۱ بود.

برای بررسی هم‌خطی چندگانه یا چندهم‌خطی (Multi-collinearity) در تجزیه رگرسیون از دو ضریب تحمل (Tolerance) و عامل تورم واریانس (Variance Inflation Factor: VIF) استفاده شد که توسط Hair *et al.*, (1995) معرفی شده است. مقادیر خیلی پایین تحمل (کوچک‌تر از ۰/۱) و یا بزرگ VIF (بزرگ‌تر از ۱۰) نشان‌دهنده هم‌خطی بالا است و نباید به عنوان صفات پیش‌بین در تجزیه رگرسیون و علیت استفاده شوند (Mohammadi *et al.*, 2003). بررسی روابط بین صفات به روش تجزیه علیت و با استفاده از نرم‌افزار Path analysis صورت گرفت. همچنین برای تجزیه مؤلفه‌های اصلی از نرم‌افزار Minitab استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، اختلاف بسیار معنی‌داری از نظر تمام صفات مورد مطالعه وجود داشت (جدول ۲). این نتیجه در تطابق با

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات باقلا
Table 2. Analysis of variance (MS) for some traits of faba bean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه خشک Dry seed yield	طول غلاف Pod length	وزن ۱۰۰ دانه Seed weight	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	تعداد گره در شاخه Number of node per stem	تعداد شاخه در بوته Number of stem per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا جوانه زنی Days to germination
بلوک Block	2	0.005 ^{ns}	13798.3 ^{ns}	4104.20	47.53 ^{**}	29.45 ^{ns}	0.79 ^{ns}	53.97 ^{ns}	0.55 ^{ns}	0.10 ^{ns}	39.05 ^{ns}	114.12 [*]	2.16 ^{ns}	0.34 ^{ns}	1.16 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	25	0.17 ^{**}	66925.2 ^{**}	22515.1 ^{**}	32.4 ^{**}	2522.2 ^{**}	0.23 ^{**}	1609.6 ^{**}	15.92 ^{**}	4.43 ^{**}	206.72 ^{**}	37454 ^{**}	46.75 ^{**}	4.32 ^{**}	4.22 ^{**}
خطا (Error)	50	0.018	3322.06	2141.72	0.76	141.06	0.11	129.92	0.92	0.77	13.26	34.26	2.99	1.45	0.88
ضریب تغییرات CV%	-	20.98	10.89	14.55	10.39	10.55	12.53	13.55	5.71	17.18	11.33	8.55	0.76	0.98	3.82

ns: Non-significant, * and **: Significant at $\alpha = 0.05$ & $\alpha = 0.01$, respectively

عملکرد دانه افزایش می‌یابد و یکی از راه‌های افزایش عملکرد دانه، افزایش عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به‌طور همزمان است. در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، محققان دیگری نیز همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته (*Tadesse et al.*, 2011; *Badolay et al.*, 2009) غلاف در بوته (*Sharifi et al.*, 2014)، طول غلاف (*Sharifi et al.*, 2014) عملکرد بیولوژیک (*Alghamd*, 2007; *et al.*, 2014) و شاخص برداشت (*Ulukan et al.*, 2003) و (*Hashemi & Mohammady*, 2016) را گزارش نمودند.

با توجه به همبستگی بالای بین عملکرد دانه و صفات فوق، گزینش بر مبنای این صفات می‌تواند سبب افزایش و بهبود عملکرد دانه شود، اما در تدوین یک برنامه اصلاحی توجه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه نیز ضروری است (*Sabori et al.*, 2011). عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه همبستگی منفی داشتند که این نتیجه در تطابق با یافته (*Rasheed et al.*, 2008) می‌باشد. در مورد این روابط می‌توان گفت با توجه به سرمادوست بودن باقلا، برخورد دوره‌های حساس پرشدن دانه با تنش خشکی و درجه حرارت‌های بالای انتهای فصل، منجر به سقط جنین، کاهش اندام‌های فتوسنتزکننده گیاه و در نهایت کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن دانه شده است (*Tadayyon et al.*, 2011). همبستگی مثبت تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌هایی که زودتر به مرحله گلدهی رسیده‌اند، دارای دوره رشدی کوتاه‌تری بوده و در نتیجه گزینش برای زودرسی را می‌توان بر اساس تعداد روز تا گلدهی انجام داد.

ژنوتیپ ۶ (۲۰/۳) و ژنوتیپ ۱۲ (۱۳/۰) دارای بیشترین تعداد گره در ریشه بودند. تعداد دانه در بوته و غلاف نیز به ترتیب دارای دامنه‌ای از ۴۳/۹ (ژنوتیپ ۱) تا ۱۳۷/۶ (ژنوتیپ ۲۲) و ۱/۵ (ژنوتیپ ۱۱) تا ۴/۱ (ژنوتیپ ۱۳) بودند. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۱۷۰/۹۵ گرم) مربوط به ژنوتیپ ۱ و کمترین میزان آن (۵۳/۶۹ گرم) مربوط به ژنوتیپ ۲۶ بود. بیشترین میزان طول غلاف (۲۲/۴۵ سانتی‌متر) مربوط به ژنوتیپ ۱۱ و کمترین میزان آن (۳/۰۷ سانتی‌متر) مربوط به ژنوتیپ ۱۳ بود.

عملکرد دانه دارای دامنه‌ای از ۸۱/۶۷ گرم در مترمربع (ژنوتیپ ۱۵) تا ۴۴۸/۱۳ گرم در مترمربع (ژنوتیپ ۲۰) متغیر بود. کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۴۷۳/۶۶ گرم در مترمربع) مربوط به ژنوتیپ ۱۴ و بیشترین میزان آن (۱۰۹۲ گرم در مترمربع) مربوط به ژنوتیپ ۱۸ بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین (۰/۵۶) و کمترین (۰/۲۷) میزان شاخص برداشت به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۱۴ بود (جدول ۳).

برآورد ضرایب همبستگی

ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا جوانه زنی، تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، طول غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی مثبت داشت (جدول ۴). همبستگی مثبت عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بیان‌کننده این مطلب است که با افزایش شاخص برداشت و وزن خشک اندام هوایی،

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی باقلا
Table 3. Mean comparison for traits of faba bean

ژنوتیپ Genotype	تعداد روز تا جوانه‌زنی Days to germination	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد شاخه در بوته Number of stem per plant	تعداد گره در شاخه Number of node per stem	تعداد دانه در بوته Number of seed per pla	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	عملکرد دانه خشک (گرم در متر مربع) Dry seed yield (g m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g m ⁻²)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
1	25	122	238	64.93	13.7	4.0	16.7	43.9	3.3	170.9	6.0	183.3	480.7	0.38
2	26	123	228	59.47	29.9	4.3	19.0	69.3	2.3	116.6	7.3	379.0	966.0	0.39
3	28	123	228	55.80	23.2	3.1	14.3	66.0	2.9	116.4	9.4	282.1	583.3	0.48
4	24	123	228	52.33	36.5	5.8	17.0	95.9	2.6	125.1	8.5	228.1	644.0	0.35
5	25	122	226	55.67	28.2	3.8	16.7	58.6	2.1	166.0	10.1	355.6	648.7	0.55
6	26	123	221	69.13	25.9	4.6	20.3	51.2	2.0	161.5	7.3	320.4	700.0	0.46
7	26	121	222	65.73	31.5	6.5	14.3	78.5	2.5	141.4	6.3	245.0	508.7	0.48
8	25	124	224	72.47	33.9	4.9	19.7	80.9	2.5	132.2	8.5	334.6	756.0	0.44
9	27	124	224	71.80	38.3	4.7	15.3	96.0	2.5	101.0	10.9	445.2	998.7	0.45
10	25	122	224	69.80	34.5	6.9	13.0	93.3	2.7	111.3	9.5	221.5	513.3	0.43
11	24	125	219	83.73	37.7	8.7	18.3	58.0	1.5	105.6	22.4	386.0	1003.3	0.38
12	25	127	230	78.07	17.3	4.3	13.0	58.5	3.4	125.2	5.9	311.7	1003.3	0.31
13	26	122	227	70.40	14.5	4.0	13.7	58.7	4.1	148.3	3.1	367.9	840.7	0.44
14	24	125	224	56.00	38.0	4.2	18.3	87.4	2.3	69.3	7.3	276.5	473.7	0.56
15	24	123	224	50.47	46.2	5.7	14.7	121.9	2.6	71.0	7.2	81.7	499.3	0.30
16	24	123	227	60.73	38.0	4.9	15.7	95.6	2.5	82.8	7.5	197.9	728.0	0.27
17	23	123	225	61.40	32.7	4.3	18.7	92.9	2.9	91.4	8.0	358.1	889.0	0.40
18	24	123	226	68.00	29.8	4.5	17.0	80.8	2.7	105.9	7.8	353.3	1092.0	0.32
19	24	121	219	66.80	30.3	5.3	14.3	103.6	3.4	96.9	8.4	292.9	807.3	0.36
20	24	123	221	74.07	40.1	5.1	18.3	106.0	2.7	102.1	8.7	448.1	886.7	0.51
21	24	123	220	74.27	41.1	5.3	20.3	124.9	3.0	94.1	10.4	336.5	1010.3	0.33
22	24	122	222	69.73	44.9	7.1	18.3	137.6	3.1	103.5	7.2	366.0	980.0	0.37
23	24	122	224	65.00	27.4	5.7	16.0	80.2	2.9	119.2	8.2	296.7	574.0	0.52
24	23	123	229	74.13	34.3	4.6	15.7	80.9	2.3	105.3	8.9	427.1	830.7	0.51
25	24	123	228	90.07	32.6	4.8	18.3	77.6	2.4	108.4	8.0	391.8	784.0	0.50
26	23	121	222	98.60	34.7	6.0	20.3	88.1	2.5	53.7	6.4	380.0	793.3	0.48
LSD (5%)	1.54	1.97	2.83	9.59	5.98	1.44	1.57	18.71	0.54	19.47	1.43	75.89	94.52	0.16

تجزیه رگرسیون و علیت

در تجزیه رگرسیون برای بررسی روابط علی و معلولی بین صفات اندازه‌گیری شده و عملکرد دانه، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع (SY) و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. صفات ارتفاع بوته (PH)، تعداد غلاف در بوته (NP)، تعداد شاخه در بوته (NSt)، تعداد گره در بوته (NN)، تعداد دانه در غلاف (NSePo)، وزن ۱۰۰ دانه (HSW) و طول غلاف (PL) به‌عنوان متغیرهای پیشگویی کننده برای عملکرد دانه با استفاده از مدل رگرسیون گام‌به‌گام وارد مدل شدند. در این مدل رگرسیونی، یک متغیر به‌عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرها به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شوند و در هر مرحله یک متغیر وارد مدل می‌شود. در تعیین متغیرهای پیشگویی کننده به هم‌خطی چندگانه توجه می‌گردد و متغیرهای دارای هم‌خطی بالا، به‌عنوان صفات پیش‌بین در تجزیه رگرسیون در نظر گرفته نمی‌شوند. ضریب تبیین (R^2) برای این رابطه رگرسیونی ۰/۵۷ برآورد گردید که نشان می‌داد بیش از نیمی از تغییرات متغیر تابع توسط رابطه

خطی موجود و با استفاده از متغیرهای پیشگویی کننده فوق توجیه می‌شود. این مدل در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار و معادله رگرسیونی آن به صورت زیر به‌دست آمد:

$$SY = -379.58 + 5.76PH + 5.38NP - 46.69NSt + 4.10NN + 34.65NSePo + 1.01HSW + 10.94PL$$

توضیح این‌که صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت با توجه به چند هم‌خطی بالای آن‌ها در تجزیه علیت و رگرسیون حذف شدند (Mohammadi et al., 2003). به‌نظر می‌رسد که می‌توان از صفات فوق در جهت بهبود عملکرد دانه باقلا و انجام گزینش برای نیل به نتایج با عملکرد بالا استفاده کرد. با این وجود، صرفاً بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون و همبستگی نمی‌توان به معرفی شاخصی مناسب برای بهبود عملکرد از طریق انتخاب پرداخت و با بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات از طریق تجزیه علیت و تفسیر نتایج حاصل از آن، اطلاعات دقیق‌تر و قابل قبول‌تری در این زمینه ارائه خواهد شد (Sabori et al., 2011). در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، با استفاده از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داده شد که تعداد دانه در بوته تنها صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد

وزن ۱۰۰ دانه و ارتفاع بوته، مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه باقلا بودند.

و بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد (Hashemi & Mohammady, 2016). همچنین (Tadesse *et al*, 2011) نشان دادند که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف،

جدول ۴- همبستگی برخی از صفات زراعی در ژنوتیپ‌های باقلا

Table 4. Correlations between some of agronomic traits in faba bean genotypes

صفات Characters	شاخص برداشت Harvest index (HI)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (BY)	عملکرد دانه خشک Dry seed yield (DSY)	طول غلاف Pod length (PL)	وزن هزار دانه 100 Seed weight (HSW)	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod (NSePo)	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant (NSePl)	تعداد گره در شاخه Number of node per stem (NNSt)	تعداد شاخه در بوته Number of stem per plant (NStP)	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant (NPP)	ارتفاع بوته Plant height (PH)	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity (NDM)	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering (NDF)	تعداد روز تا جوانه‌زنی Days to germination (NDG)
NDG	-0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.014 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.45 [*]	0.08 ^{ns}	-0.37 ^{ns}	-0.35 ^{ns}	-0.35 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	-0.26 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.07 ^{ns}	1
NDF	-0.15 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.32 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.004 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.07 ^{ns}	1	
NDM	0.09 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	-0.26 ^{ns}	-0.39 [*]	0.40 [*]	0.26 ^{ns}	-0.49 [*]	-0.29 ^{ns}	-0.56 ^{**}	-0.59 ^{**}	-0.24 ^{ns}	1		
PH	0.21 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.56 ^{**}	0.19 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.33 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	1			
NPP	-0.13 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.35 ^{ns}	-0.68 ^{**}	-0.46 [*]	0.81 ^{**}	0.33 ^{ns}	0.53 ^{**}	1				
NStP	-0.22 ^{ns}	0.16 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.54 ^{**}	-0.26 ^{ns}	-0.30 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.08 ^{ns}	1					
NNSt	0.08 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.19 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.45 [*]	0.11 ^{ns}	1						
NSePl	-0.27 ^{ns}	0.26 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.65 ^{**}	0.12 ^{ns}	1							
NSePo	-0.25 ^{ns}	0.14 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	-0.61 ^{**}	.12 ^{ns}	1								
HSW	0.18 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	1									
PL	0.056 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.24 ^{ns}	1										
DSY	0.52 ^{**}	0.33 ^{ns}	1											
BY	-0.59 ^{**}	1												
HI	1													

ns: Non-significant, * and **: Significant at $\alpha = 0.05$ & $\alpha = 0.01$, respectively

غیرمستقیم آن از طریق صفات ارتفاع بوته (۰/۲۴)، تعداد غلاف در بوته (۰/۲۷)، تعداد گره در شاخه (۰/۰۹) و طول غلاف (۰/۲۲) بر عملکرد دانه مثبت بود. تعداد گره در شاخه علاوه بر اثر مستقیم مثبت (۰/۱۱) بر عملکرد دانه، به دلیل اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و طول غلاف، دارای همبستگی بالاتری (۰/۳۸) در مقایسه با ضریب علیت (۰/۱۱) با عملکرد دانه بود. با وجود آن که اثرات مستقیم تعداد دانه در غلاف (۰/۲۰) و وزن ۱۰۰ دانه (۰/۳۴) بر عملکرد دانه مثبت بود، به دلیل اثرات غیرمستقیم منفی این صفات از طریق سایر صفات بر عملکرد دانه، همبستگی بین دو صفت فوق و عملکرد دانه منفی بود. طول غلاف دارای اثر مستقیم (۰/۴۱) و اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه از طریق صفات ارتفاع بوته (۰/۱۳)، تعداد غلاف در بوته (۰/۱۸) و تعداد گره در شاخه (۰/۰۲) بود (جدول ۵). اگر همبستگی بین عملکرد دانه و یک صفت به علت اثر مستقیم آن صفت باشد، این مطلب منعکس کننده یک رابطه واقعی بین آن‌ها است و لذا می‌توان صفت مذکور را به منظور اصلاح عملکرد انتخاب نمود،

با استفاده از تجزیه علیت مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد دانه به علت اثر مستقیم آن‌ها بر روی عملکرد دانه و یا در نتیجه اثر غیرمستقیم آن‌ها از طریق سایر صفات است. صفت ارتفاع بوته علاوه بر اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه (۰/۷۴)، از طریق صفات تعداد گره و طول غلاف هم دارای اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه بود. با وجود آن که اثر مستقیم ارتفاع بوته بر عملکرد دانه بالا بود، به دلیل اثرات غیرمستقیم منفی ارتفاع بوته بر عملکرد دانه از طریق صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه، میزان همبستگی بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته (۰/۵۶) در مقایسه با اثر مستقیم کاهش یافت. در مورد صفت تعداد غلاف در بوته نیز با وجود آن که اثر مستقیم بالایی با عملکرد دانه داشت (۰/۵۱)، به دلیل اثرات غیرمستقیم منفی آن از طریق ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه، همبستگی بسیار پایینی بین عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته (۰/۰۲) مشاهده شد. تعداد شاخه در بوته اثر مستقیم منفی بالایی با عملکرد دانه داشت (۰/۶۵-)، اما اثرات

در تطابق با نتیجه این تحقیق، (Ulukan et al, 2003) اثرات مستقیم مثبت ارتفاع بوته، طول غلاف و تعداد غلاف در بوته را بر عملکرد باقلا گزارش کردند. همچنین (Sharifi 2014) اثرات مستقیم مثبت تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه در بوته، طول غلاف و وزن ۱۰۰ دانه را بر عملکرد دانه باقلا گزارش نمود.

اما اگر این همبستگی اصولاً به علت اثر غیرمستقیم صفت از طریق صفات دیگر باشد، در این صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفاتی انجام داد که سبب اثر غیرمستقیم شده است (Yadav et al., 1995). بنابراین با توجه به نتایج فوق، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در ساقه و طول غلاف از صفات تأثیرگذار و با اثرات مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بودند.

جدول ۵- اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته

Table 5. Direct (under lined) & indirect path coefficient on grain yield

صفات	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد شاخه در بوته	تعداد گره در شاخه	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه	طول غلاف	اثر کل یا همبستگی با متغیر وابسته
Characters	Plant height (PH)	Number of pod per plant (NPP)	Number of stem per plant (NStP)	Number of node per stem (NNSt)	Number of seed per pod (NSePo)	100 Seed weight (HSW)	Pod length (PL)	Total effect or correlation with dependent variable
PH	0.74	-0.009	0.24	0.22	-0.04	0.14	0.13	0.56
NPP	-0.005	0.51	0.27	0.17	-0.24	-0.34	0.18	0.02
NStP	-0.21	-0.34	-0.65	-0.05	0.20	0.17	-0.35	-0.06
NNSt	0.03	0.04	0.009	0.11	-0.05	-0.02	0.02	0.38
NSePo	-0.01	-0.09	-0.06	-0.09	0.20	0.02	-0.12	-0.14
HSW	-0.06	-0.23	-0.09	-0.05	0.04	0.34	-0.04	-0.18
PL	0.08	0.15	0.22	0.08	-0.25	-0.05	0.41	0.24

ضریب تبیین ($R^2=0.57$)

اثرات باقیمانده ($\sqrt{1-R^2}=0.66$)

دانه در غلاف و طول غلاف بزرگ‌ترین ضرایب را داشتند. در مؤلفه پنجم بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به تعداد شاخه در بوته و تعداد گره در شاخه بود. در مؤلفه ششم که فقط ۶/۲۱ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کند، بزرگ‌ترین ضریب مربوط به تعداد روز تا جوانه‌زنی بود. هر قدر درصد توجیه‌کنندگی واریانس یک مؤلفه مستقل بیشتر باشد، به اعتبار آن مؤلفه در تفسیر تغییرات کل داده‌ها افزوده می‌شود. از آنجا که درصد توجیه‌کنندگی مؤلفه‌ها در این مطالعه پایین است، می‌توان اظهار داشت که صفات واقع در هر مؤلفه همراستایی زیادی ندارند و لازم است هر یک از متغیرها به‌دقت مورد بررسی قرار گیرند. این امر نشان می‌دهد که روش‌های دیگر بررسی همبستگی‌ها مانند تجزیه علیت شایستگی صفات را بهتر نشان می‌دهد (Pirzadeh Moghaddam et al., 2014).

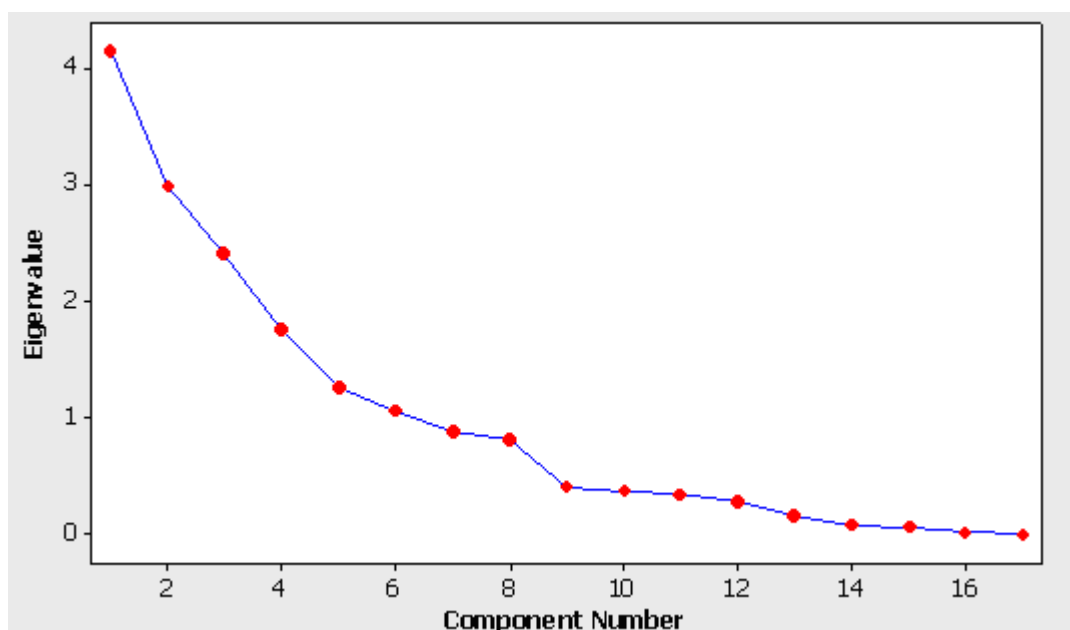
در شکل ۱، سهم مؤلفه‌ها و درصد توجیه واریانس توسط هر مؤلفه ارائه شده است. این نمودار تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با مؤلفه‌ها نشان می‌دهد که بر این اساس شش مؤلفه اول (با مقادیر ویژه بالاتر از ۱) برای توجیه اطلاعات داده‌های این تحقیق کافی است، زیرا از عامل ششم به بعد تغییرات مقدار ویژه کاهش می‌یابد و نمودار تقریباً به‌صورت خطی در می‌آید. هرچه میزان شیب خط نمودار اسکری‌گراف تندتر باشد، نشان از همبستگی بالاتر بین متغیرهای اولیه و سهم کمتر سایر مؤلفه‌ها (به جز چند مؤلفه اول) در توجیه واریانس دارد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مؤلفه‌های اول تا ششم در مجموع ۷۹/۹۶ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۶). هریک از این مؤلفه‌ها، ترکیب خطی از متغیرهای اولیه بوده و دربرگیرنده واریانس آن‌ها نیز می‌باشند. از این رو تنوع موجود در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر صفات مورد بررسی به‌راحتی با تعداد کمی از مؤلفه‌های جدید که با همدیگر همبستگی ندارند، قابل توجیه بوده و این تنوع بین ژنوتیپ‌ها در فضای دوبعدی یا سه‌بعدی قابل نمایش می‌باشد. در این تجزیه درصد توجیه‌کنندگی مؤلفه‌های اول تا ششم به ترتیب برابر با ۲۴/۳۴، ۱۷/۵۷، ۱۴/۱۸، ۱۰/۳۲، ۷/۳۴ و ۶/۲۱ به دست آمد. بزرگی این اعداد در تفکیک بهتر ژنوتیپ‌ها و اعتبار روابط مشاهده‌شده تأثیر می‌گذارد. در صورتی که در بین ژنوتیپ‌ها همبستگی یا مشابهت‌هایی وجود داشته باشد، این مؤلفه‌ها قادر خواهند بود، تا گروه‌بندی مناسبی را به وجود آورده و ژنوتیپ‌های مشابه را در گروه‌های مجزا تفکیک نمایند (Ghafari, 2004). در مؤلفه اول که ۲۴/۳۴ درصد از واریانس کل را توجیه کرده است، بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به صفات تعداد روز تا رسیدگی، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد غلاف در بوته بود. در مؤلفه دوم بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به عملکرد دانه خشک بود. در مؤلفه سوم بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به صفات تعداد روز تا گلدهی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بود. در مؤلفه چهارم صفات ارتفاع بوته، تعداد

جدول ۶- مقادیر ویژه، درصد واریانس مؤلفه‌ها و ضرایب بردارهای ویژه مربوط به صفات مورد مطالعه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی
Table 6. Eigenvalues, percentage of variance and coefficients of eigenvalues of traits in principal component analysis

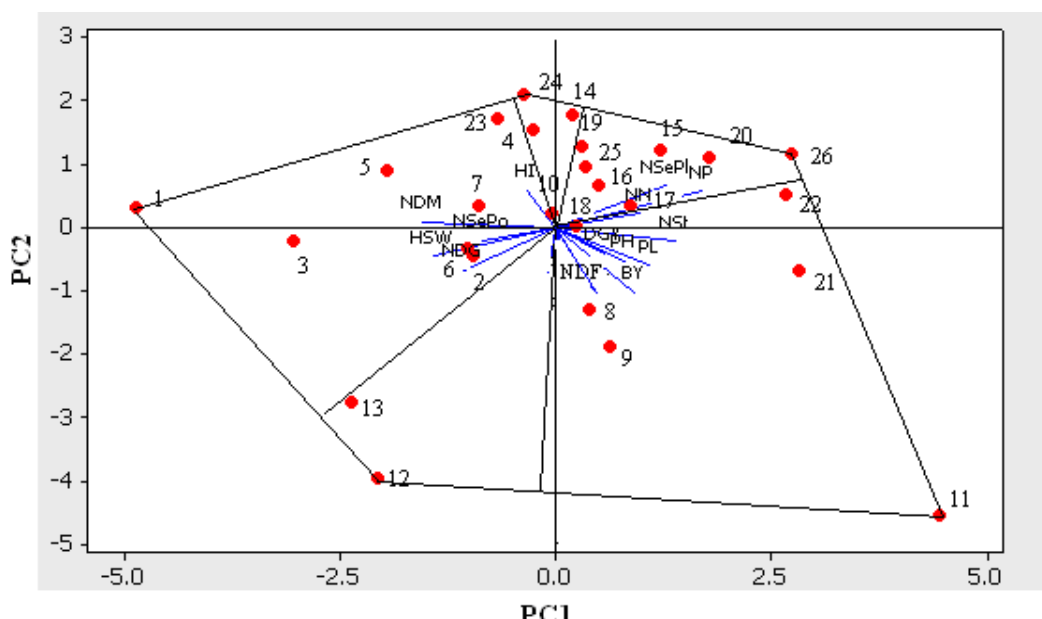
پارامترها Parameters	مؤلفه‌ها Components					
	1	2	3	4	5	6
Eigenvalue مقادیر ویژه	4.14	2.99	2.41	1.75	1.25	1.06
% of Variance درصد واریانس	24.34	17.57	14.18	10.32	7.34	6.21
Cumulative % درصد واریانس تجمعی	24.34	41.91	56.09	66.41	73.74	79.96
Days to germination تعداد روز تا جوانه‌زنی	-0.253	0.060	-0.276	-0.226	0.105	<u>0.635</u>
Days to flowering تعداد روز تا گلدهی	0.049	0.167	<u>-0.475</u>	-0.206	-0.386	-0.274
Days to maturity تعداد روز تا رسیدگی	<u>-0.377</u>	-0.004	0.007	-0.011	-0.265	-0.368
Plant height ارتفاع بوته	0.174	0.330	-0.096	<u>0.394</u>	0.350	-0.312
Number of pod per plant تعداد غلاف در بوته	<u>0.427</u>	-0.152	0.164	-0.120	-0.200	0.187
Number of stem per plant تعداد شاخه در بوته	0.341	-0.035	0.044	-0.217	<u>0.551</u>	-0.214
Number of node per stem تعداد گره در شاخه	0.240	0.251	0.051	0.150	<u>-0.380</u>	-0.045
Number of seed per plant تعداد دانه در بوته	0.324	-0.383	0.110	0.176	-0.094	0.241
Number of seed per pod تعداد دانه در غلاف	-0.219	-0.323	-0.176	<u>0.462</u>	0.232	-0.021
100 Seed weight وزن ۱۰۰ دانه	<u>-0.341</u>	0.203	-0.038	-0.163	0.255	0.097
Pod length طول غلاف	0.265	0.282	-0.117	<u>-0.442</u>	0.165	-0.016
Dry seed yield عملکرد دانه خشک	0.124	<u>0.464</u>	-0.125	0.383	-0.022	0.327
Biological yield عملکرد بیولوژیک	0.210	-0.055	<u>-0.619</u>	0.184	-0.019	0.094
Harvest index شاخص برداشت	-0.079	0.426	<u>0.449</u>	0.144	-0.056	0.154



شکل ۱- اسکری گراف نشان‌دهنده ریشه‌های مشخصه برای مشخص کردن تعداد مؤلفه‌های تأثیرگذار بر صفات
Fig. 1. Graph showing eigenvalues in response to number of components for the estimated variables of faba bean

رسیدگی، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی ($r = \cos 180^\circ = -1$) داشت. همبستگی ساده بین صفات (جدول ۳) نیز مؤید نتایج فوق بود. البته با توجه به این که بای پلات کلیه تغییرات موجود در یک مجموعه از داده‌ها را توضیح نمی‌دهد، بلکه فقط از اطلاعات دو مؤلفه اول (۴۱/۹۱ درصد) استفاده می‌کند، کسینوس زاویه بین متغیرها به طور دقیق به ضرایب همبستگی قابل تبدیل نیستند. با این وجود، این زاویه‌ها می‌توانند اطلاعات کافی برای ارائه یک تصویر کلی از روابط بین تمام متغیرها را در یک تصویر فراهم کنند که چنین ادراکی از جداول همبستگی ساده میسر نیست (Yan & Kang, 2003). از طرف دیگر تطابق کامل نتایج حاصل از تجزیه بای پلات و ضرایب همبستگی ساده مورد انتظار نیست، زیرا بای پلات روابط بین تمام صفات را توصیف می‌کند، حال آن که ضرایب همبستگی ساده فقط روابط بین دو صفت را توجیه می‌کنند (Yan & Rajcan, 2002). در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، Sharifi & Aminpana (2014) با استفاده از تجزیه بای پلات نشان دادند که صفت عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و طول غلاف همبستگی مثبت داشت. از آنجا که طول بردارهای هر کدام از صفات میزان تأثیر منفی و یا مثبت صفات را بر روی صفت وابسته اندازه می‌گیرد (Yan & Tinker, 2005)، صفات ارتفاع بوته، طول غلاف و تعداد غلاف در بوته بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه داشتند (شکل ۲). این نتیجه نیز مؤید نتایج تجزیه علیت می‌باشد (جدول ۵).

از آنجا که هنگام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، معمولاً واریانس بسیاری از مؤلفه‌ها آن قدر کم است که قابل صرف نظر کردن می‌باشند، بنابراین در این حالت، تغییرات در مجموعه داده‌ها می‌تواند به وسیله تعداد کمی از متغیرهای دارای واریانس بالا توجیه شوند که در این صورت کارآیی تجزیه بالا می‌رود. هرچقدر میزان همبستگی بین متغیرهای اولیه بالاتر باشد، مقدار ویژه اول، سهم بیشتری از تغییرات را توجیه می‌کند و نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با موفقیت بیشتری به دست خواهد آمد (Collins & Seeney, 1999). علاوه بر این، مطالعه نمودار اسکری گراف نشان می‌دهد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تنوع ژنتیکی وجود دارد، زیرا هرچه تنوع ژنتیکی در ژرم پلاسما از نظر صفات مورد مطالعه بیشتر باشد، درصد تغییرات کمتری در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توجیه خواهد شد (Jensen, 1988). بر اساس معادلات هر یک از مؤلفه‌ها، می‌توان تفکیک ژنوتیپ‌ها را در نمودارهای دوبعدی (بای پلات) و سه بعدی نشان داد. از طرفی، از آنجا که برای مطالعه روابط بین بیش از سه متغیر، یک شکل به دست آمده از نمایش چند متغیر همانند بای پلات مفید می‌باشد، اقدام به ترسیم نمودار بای پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول گردید. نتایج حاصل از بررسی زوایای بردارهای بین صفات (با توجه به کسینوس زاویه بین دو بردار) در نمودار بای پلات نشان داد که عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، طول غلاف، عملکرد بیولوژیک، تعداد روز تا گلدهی، تعداد گره و تعداد غلاف همبستگی مثبت ($r = \cos 0^\circ = +1$) و با صفات تعداد روز تا



شکل ۲- نمودار دوبعدی (بای پلات) ۲۶ ژنوتیپ با قلا بر اساس صفات مورفولوژیکی و عملکرد (تجزیه مؤلفه‌های اصلی)

Fig. 2. Tow-dimensional graph (biplot) of 26 faba bean genotypes based on morphological traits and yield (principal component analysis)

جوامعی استفاده شوند که از نظر این صفات دارای پایداری و ثبات هستند (Yan & Rajcan, 2002).

در بخش پنجم که ژنوتیپ ۱۲ در رأس آن و ژنوتیپ ۱۳ درون آن قرار داشت، هیچ صفتی واقع نبود (شکل ۲). همچنین پراکندگی ژنوتیپ‌ها در نمای بای پلات حاصل از دو مؤلفه اصلی اول نشان از تنوع ژنتیکی این ژنوتیپ‌ها با توجه به صفات مورد مطالعه دارد.

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت، امکان استفاده از صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در بوته و طول غلاف (با توجه به ضرایب علیت مثبت بالای آن‌ها بر عملکرد دانه) برای انتخاب غیرمستقیم جهت نیل به عملکرد بالاتر وجود دارد. همچنین می‌توان از نتایج استنباط نمود که به‌منظور افزایش عملکرد دانه در باقلا به یک پتانسیل بالقوه نیاز است که شامل یک منبع ذخیره‌ای است که در زمان نیاز دانه‌ها باید گیاه آن را در مراحل پرشدن و تشکیل دانه‌ها مورد استفاده قرار دهد. بنابراین در برنامه‌های اصلاحی باید صفاتی را که در جهت افزایش تعداد دانه و غلاف در بوته (که افزایش مخزن بالقوه به‌شمار می‌رود) و صفات مؤثر در افزایش رشد رویشی و شاخ و برگ و اندام‌های فتوسنتزکننده گیاهی (که منبع ذخیره‌ای است) مورد گزینش قرار داد.

با توجه به نتایج تجزیه بای پلات ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۱، ۱۸، ۲۱ و ۲۲ دارای بیشترین میزان عملکرد دانه، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، طول غلاف و عملکرد بیولوژیک و ژنوتیپ‌های ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۵، ۲۶ دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و تعداد گره در شاخه بودند و می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب به کارگرفته شوند. بنابراین به‌منظور دستیابی به عملکرد بیشتر، بایستی صفاتی همچون ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در بوته و طول غلاف که دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه بودند و در برنامه‌های گزینشی برای عملکرد از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشند، در اولویت برنامه‌های اصلاحی قرار گیرند تا بتوان از این صفات در گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا استفاده کرد. این نتایج بیانگر آن است که می‌توان این ژنوتیپ‌ها را در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش عملکرد مورد استفاده قرار داد.

همچنین با استفاده از نمای چندضلعی بای پلات، ژنوتیپ‌های با ارزش برای یک یا چند صفت تعیین می‌شوند. برای ترسیم این نمای بای پلات، ژنوتیپ‌های واقع در دورترین فاصله از مبدأ بای پلات را توسط خطوط منقطع به هم متصل و یک تحذب (چندضلعی) را به‌وجود می‌آورند که سایر ژنوتیپ‌ها درون آن قرار می‌گیرند (Yan & Rajcan, 2002).

بر اساس نمای چندضلعی، نمودار بای پلات به پنج بخش تقسیم شد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های ۱، ۲۴، ۲۶، ۱۱ و ۱۲ در رأس چندضلعی قرار داشتند که در دورترین فاصله از مبدأ بای پلات قرار داشتند. این ژنوتیپ‌ها، بهترین (برای صفات واقع در آن بخش) و بدترین (برای صفات واقع در طرف مقابل) بودند و بیشترین فاصله را از مبدأ بای پلات داشتند (Yan & Rajcan, 2002).

در بخش اول که ژنوتیپ ۱ در رأس آن واقع شده بود، صفات تعداد روز تا سبزشدن، تعداد روز تا رسیدگی، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت قرار داشتند که بیانگر این است که بیشترین میزان این صفات در ژنوتیپ ۱ وجود داشت. در این بخش، ژنوتیپ‌های ۵، ۳، ۲، ۶، ۷ و ۲۳ قرار داشتند.

در بخش دوم که ژنوتیپ ۲۴ در رأس آن قرار داشت و ژنوتیپ‌های ۴، ۱۴ و ۱۰ درون آن قرار داشتند، هیچ‌کدام از صفات قرار نداشتند، که نشان‌دهنده عدم برتری این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه بود.

در بخش سوم که ژنوتیپ ۲۶ در رأس آن و ژنوتیپ‌های ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۵ درون آن قرار داشت، صفاتی چون تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و تعداد گره قرار داشتند. مقایسه میانگین‌ها نیز حاکی از برتری این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات فوق است (جدول ۳).

در بخش چهارم که ژنوتیپ ۱۱ در رأس آن و ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۸، ۲۱ و ۲۲ درون آن قرار داشتند، صفات عملکرد دانه خشک، تعداد شاخه، ارتفاع بوته، طول غلاف، عملکرد بیولوژیک و تعداد روز تا گلدهی قرار داشتند. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) هم مؤید برتری این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات فوق، به‌خصوص عملکرد دانه می‌باشد. با توجه به همبستگی مثبت صفات اخیر با عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های فوق می‌توانند به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و صفات مؤثر بر آن توصیه شوند و می‌توانند برای معرفی رقم مورد بررسی قرار گیرند و یا به‌عنوان والد برای تولید ارقام هیبرید و همچنین ایجاد

منابع

1. Alghamd, S.S. 2007. Genetic behavior of some selected faba bean genotypes. African Crop Science Conference Proceedings 8: 709-714.
2. Amini, A., Ghanadha, M.R., and Abdmishani, S. 2002. Genetic variation and correlation between different traits in common bean. Journal of Agricultural Sciences 33: 605-615. (In Persian with English Summary).
3. Azarpour, E., Bidarigh, S., Moraditochae, M., Khosravi Danesh, R., Bozorgi H.R., and Bakian, M. 2012. Path coefficient analysis of seed yield and its components in faba bean (*Vicia faba* L.) under nitrogen and zinc fertilizer management. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(21): 1559-1561.
4. Badolay, A., Hooda, J.S., and Malik, B.P.S. 2009. Correlation and path analysis in faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Haryana Agronomy 25: 94-95.
5. Chaieb, N., Bouslama, M., and Messaoud, M. 2011. Growth and yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. Natural Production Plant Resources 4: 39-45.
6. Ghafari, M. 2004. Use of principal component analysis method for selection of superior three way cross hybrids in sunflower. Seed and Plant 19(4): 513-527.
7. Hair, J.R., Anderson, R.E., Tatham, R.L., and Black, W.C. 1995. Multivariate Data Analysis with Readings. Prentice Hall, Englewood, NJ.
8. Hashemi, M., and Mohammady, S. 2016. Evaluation of grain yield and yield components in some imported faba bean genotypes (*Vicia faba* L.). Journal of Crop Breeding 8(18): 97-103. (In Persian with English Summary).
9. Kanouni, H., and Malhotra, R. 2003. The study of genetic diversity and relationships among agronomic traits in chickpea genotypes under dryland conditions. Journal of Crop Science 5: 1-11. (In Persian with English Summary).
10. Kumar, P., Das, R.R., Bishnoi, S.K., and Sharma, V. 2017. Inter-correlation and path analysis in faba bean (*Vicia faba* L.). Electronic Journal of Plant Breeding 8(1): 395-397.
11. Maalouf, F., Khalil, S., Ahmad, S., Akintunde, A., Kharrat, N.M., Shamaa, K.E., Hajjar, S., and Mahotra, R.S. 2011. Yield stability of faba bean lines under diverse broomrape prone production environments. Field Crops Research 124: 288-294.
12. Mohammadi, S.A., Prasanna, B.M., and Singh, N.N. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. Crop Science 43: 1690-1697.
13. Ouji, A., Rouaissi, M., Abdellaoui, R., and El Gazzah, M. 2011. The use of reproductive vigor descriptors in studying genetic variability in nine Tunisian faba bean (*Vicia faba* L.) populations. African Journal of Biotechnology 10(6): 896-904.
14. Rasheed, S., Hanif, M., Sadiq, S., Abbas, G.H., Jawad Asghar, M., and Ahsanul Haq, M. 2008. Inheritance of seed yield and related traits in some lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 45(3): 49-52.
15. Ringner, M. 2008. What is principal component analysis? Nature Biotechnology 26: 303-304.
16. Pirzadeh Moghaddam, M., Bagheri, A., Malekzadeh-Shafaroudi, S., and Ganjeali, A. 2014. Multivariate statistical analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under limited irrigation. Iranian Journal of Pulses Research 5(2): 99-110. (In Persian with English Summary).
17. Sabori, H., Mohammadinejad, G., and Fazlalipour, M. 2011. Selection for improve rice yield by multivariate analysis. Iranian Journal of Field Crops Research 9(4): 639-650. (In Persian with English Summary).
18. Sarparast, R., Sheikh, F., and Sowghi, H.A. 2011. Investigation of genotype and environment interaction and cluster analysis for seed yield in different lines of faba bean (*Vicia faba* L.). Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 99-106.
19. Sharifi, P. 2014. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield component in some of broad bean (*Vicia faba* L.) genotypes. Genetika 46(3): 905-914.
20. Sharifi, P., and Aminpanah, H. 2014. A study on the genetic variation in some of faba bean genotypes using multivariate statistical techniques. Tropical Agriculture (Trinidad) 91(2): 87-97.
21. Sharifi, P., Astereki, H., and Safari Motlagh, M.R. 2014. Evaluation of genotype, environment and genotype×environment interaction effects on some of important quantitative traits of faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Crop Breeding 6(13): 73-88. (In Persian with English Summary).
22. Tadayyon, A., Hashemi, L., and Khodambashi, M. 2011. Effective morphological and phenological traits on seed and biological yield in lentil genotypes in Shahrekord region. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 47-62. (In Persian with English Summary).

23. Tadesse, T., Fikere, M., Legesse, T., and Parven, A. 2011. Correlation and path coefficient analysis of yield and its component in faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm. International Journal of Biodiversity Conservation 3: 376-382.
24. Turpin, J.E., Robertson, M.J., Hillcoat, N.S., and Herridage, D.E. 2002. Faba bean (*Vicia faba* L.) in Australia northern grains belt: canopy development, biomass and nitrogen accumulation and partitioning. Auh Journal of Agriculture 53: 227-237.
25. Ulukan, H., Mustafa, G., and Siddik, K. 2003. A path coefficient analysis some yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. Pakistan Journal of Biological Science 6: 1951-1955.
26. Wright, S. 1921. Correlation and causation. Journal of Agricultural Research 20: 557-585.
27. Yadav, R.B., Dubey, R.K., Srivastava, M.K., and Sharma, K.K. 1995. Path coefficient analysis under three densities in rice. Journal of Soils and Crops 5(1): 43-45.

Study the relationships between yield and yield component of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes by multivariate analyses

Astaraki¹, H., Sharifi^{2*}, P., Sheikh³, F. & Izadi-Darbandi⁴, A.

1. Researcher, Lorestan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Improvement Institute, Broujerd, Iran; research12014@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
3. Member of Scientific Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Seed and Plant Improvement Institute, Gorgan, Iran; sheikhfatemeh@yahoo.com
4. Associate Professor of University of Tehran, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, Tehran, Iran; aizady@ut.ac.ir

Received: 23 February 2018

Accepted: 26 August 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.70916

Introduction

Faba bean (*Vicia faba* L.) is a major crop legume that is used as food owing to the high nutrient components in seeds. Yield improvement is a major breeding objective of most crop breeding programs. Multivariate analyses are useful for characterization, evaluation and classification of plant genetic resources when a number of accessions are to be assessed for several characters of agronomic, morphological and physiological importance. Different types of multivariate analysis such as regression analysis, path analysis, principal component analysis (PCA) can be used to identify groups of genotypes that have beneficial traits for breeding and instructing the patterns of variation in genotype accession, to recognize relationships among accessions and possible gaps. Correlation coefficients describe the mutual relationships between different pairs of characters without providing the nature of cause and effect relationship of each character. Path analysis was also performed to determine the direct and indirect contribution of each character to seed yield. Principal component analysis has been widely used in the studies of variability in germplasm collections of many species. The objective of the present study was to estimate the correlations and partition of the coefficient of correlation between seed yield with its primary components, into direct and indirect effects to determine the relative importance of each one in faba bean seed yield. The other aims of the present study are to assess the genetic diversity present in the morphological and agronomical traits in 26 faba bean genotypes by principal component analysis.

Materials & Methods

This study was carried out during 2015-16 growing season in Lorestan province, Iran (longitude, 48° 45' E; Latitude, 35° 55' N; Altitude, 1629 m above sea level). Experimental material comprised 26 genotypes of faba bean. Field experiments were conducted in a randomized complete block design with three replications. Each plot consisted of four rows with 4 m long and distance between rows and plants were 50 and cm, respectively. The characters included days to germination, days to flowering, days to maturity, plant height, number of stems per plant, number of node per stem, number of seeds per pod, number of seeds per plant, hundred seed weight, pod length, dry seed yield, biological yield and harvest index were measured before and after harvesting. SAS 9.2 used to analyses the correlation and regression coefficients. Path coefficients were estimated by path analysis software. Principal components analysis was done using SPSS and the graphs were drawn via Minitab.

*Corresponding Author: sharifi@iaurasht.ac.ir

Results & Discussion

The analysis of variance indicated significant differences between genotypes for all of the studied traits. Correlation analysis indicated there were positive correlation coefficients between seed yield and number of days to germination, number of days to flowering, plant height, number of pods per plant, number of nodes per stem, hundred seed weight, pod length, biological yield and harvest index. Regression analysis indicated seed yield as dependent variable, while plant height, number of pods per plant, number of stems per plant, number of nodes per stem, number of seeds per pod, hundred seed weight and pod length were considered as casual variables. Path coefficient analysis indicated plant height (0.74), number of pod per plant (0.51), number of nodes per stem (0.11), number of seeds per pod (0.20), hundred seed weight (0.34) and pod length (0.41) had positive direct effects on seed yield. The results of principal component analysis showed that the eigenvalues were reduced with the increase of the number of PCs. Principal components analysis, identified six components that explained 80% of total variation. The maximum values of eigenvalues were obtained for first three PCs, which accounted for a cumulative percentage of total variance of 24.34%, 17.57% and 14.18%, respectively. The remaining percentage of the total variation decreased sharply. The eigenvalue of the first principle component had a variance of 4.14, while the other two components had much smaller variances. It could be said that the first principal component is by far the most important of the three and that the first principal component include the largest variance of any one unit the length linear combination of the observed variable. The first two and three PCs was used to grouping the genotypes in two and three-dimensional plots, respectively.

Conclusion

Attention should be paid to traits such as plant height, number of pods per plant, number of nodes per stem and pod length for augmentation of seed yield and these traits could be used as selection criteria in faba bean breeding programs. Tow dimensional plot based on first two principal components showed genetically different genotypes by the pattern on scattering. It could be concluded that the high yielding genotypes, such as 9 and 22 could be used to improve seed yield of faba bean and making possibilities of extending production of this legume crop.

Keywords: Correlation, Faba bean, Path analysis, Principal component, Regression, Yield

ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های نخود به آبیاری تکمیلی در مراغه

داود صادق‌زاده اهری

عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران؛
dsadeghzade@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی بر برخی صفات زراعی و عملکرد دانه نخود، آزمایشی در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک کامل تصادفی به مدت سه سال زراعی (۹۲-۱۳۸۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری در زمان کاشت، آبیاری در زمان‌های کاشت و گل‌دهی، آبیاری در زمان‌های کاشت، گل‌دهی و پُرشدن غلاف‌ها به عنوان کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ نخود (آزاد، آرمان، ILC482 و یک توده بومی از منطقه وان ترکیه) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال بر تمام صفات مورد مطالعه (تاریخ گل‌دهی، تاریخ رسیدن، دوره پُرشدن غلاف، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیست‌توده و دانه، شاخص برداشت و شاخص باردهی) از نظر آماری معنی‌دار بود. اثر زمان آبیاری به‌جز وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت و شاخص باردهی بر تمام صفات معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های آزمایشی از نظر ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد (زیست‌توده و دانه)، شاخص برداشت و شاخص باردهی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. برهمکنش سال در ژنوتیپ به‌جز ارتفاع بوته، زیست‌توده، شاخص برداشت و شاخص باردهی بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. برهمکنش زمان آبیاری در ژنوتیپ بر عملکرد (زیست‌توده و دانه) معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه (۱۰۶۴ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار سه نوبت آبیاری بود. در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی بیشترین عملکرد دانه (۹۳۹ کیلوگرم در هکتار) متعلق به ژنوتیپ ILC482 بود. جمع‌بندی نتایج نشان داد که استفاده از آبیاری تکمیلی در کشت بهاره نخود موجب بهبود اغلب صفات و عملکرد دانه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: شاخص باردهی، صفات زراعی، عملکرد دانه، کشت بهاره

مقدمه

خشکی در مرحله گل‌دهی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها در زراعت نخود در شرایط دیم است که اثر منفی و شدیدی بر کاهش عملکرد آن دارد (Tavakoli, 2013). در نواحی خشک و نیمه‌خشک، اتخاذ مدیریت زراعی مناسب جهت استفاده بهینه از آب موجود و در نتیجه کاهش اثر تنش خشکی سبب افزایش تولید گیاهان زراعی می‌شود (Faraji & Islami, 2012). نتایج یک بررسی نشان داد که آبیاری تکمیلی سبب افزایش ماده خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و در نهایت عملکرد دانه نخود می‌گردد (Moemeni et al., 2013). بررسی اثرات سه نوع رژیم آبیاری (بدون تنش، تنش در زمان گلدهی و تشکیل غلاف و تنش در زمان پُرشدن دانه) بر سه لگوم دانه‌ای شامل لوبیای معمولی (Phaseolus vulgaris L.)، لوبیا چشم‌بلبلی (Vigna unguiculata L.) و نخود نشان داد که در هر سه گونه، بیشترین کاهش عملکرد با اعمال تنش خشکی در زمان گلدهی و تشکیل غلاف حاصل می‌گردد و این مرحله حساس‌ترین دوره رشدی گیاه در برابر تنش معرفی شد (Tesfaye et al., 2006). نتایج بررسی اثرات

نخود (*Cicer arietinum* L.) در بین حبوبات از نظر سطح زیرکشت و تولید، مهم‌ترین گیاه زراعی کشور محسوب می‌شود (Eradatmand-Asli & Mehrpanah, 2009; Parsa & Bagheri, 2008). مطابق آمار منتشرشده از سوی وزارت جهاد کشاورزی بیش از ۹۰ درصد زراعت نخود در کشور به صورت دیم است (Anonymous, 2015). بخش اعظمی از مساحت کشت نخود دیم ایران در مناطقی با محدودیت شدید آب و بارندگی‌ها قرار دارد. خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید حبوبات به‌ویژه نخود، باقلا (*Vicia faba* L.)، عدس (*Lens culinaris* Medik) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم مناطق مدیترانه‌ای غرب آسیا و شمال آفریقا است (Parsa & Bagheri, 2008). به‌طور کلی از نظر اهمیت، تنش خشکی پس از تنش‌های دمایی (گرم و سرما)، دومین تنش غیرزیستی است که گیاه نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sing et al., 1994). کاهش و یا قطع بارندگی‌های منطقه در اواخر فصل و بروز خسارت

اقلیمی در منطقه نیمه خشک و سرد قرار دارد. میانگین طولانی مدت بارندگی سالانه در ایستگاه ۳۶۰ میلی‌متر، حداکثر و حداقل مطلق دمای هوا برابر ۳۷ و ۲۵- درجه سانتی‌گراد و متوسط سالانه دمای هوا ۹/۳ درجه سانتی‌گراد است.

مطالعه در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و طی سه سال زراعی (۹۲-۱۳۸۹) انجام شد. سطوح آبیاری شامل آبیاری در زمان کاشت، آبیاری در زمان‌های کاشت و گلدهی، آبیاری در زمان‌های کاشت، گلدهی و پُرشدن غلاف‌ها در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ نخود دیم از تیپ کابلی (آرمان، آزاد، ILC482 و یک توده بومی از ترکیه) در کرت‌های فرعی قرار داشتند. مقادیر آبیاری در هر بار معادل ۴۰ میلی‌متر بود که بر اساس ابعاد کرت‌های آزمایشی محاسبه و توسط کنتور اندازه‌گیری و مصرف شد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن قلمی در پاییز سال قبل و استفاده از دیسک در بهار (قبل از کشت) بود و برای تغذیه گیاهان با توجه به نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۱)، از فرمول کودی N20P30 استفاده شد. تمامی کود فسفات (سوپرفسفات تریپل) در پاییز سال قبل و کود نیتروژنه (اوره) در بهار (مرحله دو برگ) و به‌عنوان آغازگر (استارتر) مصرف شد (Anonymous, 2017). کاشت آزمایش‌ها در نیمه دوم فروردین‌ماه هر سال انجام گردید.

آبیاری تکمیلی روی سه ژنوتیپ نخود (جم، پیروز و ۳۰۱) نیز تأیید نمود که مرحله تشکیل و پُرشدن دانه‌ها در نخود حساس ترین مرحله به کمبود آب است و در شرایط محدودیت آب، با آبیاری در این مرحله می‌توان عملکرد دانه را افزایش داد (Mohammadi et al., 2006). بررسی انجام‌شده روی نخود رقم هاشم نشان داد که آبیاری تکمیلی در هر دو مرحله غلاف دهی و گل‌دهی بیشترین عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد زیست‌توده را تولید کرد، درحالی‌که وزن ۱۰۰ دانه تحت تأثیر آبیاری تکمیلی قرار نگرفت (Armin & Bidi, 2014).

هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی بر برخی صفات زراعی و عملکرد دانه چهار ژنوتیپ نخود دیم در کشت بهاره، در منطقه مراغه و تعیین مناسب‌ترین زمان انجام آبیاری و ژنوتیپ مطلوب برای این منظور بود.

مواد و روش‌ها

این بررسی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۷۲۰ متر از سطح دریا) و در طول سه سال زراعی (۹۲-۱۳۸۹) اجرا شد. خاک ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه از نوع رسی لومی بوده و از نظر

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه طی سال‌های آزمایش

Table 1. Some physically and chemically characteristics of the field soil during experimental years

سال زراعی Year	بافت خاک Soil texture	درصد شن Sand%	درصد سیلت Silt%	درصد رس Clay%	اسیدیته pH	درصد آهک Lime%	درصد مواد آلی O.C%	هدایت الکتریکی Ec (dSm/m)	درصد نیتروژن N%	درصد فسفر P%
۱۳۸۹-۱۳۹۰ 2010-2011	Clay Loam	14	31	55	7.3	6.8	0.8	0.85	0.08	17.6
۱۳۹۰-۱۳۹۱ 2011-2012	Clay Loam	12	30	58	7.4	6.4	0.7	0.88	0.06	13.6
۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2012-2013	Clay Loam	11	34	55	7.3	6.6	0.7	0.84	0.08	19.8

و جین دستی برای مبارزه با علف‌های هرز انجام شد. برای مبارزه با کرم طوقه‌خوار نخود (*Agrotis segetum* Schiff) یک نوبت طعمه مسموم (مخلوط سم Diazinon گرانونه به نسبت دو در هزار با سیوس گندم) در زمان رویش اولیه گیاهان (مرحله دو برگ) در مزرعه پخش شد. برای مبارزه با کرم غوزه‌خوار (*Heliothis virescens* Hufn.) در مرحله غلاف‌دهی از سم Dursban به غلظت دو در هزار استفاده شد.

در طول دوران رشد و نمو گیاهان از صفات مختلف زراعی نظیر تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، تاریخ رسیدن (رسیدگی

هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول شش متر و فواصل ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود و تراکم کاشت برابر ۳۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. برای سهولت در آبیاری و جلوگیری از تداخل و نفوذ آب در تیمارهای مختلف، فواصل کافی (سه متر) بین کرت‌های آزمایشی (کرت‌های اصلی) در نظر گرفته شد. بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش مناسب (Benomyle) به نسبت یک و نیم در هزار) ضد عفونی شده و عملیات کشت با بذور کار آزمایشی وینتر اشتایگر و در عمق چهار تا پنج سانتی‌متری خاک انجام گردید. در طول فصل رشد دوبار

برداشت) در هر تیمار محاسبه شد (Abdolrahmani & Tavakoli, 2017). در جدول ۲، اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در سال‌های مختلف آزمایشی آمده است.

عملیات تجزیه واریانس سالانه برای صفات مختلف انجام و در پایان سال سوم ضمن انجام آزمون یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه مرکب (سه سال) بر اساس موازین آماری طرح مورد استفاده صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای MSTAT-C و Excell استفاده شد.

فیزیولوژیکی در ۹۰ درصد از بوته‌های هر تیمار، متوسط ارتفاع ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت یادداشت برداری به عمل آمد و پس از رسیدن گیاهان و حذف اثرات حاشیه‌ای (حذف نیم متر از ابتدا و انتها و همچنین حذف دو خط کناری در هر کرت)، وزن ۱۰ دانه و نهایتاً عملکرد زیست‌توده آفتاب خشک و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. همچنین طول دوره پُرشدن دانه (فاصله زمانی بین ۵۰ درصد گل‌دهی تا رسیدن)، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه بر زیست‌توده خشک بر حسب درصد) و شاخص باردهی (زیست‌توده خشک بر حسب تن در هکتار+ عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار+ شاخص

جدول ۲- آمار هواشناسی سه ساله (۱۳۸۹-۹۲) ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه

Table 2. Metrological data of Maragheh dryland agricultural research station (2010-2013)

ماه Month	سال‌های آزمایش Experimental years					
	۱۳۸۹-۱۳۹۰ 2010-2011		۱۳۹۰-۱۳۹۱ 2011-2012		۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2012-2013	
	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)
Oct.	8.7	12.4	22.4	9.4	45.7	11.3
Nov.	0	4.2	33.3	-1	60.3	5.2
Dec.	10.4	1.1	12.7	-3.3	59.4	-1
Jan.	29.2	-6.2	27	-4.2	32.8	-2.5
Feb.	36.4	-2.9	20.3	-5.9	42.4	1
Mar.	79.6	1.6	29.8	-1.3	27.3	4
Apr.	129.4	8.1	46.7	9	29.9	8.5
May	54.7	13	42	14.1	47	12.4
Jun.	3	18.8	16.8	18.8	6.3	18.9
Jul.	1.2	23.3	0.8	22.3	0	23.3

نتایج و بحث

تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی

افزایش طول دوره رشد رویشی نخود در اثر آن، زمان شروع گل‌دهی زودتر رخ داده است. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران مبنی بر تغییر زمان گل‌دهی نخود تحت تأثیر شرایط آب و هوایی و رطوبت موجود در خاک گزارش شده است (Anwar et al., 2003; Siddique et al., 2003) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

معنی‌دار شدن اثر متقابل سال در ژنوتیپ بر تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی در این مطالعه (جدول ۳) نشان از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های آزمایشی به شرایط آب و هوایی در سال‌های مختلف از نظر زمان گل‌دهی دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های آزاد و ILC482 در سال دوم آزمایشی با ۵۵ روز و رقم آرمان در سال اول با ۷۰ روز به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس مرکب (سه ساله) نشان داد که تأثیر عامل‌های سال و آبیاری و نیز اثر متقابل سال در ژنوتیپ بر تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین دوره زمانی از کاشت تا ظهور ۵۰ درصد گل‌ها متعلق به سال دوم و تیمار یکبار آبیاری در زمان کاشت بود (شکل ۱ و ۲). دلیل اصلی تفاوت بین سال‌های آزمایشی از نظر تأثیر بر این صفت را می‌توان به شرایط متغیر آب و هوایی مخصوصاً در طول دوره رشد و نمو گیاهان (فروردین تا تیرماه) نسبت داد (جدول ۲). همچنین به نظر می‌رسد به دلیل کمبود رطوبت موجود در خاک در تیمار یکبار آبیاری در مقایسه با تیمارهای دیگر و فراهم‌نشدن آب کافی برای

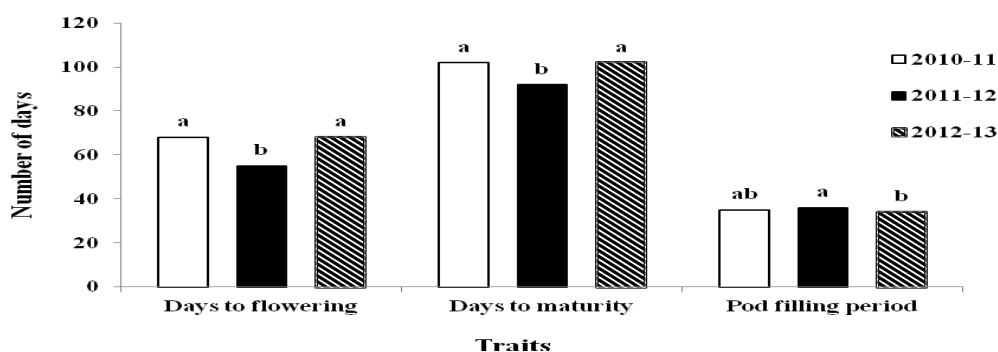
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب (سه ساله) صفات مورد مطالعه در نخود
Table 3. Combined analysis of variance (three years) results of studied chickpea traits

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS								
		تاریخ ۵۰ درصد گل‌دهی DF†	تاریخ رسیدن DM	دوره پُرشدن غلاف PFP	ارتفاع بوته PH	وزن ۱۰۰ دانه 100 SW	زیست توده BY	عملکرد دانه GY	شاخص برداشت HI	شاخص باردهی PI
Year(Y) سال	2	1841.4**	1286.0**	66.7**	215.4**	230.1**	54656.0**	5318.40**	283440*	1965.30**
Error خطا	6	7.96	18.30	13.30	13.80	4.60	522.50	106.70	72.40	64.60
Irrigation time(I) زمان آبیاری	2	6.8 *	97.90*	67.90*	168.70 **	0.42 ^{ns}	6848.50**	1577.50**	71.80 ^{ns}	77.11 ^{ns}
سال × زمان آبیاری (Y×I)	4	0.28 ^{ns}	11.31 **	11.30 ^{ns}	8.80 ^{ns}	0.32 ^{ns}	716.60 ^{ns}	131.20 ^{ns}	57.20 ^{ns}	64.54 ^{ns}
Error خطا	12	1.90	4.50	9.20	9.17	2.50	259.00	80.80	23.50	26.90
Genotype(G) ژنوتیپ	3	19.7 ^{ns}	8.80 ^{ns}	11.40 ^{ns}	35.50**	622.80**	240.70**	118.70**	73.10**	80.90**
سال × ژنوتیپ (Y×G)	6	8.8**	6.24 **	24.70 **	4.60 ^{ns}	6.60**	96.30 ^{ns}	36.50*	3.80 ^{ns}	3.30 ^{ns}
زمان آبیاری × ژنوتیپ (I×G)	6	0.43 ^{ns}	1.30 ^{ns}	2.40 ^{ns}	3.55 ^{ns}	1.20 ^{ns}	138.30 *	38.04 *	8.70 ^{ns}	9.95 ^{ns}
سال × زمان آبیاری × ژنوتیپ (Y×I×G)	12	0.59 ^{ns}	3.30 ^{ns}	3.50 ^{ns}	1.98 ^{ns}	1.30 ^{ns}	49.61 ^{ns}	12.70 ^{ns}	16.70 ^{ns}	16.60 ^{ns}
Error خطا	54	0.80	1.94	2.50	3.80	0.860	57.60	14.00	9.40	9.40
درصد ضریب تغییرات CV%	-	1.35	1.41	4.11	7.90	2.78	12.25	13.44	6.31	5.97

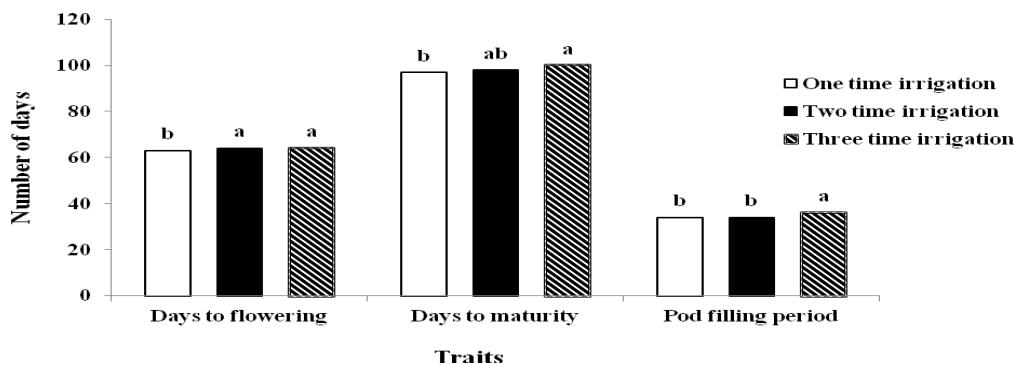
** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد؛ ns: فاقد اختلاف معنی‌دار آماری

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

† DF: Number of days from planting to 50% floweri; DM: Number of days from planting to 90% maturity; PFP: Pod filling period (days); PH: Plant height; 100SW: 100 Seed weight; BY: Dry biomass yield; GY: Grain yield; HI: Harvest index; PI: Productivity index



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سال بر تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، رسیدن و طول دوره پُرشدن غلاف نخود در طول سه سال آزمایش
Fig. 1. Mean comparisons of year effect on chickpea number of days to 50% flowering, maturity and pod filling period



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر زمان آبیاری بر تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، رسیدن و طول دوره پُرشدن غلاف نخود
Fig. 2. Mean comparisons of irrigation time effect on chickpea number of days to 50% flowering, maturity and pod filling period

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سال×ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه نخود
Table 4. Mean comparisons of year by genotype interaction on chickpea studied traits

سال زراعی Cropping Season	ژنوتیپ Genotype	صفات Traits				
		تاریخ گلدهی (روز)	تاریخ رسیدن (روز)	دوره پرشدن غلاف (روز)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)
		DF†	DM	PFP	100SW(g)	GY(t/ha)
2010-11 ۱۳۸۹-۱۳۹۰	Arman آرمان	70 a*	102 ab	32 f	29.6 e	1.25 b
	Azad آزاد	68 cd	102 ab	33 ef	33.0 c	1.38 a
	ILC482	66 e	103 a	37 a	31.5 d	1.42 a
	Turkish local بومی ترکیه	66 e	103 a	36 ab	42.1 a	1.20 b
2011-12 ۱۳۹۰-۱۳۹۱	Arman آرمان	56 f	93 d	37 a	31.9 d	0.790 c
	Azad آزاد	55 g	91 e	36 ab	33.9 c	0.750 c
	ILC482	55 g	90 e	35 cd	33.4 c	0.830 c
	Turkish local بومی ترکیه	56 f	92 d	36 ab	42.8 a	0.610 d
2012-13 ۱۳۹۱-۱۳۹۲	Arman آرمان	69 ab	102 ab	33 ef	27.8 f	0.630 d
	Azad آزاد	67 d	101 ab	34 de	29.5 e	0.580 d
	ILC482	68 cd	101 ab	33 ef	28.6 f	0.570 d
	Turkish local بومی ترکیه	68 cd	102 ab	34 de	36.4 b	0.550 d

* میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می‌باشند.

† Means with the same letters in each column have not significantly differences at 5% probability level (Duncan Multiple Range Test).

DF: Number of days from planting to 50% flowering; DM: Number of days from planting to 90% maturity; PFP: Pod filling period (days);

100SW: 100 Seeds weight; GY: Grain yield

تعداد روز از کاشت تا رسیدن

اثر ساده عوامل سال، زمان آبیاری و نیز اثرات متقابل سال اثر زمان آبیاری و سال در ژنوتیپ بر صفت تعداد روز از کاشت تا رسیدن از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سال اول به همراه سال سوم بیشترین و سال دوم کمترین مقادیر این صفت را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر ساده زمان آبیاری نیز نشان داد که به‌طور متوسط آبیاری در زمان‌های کاشت، گل‌دهی و پرشدن غلاف‌ها در مقایسه با یک‌بار آبیاری در زمان کاشت موجب تأخیر سه‌روزه در رسیدن ژنوتیپ‌های آزمایشی شد (شکل ۲).

نخود جزو گیاهانی با عادت رشدی نامحدود است (Eradatmand-Asli & Mehrpanah, 2009; Parsa & Bagheri, 2008) و به نظر می‌رسد در دسترس بودن رطوبت بیشتر برای گیاهان آزمایشی در تیمار سه‌بار آبیاری (زمان‌های کاشت، گل‌دهی و پرشدن غلاف‌ها) موجب افزایش صفت تعداد روز از کاشت تا رسیدن دانه در این پژوهش شد. نتایج مشابهی در زمینه افزایش تعداد روز از کاشت تا رسیدن دانه در نخود در اثر افزایش تعداد آبیاری توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (Acharya *et al.*, 2015) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

معنی‌دار بودن اثر متقابل سال در ژنوتیپ در مورد صفت تعداد روز از کاشت تا رسیدن در این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف نخود از نظر زمان رسیدن واکنش‌های متفاوتی به شرایط آب و هوایی سال زراعی دارند. مقایسه

میانگین اثر متقابل سال در ژنوتیپ نشان داد که بیشترین تعداد روز از کاشت تا رسیدن دانه در سال اول و متعلق به ژنوتیپ‌های ILC482 و بومی ترکیه بوده و کمترین مقدار این صفت به ژنوتیپ ILC482 در سال دوم تعلق داشت (جدول ۴).

دوره پرشدن غلاف

تأثیر عامل‌های سال و آبیاری و نیز اثر متقابل سال در ژنوتیپ بر طول دوره پرشدن غلاف از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که سال‌های دوم و سوم ضمن داشتن تفاوت معنی‌دار آماری به ترتیب از بیشترین و کمترین مقدار طول دوره پرشدن غلاف برخوردار بوده و در دو گروه آماری مختلف قرار گرفتند (شکل ۱). بر اساس نتایج حاصله، انجام سه‌بار آبیاری (زمان‌های کاشت، گل‌دهی و پرشدن غلاف‌ها) باعث افزایش طول دوره پرشدن غلاف گردید که در مقایسه با تیمارهای دو و یک‌بار آبیاری، دو روز بیشتر بود (شکل ۲).

مطالعات نشان داده است که کاهش بارندگی‌ها در اواخر فصل رشد و نمو (گل‌دهی و بعد از آن) به همراه افزایش دمای هوا در منطقه سبب تشدید تنش خشکی و کاهش طول دوره پرشدن غلاف در نخود دیم می‌گردد و در نهایت موجب کاهش عملکرد آن می‌شود (Khamssi *et al.*, 2011) و تأمین رطوبت لازم و مناسب در طی این دوره (آبیاری تکمیلی) سبب افزایش طول دوره پرشدن غلاف‌ها می‌گردد (Pasandi *et al.*, 2014) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشته و آن را تأیید می‌کند.

ارتفاع بوته

(جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به سال اول آزمایشی بوده و پس از آن سال‌های سوم و دوم قرار داشتند (جدول ۵).

نتایج نشان داد که تأثیر عوامل ساده سال، آبیاری و ژنوتیپ بر ارتفاع بوته از نظر آماری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سال بر صفات مورد مطالعه نخود
Table 5. Mean comparisons of year effect on chickpea studied traits

سال زراعی Cropping season	صفت Trait					
	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) PH(cm)†	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 SW(g)	زیست توده (تن در هکتار) BY(t/ha)	عملکرد دانه (تن در هکتار) GY(t/ha)	شاخص برداشت (درصد) HI (%)	
					شاخص باردهی PI	
۱۳۸۹-۱۳۹۰ 2010-11	27 ^{a*}	34.03 ^b	3.375 ^a	1.314 ^a	38.60 ^b	43.28 ^c
۱۳۹۰-۱۳۹۱ 2011-12	22 ^b	35.50 ^a	1.361 ^b	0.745 ^b	55.70 ^a	57.80 ^a
۱۳۹۱-۱۳۹۲ 2012-13	26 ^a	30.60 ^c	1.140 ^b	0.582 ^b	51.30 ^{ab}	53.04 ^b

* میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می‌باشند.

*Means with the same letters in each column have not significantly differences at 5% probability level (Duncan Multiple Range Test).

† PH: Plant height; 100SW: 100 Seed weight; BY: Biomass yield; GY: Grain yield; HI: Harvest index; PI: Productivity index

غلاف‌ها در نخود باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد نخود (از جمله وزن ۱۰۰ دانه) می‌گردد (Farbodnia, 1997).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ بومی ترکیه و رقم آرمان به ترتیب از بیشترین و کمترین مقادیر وزن ۱۰۰ دانه در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی برخوردار بودند (جدول ۷). اختلاف بین ژنوتیپ‌های مختلف نخود از نظر وزن ۱۰۰ دانه در مطالعات سایر محققان نیز گزارش شده است (Pasandi et al., 2014; Mohammadi et al., 2006).

بررسی و مقایسه میانگین برهمکنش سال در ژنوتیپ نشان داد که بیشترین مقدار وزن ۱۰۰ دانه در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی متعلق به ژنوتیپ بومی ترکیه در سال دوم و اول بود (جدول ۴). به‌طور کلی از نتایج چنین استنباط می‌گردد که ژنوتیپ بومی ترکیه در تمامی سال‌های آزمایشی از نظر صفت وزن ۱۰۰ دانه نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر در وضعیت بهتری قرار داشته و از وزن ۱۰۰ دانه بالاتری برخوردار بود. ارقام آرمان و آزاد در سال سوم ضمن داشتن کمترین مقادیر این صفت اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایشی داشته و در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴).

عملکرد (دانه و زیست توده)

عوامل سال، آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد دانه و زیست توده از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). در بین سال‌های آزمایشی بیشترین مقدار عملکرد دانه و زیست توده متعلق به سال اول (۱۳۸۹-۹۰) بود که در مقایسه با دو سال دیگر ضمن داشتن اختلاف معنی‌دار در کلاس آماری بالاتری قرار داشت (جدول ۵). نتایج همچنین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و زیست توده متعلق به تیمار سه‌بار آبیاری بود

همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای سه و دوبار آبیاری در مقایسه با تیمار یک نوبت آبیاری در مرحله کاشت از نظر صفت ارتفاع بوته در رتبه‌های بالاتری قرار داشتند (جدول ۶). پژوهشگران نیز در گزارش‌های خود بیان داشتند که افزایش دفعات آبیاری تکمیلی در نخود موجب افزایش ارتفاع بوته می‌گردد (Pasandi et al., 2014; Mohammadi et al., 2006; Armin & Bidi, 2014) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین ارتفاع بوته متعلق به رقم آرمان بود که به همراه ژنوتیپ بومی ترکیه در یک گروه آماری جای داشتند و دو ژنوتیپ آزاد و ILC482 در گروه آماری پایین‌تری قرار گرفتند (جدول ۷). تفاوت بین ژنوتیپ‌های آزمایشی از نظر ارتفاع بوته توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Gunes et al., 2006; Tuba Biçer, 2009; Kanouni et al., 2012; Sadeghzadeh-Ahari, 2017).

وزن ۱۰۰ دانه

عوامل سال، ژنوتیپ و همچنین برهمکنش سال در ژنوتیپ بر وزن ۱۰۰ دانه از نظر آماری اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر عامل سال نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه متعلق به سال دوم آزمایشی (۱۳۹۰-۹۱) بود و سال‌های اول و سوم در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد افزایش طول دوره پُرسدن غلاف‌ها در سال دوم (شکل ۱) دلیل اصلی اختلاف به‌وجودآمده بین سال‌های آزمایشی از نظر وزن ۱۰۰ دانه باشد، چون با افزایش طول دوره پُرسدن غلاف، فرصت بیشتری برای ذخیره مواد حاصل از فتوسنتز در دانه‌های گیاه حاصل می‌گردد. به نظر پژوهشگران، کوتاهی دوره رشد و نمو زایشی و پُرسدن

مطالعات مشابه انجام شده در نخود نیز حاکی از تأثیر مثبت تیمار آبیاری در افزایش عملکرد دانه و ماده خشک تولیدی دارد (Armin & Bidi, 2014; Mohammadi *et al.*, 2006; Tuba Bicer *et al.*, 2004; Ullah *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2000).

(جدول ۶) و به طور کلی افزایش تعداد دفعات آبیاری موجب بهبود و افزایش عملکرد دانه و زیست توده در نخود شد. در این مطالعه معلوم شد که کمترین مقادیر عملکرد دانه و زیست توده متعلق به انجام یکبار آبیاری در زمان کاشت بود که در مقایسه با دو تیمار دیگر در رتبه پایین تری قرار داشت (جدول ۶). نتایج

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر مرحله آبیاری بر صفات مورد مطالعه نخود
Table 6. Mean comparisons of irrigation stage effect on chickpea studied traits

مرحله آبیاری Irrigation stage	صفت Trait			
	ارتفاع بوته (سانتی متر) PH(cm)†	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 SW(g)	زیست توده (تن در هکتار) BY(t/ha)	عملکرد دانه (تن در هکتار) GY(t/ha)
Planting کاشت	22 ^{c*}	33.5 ^a	1.4935 ^c	0.652 ^b
Planting and flowering کاشت و گل دهی	25 ^b	33.2 ^a	2.024 ^b	0.925 ^a
Planting, flowering and pod filling کاشت، گل دهی و پر شدن غلافها	27 ^a	33.4 ^a	2.360 ^a	1.064 ^a

* میانگین هایی با حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می باشند.

*Means with the same letters in each column have not significantly differences at 5% probability level (Duncan Multiple Range Test).

† PH: Plant height; 100SW: 100 Seeds weight; BY: Biomass yield; GY: Grain yield

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه
Table 7. Mean comparisons of genotype effect on chickpea studied traits

ژنوتیپ Genotype	صفت Trait					
	ارتفاع بوته (سانتی متر) PH(cm)†	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100SW(g)	زیست توده (تن در هکتار) BY(t/ha)	عملکرد دانه (تن در هکتار) GY(t/ha)	شاخص برداشت (درصد) HI(%)	شاخص باردهی PI
Arman آرمان	26.1 ^{a*}	29.8 ^c	2.03 ^a	0.890 ^{ab}	46.9 ^b	49.9 ^b
Azad آزاد	24.1 ^b	32.1 ^b	1.97 ^a	0.906 ^{ab}	49.5 ^a	52.4 ^a
ILC482	23.5 ^b	31.1 ^{bc}	2.01 ^a	0.939 ^a	50.3 ^a	53.2 ^a
Turkish local بومی ترکیه	25.4 ^a	40.4 ^a	1.82 ^b	0.785 ^b	47.3 ^b	49.9 ^b

* میانگین هایی با حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می باشند.

*Means with the same letters in each column have not significantly differences at 5% probability level (Duncan Multiple Range Test).

† PH: Plant height; 100SW: 100 Seed weight; BY: Dry biomass; GY: Grain yield; HI: Harvest index; PI: Productivity index

زمان های آبیاری واکنش های متفاوتی داشتند. بررسی و مقایسه میانگین این برهمکنش نشان داد که در کلیه ژنوتیپ های تحت بررسی در این مطالعه، بیشترین مقادیر عملکرد زیست توده و عملکرد دانه متعلق به تیمار سه بار آبیاری بود (جدول ۸). عملکرد رقم آزاد در تیمار دوبار آبیاری (زمان کاشت و مرحله گل دهی) در مقایسه با تیمار یکبار آبیاری در مرحله کاشت، ۵۸/۸ درصد افزایش داشت که در بین ژنوتیپ های تحت بررسی بیشترین پاسخ را به این تیمار آبیاری از خود نشان داد. کمترین مقدار پاسخ در بین ژنوتیپ های آزمایشی در تیمار دوبار آبیاری در مقایسه با تیمار یکبار آبیاری متعلق به ژنوتیپ بومی ترکیه بود و برابر با ۲۸/۹ درصد بود (جدول ۸).

مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ نشان داد که لاین ILC482 در مقایسه با سایر ژنوتیپ های آزمایشی از بیشترین مقدار عملکرد دانه و زیست توده برخوردار بوده و کمترین مقدار عملکرد دانه و زیست توده متعلق به ژنوتیپ بومی ترکیه بود (جدول ۷). تفاوت های ژنوتیپی از نظر عملکرد (دانه و زیست توده) در نخود در مطالعات پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Ahmed & Suliman, 2010; Shaban *et al.*, 2010; Pasandi *et al.*, 2014).

برهمکنش تعداد آبیاری در ژنوتیپ بر روی دو صفت عملکرد دانه و عملکرد زیست توده از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۳)؛ یعنی ژنوتیپ های مختلف نسبت به دفعات و

بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش مرحله آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد زیست‌توده نیز نشان داد که به‌طور کلی با افزایش دفعات آبیاری در ژنوتیپ‌های نخود مقدار عملکرد زیست‌توده افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار این صفت مربوط به ژنوتیپ‌های آرمان و ILC482 در تیمار سه مرحله آبیاری و کمترین مقدار عملکرد زیست‌توده تولیدی در واحد سطح متعلق به رقم آزاد در تیمار یک مرحله آبیاری در زمان کاشت بود (جدول ۸).

شاخص برداشت و شاخص باردهی

نتایج نشان داد که شاخص‌های برداشت و باردهی تحت تأثیر اثرات ساده سال و ژنوتیپ قرار گرفتند (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت و شاخص باردهی متعلق به سال دوم آزمایشی و کمترین مقدار این صفت‌ها مربوط به سال اول آزمایشی بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر این صفت‌ها نشان داد که ژنوتیپ ILC482 در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی از بیشترین مقدار شاخص برداشت و شاخص باردهی برخوردار بوده و کمترین مقدار این صفت‌ها متعلق به ژنوتیپ بومی ترکیه بود (جدول ۷).

در مقایسه عملکرد حاصل از ژنوتیپ‌های آزمایشی تحت تیمار سه‌بار آبیاری (مراحل کاشت، گل‌دهی و پُرشدن غلاف‌ها) با تیمار یک‌نوبت آبیاری در مرحله کاشت معلوم شد که بیشترین مقدار افزایش عملکرد (۷۱/۶ درصد) متعلق به رقم آرمان و کمترین مقدار افزایش عملکرد نیز متعلق به ژنوتیپ بومی ترکیه (۵۱/۳ درصد) بود (جدول ۸) که ضمن تأیید پاسخ‌های متفاوت ژنوتیپ‌های آزمایشی به آبیاری در مراحل مختلف رشد، حاکی از پاسخ نسبتاً ضعیف ژنوتیپ بومی ترکیه به تیمارهای دو و سه‌بار آبیاری در مراحل مختلف رشد است. پاسخ‌های متفاوت ژنوتیپ‌های نخود به آبیاری تکمیلی از نظر عملکرد دانه و زیست‌توده در مطالعات سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Nayyar et al., 2006; Shaban et al., 2010). به‌نظر می‌رسد از روی این خصیصه (پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های نخود به تیمار آبیاری در مراحل مختلف رشد) بتوان در مناطقی که به‌دلیل کمبود منابع آبی فقط امکان استفاده از یک یا دوبار آبیاری فراهم است، نسبت به انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب و با قابلیت تولید بیشتر اقدام نمود که نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش مرحله آبیاری×ژنوتیپ بر عملکرد دانه و زیست‌توده نخود

Table 8. Mean comparisons of irrigation stage by genotype interaction on chickpea grain and biomass yields

مرحله آبیاری Irrigation stage	ژنوتیپ Genotype	صفات Traits	
		عملکرد دانه (تن در هکتار) GY(t/ha) †	عملکرد زیست‌توده (تن در هکتار) BY(t/ha)
Planting کاشت	Arman آرمان	0.652 ^{g*}	1.543 ^f
	Azad آزاد	0.648 ^g	1.435 ^f
	ILC482	0.689 ^g	1.530 ^f
	Turkish Local بومی ترکیه	0.620 ^g	1.465 ^f
Planting and flowering کاشت و گل‌دهی	Arman آرمان	0.900 ^e	2.030 ^{cde}
	Azad آزاد	1.029 ^{bcd}	2.219 ^{bc}
	ILC482	0.958 ^{cde}	2.012 ^{de}
	Turkish local بومی ترکیه	0.799 ^f	1.840 ^e
Planting, flowering and pod filling کاشت، گل‌دهی و پُرشدن غلاف‌ها	Arman آرمان	1.119 ^{ab}	2.513 ^a
	Azad آزاد	1.040 ^{bc}	2.261 ^b
	ILC482	1.170 ^a	2.498 ^a
	Turkish local بومی ترکیه	0.938 ^{de}	2.160 ^{bcd}

* میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون دانکن) می‌باشند.

† Means with the same letters in each column have not significantly differences (Duncan Multiple Range Test).

† BY: Biomass yield; GY: Grain yield

نتیجه‌گیری

زراعت نخود در سیستم‌های زراعی کشور با اقلیم خشک و نیمه‌خشک رایج بوده و با توجه به اهمیت آن به‌عنوان یک منبع تأمین‌کننده پروتئین غذایی انسانی و حاصلخیزی خاک و از طرف دیگر صدمات جبران‌ناپذیر تنش خشکی بر عملکرد نخود، به‌کارگیری روش‌هایی که سبب افزایش عملکرد آن شود، اهمیت دارد. از سوی دیگر در نواحی خشک و نیمه‌خشک، اتخاذ مدیریت زراعی مناسب جهت استفاده بهینه از آب موجود و در نتیجه کاهش اثر تنش خشکی سبب افزایش تولید می‌شود. نتایج این بررسی نشان داد که اثر تعداد آبیاری به غیر از وزن ۱۰۰ دانه، شاخص برداشت و شاخص باردهی بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بوده و انجام سه‌بار آبیاری در مراحل کاشت، گل‌دهی و پُرشدن غلاف‌ها موجب بهبود اغلب صفات زراعی، عملکرد دانه و زیست‌توده در نخود می‌گردد. نتایج

منابع

1. Abdolrahmani, B., and Tavakoli, A.R. 2017. Effect of plant density on grain yield and yield components of barley cultivars in dryland cold region. *Agroecology Journal* 13(2):1-11. (In Persian with English Summary).
2. Acharya, N.R., Shrestha, J., Sharma, S., and Lama, G.B. 2015. Study on effect of supplementary irrigation on rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology* 3(3): 431-43.
3. Ahmed, F.E., and Suliman, A.S.H. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of Cowpea. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(4): 534-540.
4. Anonymous. 2015. Statistical Information of Agricultural Crops Production in Iran. Department of Statistics. Ministry of Jihad-e-Keshavarzi. 1:1-44. (In Persian).
5. Anonymous. 2017. Guide Lines for Cropping Dryland Chickpea. Dryland Agricultural Research Institute. (In Persian).
6. Anwar, M.R., Mckenzie, B.A., and Hill, G.D. 2003. Phenology and growth response to irrigation and sowing date of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool temperate sub humid climate. *Journal of Agricultural Science* 141: 273-284.
7. Armin, M., and Bidi, M. 2014. Effects of supplemental irrigation and foliar application of zinc on yield and yield components of chickpea. *Plant Eco-Physiology Journal* 6(18): 43-54. (In Persian with English Summary).
8. Eradatmand-Asli, D., and Mehrpanah, H. 2009. Pulse Crops Production and Nitrogen Fixation. Islamic Azad University of Saveh Publish. (In Persian).
9. Faraji, A., and Islami, K. 2012. Effect of supplemental irrigation on seed yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in Gonbad region of Iran. *Seed and Plant Production Journal* 28(2): 133-144. (In Persian with English Summary).
10. Farbodnia, T. 1997. Effect of Drought Stress on Germination, Growth, Biochemical Changes Under Drought in Tow Chickpea Lines. MSc. Thesis. University of Tarbiat Moalem, Tehran, Iran. 125 pp. (In Persian).
11. Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E., and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant, Soil and Environment Journal* 52(8): 368-376.
12. Kanouni, H., Shahab, M.R., Imtiaz, M., and Khalilid, M. 2012. Genetic variation in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Crop Breeding Journal* 2(2): 133-138.

13. Khamssi, N.N., Ghasemi-golezani, K., Najaphy, A., and Zehtab, S. 2011. Evaluation of grain filling rate, effective grain filling period and resistance indices under acclimation to gradual water deficit stress in chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Sciences* 5: 1044-1049.
14. Moemeni, F., Ghobadi, M., Jalali-honarmand, S., and Shekaari, P. 2013. Effect of supplementary irrigation on growth analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(14): 1595-1600.
15. Mohammadi, GH., Ghasemi Golezani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2006. The Influence of water limitation on the yield of three chickpea cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 10(2): 109-120. (In Persian).
16. Nayyar, H., Kaur, S., Singh, S., and Upadhyaya, H.D. 2006. Differential sensitivity of Desi (small-seeded) and Kabuli (large-seeded) chickpea genotypes to water stress during seed filling: effects on accumulation of seed reserves and yield. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 2076-2082.
17. Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2008. Pulses. Mashhad Jihad-e- Daneshgahi Publication. (In Persian).
18. Pasandi, M., Janmohammadi, M., and Karimizadeh, R. 2014. Evaluation of genotypic response of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to irrigation regimes in Northwest of Iran. *Agriculture Journal (Poľnohospodárstvo)* 60(1): 22-30.
19. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2017. Study on the effect of seed size on agronomic characteristics, grain yield and drought tolerance of chickpea. *Agricultural Crop Management* 19(1): 69-85. (In Persian with English Summary).
20. Shaban, M., Mansourifar, S., Ghobadi, M., and Ashrafi Parchin, R. 2010. Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristics and seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Seed and Plant Production Journal* 27(4): 451-470. (In Persian with English Summary).
21. Siddique, K.H.M., Loss, S.P., and Thomson, B.D. 2003. Cool season grain legumes in dryland Mediterranean environments of Western Australia: Significance of early flowering. In: N.P. Saxena (Ed.). *Management of Agricultural Drought*. Science Publishers, Enfield (NH), USA, p. 151-161.
22. Singh, K. B., Malhorta, R.S., Halila, M.H., Knights, E.J., and Verma, M.M. 1994. Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica* 73: 137-149.
23. Tavakoli, A.R. 2013. Rain Water Productivity Indices Maps at Rainfed Crops Farming of Iran. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. Iran. (In Persian).
24. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy* 25: 60-70.
25. Tuba Biçer, B. 2009. The effect of seed size on yield and yield components of chickpea and lentil. *African Journal of Biotechnology* 8(8): 1482-1487.
26. Tuba Bicer, B., Narin Kolender, A., and Akar, D.A. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. *Agronomy Journal* 3: 154-158.
27. Ullah, A.J., Bakht, M., Shafi, W., and Islam, A. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. *Asian Journal of Plant Sciences* 1: 355-357.
28. Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., and Harris, H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 295-304.

Evaluation of chickpea genotypes responses to supplementary irrigation in Maragheh region

Sadeghzadeh-Ahari, D.

Faculty member of Dryland Agricultural Research Institute (DARI),
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran;
dsadeghzade@yahoo.com

Received: 7 May 2018
Accepted: 26 August 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.72520

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is the most important field crop among the food legumes in Iran. According to the published statistic by agricultural ministry of Iran, about 90% of planting areas of chickpea is under dryland conditions. In Iran, chickpea is often cultivated in areas with limited rainfall or soil moisture and drought is always a potential problem for its production. From the importance issue, drought stress is the second abiotic stress that affect on chickpea yield. Also drought stress is the most important factor which reduces food legume crops production (especially chickpea, lentil and pea) under dryland conditions of west Mediterranean and North Africa regions. Limiting or cutting of regional rainfalls at the end growing season time and existing of drought damage in flowering time is one of the most important limitations in chickpea cultivation under dryland conditions that have highly negative effect on chickpea yield and reports show that, the yield of chickpea is low in these regions. Suitable field management for using from the existing water in order to reduce drought stress damages, increase the yields of crops under dry and semi dry regions. Results of studies show that, using from supplementary irrigation in chickpea increase the total dry biomass, leaf area index, plant height and finally increase its yield under drylands. Also researchers reported that, flowering stage and pod filling period are the most important stages for application of supplementary irrigation in order to reducing of drought severity in food legumes.

Materials & Methods

This study was performed to evaluate the effects of supplementary irrigation on some agronomic traits and grain yield of four chickpea genotypes. The experiment was conducted for three consecutive seasons during 2010-13 under field condition in Maragheh Dryland Agricultural Research Station (Latitude 37°15' N, Longitude 46°15' E, and Altitude 1720 meter above sea level). The main plots were irrigation three-time (irrigation at planting, irrigation at planting and flowering times, and irrigation at planting, flowering and pod filling period). Each irrigation treatment included 40 mm water application in the experimental field. The sub plots were four Kabuli chickpea genotypes (Azad, Arman, ILC482 and a Turkish landrace from Van city). The soil of the experimental site is clay-loam, and the climate of the station is cold and semi drought with mean long term annual rainfall 360 mm, and with mean maximum and minimum absolute temperature about 37°C and -25°C in summer and winter, respectively. The mean annual air temperature in station is 9.3°C. Each experimental plot was 6 planting rows with 6 meter length and 25 cm distance between two rows. Some agronomic traits such as number of days from planting to 50% of flowering and maturity, pod filling period, plant height, 100 seed weight, dry biomass, grain yield, harvest index and productivity score of genotypes were noted and analyzed by MSTAT-C program. The comparison of means method was Duncan's Multiple Range Test in 5% probability level.

Results & Discussion

Combined analysis of variance showed that the year factor had significantly affected in all studied traits. The effect of irrigation times was significant on all traits except 100 seed weight, harvest index and productivity score. There were significant differences among the genotypes in plant height, 100 seed weight, grain and dry biomass yields, harvest index and productivity score. The interaction of year×genotype significantly affected on all traits except plant height, dry biomass weight, harvest index and productivity score. Results showed that interaction effect of irrigation time by genotype was significant on seed and dry

biomass yields. It shows that different studied genotypes had different responses to supplementary irrigation times. The highest seed yield and dry biomass in all studied genotypes belonged to three-time irrigation. Azad cultivar seed yield under irrigation at planting time and flowering stage time was 1029 Kg.ha^{-1} that comparing with its yield under irrigation only at planting time (648 Kg.ha^{-1}) increased about 58.8%. It was the highest increasing in response among all studied genotypes for this treatment. The lowest response (increasing seed yield) under two-time irrigation (planting time+flowering time) belonged to Turkish landrace and was 28.9%. In comparison of genotypes seed yields between one time irrigation treatment (irrigation at planting time) and three-time irrigation treatment (irrigation at planting+flowering and pod filling period) the highest and lowest increasing (71.6% and 51.3%) belonged to Arman cultivar and Turkish landrace, respectively. The interaction of year×irrigation time×genotype had not significantly effect on studied traits. The highest seed yield (1064 Kg.ha^{-1}) belonged to the three times irrigation treatment. Among the studied genotypes, the highest seed yield (939 Kg.ha^{-1}) belonged to ILC482.

Conclusion

In conclusion and based on the results it would stated that, application of 40 mm irrigation increases grain yield and improve most of the agronomic traits in spring cultivation of chickpea crop under Maragheh dryland condition.

Keywords: Agronomic traits, Productivity score, Seed yield, Spring planting

مطالعه تغییرات بیان ژن CAT و فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام عدس (*Lens culinaris Medik*) تحت تنش خشکی

منیژه رحیمی^۱، مهرآنا کوهی دهکردی^{۲*} و عبدالرزاق دانش شهرکی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه علوم کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور؛
manijeh.rahimi89@gmail.com

۲- استادیار، بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه علوم کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور

۳- استادیار تولید گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد؛ ar_danesh2000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۷

چکیده

گیاه عدس از جمله حبوبات باارزشی محسوب می‌شود که منبع مناسبی جهت تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه می‌باشد. با توجه به بحران کم‌آبی و تأثیر آن به‌عنوان یک عامل محدودکننده در تولید محصولات زراعی از جمله عدس، شناسایی ارقام متحمل با بازده عملکرد مناسب ضروری به‌نظر می‌رسد. در شرایط تنش خشکی، سیستم علامت‌دهنده موجب القای ژن‌های مشخصی در مقابل اثرات زیان‌آور و تنش‌های محیطی می‌شود. کاتالاز از سری آنزیم‌های احیاکننده است که از سلول در برابر اثرات سمی پراکسید هیدروژن حمایت می‌کند. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز و الگوی بیان ژن CAT در سه رقم عدس (کیمیا، گچساران و L7)، در دو مرحله رویشی و زایشی به‌صورت گلدانی با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. سطوح تنش خشکی شامل تیمار شاهد (بدون اعمال تنش خشکی)، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله زایشی بود. تأثیر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم کاتالاز در هر دو مرحله رویشی و زایشی معنی‌دار بود. در هر دو مرحله رشد، فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم L7 بیشتر از سایر ارقام بود. بررسی الگوی بیان ژن CAT به روش Real time PCR انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که شرایط تنش منجر به افزایش بیان ژن مورد مطالعه شد؛ با این حال، افزایش بیان در ارقام مختلف متفاوت بود. بیان ژن CAT تحت اثر تنش خشکی در رقم L7 در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی نسبت به دو رقم دیگر افزایش بیشتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، ضد اکسنده آنزیمی، qRT-PCR

مقدمه

۹۵-۱۳۹۴ در ایران ۱۳۱۴۵۴ هکتار و تولید آن ۸۲۶۴۲ تن بوده است که در بین حبوبات، پس از نخود دارای رتبه دوم می‌باشد. اردبیل، آذربایجان شرقی، لرستان، زنجان و فارس مهم‌ترین مراکز تولید عدس در ایران می‌باشند (Ministry of Agricultural Jihad, 2016).

خشکی، خطری جدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان می‌باشد و تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که به‌طور میانگین سبب کاهش ۵۰ درصدی عملکرد دانه گیاهان زراعی در جهان می‌شود (Heidari & Karami, 2014). کشور ما نیز با توجه به خصوصیات آب‌وهوایی و قراردادن بیش از نیمی از مساحت کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک، با کمبود آب در مناطق زیادی مواجه می‌باشد (Sabaghpour, 2006). تحقیقات انجام شده بر روی عدس نشان داده است که این گیاه در مرحله جوانه‌زنی نسبت به مراحل بعدی، حساسیت نسبتاً کمتری به

عدس زراعی، گیاهی دیپلوئید (2n=۱۴) از جنس *Lens culinaris* گونه *culinaris* و متعلق به تیره لگومینوزه می‌باشد (Sharma & Chahota, 2004). عدس از قدیمی‌ترین منابع غذایی بشر به‌شمار می‌رود. منشأ آن خاک‌های حاصلخیز خاور نزدیک بوده و قدمت آن به شروع کشاورزی بازمی‌گردد. حدود ۲۵ درصد نیاز پروتئینی روزانه مردم کشورهای در حال توسعه جهان از حبوبات تأمین می‌شود و با توجه به این‌که عدس دارای درصد قابل توجهی پروتئین بوده (حدود ۲۳ درصد) و غنی از اسیدهای آمینه آلفا هیدروکسی اورنیتین، آلفا هیدروکسی آرژنین و هموآرژنین علاوه بر اسیدهای آمینه معمولی می‌باشد، به‌عنوان مکمل پروتئینی خوبی محسوب می‌گردد (Sulser & Sager, 1976). سطح زیرکشت عدس در سال زراعی

*نویسنده مسئول: m.koohi@gmail.com

تنش خشکی دارد. با وجود این، عدس در مراحل پیشرفته رشد نسبت به مراحل ابتدایی‌تر در برابر خشکی حساس‌تر است که نشان‌دهنده این است که اثرات تنش خشکی در طول دوره رشد گیاه تشدید می‌شود (De & Kar, 1995). دوره گلدهی، نیز حساس‌ترین مرحله فنولوژی عدس نسبت به تنش خشکی است؛ پس به نظر می‌رسد که انطباق این دوره با خشکی انتهایی فصل علت اصلی کاهش عملکرد آن می‌باشد (Ganjali & Nezami, 2008).

در ایران و بسیاری از کشورهای مختلف جهان عده کثیری از مردم برای تأمین پروتئین مورد نیاز خود از حبوبات نظیر نخود، عدس و لوبیا استفاده می‌کنند و از آنجاکه بخش عمده کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است، به‌دست آوردن لاین‌هایی با حداکثر عملکرد در شرایط کم‌آبی از مسائل مهم برای تحقیق در ایران به‌شمار می‌آید. بنابراین دستیابی به ژنوتیپ‌هایی که قادر به تحمل خشکی هستند، می‌تواند به میزان قابل‌توجهی از کاهش محصول بکاهد. در این راستا اصلاح و انتخاب ارقام عدس متحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های مناسبی که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی هستند، همواره مورد توجه اصلاح‌کنندگان بوده است (Mostafaei, 2005).

از جمله رخدادهای مهم ناشی از تأثیر تنش‌های غیرزیستی و از آن جمله تنش خشکی، افزایش تجمع گونه‌های واکنش‌گر اکسیژنی^۱ (ROS) است که شامل اکسیژن مولکولی (O_2)، سوپراکسیدازها، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل هستند که منجر به واکنش‌های اکسیداتیو در سطح سلولی می‌شود. رادیکال‌های آزاد اکسیژن با لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA واکنش داده و سبب واسرشت‌شدن پروتئین‌ها، آسیب به DNA و پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (Torres-Franklin et al., 2008; De Carvalho et al., 2008).

گیاهان جهت مقابله با تنش اکساینده ناشی از رادیکال‌های فعال اکسیژن دارای مکانیسم‌های ضد اکسنده آنزیمی و غیر آنزیمی می‌باشند. ضد اکسنده‌های غیر آنزیمی شامل گلوتاتیون و اسیدهای آسکوربیک و ضد اکسنده‌های آنزیمی، سوپر اکسید دسموتاز، کاتالاز، آسکوربیت پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز و پراکسیداز را شامل می‌شوند (Perl-Treves & Perl, 2002). مشاهده شده است که در شرایط تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان متحمل بیش از گیاهان حساس است، از این رو به نظر می‌رسد آنزیم‌های

آنتی‌اکسیدان در افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی دارای نقش مهمی می‌باشند (Heing et al., 2004; Guo et al., 2006). آنزیم کاتالاز از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود. این آنزیم وقتی در سلول‌های گیاهی و جانوری وارد عمل می‌شود که مقدار پراکسید هیدروژن (H_2O_2) در محیط زیاد باشد. کاتالاز از سری آنزیم‌های احیاکننده است که تبدیل پراکسید هیدروژن به آب و مولکول اکسیژن را کاتالیز و از سلول در برابر اثرات سمی پراکسید هیدروژن حمایت می‌کند (Sairam & Srivastava (2001). (Habibi et al., 2004) افزایش در میزان فعالیت کاتالاز را در شرایط تنش کمبود آب در هر دو گروه ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به خشکی گندم گزارش کرده و خاطرنشان نمودند نقش آنزیم‌های پاک‌کننده پراکسید هیدروژن مانند کاتالاز و گلوتاتیون ریداکتاز در افزایش تحمل به تنش خشکی بیشتر از آنزیم سوپر اکسید دسموتاز است. در آزمایشی با اعمال تنش خشکی بر گیاه سویا در مرحله گلدهی، گزارش شد میزان بیان ژن کاتالاز افزایش یافت. همچنین میزان کلروفیل برگ با میزان بیان ژن کاتالاز همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داده است (Mazandarani et al., 2012). در تحقیقی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (کاتالاز و پراکسیداز) در ارقام مختلف عدس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در هر دو مرحله رویشی و زایشی فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم محلی بیشتر از سایر ارقام بود و بالاترین مقاومت را نسبت به شرایط تنش از خود نشان داد (Allahmoradi et al., 2011).

مطالعه سازوکارها نشان داده است سیستم‌های منظم و پیچیده‌ای در پاسخ به تنش خشکی در گیاهان درگیر هستند. شناسایی ژن‌ها و مکانیسم‌های درگیر در آن‌ها تحت تنش‌های محیطی راهکارهای جدیدی برای زیست‌شناسان فراهم کرده است. محققان با انتقال این ژن‌ها به گیاهان حساس به تنش‌های محیطی توانسته‌اند گیاهان متحمل تولید نمایند. با ادامه این روند این احتمال می‌رود فرایندهای طولانی تولید لاین‌های مقاوم، کاهش یافته و دستیابی به ارقام و لاین‌ها با پتانسیل عملکرد مطلوب تسهیل شود. با توجه به مطالبی که ذکر شد، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز و بیان ژن CAT به‌عنوان ژن مرتبط با تنش خشکی در سه ژنوتیپ عدس (کیمیا، گچساران و L7) تحت شرایط تنش خشکی در مراحل رویشی و زایشی گیاه طراحی و اجرا شد.

۱. Reactive Oxygen Species

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور اصفهان انجام شد. فاکتورها شامل رقم، سه رقم عدس به نام‌های گچساران، کیمیا و L7 بودند که از ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران تهیه گردید (جدول ۱). فاکتور دوم تنش خشکی در سه سطح شاهد، تنش خشکی در مرحله ۴ تا ۵ برگی (رویشی) و تنش خشکی در آغاز دوره گلدهی (زایشی) بود. با توجه به تعداد تیمارها و تکرارها در مجموع ۲۷ گلدان تهیه شد. خاک مورد نیاز جهت پرکردن گلدان‌ها و انجام آزمایش مخلوطی از خاک مزرعه، ماسه و کود حیوانی پوسیده به ترتیب به نسبت ۴، ۲ و ۱ بود. در این آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی با رنگ تیره و زهکش مناسب با قطر ۲۰ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر استفاده گردید سپس هر گلدان با ۵ کیلوگرم خاک تهیه شده، پر شد.

جدول ۱- لیست ارقام عدس مورد مطالعه

Table 1. List of studied genotypes

رقم	ژنوتیپ	شجره نامه	مبدأ
Cultivar	Genotype	Pedigree	Origin
کیمیا (Kimia)	FLIP 92-12L	ILL 5582 × ILL 707	ICARDA
گچساران (Gachsaran)	ILL 6212	ILL 4349 × ILL 4605	ICARDA
ال ۷ (L7)	FLIP 2005-53L	ILL 7716 × ILL 590	ICARDA

بذور قبل از کاشت با قارچ کش توپسین ام^۱ ضد عفونی گردیدند. سپس ۱۵ بذر در هر گلدان و در عمق حدود ۱ سانتی‌متری کشت شد. بوته‌ها پس از سبز شدن طی دو مرحله تنک شدند و تراکم نهایی معادل ۵ بوته در هر گلدان تنظیم شد. گلدان‌ها تا زمان اعمال تیمار تنش خشکی تا حد تأمین کامل نیاز آبی گیاه، به طور مرتب آبیاری شدند. پس از آن متناسب با نوع تیمار مورد نظر، تیمارهای تنش خشکی اعمال شد. اعمال تنش برای تیمارهای تنش در مرحله رویشی، از ظهور چهارمین برگ سه برگچه‌ای آغاز و نمونه برداری پس از سه نوبت آبیاری (۹ روز بعد از اعمال تنش) انجام شد. اعمال تنش در مرحله زایشی نیز از مرحله تشکیل جوانه‌های گل آغاز و همانند تنش در مرحله رویشی نمونه برداری پس از سه نوبت آبیاری (۹ روز بعد از اعمال تنش) صورت گرفت.

به منظور محاسبه میزان آب تیمارهای تنش، ابتدا حجم خاک گلدان‌ها محاسبه شد و میزان رطوبت قابل استفاده با توجه به ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم که از نتایج آزمون خاک تعیین گردید، محاسبه شد. حد تخلیه مجاز برای عدس ۰/۵

در نظر گرفته شد (Farshi et al., 2003). سپس با در نظر گرفتن حد تخلیه مجاز ۰/۵ درصد، حد پایینی رطوبت سهل الوصول از رابطه ۱ (Farshi et al., 2003) مشخص شد:

$$\Theta_{MAD} = \Theta_{FC} - (\Theta_{FC} - \Theta_{PWP}). \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن Θ_{FC} رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی مزرعه (درصد)، Θ_{PWP} رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم (درصد) و MAD حد تخلیه مجاز می‌باشد. سپس برای تعیین عمق آبیاری و اعمال تنش خشکی، رطوبت خاک در تیمارهای شاهد با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج لرون به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. زمانی که رطوبت خاک به حد پایینی رطوبت سهل الوصول (Θ_{MAD}) رسید، عمق آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک مطابق با رابطه ۲ (Farshi et al., 2003) محاسبه و اعمال شد. میزان آب مورد نیاز برای تیمارهای تحت تنش نیز با توجه به میزان آب تیمار شاهد اعمال گردید، یعنی تیمارهای تنش ۵۰ درصد میزان آب مصرفی تیمار شاهد آب دریافت کردند. در رابطه زیر، d عمق آب مورد نیاز (متر) و D عمق مؤثر ریشه گیاه (متر) می‌باشد.

$$d = (\Theta_{FC} - \Theta_{soil}) \cdot D \quad \text{رابطه ۲:}$$

نمونه برداری و استخراج RNA

جهت نمونه برداری، از بافت‌های جوان برگ‌ها استفاده شد. نمونه‌ها به میکروتیوب‌های عاری از ریبونوکلاز انتقال یافته و برای استخراج RNA کل در دمای -80°C نگهداری شدند. مراحل استخراج به وسیله کیت Total RNA isolation kit ساخت شرکت دنایست، طبق روش ارائه شده توسط شرکت سازنده انجام شد. به منظور حذف احتمالی آلودگی DNA ژنومی از نمونه‌های استخراجی RNA، نمونه‌ها با استفاده از آنزیم DNaseI شرکت Fermentas، طبق دستورالعمل شرکت سازنده مورد تیمار قرار گرفتند.

تعیین کمیت و کیفیت RNA استخراج شده به روش طیف سنجی نوری^۲ با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر BECKMAN مدل 530 DU انجام شد. به منظور تأیید کیفیت و کمیت نمونه‌های RNA استخراج شده، از الکتروفورز ژل آگارز یک درصد استفاده شد. عکس برداری ژل با دستگاه UV-transluminator Gel document مدل Universal Hood II (ساخت شرکت BIO-RAD) در زیر پرتو فرابنفش با طول موج ۳۱۲nm و توسط نرم افزار Image Lab 4.0.1 انجام شد. مشاهده RNAهای ریبوزومی (18S و 28S) در محدوده ۱-۲ kb برای نمونه‌های RNA و عدم مشاهده حالت اسمیر روی ژل، به عنوان معیاری برای تعیین اسیدهای نوکلئیک با کیفیت بالا تلقی گردید.

2. Spectrophotometry

1. Topsin M

سنتز cDNA

سنتز رشته اول cDNA با استفاده از کیت سنتز DNA، سنتز رشته دوم با استفاده از MMLV Reverse transcriptase ساخت شرکت زیست فن آوران رنا و طبق روش ارائه شده توسط شرکت سازنده انجام شد.

طراحی آغازگر واکنش Real Time PCR

با توجه به این که اطلاعات ژنوم گیاه عدس در بانک داده ژنومی موجود نبود، به منظور طراحی آغازگر، ابتدا گیاهانی که ژن‌های مورد نظر در آن‌ها شناسایی شده بودند، مشخص گردید و گیاهانی که نزدیکی تاکسونومیکی بیشتری به گیاه عدس داشتند، انتخاب شدند. توالی ژن‌های مورد نظر مربوط به گیاهان انتخابی، از پایگاه داده (NCBI)^۱ استخراج شد و با استفاده از نرم افزار MEGA4 هم‌ردیف^۲ شدند و سپس مناطق حفاظت شده این توالی‌ها برای طراحی آغازگر انتخاب شدند و به کمک نرم افزار Oligo7 آغازگرهای رفت^۳ و برگشت^۴ برای ژن‌های مورد نظر طراحی شد. ژن خانگی *Actin* به عنوان ژن کنترل داخلی انتخاب و دو جفت آغازگر اختصاصی *CAT* (Catalase) و *ACT* (Actin) (جدول ۲) جهت سنتز به شرکت ماکروژن کره جنوبی ارسال شدند.

تجزیه و تحلیل الگوی بیان ژن *CAT* با استفاده از داده‌های Real time PCR

cDNA های مربوط به بافت برگ سه رقم گیاه عدس در شرایط شاهد و تنش در دو مرحله رویشی و زایشی، با سه تکرار آزمایشی و دو تکرار تکنیکی در واکنش‌های جداگانه با یک جفت آغازگر اختصاصی (*CAT*) و یک جفت آغازگر کنترل داخلی (*ACT*)، طبق برنامه حرارتی جدول ۳ مورد آزمایش قرار گرفتند. اجزای واکنش به صورت مستر میکس سایبرگرین ۱۰ میکرولیتر، آغازگر رفت و برگشت هر کدام ۱ میکرولیتر و نمونه cDNA ۱ میکرولیتر در حجم کل ۲۰ میکرولیتر آماده شد و در استریپ‌های^۵ مخصوص واکنش qPCR ساخت شرکت Applied Biosystem افزوده شد. در این واکنش از کیت SYBR qPCR RB SYBR Green I Dye حاوی ساخت شرکت زیست فن آوران رنا استفاده شد. واکنش با استفاده از دستگاه ترموسایکلر (Applied Biosystem مدل Step One 48 well) به روش Comparative Ct ($\Delta\Delta Ct$) انجام گرفت.

چرخه آستانه (*Ct*) برای هر یک از نمونه‌ها توسط دستگاه تعیین شد و داده‌ها به روش کمیت‌سنجی نسبی توسط رابطه ۳

نرمال سازی شدند (Pfaffl et al., 2002; Tichopad et al., 2004):

$$\text{Ratio} = \frac{(E_{\text{target}})^{\Delta CT_{\text{target (control-sample)}}}}{(E_{\text{ref}})^{\Delta CT_{\text{ref (control-sample)}}}} \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این رابطه، Ratio بیان کمی ژن می‌باشد که فاقد واحد است. E کارایی تکثیر، CT شماره چرخه آستانه تشخیص نور فلورسنت توسط دستگاه، Target ژن هدف، Ref ژن کنترل داخلی، $\Delta CP_{\text{target (control-sample)}}$ اختلاف بیان ژن بین نمونه شاهد و تیمار و $\Delta CP_{\text{ref (control-sample)}}$ اختلاف بیان ژن منبع بین نمونه شاهد و تیمار است.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز

فعالیت آنزیم کاتالاز به روش Aebi (1984) اندازه‌گیری شد که براساس تجزیه پراکسید هیدروژن توسط آنزیم کاتالاز بود. کاهش جذب پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر و به مدت ۱ دقیقه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (طیف‌سنج ماورای بنفش مرئی) مدل UV-2550 Shimadzu و به روش سینتیک^۶ اندازه‌گیری شد. جهت تعیین مقدار حجم فعالیت از رابطه ۴ استفاده شد. تعریف یک واحد، مقدار آنزیمی است که ۱ میکرومول پراکسید هیدروژن را در هر دقیقه در pH=7 و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تجزیه می‌کند.

رابطه ۴ (Maksimovic & Zivanovic, 2012):

$$\text{Volume activity} \left(\frac{\text{Unit}}{\text{ml}} \right) = \frac{\Delta A \cdot V_q}{0.0436 \cdot V_s}$$

در این رابطه ΔA تفاوت میزان جذب نوری قرائت شده توسط دستگاه در ۱ دقیقه، V_q حجم مخلوط واکنش در کووت، V_s حجم نمونه استفاده شده، 0.0436 ضریب خاموشی پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر (سانتی‌متر مربع/میکرومول) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های واکنش Real time PCR با استفاده از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ و LinRegPCR انجام شد. همچنین به منظور تجزیه واریانس داده‌های سنجش مولکولی و فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش و شاهد، از نرم افزار SAS نسخه ۸/۰ استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها به صورت برش‌دهی به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (Soltani, 2006).

1. National Center for Biotechnology Information
2. Sequence Alignment
3. Forward primer
4. Reverse primer
5. Real time strips

جدول ۲- لیست آغازگرهای مورد استفاده

Table 2. List of used primers

آغازگر Primer	توالی آغازگر Primer sequence (5'→3')	طول قطعه نوکلئوتید Product size (bp)	دمای اتصال (درجه سانتی‌گراد) Annealing temperature (°C)
ACT-F ACT-R	TGGCCGTACAACCTGGTATTG GCTCTGCAGATGTGGTGAA	182	54
CAT-F CAT-R	CCAACCACAGCCATGCCACT AGGACCAAGCGACCAACAG	187	56

جدول ۳- شرایط واکنش Real time PCR

Table 3. Real time PCR condition

مرحله واکنش Step	تعداد چرخه Cycle	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	زمان (ثانیه) Time (sec)
واشرشت اولیه Initialization	1	95	180
واشرشت Denaturation	40	95	20
اتصال Annealing		55	30
گسترش Extension		72	30
	1	95	15
نمودار ذوب Melt curve		60	60
		0.3 +	-
		95	15

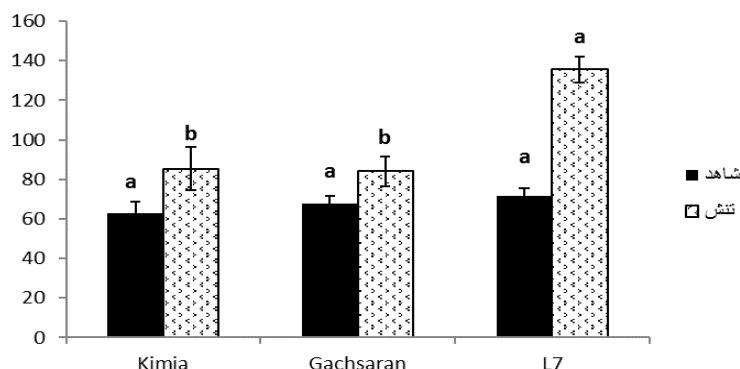
نتایج و بحث

تأثیر تنش خشکی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام عدس در این تحقیق بین ارقام عدس مورد مطالعه در تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با اعمال تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر سه رقم افزایش نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم L7 به میزان ۱۳۵/۵۶ واحد (دو برابر میزان آن در شرایط شاهد) مشاهده شد. ارقام کیمیا و گچساران به ترتیب با فعالیت ۸۵/۲۷ و ۸۴/۱۵ واحد آنزیم کاتالاز اختلاف معنی‌دار با رقم L7 نشان دادند (شکل ۱).

فعالیت بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در واکنش به تنش خشکی افزایش می‌یابد (Manivannan et al., 2007). نتایج به‌دست‌آمده در مورد چندین رقم حساس و مقاوم به خشکی گندم نشان می‌دهد که احتمالاً خشکی می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد. همچنین مشخص شده است فعالیت آنزیم‌های (کاتالاز و سوپر اکسید دسموتاز) تحت شرایط تنش کمبود آب در ارقام مقاوم

به خشکی گندم در مقایسه با ارقام حساس افزایش بیشتری را نشان می‌دهد (Lascano et al., 2005). در این تحقیق به‌نظر می‌رسد هرچند تنش خشکی موجب افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در هر سه رقم مورد بررسی گردید، اما اختلاف بین ارقام از نظر درصد افزایش فعالیت کاتالاز در شرایط تنش در مقایسه با شرایط شاهد، نمایانگر تفاوت ارقام مورد بررسی از لحاظ توانایی آنها جهت مقابله با صدمات اکسیداتیو است. البته قابل ذکر است که گزارش‌ها در مورد تأثیر تنش‌های مختلف بر روی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز متفاوت است. افزایش، کاهش و یا عدم تغییر در فعالیت کاتالاز تحت شرایط تنش خشکی نیز مشاهده شده است (Liu & Huang, 2000).

Sairam & Srivastava (2001) افزایش در میزان فعالیت کاتالاز را در شرایط تنش کمبود آب در هر دو گروه ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به خشکی گندم گزارش کرده و خاطرنشان نمودند که نقش آنزیم‌های پاک‌کننده پراکسید هیدروژن مانند گلوکاتایون رداکتاز و کاتالاز در افزایش تحمل به تنش خشکی بیشتر از آنزیم سوپر اکسید دسموتاز است.



شکل ۱- تاثیر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام مختلف عدس

ستون‌های دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$)

Fig. 1. Effect of drought stress on catalase activity in different lentil cultivars
Columns with different letters show statistically significant difference ($P < 0.05$).

و کیمیا در هر دو مرحله با اختلاف معنی‌دار در رتبه بعدی قرار گرفتند (شکل ۲-د).

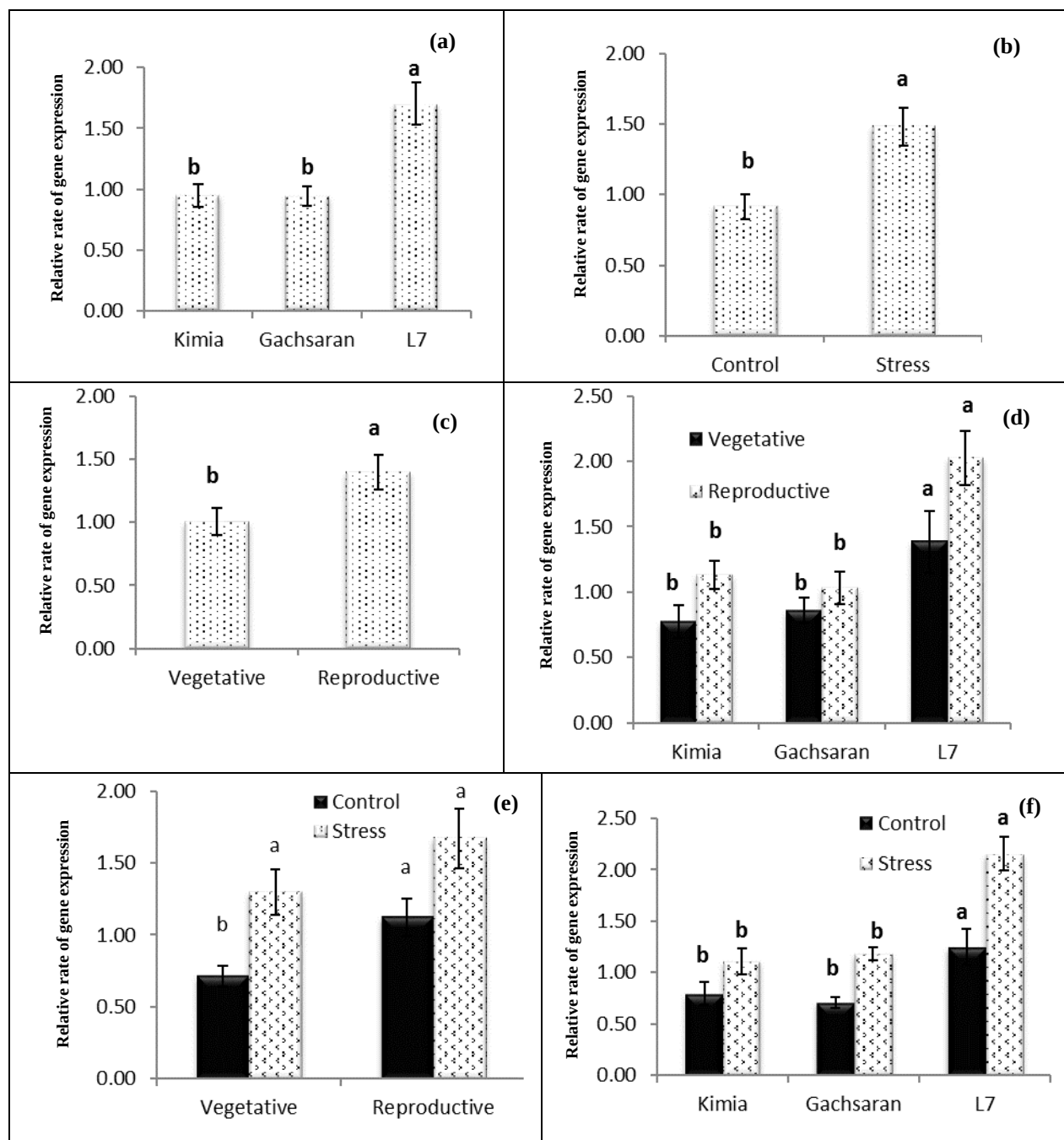
با بررسی اثر متقابل تنش خشکی با رقم مشاهده شد که در بین ارقام مورد مطالعه با اعمال تنش خشکی بیشترین افزایش میزان بیان ژن CAT به رقم L7 مربوط می‌شود، به‌طوری‌که در شرایط تنش نسبت به شاهد (بدون تنش) میزان بیان ژن، ۱/۷ برابر افزایش داشت (شکل ۲-ف). با توجه به شکل ۲-ف مشاهده می‌شود در شرایط شاهد و تنش از نظر میزان بیان ژن، بین ارقام گچساران و کیمیا اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، درحالی‌که در هر دو شرایط شاهد و تنش، رقم L7 با اختلاف معنی‌دار در رتبه نخست قرار دارد.

در تحقیقی که به‌منظور بررسی الگوی بیان ژن کاتالاز در سه رقم گندم، در پاسخ به تنش خشکی در چهار سطح شامل ۰/۳، ۰/۹، ۸- و ۱۲- بار انجام شد و سه رقم زاگرس (متحمل)، مغان (نیمه متحمل) و تجن (حساس) مورد بررسی قرار گرفت، بیان ژن کاتالاز تا تیمار ۸-بار افزایش و پس از آن در تیمار ۱۲-بار کاهش معنی‌داری در تمام ارقام به‌ویژه رقم تجن نشان داد. بیشترین بیان در تیمار ۰/۹-بار خشکی و در رقم زاگرس ملاحظه شد، درحالی‌که در رقم مغان حداکثر سطح رونوشت‌برداری در تیمار ۸-بار حاصل گردید. به‌طور کلی فعالیت ژن کاتالاز با افزایش شدت تنش، افت چشمگیری نشان داد، با این حال سطوح میانی تنش سبب تحریک فعالیت ژن مورد مطالعه گردید (Moloudi et al., 2013). بررسی الگوی بیان ژن CAT در ارقام حساس و متحمل به خشکی سویا نیز با استفاده از PCR در زمان واقعی، نشان داد بیان ژن CAT تنش خشکی در رقم متحمل حدود دو برابر رقم حساس بود (Ahmadi & Soleimani, 2015) که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت دارد.

بررسی بیان ژن کاتالاز (CAT) در ژنوتیپ‌های عدس در پاسخ به تنش خشکی در دو مرحله رویشی و زایشی

بررسی بیان ژن CAT در برگ نمونه‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده اثر معنی‌دار رقم، مرحله رشد و تنش خشکی بر میزان بیان ژن بود. همچنین اثر متقابل رقم در مرحله رشد و رقم در تنش بر میزان بیان ژن CAT معنی‌دار شد (جدول ۴). بین ارقام مورد مطالعه از نظر میزان بیان ژن CAT اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که رقم L7 با ۱/۷ بیشترین میزان بیان ژن و ارقام کیمیا و گچساران به ترتیب با ۰/۹۵ و ۰/۹۴ کمترین میزان بیان ژن را به خود اختصاص دادند (شکل ۲-ا).

با توجه به شکل ۲-ب میزان بیان ژن پس از اعمال تنش خشکی افزایش معنی‌داری در حدود ۱/۶ برابر نسبت به نمونه شاهد (بدون تنش خشکی) داشت. بررسی بیان ژن CAT در برگ گیاهان مورد مطالعه نشان داد بیان این ژن در مرحله زایشی نسبت به مرحله رویشی به میزان ۰/۳۹ افزایش یافته است (شکل ۲-ج). با توجه به شکل ۲-ه هرچند افزایش میزان کاتالاز در هر دو مرحله رویشی و زایشی در شرایط تنش نسبت به شاهد مشاهده می‌شود، اما میزان این افزایش در مرحله زایشی بیشتر از مرحله رویشی می‌باشد. حساسیت بیشتر گیاه عدس در مرحله گلدهی و پُرشدن دانه نسبت به تنش خشکی در نتایج تحقیقات (Mishra et al., 2016)، (Shrestha et al., 2006a) و (2014) مقایسه ارقام عدس مورد مطالعه، از نظر میزان بیان ژن CAT، در دو مرحله رویشی و زایشی نشان داد که در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی، رقم L7 به ترتیب با ۱/۳۹ و ۲/۰۲ بیشترین میزان بیان ژن را در بین ارقام داشت. ارقام گچساران



شکل ۲- مقایسه میزان بیان ژن CAT در a: سه رقم عدس، b: دو سطح تنش و عدم تنش خشکی، c: دو مرحله رویشی و زایشی، d: اثر متقابل ژنوتیپ × مرحله رشد، e: اثر متقابل مرحله رشد × تنش و f: اثر متقابل ژنوتیپ × تنش

ستون‌های دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

Fig. 2. The comparison of CAT gene expression in a: three cultivars of lentil, b: stress and non-drought stress, c: vegetative and reproductive, d: genotype × growth stage, e: growth stage × stress, and f: genotype × stress

Columns with different letters show statistically significant difference ($P < 0.05$).

جدول ۴- تجزیه واریانس بیان ژن کاتالاز در ارقام عدس

Table 4. Analysis of variance of CAT gene expression in lentil cultivars

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares
رقم Cultivar	2	2.278**
تنش Stress	1	2.896**
مرحله رشد Growth stage	1	1.373**
رقم × تنش Genotype × Stress	2	0.283**
رقم × مرحله رشد Genotype × Growth stag	2	0.163*
تنش × مرحله رشد Stress × Growth stage	1	0.002 n.s.
رقم × تنش × مرحله رشد Genotype × Stress × Growth stage	2	0.016 n.s.
خطا Error	24	0.041
ضریب تغییرات CV (%)	-	16.92

ns, *, **: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و اختلاف غیرمعنی دار

**, *: Significantly different at a=0.05 and a=0.01 probability levels, respectively; ns: non-significant

نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر، در هر سه رقم عدس، میزان بیان ژن مورد مطالعه، همبستگی بالایی با نتایج فیزیولوژیکی نشان داد. بر این اساس می توان نتیجه گیری نمود که بین فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام عدس مورد مطالعه در شرایط شاهد و تحت تنش و میزان بیان ژن CAT هماهنگی وجود داشته است. با توجه به آن که بیان این ژن در گونه های زراعی دیگر سبب مقاومت به خشکی گردیده است، انتظار می رود در ارقام با افزایش بیان بیشتر در طی تنش خشکی، مقاومت بیشتری مشاهده گردد. بررسی اثر تنش خشکی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در مرحله رویشی و زایشی ارقام عدس مورد مطالعه نیز نشان داد که در هر دو مرحله رشد در ارقام عدس مورد مطالعه، تنش خشکی باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز می شود. تحت شرایط تنش، رقم L7 در هر دو مرحله رویشی و زایشی نسبت به دو

رقم دیگر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز بیشتری نشان داد. به نظر می رسد که بالابودن فعالیت آنزیم کاتالاز بتواند سبب ایجاد مقاومت احتمالی در این ارقام گردد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، به نظر می رسد رقم L7 نسبت به ارقام کیمیا و گچساران از تحمل پذیری بیشتری نسبت به تنش خشکی برخوردار باشد، هر چند تأیید این موضوع به بررسی تحمل پذیری این گیاه به تنش خشکی در شرایط مزرعه ای نیازمند است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاران پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی گچساران به ویژه جناب آقای دکتر کریمی زاده که در تأمین بذور ارقام مورد مطالعه همکاری داشته اند، تشکر و قدردانی می شود.

منابع

- Aebi, H. 1984. Catalase in Vitro. Methods in Enzymology 105: 121-126.
- Ahmadi, J., and Soleimani, V. 2015. The Expression profile of OSBP, CAT and BZIP genes in drought tolerant and susceptible soybean cultivars using real time PCR. Agricultural Biotechnology 6(3):1-16 (In Persian with English Summary).
- Allahmoradi, P. 2011. The Reaction of antioxidants of lentil (*Lens culinaris* Medik) cultivars in response to drought stress. MSc. Thesis. Razi University, Iran (In Persian).

4. De Carvalho, M.H.C., and Contour-Ansel, D. 2008. (h)GR, beans and drought stress. *Plant Signaling & Behavior* 3(10): 834-835.
5. De, R., and Kar, R.K. 1995. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG-6000. *Seed Science Technology* 23: 301-308.
6. Farshi, A., Siadat, H., Darbandi, S., Ansari, M., Kheirabi, J., Mirlatifi, M., Salamat, A., and Sadat-Miri, M.H. 2003. *Irrigation Water Management on the Farm*. First Edition. Iranian National Irrigation and Drainage Committee Publishers. p. 187. (In Persian).
7. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008. *Ecophysiology and Limiting the Yield of Beans*. Mashhad University Jihad Publishers. p. 500. (In Persian).
8. Guo, Z., Ou, W., Lu, S., and Zhong, Q. 2006. Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. *Plant Physiology and Biochemistry* 44: 828-836.
9. Habibi, D., Boojar, M.M., Mahmoudi, A., Ardakani, M.R., and Taleghani, D. 2004. Antioxidative Enzymes in sunflower subjected to drought stress. In 4th International Crop Science Congress, September 2010, Australia. p.1-4.
10. Heidari, M., and Karami, V. 2014. Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 13: 9-13.
11. Hieng, B., Ugrinovic, K., Sustar-Vozlic, J., and Kidric, M. 2004. Different classes of proteases are involved in the response to drought of *Phaseolus vulgaris* L. cultivars differing in sensitivity. *Journal of Plant Physiology* 161(5): 519-530.
12. Lascano, H.R., Antonicelli, G.E., Luna, C.M., Melchiorre, M.N., Gomez, L.D., Racca, R.W., Trippi, V.S., and Casano, L.M. 2005. Antioxidant system response of different wheat cultivars under drought: field and in vitro studies. *Australian Journal of Plant Physiology* 28: 1095-1102.
13. Liu, X., and Huang, B. 2000. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass. *Crop Science* 40: 503-510.
14. Maksimović, J.J.D., and Živanović, B.D. 2012. Quantification of the antioxidant activity in salt-stressed tissues. In: *Plant Salt Tolerance Humana Press*, Totowa, NJ. p. 237-250.
15. Manivannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Sridharan, R., and Panneerselvam, R. 2007. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. by propiconazole under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 57(1): 69-74.
16. Mazandarani, A., Rahim-Malek, M., Navvabpur, S., and Ramazanpur, S.S. 2012. Catalase gene expression under drought stress at flowering stage in soybean cultivars. 3rd Iranian Agricultural Biotechnology Congress. September 3-5, 2012. Ferdowsi University Mashhad, Iran. p. 312. (In Persian).
17. Ministry of Agricultural Jihad. 2016. *Agricultural Products Statistics*. p. 117. (In Persian).
18. Mishra, B.K., Srivastava, J.P., and Lal, J.P. 2014. Drought stress resistance in two diverse genotypes of lentil (*Lens culinaris* Medik.) imposed at different phenophases. *Journal of Food Legumes* 27(4): 307-314.
19. Mishra, B.K., Srivastava, J.P., Lal, J.P., and Sheshshayee, M.S. 2016. Physiological and biochemical adaptations in lentil genotypes under drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology* 63(5): 695-708.
20. Moloudi, F., Navabpour, S., Soltanloo, H., Ramazanpour, S.S., and Sadeghipour, H. 2013. Catalase and Metallothionein genes expression analysis in wheat cultivars under drought stress condition. *Journal of Plant Molecular Breeding* 1(2): 54-68. (In Persian with English Summary).
21. Mostafaei, A. 2005. *Theoretical and Practical Electrophoresis of Protein in the Gel*. Yadavaran Publishers. p. 184. (In Persian).
22. Perl-Treves, R., and Perl, A. 2002. Oxidative stress: an introduction. *Oxidative Stress in Plants* p. 1-32.
23. Pfaffl, M.W., Horgan, G.W., and Dempfle, L. 2002. Relative expression software tool (REST) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in real-time PCR. *Nucleic Acids Research* 30(9): 36-36.
24. Sabaghpoar, S.H. 2006. *Parameters and Mechanisms of Drought Tolerance in Crops*. National Committee of Agriculture Aridity and Drought Management 145 p.
25. Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186(1): 63-70.
26. Sharma, S.K., and Chahota, R. 2004. Current status of interspecific hybridization in genus lens. *Journal of Lentil Research* 1: 15-18.

27. Shrestha, R., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Turner, D.W., and Speijers, J. 2006a. A water deficit during pod development in lentils reduces flower and pod numbers but not seed size. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 427-438.
28. Soltani, A. 2006. Revision of the Application of Statistical Methods in Agricultural Research. Mashhad University Jihad Publications. p. 74. (In Persian).
29. Sulser, H., and Sager, F. 1976. Identification of uncommon amino acids in the lentil seed (*Lens culinaris* Med.). *Experientia* 32(4): 422-423.
30. Tichopad, A., Didier, A., and Pfaffl, M.W. 2004. Inhibition of real-time RT-PCR quantification due to tissue specific contaminants. *Molecular and Cellular Probes* 18: 45-50.
31. Torres-Franklin, M.L., Contour-Ansel, D., Zuily-Fodil, Y., and Pham-Thi, A. T. 2008. Molecular cloning of glutathione reductase cDNAs and analysis of GR gene expression in cowpea and common bean leaves during recovery from moderate drought stress. *Journal of Plant Physiology* 165(5): 514-521.

Changes in *CAT* gene expression of and catalase enzyme activity under drought stress in lentil (*Lens culinaris* Medik) cultivars

Rahimi¹, M., Koochi Dehkordi^{2*}, M. & Danesh Shahraki³, A.

1. MSc., Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University; manijeh.rahimi89@gmail.com
2. Assistant Professor, Agricultural Biotechnology, Department of Agricultural Sciences, College of Agriculture, Payame Noor University
3. Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Shahrekord University; ar_danesh2000@yahoo.com

Received: 11 June 2018
Accepted: 18 September 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73034

Introduction

Lentil is one of the oldest sources of human food. Since around 25% of the daily protein requirement of the developing world's peoples comes from legumes, considering to significant percentage of protein (about 23%) and high amino acids content of alpha-hydroxy- ornitin, alpha-hydroxy-arginine and hemoarginine in addition to ordinary amino acids in lentils, this plant commonly known as good protein supplements. Drought stress as one of the most important non-biological stresses causes an average of 50% reduction in crop yield in the world. In Iran is also faces a shortage of water in many areas due to climate characteristics and more than half of the country's land are in arid and semi-arid areas. Research on lentil has shown that this plant is more sensitive to drought during advanced stages of growth than the early stages, and it seems that the adaptation of this period to the end of the season is the main cause of its reduced yield. Therefore, achieving genotypes that are able to resist drought condition can significantly prevent crop yields. It has been observed that, under drought stress conditions, the activity of antioxidant enzymes in tolerant plants is much higher compare to sensitive plants. It seems antioxidant enzymes have an important role in tolerance to drought stress. Therefore, in this study, the effects of drought stress on catalase enzyme activity and *CAT* gene expression pattern in three lentil cultivars (Kimia, Gachsaran and L7) in both stages of vegetative and reproductive were studied.

Materials & Methods

The experiment was performed in a completely randomized design with three replications for three levels of drought stress (without drought stress, stress in the vegetative stage and stress in the reproductive stage) and analyzed in factorial experiment. Young leaf tissues were used for RNA extraction, samples were transferred to ribonuclease free microtubules and stored at 80°C. The total RNA extraction was performed using the Denazist Total RNA isolation kit. To eliminate the possible contamination of the genomic DNA from extracted RNA samples, the samples were treated with DNaseI enzyme. An agarose gel electrophoresis was used to confirm the quality and quantity of RNA samples. Synthesis of the first strand of cDNA was performed using DNA synthesis kits, RB MMLV Reverse Transcriptase, manufactured by RNA Biotechnology Company. Two specific primers *CAT* (Catalase) and *ACT* (Actin) (internal control gene) were used to analyses the gene expression. In this reaction, the RB SYBR qPCR kit containing SYBR® Green I Dye was used manufactured by RNA Biotechnology Company. The reaction was carried out using Thermocycler Applied Biosystem, Model Step One 48 well by Comparative Ct ($\Delta\Delta C_t$) method and according to the methodology presented by the manufacturer. The threshold cycle (C_t) for each sample was determined by the device, then the data were analyzed by relative quantitative method by Pfaffl *et al.* (2002). The activity of catalase enzyme was measured by Aebi (1984) method. Analysis of Real Time PCR data was performed using Excel and LinRegPCR softwares. The SAS software was used to analyze the variance of the data. Comparison of the averages was performed using the least significant difference (LSD) method at the 5% probability level.

*Corresponding Author: m.koochi@gmail.com

Results & Discussion

Based on the obtained result, there was no significant difference between the cultivars of lentil in control treatment (no drought stress) for catalase activity. By applying drought stress, the activity of catalase enzyme increased in all three cultivars. The highest activity of catalase was observed in L7 (Twice as much as the control) and Kimia and Gachsaran cultivars were significantly different from the L7 cultivar. Significant differences were observed between the cultivars in *CAT* gene expression. The L7 cultivar with 1.7 showed the highest gene expression and Kimia and Gachsaran cultivars had the lowest *CAT* gene expression with 0.95 and 0.94, respectively. Gene expression level at reproductive stage was increased to 0.39 in compared to vegetative stage. Drought stress increased the *CAT* gene expression significantly (about 1.6 times of control). In both vegetative and reproductive stages, L7 cultivar had the highest gene expression with rate of 1.39 and 2.2, respectively. Investigating the interaction of drought stress with cultivar showed that there was no significant difference between Gachsaran and Kimia cultivars in control and stress conditions in terms of gene expression level, while in both control and stress conditions, L7 cultivar showed the significant difference.

Conclusion

Based on the results of this study, in all three lentil cultivars, the gene expression pattern showed high correlation with physiological results. Due to the fact that expression of *CAT* gene in other cultivars causes drought resistance, it is expected that more resistance will be observed in the cultivars by increasing the expression during drought stress. Under stress conditions, L7 cultivar showed higher catalase activity in both vegetative and reproduction stages than the other two cultivars. Therefore, it seems that L7 cultivar is more tolerant to drought stress than Kimia and Gachsaran cultivars.

Keywords: Antioxidant enzyme, Dehydration stress, qRT-PCR

کنترل پوسیدگی و پژمردگی فوزاریومی ریشه نخود با عوامل *Fusarium solani* و *Fusarium oxysporum* با استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه

مسعود سهرابی^۱، خسرو چهری^۲ و روح‌الله شریفی^{۳*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ masoodsohrabi13677@gmail.com

۲- استادیار فارغ‌شناسی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ khchehri@gmail.com

۳- استادیار کنترل بیولوژیک، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۲

چکیده

بیماری پوسیدگی و پژمردگی فوزاریومی نخود که به‌ترتیب توسط گونه‌های *Fusarium solani* و *Fusarium oxysporum* ایجاد می‌شود. یکی از مهم‌ترین بیماری‌های نخود در ایران است. در این پژوهش، امکان افزایش رشد گیاه و کنترل بیماری توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه جدا شده از ریزوسفر گیاه نخود مورد بررسی قرار گرفت. از ۱۰۰ جدایه باکتری به‌دست‌آمده بر اساس روش هاله بازدارندگی علیه هر دو بیمارگر، ۱۶ جدایه انتخاب شدند. بیشترین هاله بازدارندگی مربوط به جدایه B13 با ۱۱ میلی‌متر علیه بیمارگر *F. oxysporum* بود. سه آزمایش شامل افزایش رشد گیاه در عدم حضور بیمارگرها، مهار پژمردگی فوزاریومی و مهار پوسیدگی فوزاریومی توسط جدایه‌های منتخب و در شرایط گلخانه انجام شد. در عدم حضور بیمارگرها، جدایه B2 وزن خشک اندام‌های هوایی را از ۱/۰۸ به ۳/۶۹ افزایش داد و جدایه‌های B3 و B4 بهترین جدایه‌ها در بهبود رشد ریشه بودند. در آزمایش دوم، جدایه‌های B2 و B13 بیماری پژمردگی فوزاریومی با عامل *F. oxysporum* را بیش از ۹۳ درصد کاهش دادند. جدایه B2 در حضور این بیمارگر، میانگین وزن خشک اندام هوایی را ۴/۴ برابر و میانگین وزن خشک ریشه را ۵/۴ برابر افزایش داد. در آزمایش سوم، جدایه B6 بهترین جدایه علیه بیمارگر *F. solani* بود و شاخص بیماری را بیش از ۷۳ درصد کاهش داد. این جدایه در حضور این بیمارگر، وزن خشک اندام‌های هوایی را ۳/۲ برابر و وزن خشک ریشه را ۲/۹ برابر افزایش داد. شناسایی مولکولی به روش 16S rDNA نشان داد که جدایه‌های B2، B3، B6 و B13 به‌ترتیب متعلق به *Bacillus sp.*، *Achromobacter sp.*، *Bacillus pumilus* و *Bulkholderia sp.* بودند. در مجموع استفاده از باکتری‌های ریزوسفری می‌تواند رهیافتی امیدبخش در مدیریت بیماری‌های فوزاریومی نخود باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد گیاه، کشاورزی پایدار، کنترل بیولوژیک، *Fusarium oxysporum* و *Fusarium solani*

مقدمه

گیاه نخود (*Cicer arietinum*) توسط بیمارگرهای متعددی مورد حمله قرار می‌گیرد که بیماری پژمردگی و بوته زردی با عامل *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* یا *Fusarium redolens* و پوسیدگی ریشه با عامل *Fusarium solani* از مهم‌ترین بیماری‌های این گیاه می‌باشد (Shanthi & Vittal, 2013, Singh et al., 2013). مبارزه با قارچ فوزاریوم مانند بیشتر قارچ‌های خاکزی آسان نیست. روش‌های شیمیایی و زراعی برای مبارزه با این بیماری‌ها ارائه شده است که البته با توجه به مآثر زیست‌شناسی و بیماری‌زایی این قارچ چندان موفق نبوده‌اند (Naseby et al. 2000). لذا در سال‌های اخیر بیشترین توجه به سمت مبارزه تلفیقی این

بیماری و استفاده از روش‌های بیولوژیکی معطوف شده است (Nakkeeran et al., 2006). باکتری‌های مفید از طریق آنتی‌بیوز، آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی، پارازیت‌سیم، تحریک سیستم دفاعی گیاه، تحریک رشد گیاه و همچنین از طریق رقابت برای جا و غذا باعث مهار بیماری می‌شوند (Nakkeeran et al., 2006, Sharifi & Ryu, 2017). گزارش‌های متعددی از مهار گونه‌های فوزاریوم به‌وسیله باکتری‌های مفید خاک در گیاهان مختلف گزارش شده است. باکتری‌های از جنس ریزوبیوم و سودوموناس قادر بوده‌اند بیماری ناشی از قارچ *F. solani* f. sp. *phaseoli* را در باقلا تا ۶۶ درصد کنترل کنند (Golpayegani et al., 2011). در مطالعه دیگر باکتری محرک رشد *Rhizobium leguminosarum* قادر بود بیماری پوسیدگی ریشه باقلا با عامل *F. solani* را ۶۰ درصد کنترل کند

*نویسنده مسئول: r.sharifi@razi.ac.ir

یک قرص میسلیمی از کشت جوان قارچ بیمارگر در وسط تشتک پتری قرار گرفت و پتری‌ها تا زمان کامل شدن رشد تشتک پتری شاهد در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

استخراج DNA، تعیین ترادف و شناسایی جدایه‌های منتخب
استخراج DNA باکتری به روش لیز قلیایی انجام شد (Rademaker & de Bruijn, 1997) و ناحیه 16S rRNA با استفاده از آغازگرهای عمومی 27F (5-AGAGTTTGGATCMTGGCTCAG-3) و 1429 (5-CGGTTACCTTGTTACGACTT-3) تکثیر شد (Jiang et al., 2006). پس از مشاهده باند مدنظر روی ژل الکتروفورز یک درصد، مقدار ۵۰ میکرولیتر محصول PCR جهت تعیین توالی قطعه به شرکت Bioneer (Korea) ارسال شد. جدایه‌های قارچ روی محیط کشت PDA کشت شدند و به مدت هفت روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند و DNA جدایه‌ها مطابق روش (Möller et al., 1992) استخراج شد. تکثیر و توالی ژن Translation Elongation Factor (*TEF-1α*) با استفاده از آغازگرهای 5'-ATG GGT و EF1 (AAG GAG GAC AAG AC-3') و EF2 (AGT ACC AGT GAT CAT GTT-3') انجام شد. ژن تکثیر یافته با استفاده از کیت خالص سازی (Quiagen)، مطابق دستورالعمل ارائه شده توسط شرکت سازنده خالص سازی شد. محصول به دست آمده، به منظور تعیین توالی DNA، به شرکت First Base در سنگاپور فرستاده شد. توالی‌های دریافت شده از جدایه‌های باکتری و قارچ به روش دستی و با استفاده از نرم افزار Bioedit ویرایش گردیدند. رشته‌های برآیند با برنامه Basic Local Aligment Search Tool (BLAST) در Gene bank با توالی‌های موجود در این پایگاه مقایسه گردید.

آزمون گلخانه‌ای

تهیه مایه بیمارگر

گونه‌های بیمارگر از مزارع نخود کرمانشاه جداسازی شده و با استفاده از اطلس (Gerlach & Nirenberg, 1982) شناسایی شدند. اثبات بیماری‌زایی در شرایط گلخانه و روی نخود رقم بیونینج انجام گرفت. برای تهیه مایه قارچ‌های بیمارگر، ورمی‌کولایت طی دو نوبت با فاصله زمانی ۲۴ ساعت سترون (دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲۰ دقیقه) گردید. مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر از محیط مایع PDB (Potato Dextrose Broth) به ۲۵۰ میلی‌لیتر ورمی‌کولایت سترون اضافه و دوباره اتوکلاو شد. در شرایط سترون قرص‌های میسلیمی قارچ از حاشیه کشت جوان قارچ روی محیط PDA به داخل بطری‌های

(Serajzadeh et al., 2013). باکتری‌های محرک رشد از جنس‌های *Rhizobium* و *Pseudomonas* توانستند بیماری را در لرستان تا ۶۶ درصد کنترل کنند (Golpayegani et al., 2011). عوامل بیوکنترل قادر به مهار قارچ عامل پژمردگی نیز بوده‌اند. سویه‌های متعلق به گونه *Pseudomonas fluorescens* به صورت مؤثری بیماری پژمردگی گوجه‌فرنگی ناشی از قارچ *F. oxysporum* را ۳۳/۰۸ درصد مهار کرده‌اند (Manafi Dizaji et al., 2012). در نخود نیز سویه‌ای از *P. fluorescence* توانست بیماری پژمردگی فوزاریومی نخود با عامل *F. oxysporum* f.sp. *ciceris* را ۱۰۰ درصد کنترل کند (Ebrahimi Kazemabad et al., 2013).

هدف این پژوهش جداسازی و غربال‌گری جدایه‌های باکتری‌های از ریزوسفر گیاه نخود در استان‌های کرمانشاه و کردستان و بررسی اثر آن‌ها علیه دو بیماری پوسیدگی و پژمردگی فوزاریومی نخود در شرایط گلخانه بود. در نهایت جدایه‌های برتر با تعیین توالی ژن DNA ریبوزومی شناسایی شدند.

مواد و روش‌ها

جداسازی باکتری‌های محرک رشد گیاه

نمونه‌برداری از مزارع نخود در استان‌های کرمانشاه و کردستان از اوایل اردیبهشت تا اواخر خردادماه ۱۳۹۶ صورت پذیرفت. برای جدا کردن باکتری‌های محرک رشد گیاه، از بوته‌هایی که رشد بیشتری داشتند و در مزرعه دارای بیماری، از بوته‌های کمتر آلوده، نمونه‌برداری شد. جهت جدا کردن باکتری‌ها، ریشه‌ها زیر آب شست‌وشو داده شده و سپس با استفاده از هاون چینی ضد عفونی گردیده و آب مقطر سترون سوسپانسیونی از ریشه‌های له شده و خاک چسبیده به ریشه تهیه گردید. سری رقت تهیه شد و از سوسپانسیون حاصل روی محیط کشت NA (Nutrient Agar) به صورت مخطط کشت داده شد. تشتک‌های پتری به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۷ درجه نگهداری شدند و سپس کلنی‌های ایجاد شده که از نظر شکل ظاهری متفاوت بودند، جداسازی و خالص گردیدند.

آزمون هاله بازدارندگی

به منظور بررسی قدرت بازدارندگی جدایه‌ها از رشد قارچ بیمارگر از روش (Hagedorn et al., 1989) استفاده شد. هر یک از جدایه‌های باکتری به صورت سه نقطه‌ای با فاصله نیم سانتی‌متری از لبه پتری حاوی محیط کشت PDA (Potato Dextrose Agar) کشت داده شدند. پس از ۲۴ ساعت

تصادفی با چهار تکرار انجام شد. داده‌ها با استفاده از نسخه 9.3 نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس و با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد مقایسه میانگین شدند.

نتایج و بحث

تعداد ۱۰۰ جدایه باکتری فراپیشه نخود، از مزارع آبی و دیم ۹ شهرستان استان کرمانشاه و شش شهرستان استان کردستان جدا گردید. توانایی جدایه‌ها در مهار رشد قارچ بیمارگر با استفاده از روش هاله بازدارندگی انجام شد. بر اساس نتایج هاله بازدارندگی، ۱۶ جدایه علیه هر دو بیمارگر هاله تشکیل دادند. بیشترین هاله بازدارندگی مربوط به جدایه B13 با ۱۱ میلی‌متر علیه بیمارگر *F. oxysporum* بود. جدایه B6 بیشترین هاله بازدارندگی را علیه قارچ *F. solani* نشان داد (شکل ۱). از این جدایه‌ها در آزمایش‌های گلخانه به‌منظور مهار دو بیمارگر مذکور در نخود استفاده شد.

آزمون تأثیر بر افزایش رشد با استفاده از جدایه‌های باکتری بدون حضور بیمارگر

جدول ۱، اثر جدایه‌های باکتری روی وزن خشک اندام‌های هوایی را نشان می‌دهد. جدایه B2 اختلاف معنی‌داری با جدایه های دیگر داشت و با میانگین وزن خشک اندام هوایی ۳/۶۹ گرم، بیشترین اثر را نسبت به شاهد سالم با میانگین وزن خشک اندام هوایی ۱/۰۸ گرم نشان داد. پس از آن باکتری‌های N1 و B3 در یک گروه آماری قرار گرفتند و وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد سالم به ترتیب ۱/۱۲ و ۱/۰۱ گرم افزایش دادند. باکتری های B6 و B10 پس از شاهد ضعیف‌ترین تیمارهای این آزمایش بودند و میانگین وزن خشک اندام هوایی آن‌ها به ترتیب ۱/۳۳ و ۱/۲۳ گرم بود. در مجموع همه جدایه‌ها باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد سالم شدند. بیشترین وزن خشک ریشه به مقدار ۱/۴۲ و ۱/۳۶ به ترتیب در جدایه‌های B3 و B4 مشاهده شد و کمترین وزن خشک ریشه مربوط به شاهد سالم با میانگین ۰/۵۲ گرم بود. ضعیف‌ترین جدایه باکتری N1 بود که با میانگین وزن خشک ریشه ۰/۶۶ گرم کمترین تأثیر را روی این صفت نشان داد. این جدایه جزو جدایه‌های مطلوب در بهبود رشد اندام‌های هوایی بود.

آزمون کنترل زیستی با استفاده از جدایه‌های باکتری با حضور بیمارگر *F. oxysporum*

شکل ۲، اثر جدایه‌های باکتری را روی شاخص بیماری *F. oxysporum* نشان می‌دهد. جدایه‌های B13 و B2، بهترین جدایه‌ها در کاهش شاخص بیماری بودند. این جدایه‌ها بیماری را بیش از ۹۳ درصد کنترل کردند و اختلاف آماری نیز با هم

حاوی بستر رشد انتقال داده شدند. بطری‌های به مدت سه هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد داخل انکوباتور نگهداری شدند. در فاصله زمانی هفته‌ای یک‌بار بطری‌ها به آرامی تکان داده شدند. به‌منظور رقیق کردن مایه بیمارگر، از ورمی‌کولایت با نسبت یک قسمت مایه بیمارگر با ۱۰ قسمت از ورمی‌کولایت اتوکلاو شده مخلوط کرده و در آزمایشات گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه سوسپانسیون باکتری‌ها و آغشته‌سازی بذور

ابتدا یک لوپ پر از کشت ۴۸ ساعته باکتری روی محیط آگار مغذی را به فلاسک‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر محیط مایع NB اضافه کرده و فلاسک‌ها در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت روی دستگاه شیکر با ۱۵۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. سلول‌های باکتری با سانتریفوژ به مدت ۷ دقیقه در ۶۰۰ دور در دقیقه رسوب داده شدند. رسوب حاصل با محلول سرم فیزیولوژیک (۸ گرم در لیتر سدیم کلرید) حاوی ۵ گرم در لیتر متیل سلولز به جمعیت 1×10^9 رسانده شد.

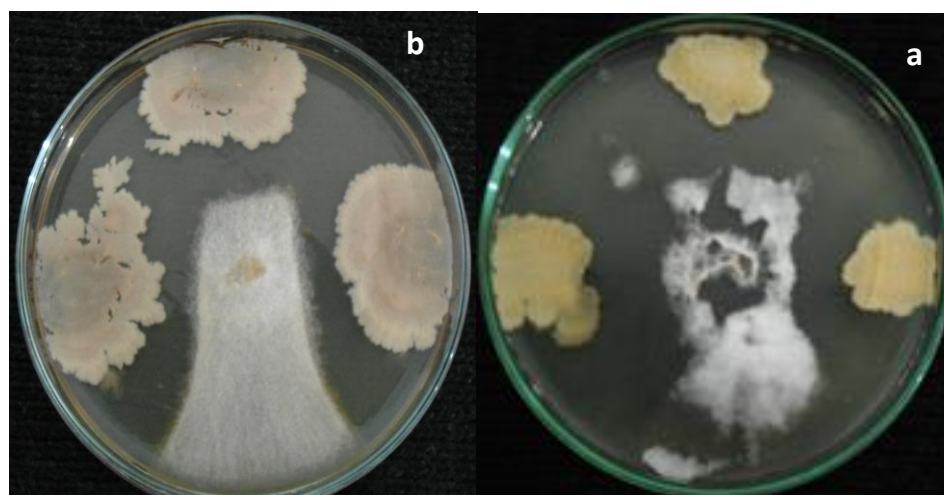
بذور نخود با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی شده و بعد از شستشو با آب مقطر، روی کاغذ صافی مرطوب انتقال داده شد و این مجموعه در دمای ۲۷ درجه نگهداری گردید. بعد از جوانه‌زنی بذرها به مدت ۲۰ دقیقه در سوسپانسیون باکتری غوطه‌ور شدند (Weller & Cook, 1983).

ارزیابی مهار بیماری در شرایط گلخانه

در این آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر (با ظرفیت ۲۵۰ گرم خاک سترون) استفاده شد. یک سوم از حجم گلدان‌ها با مخلوط سترون شده از نسبت ۱:۰:۳ خاک، کود حیوانی و پرلیت پُر شد و به هر گلدان ۴ گرم مایه بیمارگر رقیق شده اضافه گردید. یک لایه خاک به گلدان‌ها اضافه شد و بذور تلقیح شده داخل گلدان قرار گرفتند و روی بذرها یک لایه خاک ریخته شد. آبیاری به صورت یک‌روز در میان انجام شد. گلدان‌ها تا زمان ظهور نشانه‌های بیماری در گلخانه با ۱۸ ساعت روشنایی و دمای 28 ± 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از گذشت مدت زمان ۳۰ روز، گیاهچه‌ها به آرامی از درون گلدان‌ها خارج و صفات مربوط به رشد و بیماری‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت ارزیابی شدت بیماری از شاخص نمره‌دهی ۰-۴ استفاده شد (Cachinero et al., 2002; Hartman et al., 1997). البته با توجه به خسارت بیمارگر به ریشه و جذب مواد غذایی میزبان، وزن ریشه و اندام‌های هوایی نیز شاخصی از بیماری محسوب می‌شوند. این آزمایش در قالب طرح کرت‌های کاملاً

داشته باشند. جدایه B6 به عنوان ضعیف‌ترین جدایه قادر بود بیماری را ۴۰ درصد کاهش دهد.

نداشتند. جدایه‌های B6، B10 و B4 کمترین اثر را در کاهش شاخص بیماری داشتند، ولی با وجود این، این جدایه‌ها نسبت به شاهد قادر بودند کاهش قابل توجهی در شاخص بیماری



شکل ۱. تأثیر بازدارندگی جدایه‌های باکتری از رشد میسلیم بیمارگر. (a) تأثیر جدایه B13 در تشکیل هاله بازدارندگی علیه قارچ

Fusarium solani (b) تأثیر جدایه B6 در تشکیل هاله بازدارندگی علیه قارچ *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*

Fig. 1. The effect of bacterial isolates in growth inhibition of pathogenic fungi. a) The effect of B13 against *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*; b) Inhibition halo of B6 against *Fusarium solani*

جدول ۱- اثر جدایه‌های باکتری بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در حضور و عدم حضور بیمارگرهای *Fusarium oxysporum f.sp.* و *Fusarium solani* در شرایط گلخانه

Table 1. The effect of bacterial isolates on chickpea shoot and root dry weight in presence or absence of pathogens, *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris* and *Fusarium solani*, in greenhouse

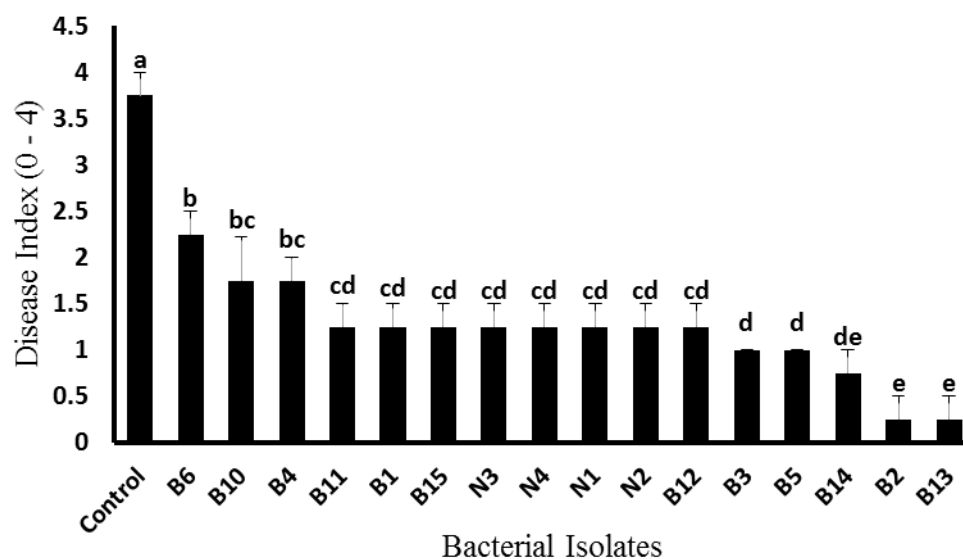
جدایه‌های باکتری Bacteria isolated	وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه Shoot and root dry weight (g)					
	شاهد Control		<i>Fusarium solani</i>		<i>Fusarium oxysporum</i>	
	SDW**	RDW	SDW	RDW	SDW	RDW
B1	1.71 de*	0.89 cd	1.08 f	0.58 g	1.25 ghi	0.71 de
B2	3.69 a	0.91 c	1.87 a	0.86 c	2.49 a	1.31 b
B3	2.09 b	1.42 a	1.45 cd	1.37 a	1.72 cd	1.33 b
B4	1.81 cd	1.36 a	1.38 de	1.09 b	1.61 de	1.49 a
B5	1.75 cde	1.10 b	1.77 ab	1.09 b	1.12 i	1.09 c
B6	1.33 g	0.81 cde	1.47 cd	0.71 de	1.37 fg	0.55 fg
B10	1.23 g	0.80 cde	1.09 f	0.72 d	0.89 j	0.52 g
B11	1.63 ef	0.69 ef	1.39 cde	0.71 de	1.26 ghi	0.53 g
B12	1.86 c	0.77 def	1.40 cde	0.64 defg	1.44 f	0.49 g
B13	1.74 cde	0.79 cde	1.12 f	0.61 efg	1.81 bc	0.75 d
B14	1.75 cde	0.91 c	1.34 e	0.84 c	1.18 hi	0.79 d
B15	1.71 de	1.16 b	1.38 de	0.59 fg	1.81 bc	0.73 de
Control	1.08 h	0.52 g	0.46 h	0.24 h	0.56 k	0.24 h
N1	2.20 b	0.66 f	1.84 ab	0.60 efg	1.89 b	0.52 g
N2	1.70 de	0.81 cde	1.75 b	0.57 g	1.29 gh	0.64 ef
N3	1.69 de	0.71 ef	1.50 c	0.70 def	1.62 d	0.53 g
N4	1.54 f	0.80 cde	0.79 g	0.60 efg	1.47 ef	0.70 de

* مقایسه میانگین با روش حداقل تفاوت معنی‌دار و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفته است و تیمارهای دارای حرف مشابه اختلاف آماری با هم ندارند.

** SDW: وزن خشک اندام‌های هوایی؛ RDW: وزن خشک ریشه

* Means comparison analysis was done by Fisher protected LSD. Means with the same letters do not have significant difference.

** SDW: Shoot Dry Weight, RDW: Root Dry Weight



شکل ۲- تأثیر جدایه‌های باکتری بر شاخص بیماری پژمردگی فوزاریومی نخود با عامل *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* در شرایط گلخانه
ستون‌ها نشانگر میانگین $\pm$ انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین با روش حداقل تفاوت معنی‌دار و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفته است.
تیمارهای دارای حروف مشابه، اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Fig. 2. The effect of bacterial isolates on disease index of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* wilt of chickpea in greenhouse

Columns represent mean $\pm$ standard deviation. Means comparison analysis was done by Fisher protected LSD. Treatments with the same letters do not have significant difference.

شدند. اثر متقابل قارچ *F. oxysporum* و جدایه B2 روی بوته نخود در شکل ۳ قابل مشاهده است.

آزمون بیوکنترل با استفاده از جدایه‌های باکتری با حضور بیمارگر *F. solani*

شکل ۴، اثر جدایه‌های باکتری را روی شاخص بیماری *F. solani* نشان می‌دهد. جدایه B6، به‌عنوان بهترین جدایه قادر بود شاخص بیماری را از ۳/۷۵ به ۱ برساند و به‌عبارتی شاخص بیماری را بیش از ۷۳ درصد کاهش دهد. جدایه‌های B2، N1، B1 و N4 به‌عنوان جدایه‌های بعدی اختلاف معنی داری نشان ندادند و شاخص بیماری را از ۳/۷۵ به ۱/۲۵ رساندند و به‌عبارتی شاخص بیماری را بیش از ۶۶ درصد کاهش دادند. جدایه‌های B4 و B13، اختلاف آماری با هم نشان ندادند و شاخص بیماری را بیش از ۴۶ درصد کاهش دادند. در مجموع همه جدایه‌ها سبب کاهش شاخص بیماری شدند. کمترین اثر در جدایه B12 دیده شد که شاخص بیماری را نسبت به شاهد آلوده ۲۰ درصد کاهش داد.

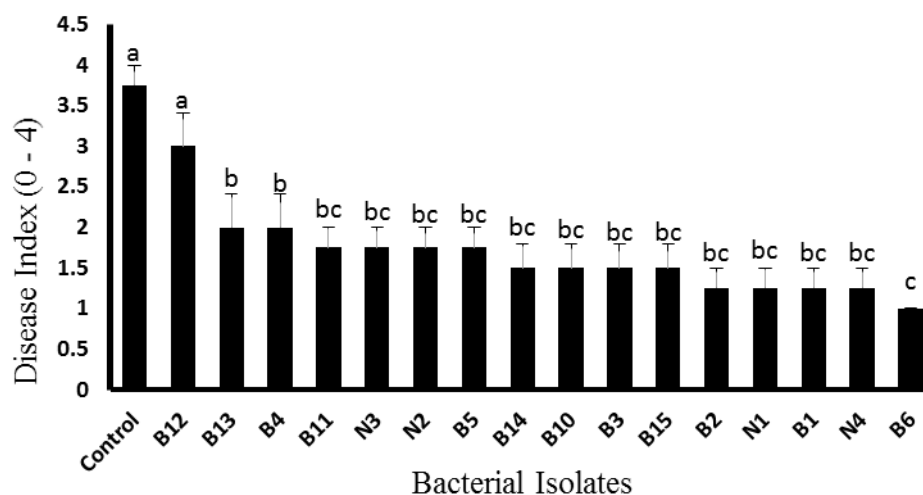
همان‌طور که جدول ۱ قابل مشاهده است، جدایه B2 در حضور بیمارگر *F. solani*، میانگین وزن خشک اندام هوایی را از ۰/۴۶ گرم شاهد به ۱/۸۷ گرم (۳/۸ برابر) افزایش داد.

جدول ۱، اثر جدایه‌های باکتری بر میانگین وزن خشک اندام هوایی در حضور بیمارگر *F. oxysporum* را نشان می‌دهد. جدایه‌های مورد استفاده نه‌تنها بیماری را کاهش دادند، بلکه قادر بودند صفات رشدی گیاه مانند میانگین وزن خشک اندام هوایی را به‌صورت قابل‌توجهی بهبود بخشند. جدایه B2 میانگین وزن خشک اندام هوایی را از ۰/۵۶ گرم شاهد به ۲/۴۹ گرم (۴/۴۵ برابر) افزایش داد. جدایه‌های N1، B13 و B15 با میانگین وزن خشک ۱/۸۹، ۱/۸۱ و ۱/۸۱ در گروه دوم آماری قرار گرفتند. کمترین اثر در جدایه B10، دیده شد که میانگین وزن خشک اندام هوایی را ۵۹ درصد افزایش داد. در صفت وزن خشک ریشه، جدایه B4، اختلاف آماری با دیگر جدایه‌ها داشت و میانگین وزن خشک ریشه را از ۰/۲۴ گرم شاهد، به ۱/۴۹ گرم (۵/۳۷ برابر) افزایش داد. اختلاف این جدایه با جدایه بعدی (B3)، ۰/۱۶ گرم بود. جدایه‌های N3، B11، B12، N1 و B6، کمترین اثر را در افزایش میانگین وزن خشک ریشه داشتند، اما با این وجود، این جدایه‌ها قادر بودند نسبت به شاهد آلوده، میانگین وزن خشک ریشه را به‌صورت معنی داری افزایش دهند. جدایه B12، به‌عنوان ضعیف‌ترین جدایه قادر بود میانگین وزن خشک ریشه را از ۰/۲۴ گرم، به ۰/۴۹ گرم (۱۰۴ درصد) افزایش دهد. در مجموع همه جدایه‌ها باعث افزایش معنی‌دار میانگین وزن خشک ریشه در حضور بیمارگر



شکل ۳- اثر تیمار با جدایه باکتری در مهار بیماری پژمردگی و پوسیدگی فوزاریومی نخود؛ (۱) شاهد آلوده به قارچ *Fusarium oxysporum* بدون حضور باکتری، (۲) تأثیر متقابل قارچ *F. oxysporum* و باکتری B2، (۳) شاهد آلوده در حضور قارچ *Fusarium solani* بدون جدایه باکتری، (۴) تأثیر متقابل قارچ *F. solani* و باکتری B6

Fig. 3. The effect of bacterial isolates in suppression of chickpea *Fusarium* wilt and root rot disease
1) Control infected with *Fusarium oxysporum*, 2) *F. oxysporum* f.sp. *ciceris* infected and B2 inoculated plant, 3) Control infected with *Fusarium solani*, 4) *F. solani* infected and B6 inoculated plant



شکل ۴- تأثیر جدایه‌های باکتری بر شاخص بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه نخود با عامل *Fusarium solani* در شرایط گلخانه
ستون‌ها نشانگر میانگین $\pm$ انحراف معیار بوده و مقایسه میانگین، با روش حداقل تفاوت معنی‌دار و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفته است.
تیمارهای دارای حروف مشابه، اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Fig. 4. The effect of bacterial isolates on disease index of *Fusarium solani* root rot of chickpea in greenhouse
Columns represent mean $\pm$ standard deviation. Means comparison analysis was done by Fisher protected LSD.
Treatments with the same letters do not have significant difference.

اثر در جدایه N4 دیده شد که میانگین وزن خشک اندام هوایی را ۷۲ درصد افزایش داد. جدایه B3 به عنوان بهترین جدایه، میانگین وزن خشک ریشه را نسبت به شاهد، از ۰/۲۴ گرم، به

در جدایه‌های N1 و B5 به ترتیب میانگین وزن خشک اندام هوایی ۱/۸۴ و ۱/۷۷ گرم ثبت شد. در مجموع همه جدایه‌ها سبب افزایش معنی‌دار میانگین وزن خشک شدند و کمترین

۱/۳۷ گرم (۵/۷ برابر) افزایش داد. جدایه‌های B4 و B5 میانگین وزن خشک ریشه را ۴/۵ برابر افزایش دادند. سویه‌های B1، B15، B4 و N2 کمترین اثر را در افزایش میانگین وزن خشک ریشه داشتند، ولی با این حال، این سویه‌ها نسبت به شاهد قادر بودند افزایش قابل توجهی در میانگین وزن خشک ریشه داشته باشند. اثر متقابل قارچ *F. solani* و جدایه B6 روی بوته نخود در شکل ۳ قابل مشاهده است.

شناسایی مولکولی باکتری‌های منتخب

بر اساس نتایج، جدایه‌های B2 و B13 بهترین تیمارها در کنترل بیماری پژمردگی فوزاریومی (*F. oxysporum* f.sp. *ciceris*) بودند و جدایه B6 بهترین جدایه در مهار بیماری پوسیدگی فوزاریومی (*F. solani*) ریشه بود. جدایه B2 و B3 نیز بهترین جدایه در بهبود وزن خشک گیاه بود. این چهار جدایه که دارای نتایج مناسب بودند جهت شناسایی مولکولی انتخاب شدند. ناحیه 16S نمونه‌های انتخابی با استفاده از واکنش زنجیره‌ای پلیمرز تکثیر گردید. اندازه این قطعه برای باکتری‌ها در حدود ۱۵۰۰ جفت باز بود. با مشخص شدن صحت اندازه قطعات تکثیر شده با استفاده از آغازگرهای 27F (جلوبر) و 1492R (عقب‌بر) روی ژل آگاروز یک درصد، نمونه‌ها جهت توالی‌سنجی در جهت رفت ارسال گردیدند.

جدایه B2 با ۹۷ درصد شباهت به گونه *Bacillus* sp. با شماره دسترسی KM001604 از کشور کره نزدیک بود (Baby *et al.*, 2013). جدایه B3 با ۹۹ درصد شباهت به گونه *Achromobacter* sp. با شماره دسترسی KU712016 از کشور کره نزدیک بود (You *et al.*, 2017). جدایه B6 با ۹۸ درصد شباهت به گونه *B. pumilus* با شماره دسترسی KU501377 از کشور برزیل نزدیک بود (Tangerina *et al.*, 2017). جدایه B13 با ۹۸ درصد شباهت به گونه *Burkholderia* sp. با شماره دسترسی KU860102 از کشور مصر نزدیک بود (Ataf *et al.*, 2016). مقایسه ترتیب توالی ژن *TEF-1α* جدایه‌های بیمارگر در بانک ژنی (GenBank) با ۹۷ و ۹۸ درصد، بیشترین شباهت را با *F. solani* و *F. oxysporum* f.sp. *ciceris* نشان داد.

کنترل شیمیایی عوامل بیماری‌زای خاک‌زاد معمولاً مشکل و گاهی غیرممکن است. لذا جهت مهار این بیماری‌ها روش‌های جایگزین همچون تولید ارقام مقاوم و کنترل بیولوژیک، در حال توسعه است. باکتری‌ها و قارچ‌های آنتاگونیست که در ناحیه ریزوسفر و فیلوسفر گیاهان وجود دارند، می‌توانند به‌عنوان جایگزینی مناسب و بی‌خطر برای کنترل شیمیایی در نظر گرفته شوند (Sharifi & Ryu, 2017). در این پژوهش، باکتری‌های منتخب قادر بودند در شرایط آزمایشگاه و گلخانه باعث کاهش

قابل ملاحظه شاخص بیماری ناشی از هر دو قارچ بیمارگر شوند. جدایه‌های B13 و B2 شاخص بیماری *F. oxysporum* را به‌صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش دادند. این جدایه‌ها به‌ترتیب متعلق به *Burkholderia* sp. و *Bacillus* sp. هستند. بهترین جدایه در مهار *F. solani* نیز B3 *pumilus* بود. جدایه *Bacillus* sp. از ناحیه ریزوسفر ریشه نخود استان کردستان (سنندج)، روستای سمیران جداسازی شده بود. در منابع موجود، گونه‌های باسیلوس به‌عنوان ریزوباکترهای مؤثر افزایش‌دهنده رشد و سلامت گیاه شناخته شده‌اند (Kumar *et al.*, 2011). مکانیسم عمده بیوکنترلی باسیلوس را می‌توان به تولید متابولیت‌های مختلف از قبیل آنتی‌بیوتیک‌ها، مواد فرار ضدقارچی و القای مقاومت سیستمیک نسبت داد. آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند سوبتیلین و ایتورین از مهم‌ترین ترکیبات ضدقارچی این باکتری می‌باشند. آنتی‌بیوتیک مایکوسوبتیلین تولیدی توسط برخی از باسیلوس‌ها، باعث بیوکنترل بیماری مرگ گیاهچه گوجه‌فرنگی بوده است (Henis & Inbar, 1968; Leclère *et al.*, 2005; Sharifi & Ryu, 2016a, 2006). قبلاً ترکیبات فرار باسیلوس نیز به‌عنوان متابولیت‌های غالب ضدقارچی در نظر گرفته می‌شدند، ولی مطالعات اخیر نشان داده است که این ترکیبات در غلظت‌های طبیعی خود بیشتر عامل القای مقاومت هستند تا مهار مستقیم قارچ‌های بیمارگر (Sharifi & Ryu, 2016b). در یک پژوهش، اثر جدایه‌هایی از جنس *P. fluorescens* B. *subtilis* و قارچ کش بنومیل بر بیماری پژمردگی فوزاریومی نخود ایرانی با عامل *F. oxysporum* f.sp. *ciceris* بررسی شد. نتایج نشان داد که جدایه *B. subtilis* در خاک آلوده به قارچ نه تنها باعث افزایش رشد بوته‌های نخود شدند، بلکه شدت بیماری پژمردگی فوزاریومی را نیز کاهش دادند (Jamali *et al.*, 2005).

سویه *Burkholderia* sp. با کد شناسایی B13 از ناحیه ریزوسفر ریشه نخود استان کردستان، شهرستان دیواندره و روستای شالی‌شل جداسازی شد. این سویه باعث افزایش وزن خشک نسبت به شاهد شد. در منابع علمی *B. cepacia* به‌عنوان پروبیوتیکی که رشد گیاهان را افزایش می‌دهد، شناخته شده است (Hayat *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2012). هشت میکروارگانیزم توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا ثبت شده که باعث افزایش رشد گیاهان می‌شوند و سویه B. *cepacia* MBI 600 جزو آن‌ها محسوب می‌شود (Kumar, *et al.* 2011). باکتری *B. cepacia* قادر بوده است با تولید پروتئاز، سیانید هیدروژن و سیدروفور از رشد قارچ *Rhizoctonia solani* روی محیط کشت PDA جلوگیری

آوندی با عامل *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* شده است (Moretti et al., 2008; Srinivasan et al., 2009).

نتیجه‌گیری

در مجموع مشاهده شد که جدایه‌های مورد استفاده در این پژوهش، کارایی متفاوتی در افزایش رشد قسمت‌های مختلف گیاه و در مهار بیمارگرهای متفاوت داشتند. جدایه *Bacillus* sp. بهترین باکتری در بهبود وزن خشک اندام‌های هوایی بود. در مقابل جدایه *Achromobacter* sp. B3 توانایی بالایی در افزایش وزن خشک ریشه داشت، ولی کارایی آن در بهبود رشد اندام‌های هوایی متوسط بود. یک متابولیت باکتری می‌تواند اثر دوگانه‌ای در تنظیم رشد داشته باشد. اکسین در مقدار بالا، رشد ریشه را زیاد می‌کند، ولی رشد قسمت‌های هوایی را کاهش می‌دهد (Sharifi & Ryu, 2017). این نقش دوگانه متابولیت‌های باکتری و حساسیت به آن‌ها در مورد قارچ‌های بیمارگر نیز دیده می‌شود (Glazebrook, 2005; Pieterse et al., 2009). با توجه به این موارد توصیه می‌شود در امر مهار بیماری‌های فوزاریومی ریشه که معمولاً به صورت توأم در مزرعه دیده می‌شوند، از ترکیبی از جدایه‌ها استفاده شود.

نماید. باکتری *B. cepacia* باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و وزن تر بوته‌های لوبیا سه هفته پس از کاشت گردیده است (Ahmadzadeh et al., 2009).

جدایه *Achromobacter* sp. با کدشناسایی B3 از ناحیه ریزوسفر نخود و از شهرستان روانسر و روستای کلاه‌کبود جدا شد. این جدایه باعث افزایش قابل‌توجه میانگین وزن خشک ریشه شد. محققان سویه *A. xylosoxidans* را مورد استفاده قرار دادند که سبب بیش از ۵۰ درصد افزایش رشد در گوجه فرنگی نسبت به شاهد شد (Moretti et al., 2008). محققان (Mayak et al., 2004) در بررسی خود افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش شوری را با استفاده از سویه *Achromobacter* sp. H14G6 مشاهده کردند. در پژوهش حاضر، این سویه باکتری سبب کنترل حدود ۶۵ درصد بیماری گردید. به دلیل توانایی القای مقاومت توسط این سویه می‌توان مکانیسم بازدارندگی را به القای مقاومت سیستمیک نسبت داد. چنانچه برخی محققان (Bertrand et al., 2000) مکانیسم اصلی مهار بیماری در یک سویه از این جنس را مربوط به القای مقاومت سیستمیک می‌دانند. به کاربردن گونه *A. xylosoxidans* روی نشای گوجه‌فرنگی سبب کنترل ۵۰ درصد بیماری *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* نسبت به شاهد شد. سویه *Achromobacter* sp. جدا شده از ریشه گوجه‌فرنگی سبب کنترل پرمردگی

منابع

1. Ahmadzadeh, M., Sharifi Tehrani, A., and Nabizadeh, M. 2009. Biological control of *Rhizoctonia Solani* Kuhn casual agent of common bean damping-off through *Burkholderia cpacia* (ex. Burk) Yabucchi. Iranian Journla of Plant Protection Science 39: 81-90.
2. Baby, V., Rajakumar, S., and Ayyasamy, P. 2013. Reduction of ferric iron in synthetic medium amended with acetate as a sole carbon source. International Journl of Current Microbiology 2: 501-513.
3. Bertrand, H., Plassard, C., Pinochet, X., Touraine, B., Normand, P., and Cleyet-Marel, J. 2000. Stimulation of the ionic transport system in *Brassica napus* by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter* sp.). Canadian Journal of Microbiology 46: 229-236.
4. Cachinero, J., Hervás, A., Jiménez-Díaz, R., and Tena, M. 2002. Plant defence reactions against fusarium wilt in chickpea induced by incompatible race 0 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* and nonhost isolates of *F. oxysporum*. Plant Pathology 51: 765-776.
5. Ebrahimi Kazemabad, Z., Rohani, H., Jamali, F., and Mahdikhani Moghadam, E. 2013. Antagonistic effect of *Pseudomonas fluorescens* isolates against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Iranian Journal of Pulses Research 3: 1-10.
6. Gerlach, W., and Nirenberg, H. 1982. The Genus *Fusarium*-A Pictorial Atlas Berlin-Dahlem.
7. Glazebrook, J. 2005. Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. Annual Reveiw of Phytopathology. 43: 205-227.
8. Golpayegani, S., Zafari, D., and Khodakaramian, G. 2011. The Biological control of important faba bean root rot agents caused by rhizospheric antagonist bacteria. Iranian Journal of Plant Protection Science 41: 283-292.
9. Hagedorn, C., Gould, W., and Bardinelli, T. 1989. Rhizobacteria of cotton and their repression of seedling disease pathogens. Applied and Environmental Microbiology 55: 2793-2797.

10. Hartman, G., Huang, Y., Nelson, R., and Noel, G. 1997. Germplasm evaluation of *Glycine max* for resistance to *Fusarium solani*, the causal organism of sudden death syndrome. *Plant Disease* 81: 515-518.
11. Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., and Ahmed, I. 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology* 60: 579-598.
12. Henis, Y., and Inbar, M. 1968. Effect of *Bacillus subtilis* on growth and sclerotium formation by *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 58: 933-938.
13. Jamali, F., Sharifi Tehrani, A., Okhovat, M., and Zakeri, Z. 2005. Effect of antagonistic bacteria on the control of Fusarium wilt of chickpea caused by *Fusarium oxysporum* under greenhouse conditions Iran Journal of Agricultural Sciences 36: 711-717.
14. Jiang, H., Dong, H., Zhang, G., Yu, B., Chapman, L.R., and Fields, M.W. 2006. Microbial diversity in water and sediment of Lake Chaka, an athallassohaline lake in northwestern China. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 3832-3845.
15. Kang, S.M., Khan, A.L., Hamayun, M., Shinwari, Z.K., Kim, Y.H., Joo, G.J., and Lee, I.J. 2012. *Acinetobacter calcoaceticus* ameliorated plant growth and influenced gibberellins and functional biochemicals. *Pakistan Journal of Botany* 44: 365-372.
16. Kumar, A., Prakash, A., and Johri, B. 2011. Bacillus as PGPR in crop ecosystem. In: *Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystems*. Springer. p. 37-59.
17. Leclère, V., Béchet, M., Adam, A., Guez, J.S., Wathelet, B., Ongena, M., Thonart, P., Gancel, F., Chollet-Imbert, M., and Jacques, P. 2005. Mycosubtilin overproduction by *Bacillus subtilis* BBG100 enhances the organism's antagonistic and biocontrol activities. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 4577-4584.
18. Manafi Dizaji, R., Babay Ahari, A., Arzanlou, M., and Valizadeh, M. 2012. Assessment of resistance in tomato varieties under greenhouse conditions against Fusarium wilt, and biological control of the disease. *Journal of Agricultural Science And Sustainable Production* 22: 145-158.
19. Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B.R. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 565-572.
20. Moretti, M., Gilardi, G., Gullino, M., and Garibaldi, A. 2008. Biological control potential of *Achromobacter xylosoxydans* for suppressing Fusarium wilt of tomato. *International Journal of Botany* 4: 369-375.
21. Nakkeeran, S., Kavitha, K., Chandrasekar, G., Renukadevi, P., and Fernando, W. 2006. Induction of plant defence compounds by *Pseudomonas chlororaphis* PA23 and *Bacillus subtilis* BSCBE4 in controlling damping-off of hot pepper caused by *Pythium aphanidermatum*. *Biocontrol Science and Technology* 16: 403-416.
22. Naseby, D., Pascual, J., and Lynch, J. 2000. Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* populations, soil microbial communities and soil enzyme activities. *Journal of Applied Microbiology* 88: 161-169.
23. Pieterse, C.M., Leon-Reyes, A., Van der Ent, S., and Van Wees, S.C. 2009. Networking by small-molecule hormones in plant immunity. *Nature Chemical Biology* 5: 308-316.
24. Rademaker, J.L., and de Bruijn, F.J. 1997. Characterization and classification of microbes by rep-PCR genomic fingerprinting and computer assisted pattern analysis. *DNA Markers: Protocols, Applications and Overviews* 1: 151-171.
25. Serajzadeh, N., Khodakaramian, G., and Soleymani Pari, M.J. 2013. Interaction between root nodulating bacteria and *Fusarium solani* the causal agent of faba-bean root rot. *Scientific Journal Management System* 2: 1-8.
26. Shanthi, A.T., and Vittal, R.R. 2013. Biocontrol potentials of plant growth promoting rhizobacteria against Fusarium wilt disease of cucurbit. *International Journal of Phytopathology* 2: 155-161.
27. Sharifi, R., and Ryu, C.M. 2016a. Are bacterial volatile compounds poisonous odors to a fungal pathogen *Botrytis cinerea*, alarm signals to *Arabidopsis* seedlings for eliciting induced resistance, or both? *Frontiers in Microbiology* 7: DOI: 10.3389/fmicb.2016.00196.
28. Sharifi, R., and Ryu, C.M. 2016b. Making healthier or killing enemies? Bacterial volatile-elicited plant immunity plays major role upon protection of *Arabidopsis* than the direct pathogen inhibition. *Communicative & Integrative Biology*. DOI: 10.1080/19420889.2016.1197445.
29. Sharifi, R., DOI Ryu, C.M. 2017. Chatting with a tiny belowground member of the holobiome: communication between plants and growth-promoting Rhizobacteria. *Advances in Botanical Research* 82: 135-160.
30. Singh, P.K., Singh, M., Agnihotri, V., and Vyas, D. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi: biocontrol against Fusarium wilt of chickpea. *International Journal of Scientific Research Publication* 3: 1-5.

31. Srinivasan, K., Gilardi, G., Garibaldi, A., and Gullino, M. 2009. Bacterial antagonists from used rockwool soilless substrates suppress Fusarium wilt of tomato. *Journal of Plant Pathology* 147-154.
32. Szczech, M., and Shoda, M. 2006. The Effect of mode of application of *Bacillus subtilis* RB14-C on its efficacy as a biocontrol agent against *Rhizoctonia solani*. *Journal of Phytopathology* 154: 370-377.
33. Tangerina, M.M., Correa, H., Haltli, B., Vilegas, W., and Kerr, R.G. 2017. Bioprospecting from cultivable bacterial communities of marine sediment and invertebrates from the underexplored Ubatuba region of Brazil. *Archive of Microbiology* 199: 155-169.
34. Weller, D., and Cook, R. 1983. Suppression of take-all of wheat by seed treatments with fluorescent pseudomonads. *Phytopathology* 73: 463-469.
35. You, Y.H., Park, J.M., Yi, P.H., Back, C.G., Park, M.J., Han, K.S., Yoon, J.B., Kim, H.H., and Park, J.H. 2017. Microflora of phytopathogen-transferring *Bradysia agrestis*: a step toward finding ideal candidates for paratransgenesis. *Symbiosis* 71: 35-46.

Biological control of chickpea *Fusarium* wilt and root rot caused by *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* with plant probiotic bacteria

Sohrabi¹, M., Chehri², Kh. & Sharifi^{3*}, R.

1. MSc. of Plant Biology, Department of Biology, Razi University, Kermanshah, Iran;
masoodsohrabi13677@gmail.com

2. Assistant Professor of Mycology, Department of Biology, Razi University, Kermanshah, Iran; khchehri@gmail.com

3. Assistant Professor of Biological Control, Department of Plant Protection, Razi University, Kermanshah

Received: 14 January 2018
Accepted: 24 September 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.70081

Introduction

Wilt and root rot diseases caused by *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* are among the most important diseases of chickpea throughout the world and Iran. However, there is not effective chemical fungicide against these soil-borne pathogenic fungi. In recent years, rhizospheric bacteria and fungi developed as promising biofungicides against soil-borne plant pathogens. These microbes exploit several mechanisms such as antibiotics, volatile organic compounds, siderophore and induced systemic resistance to suppress pathogenic fungi. Recently, the cost of agrochemical innovation and the period of time for their registration have increased rapidly due to stringent legislation, both of these reasons favor investment in the manufacture of biopesticides. The annual progress rate of the biopesticide bazaar is more than 16%, but that of synthetic pesticides has been decreasing by 1.5% annually. Biopesticide companies such as Agroquest, Gustafson, Marrone Bio Innovation, Certis, BioWorks, Becker Underwood, ABiTEP GmbH, and Propytha have released effective biopesticides to the market. Agrochemical great-companies such as Bayer CropScience have also been engrossed in the bio-pesticide market. Bayer CropScience bought Agroquest in 2012 at a price of 425 million US dollars. Overall, biological control of plant pathogens is promising technology in management of plant disease in sustainable agriculture.

Materials & Methods

In this study, potential of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) were investigated on biological control of this diseases in laboratory and greenhouse condition. Soil samples were collected from chickpea fields in Kermanshah and Kurdistan provinces. The effect of isolated bacteria were assessed on mycelial growth of *F. oxysporum* and *F. solani* in dual culture test. The chickpea seeds were inoculated by 10⁹ CFU/ml of each bacterial isolates and sown in pots. The effect of bacterial isolates have been investigated on plant growth factors in greenhouse situation. The same experiment was conducted to assess the biocontrol ability of selected isolates against *Fusarium* wilt and root rot disease of chickpea. The greenhouse experiments were conducted based on completely randomized design with four replicates. Data were subjected to analysis of variance procedure in SAS ver. 9.1 software and means comparison analysis was done by Fisher protected LSD. Finally, the 16S rDNA of the four selected isolates, B2, B3, B6 and B13 were sequenced and identified based on Genbank data.

Results & Discussion

Sixteen out of 100 isolated inhibited the growth of both fungi *in vitro*. Isolates B13 with 11 mm inhibition zone had the highest growth inhibition activity against *F. oxysporum*. In absence of pathogens, B2 increased aerial part dry weight from 1.08 to 3.69 g in greenhouse condition. B3 and B4 were the best isolates in improving root growth. They increase root dry weight to 1.42 and 1.36 g, respectively. B2 and B13 isolates had the greatest effect on plant health and reduced disease severity up to 90% in *F. oxysporum* inoculated plants. The lowest biocontrol activity against *F. oxysporum* was recorded for isolate B6. B2 increased aerial part fresh weight from 0.56 to 2.49 g, root fresh weight from 0.24 to 1.31 g. B6 was the best isolate for suppression of *F. solani* and reduced the disease index by 73%. This isolate increased aerial

*Corresponding Author: r.sharifi@razi.ac.ir

organs fresh weight as up to 3.2 folds and root fresh weight up to 2.9 folds. However, all of bacteria isolates were able to reduce *Fusarium* root rot disease, significantly. Isolates B2, B3, B6 and B13 were characterized as *Bacillus* sp., *Achromobacter* sp., *Bacillus pumilus* and *Burkholderia* sp. based on 16S rDNA sequencing, respectively. *Bacillus* spp. strains exploit several mechanisms such as antibiosis, volatile organic compound production and induced systemic resistance against plant pathogens. These bacteria are good candidate to be formulated in spore suspension form. Here, *Achromobacter* introduced as good candidate for biological control of *Fusarium* diseases of chickpea for first time. Overall, plant probiotic bacteria could be consider as promising approach in management of chickpea *Fusarium* diseases.

Conclusion

Bacterial isolates have different ability in plant growth improvement and suppression of plant pathogens. *Bacillus* sp. was the best isolate for enhancing the shoot dry weight while *Achromobacter* sp. was the best to improving root dry weight. Indeed, bacteria have several mechanisms for promoting plant growth. Auxin induction by volatiles of *Bacillus* spp. increase root while decreasing the shoot accumulation of auxin. Overall, consortia of bacteria strains seems to be promising approach to suppression of both diseases in chickpea.

Keywords: Biological Control, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, PGPR, Sustainable Agriculture

تأثیر پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی (*L. Vigna unguiculata*) در شرایط مدیریت کم آبیاری

پروانه ممبینی^۱ و سید کیوان مرعشی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ pmseti88@gmail.com

۲- استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۱

چکیده

اجرای تکنیک‌های کم آبیاری به منظور بهره‌وری بیشتر از منابع آب راهکاری علمی به‌شمار می‌رود. لذا این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر پلیمر سوپر جاذب در شرایط کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان بر صفات کمی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی به‌صورت کرت‌های نوری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول در سه سطح شامل آبیاری کامل جوی و پشته‌ها (شاهد)، آبیاری یک‌درمیان جوی و پشته‌ها به‌صورت ثابت و آبیاری یک‌درمیان جوی و پشته‌ها به‌صورت متغیر بود. عامل دوم شامل سه سطح پلیمر سوپر جاذب به‌صورت عدم مصرف سوپر جاذب (شاهد)، ۷۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد که تفاوت بین سطوح مختلف آبیاری از نظر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، درصد پروتئین، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود. تأثیر سطوح مختلف سوپر جاذب در تمامی صفات مورد آزمایش در سطح احتمال یک‌درصد و بر پروتئین دانه در سطح پنج‌درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل بین سطوح مختلف آبیاری و سوپر جاذب بر تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل جوی و پشته‌ها و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به‌ترتیب با ۲۸۵۳/۴ و ۲۳۱۴/۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری یک‌درمیان جوی و پشته‌ها به‌صورت ثابت و عدم مصرف سوپر جاذب به‌ترتیب با ۱۱۰۸/۲ و ۱۴۵۳/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بیشترین درصد پروتئین در شرایط آبیاری یک‌درمیان جوی و پشته‌ها به‌صورت ثابت و عدم کاربرد سوپر جاذب به‌ترتیب با ۲۸/۱۹ و ۲۷/۵۸ درصد و کمترین درصد پروتئین در شرایط آبیاری کامل جوی و پشته‌ها و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به‌ترتیب با ۲۲/۵۷ و ۲۴/۰۸ درصد مشاهده شد. نتایج کلی آزمایش نشان داد که تأثیر مصرف سوپر جاذب در شرایط آبیاری کامل با افزایش مؤلفه‌های تولیدی و در شرایط کم آبیاری با کم کردن اثرات کمبود آب و بهبود آسیب‌های ناشی از آن توانست در جهت افزایش عملکرد کمی مؤثر واقع شود. این در حالی بود که با مصرف سوپر جاذب، عملکرد کیفی کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، درصد پروتئین، شاخص برداشت، عملکرد

مقدمه

دربرمی‌گیرند. همچنین اقتصاد و مدیریت آب ایجاب می‌کند که از واحد حجم آب حداکثر بهره‌برداری صورت گیرد (Shahram & Daneshi, 2005). بنابراین اجرای تکنیک‌های کم آبیاری به‌منظور بهره‌وری بیشتر از منابع محدود آب راهکاری علمی به‌منظور کاهش مصرف آب به‌شمار می‌رود. آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان از شیوه‌های کم آبیاری و از راهکارهای مدیریت مصرف آب در اراضی فاریاب است که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به‌طور ثابت یا متغیر قابل اجراست. در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر، جویچه‌ها به‌صورت یک‌درمیان آبیاری می‌شوند. به این ترتیب که در یک نوبت آبیاری دو جویچه کناری و در نوبت بعدی فقط جویچه وسط آبیاری می‌شود. در این روش فقط نیمی از ریشه گیاه یک دوره خشکی را

حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. زیرا پروتئین قابل توجه موجود در دانه حبوبات در ترکیب با غلات می‌تواند یک منبع غذایی ارزشمند را فراهم نماید. در بین حبوبات، سویا، لوبیا و نخود از لحاظ سطح زیرکشت به‌ترتیب مقام اول تا سوم را دارا می‌باشند (Parsa & Bagheri, 2008).

استفاده بهینه از آب خصوصاً در مناطقی که شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک بر آن‌ها حاکم است، اهمیت بسزایی دارد. این مناطق حدود دوسوم از مساحت ایران را

*نویسنده مسئول: marashi_47@yahoo.com

است (Kabiri, 2002). استفاده از هیدروژل‌های سوپر جاذب برای افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک سال‌ها است که در سطح تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ایران نیز در سال‌های اخیر تحقیقاتی در این زمینه نیز صورت گرفته است (Salar et al., 2005). Harvey (2002) بیان نمود که مصرف سوپر جاذب در لوبیا قمرز سبب افزایش ماده خشک و افزایش مقاومت به خشکی در این گیاه می‌شود. Mokhtari et al. (2015) در بررسی اثر تنش خشکی و هیدروژل‌های سوپر جاذب بیان کردند که مواد سوپر جاذب تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی به جز طول غلاف دارند.

از آنجا که ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده است و بحران آب به دلیل وجود خشکسالی در اکثر نقاط ایران مشاهده می‌شود، لذا استفاده از هیدروژل‌های سوپر جاذب به منظور افزایش عملکرد و یا کاهش آسیب‌های ناشی کمبود منابع آب در کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا این آزمایش به منظور بررسی تأثیر پلیمر سوپر جاذب در شرایط کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان بر صفات کمی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی به مورد اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در ۱۲ کیلومتری شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۷ متر از سطح دریا اجرا شد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

تحمل می‌کند و در آبیاری بعدی دوره خشکی مرتفع و نیمه دیگر تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد (Abbasi et al., 2015). Bahrani & Pourreza (2016) با بررسی انواع روش‌های آبیاری گزارش دادند که بیشترین عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه کلزا در آبیاری نرمال مشاهده شد و از بین روش‌های مختلف کم‌آبیاری، روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه داشت، ولی آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت از لحاظ کارایی مصرف آب بهتر بود. Sadeghi-shoe et al. (2013) در بررسی تأثیر کاربرد روش‌های مختلف آبیاری بر لوبیا اعلام کردند که بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر بود، اما از نظر عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن خشک کل اختلاف معنی‌داری با آبیاری معمولی نداشت. Khorramian (2002) با بررسی الگوهای مختلف آبیاری اظهار داشتند که روش آبیاری یک‌درمیان متغیر ضمن تولید عملکرد بالا، سبب صرفه‌جویی ۳۰ درصدی در آب مصرفی می‌شود. ایشان اظهار داشت که آبیاری جوی و پشته‌ای یک‌درمیان ثابت در دوره گلدهی سبب بروز تنش کم‌آبی در گیاه شده و عملکرد را کاهش می‌دهد، پس بهتر است که در طول این دوره حساس، آبیاری تمام جویچه‌ها به صورت متغیر صورت پذیرد. محققان با مقایسه آبیاری کامل جویچه‌ها و آبیاری یک‌درمیان ذرت به این نتیجه رسیدند که آبیاری یک‌درمیان، ضمن افزایش عملکرد دانه، سبب صرفه‌جویی ۵۰ درصد در مصرف آب شده است. آن‌ها آبیاری یک‌درمیان تناوبی را یک رویه مؤثر جهت کاهش مقدار آب مصرفی در نواحی خشک معرفی کردند (Kang et al., 2000).

توجه به نقش هیدروژل‌های سوپر جاذب در جهت افزایش و یا ممانعت از کاهش عملکرد محصولات در شرایط تنش خشکی، اهمیت ویژه‌ای برای استفاده بهینه از آب برخوردار

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1. Physical and chemical properties of soil

اشباع خاک (درصد)	شوری (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	شن (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	بافت Texture
Soil saturation (%)	Salinity (dS/m)		Organic carbon (%)	Phosphor (mg/Kg)	Potassium (mg/Kg)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Clay loam
46.8	4.88	7.2	0.65	9.4	178	21	44	35	لومی رسی Clay loam

(شاهد)، آبیاری یک‌درمیان جوی و پشته‌ها به صورت ثابت، و آبیاری یک‌درمیان جوی و پشته‌ها به صورت متغیر بود. عامل دوم شامل سه سطح پلیمر سوپر جذب به صورت بدون مصرف

این آزمایش به صورت کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول در سه سطح شامل آبیاری کل جوی و پشته‌ها به طور کامل (مرسوم)

اثرات متقابل نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته متعلق به آبیاری کامل و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب با ۱۴/۲۶ و کمترین تعداد در آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و بدون کاربرد پلیمر سوپر جاذب با ۷/۸ غلاف در بوته بود (جدول ۴). (Wakrim et al, (2005) بیان نمودند که در شرایط وجود تنش، تعداد غلاف کمتری به دلیل کاهش دوره رشد و عدم وجود فرصت کافی جهت تولید غلاف ایجاد خواهد شد. لذا به نظر می‌رسد با توجه به رشد نامحدود لوبیا یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته نسبت به آبیاری کامل، کاهش دوره رشد و تولید مواد فتوسنتزی باشد. (Lizana et al, (2002) دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته را افزایش قابل توجه ریزش گل‌ها و غلاف‌ها در اثر کمبود آب بیان کردند. به نظر می‌رسد که مصرف پلیمر سوپر جاذب در شرایط تنش کمبود آب به دلیل افزایش ذخیره آب در خاک و رطوبت قابل دسترس در زمان‌های حساس نظیر گلدهی، بر اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد غلاف در بوته تأثیر مثبت داشته است. (Stoll et al, (2015) بیان کردند که در آبیاری یک‌درمیان متغیر، نیمی از ریشه گیاه فقط یک دوره خشکی را تحمل می‌کند که این خشکی دائمی نیست و در آبیاری بعد مرتفع می‌شود و نیمه دیگر تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد. لذا به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری یک‌درمیان متغیر، تنش رطوبتی به گیاه شدید نبوده است و میزان کاهش در تعداد غلاف معنی‌دار نگردیده است. در ضمن به نظر می‌رسد این روش در مناطقی که در دچار بحران کمبود آب می‌باشند، به علت کاهش مصرف آب نسبت به آبیاری کامل ارجحیت داشته باشد.

تعداد دانه در غلاف

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که اثر کم‌آبیاری و سوپر جاذب بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در غلاف در سطوح مختلف آبیاری با ۱۰/۸۴ در شرایط آبیاری کامل و کمترین تعداد دانه در غلاف با ۸/۱۳ در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت حاصل شد (جدول ۳). پتانسیل و توانایی حبوبات در تشکیل جوانه‌های گل، گل‌ها و غلاف‌ها بسیار بالاست، اما دستیابی به این پتانسیل مستلزم وجود شرایط محیطی مناسب است. در شرایط تنش رطوبتی به دلیل پسابیده شدن دانه‌های گرده و پژمردگی کلاله، رشد لوله‌های گرده متوقف و در نتیجه تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد (Mouhouch et al., 1998). نتایج همچنین نشان داد که در بین مقادیر مختلف سوپر جاذب، بیشترین تعداد دانه در غلاف با ۱۰/۲ مربوط به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب و کمترین تعداد با ۸/۲ در تیمار شاهد (بدون کاربرد سوپر جاذب) به دست آمد (جدول ۳).

سوپر جاذب (شاهد)، ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بود (Mojaddam, et al., 2017). عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم، ماله و ایجاد جوی و پشته بود. قبل از کاشت کود فسفره و نیتروژنه بر اساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی از منبع سوپرفسفات تریپل و اوره به ترتیب به میزان ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده و توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از کاشت بذر، مقداری از سوپر جاذب با توجه به نوع تیمار برای هر نوار توسط دیسک با خاک مخلوط شد. کشت به صورت جوی و پشته‌ای، فاصله بین خطوط کاشت ۰/۶۵ متر و فاصله بین بذر روی خط کاشت ۱۵ سانتی‌متر بود. در این آزمایش، از لوبیا چشم‌بلبلی رقم کامران رایج در منطقه استفاده شد. عملیات کاشت به صورت دستی و با قراردادن چند بذر در هر چاله در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری انجام شد و پس از سبز شدن برای حصول تراکم مطلوب، تنک بوته‌ها انجام شد. برای دفع آفات به خصوص لارو برگ‌خوار لوبیا از حشره‌کش سایپر مترین^۱ در مراحل اولیه و در مرحله بعد از زنبور پارازیت، هابروبراکن^۲ برای مبارزه با آن استفاده شد. وجین علف‌های هرز در مراحل مختلف رشد به روش دستی انجام شد. تعداد غلاف در بوته بر اساس میانگین تعداد غلاف در پنج بوته تعیین گردید. تعداد دانه در غلاف در ۲۰ غلاف به طور تصادفی مشخص شد. وزن ۱۰۰ دانه بر اساس میانگین چهار نمونه ۱۰۰ تایی از بذرهای مربوط هر واحد آزمایشی تعیین شد. برای تعیین درصد پروتئین دانه در زمان برداشت نهایی ابتدا درصد نیتروژن دانه به کمک دستگاه کج‌دال مدل K-360 کمپانی BUCHI اندازه‌گیری و سپس با ضرب نمودن در ضریب ۶/۲۵ درصد پروتئین دانه تعیین گردید (Breebse Jones, 1931). عملکرد بیولوژیکی و دانه به ترتیب پس از توزین کل بوته‌ها و سپس خرمن کوبی و بوجاری کل غلاف‌ها در دو خط میانی به مساحت دو مترمربع در هر واحد آزمایشی تعیین گردید. شاخص برداشت از طریق تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی به صورت درصد محاسبه گردید (Mahdavi et al., 2006). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از برنامه آماری Minitab نسخه ۱۶ و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کم‌آبیاری و سوپر جاذب بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج

1. Cypermethrin
2. Habrobracon

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر پلیمر سوپر جاذب بر صفات کمی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط مدیریت کم آبیاری

Table 2. Analysis variance of applying of super absorbent polymer on quantitative and qualitative traits of cowpea in low irrigation management conditions

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	درصد پروتئین Protein percentage	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight	تعداد دانه در غلاف Grain number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
31.316	27509	7748 ^{ns}	10.677	9.7324	6.6415	1.3644	2	تکرار Replication
375.416**	243891**	70375**	74.561**	43.8081**	17.0726**	52.0533**	2	کم آبیاری Low irrigation (I)
3.172	7565	1343	0.345	1.02251	0.7015	0.2844	4	خطای ۱ Error 1
119.650**	55474**	16747**	27.788*	10.6686**	9.5926**	9.8711**	2	سوپر جاذب Super absorbent (S)
1.499	713	159	1.775	0.3731	0.1348	0.0556	4	خطای ۲ Error 2
17.595*	2017 ^{ns}	94 ^{ns}	0.142 ^{ns}	0.5711 ^{ns}	0.3526 ^{ns}	0.6244*	4	کم آبیاری «سوپر جاذب» S×I
2.881	1487	195	0.087	0.2851	0.1248	0.1489	8	خطای ۳ Error 3
5.7	6.2	7.3	1.2	3	3.7	3.4	-	ضریب تغییرات (درصد) Coefficient variation (%)

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد؛ ns: فاقد اختلاف معنی دار آماری

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

جدول ۳- مقایسات میانگین اثر پلیمر سوپر جاذب بر صفات کمی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط مدیریت کم آبیاری

Table 3. Mean comparison of applying super absorbent polymer on quantitative and qualitative traits of cowpea in low irrigation management conditions

عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/h)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/h)	درصد پروتئین (درصد) Protein percentage (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-grain weight (g)	تعداد دانه در غلاف Grain number per pod	تیمار Treatment
آبیاری Irrigation					
7962.4 ^a	2853.4 ^a	22.57 ^c	20.00 ^a	10.84 ^a	آبیاری کامل Furrow full irrigation
4764.7 ^c	1108.2 ^c	28.19 ^a	15.59 ^c	8.13 ^c	آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت Fixed alternate furrow irrigation
5684.9 ^b	1732.6 ^b	26.46 ^b	17.75 ^b	9.64 ^b	آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر Variable alternate furrow irrigation
سوپر جاذب Super absorbent					
5335.6 ^c	1453.2 ^c	27.58 ^a	16.64 ^c	8.20 ^c	بدون سوپر جاذب Non- used super absorbent
6171.8 ^b	1926.5 ^b	25.55 ^b	17.89 ^b	9.64 ^b	۷۵ کیلوگرم در هکتار 75 Kg/h
6904.6 ^a	2314.5 ^a	24.08 ^c	18.81 ^a	10.20 ^a	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار 150 Kg/h

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند.

Means followed by the same letter in each column are not significantly different in probability level of 5% by Duncan test.

جدول ۴- اثر متقابل پلیمر سوپر جاذب و مدیریت کم آبیاری بر تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط مدیریت کم آبیاری

Table 4. Mean comparison of applying super absorbent polymer on pod number per plant and harvest index of cowpea in low irrigation management conditions

تیمار Treatments	میانگین صفات Means of traits		
آبیاری Irrigation	سوپر جاذب Super absorbent	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
آبیاری کامل Furrow full irrigation	بدون سوپر جاذب Non-used super absorbent	13.00 ^b	34.73 ^{ab}
	۷۵ کیلوگرم در هکتار 75 Kg/h	13.86 ^{ab}	35.02 ^{ab}
	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار 150 Kg/h	14.26 ^a	37.13 ^a
آبیاری یک‌درمیان ثابت Fixed alternate furrow irrigation	بدون سوپر جاذب Non-used super absorbent	7.80 ^e	16.61 ^{dc}
	۷۵ کیلوگرم در هکتار 75 Kg/h	8.46 ^{de}	23.69 ^{cd}
	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار 150 Kg/h	10.46 ^{cd}	27.91 ^{bc}
آبیاری یک‌درمیان متغیر Variable alternate furrow irrigation	بدون سوپر جاذب Non-used super absorbent	9.86 ^d	25.26 ^c
	۷۵ کیلوگرم در هکتار 75 Kg/h	11.06 ^c	31.27 ^b
	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار 150 Kg/h	12.20 ^{bc}	33.23 ^{abc}

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

Means followed by the same letter in each column are not significantly different in probability level of 5% by Duncan test.

پرشدن مؤثر دانه و کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و کاهش وزن دانه در مرحله توسعه دانه می‌شود (Karimi & Baghal Mohseni, 2013). در بین مقادیر مختلف سوپر جاذب، بیشترین وزن دانه با ۱۸/۸ گرم مربوط به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب و کمترین مقدار با ۱۶/۶ گرم در تیمار شاهد (بدون کاربرد سوپر جاذب) حاصل شد (جدول ۳). (Khadem et al, 2011). نیز بیان کردند که استفاده از پلیمر می‌تواند وزن دانه ذرت را به‌طور خطی افزایش دهد. در تحقیق دیگری بیان شد که وزن دانه تابعی از سرعت و طول دوره پرشدن دانه است، لذا وجود تنش‌های محیطی به ویژه کمبود آب به دلیل کاهش در فتوسنتز، سرعت و طول دوره پرشدن منجر به کاهش وزن دانه می‌شوند (Shekari et al., 2009).

پروتئین دانه

نتایج آزمایش نشان داد که اثر کم آبیاری و سوپر جاذب بر درصد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد پروتئین با ۲۸/۱۹ درصد در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و کمترین درصد پروتئین با ۲۲/۵۷ درصد در شرایط

پژوهش‌های Allahdadi et al, (2005) نیز در بررسی اثر سوپر جاذب بر سویا بیان کردند که تعداد گل در بوته، تعداد غلاف در بوته و در نهایت تعداد دانه در بوته افزایش یافت. (Memar & Mojaddam, 2015) نیز با بررسی تأثیر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد گزارش نمودند که سوپر جاذب بر روی تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد و بهترین حالت مربوط به مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

وزن ۱۰۰ دانه

نتایج نشان داد که اثر کم آبیاری و سوپر جاذب بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن ۱۰۰ دانه با ۲۰ گرم در شرایط آبیاری کامل و کمترین مقدار با ۱۵/۵ گرم در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت حاصل شد (جدول ۳). بیان شده است که کمبود آب در مراحل رویشی و زایشی به علت افزایش رقابت برای آب و مواد غذایی باعث کاهش وزن دانه می‌گردد. چنین اظهار شده است که کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی موجب کوتاه شدن طول دوره

به نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه در شرایط مصرف سوپر جاذب، مربوط به جذب بهتر آب و عناصر غذایی باشد. در این خصوص (Azadi et al, 2016) نیز در بررسی کاربرد پلیمر سوپر جاذب به نتایج مشابهی در خصوص افزایش معنی‌دار عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris*) در شرایط کاربرد سوپر جاذب نسبت به عدم کاربرد سوپر جاذب دست یافتند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کم‌آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک با ۷۹۶۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری کامل و کمترین عملکرد بیولوژیک با ۴۷۶۴ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت حاصل شد (جدول ۳). بیان شده است که در شرایط کم‌آبی به علت کمبود آب در خاک، پتانسیل آب برگ، محتوای نسبی آب برگ کاهش و روزه‌ها به علت افزایش هورمون اسید آبسازیک بسته می‌شوند. این امر به کاهش جذب دی‌اکسید کربن و تولید ماده خشک منجر می‌گردد (Rafiei et al., 2013). همچنین (Ludlow & Muchow 1990) اظهار داشتند که در آبیاری یک‌درمیان جوی‌ها به علت کمبود آب، فتوسنتز به شدت کاهش می‌یابد، درحالی‌که تنفس با شدت کمتری کم می‌شود و حتی در مراحل اولیه خشکی ممکن است افزایش یابد. سایر پژوهشگران نیز به کاهش وزن خشک لوبیا در شرایط کم‌آبی اشاره کرده‌اند (Wakrim et al., 2005). در بین مقادیر مختلف سوپر جاذب، بیشترین عملکرد بیولوژیک با ۶۹۰۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب و کمترین عملکرد بیولوژیک با ۵۳۳۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد (بدون کاربرد سوپر جاذب) تعلق داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط مصرف پلیمرهای سوپر جاذب به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب و دسترسی بهتر گیاه به آب برای مدت طولانی‌تر در شرایط کم‌آبی باشد. (Rafiei et al, 2013) نیز در تحقیقات خود اظهار نمودند که با افزایش مصرف سوپر جاذب عملکرد بیولوژیک ذرت افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که اثر متقابل کم‌آبیاری و سوپر جاذب بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با ۳۷/۱۳ درصد مربوط به تیمار آبیاری کامل جویچه‌ها و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب و کمترین شاخص برداشت با

آبیاری کامل حاصل شد (جدول ۳). نتایج این آزمایش با یافته های (Abedi Kupai & Sohrab 2005) در خصوص افزایش پروتئین دانه لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط تنش کمبود آب مطابقت داشت. (Daniel & Triboi 2008) در آزمایش بر روی گندم به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شرایط مطلوب آبیاری گردید. این محققان دلیل این امر را به کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش نسبت آندوسپرم نشاسته‌ای به کل حجم دانه نسبت داده‌اند. آن‌ها چنین اظهار داشتند که درصد پروتئین در پوسته و جنین نسبت به آندوسپرم بیشتر است، لذا در شرایط کمبود آب به دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه (نشاسته)، درصد پروتئین دانه نسبت به حجم آندوسپرم بیشتر می‌شود. در بین مقادیر مختلف سوپر جاذب، بیشترین پروتئین با ۲۷/۵۸ درصد به تیمار شاهد (بدون کاربرد سوپر جاذب) و کمترین پروتئین با ۲۴ درصد به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب اختصاص داشت (جدول ۳). بیان شده است که سوپر جاذب‌ها باعث ایجاد شرایط بهتر برای جذب آب می‌شوند و این حالت سبب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و ذخیره هیدرات کربن در دانه و موجب کاهش درصد پروتئین می‌گردد (Roustaie et al., 2012).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کم‌آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه با میزان ۲۸۵۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری کامل و کمترین نیز با ۱۱۰۸ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت حاصل شد (جدول ۳). کاهش عملکرد در تیمار کم‌آبیاری را می‌توان به کاهش فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های احیاکننده نیترات و افزایش آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند آمیلاز نسبت داد (Wakrim et al., 2005). (Gebeyehu 2006) بیان کرد که لوبیا در تمامی طول دوره رویش به کمبود آب حساس است و کمبود آب به ویژه در مرحله پرشدن دانه به طور معنی‌داری منجر به کاهش میزان عملکرد دانه می‌گردد. (Gupta 2000) نیز بیان کرد که تنش رطوبتی حتی برای کوتاه‌مدت در دوره گلدهی منجر به کاهش تعداد دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد که با نتایج این تحقیق مشابهت داشت. نتایج همچنین نشان داد که در بین مقادیر مختلف سوپر جاذب، بیشترین عملکرد دانه با ۲۳۱۴ کیلوگرم در هکتار به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب و کمترین مقدار با ۱۴۵۳ کیلوگرم در هکتار به تیمار بدون کاربرد سوپر جاذب (شاهد) تعلق داشت (جدول ۳).

منجر به افزایش عملکرد اقتصادی و در نهایت افزایش شاخص برداشت گردیده است (Moslemi et al., 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مدیریت کم‌آبیاری تأثیر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی داشت و این تأثیر در شرایط مدیریت آبیاری یک‌درمیان ثابت نسبت به آبیاری یک‌درمیان متغیر بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که مصرف سوپر جاذب در شرایط آبیاری کامل با افزایش مؤلفه‌های تولیدی و در شرایط کم‌آبیاری با کم‌کردن اثرات کمبود آب و بهبود آسیب‌های ناشی از آن توانست در جهت افزایش عملکرد کمی مؤثر واقع شود. این در حالی بود که با مصرف سوپر جاذب، عملکرد کیفی کاهش یافت.

۱۶/۶۱ درصد در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و بدون کاربرد پلیمر سوپر جاذب بود (جدول ۴). کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش کمبود آب می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده و کاهش انتقال مواد فتوسنتز شده به دانه باشد (Khoshvaghti, 2006). Taleie et al, (2000) چنین اظهار داشتند که علاوه بر تجمع ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های مختلف گیاه اهمیت زیادی در شاخص برداشت دارد. این محققان بیان داشتند که تنش خشکی در مرحله رویشی سبب می‌گردد که تولیدات فتوسنتزی صرف رشد ریشه‌ها در جهت تأمین آب مورد نیاز گیاه گردد. لذا در چنین شرایطی شاخص برداشت کاهش می‌یابد. نقش سوپر جاذب‌ها در افزایش شاخص برداشت را می‌توان به ذخیره آب و مواد غذایی و در دسترس قرار دادن بهتر آن‌ها در هنگام تنش و کاهش هدرروی آب و مواد غذایی برای گیاه نسبت داد که این امر

منابع

- Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F., Abbasi, N., and Akbari, M. 2015. Promoting Water Use Efficiency. Agricultural Research, Education and Extension Organization (In Persian).
- Abedi Kupai, C., and Sohrab, F. 2005. Estimation of hydraulic properties of different soils by adding synthetic and natural superabsorbent using RETC model. 3rd Training and Seminar on Agricultural Application of Superabsorbent Hydrogels. (In Persian).
- Allahdadi, I., Yazdani, F., Akbar, G.A., and Behbahani, S.M. 2005. Evaluation of the effect of different rates of superabsorbent polymer (Superab A200) on soybean yield and yield components (*Glysin max* L.). 3rd Specilized Training Course and Seminar on the Application of Superabsorbent Hydrogel in Agriculture. Iran, p. 20-32. (In Persian).
- Azadi, A., Naderi, A., Pezeshpor, P., and Modhej, M. 2016. Effect of supplemental irrigation, vermicompost and super absorbent on grain yield and lentil protein properties as autumn planting. The 6th National Congress of Iranian beans. (In Persian).
- Bahrani, A., and Pourreza, J. 2016. Effect of alternate furrow irrigation and potassium fertilizer on seed yield, water use efficiency and fatty acids of rapeseed. IDESIA (Chile). Paginas, p. 35-41.
- Breebse Jones, D. 1931. Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins. United States Department of Agriculture. Washington. p. 1-22.
- Daniel, C., and Triboi, E. 2008. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperature and water stress. European Journal of Agronomy 16(1): 1-12.
- Gebeyehu, S. 2006. Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. Ph.D. Thesis, University of Giessen, Germany.
- Gupta, V.S. 2000. Production and Improvement of Crop for Drylands. Oxford and IBH Publication Company. New Delhi. 431 p.
- Harvey, J. 2002. Use of hydrogels to reduce leaf loss haster root. Establishment Forest Research 45: 220-228.
- Kabiri, K. 2002. Acrylic superabsorbent hydrogels. 2nd Specialized Training Course on Agricultural and Industrial Application of Super Debris Hydrogels. Iran Polymer and Petrochemical Research Institute. (In Persian).
- Kang, S.Z., Shi, P., Pan, Y.H., Liang, Z.S., Hu, X.T., and Zhang, J. 2000. Soil water distribution, uniformity and water use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. Irrigation Science 19(4): 181-190.
- Karimi, M., and Baghal Mohseni, A. 2013. Effects of osmotic stress on soybean varieties. Journal of Novel Applied Sciences 2(4): 101-105.
- Khadem, S.A., Ghalavi, M., Ramroodi, M., Mousavi, S.R., Roust, M.J., and Rezvani Moghadam, P. 2011. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on yield and yield components on corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Crop Science 1(42): 115-123.

15. Khorramian, M. 2002. Effect of deficit irrigation by alternate furrow irrigation method on the efficiency on the corn yield in the north Khuzestan. Journal of Agricultural Engineering Research 3(11): 101-91. (In Persian with English Summary).
16. Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield on three pinto bean cultivar. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture. Tabriz University.
17. Lizana, C., Wentworth, M., Martinez, J.P., Villegas, D., Meneses, R., Murchie, E.H., Pastenes, C., Lercari, B., Vernieri, P., Horton, P., and Pinto, M., 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I. Effect of drought on yield and photosynthesis. Journal of Experimental Botany 57: 685-697.
18. Ludlow, M.M., and Muchow, R.C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environments. Advances in Agronomy 43: 107-153.
19. Mahdavi, F., Esmaeili, M.A., Fallah A., and Pirdashti, H. 2006. Study of morphological characteristics, physiological indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) landraces and improved cultivars 7(4): 280-297. (In Persian with English Summary).
20. Memar, M.R., and Mojaddam, M. 2015. The effect of irrigation intervals and different amounts of super absorption on the on yield and yield components of sesame in hamidiyeh weather conditions. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences 5(3): 350-365.
21. Mojaddam, M., Payandeh, K., Lak, Sh. and Marashi, K. 2017. Effect of superabsorbent polymer on grain yield and some physiological characteristics of spring maize (*Zea mays* L.) under water deficit tension conditions. Crop Physiology Journal 8(32): 61-73. (In Persian with English Summary).
22. Mokhtari, N., Mokhtari, M., and Avazpour, A. 2015. Effect of different levels of drought stress and super-adsorbent hydrogels on yield and yield components of Chita beans in yasouj region (*Phaseolus vulgaris*). The First International Conference and the 4th National Conference on Tourism, Geography and the Environment. Hamadan. Iran. (In Persian).
23. Moslemi, Z., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Ardakani, M.R., Mohammadi, A., and Sakari, A. 2012. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 12: 358-364.
24. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Legumes. Publications University of Mashhad. 522 p.
25. Rafiei, F., Nourmohammadi, G., Chokan, R., Kashani, A., and Haidari Sharif Abad, H. 2013. Investigation of superabsorbent polymer usage on maize under water stress. Global Journal of Medicinal Plant Research 1(1): 82-87.
26. Roustaie, K., Movahhedi Dehnavi, M., Khadem, S., and Owliaie, H. 2012. Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the quantitative and qualitative characteristics of soybean under drought stress. Journal of Crops Improvement 14(1): 33-42. (In Persian with English Summary).
27. Sadeghi-Shoae, M., Paknejad, F., Hassanpour Darvishi, H., Mozafari, H., Moharramzadeh, M., and Tookaloo, M.R. 2013. Effect of intermittent furrow irrigation, humic acid and deficit irrigation on water use efficiency of sugar beet. Annals of Biological Research 4(3):187-193.
28. Salar, N., Farahpour, M., and Bahari, F. 2005. The effect of water-soluble polymer on irrigation intervals on melon. 3rd Specialized Training and Specialized Seminar on Super Absorption. Iran Polymer and Petrochemical Research Institute. No. 3. (In Persian).
29. Shahram, A., and Daneshi, N. 2005. The most appropriate irrigation interval and the amount of water needed in white bean cropping. 9th Soil Science Congress of Iran. Tehran. (In Persian).
30. Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, V., and Shekari, F. 2009. The effect of salicylic acid on growth characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.). New Agricultural Sciences 6: 47-53. (In Persian).
31. Stoll, M., Loveys, B., and Dry, P. 2015. Improving water use efficiency of irrigated horticultural crops. Journal Express Botany 51(4): 1627-1634.
32. Taleie, A., Postini, K., and Dawazdeh Emami, S. 2000. Effects of plant density on physiological characteristics of some spotted bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 3: 477-487.
33. Wakrim, R., Wahbi, S., Tah, H., Aganchich, B., and Serraj, R. 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris*). Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 275-287.

Effect of super absorbent polymer on quantitative and qualitative traits of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in low irrigation management conditions

Mombani¹, P. & Marashi^{2*}, S.K.

1. MSc. in Agronomy, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;
pmseti88@gmail.com

2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Received: 24 June 2017
Accepted: 13 October 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73423

Introduction

Beans are the major part of the diet of many people in the world, because the large amounts of protein in combination with cereal grains could provide a valuable source of food. Iran is located in dry and semi-arid region, and water deficit due to the drought are observed in most parts of Iran. Therefore, implementation of irrigation techniques in order to be more productive than water resources is a scientific approach to reducing water consumption. Meanwhile, based on research, the use of super absorbent hydrogels can increase the yield or reduce the damage caused by scarcity of water resources. Accordingly, this experiment was conducted to investigate the effect of super absorbent polymer under low irrigation conditions on quantitative and qualitative traits of cowpea.

Materials & Methods

This research was conducted in summer 2015 in a field located 12 Km far from Ahvaz. This experiment was carried out as strip-plot in a randomized complete block design with three replications. The first factor consists of: 1) furrow full irrigation (control), 2) fixed alternate furrow irrigation and 3) variable alternate furrow. The second factor included three levels of super absorbent polymers: 1) Absence of super absorbent (control), 2) 75 Kg/ha and 3) 150 Kg/ha. Super absorbent on the basis of treatments was mixed with the soil with the help of a disk machine. Stagger furrow irrigation is one of the irrigation methods which can be applied fixed or alternatively by irrigation of half of the furrows. In the irrigation of variable alternate furrow, the furrows are irrigated as arrange in a series of alternating intervals. That way, in one irrigation time, two furrows and in next irrigation time, only the middle furrows is irrigated. In this method, only half of the plant roots, tolerate a period of drought stress and in the next irrigation, the dry period is removed and the other half is subjected to drought stress.

Results & Discussion

The results showed that the differences between different levels of irrigation was significant in number of pods per plant, number of seeds per pod, 100-seed weight, protein percentage, grain yield, biological yield and harvest index at 1% probability level. The effect of different levels of super absorbent on all tested traits was significant at the level of probability of 1% and grain protein content at 5% level. The interaction between different levels of irrigation and super absorbent on number of pods per plant and harvest index was significant at 5% probability level. The maximum grain yield under furrow full irrigation and 150 Kg/ha super absorbent were 2853.4 and 2314.5 Kg/ha, respectively, and the minimum grain yield under fixed alternate furrow irrigation and absence of super absorbent was obtained were 1108.2 and 1453.2 Kg/ha, respectively. It has been stated that the beans are sensitive to water shortages throughout the growth stage and water shortages, especially during flowering stage and grain filling period, can reduce grain yield. The role of super absorbents in increasing the grain yield can be attributed to a better supply of water and nutrients and the availability of them during stress and also to the reduction of water and nutrients waste. The maximum percentage of protein under fixed alternate furrow irrigation and absence of super absorbent was 28.89% and 27.58%, respectively, and the minimum percentage of protein was observed under furrow full irrigation and consumption of 150 Kg/ha super absorbent was observed with 22.57% and 24.08%, respectively. It has been stated that drought stress increased the protein percentage of seeds relative to

*Corresponding Author: marashi_47@yahoo.com

normal irrigation conditions. The reason for reduction of protein is to reduce the transfer of photosynthetic material to the seeds. Because, the percentage of protein in the shell and embryo is higher than endosperm. Therefore, in water shortage conditions due to reduction of transfer of photosynthetic material to endosperm, the seed protein percentage is increased compared to endosperm. Super adsorbents create better conditions for water absorption. This increases the photosynthetic capacity and storage of carbon hydrates in the seeds and decreases the protein content.

Conclusion

In general, the results of the experiment showed that the effect of super absorbent application in furrow full irrigation conditions with increasing production parameters and under low irrigation conditions, with reducing the effects of water deficit and improving the damage caused by it, could be effective in increasing the yield. However, with the use of super absorbent, the yield qualitative was reduced.

Keywords: Drought stress, Harvest index, Protein percentage, Yield

اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد، مایکوریزا و مقادیر فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.)

فهیمه رضاپوریان قهفرخی^{۱*}، سرالله گالشی^۲، ابراهیم زینلی^۳ و بنیامین ترابی^۴

۱- دانشجوی دکتری کشاورزی، رشته مهندسی کشاورزی، گرایش زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ galeshi@gau.ac.ir

۳- دانشیار زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ e.zeinali@gau.ac.ir

۴- استادیار زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ ben_torabi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد، مایکوریزا و مقادیر مختلف فسفر کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۶ و ۹۶-۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل کود فسفره در سه سطح (عدم مصرف، ۱۵۰ کیلوگرم و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ مایکوریزا در هشت سطح (شاهد، باکتری *آزوسپیریوم لیپوفرم*، باکتری *سودوموناس فلورنس*، قارچ *گلوبوس موسه*، ترکیب *آزوسپیریوم* و *سودوموناس*، *آزوسپیریوم* و قارچ، *سودوموناس* و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور) بودند. نتایج تجزیه مرکب در مورد اثر سال، کود فسفر و کود زیستی نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار روی عملکرد و اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه، طول غلاف و پروتئین دانه بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در سال اول نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۲۶ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۹/۶ درصد افزایش داشت. در سال دوم آزمایش نیز بیشترین عملکرد دانه (۲۱۶ گرم در مترمربع) با افزایش ۳۸/۷ درصد نسبت به شاهد در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۲/۹۱ گرم) و بیشترین تعداد دانه (۸/۵۲ عدد در غلاف) در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر به دست آمد. نتایج کلی این آزمایش نشان‌دهنده مفید بودن باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا در زراعت ماش جهت کاهش استفاده از کود شیمیایی فسفر است.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپیریوم لیپوفرم*، حبوبات، *سودوموناس فلورنس*، *گلوبوس موسه*

مقدمه

و در فعالیت‌های متابولیکی متعدد شرکت می‌کند، مهم‌ترین عنصر در تولید محصول و تغذیه معدنی حبوبات محسوب می‌شود (Noonari et al., 2016). برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر به صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه می‌گردد که مقادیر زیادی از فسفر موجود در این کودها بعد از ورود به خاک نامحلول شده و در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Zhang et al., 2015). در نتیجه، کاربرد خاکی فسفات به دلیل پایین بودن فسفر قابل جذب به تنهایی نمی‌تواند نیازهای بخش کشاورزی را تأمین کند (Parsa Motlagh et al., 2011). بر اساس گزارش‌ها، از کل کود فسفر استفاده شده در خاک، حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد جذب

ماش (*Vigna radiata* L.) یکی از بقولات باارزش و سرشار از فسفر می‌باشد که قادر به تثبیت بیولوژیک نیتروژن است (Belachew & Abera, 2011). ماش از نظر مواد پروتئینی، غنی است و قابلیت هضم آن نسبت به سایر حبوبات بیشتر است. این گیاه به دلیل داشتن سطح زیرکشت وسیع (بالغ بر ۲۰ هزار هکتار)، خوش خوراکی و قابلیت هضم بالا، دارای اهمیت فراوانی در کشور می‌باشد (Khajeh et al., 2016). فسفر به عنوان یک نهاده شیمیایی، از اجزای اصلی کودهایی است که در هنگام کاشت مصرف می‌گردد و به دلیل اهمیتی که در بالابردن رشد گیاهچه و گلدهی دارد (Suryantini, 2016)

*نویسنده مسئول: f.rezapoorian1389@yahoo.com

سودوموناس از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای هورمون‌های تحریک کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین و دیگر هورمون‌ها مانند جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Stefan et al., 2013; Moustaine et al., 2017).

(Srivastava et al., 2011) نشان دادند که تلقیح بذور نخود (*Cicer arietinum* L.) با باکتری حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد که تعداد گره، وزن خشک گره، عملکرد دانه، عملکرد کاه و محتوای نیتروژن در دانه‌های گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik) با تلقیح باکتری محرک رشد گیاه سویه سودوموناس به‌علت کاهش تولید اتیلن، بهبود یافته است (Gupta et al., 2015).

نتایج مطالعه (Bhattarai et al., 2011) روی اثر ریزوبیوم، میکوریز، کود دی‌آمونیم فسفات به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد بر روی لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) نشان داد که تیمار تلقیح‌شده با ریزوبیوم، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد، بر صفات وزن ماده خشک، طول ریشه و اندام هوایی، تعداد غلاف و تعداد گره‌ها نسبت به سایر تیمارها نشان داد. (Gangwar et al., 2013) نشان دادند که تلقیح گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) با باکتری سودوموناس پوتیدا باعث افزایش رشد ریشه، طول ساقه و وزن خشک گیاه گردیده است. (Kaur et al., 2015) در بررسی اثر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد گزارش نمودند که تلقیح گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با هر کدام از سویه‌ها باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه و جذب نیتروژن و فسفر شده است. بر اساس مطالعات انجام‌شده به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد، روی رشد رویشی و زایشی گیاه مؤثر بوده و کاربرد آن‌ها می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی را کاهش و عملکرد گیاه را افزایش داده و یا در حد مطلوب نگه دارد. بنابراین با توجه به این‌که در کشور ما به‌دلیل تغییرات شدید pH میزان فسفر محلول در ریزوسفیر گیاه محدود می‌باشد، استفاده از کودهای بیولوژیک آزادکننده فسفر تا حدود زیادی می‌تواند مشکلات جذب این عنصر را تعدیل بخشیده و بر جذب این عنصر تأثیرگذار باشد.

این تحقیق، با هدف ارزیابی کودهای زیستی در آزادسازی فسفر نامحلول خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی بخشی از آن‌ها، با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا اجرا شد.

گیاه شده و مابقی به‌صورت غیرقابل جذب درآمده و در خاک تجمع می‌یابد (Zhang et al., 2015). از دلایل اصلی طبیعت ناپایدار کشاورزی، استفاده مداوم و مفرط از کودهای شیمیایی است که موجب زیان‌رساندن به فعالیت بیولوژیکی، تغییرات pH و خسارت تجمع نمک حاصل از کوددهی بیش از حد می‌گردد. لذا فراهم‌سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از منابع طبیعی یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و تغییر شرایط کنونی است. بنابراین به‌دلیل جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی بایستی به افزایش کارایی مصرف این عنصر توجه گردد (Zhang et al., 2015). در این شرایط یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط زیست، فراهم‌سازی شرایط لازم و ضرورت استفاده بیشتر از میکروارگانیسم‌های خاکری و کودهای زیستی می‌باشد (Bona et al., 2015).

(Suhag 2016) بیان داشت که حضور کودهای زیستی باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر ریزمغذی می‌شود. قارچ‌های میکوریزا به‌عنوان یک کود زیستی دارای کارکردهای چندمنظوره‌ای از جمله افزایش دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان، گسترش ناحیه جذب ریشه (Ziane et al., 2017)، افزایش فتوسنتز، افزایش کارایی مصرف آب در گیاه میزبان، افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری، افزایش مقاومت گیاه میزبان به آفات و بیماری‌ها، افزایش محتوای کلروفیل، تسریع در گلدهی گیاه میزبان، بهبود ساختمان خاک، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف‌های هرز، تشدید فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم و آزوسپیریلوم در بوم‌نظام‌های زراعی هستند (Kanwal et al., 2015).

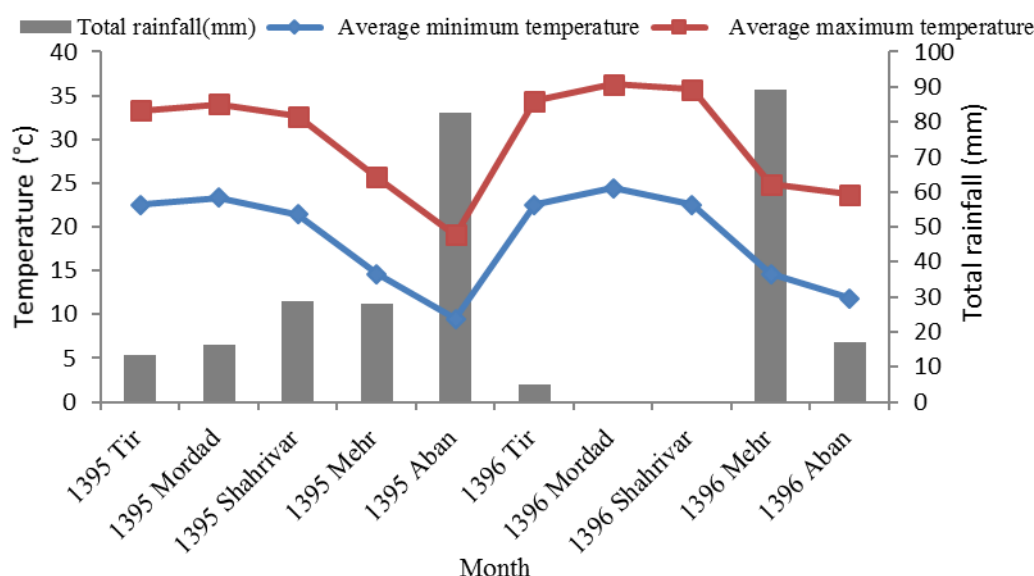
(Ziane et al., 2017) در بررسی اثر کودهای شیمیایی و قارچ میکوریز آربوسکولار بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculenum* Mill.) گزارش کردند که استفاده از قارچ میکوریزا آربوسکولار می‌تواند باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. همچنین (Rajabzadeh Motlagh 2011) افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ را در اثر تلقیح بذر لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با میکوریزا گزارش کرد.

از طرفی باکتری‌های محرک رشد نیز جزو کودهای زیستی محسوب می‌شوند که از اهمیت ویژه‌ای در افزایش محصول و حفظ حاصلخیزی خاک برخوردار می‌باشند. باکتری‌های جنس ریزوبیوم، آزوتوباکتر، آزوسپیریلوم و

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۹۵ و ۱۳۹۷-۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با موقعیت طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و عرض

جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی اجرا شد. برخی از خصوصیات اقلیمی محل اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- میانگین حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی در ماه‌های کشت گیاه

Fig. 1. Average minimum and maximum temperature and total rainfall in cultivation on months

شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش به تفکیک سال در جدول ۱ آمده است.

قبل از آماده‌سازی بستر، از زمین محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری خاک انجام شد و در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت. برخی مشخصات فیزیکی و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

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

Year	Depth	Clay	Silt	Sand	N	pH	K	P
سال	عمق	رس	سیلت	شن	نیتروژن	شاخص واکنش	پتاسیم	فسفر
	cm	درصد (%)					(mg.kg ⁻¹)	
1395- 96	0-30	44.5	41.5	14	0.04	7.1	200	8.3
1396-97	0-30	47.5	41	11.5	0.07	6.9	181	8.7

مایکوپریز آربوسکولار نیز در هشت سطح شامل عدم مصرف باکتری و قارچ (شاهد)، باکتری *Azospirillum* (شاهد)، باکتری *lipoferum*، باکتری *Sudomonas flourens*، قارچ *(Pseudomonas fluorescens)*، قارچ *(Glomus mosseae)*، ترکیب *Azospirillum* و *Sudomonas*، *Azospirillum* و قارچ، *Sudomonas flourens* و قارچ و ترکیب هر سه فاکتور، به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. باکتری *Azospirillum lipoferum* و *Sudomonas flourens* مورد استفاده از ریزوسفر گندم جداسازی

به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر در این طرح، آزمایش در هر دو سال زراعی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. کود فسفره (از منبع سوپرفسفات تریپل) به عنوان عامل اول در سه سطح شامل عدم مصرف (شاهد)، مقدار مطلوب (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و شرایط بیش بود (۵۰ درصد بیشتر از حد مطلوب معادل با ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)، بر اساس آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت. ترکیب‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و قارچ

شده بودند که باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفرم* دارای خصوصیات شامل تولید اکسین ($27/32$ میلی گرم بر لیتر)، تثبیت نیتروژن ($14/89$ نانومول بر ساعت میلی لیتر)، توان تولید سیدروفور، ACC دآمیناز، و حلالیت فسفر نامحلول خاک ($1/47$ میلی گرم بر لیتر) بود. همچنین باکتری *سودوموناس فلورسنس* دارای توان تولید اکسین ($4/68$ میلی گرم بر لیتر)، سیدروفور، ACC دآمیناز، حلالیت فسفر نامحلول ($52/50$ میلی گرم بر لیتر) بود. خصوصیات باکتری ریزوبیوم جداسازی شده مورد استفاده از ریزوسفر ماش شامل تولید اکسین ($72/16$ میلی گرم بر لیتر)، سیدروفور، ACC دآمیناز، تثبیت نیتروژن ($138/8$ نانومول بر ساعت میلی لیتر) و حلالیت فسفر نامحلول ($6/72$ میلی گرم بر لیتر) بود. قبل از اعمال کود زیستی، جهت اطمینان از سالم بودن باکتری‌ها، با استفاده از محیط‌های کشت مناسب، تعداد جمعیت باکتری در هر گرم جامد پودری با روش شمارش کلنی مشخص شد. در این آزمایش در همه کرت‌ها باکتری ریزوبیوم (*R. leguminosarum*) مورد استفاده قرار گرفت. مصرف باکتری ریزوبیوم به صورت خاکی بود، به طوری که 200 گرم باکتری، با 4 کیلوگرم خاک مخلوط گردیده و به طور مساوی در خطوط مورد کشت هر کرت زیر بذرها قرار داده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق و سپس دو مرحله دیسک عمود بر هم برای خرد کردن کلوخه‌ها و نیز تسطیح نهایی زمین با لولر بود. پس از این مرحله کودهای پایه پتاس و اوره مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک (اوره به میزان 50 کیلوگرم در هکتار و پتاس (سولفات پتاسیم) به میزان 100 کیلوگرم در هکتار) به طور یکسان در سطح مزرعه توزیع گردید. واحدهای آزمایشی به طول 5 متر و عرض $2/5$ متر و با فاصله یک متر از واحد آزمایشی مجاور، ایجاد شد، به طوری که هر کرت آزمایشی در پنج خط پنج متری با فاصله ثابت 50 سانتی متر و با فاصله بین بوته‌های روی ردیف 10 سانتی متر با تراکم 300 هزار بوته در هکتار کشت شد. بذر ماش مورد نیاز (رقم 1973 A VC) برای کشت از جهاد کشاورزی شهرستان گرگان تهیه و در هر دو سال در اوایل تیرماه کشت گردید. جهت تلقیح تیمار کود زیستی (باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا) ابتدا بذرهای ماش در الکل 70% درصد به مدت 30 ثانیه و سپس توسط هیپوکلریت سدیم $0/2\%$ درصد به مدت دو دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. سپس بذرهای سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند تا اثر هیپوکلریت سدیم حذف شود. بذرهای استریل شده با استفاده از تیمارهای باکتری و قارچ تهیه شده از شرکت دانش بنیان تمیشه تلقیح گردیدند، به طوری که باکتری‌ها (با جمعیت 10^8 سلول باکتری در هر گرم جامد پودری) با آب مخلوط و بر روی بذرهای پاشیده و سپس اقدام به

کشت گردید (به ازای هر کیلوگرم بذر از 50 گرم باکتری استفاده شد). برای جلوگیری از صدمه باکتری‌ها در اثر خشکی بلافاصله اقدام به آبیاری شد. به منظور اعمال تیمارهای مربوط به قارچ میکوریزا، قبل از کاشت، خاک آلوده به قارچ آریسکولار میکوریزا از گونه *Glomus mosseae* که هر 100 گرم از آن حاوی تعداد 300 اسپور است، به میزان 60 کیلوگرم خاک آلوده به قارچ در هکتار، در زیر بذر در عمق دوسانتی متر قرار گرفت. در ابتدای کاشت در هر کپه، سه بذر کشت و پس از استقرار و در زمان سه برگی پس از عمل تنک، فاصله گیاهچه‌ها از هم به 10 سانتی متر رسید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه و شرایط محیطی انجام گرفت. همچنین در طی فصل رشد، علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شدند. صفات اندازه گیری شده در این آزمایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن 1000 دانه و ارتفاع بوته بودند. سطح برداشت هر کرت معادل دو متر مربع بود که با استفاده از دو خط میانی کاشت و پس از حذف حاشیه‌ها تأمین شد. به منظور تعیین عملکرد دانه از خطوط میانی هر کرت به طول یک متر در نظر گرفته شد و جهت جلوگیری از ریزش دانه‌ها، برداشت هر هفته یکبار از غلاف‌های رسیده انجام شد. پس از برداشت غلاف‌ها، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه‌ها در غلاف و وزن خشک غلاف با استفاده از جدا کردن غلاف‌ها از بوته و قراردادن نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در آون در دمای 75 درجه سانتی گراد شمارش و توزین شدند. همچنین جهت اندازه گیری پروتئین دانه از روش کج‌لدال استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS برای داده‌های هر سال انجام و در پایان دو سال تجزیه واریانس مرکب بر روی داده‌ها صورت گرفت. همچنین جهت انجام مقایسات میانگین اثرات متقابل، از روش برش‌دهی (Slicing) و به منظور مقایسه میانگین اثرات ساده، از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال 5% درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سطوح کود زیستی و فسفر و همچنین اثر سال بر صفت ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در سطح عدم مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) بیشترین ارتفاع گیاه ($55/4$ سانتی متر) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ

مایکوریزا بود، همچنین با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار، بیشترین ارتفاع گیاه (۶۵ سانتی‌متر) و با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر بیشترین ارتفاع گیاه (۷۳/۶۳ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم، سودوموناس و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) صفات رویشی و پروتئین دانه ماش

Table 2. Analysis of variance of vegetative traits and protein content of seed mungbean

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	ارتفاع گیاه Plant height	طول غلاف Pod length
سال (Y) (year)	1	1556.96**	10.45**
(بلوک) (سال) (Replication) (Year)	4	3.71	0.05
فسفر (A) (Phosphorus)	2	1247.89**	90/50**
سال × فسفر (A × Y)	2	145.81**	1.14**
کود زیستی (B) Biofertilizer	7	866.84**	0.43**
فسفر × کود زیستی (B × A)	14	51.17**	0.18 ^{n.s}
سال × کود زیستی (B × Y)	7	0.91 ^{n.s}	0.03 ^{n.s}
سال × کود زیستی × فسفر (Y × B × A)	14	0.51 ^{n.s}	0.009 ^{n.s}
خطا (Error)	92	8.25	0.10
Coefficient of variation (%)	-	5.52	5.38
ضریب تغییرات (درصد)	-		

^{n.s} و * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$ respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش فسفر و کود زیستی بر ارتفاع و شاخص برداشت ماش

Table 3. Mean comparison of phosphorus and biological fertilizer on height and harvest index of mungbean

فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (Kg/ha)	کود زیستی Biofertilizer	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
0	0	36.7d	28c
	1	44.16c	31abc
	2	45.76c	29bc
	3	42.56c	30abc
	4	51.26b	31abc
	5	55.35a	32ab
	6	50.71b	32ab
150	7	81.53ab	33a
	0	41.06f	31c
	1	52.51c	34b
	2	46.51ed	37ab
	3	44.28ef	39a
	4	53.36bc	37ab
	5	56.15b	38a
225	6	48.51d	38a
	7	65.01a	37a
	0	50.23f	38d
	1	58.55c	45ab
	2	52.10ef	43bc
	3	48.86f	42bc
	4	58.06cd	44ab
	5	64.20b	46a
	6	55.03de	44ab
	7	73.63a	40cd

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۰: شاهد، ۱: آزوسپیریلیوم لیپوفر، ۲: سودوموناس فلورسنتس، ۳: گلوموس موسه، ۴: آزوسپیریلیوم و سودوموناس، ۵: آزوسپیریلیوم و گلوموس، ۶: سودوموناس و گلوموس، ۷: آزوسپیریلیوم و سودوموناس و گلوموس

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

0: Control, 1: Azospirillum lipoferum, 2: Pseudomonas fluorescens, 3: Glomus mosseae, 4: Azospirillum & Pseudomonas, 5: Azospirillum & Glomus, 6: Pseudomona & Glomus, 7: Azospirillum & Pseudomona & Glomus

Elias et al, (2016) بیان کردند در صورتی که فسفر با استفاده از باکتری‌های محرک رشد به صورت قابل استفاده افزایش یابد، موجب افزایش طول سلول و افزایش رشد و تکثیر سرتاسری سلول‌های گیاه می‌شود. همچنین مشاهده شده است که تلقیح قارچ مایکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به‌ویژه افزایش ریشه‌های جانبی می‌شود در نتیجه با افزایش رشد ریشه، آب و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و این امر موجب بهبود رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (Nasrollahzadeh Asl, 2017). نتایج یک بررسی نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی آزوسپیریوم و ازتوباکتر در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Rahimi Hashemi, 2015). بین دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه مشاهده گردید. بیشترین ارتفاع گیاه (۵۵/۳ سانتی‌متر) در سال دوم آزمایش حاصل شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد با توجه به شکل ۱ شرایط آب و هوایی در زمان ساقه‌روی گیاه علت این افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه در سال دوم نسبت به سال اول باشد.

ارتفاع گیاه یکی از شاخص‌های مهم رشد گیاه است و تعیین‌کننده طول دوره رشد آن می‌باشد که تحت تأثیر شیوه‌های مختلف زراعی اصلاح می‌شود. این افزایش رشد می‌تواند به علت نقش مفید فسفر و کودهای بیولوژیک در باروری خاک و تقویت ریشه گیاه و رشد بیشتر اندام‌های رویشی گیاه باشد. فسفر به عنوان حامل انرژی ATP، در کلیه فعل و انفعالات شرکت کرده و در تقسیم سلولی و رشد سریع سلول‌های مرستمی دخالت دارد و سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Alami Milani et al., 2014). از دلایل مهم تأثیر کودهای بیولوژیک در افزایش ارتفاع گیاه، این است که باکتری‌های محرک رشد موجود در این کودها علاوه بر تثبیت نیتروژن اتمسفری، با حل کردن مواد معدنی مانند فسفات و تولید فیتوهورمون ایندول استیک اسید که نقش مهمی در تنظیم رشد گیاه دارد، باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (Kaur et al., 2015). در واقع می‌توان نتیجه گرفت که باکتری‌های سودوموناس و آزوسپیریوم از محلول‌کننده‌های خوب فسفر برای گیاهان لگومینوز به‌شمار می‌روند و دارای اثر سینرژیستی مثبت هستند (Saxena et al., 2016).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی سال بر اجزای عملکرد ماش

Table 4. The main effect of year on the yield components mung bean

سال Year	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در غلاف Number of pods per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
1395-96	48.73 b	7.54 a	52.56 a	0.38 a
1396-97	55.31 a	7.34 b	50.76 b	0.36 b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

نتایج Solymani Fard et al, (2013) مطابقت دارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول غلاف در سال اول (۷/۷ سانتی‌متر) و در سال دوم (۶/۹ سانتی‌متر) مربوط به سطح فسفر ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۳).

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت تعداد غلاف در بوته نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه فسفر، کود زیستی و سال در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵).

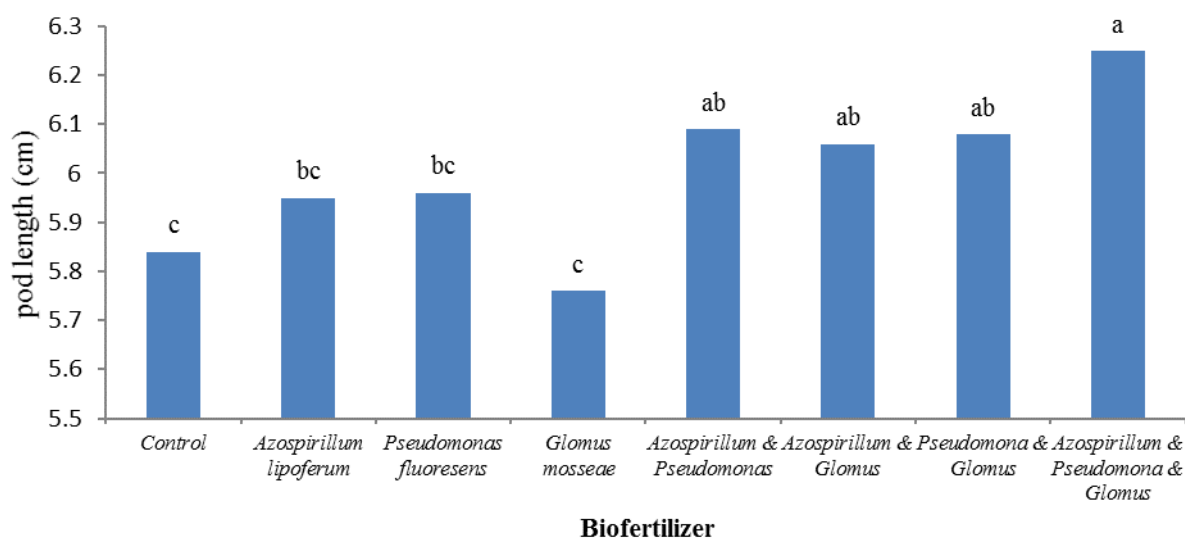
مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که سال اول در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۷/۱ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم و قارچ مایکوریزا است که از لحاظ آماری با تیمار

طول غلاف

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سطوح کود زیستی و اثر متقابل فسفر و سال بر صفت طول غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول غلاف (۶/۲۵ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم، سودوموناس و قارچ مایکوریزا حاصل شد (شکل ۲). Karimi et al, (2013) نشان دادند که کودهای زیستی باعث افزایش طول غلاف در گیاه لوبیاسبز شدند. همچنین Mrkovacki & Milic (2001) بیان نمودند که پتانسیل تولید سیدروفورهای مختلف توسط باکتری ازتوباکتر و افزایش قابلیت جذب روی، آهن و منگنز و همچنین توانایی این باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش رشد بلال مؤثر می‌باشد. نتایج این آزمایش با

همچنین مقایسه میانگین تیمارها در سال دوم نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۲/۵) عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا بود که از لحاظ آماری با تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت.

تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت و در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۴/۶) عدد در بوته) و در شرایط مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، بیشترین تعداد غلاف (۱۶/۵) عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا بود (جدول ۶).

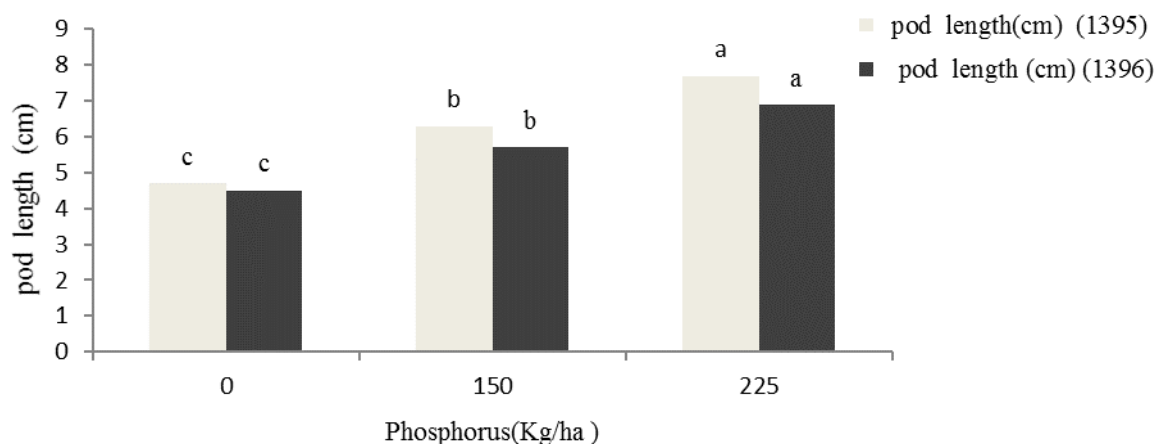


شکل ۲- اثر اصلی کود زیستی بر طول غلاف ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 2. The main effect of biofertilizer on the pod length of mungbean under the influence of phosphorus and biofertilizer levels

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال و فسفر بر طول غلاف ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی

Fig. 3. Mean comparison of phosphorus and year on the pod length of mungbean under the influence of phosphorus and biofertilizer levels

جدول ۵- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت تأثیر سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی
Table 5. Analysis of variance of two years (compound analysis) of yield and yield components of mungbean under the influence of phosphorus and bio fertilizer levels

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	تعداد غلاف در بوته Seed no. per pod	تعداد دانه در غلاف Pod no. per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seed weight
سال (Y) (year)	1	429.52**	1.64**	116.64**
سال (بلوک) (Replication)(Year)	4	0.50	0.31	34.04
فسفر (A) (Phosphorus)	2	31.04**	56.08**	85.92**
سال × فسفر (A × Y)	2	10.78**	0.30 ^{n.s}	5.60 ^{n.s}
کود زیستی (B) Biofertilizer	7	34.59**	0.13 ^{n.s}	22.64 ^{n.s}
فسفر × کود زیستی (B × A)	14	1.14 ^{n.s}	0.11 ^{n.s}	14.01 ^{n.s}
سال × کود زیستی (B × Y)	7	3.46**	0.03 ^{n.s}	2.19 ^{n.s}
سال × کود زیستی × فسفر (Y × B × A)	14	1.64*	0.06 ^{n.s}	1.62 ^{n.s}
خطا (Error)	92	0.76	0.16	16.36
Coefficient of variation (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	6.82	5.47	7.82

^{n.s} و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively

حاصل شد که نسبت به سال دوم ۳/۷ درصد افزایش داشت (جدول ۴).

افزایش تعداد غلاف در گیاه با تلقیح کودهای زیستی ممکن است به دلیل توسعه بهتر ریشه باشد. دسترسی به مواد غذایی بیشتر باعث رشد بهتر گیاه و توازن بین مخزن و منبع شده که به نوبه خود منجر به گلدهی بهتر و تشکیل دانه بیشتر می‌گردد، به طوری که فسفر باعث افزایش ظرفیت مخزن گردیده و تأمین سایر عناصر غذایی به همراه فسفر از طریق کاربرد تلفیقی کودها باعث افزایش قدرت منبع می‌گردد (Farzana & Radizah, 2005; Singh, 2016).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که فسفر جذب شده به وسیله گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) در هنگام تلقیح با ریز جانداران حل‌کننده فسفات افزایش معنی‌داری در شمار غلاف در مترمربع نسبت به شرایط بدون تلقیح دارد (Aboutalebian & Elahi, 2015). همچنین گزارش شده است که فسفر، عامل مؤثر در بهبود ویژگی‌های تولیدمثل گیاه است که باعث افزایش تعداد گل، بذر و میوه می‌شود. در توجیه اثرات مثبت مصرف فسفر بر افزایش تعداد دانه در غلاف می‌توان به نقش یون فسفر در سنتز و رسوب ذخایر در دانه شامل (نشاسته، لیپید، پروتئین، فیتین) و انرژی ذخیره شده حاصل از فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها در باندهای فسفات اشاره داشت که بعد در جهت رشد و تولیدمثل مورد استفاده قرار خواهد گرفت (Fanay et al., 2013; Nasrollahzadeh Asl, 2017).

در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر نیز بیشترین تعداد غلاف (۱۳/۵ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و *قارچ میکوریزا* بود که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به جز تیمار عدم مصرف کود زیستی تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین تعداد غلاف (۱۶/۳ عدد در بوته) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و *سودوموناس* بود (جدول ۶). نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت تعداد دانه در غلاف نشان داد که اثر سال و اثر فسفر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه (۸/۵ عدد در غلاف) در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار و کمترین آن (۶/۴ عدد در غلاف) در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۷). با توجه به نتایج، تعداد دانه در غلاف در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم، ۲/۷ درصد افزایش داشت (جدول ۴). نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بر صفت وزن ۱۰۰۰ دانه نشان داد که اثر فسفر و همچنین اثر سال در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارهای کود شیمیایی فسفر نشان داد که بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۲/۹ گرم) مربوط به مصرف ۲۲۵ کیلوگرم فسفر در هکتار و کمترین میزان وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۰/۳ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۷). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن ۱۰۰۰ دانه (۵۲/۶ گرم) در سال اول

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش فسفر و کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش در سال

Table 6. Mean comparison of phosphorus and biofertilizer on yield and yield components of mungbean in the year

سال year	فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus (Kg/ha)	کود زیستی Biofertilizer	تعداد غلاف در پوته Seed no. per pod	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g/m ²)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g/m ²)
1395-96	0	0	11d	104.8c	353.77d
		1	14.66bc	152.27ab	462.97ab
		2	13.53 c	135.77b	405.57c
		3	13.9 bc	146.7ab	438.87bc
		4	14.93bc	143.97ab	432.47bc
		5	17.1a	159.13a	479.43a
		6	15.16 b	158.6a	447.33ab
		7	16.86a	159.1a	452.67ab
	150	0	10.86b	118.8e	372.5d
		1	14.2 a	154.9bcd	433.27bc
		2	13.16a	143.4d	377.47d
		3	13.3a	154.87bcd	378.97d
		4	14.33a	153.6cd	405.23cd
		5	14.33a	174a	445.67ab
		6	13.53a	166.33abc	407.67cd
		7	14.56a	173.33b	451.67a
	225	0	13.3c	177.33e	433.33c
		1	16.06ab	209abc	468.53abc
		2	15.5ab	184.83de	439.37bc
		3	15.2ab	194.93cde	462.17abc
		4	16.46a	198.13bcd	447abc
		5	16.3ab	226a	474.67ab
		6	14.93b	214.33ab	476a
		7	15.3ab	189de	464.33abc
1396-97	0	0	8.03d	78.7d	293.07e
		1	10.83b	103.17bc	352.53bc
		2	9.1cd	87.76cd	338.33bcd
		3	9.23cd	86.96cd	313.1de
		4	9.63bc	101.7bc	352.6bc
		5	12.53a	112.07b	360.6b
		6	9.83bc	96.36bcd	320.83cde
		7	12.3a	132.5a	412.33a
	150	0	9.03d	105.17c	341.33c
		1	11.13bc	130.03b	387.63b
		2	9.96cd	120.13bc	332.8c
		3	10.43bcd	129.53b	332.47c
		4	10.86bc	129.83b	348.83c
		5	11.76b	136.53b	359.03bc
		6	11bc	125.17b	340.33c
		7	13.5a	162a	442.93a
	225	0	9.16d	123.83e	348.17cd
		1	12.26bc	173.13bc	381.97bc
		2	10.9c	149.43d	341.37d
		3	11.4bc	155.8cd	373.3bcd
		4	11.96bc	163.8bcd	361.83bcd
		5	12.63b	182.1b	394.33b
		6	11.8bc	174.1b	390b
		7	16.3a	216a	534a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۰: شاهد، ۱: آزوسپیریلوم لیپوفر، ۲: سودوموناس فلورسنتس، ۳: گلوموس موسه، ۴: آزوسپیریلوم و سودوموناس، ۵: آزوسپیریلوم و گلوموس، ۶: سودوموناس و گلوموس، ۷: آزوسپیریلوم و سودوموناس و گلوموس

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

0: Control, 1: Azospirillum lipoferum, 2: Pseudomonas fluorescens, 3: Glomus mosseae, 4: Azospirillum & Pseudomonas, 5: Azospirillum & Glomus, 6: Pseudomonas & Glomus, 7: Azospirillum & Pseudomonas & Glomus

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر اصلی کود شیمیایی فسفر بر اجزای عملکرد و پروتئین دانه ماش

Table 7. The main effect of Phosphorus fertilizer on the yield components and protein content of seed mung bean

فسفر (کیلوگرم در هکتار) Phosphorus(Kg/ha)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	تعداد دانه در غلاف Number of pods per plant	پروتئین دانه (درصد) Protein of Seed (%)
0	50.25b	6.36 c	13.60 c
150	52.84 ab	7.43 a	14.92 b
225	52.91a	8.52 a	18.75 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

نتایج گزارش شده توسط برخی محققان در خردل (*Sinapis arvensis* L.) مبنی بر افزایش تعداد دانه در خورجین با افزایش مقادیر بالاتر فسفر با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Baloch et al., 2006; Verna et al., 2009). از سوی دیگر فسفر در استقرار اولیه گیاه و در فعالیت‌های مریستمی و تقسیم سلولی نقش بسیار مهمی دارد. بنابراین گیاه تحت تیمار با میزان کود شیمیایی فسفر بیشتر، استقرار اولیه زودتری داشته و با افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه، اجزای عملکرد آن نیز افزایش می‌یابد (Tohidi Nia et al., 2013). کاربرد فسفر موجب بهبود حرکت مواد غذایی داخل سیستم گیاه می‌شود که ممکن است دانه‌ها را در حضور مقدار کافی فسفر، حجیم و بزرگ کند و به‌نظر می‌رسد که قسمتی از افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه می‌تواند به همین علت باشد (Singh, 2016). همچنین (Ghasemi et al., 2011) افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان وزن دانه در بلال با اضافه کردن کود شیمیایی و کود زیستی فسفره گزارش کردند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش فسفر و کود زیستی و سال بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح

یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش در شرایط عدم مصرف کود فسفر (شاهد) بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۷۹/۴ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح همزمان با باکتری آزوسپیریوم و قارچ مایکوریزا به‌دست آمد. همچنین در سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه (۴۵۱/۷ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح سه‌گانه با باکتری آزوسپیریوم، سودوموناس و قارچ مایکوریزا و در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه (۴۷۶ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار تلقیح با باکتری سودوموناس و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در سال دوم اجرای آزمایش بیشترین عملکرد بیولوژیک در سطح عدم مصرف کود شیمیایی فسفر (شاهد) (۴۱۲/۳ گرم در مترمربع)، در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (۴۴۲/۹ گرم در مترمربع) و در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (۵۳۴ گرم در مترمربع) در تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریوم، سودوموناس و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در واقع می‌توان چنین بیان کرد که اثرات هم‌افزایی بین باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط بوته‌ها می‌شود (Rostamikia et al., 2016).

جدول ۸- تجزیه واریانس دو سال (تجزیه مرکب) عملکرد و پروتئین دانه ماش
Table 8. Analysis of variance yield and protein content of seed mungbean

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	پروتئین دانه Protein of Seed
سال (Y) (year)	1	41752.11**	171637.58**	0.017**	308.88**
سال (Year) (Replication)	4	337.46	335.06	0.001	6.51
فسفر (A) (Phosphorus)	2	46073.06**	22904.48**	0.17**	343.35**
سال × فسفر (A × Y)	2	1244.85**	5522.04**	0.004**	24.38**
کود زیستی (B) Biofertilizer	7	5066.52**	18245.44**	0.007**	44.65**
فسفر × کود زیستی (A × B)	14	77.22 ^{n.s}	1186.85**	0.001**	1.45 ^{n.s}
سال × کود زیستی (B × Y)	7	812.84**	4902.18**	0.0002 ^{n.s}	9.48**
سال × کود زیستی × فسفر (Y × B × A)	14	260.15*	1113.66**	0.0005 ^{n.s}	2.39 ^{n.s}
خطا (Error)	92	133.25	477.52	0.0007	1.92
Coefficient of variation (%)	-	7.72	5.47	7.35	8.81
ضریب تغییرات (درصد)	-	7.72	5.47	7.35	8.81

^{n.s} و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s, * and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively

می‌شوند. باکتری‌های محرک رشد به واسطه تولید هورمون‌های رشد مانند دی‌هیدروژن، اکسین و جیبرلین، رشد اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهند، لذا در چنین شرایطی افزایش

افزون بر نقش قارچ ریشه و باکتری‌های محرک رشد در افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و عناصر ریزمغذی مانند روی و مس، این ریزجانداران باعث تحریک رشد گیاه نیز

در ماده خشک تولیدشده، دور از انتظار نیست (Aboutalebian & Elahi, 2015). گزارشی مبنی بر افزایش کل ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف باکتری‌های محرک‌های رشد در گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculenum* Mill.) وجود دارد (Seema et al., 2018).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش کود زیستی، کود شیمیایی فسفر و سال بر صفت عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در سال اول آزمایش در شرایط عدم مصرف کود فسفر (شاهد) بیشترین عملکرد دانه (۱۵۹/۱ گرم در مترمربع)، در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمارهای تلقیح با باکتری *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا و تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین در سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین عملکرد دانه به ترتیب ۱۷۴ گرم در مترمربع و ۲۲۶ گرم در مترمربع مربوط به تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). در سال دوم آزمایش نیز در هر سه سطح مصرف کود شیمیایی فسفر بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلقیح همزمان با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۶). نتایج نشان داد کاربرد کود مایکوریزا و کود شیمیایی فسفر به‌علت نقشی که در رشد ریشه و تسهیل جذب فسفر و روند مثبتی که در دوره زایشی داشته است، توانسته تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشد. احتمالاً وجود کود شیمیایی فسفر در ابتدای کاشت، باعث افزایش فعالیت قارچ مایکوریزا گردیده و از این طریق میزان جذب فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی افزایش داشته و گیاه توانسته به خوبی کانوپی خود را در این تیمار بهبود بخشد که نتیجه آن افزایش عملکرد تر و تولید ماده خشک است. از طرفی می‌توان گفت مایکوریزا به‌علت تسهیل‌کنندگی جذب فسفر قابل‌تبادل و به‌دنبال آن، نیتروژن موجود در خاک، موجب بهبود جذب بهتر فسفر و نیتروژن گردیده و رشد ریشه افزایش یافته و تولید کربوهیدرات‌ها و پروتئین را افزایش می‌دهد. همچنین از رطوبت کارآمد استفاده می‌کند و با افزودن مایکوریزا و کاهش pH، ترکیبات فسفره به‌سهولت جذب گیاه می‌شود و با پوشاندن سطوح ذرات اکسیدهای آهن و آلومینیوم توسط آن‌ها و کاهش تثبیت فسفات خاک قابلیت جذب آن افزایش می‌یابد. همچنین تغییر در اندازه و مورفولوژی داخلی و

خارجی ریشه‌ها به‌دلیل تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر توانایی ریشه در دسترسی به حجم وسیعی از خاک اثر گذاشته و قابلیت استفاده و جذب عناصر غذایی و آب افزایش یافته و در نهایت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد بیشتر شده است (Heidari et al., 2015). نتایج تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که کاربرد باکتری *آزوسپیریوم* موجب افزایش ۵ تا ۳۰ درصدی عملکرد می‌شود (Creus et al., 2010). طی آزمایشی (Jha et al., 2011) بر روی گیاه ماش سبز (*Vigna radiata* L.) اعلام شد که با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات بیشترین عملکرد دانه حاصل شد. (2011) Srivastava et al., نشان دادند که تلقیح بذور نخود (*Cicer arietinum* L.) با باکتری‌های حل‌کننده فسفات منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد دانه شد. همچنین نتایج مثبتی از بکارگیری توأم باکتری محرک رشد و قارچ آربوسکولار تحت کمبود فسفر و نیتروژن بر افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه سویا (*Glycine max* L.) نیز گزارش گردید (Wang et al., 2011). رابطه افزایش‌دهی حاصل از کاربرد جنس‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد در بهبود عملکرد گیاهان زراعی دیگری مانند سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.)، چغندر قند (*Heterodera schachtii*) (Schmidt) و جو (*Hordeum vulgare* L.) نیز گزارش شده است (Abbasi et al., 2016).

شاخص برداشت

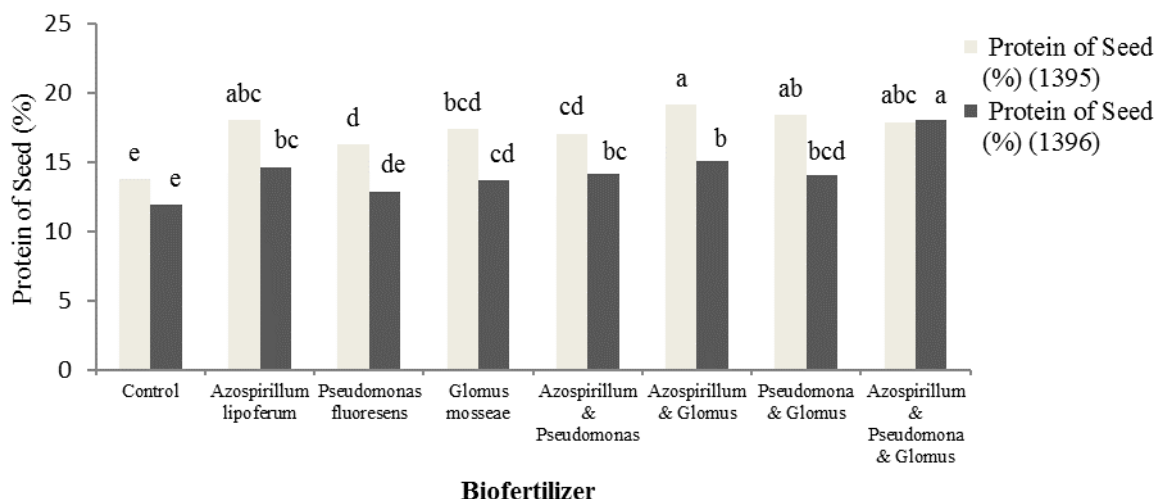
نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فسفر و کود زیستی و همچنین اثر سال بر صفت شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمار شاهد (عدم مصرف فسفر) بیشترین شاخص برداشت (۳۳ درصد) مربوط به تیمار تلقیح سه‌گانه با باکتری *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به‌جز تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس* و شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت. در سطح مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار بیشترین شاخص برداشت (۳۸ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا حاصل شد که از لحاظ آماری با تیمارهای دیگر به‌جز شاهد و تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد که در سطح مصرف ۲۲۵ کیلوگرم کود فسفر در هکتار بیشترین شاخص برداشت (۴۶ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا حاصل شد (جدول ۳).

(شکل ۴). درصد پروتئین از جمله صفات کیفی است که در گیاهان بقولات اهمیت ویژه‌ای دارد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که درصد پروتئین دانه ماش به میزان زیادی تحت تأثیر شرایط محیط قرار می‌گیرد (Naidu et al., 1993). محلول‌سازی بیشتر فسفر در تیمار کود زیستی یکی از دلایل اصلی برای افزایش میزان نیتروژن و پروتئین گیاه است (2012 Amanullah et al.,). در طی آزمایشی (Amanullah et al., 2016) Khajeh بیان کردند که درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه گیاه ماش با کاربرد کود زیستی فسفر بارور-۲ افزایش یافت. آن‌ها این نتیجه را به دلیل تأثیر تلقیح باکتری که کارایی تنظیم‌کنندگی رشد، فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی را در گیاه افزایش داده می‌دانند. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۸ درصد) مربوط به تیمار کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر در هکتار و کمترین میزان پروتئین دانه (۱۳/۶ درصد) مربوط به تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی فسفر است (جدول ۷). محققان بیان کردند که کود شیمیایی فسفر مقدار واردات نیتروژن را از قسمت‌های رویشی به دانه افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردد (Yasari & Patwardhan, 2007).

همچنین نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۳۸ درصد) در سال اول نسبت به سال دوم تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). بالاتر بودن شاخص برداشت در تیمارهای تلقیح با باکتری محرک رشد و کاربرد کود فسفات نشان می‌دهد که تخصیص مواد بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به دیگر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است، لذا عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده بیشتر شده است (Aboutalebian & Elahi, 2015). در آزمایشی (Nasrollahzadeh, 2017) Asl گزارش کرد که کاربرد ریزجانداران حل‌کننده فسفات توأم با مقادیر مناسب کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه کنجد (*Sesamum L. indicum*) شد.

پروتئین دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال و کود زیستی و اثر فسفر بر صفت پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۹/۱ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و قارچ مایکوریزا بود و در سال دوم بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۸/۰ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *آزوسپیریوم* و *سودوموناس* و قارچ مایکوریزا به دست آمد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش سال و کود زیستی بر محتوای پروتئین دانه ماش

Fig. 4. Mean comparison of year and biofertilizer on protein content of seed mung bean

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

(Singh et al., 2018). همچنین Kamboj & Malik نشان دادند که کاربرد کود فسفر باعث افزایش محتوای پروتئین دانه می‌شود.

در آزمایش بررسی سطوح فسفر و باکتری‌های حل‌کننده فسفر روی عملکرد و اجزای عملکرد ماش مشخص شد که محتوای پروتئین دانه ماش با افزایش کود فسفر افزایش یافت.

کنترل می شود و همچنین به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی و شیوه‌های مدیریتی مانند کوددهی است. آن‌ها طی آزمایشی گزارش نمودند در میان اجزای عملکرد دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، تعداد غلاف در بوته به دلیل همبستگی بالای آن با عملکرد دانه مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد است. همچنین نتایج این آزمایش با نتایج Habibzadeh et al, (2007) همخوانی دارد.

همبستگی بین عملکرد دانه و صفات اندازه‌گیری شده
بررسی جدول ضرایب همبستگی نشان داد که صفات طول غلاف، ارتفاع گیاه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارد (جدول ۹). تعداد غلاف در بوته با ($r = 0.78^{**}$) بیشترین و عملکرد بیولوژیک با ($r = 0.31^{**}$) کمترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت. Carvalho et al, (2018) بیان کردند که تعداد غلاف در هر گیاه به‌طور ژنتیکی

جدول ۹- ضرایب همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه

Table 9. Simple correlations index between traits with grain yield

	1	2	3	4	5	6	7
۱- طول غلاف 1. Pod length	1						
۲- ارتفاع گیاه 2. Plant height	0.39**	1					
۳- تعداد غلاف در بوته 3. Pod no. per plant	0.38**	0.22**	1				
۴- وزن ۱۰۰۰ دانه 4. 1000 Seed weight	0.34**	0.24**	0.24**	1			
۵- تعداد دانه در غلاف 5. Seed no. per pod	0.89**	0.39**	0.28**	0.29**	1		
۶- عملکرد بیولوژیک 6. Biological yield	0.42**	0.28**	0.85**	0.28**	0.31**	1	
۷- عملکرد دانه 7. Seed yield	0.77**	0.42**	0.78**	0.36**	0.72**	0.31**	1

n.s. و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

n.s., * and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively

میکوریز آربوسکولار با رشد اطراف ریشه گیاه و مکانیسم‌های مختلف تا حدود زیادی مشکلات جذب فسفر را تعدیل بخشیده و موجب افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن فسفر می‌شوند. از طرفی اثرات سینرژیستی بین باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آربوسکولار موجب افزایش رشد ریشه و بهبود استقرار گیاه می‌شوند و از طریق، افزایش جذب آب و عناصر غذایی در افزایش عملکرد تأثیر مثبتی می‌گذارند. در نتیجه، می‌توان بیان کرد که کودهای زیستی در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند سبب بهبود رشد و فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان گردند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز آربوسکولار روی ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه اثر مثبت و معنی‌داری داشت. در کلیه صفات مورد مطالعه بیشترین مقادیر در تیمار تلقیح توأم بذر با باکتری *آزوسپیریلیوم* و قارچ مایکوریزا و کمترین مقادیر در عدم کاربرد فاکتورهای آزمایشی (سطح شاهد) به‌دست آمد. همچنین بیشترین مقادیر تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰۰ دانه در بالاترین سطح کاربرد کود فسفر به‌دست آمد. باکتری‌های محرک رشد و قارچ

منابع

- Abbasi, N.A., Jalilian, J., and Zare, M.J. 2016. Evaluation of bacterial efficacy in separate inoculation and in combination with *Bacillus megaterium* phosphate solubilizing bacteria on reducing the effect of salinity stress in mungbean. (*Vigna radiata* L.). Journal of Environmental Plant Physiology 41: 26-40. (In Persian).

2. Aboutalebian, M.A., and Elahi, M. 2015. Replacement of phosphate fertilizer application by bio-fertilizers in chickpea production under on-farm seed priming conditions. Iranian Journal of Filed Crop Science 46(3): 381-394. (In Persian with English Summary).
3. Alami-Milani, M., Amini, R., and Bandehagh, A. 2014. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Special Issue of Agricultural Science and Sustainable Production p. 15-29. (In Persian with English Summary).
4. Amanullah, A., Aziz, K., Saifullah, K., Munir A., and Jahangir, K. 2012. Biofertilizer a possible substitute of fertilizers in production of wheat variety zaardan in balochiistan substitute in balochistan. Pakistan Journal of Agricultural Research 25(1): 44-49.
5. Baloch, A.F., Larik, K.A., and Jamro, G.H. 2006. Response of three mustard (*Brassica Juncea* L.) varieties to N and P fertilizer levels. Pakistan Journal of Agriculture 22: 1058-1062.
6. Belachew, T., and Abera, Y. 2011. Effect of green manuring in combination with nitrogen on soil fertility and yield of bread wheat (*Triticum aestivum*) under double cropping system of Sinanadinsho, Southeast Ethiopia. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 1(1): 1-11.
7. Bhattarai, N., Baral, B., Shrestha, G., and Yami, K.D. 2011. Effect of mycorrhiza and rhizobium on *Phaseolus vulgaris* L. Scientific World 9(9).
8. Bona, E., Lingua, G., Manassero, P., Cantamessa, S., Marsano, F., Todeschini, V., Copetta, A.D., Agostino, G., Massa, N., Avidano, L., Gamalero, E., and Berta, G. 2015. AM fungi and PGP *Pseudomonads* increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. Mycorrhiza 25: 181-193.
9. Carvalho, M.C.S., Nascente1, A.S., Ferreira, G.B., Mutadiua, C.A.P., and Denardin, J.E. 2018. Phosphorus and potassium fertilization increase common bean grain yield in Mozambique. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 22(5): 308-314.
10. Creus, C., Pereyra, M., Casanovas, E., Sueldo, R., and Barassi, C. 2010. Plant Growth-Promoting effect of *Rhizobacteria* on abiotic stressed plants. *Azospirillum*-grasses model. The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology 4(1): 49-59.
11. Elias, F., Muleta, D., and Woyessa, D. 2016. Effects of phosphate solubilizing fungi on growth and yield of Haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Journal of Agricultural Science 8(10): 204-218.
12. Fanay, H.R., Pieri, A., and Narouy Rad, M.R. 2013. The effect of different amounts of phosphorus fertilizer on grain yield and some agronomic characteristics of oil Hindi mustard (*Brassica juncea* L.) under drought stress. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 6(2): 147-157. (In Persian).
13. Farzana, Y., and Radizah, O. 2005. Influence of Rhizo bacterial inoculation on growth of the sweet potato cultivar. Journal of Biological Sciences 1(3): 176-179.
14. Gangwar, R.K., Bhushan, G., Singh, J., Upadhyay, S.K., and Singh, A.P. 2013 Combined effects of plant growth promoting rhizobacteria and fungi on mung bean (*Vigna radiata* L.). International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 4: 4422-4426.
15. Ghasemi, S., Siavoshi, K., Choukan, R., and Khavazi, K. 2011. Effect of biofertilizer phosphate on grain yield and its components of maize (*Zea mays* L.) cv. KSC704 under water deficit stress conditions. Seed Plant Prod Journal 27-2(2): 219-233.
16. Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K., and Singh, V. 2015. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. Microbial & Biochemical Technology 7: 096-102.
17. Habibzadeh, Y., Mamaghani, A.R., and Kashani, A. 2007. Effects of different densities on grain yield and yield components and protein in three cultivars of Mung bean (*Vigna radianta* L.) in Ahvaz region. Agricultural Scientific Journal 30(3): 1-13. (In Persian).
18. Kamboj, N., and Malik, R.S. 2018. Influence of phosphorus and boron application on yield, quality, nutrient content and their uptake by Green Gram (*Vigna radiata* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(3): 1451-1458.
19. Kanwal, S., Bano, A., and Malik, R. 2015. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat growth, physiology, nutrition and cadmium uptake under increasing cadmium stress. International Journal of Agronomy and Agricultural Research 7(5): 30-42.
20. Karimi, K., Bolandnazar, S., and Ashoori, S. 2013. Effect of bio-fertilizer and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, growth characteristics and quality of Green Bean (*Phaseolous vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23(3): 157-167. (In Persian with English Summary).
21. Kaur, N., Sharma, P., and Sharma, S. 2015. Co-inoculation of *Mesorhizobium* sp. and plant growth promoting rhizobacteria *Pseudomonas* sp. as bio-enhancer and bio-fertilizer in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Legume Research 38: 367-74.

22. Khajeh, M., Gholipour, S., Amiri, A., Yadollahi Dehcheshmeh, P., Mighani, H., and BarajeFard, M. 2016. The impact of biological and chemical phosphorus fertilizers on quality of mung been Gohar variety. *Journal of Agricultural Research* 8(1): 1-14. (In Persian with English Summary).
23. Moustaine, M., Elkahkahi, R., Benbouazza, A., Benkirane, R., and Achbani, E.H. 2017. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and characterization for direct PGP abilities in Morocco. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* 2(2): 590-596.
24. Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of *Azotobacter chroococcum* as potential useful in agricultural application. *Annals of Microbiology* 51: 145-158.
25. Naidu, N., Grosioah, V., Satyanarayana, A., and Raja Rajeswari, V. 1993. Variation in developmental and morpho-physiological traits under different environments and their relation to grain yield of green gram (*Vigna radiata* L.). *Indian Journal of Agricultural Science* 63(8): 473-478.
26. Nasrollahzadeh Asl, A. 2017. Effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on morphological and agronomic characteristics of Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Open Journal of Ecology* 7: 101-111.
27. Noonari, S.H., Kalhor, S.H., Mahar, A.A., Raza, S., Ahmed, M., Shah, S.F.A., and Baloch, S.U. 2016. Effect of different levels of phosphorus and method of application on the growth and yield of wheat. *Natural Science* 8: 305-314.
28. Parsa Motlagh, B., Mahmoudi, S., Sayari Zahan, M.H., and Taghizadeh, M. 2011. Effect of mycorrhiza and P fertilizer on the concentration of photosynthetic pigments and nutrients of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress conditions. *Journal of Agroecology* 3(2): 233-244. (In Persian).
29. Rahimi, M.M., and Hashemi, A.R. 2015. Yield and yield components of Vetch (*Vigna radiata*) as affected by the use of vermicompost and phosphate bio-fertilizer. *Journal of Crop Ecophysiology* 10(2): 529-540. (In Persian with English Summary).
30. Rajabzadeh Motlagh, F. 2011. Evaluation application of arbuscular mycorrhiza, nitrogen fixing bacteria and nitrogen fertilizer on yield and yield component of *Phaseolus vulgaris*. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran.
31. Rostamikia, Y., Tabari Kouchaksaraei, M., Asgharzadeh, A., and Rahmani, A. 2016. The effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on growth and physiological characteristics of *Corylus avellana* seedlings. *Ecopersia* 4(3): 1471-1479.
32. Saxena, J., Saini, A., Kushwaha, K., and Arino, A. 2016. Synergistic effect of plant growth promoting bacterium *Pseudomonas fluorescens* and phosphate solubilizing fungus *Aspergillus awamori* for growth enhancement of chickpea. *India Journal of Biochemistry and Biophysics* 53: 135-143.
33. Seema, K., Mehta, K., and Singh, N. 2018. Studies on the effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on growth, physiological parameters, yield and fruit quality of strawberry cv. Chandler. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(2): 383-387.
34. Singh, R., Singh, P., Singh, V., and Yadav, R.A. 2018. Effect of phosphorus and PSB on yield attributes, quality and economics of summer greengram (*Vigna radiata* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(2): 404-408.
35. Singh, Z. 2016. Growth and yield of Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to phosphorus and plant growth promoting rhizobacteria. MSc. Thesis in Agronomy. 81 p.
36. SoleimaniFard, A., Naseri Rad, H., Naseri, R., and Pieri, A. 2013. Effect of growth promoting bacteria on phenology, yield and yield components of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Journal of Crop Ecophysiology* 7(1): 71-90. (In Persian).
37. Srivastava, A.K., Singh, T., Jana, T.K., and Arora, D.K. 2011. Induced resistance and control of charcoal rot in chickpea (*Cicer arietinum*) by *Pseudomonas fluorescens*. *Canadian Journal of Botany* 7: 787-795.
38. Stefan, M., Munteanu, N., Stoleru, V., and Mihasan, M. 2013. Effects of inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria on photosynthesis, antioxidant status and yield of runner bean. *Romanian Biotechnological* 18(2).
39. Suhag, M. 2016. Potential of biofertilizers to replace chemical fertilizers. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* 3(5): 163-167.
40. Suryantini. 2016. Effect of phosphorus, organic and biological fertilizer on yield of Mungbean (*Vigna Radiata* L.) under two cropping patterns. *Nusantara Bioscience* 8(2): 273-27.
41. Tohidinia, M.A., Mazaheri, D., Bagher-Hosseini, S.M., and Madani, H. 2014. Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield and yield components of maize (*Zea mays* cv. SC704). *Iranian Journal of Crop Sciences* 15(4): 295-307. (In Persian with English Summary).

42. Wang, X., Pan, Q., Chen, F., Yan, X., and Liao, H. 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. *Mycorrhiza*. 21: 173-81.
43. Zhang, Sh., Wang, L., MA, F., and Zhang, X. 2015. Can arbuscular mycorrhiza and fertilizer management reduce phosphorus runoff from paddy fields? *Journal of Environmental Sciences* (33): 211-218.
44. Ziane, H., Hamza, A.M., Beddiar, A., and Gianinazzi, S. 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization levels on industrial tomato growth and production. *International Journal of Agriculture and Biology* 19(2): 341-347.

The effect of inoculation with Growth Promoting Bacteria, Mycorrhiza and Phosphorus on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata* L.)

Rezapoorian Ghahfarookhi^{1*}, F., Galeshi², S., Zeinali³, E. & Torabi⁴, B.

1. PhD. Student of Agronomy, Gorgan Agriculture and Natural Resources University

2. Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; galeshi@gau.ac.ir

3. Associate Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; e.zeinali@gau.ac.ir

4. Assistant Professor, Gorgan Agriculture and Natural Resources University; ben_torabi@yahoo.com

Received: 10 July 2018

Accepted: 12 November 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73888

Introduction

Mungbean (*Vigna radiata* L.) is an important legume crop. It is a great source of proteins, vitamins and minerals. The seed contains 24% protein content, 1.30% fat and 60.4% carbohydrates; calcium is 118 and phosphorus is 340 mg per 100 g of seed. Its capacity to restore soil fertility through nitrogen fixation makes it a valuable crop. Phosphorus is considered to be the most limiting element after nitrogen for the plant. However, a large amount of phosphorus in chemical fertilizers occurs after entering the insoluble soil. Converting soil insoluble phosphates to a form available for plants is a necessary goal to achieve sustainable agricultural production. Biofertilizers, are considered as a new technology to increasing nutrients in the soil and reduce the use of chemical fertilizers. Biofertilizers keep the soil environment rich in all kinds of micro and macro nutrients, via nitrogen fixation, phosphate and potassium solubilisation or mineralization, release of plant growth regulating substances, production of antibiotics and biodegradation of organic matter in the soil. The main objective of this study was to evaluate biofertilizers inoculation.

Materials & Methods

To study the effect of Plant Growth Promoting Bacteria, Mycorrhizal fungi and different levels of fertilizer phosphorus on the yield and yield components mung bean (*Vigna radiata* L.) a field experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at research field of the Faculty of Agriculture of Gorgan University in 2016 and 2017. The treatments of this research consisted of three levels of phosphorus (Control, 150 Kg.h⁻¹ and 225 Kg.h⁻¹) and eight levels of Growth Promoting Bacteria and Mycorrhizal fungi (Control, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*, *Azospirillum* and *Pseudomonas*, *Azospirillum* and *Glomus mosseae*, *Pseudomonas* and *Glomus mosseae*, and *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*). In this experiment, *Rhizobium* bacteria (*R. leguminosarum*) was used in all plots. Grain inoculation was done in shadow and after drying, inoculated grains were immediately cultivated. Mycorrhizal fungi was applied under the grain hole just prior to sowing. Chemical fertilizers were applied at a rate of 50 and 100 Kg.h⁻¹ in N and K respectively. At harvest, random samples of 10 plants for each experimental unit were taken and plant height, pod length, number of pods per plant, number of seed per pod, 1000- seed weight, biological yield, seed yield and harvest index were recorded. Data were subjected to analysis of variance procedure using the SAS statistical software and for comparing the mean effects of interactions with Slicing method, in order to compare the mean of simple effects, the least significant difference test method (LSD) was used at 5% probability level.

Results & Discussion

The results of experiment revealed that the effect of year, phosphorus fertilizer and biological fertilizer showed a significant effect on yield and yield components, plant height, pod length and protein content. The results also showed that the interaction of biofertilizer and phosphorus on plant height, biological yield and

*Corresponding Author: f.rezapoorian1389@yahoo.com

harvest index were significant. The results of the comparison of the mean of data in the first year showed that the highest grain yield (226 g.m^{-2}) was obtained in inoculum treatment with *Azospirillum* and Mycorrhiza fungi at a consumption level of 225 Kg.h^{-1} phosphorus fertilizer, Which increased by 29.6% compared to the control. In the second year of experiment, the highest grain yield (216 g.m^{-2}) was obtained with 38.7% increase in comparison with control in inoculation with *Azospirillum*, *Pseudomonas* and Mycorrhiza fungi at 225 Kg.h^{-1} phosphorus fertilizer level. The results of the comparison of the mean of the data in the first year showed that the highest number of pods per plant, grain yield, biological yield, harvest index and seed protein were related to *Azospirillum* and *Glomus mosseae* inoculation, and in the second year they were treated with *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Glomus mosseae*. Also The results of the comparison of the mean of the data showed that the highest 1000-seed weight (52.9 g), number of seeds per pod (8.5 Number in pods) in 225 Kg.h^{-1} treatment of phosphorus fertilizer.

Conclusion

Biofertilizer are beneficial bacteria and fungus that colonize plant roots and enhance plant growth by a wide variety of mechanisms. The use of biofertilizer is steadily increasing in agriculture and offers a new way to replace chemical fertilizers, pesticides, and supplements. According to these results, it can be concluded that the best treatment for mung bean cultivation and reducing the use of phosphorus fertilizer is the use of *Azospirillum* and Mycorrhizal fungus. Application *Azospirillum* and Mycorrhizal fungus in this study caused to increase the seed yield and protein content of seed.

Keywords: *Azospirillum lipoferum*, *Glomus mosseae*, Legume, *Pseudomonas fluorescens*

بررسی تنوع در برخی صفات زراعی و عملکرد توده بومی عدس منطقه کوهین قزوین

داود صادق‌زاده اهری* و یداله فرایندی

اعضای هیئت علمی (به ترتیب، دانشیار و مربی) مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران؛
(به ترتیب dsadeghzade@yahoo.com و farayedi45@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۳

چکیده

تاکنون مطالعات اندکی در زمینه بررسی و خالص‌سازی توده‌های بومی عدس در کشور صورت گرفته است. این مطالعه به منظور ارزیابی مقدماتی در توده بومی عدس دیم منطقه کوهین قزوین و طی دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹ اجرا شد. در بهار سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ نسبت به کاشت بذر ۱۲۰ تک‌بوته انتخابی از توده بومی در شرایط مزرعه‌ای (دیم) اقدام شد. هشت صفت زراعی شامل تاریخ گلدهی، تاریخ رسیدن، طول دوره پُرشدن دانه، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت یادداشت‌برداری و بررسی شدند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های آزمایشی برای همه صفات به جز عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت بود. میزان تنوع در بین لاین‌ها با استفاده از آماره‌هایی نظیر حداقل، حداکثر، میانگین، دامنه و ضریب تغییرات فنوتیپی برآورد شد. نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین تنوع در بین صفات مورد بررسی به ترتیب متعلق به تاریخ رسیدن و عملکرد دانه بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای به روش Ward ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در شش گروه قرار داد. جمع‌بندی نتایج نشان داد که تنوع مطلوبی در توده بومی عدس کوهین وجود دارد و از آن می‌توان به عنوان منبع باارزشی در برنامه‌های اصلاحی عدس در مناطق دیم کشور استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تک‌بوته، تنوع، دیم، لاین خالص

مقدمه

پروتئین و از سوی دیگر قیمت مناسب و ارزان، نقش مهمی در امر تغذیه و امنیت غذایی میلیون‌ها نفر از جمعیت بشری، به خصوص در میان خانواده‌های کم‌درآمد آسیایی دارد. همچنین گیاه عدس نقش مهمی به عنوان یک گیاه تناوبی در افزایش حاصلخیزی خاک ایفا نموده و از جمله گیاهان مورد توجه خاص پژوهشگران و علاقه‌مندان به کشاورزی پایدار است (Erskine et al., 2011; Sarker et al., 2002; Ali et al., 1999).

کشت‌وکار حبوبات در ایران از گذشته‌های دور متداول بوده و در این میان زراعت عدس که به‌استثنای نواحی مرطوب شمال در اکثر نقاط کشور مرسوم است، با سطح کشت بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار هکتار، از نظر مساحت زیر کشت حبوبات دیم در کشور رتبه دوم را دارد (Anonymous, 2015).

منطقه کوهین در استان قزوین یکی از مناطق مستعد و مهم زراعت و تولید عدس دیم در کشور می‌باشد. آمار نشان می‌دهد که مساحت کشت سالیانه عدس دیم در این منطقه در حدود ۵۰۰۰ هکتار بوده (Anonymous, 2017) و به دلیل برخورداری از خاک و آب و هوای مناسب، تولید عدس دیم در این خطه از دیرباز در بین زارعین رواج داشته و مرسوم است.

تحقیق، گزینش و محافظت از توده‌های بومی گیاهان در اغلب کشورهای جهان از اهمیت بالایی برخوردار بوده و یکی از موارد مهم و قابل توجه در برنامه‌های اصلاح گیاهان محسوب می‌شود. جلوگیری از فرسایش ژنتیکی و از سوی دیگر سازگاری خوب توده‌های بومی به شرایط محیطی تنش‌دار از جمله دلایل مهم توجه اصلاحگران به ژنوتیپ‌های بومی است. استفاده و حفاظت از منابع ژنتیکی برای بهبود و بقای تولیدات گیاهی ضروری بوده و به‌عنوان نیازی اساسی در توسعه پایدار و کاهش فقر محسوب می‌شود. در برنامه‌های اصلاح نباتات وجود تنوع مطلوب در جمعیت اصلاحی از ضروریات اساسی بوده و بدون آن پیشرفت و توسعه مواد اصلاحی از روند کندی برخوردار است (Sadeghzadeh Ahari, 2011; Ehdadei, 2016; Farsi & Bagheri, 1996).

حبوبات نقش مهمی را در تأمین بخشی از نیازهای غذایی انسان ایفا می‌کنند. دانه عدس به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی

*نویسنده مسئول: مراغه، کمربندی شمالی، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، صندوق پستی: ۱۱۹؛ dsadeghzade@yahoo.com

بومی از ارکان کشاورزی است (Ceccarelli, 1984; (Ceccarelli *et al.*, 2004; Grando *et al.*, 2001).

روش انتخاب از توده‌های محلی و معرفی ارقام بومی، یکی از مهم‌ترین روش‌های اصلاحی حبوبات بوده و در نتیجه این روش برخی از واریته‌های مهم عدس نظیر زیبا و مردم در کشور ما معرفی شده و هم‌اکنون در مناطق مختلف کشور کشت می‌شوند (Parsa & Bagheri, 2008). پژوهشگران با مطالعه ۱۷۸ نمونه عدس که اغلب آن‌ها از مناطق اقلیمی گرم ایران جمع‌آوری شده بودند، نشان دادند که وزن ۱۰۰ دانه دارای تنوع زیادی در جمعیت است (Ghafari & Vaezi, 2013). نتایج مشابهی از بررسی ۹۶ نمونه از عدس‌های وحشی موجود در بانک ژن ملی گیاهی ایران به‌دست آمد (Pourasmaeil *et al.*, 2012). در بررسی ۷۲ نمونه عدس بومی استان فارس تنوع مطلوبی در عملکرد دانه، طول دوره رسیدن دانه، ارتفاع پایین‌ترین نیام از خاک، طول نیام و طول دوره گلدهی گزارش شد (Safae, 2001). مطالعه تنوع ژنتیکی ۳۵ ژنوتیپ عدس از کلکسیون دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران نشان داد که بیشترین و کمترین تنوع صفات به‌ترتیب متعلق به عملکرد دانه و تعداد روز از کاشت تا رسیدن دانه بود (Nouri Goghari *et al.*, 2015).

در این پژوهش ضمن ارزیابی‌های فنوتیپی در ۱۲۰ تک‌بوته انتخابی (لاین خالص) از توده عدس بومی منطقه کوهین قزوین میزان تنوع در برخی صفات زراعی و عملکرد آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

عدس سبز منطقه کوهین از نظر کیفیت غذایی و مقدار پروتئین بالا از ارزش غذایی قابل‌توجهی برخوردار و از معروفیت بسیار بالایی در کشور برخوردار است (Hassanpanah *et al.*, 2017).

کشت توده‌های بومی طی سالیان متمادی در مناطق مختلف دوام داشته است و از تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی برخوردارند که در اغلب موارد هنوز مورد کاوش و شناسایی قرار نگرفته است (Farsi & Bagheri, 1996; Sadeghzadeh Ahari, 2011). بنابراین توده‌های مذکور می‌توانند به‌عنوان منابع بسیار باارزش در برنامه‌های اصلاحی، چه به‌صورت مستقیم (خالص‌سازی توده و معرفی لاین خالص) و یا غیرمستقیم (استفاده از قابلیت‌های نهفته در توده‌های بومی و بهره‌برداری از آن‌ها در برنامه‌های دورگ‌گیری با ارقام اصلاح شده و...)، در برنامه‌های اصلاحی و معرفی ارقام جدید عدس برای شرایط مختلف آب‌وهوایی کشور مورد استفاده قرار گرفته و معضل کمبود ارقام اصلاح‌شده در مناطق مذکور را تا حدودی رفع نمایند (Sadeghzadeh Ahari, 2014).

مؤسسات ملی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه و مراکز تحقیقات کشاورزی بین‌المللی، اهمیت نگهداری، شناسایی و کاربرد منابع ژنتیکی گیاهی را دریافته‌اند، ولی برنامه‌های ملی در کشورهای در حال توسعه هنوز نتوانسته‌اند به‌طور کامل از منابع ژنتیکی گیاهی غنی در کشور خود بهره‌مند شوند (Keding *et al.*, 2007). با این حال، در اغلب ممالک در حال توسعه و در مورد گیاهانی که در شرایط حاصلخیزی کم و تحت تنش کشت و کار می‌شوند، هنوز استفاده از توده‌های

جدول ۱- آمار هواشناسی دوساله (۱۳۸۹-۹۱) ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه

Table 1. Maragheh dryland agricultural research station metrological data (2010-2012)

ماه Month	سال‌های آزمایش Experimental years			
	۱۳۸۹-۱۳۹۰ 2010-2011		۱۳۹۰-۱۳۹۱ 2011-2012	
	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)
Oct.	8.7	12.4	22.4	9.4
Nov.	0	4.2	33.3	-1
Dec.	10.4	1.1	12.7	-3.3
Jan.	29.2	-6.2	27	-4.2
Feb.	36.4	-2.9	20.3	-5.9
Mar.	79.6	1.6	29.8	-1.3
Apr.	129.4	8.1	46.7	9
May	54.7	13	42	14.1
Jun.	3	18.8	16.8	18.8
Jul.	1.2	23.3	0.8	22.3

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹ و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۷۲۰ متر از سطح دریا) انجام شد. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه طی سال‌های زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ در جدول ۱ آمده است.

قبل از اجرای پژوهش و در طول دوره رشد و نمو عدس (بهار و تابستان ۱۳۸۹) از مزارع عدس بومی کوهین بازدید به عمل آمده و اقدام به گزینش و جمع‌آوری ۱۲۰ تک‌بوته تصادفی شد. در سال اول مطالعه (بهار و تابستان ۱۳۹۰) بذور تک‌بوته‌های انتخابی از سال قبل به‌طور جداگانه و تحت شماره اختصاصی بر روی یک خط کاشت به طول دو متر و فواصل خطوط ۲۵ سانتی‌متر کشت گردید و مراقبت‌های معمول زراعی (وجین علف‌های هرز، مبارزه با آگروتیس) انجام شد. هشت صفت مختلف زراعی شامل تعداد روز از کاشت (اولین بارندگی مؤثر) تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از کاشت (اولین بارندگی مؤثر) تا ۹۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیکی، طول دوره پُرشدن دانه (فاصله زمانی بین ۵۰ درصد گلدهی تا ۹۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیکی)، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده (بیوماس) در واحد سطح و شاخص برداشت نیز ثبت گردید.

در سال دوم آزمایش (۱۳۹۱) با توجه به استحصال بذور کافی از ۱۲۰ لاین در سال نخست، ژنوتیپ‌های آزمایشی (لاین‌های خالص) به همراه شاهد (توده بومی کوهین) در قالب طرح آماری لاتیس ساده با دو تکرار (۱۱×۱۱) کشت شدند و ضمن انجام مراقبت‌های معمول زراعی، صفات و خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی یادشده در آن‌ها ثبت گردید. در این آزمایش، هر ژنوتیپ در هر تکرار بر روی سه خط کاشت به طول دو متر و فواصل خطوط ۲۵ سانتی‌متر کشت شد. تراکم کاشت نیز برابر با ۲۰۰ دانه در مترمربع بود. کشت آزمایشات در زمینی که به مدت یک‌سال در آیش بود و پس از انجام شخم پاییزه (گاواهن قلمی) و مصرف کود شیمیایی بر مبنای نتایج تجزیه خاک مزرعه و با استفاده از فرمول کودی $N_{20}P_{30}$ انجام شد.

برای بررسی و برآورد میزان تنوع ژنتیکی موجود در مورد هر صفت، پارامترهای آماری مختلف از قبیل میانگین، مقدار حداقل و حداکثر، دامنه تغییرات، انحراف‌معیار و ضریب تغییرات فنوتیپی محاسبه شد. همچنین ضمن انجام تجزیه واریانس در خصوص صفت عملکرد دانه، اقدام به انجام مقایسات

میانگین به‌روش آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) شد. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های آزمایشی و دسته‌بندی آن‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه، پس از تبدیل هر یک از متغیرهای مورد بررسی به توزیع نرمال (استاندارد کردن)، از تجزیه خوشه‌ای به‌روش وارد (Ward) استفاده گردید. نرم‌افزارهای آماری SPSS Ver.19 و MSTAT-C برای انجام تجزیه‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات و خصوصیات زراعی مورد بررسی در جمعیت (لاین‌های خالص‌شده) در سال زراعی دوم در جدول ۲ آمده است و نشان می‌دهد که به‌جز در مورد دو صفت عملکرد زیست‌توده (BY) و شاخص برداشت (HI)، از نظر سایر صفات بین لاین‌های آزمایشی اختلاف‌های معنی‌دار آماری وجود داشت که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌های مستخرج از توده عدس کوهین است. نتایج برآورد پارامترهای آماری صفات و خصوصیات مورد بررسی در جمعیت (۱۲۰ لاین منتخب از توده بومی) طی سال اول و دوم در جدول ۳ آمده است و نشان می‌دهد که طی دو سال بررسی، کمترین میزان تنوع متعلق به دو صفت تاریخ رسیدن دانه و تاریخ گلدهی بود. بررسی انجام‌شده بر روی ۹ توده بومی منطقه توپ‌آغاج آذربایجان شرقی نیز نشان داد که دو صفت تاریخ رسیدن و تاریخ گلدهی از کمترین میزان تنوع ژنتیکی برخوردار بودند (Sadeghzadeh Ahari, 2014). بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیک و فنولوژیک توده‌های عدس مناطق گرم و خشک نیز نشان داد که کمترین تنوع، در مورد دو صفت تاریخ رسیدن دانه و تاریخ گلدهی مشاهده می‌شود (Naroui Rad et al., 1998). نتایج مشابهی از بررسی تنوع ژنتیکی ۳۵ نمونه عدس بومی کشور در منطقه بردسیر استان کرمان نیز گزارش شده است (Nouri Goghari et al., 2015) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشته و آن را تأیید می‌کند. با توجه به این نکته که عدس بومی کوهین از دیرباز به‌صورت دیم توسط کشاورزان کشت می‌شده است، به نظر می‌رسد در طول سالیان متمادی کشت و کار آن، عوامل طبیعی (طول روز، کمبود رطوبت به‌خصوص پس از گلدهی به‌دلیل قطع بارندگی‌های بهاره و...) موجب حذف ژنوتیپ‌های دیررس از توده گردیده و تقریباً یکنواختی در خصوص این دو صفت در جمعیت حاکم شده است. جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد که پس از دو صفت تاریخ رسیدن دانه و تاریخ گلدهی، صفات طول دوره پُرشدن دانه و ارتفاع بوته نیز در جمعیت مورد مطالعه از تنوع نسبتاً

رشد و نمو، گیاه وادار به پاسخ از طریق زودرسی شده و چرخه زندگی خود را کامل می‌کند. شواهدی مبنی بر القای زودرسی در گیاه عدس در اثر بروز تنش خشکی آخر فصل توسط سایر پژوهشگران نیز ارائه شده است (Hassanpanah et al., 2017; Pirzad et al., 2017).

در مورد صفت وزن ۱۰۰ دانه نیز با توجه به وجود مدارک و مستندات مبنی بر تأثیر شدید عوامل ژنتیکی در مقابل تأثیر کمتر عوامل محیطی بر آن (Upadhyaya et al., 2011) نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که طی دو سال بررسی، ضریب تغییرات وزن ۱۰۰ دانه تقریباً ثابت (حدود ۱۷ درصد) بوده است. نتایج بررسی نشان داد که در مجموع، صفت عملکرد دانه در بین صفات و خصوصیات مورد بررسی در این پژوهش دارای بیشترین ضریب تنوع بوده (جدول ۳) و با توجه به معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ در جدول ۲، می‌توان نتیجه گرفت که در بین لاین‌های مستخرج از توده بومی عدس کوهین، می‌توان اقدام به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر از توده نمود. جدول ۳ نشان می‌دهد که در سال اول مطالعه، حداقل عملکرد دانه برابر ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار (متعلق به ژنوتیپ شماره ۹۸) و حداکثر عملکرد دانه نیز برابر ۱۴۲۰ کیلوگرم در هکتار (مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۴) بود.

کمی برخوردار بودند. این امر را نیز می‌توان به تأثیر عوامل طبیعی (طول روز، کمبود رطوبت به‌خصوص پس از گلدهی به‌دلیل قطع بارندگی‌های بهاره و ...) بر جمعیت نسبت داد که سبب حذف ژنوتیپ‌هایی با طول دوره پرشدن دانه و ارتفاع بوته بیشتر از توده گردیده و به‌نظر می‌رسد به‌همین دلیل در مورد این دو صفت نیز تا حدودی خلوص در جمعیت حاکم شده است. با این حال، یادداشت‌برداری از صفت ارتفاع بوته نشان داد که در بین لاین‌های خالص ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع بوته ۲۸ سانتی‌متر (لاین شماره ۱۱۷) نیز وجود دارند.

بررسی اطلاعات مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که در بین صفات مورد مطالعه در این پژوهش، ضریب تغییرات دو صفت تاریخ رسیدن دانه (DM) و وزن ۱۰۰ دانه (100SW) در طی دو سال بررسی تقریباً یکسان بود. با توجه به این‌که عدس گیاهی روزبلند است، به‌نظر می‌رسد با پیشرفت مراحل رشد و نمو گیاه به سمت اواخر بهار و اوایل تابستان و افزایش طول روز در این بازه زمانی، ژن‌های مسئول پاسخ به طول روز در گیاه فرمان تکمیل دوره زندگی گیاه را صادر کرده و این امر موجب می‌گردد که طی سال‌های مختلف، صفت تاریخ رسیدن دچار نوسانات کمی شده و تقریباً ثابت بماند. به‌دلیل قطع بارندگی‌های آخر فصل و وقوع تنش خشکی در این مرحله از

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات و خصوصیات زراعی در لاین‌های مشتق‌شده از توده بومی عدس کوهین (طرح لاتیس ۱۱×۱۱) در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰

Table 2. Analysis of variance results of agronomic characteristics in lines derived from Kouhin lentil landrace in 2010-2011 cropping season (Lattice 11×11)

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS							
		تاریخ رسیدن دانه ۵۰٪ گلدهی (DF)	تاریخ رسیدن دانه (DM)	طول دوره پرشدن دانه (GF)	ارتفاع بوته (PH)	وزن ۱۰۰ دانه (100SW)	عملکرد دانه (GY)	عملکرد زیست‌توده (BY)	شاخص برداشت (HI)
تکرار Replication	1	30.60 ^{ns}	6.29 ^{ns}	64.57 ^{ns}	27.80 ^{ns}	0.05 ^{ns}	27.2 ^{ns}	17.90 ^{ns}	4.48 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	120	26.76**	8.45 **	14.20 *	8.10 **	1.70 **	0.04 **	0.44 ^{ns}	78.50 ^{ns}
بلوک‌های داخل تکرار Blocks in reps	20	14.43	6.01	9.80	16.54	0.19	0.16	1.62	116.2
خطای آزمایشی Error	100	9.35	1.60	9.40	2.70	0.12	0.03	0.21	56.6
سودمندی نسبی به طرح بلوک Relative usefulness to RCBD		104	137	102	175	105	170	198	110.5
ضریب تغییرات (درصد) C.V%		5.4	1.6	14.1	6.90	6.2	26.9	24.4	22.5

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد؛ ns: عدم اختلاف معنی‌دار آماری

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

DF: Number of days from planting to 50% flowering, DM: Number of days from planting to maturity, GF: Grain filling period, PH: Plant height, 100SW: 100 seeds weight, GY: Grain yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index

جدول ۳- پارامترهای آماری مربوط به صفات و خصوصیات زراعی در ۱۲۰ لاین استخراج‌شده از توده بومی عدس کوهین در طی دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

Table 3. Statistical parameters of agronomic characteristics in 120 extracted lines from Kouhin lentil landrace in 2010-2012 cropping seasons

صفت* *Characteristic	حداقل Min.	حداکثر Max.	دامنه Range	میانگین Mean	انحراف معیار Standard division	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد) Phenotypic CV (%)
† تاریخ ۵۰ درصد گلدهی (روز) DF (days)	64 40	74 65	10 25	69 57	3.0 3.6	4.3 6.3
تاریخ رسیدن دانه (روز) DM (days)	83 74	100 84	17 10	95 78	2.5 2.1	2.6 2.7
طول دوره پرشدن دانه (روز) GF (days)	13 16	34 37	21 21	25 22	3.3 2.7	13.2 12.3
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) PH (cm)	15 18	27 28	12 10	21 24	2.6 1.7	12.4 7.10
وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100SW (g)	2.5 3.3	6.7 7.2	4.2 3.9	5 5.5	0.84 0.92	16.8 16.7
عملکرد دانه (تن در هکتار) GY (t/ha)	0.16 0.17	1.42 0.98	1.26 0.81	0.64 0.63	0.27 0.15	42.2 23.8
عملکرد بیوماس (تن در هکتار) BY (t/ha)	1.05 0.82	3.30 3.33	2.25 2.51	2.50 1.90	0.35 0.39	14.0 20.5
شاخص برداشت (درصد) HI (%)	9.6 19.5	43.7 56.0	34.1 36.5	25.1 33.5	7.50 6.12	29.9 18.2

*DF: Number of days from planting to 50% flowering, DM: Number of days from planting to maturity, GF: Grain filling period, PH: Plant height, 100SW: 100 seeds weight, GY: Grain yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index

† در هر ردیف، اعداد سطر بالا و پایین به ترتیب مربوط به سال زراعی ۹۰-۸۹ و ۹۱-۹۰ است.

† In each row, the numbers at first and second lines belong to 2010-2011 and 2011-2012 cropping seasons, respectively.

حفظ نموده‌اند. برخی محققان نیز دلیل تداوم کشت‌وکار توده‌های بومی گیاهان مختلف توسط کشاورزان را همین امر (داشتن محصول پایدار و عدم واکنش‌های متفاوت به شرایط محیطی) ذکر نموده‌اند (Ceccarelli, 1984; Ceccarelli *et al.*, 2004; Grando *et al.*, 2001; Sadeghzadeh Ahari, 2011) که تا حدودی با نتایج این پژوهش مطابقت داشته و آن را تأیید می‌کند.

بررسی‌هایی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه بر روی ۹ توده بومی عدس جمع‌آوری‌شده از منطقه توپ‌آغاج آذربایجان شرقی انجام شد و نتایج نشان داد که تاریخ رسیدن و تاریخ گلدهی در جمعیت مورد مطالعه از کمترین میزان تنوع برخوردار بوده و عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه از میزان تنوع نسبتاً متوسطی برخوردار بودند. با توجه به وجود تنوع قابل‌ملاحظه در توده‌های مورد مطالعه، استفاده از آن‌ها به‌منظور افزایش تنوع ژنتیکی مواد اصلاحی در برنامه‌های اصلاح عدس برای مناطق دیم توصیه شد (Sadeghzadeh Ahari, 2014).

نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که با برش دندروگرام از فاصله شش، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شش گروه قرار می‌گیرند (شکل ۱). در جدول ۴ مشخصات مربوط به هر گروه ارائه شده است. برآورد میانگین و انحراف معیار صفات مورد بررسی در هر گروه نشان داد که ژنوتیپ‌های گروه اول (شامل

در سال دوم بررسی نیز عملکرد دانه از حداقل ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار (ژنوتیپ شماره ۱۱۳) تا حداکثر ۹۸۰ کیلوگرم در هکتار (ژنوتیپ شماره ۷۳) متغیر بود. این امر حاکی از وجود ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا در درون توده عدس کوهین بوده و به‌منظور بهبود عملکرد عدس کوهین نیاز است که ژنوتیپ‌های مذکور شناسایی و خالص‌سازی گردند. پژوهشگران در بررسی مشابه بر روی ۴۰ نمونه عدس (۲۴ نمونه بومی استان زنجان و ۱۶ لاین با منشأ ایکاردا) گزارش نمودند که بیشترین تنوع مربوط به عملکرد دانه است و بر این اساس بیان داشتند که تنوع بسیار بالای مربوط به عملکرد، اهمیت و ارزش انجام کارهای اصلاحی در توده‌های بومی را نشان می‌دهد (Haghnazari *et al.*, 2005).

از سوی دیگر جدول ۳ نشان می‌دهد که طی دو سال بررسی و با وجود لاین‌هایی با عملکرد کم و زیاد در بین مواد آزمایشی، در مجموع، میانگین عملکرد دانه در سال اول حدود ۶۴۰ کیلوگرم و در سال دوم برابر ۶۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. این امر تا حدودی نشانگر پایداری عملکرد دانه در شرایط مختلف محیطی (سال‌های متفاوت در این بررسی) بوده و شاید در کنار سایر ویژگی‌های مطلوب عدس کوهین (از قبیل دانه‌های نسبتاً درشت، بازارپسندی و ...)، به همین دلیل است که زارعین منطقه در طول سالیان متمادی از کشت و کار آن دست نکشیده و آن را

را به خود اختصاص دادند. بارزترین ویژگی ژنوتیپ‌های موجود در گروه پنجم در این بررسی بیشتر بودن عملکرد دانه آن‌ها در مقایسه با سایر گروه‌ها بود. گروه ششم شامل ۱۲ ژنوتیپ بود و در مقایسه با سایر گروه‌های موجود از نظر ارتفاع بوته و وزن ۱۰۰ دانه در جایگاه دوم قرار داشت (شکل ۱ و جدول ۴). پژوهشگران اظهار داشتند که با تعیین قرابت و فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها امکان شناسایی ژنوتیپ‌هایی با صفات منحصربه‌فرد فراهم شده و به این طریق می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و دورگ‌گیری استفاده کرد (Upadhyaya et al., 2007; Dashtaki et al., 2012; Nezami et al., 2012).

شش ژنوتیپ) دارای بیشترین تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی و بیشترین تعداد روز از کاشت تا رسیدن بودند، ولی از نظر ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه نسبت به سایر گروه‌های موجود کمترین مقدار را داشتند. ژنوتیپ‌های موجود در گروه دوم (۱۹ ژنوتیپ) از نظر تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از کاشت تا رسیدن، عملکرد دانه و ارتفاع بوته در جایگاه دوم قرار داشتند. صفات بارز ۲۲ ژنوتیپ موجود در گروه سوم نسبت به سایر گروه‌ها زودگلدهی، داشتن ارتفاع بوته و وزن ۱۰۰ دانه بیشتر بود. گروه چهارم با تعداد ۳۷ ژنوتیپ پُرجمعیت‌ترین گروه موجود در این بررسی و زودرس‌ترین گروه در بین گروه‌های مورد مطالعه بود. همچنین اعضای این گروه از نظر زودگلدهی بعد از ژنوتیپ‌های موجود در گروه سوم، رتبه دوم

جدول ۴- نتایج تجزیه خوشه‌ای در ۱۲۰ لاین مستخرج از توده بومی عدس کوهین قزوین
Table 4. Cluster analysis results in 120 extracted lines from Kouhin lentil landrace

صفات † Traits	کلاستر ۱ Cluster 1	کلاستر ۲ Cluster 2	کلاستر ۳ Cluster 3	کلاستر ۴ Cluster 4	کلاستر ۵ Cluster 5	کلاستر ۶ Cluster 6
تعداد ژنوتیپ No. of genotypes	6	19	22	37	25	12
† تاریخ ۵۰ درصد گلدهی (روز) DF (days)	63.5±7.65	61.4±4.69	54.0±3.10	55.3±2.40	56.5±2.15	57.3±1.33
تاریخ رسیدن دانه (روز) DM (days)	81.5±3.76	81.1±3.03	77.6±1.17	76.8±1.88	78.2±1.05	79.5±1.71
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) PH (cm)	18.5±5.76	24.5±1.64	24.8±1.17	24.4±1.39	24.0±2.19	24.6±1.21
وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100SW (g)	3.82±1.73	5.73±0.86	6.38±0.98	5.01±0.92	5.48±0.67	5.98±0.96
عملکرد دانه (تن در هکتار) GY (t.ha ⁻¹)	303.3±144.5	405.3±57.5	385.5±77.6	391.4±81.9	527.6±126.8	402.5.3±90.7

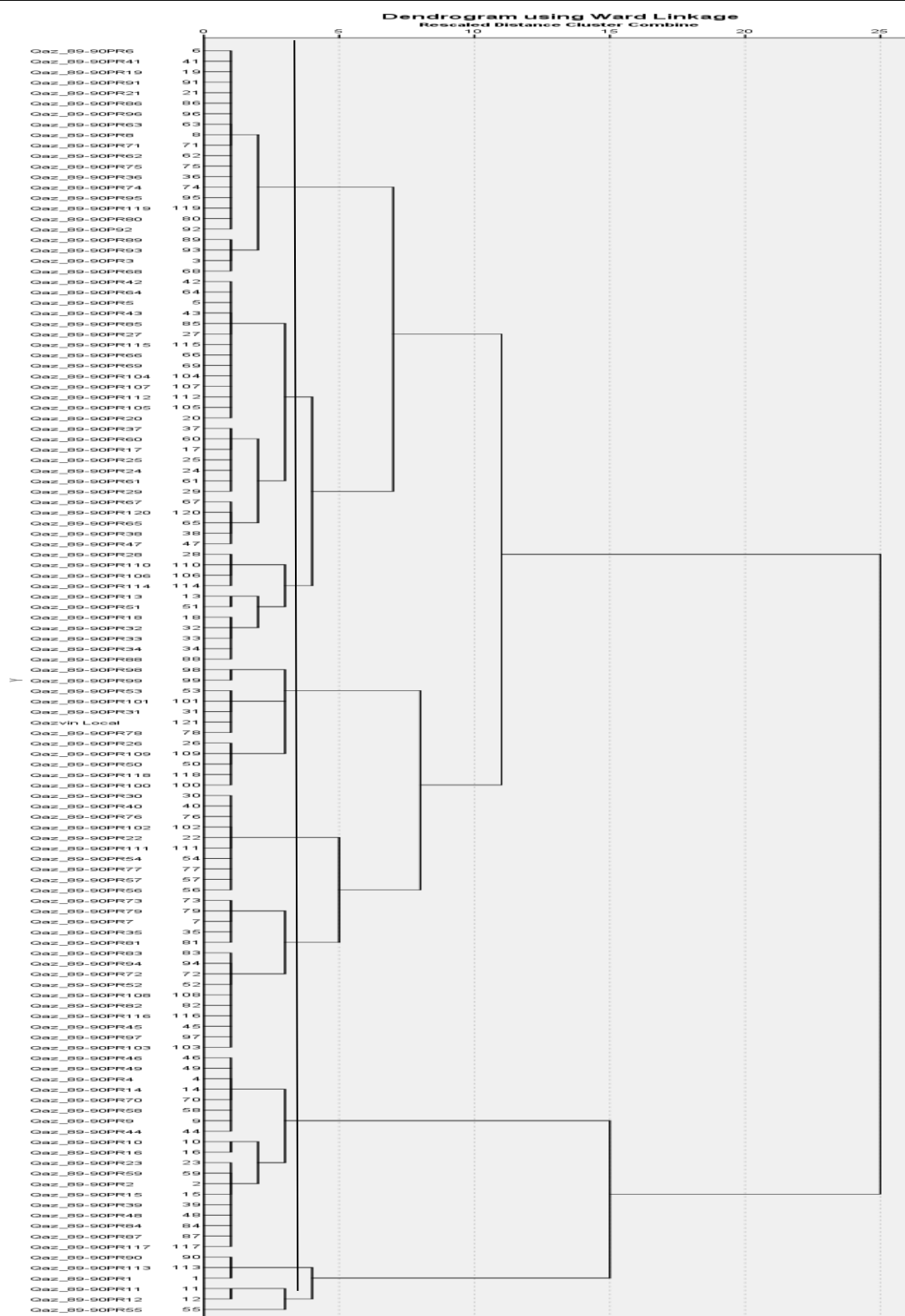
†DF: Number of days from planting to 50% flowering, DM: Number of days from planting to maturity, PH: Plant height, 100SW: 100 seeds weight, GY: Grain yield (t.ha⁻¹)

به‌منظور ایجاد تنوع در ژرم‌پلاسما اصلاحی عدس دیم از طریق شیوه دورگ‌گیری و همچنین راندان کم و درصد موفقیت پایین این کار در گیاه عدس، به نظر می‌رسد بررسی در توده‌های بومی به‌منظور خالص‌سازی آن‌ها و استفاده از لاین‌های خالص مستخرج از آن‌ها که واجد صفات مطلوب زراعی از قبیل ارتفاع بوته مناسب، وزن ۱۰۰ دانه بیشتر و... باشند، یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها در برنامه‌های اصلاحی عدس باشد و در صورت وجود و شناسایی لاین‌های مذکور، بتوان نسبت به معرفی ارقام جدیدی از عدس برای کشت در مناطق مختلف دیم کشور اقدام نمود.

پیشنهاد می‌گردد لاین‌های خالص‌شده بیشتری از توده‌های مادری عدس در منطقه کوهین در استان قزوین بررسی و انتخاب بشوند و قابلیت‌های دیگری که احتمالاً تاکنون برای محققان و اصلاح‌گران پوشیده مانده است، مورد کاوش و شناسایی قرار گیرد تا بتوان از آن به‌عنوان منبع بالارزش ژنتیکی محافظت نمود.

نتیجه‌گیری

با وجود پیشرفت‌های زیاد در سال‌های اخیر در مورد اصلاح گیاهان زراعی، هنوز استفاده از توده‌های بومی از اهمیت خاصی به ویژه در برنامه‌های اصلاح گیاهان خودگشن برخوردار است و انتخاب از بین توده‌های بومی نتایج سودمندی داشته است. نتایج این پژوهش حاکی از وجود تنوع ژنتیکی مطلوب در میان لاین‌های گزینش‌شده از توده بومی عدس کوهین به‌خصوص از نظر صفت عملکرد دانه بود. این امر نشان می‌دهد که می‌توان با انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر از میانگین عملکرد توده، نسبت به اصلاح و بهبود عملکرد آن در شرایط دیم اقدام کرد. به نظر می‌رسد با توجه به تطابق و سازگاری مطلوبی که در توده بومی عدس کوهین و در طی زمان‌های طولانی کشت‌وکار آن در منطقه حاصل شده است، ارقام جدید و خالص انتخابی از آن بتوانند تا حدودی موجب افزایش متوسط تولید در واحد سطح شده و آن را ارتقاء دهند. از دیدگاهی دیگر و با توجه به نبود امکانات کافی در کشور



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای ۱۲۰ لاین مورد مطالعه عدس کوهین قزوین براساس صفات ارزیابی شده با استفاده از روش وارد

Fig. 1. Clustering of 120 Kouhin lentil lines based on studied traits with Ward's method

منابع

1. Ali, A., Keatinge, J.D.H., Ahmed, S., and Roidar-Khan, B. 1999. Shiraz-96, first improved lentil variety for the arid highlands of Balochistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Science* 2(4): 1540-1542.
2. Anonymous. 2015. Survey of harvest area and crop production during 36 years (1977-2013). Department of Statistics. Ministry of Jihad-e-Keshavarzi. p. 112-118. (In Persian).
3. Anonymous. 2017. Statistical information of agricultural crops production in Iran. Department of Statistics. Ministry of Jihad-e-Keshavarzi. 1: 1-50. (In Persian).
4. Ceccarelli, S. 1984. Utilization of landraces and *Hordeum spataneum* in barley breeding for dry areas. *Rachis* 3(2): 8-11.
5. Ceccarelli, S., Grando, S., Baum, M., and Udupa, S.M. 2004. Breeding for drought resistance in changing climate. In: S.C. Rao and J. Ryan (Eds.). *Challenges and strategies for dryland agriculture*. Crop Science. Society of America and American Society of Agronomy. Special Pub. 32. Madison. Wisconsin, p: 167-190.
6. Dashtaki, M., Bihamta, M.R., and Mohammad Ali Pour Yamchi, H. 2012. Evaluation of genetic diversity and morphological traits of Kabuli and Desi chickpea germplasm. *Iranian Journal of Pulses Research* 3(1): 7-16. (In Persian with English Summary).
7. Ehdaei, B. 2016. *Plant Breeding*. Tehran University Publication.
8. Erskine, W., Sarker, A., and Kumar, S. 2011. Investing in lentil improvement toward a food secure world. *Journal of Food Science* 3: 127-139.
9. Farsi, M., and Bagheri, A.R. 1996. *Principles of Plant Breeding*. Jihade Daneshghahi Mashhad Publication.
10. Ghafari, M., and Vaezi, S. 2013. Study of variation of lentil germplasm originated from warm and dry climate zone of Iran. *Iranian Journal of Field Crop Science* 43(4): 601-609. (In Persian with English Summary).
11. Grando, S., Von Bothmer, R., and Ceccarelli, S. 2001. Genetic diversity of barley: use of locally adapted germplasm to enhance yield and yield stability of barley in dry areas. In: H.D. Cooper (Ed.). *Broadening the Genetic Base of Crop Production*. CAB International. New York .p. 351-372.
12. Haghazari, A., Moradi, P., and Kamel, M. 2005. Correlation analysis and study of yield-affecting morphological indices in lines and Zanjan lentil landraces. In: *Proceedings of the First Iranian Pulse Crops Symposium*, November 20-21, 2005. Ferdowsi University of Mashad. p. 228-231. (In Persian).
13. Hassanpanah, D., Goodarzvand Chegini, Kh., Mostafaei, H., Khajavi, A., Alie, F., and Zandi, F. 2017. The Sabze-Pardis lentil cultivar, tolerant to cold and suitable for autumn planting in Ardabil region with cool and moderate climate condition. *Ardabil Agriculture and Natural Resources Research and Education Centre. Technical Manual No. 124*. p. 27. (In Persian).
14. Keding, G., Weinberger, K., Sawi, I., and Mndiga, H. 2007. Diversity, traits and use of traditional vegetables in Tanzania. *Technical Bulletin No.40*. Shanhua. Taiwan. p. 53.
15. Naroui Rad, M.R., Aghaei, M.J., Fanaei, H.R., and Mohammad Ghasemi, M. 1998. The study of genetic variation of some morphologic and phenologic characters in lentil germplasms of warm and dry regions. *Pajouhesh and Sazandegi* 78: 173-181. (In Persian with English Summary).
16. Nezami, A., Pouramir, F., Momeni, S., Porsa, H., Ganjeali, A. and Bagheri, A. 2012. Evaluation of a subset of chickpea germplasm collection of Ferdowsi University of Mashhad Seed Bank II. Kabuli type chickpeas. *Iranian Journal of Pulses Research* 3(1): 17-30. (In Persian with English Summary).
17. Nouri Goghari, M., Dashti, H., Madah Hosseini, S., Dehghan, E. 2015. Evaluation of genetic diversity of lentil germplasm using morphological traits in Bardsir. *Iranian Journal of Field Crop Science* 45(4): 541-551. (In Persian with English Summary).
18. Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2008. *Pulses*. Mashhad Jihad-e- Daneshghahi Publication. (In Persian).
19. Pirzad, A., Mazlomi Mamyandi, M., and Jalilian, J. 2017. Effect of varying end-season rainfall, supplemental irrigation and mycorrhizal symbiosis on the yield and quality (forage and grain) of rainfed lentil. *Applied Research in Field Crops* 30(2): 50-74. (In Persian with English Summary).
20. Pourasmaeil, M., Qhanavati, F., and Beizaei, A. 2012. Interspecific variation of morphological traits in *Lens nigricans*, *L. ervoides* and *L. odemensis* wild lentil species. *Seed and Plant Improvement Journal* 1(28): 562-545. (In Persian with English Summary).
21. Sadeghzadeh Ahari, D. 2011. Study on genetic diversity of some agronomic traits in three durum wheat landrace in order to utilize them in breeding programs. *Journal of Research in Crop Science* 3(11): 123-143. (In Persian with English Summary).

22. Sadeghzadeh Ahari, D. 2014. Preliminary study and selection in nine lentil landraces from eastern Azarbaijan (Toop-Aghaj region) in order to using them in breeding programs. In: Proceedings of the 5th. Iranian Pulse Crops Symposium. May 15-16, 2014. KhorramAbad Agricultural Jihad Organization. p. 523-527. (In Persian).
23. Safae, H. 2001. Evaluation of qualitative and quantitative traits in lentil (*Lens culinaris*) landraces of Fars province. Seed and Plant Improvement Journal 17(3): 349-357. (In Persian with English Summary).
24. Sarker A., Aydin N., Aydogan A., Sabaghpour S.H., Ketata H., Kusmenoglu I., and Erskine, W. 2002. Winter lentils promise improved nutrition and income in west Asian highlands. Caravan 16: 14-16.
25. Upadhyaya, H.D., Dwivedi, S.L., Gowda, C.L.L., and Singh, S. 2007. Identification of diverse germplasm lines for agronomic traits in a chickpea (*Cicer arietinum* L.) core collection for use in crop improvement. Field Crops Research 100: 320-326.
26. Upadhyaya, H.D., Sharma, S., and Gowda, C.L.L. 2011. Major genes with additive effects for seed size in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Genetics 90(3): 479-482.

Study on variation of some agronomic traits and seed yield of a lentil landrace from Kouhin region in Ghazvin

Sadeghzadeh-Ahari*, D. & Farayed, Y.

Faculty Members of Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
(dsadeghzade@yahoo.com & farayed45@yahoo.com; respectively)

Received: 27 August 2018
Accepted: 14 November 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.74888

Introduction

Research, selection and protection of landraces in most countries of the world are very important and considered as one of the most important and significant issues in plant breeding programs. Despite the recent progresses in plant breeding programs, using of landraces is still particularly important, especially in the self pollinated crops. In breeding programs, the existence of favorable variation in the population is essential and without variation, the progress and development of breeding programs will be slow process. Lentil seeds are a major role in feed and food security for millions of people, especially among the low income Asian population, because of protein content and cheap price. The lentil plant has also played an important role as a rotation crop for increasing the fertility of soils and it has been special attention for agronomists and researchers in case of sustainable agriculture. Food legume cultivation traditionally is common in Iran. Except in the northern wet areas, lentil cultivated in most parts of Iran. Its cultivation areas is 150-200 thousand hectares and ranked as second important food legume in the drylands area. There are little studies about evaluation and purification of lentil landraces in Iran. Kouhin region in Ghazvin province with about 12000 hectare lentil cultivated area is one of the most favorite regions of cultivation and production of lentil in Iran. Green Koochin lentil landrace has good quality and nutritional value and is famous for consumers in the country.

Materials & Methods

This study was performed to evaluate a lentil landrace originated from Kouhin region in Ghazvin province. The experiment was conducted for two consecutive seasons during 2010-12 under field condition in Maragheh Dryland Agricultural Research Station (Latitude 37°15' N, Longitude 46°15' E, and Altitude 1720 meter above sea level). In spring 2011 and 2012, the seeds of 120 pure lines (individual plants that were selected from Kouhin landrace), planted at farm under rainfed condition and eight traits (No. of days to flowering, No. of days to maturity, grain filling period, plant height, 100 seed weight, seed yield, biological yield and harvest index) were noted. Statistical parameters (maximum, minimum, mean, standard deviation and phenotypic coefficient of variance) were calculated for noted characteristics. After standardization of data, distance modulus squared Euclidean distance cluster analysis was done in Ward method.

Results & Discussion

Analysis of variance results showed that there were significant differences between the genotypes in all studied traits except in the case of biomass yield and harvest index. These results indicating the existence of genetic diversity among the pure lines extracted from the Kouhin lentil landrace. Results of estimating descriptive statistics of studied characteristics in the 120 pure lines showed that, the grain yield among the studied characteristics in two years means had the highest diversity. In the first year, the minimum and maximum grain yield (160 and 1420 Kg/ha) belonged to genotypes No. 98 and No. 14, respectively. In the second year grain yield was also varied from 170 Kg/ha (genotype no. 113) to 980 Kg/ha (genotype no. 73). This result indicated the existence of high performance potential within the Kouhin landrace and in order to

*Corresponding Author: dsadeghzade@yahoo.com

improve the grain yield of population, identification and purification of the high yielding genotypes from population recommended. Among the studied traits the minimum diversity belonged to number of days from plating till flowering and maturity. Regarding to this point that the Kouhin landrace was cultivated from long time ago by farmers, natural factors such as day length, existence of drought stress (especially after flowering because of dryland farming) removed the late genotypes and caused relatively hemozigosity on these two traits in the Kouhin population. Results of clustering showed that genotypes were categorized in six groups. Twenty five genotypes were in the fifth group that their grain yield (527.6 ± 126.8 Kg/ha) was higher than other groups.

Conclusion

The results of this study showed that it could be improved the grain yield and other characteristics of Kouhin population under drylands condition by selection of pure lines. Also it is possible to use the existing potentialities in Kouhin landrace (genetic diversity) in the lentil breeding programs under dryland condition. Conclusion of the results showed that there is suit variation in Kouhin lentil landrace and it could be used as a precious resource for lentil breeding programs under dryland of Iran.

Keywords: Cluster analysis, Diversity, Dryland, Individual plant, Pure line

تأثیر قطع آبیاری از ابتدای گلدهی و غلافدهی تا رسیدگی، بر عملکرد و اجزای آن در پنج رقم رایج نخود منطقه کرمانشاه

سیدمحمدناصح حسینی^۱، سیروس منصوری‌فر^۲ و محسن سعیدی^{۳*}

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛
yasarkem23@gmail.com

۲- استادیار سابق رشته زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه رازی کرمانشاه و دانشیار فعلی گروه کشاورزی، واحد کرج،
cmansourif@gmail.com

۳- دانشیار رشته زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی از اوایل گلدهی و رشد زایشی بر تغییرات عملکرد و اجزای آن در پنج رقم نخود زراعی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. فاکتور اصلی رژیم رطوبتی با سه سطح شامل اعمال تنش کم‌آبی از ابتدای گلدهی تا رسیدگی، اعمال تنش کم‌آبی از ابتدای غلافدهی تا رسیدگی، و آبیاری مطلوب، و فاکتور فرعی شامل پنج رقم نخود به اسامی آرمان، آزاد، بیونج، هاشم و ILC482 بودند. نتایج نشان داد تنش کم‌آبی در هر دو سطح، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، زیست‌توده، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در بوته و غلاف و تعداد غلاف در بوته شد. اعمال تنش کم‌آبی از ابتدای گلدهی، موجب کاهش شدیدتر عملکرد دانه در مقایسه با تیمار تنش کم‌آبی از ابتدای غلافدهی شد. با اعمال تنش کم‌آبی از ابتدای گلدهی، عملکرد دانه در حدود ۵۱ درصد و عملکرد زیست‌توده در حدود ۳۶ درصد کاهش یافت. در شرایط کنترل رطوبتی، بیشترین عملکرد دانه و زیست‌توده مربوط به رقم آرمان به ترتیب با ۱۳۵۵ و ۳۱۲۶ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط اعمال تنش کم‌آبی از ابتدای غلافدهی، در رقم‌های آزاد و بیونج به ترتیب با ۱۰۳۵ و ۲۵۷۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش کم‌آبی از ابتدای گلدهی، در رقم ILC482 به ترتیب با ۷۱۵ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار دیده شد. همچنین رابطه بین عملکرد دانه با صفات عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، رقم‌های آزاد، بیونج و ILC482 در هر دو سطح تنش رطوبتی عملکرد مناسب‌تری از خود نشان دادند و احتمالاً کاشت آن‌ها در چنین شرایطی با ریسک کمتری همراه است.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، نخود، همبستگی

مقدمه

(2011). براساس مطالعات انجام‌شده، بین عوامل مختلف ایجادکننده تنش در نخود، تنش خشکی انتهای فصل رشد به تنهایی ۳۳ تا ۴۵ درصد از عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Malhotra & Sexana, 2002; Ganjeali & Nezami, 2008; Fang et al., 2010; Kashiwagi et al., 2015). تنش خشکی در مرحله گلدهی به‌طور معمول منجر به عدم باروری می‌گردد. یکی از دلایل عمده این امر، کاهش جریان انتقال آسیمیلات‌ها به قسمت‌های تشکیل‌دهنده عملکرد اقتصادی گیاه به دلیل پایین بودن سطح فشار آستانه لازم برای نگهداری رشد مطلوب دانه‌ها می‌باشد (Yadav et al., 2004). وقوع تنش خشکی سبب تسریع در تکمیل مراحل فنولوژیک در گیاه شده و گیاه به‌منظور فرار از خشکی و

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) از نظر اهمیت، دومین گیاه لگوم دانه‌ای (حبوبات) بوده و سطح زیرکشت این گیاه ۱۳/۵ میلیون هکتار در سطح جهان گزارش شده است (FAOSTAT, 2013; Pang et al., 2013). تنش خشکی در گیاهان، یکی از مسائل عمده در کاهش عملکرد محصولات زراعی به‌خصوص در مناطق گرمسیری، نیمه‌خشک و خشک جهان می‌باشد. کمبود آب قابل‌دسترس گیاه نتیجه بارش کم و نامنظم، کمبود ذخیره آبی خاک و پیشی گرفتن سرعت تعرق از میزان جذب آب است (Fotouhighazvini et al.,

*نویسنده مسئول: msaeidi667@gmail.com

افزایش ۳۰ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شرایط عدم انجام آبیاری گردید. همچنین، سایر مطالعات انجام شده روی نخود نیز کاهش تجمع ماده خشک و عملکرد در ارقام نخود مورد بررسی، تحت تنش خشکی را نشان داده‌اند (Gunes et al., 2006; Thaman et al., 2007).

با توجه به این که گیاه نخود به‌طور گسترده در استان کرمانشاه مورد کشت قرار می‌گیرد و از طرفی به علت نیمه خشک بودن آب‌وهوای این منطقه مواجه شدن نخود با تنش خشکی از ابتدای گلدهی به بعد در این منطقه به‌طور معمول امری اجتناب‌ناپذیر است، لذا مطالعه حاضر در جهت بررسی نحوه تأثیر تیمار تنش خشکی از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی و از ابتدای غلافدهی تا رسیدگی در مقایسه با شاهد بر عملکرد و اجزای آن در ارقام رایج نخود انجام شده است.

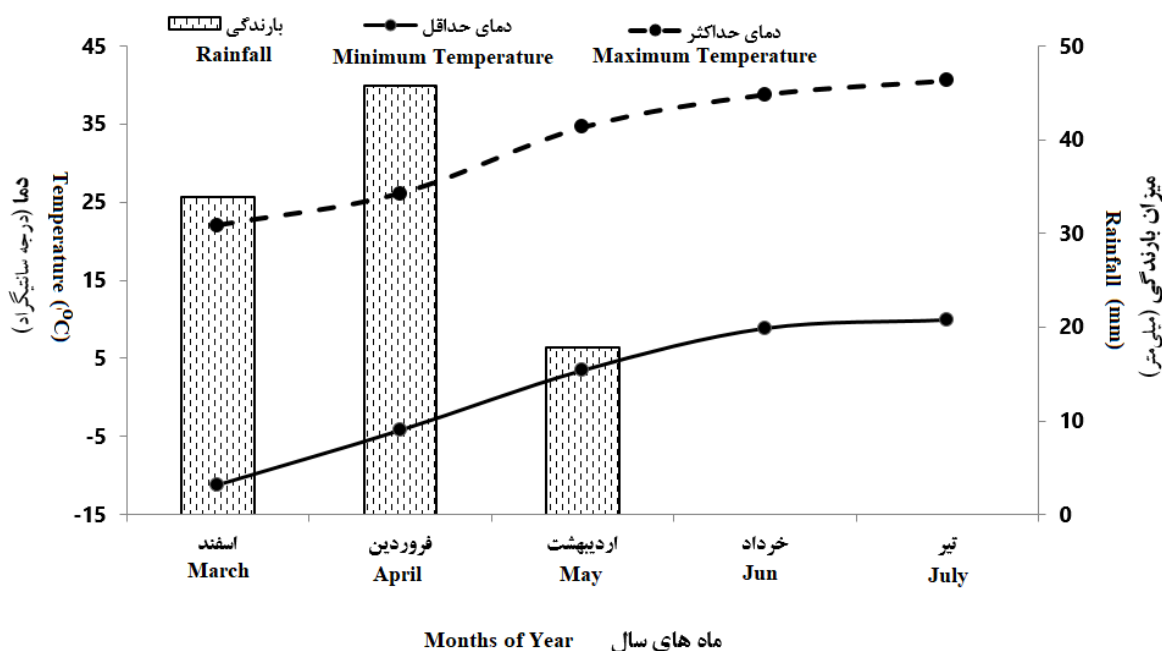
مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا اجرا گردید. تیمار رژیم رطوبتی به‌عنوان فاکتور اصلی در نظر گرفته شد و دارای سه سطح شامل: (۱) قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی، (۲) قطع آبیاری از ابتدای مرحله غلافدهی تا رسیدگی و (۳) عدم تنش رطوبتی بود. در تیمار عدم تنش رطوبتی در پنج مرحله، شامل مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن، اوایل رشد رویشی، اوج رشد رویشی، گلدهی و غلافدهی، آب به‌نحو مطلوب و مناسب در اختیار گیاه قرار داده شد. رقم‌های مختلف نخود، به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند و شامل پنج سطح (آرمان، آزاد، بیونج، هاشم و ILC482) بود. این رقم‌ها به‌طور وسیعی تحت کشت و کار در استان کرمانشاه هستند: رقم آرمان، کابلی سفید، مخصوص مناطق معتدل و نیمه‌گرمسیر با متوسط عملکرد ۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار؛ رقم آزاد: کابلی سفید، مخصوص مناطق معتدل و نیمه‌گرمسیر با متوسط عملکرد ۱۴۰۰ کیلوگرم در هکتار؛ رقم بیونج: کابلی سفید، مخصوص مناطق معتدل و نیمه‌گرمسیر؛ رقم هاشم: کابلی سفید، مخصوص مناطق معتدل و نیمه‌گرمسیر، با متوسط عملکرد ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار؛ رقم ILC482: کابلی سفید، مخصوص مناطق سردسیر با متوسط عملکرد ۱۰۸۰ کیلوگرم در هکتار. آمار میزان بارندگی و حداکثر و حداقل دما در منطقه کرمانشاه در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱

مقابل با آن، چرخه زندگی خود را کوتاه‌تر می‌کند و این امر کاهش عملکرد در گیاه نخود را در پی دارد (Turner et al., 2001). در گیاه نخود فراهمی رطوبت در مرحله گلدهی بسیار حائز اهمیت می‌باشد، به‌نحوی که وقوع تنش خشکی در این مرحله باعث کاهش طول دوره گلدهی، تعداد گل و در نهایت کاهش شدید عملکرد در بوته می‌گردد. زیرا در این زمان نخود دارای رشد رویشی فعال بوده و تنش خشکی در این مرحله باعث افت شدید رشد و عدم جبران آن در مراحل بعد می‌گردد (Ganjeali & Nezami, 2008). در بین مراحل فنولوژیک گیاه نخود، مراحل گلدهی و دانه‌بستن، حساس‌ترین مراحل به کمبود آب هستند و در شرایط محدودیت آب، با انجام آبیاری در این مراحل می‌توان عملکرد نخود را افزایش داد (Mirzavand et al., 2011). وقوع تنش خشکی در مرحله رشد زایشی گیاه نخود، برخی صفات نظیر تاریخ رسیدن، ارتفاع بوته، زیست توده و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Nayyar et al., 2006). Dehahmadi et al, (2010) در مطالعه‌ای اظهار نمودند که با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی نخود، کمترین مقدار عملکرد و ماده خشک به‌دست آمد که دلیل این امر ریزش گل‌ها و عدم تشکیل دانه بود. اعمال تنش خشکی در مرحله غلافدهی نیز سبب کاهش قابل توجه عملکرد و ماده خشک در این گیاه نسبت به شاهد گردید. (Keatinge & Cooper, 1983) سه جزء اصلی عملکرد در نخود را تعداد غلاف در بوته، درصد غلاف پوک و وزن ۱۰۰ دانه معرفی و اعلام کردند که افزایش پوکی غلاف و کاهش وزن ۱۰۰ دانه در شرایط تنش می‌تواند ناشی از اثر سوء خشکی بر روی تولید زیست‌توده باشد. بنا به گزارش (Farshadfar & Javadiniya, 2011) بیشترین آسیب وارده به نخود طی تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه با ۶۲/۴۶ درصد کاهش بود. Behroozmand et al., (2011) در مطالعه اثر تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی بر ارقام مختلف نخود، کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و زیست توده و افزایش تعداد غلاف خالی در بوته را گزارش نمودند. این تغییرات منجر به کاهش میزان دانه تولیدی در واحد سطح گردید. کاهش عملکرد دانه به دنبال کاهش ۵۰ درصدی آب مصرفی، ۲۷ درصد و در اثر کاهش ۱۰۰ درصدی آب مصرفی، ۶۴ درصد برآورد شد. Mohammadi et al, (2015) در مطالعه روی نخود گزارش کردند که تأثیر آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی بر عملکرد دانه و برخی صفات از جمله تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود، به‌طوری که منجر به افزایش ۴۸ درصدی تعداد غلاف در بوته، افزایش ۴۵ درصدی تعداد دانه در بوته و

گردید. میزان عملکرد کاه با کم کردن عملکرد دانه از عملکرد بیولوژیک به دست آمد. میزان شاخص برداشت با تقسیم کردن عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک و ضرب عدد به دست آمده در عدد ۱۰۰ محاسبه شد. مقدار وزن ۱۰۰ دانه با شمارش پنج نمونه ۱۰۰ عددی از دانه‌های مورد نظر جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و سپس توزین آن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمد. تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته، با شمارش تعداد غلاف و دانه ۱۰ بوته برداشت شده از مزرعه در هنگام رسیدگی فیزیولوژیک به دست آمد. تعداد دانه در غلاف با شمارش تعداد کل دانه‌های ۱۰ بوته برداشت شده و سپس تقسیم عدد به دست آمده بر تعداد غلاف‌های پُر محاسبه گردید. داده‌های جمع‌آوری شده قبل از تجزیه واریانس و دیگر محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار EXCEL طبقه‌بندی شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام پذیرفت و برای مقایسه میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید. تجزیه همبستگی بین عملکرد و اجزای آن به وسیله نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

در شکل ۱ آمده است. کشت به صورت بهاره در مزرعه با خاک رسی لومی انجام شد و تراکم مورد استفاده ۴۰ بوته در مترمربع با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. بذور در عمق ۵ سانتی‌متری کشت شدند و هر کرت شامل شش خط کاشت به طول ۳ متر و عرض ۱/۵ متر بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، از کود اوره به منظور استارتر به میزان ۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده شد. به منظور کنترل علف‌های هرز مزرعه پس از سبز شدن علف‌های هرز، عملیات وجین دستی آن‌ها در چند مرحله انجام شد. جهت مبارزه با کرم پبله‌خوار نخود نیز حشره‌کش دلتامترین به میزان ۰/۵ لیتر در هکتار محلول پاشی شد. عملیات برداشت پس از رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های نخود و از خطوط چهارم و پنجم هر کرت با حذف اثرات حاشیه انجام شد. مقدار عملکرد بیولوژیک با برداشت ردیف چهارم و پنجم کشت پس از رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های نخود و با حذف اثرات حاشیه و سپس توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمد. مقدار عملکرد دانه با جدا کردن دانه‌های دو ردیف برداشت شده که جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک برداشت شده بودند، محاسبه



شکل ۱- میزان بارندگی و حداکثر و حداقل دما در منطقه کرمانشاه در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱

Fig. 1. Rainfall and maximum and minimum temperature in Kermanshah region at five months of 2011-2012

نتایج و بحث

عملکرد دانه و زیست‌توده

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، فاکتورهای رژیم رطوبتی، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر روی عملکرد دانه و زیست‌توده اثر معنی‌داری داشتند ($P \leq 0.01$) (جدول ۱). از آنجا که اثرات ساده رقم و رژیم رطوبتی و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه و اجزای آن معنی‌دار شدند، مقایسه میانگین‌ها با بررسی اثرات متقابل آن‌ها انجام شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در شرایط کنترل رطوبتی، بالاترین و پایین‌ترین عملکرد دانه و زیست‌توده به ترتیب مربوط به رقم‌های آرمان (به ترتیب به میزان ۱۳۵۵ و ۳۱۲۶ کیلوگرم در هکتار) و هاشم (به ترتیب به میزان ۷۲۰ و ۲۳۹۴ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۲). اعمال تنش رطوبتی در هر دو تیمار از مرحله گلدهی و غلافدهی تا زمان رسیدگی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه و زیست‌توده را کاهش داد. اعمال تنش رطوبتی از زمان گلدهی تا رسیدگی موجب کاهش معنی‌دارتر عملکرد دانه و زیست‌توده نسبت به تیمار تنش رطوبتی از زمان غلافدهی تا رسیدگی شد. در این شرایط بیشترین کاهش عملکرد دانه و زیست‌توده مربوط به رقم آرمان (به ترتیب ۶۳ و ۵۱ درصد) بود و کمترین کاهش عملکرد دانه و زیست‌توده برای رقم ILC482 (به ترتیب ۴۲ و ۲۷ درصد) حاصل شد که حاکی از بالابودن توان مقاومتی این رقم در برابر شرایط کم‌آبی و حفظ عملکرد خود در این شرایط است. کمترین عملکرد دانه در هر سه تیمار رطوبتی نیز مربوط به رقم هاشم با ۲۹۳ کیلوگرم در هکتار و در تیمار تنش رطوبتی از شروع مرحله گلدهی بود (جدول ۲). براساس نتایج به‌دست‌آمده، کشت رقم هاشم به‌صورت بهاره با توجه به پتانسیل عملکرد پایین در شرایط کنترل رطوبتی و پایین‌تر بودن عملکرد آن در هر دو سطح تنش رطوبتی در منطقه مورد مطالعه (کرمانشاه) قابل‌توصیه نیست. با افزایش رطوبت، میزان ماده خشک تولیدشده در واحد سطح و به دنبال آن عملکرد افزایش می‌یابد (Siddique et al., 2000). مطالعه در ارتباط با اثر مثبت شرایط کنترل‌شده در شکل‌گیری عملکرد دانه نشان می‌دهد که تأثیر مثبت آبیاری بر عملکرد دانه را می‌توان به بهبود شاخص سطح برگ و دوام آن، افزایش فتوسنتز جاری برگ و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول در این شرایط نسبت داد (Thaman et al., 2007). تحت شرایط آبیاری و فراهم‌بودن آب، تولید مواد فتوسنتزی و انتقال مواد حاصل از فتوسنتز (آسیملات‌ها) به ریشه، گره‌ها و دانه‌ها بیشتر است (Pandey et al., 1981). به‌طور کلی، آبیاری نخود در

مرحله گلدهی کامل و مرحله پُرشدن غلاف‌ها عملکرد دانه و بیولوژیک نخود را نسبت به شرایط دیم به‌طرز معنی‌داری افزایش می‌دهد (Kanouni et al., 2002). کمبود رطوبت در مرحله گلدهی به‌طور معنی‌داری زیست‌توده و عملکرد را کاهش می‌دهد (Singh et al., 1990) و در مطالعه حاضر نیز این امر به وضوح مشاهده گردید که نتیجه بروز فیدبک‌های منفی کنترلی به‌منظور جلوگیری از به‌خطرافتادن حیات گیاه، همراه با کاهش سنتز و انتقال شیرۀ پرورده بود که کاهش قابل‌توجه در اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته که همبستگی مثبت معنی‌داری در اغلب موارد با عملکرد اقتصادی دارند، در پی داشت و نهایتاً برهمکنش تأثیر این عوامل کاهش قابل‌توجه عملکرد اقتصادی را سبب گردید.

عملکرد کاه

براساس نتایج تجزیه واریانس، فاکتور رژیم رطوبتی بر روی عملکرد کاه تأثیر معنی‌داری را از خود برجای گذاشت ($P \leq 0.05$) (جدول ۱). نتیجه مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط کنترل رطوبتی بالاترین عملکرد کاه برای رقم آرمان (۱۷۷۱ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردید (جدول ۲). تنش رطوبتی موجب کاهش عملکرد کاه در هر دو سطح تنش رطوبتی شد. بیشترین کاهش عملکرد کاه در شرایط اعمال تنش رطوبتی از ابتدای گلدهی تا زمان رسیدگی دیده شد. در این شرایط بیشترین و کمترین عملکرد کاه به ترتیب مربوط به رقم‌های بیونج با ۱۷۷۱ کیلوگرم در هکتار و آرمان با ۱۰۳۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). براساس نتایج این مطالعه عملکرد بالای کاه، نمی‌تواند معیار مناسبی برای بالابردن عملکرد دانه باشد که از علل آن می‌تواند این باشد که قسمت اعظم عملکرد کاه در زمان رشد رویشی که گیاه کمتر با کمبود آب مواجه می‌شود و می‌تواند توسعه مناسبی داشته باشد، شکل می‌گیرد و هنگام بروز تنش کم‌آبی که بیشتر در زمان رشد زایشی ظاهر می‌گردد، این صفت کمتر از سایر اجزای عملکرد از تنش ایجادشده آسیب می‌بیند.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فاکتورهای رژیم رطوبتی و رقم ($P \leq 0.01$) و اثر متقابل آن‌ها ($P \leq 0.05$) بر روی شاخص برداشت اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، اعمال تنش رطوبتی در هر دو سطح تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شد. در هر سه سطح رطوبتی اعمال‌شده در

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد غلاف در بوته نشان داد که فاکتورهای رژیم رطوبتی، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر روی این صفت دارای اثر معنی‌داری بودند ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین تعداد غلاف در بوته در شرایط کنترل رطوبتی برای رقم ILC482 با ۲۸/۹ عدد غلاف در بوته حاصل شد (جدول ۲). تنش رطوبتی در هر دو سطح مورد بررسی موجب کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شد. در هر دو تیمار تنش رطوبتی رقم ILC482 بیشترین و رقم هاشم با حدوداً ۹ عدد کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند (جدول ۲). تحت شرایط کمبود رطوبت با کاهش ۷۰ درصدی رطوبت خاک، تشکیل غلاف حداقل به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Singh, 1997). چنین کاهش شدیدی در تعداد غلاف در بوته در اثر اعمال تنش رطوبتی در این بررسی نیز رؤیت گردید (جدول ۲). از آنجاکه صفات تعداد غلاف در بوته و اندازه دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارا می‌باشند (Singh et al., 1990)، می‌توان رقم‌هایی را که قابلیت حفظ تعداد بالاتری غلاف در بوته همراه با دانه‌هایی با اندازه مناسب هستند را تحت شرایط کمبود آب به‌عنوان رقم‌های متحمل به خشکی معرفی نمود.

تعداد دانه در بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس، فاکتورهای رژیم رطوبتی، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر روی تعداد دانه در بوته اثر معنی‌داری داشتند ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار آبیاری مطلوب مربوط به رقم آرمان با ۲۹/۲ عدد دانه در بوته و در هر دو تیمار تنشی برای رقم ILC482 به‌ترتیب با ۲۷/۷ و ۲۶/۳ عدد دانه در بوته به دست آمد (جدول ۲). به‌علت کاهش تعداد دانه در بوته در هر دو سطح تنش رطوبتی، رقم هاشم کمترین تعداد دانه در بوته را در تیمار تنش رطوبتی از ابتدای گلدهی به‌میزان ۸/۵ عدد دانه در بوته و از ابتدای غلافدهی به میزان ۹/۴ عدد دانه در بوته در مقایسه با سایر رقم‌های مورد بررسی داشت (جدول ۲). گیاه نخود در آغاز گلدهی یک رشد سریع را طی کرده و به‌نظر می‌رسد در شرایط فراهمی رطوبت قابل دسترس، طول دوره زایشی و میزان فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد که منجر به تشکیل گل‌های بیشتری در گیاه‌شده و در تشکیل غلاف‌های بارور و تولید دانه در بوته به میزان بالاتر مؤثر است (Ehyae et al., 2010). تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش ۴۳ درصدی عملکرد دانه و کاهش

این مطالعه بالاترین شاخص برداشت مربوط به رقم آزاد و در شرایط کنترل رطوبتی (۴۷/۲۸ درصد) و پایین‌ترین شاخص برداشت برای رقم هاشم در هر دو تیمار تنش رطوبتی (در حدود ۱۸/۵ درصد) به‌دست آمد (جدول ۲). هرچه محدودیت رطوبتی و شرایط کم‌آبی بیشتر باشد، از آنجا که رابطه تنگاتنگ بین عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت وجود دارد، شاخص برداشت نیز روند نزولی نشان می‌دهد، زیرا بیشترین تأثیر سوء کمبود آب بر دانه‌ها که در صورت کسر برآورد شاخص برداشت بوده و تشکیل‌دهنده عملکرد اقتصادی هستند، وارد می‌آید و مخرج کسر که عملکرد بیولوژیک است کمتر از شرایط به‌وجودآمده، خسارت می‌بیند. در نتیجه شاخص برداشت با کاهش مواجه می‌شود و در این شرایط ارقامی که بتوانند شاخص برداشت بالاتری را از خود نشان دهند، به خشکی مقاوم‌تر بوده و برای شرایط دیم، مناسب‌تر می‌باشند. شاخص برداشت، همبستگی مثبت معنی‌داری با شاخص تحمل خشکی و تعداد دانه در بوته دارد. این مسئله نشان می‌دهد که این صفت می‌تواند در افزایش عملکرد در شرایط تنش، سهمیم باشد و تحمل به تنش را افزایش دهد (Farshadfar & Javadiniya, 2011).

وزن ۱۰۰ دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فاکتورهای رژیم رطوبتی، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر روی وزن ۱۰۰ دانه اثر معنی‌دار داشتند ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). در شرایط کنترل رطوبتی رقم بیونج با ۴۵/۸۳ گرم بیشترین وزن ۱۰۰ دانه را داشت (جدول ۲). تنش رطوبتی در هر دو سطح مورد بررسی به‌طور معنی‌داری موجب کاهش وزن ۱۰۰ دانه شد. در هر دو تیمار تنش رطوبتی رقم بیونج بیشترین و رقم هاشم کمترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند (جدول ۲). در این ارتباط لازم به ذکر است که وزن ۱۰۰ دانه خصوصیتی ژنوتیپی بوده و به‌شدت تحت تأثیر عوامل ژنتیکی قرار دارد، اما مقدار آن متأثر از شرایط دوره رسیدگی نیز می‌باشد. این شرایط ممکن است موجب تغییراتی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد در وزن ۱۰۰ دانه شوند (Kouchaki & Bannayanaval, 1994). با افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته، دانه کوچک‌تر شده و وزن ۱۰۰ دانه نیز کاهش می‌یابد (Singh et al., 1990). انجام آبیاری در مرحله پُرشدن غلاف‌ها باعث افزایش سرعت فتوسنتز جاری و افزایش طول مرحله زایشی و دوره مؤثر پُرشدن دانه و درنهایت، باعث افزایش وزن دانه و عملکرد دانه می‌شود (Maleky et al., 2011).

۴۴ درصدی تعداد غلاف و تعداد دانه در واحد سطح در مقایسه با شرایط بدون تنش گردد که از دلایل این امر می‌توان به محدودیت تولید و انتقال مواد فتوسنتزی طی تنش خشکی اشاره کرد (Siosemardeh *et al.*, 2014). از عواملی که سبب کاهش قابل توجه عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته در نخود تحت تنش رطوبتی می‌شود، کاهش منابع فتوسنتزی و محدودیت آسیمیلات‌ها در این شرایط است (Nemati *et al.*, 2016). به طور کلی، کمبود آب در طی مراحل رشد زایشی با تأثیری که بر ریزش گل‌ها و غلاف و عدم شرایط مناسب برای پُرشدن غلاف‌ها از خود بر جای می‌گذارد، سبب کاهش عملکردانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰ دانه در گیاه نخود می‌گردد (Abhari *et al.*, 2017).

تعداد دانه در غلاف

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط فاکتور رقم بر روی تعداد دانه در غلاف تأثیر معنی‌داری را از خود برجای گذاشت ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). در تیمار تنش رطوبتی از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی، بیشترین تعداد دانه در غلاف در مقایسه با دیگر تیمارهای رطوبتی دیده شد. در این شرایط رقم آرمان در هر سه سطح رطوبتی بیشترین تعداد دانه در غلاف را در مقایسه با سایر رقم‌های مورد بررسی به خود اختصاص داد (جدول ۲). تعداد دانه در غلاف در مقایسه با سایر اجزای عملکرد نسبت به شرایط تنش، حساسیت کمتری از خود نشان داد (Hosseini *et al.*, 2009). صفت تعداد دانه در غلاف در نخود به طور عمده تحت کنترل ساختار ژنتیکی است و تأثیر عوامل محیطی بر آن ناچیز می‌باشد (Ghasemigolazani *et al.*, 1997). با وجود این گزارش، همان‌طور که نتیجه این بررسی نشان داد، تنش رطوبتی تعداد دانه در غلاف را نسبت به شرایط کنترل رطوبتی افزایش داد و دلیل اصلی این افزایش، کاهش تعداد غلاف در بوته تحت کاهش رطوبت بود که با کاهش غلاف‌ها در هر بوته، شیره پروده بیشتری به هر غلاف اختصاص یافت و توانایی تولید دانه بیشتر در هر غلاف را ممکن ساخت.

بر اساس نتایج محاسبه ضرایب همبستگی بین عملکرد اقتصادی و اجزای آن در هر سه سطح آبیاری اعمال شده در این مطالعه، شامل قطع آبیاری از ابتدای گلدهی تا رسیدگی، قطع آبیاری از ابتدای غلافدهی تا رسیدگی و آبیاری مطلوب، عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p \leq 0.01$) با صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت،

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته نشان داد. این نتیجه در مورد عملکرد زیست‌توده نیز به همین صورت بود (جدول ۳، ۴ و ۵). در هر سه رژیم رطوبتی، شاخص برداشت با صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری را ($p \leq 0.01$) از خود نشان داد که با توجه به تأثیر مثبت بالابودن شاخص برداشت بر عملکرد اقتصادی، بالابودن صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته، در افزایش مقدار عملکرد اقتصادی نقش پُررنگی داشت و موجب اختصاص دادن قسمت بیشتری از عملکرد بیولوژیک کل، به خود شد و در افزایش شاخص برداشت تأثیر قابل توجهی داشت و به این ترتیب می‌توان به نقش پُررنگ صفات تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته بر عملکرد اقتصادی پی برد (جدول ۳، ۴ و ۵). بنابر نتایج به دست آمده، مشخص شد که از عوامل برتری و تأثیرگذار بیشتر بودن عملکرد دانه برای رقم آرمان در تیمار آبیاری مطلوب، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بالا، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته زیاد بوده است. وجود همبستگی بالا بین همه این عوامل با ترکیب شدن اثرشان موجب بالارفتن نسبی عملکرد دانه در این سطح در مقابل سایر سطوح گردید. ارزیابی روابط بین عملکرد و اجزای آن در رقم‌های مختلف نخود حاکی از وجود همبستگی بالا بین عملکرد دانه تک‌بوته و تعداد غلاف در بوته به میزان ۸۵ درصد و با عملکرد بیولوژیک به میزان ۸۰ درصد است (Guler *et al.*, 2001). در بررسی تأثیر شیب تنش خشکی بر صفات گیاه نخود، صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه تک‌بوته داشته و درصد بالایی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند (Pouresmael *et al.*, 2009). بررسی نتایج تجزیه همبستگی در رقم‌های مختلف نخود نشان می‌دهد که صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف در واحد سطح و تعداد دانه در واحد سطح رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارند و دارای بیشترین تأثیرگذاری مثبت بر روی عملکرد دانه نسبت به سایر اجزای عملکرد هستند (Kanouni & Malhorta, 2003; Pouryamchi *et al.*, 2012; Siosemardeh *et al.*, 2014). وجود همبستگی بالا بین زیست‌توده و شاخص برداشت با عملکرد دانه نشان دهنده اهمیت این صفات در افزایش عملکرد در ژنوتیپ‌های نخود است، بنابراین زیست‌توده و شاخص برداشت به عنوان صفاتی مناسب جهت گزینش در این شرایط به شمار می‌روند (Farshadfar & Javadiniya, 2011).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنش کم‌آبی در مرحله رشد زایشی به شکل قابل توجهی سبب کاهش عملکرد و اجزای آن می‌گردد و تنش در مرحله شروع گلدهی نسبت به تنش در شروع مرحله غلافدهی، آثار زیان بار بیشتری را در پی دارد. در صورت وجود رطوبت کافی، رقم‌های آرمان و آزاد، عملکرد دانه و زیست‌توده بهتری را دارا بودند، اما رقم آرمان در صورت مواجهه با خشکی توانایی حفظ عملکرد مناسب را در مقایسه با رقم آزاد نداشت. رقم های آزاد، بیونج و ILC482 در هر دو سطح تنش رطوبتی عملکرد مناسبی را از خود نشان داده و برای کاشت بهاره در شرایط دیم بر اساس توان مقاومتی بالاتر آن‌ها نسبت به دو رقم دیگر مناسب ارزیابی شدند. اما در ارتباط با رقم هاشم به دلیل کاهش عملکردی که از خود نشان داد، در شرایط کرمانشاه کشت آن به صورت بهاره توصیه نمی‌گردد. همچنین، صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت معنی-

داری را با عملکرد دانه دارا بودند و بالابودن این صفات افزایش عملکرد دانه را در پی داشت. به طور کلی با توجه به نقشی که انجام فرایند فتوسنتز در جهت جلوگیری از تولید مواد مضره و کمک به حفظ عملکرد طی تنش خشکی می‌تواند ایفا کند، می‌توان از دلایل زیر به عنوان عوامل موفقیت سه رقم مذکور نام برد: داشتن سیستم ریشه‌ای و ارتباطات آوندی قوی‌تر که نقل و انتقال آب و شیره پرورده را در این شرایط بهبود می‌بخشد؛ از طرفی، برخورداری از خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مناسب که به تداوم فرایند فتوسنتز به وسیله هماهنگی و تعادل مناسب بین رطوبت موجود و مصرف کنترل شده آن به همراه جذب دی اکسیدکربن از محیط کمک می‌کند؛ حفظ تولید شیره پرورده، درون سلول‌های مزوفیل، به دنبال آن که در نهایت، بهبود عملکرد را در پی دارد. بررسی سازوکار نحوه مواجهه این رقم‌ها، مخصوصاً رقم‌های آزاد، بیونج و ILC482 با وقوع تنش رطوبتی در مراحل مختلف پس از گلدهی، می‌تواند در شناخت سازوکار مؤثر، توصیه شود.

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای آن در ارقام مختلف نخود تحت تأثیر عوامل آزمایشی در منطقه کرمانشاه

Table 1. Analysis of variation of the yield and its components, influenced by the experimental factors in Kermanshah region

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی DF	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه Chaff yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod
تکرار Replication	2	13171.2 ^{ns}	1538.5 ^{ns}	8356.6 ^{ns}	3.65 ^{ns}	0.425 ^{ns}	113.6 ^{ns}	112.8 ^{ns}	0.003 ^{ns}
رژیم رطوبتی Moisture regime	2	953894.4 ^{**}	341515 ^{**}	1754393 [*]	429.8 ^{**}	170.1 ^{**}	1274.2 ^{**}	1020.9 ^{**}	0.015 ^{ns}
خطای اصلی Main error (E _a)	4	12544	364.7	10216.9	3.16	1.43	63.2	65.4	0.003
رقم Cultivar	4	75845 ^{**}	110276.4 ^{**}	133964 ^{ns}	518.9 ^{**}	322.2 ^{**}	1373.5 ^{**}	1523.1 ^{**}	0.020 ^{**}
رژیم رطوبتی × رقم Moisture regime × Cultivar	8	24301.5 ^{**}	6763.9 ^{**}	8098.9 ^{ns}	6.92 [*]	9.97 ^{**}	119.3 ^{**}	146.3 ^{**}	0.002 ^{ns}
خطای فرعی Sub error (E _b)	24	7121.1	391	5166.6	2.45	1.83	18.5	21.3	0.002
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		7.32	4.67	9.63	4.42	4.70	11.53	12.18	3.93

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

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

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای آن تحت تأثیر عوامل آزمایشی در منطقه کرمانشاه

Table 2. Means comparison of the yield and its components, influenced by the experimental factors in Kermanshah region

رژیم رطوبتی Moisture regime	رقم Cultivar	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg/ha)	درصد کاهش نسبت به شرایط کنترل Decrease relative to control conditions (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (Kg/ha)	درصد کاهش نسبت به شرایط کنترل Decrease relative to control conditions (%)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) Chaff yield (Kg/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seeds weight (g)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod
قطع آبیاری از شروع گلدهی Irrigation cut from flower initiation	آرمان Arman	1536 f	51	504 g	63	1032 e	32.81 gh	23.17 f	10.1 fg	11.1 ef	1.300 a
	آزاد Azad	1824 ef	36	659 f	51	1165 de	36.13 ef	27.33 e	13.4 ef	15 de	1.300 a
	بیونج Bivanij	1963 e	31	651 f	45	1312 cd	33.16 fg	33.53 c	11.7 efg	11.9 ef	1.227 abc
	هاشم Hashem	1568 f	35	293 i	59	1275 cde	18.68 i	21.67 f	9 g	8.5 f	1.150 c
	ILC 482	2000 e	27	715 f	42	1285 cde	35.75 f	24.03 f	24.8 b	26.3 ab	1.253 ab
قطع آبیاری از شروع غلافدهی Irrigation cut from pod initiation	آرمان Arman	2304 d	27	811 e	40	1493 bc	35.20 f	24.00 f	19.3 c	20.7 c	1.260 ab
	آزاد Azad	2518 cd	11	1035 c	23	1483 bc	41.11 cd	29.00 de	24.6 b	24.4 b	1.193 bc
	بیونج Bivanij	2570 bcd	9	928 d	21	1642 ab	36.11 ef	37.00 b	20.1 de	15.1 de	1.196 bc
	هاشم Hashem	2006 e	16	365 h	49	1641 ab	18.90 i	23.00 f	9.4 g	9.4 f	1.163 c
	ILC 482	2390 d	12	923 d	25	1467 bc	38.62 de	24.17 f	27.6 ab	27.7 ab	1.203 bc
آبیاری مطلوب Ideal irrigation	آرمان Arman	3126 a	-	1355 a	-	1771 a	43.34 bc	28.17 e	27.2 ab	29.2 a	1.273 ab
	آزاد Azad	2832 b	-	1339 a	-	1493 bc	47.28 a	30.87 d	26.3 ab	26.3 ab	1.200 bc
	بیونج Bivanij	2838 b	-	1173 b	-	1665 ab	41.33 cd	45.83 a	18.1 cd	16.9 cd	1.140 c
	هاشم Hashem	2394 d	-	720 f	-	1674 ab	30.07 h	28.33 e	13.3 ef	13.1 de	1.140 c
	ILC 482	2726 bc	-	1237 b	-	1489 bc	45.37 ab	28.70 de	28.9 a	27.8 ab	1.163 c

میانگین‌ها در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Means within each column with a letter in common do not have significant difference on the basis of Duncan Multiple Range Test at the 5% probability level.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای آن در رقم‌های مختلف نخود زراعی تحت شرایط تنش رطوبتی از ابتدای گلدهی

تا زمان رسیدگی در منطقه کرمانشاه

Table 3. Correlation coefficients between yield and its components in different cultivars of chickpea under moisture stress conditions from the beginning of flowering until maturity in Kermanshah region

	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه Chaff yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
عملکرد بیولوژیک	1							
عملکرد دانه	0.813**	1						
عملکرد کاه	0.718**	0.178 ^{ns}	1					
شاخص برداشت	0.549*	0.913**	-0.162 ^{ns}	1				
وزن ۱۰۰ دانه	0.433 ^{ns}	0.485 ^{ns}	0.157 ^{ns}	0.478 ^{ns}	1			
تعداد غلاف در بوته	0.762**	0.784**	0.350 ^{ns}	0.638**	0.017 ^{ns}	1		
تعداد دانه در بوته	0.730**	0.778**	0.302 ^{ns}	0.668**	0.010 ^{ns}	0.991**	1	
تعداد دانه در غلاف	-0.062 ^{ns}	0.205 ^{ns}	-0.355 ^{ns}	0.410 ^{ns}	0.139 ^{ns}	0.077 ^{ns}	0.188 ^{ns}	1

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای آن در رقم‌های مختلف نخود زراعی تحت شرایط تنش رطوبتی از ابتدای غلافدهی تا زمان رسیدگی در منطقه کرمانشاه

Table 4. Correlation coefficients between yield and its components in different cultivars of chickpea under moisture stress conditions from the beginning of podding until maturity in Kermanshah region

	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه Chaff yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
عملکرد بیولوژیک Biological yield	1							
عملکرد دانه Grain yield	0.839**	1						
عملکرد کاه Chaff yield	0.307 ^{ns}	-0.250 ^{ns}	1					
شاخص برداشت Harvest index	0.674**	0.966**	-0.477 ^{ns}	1				
وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds	0.621*	0.478 ^{ns}	0.304 ^{ns}	0.364 ^{ns}	1			
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	0.553*	0.762**	-0.354 ^{ns}	0.773**	-0.088 ^{ns}	1		
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	0.577*	0.789**	-0.396 ^{ns}	0.810**	0.084 ^{ns}	0.936**	1	
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	0.129 ^{ns}	0.246 ^{ns}	-0.236 ^{ns}	0.294 ^{ns}	-0.131 ^{ns}	0.217**	0.279 ^{ns}	1

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای آن در رقم‌های مختلف نخود زراعی تحت شرایط عدم تنش رطوبتی تا زمان رسیدگی در منطقه کرمانشاه

Table 5. Correlation coefficients between yield and its components in different cultivars of chickpea under non stress condition until maturity in Kermanshah region

	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه Chaff yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
عملکرد بیولوژیک Biological yield	1							
عملکرد دانه Grain yield	0.830**	1						
عملکرد کاه Chaff yield	0.482 ^{ns}	0.088 ^{ns}	1					
شاخص برداشت Harvest index	0.563*	0.926**	-0.450 ^{ns}	1				
وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds	0.125 ^{ns}	0.079 ^{ns}	0.097 ^{ns}	0.066 ^{ns}	1			
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	0.550*	0.802**	-0.277 ^{ns}	0.816**	-0.361 ^{ns}	1		
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	0.630*	0.826**	-0.170 ^{ns}	0.794**	-0.402 ^{ns}	0.977**	1	
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	0.586*	0.499 ^{ns}	-0.262 ^{ns}	0.351 ^{ns}	-0.345 ^{ns}	0.405 ^{ns}	0.549*	1

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

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

منابع

1. Abhari, A., Azizi, E., and Harethabadi, B. 2017. Effect of super absorbent on yield and yield components of chickpea under drought stress conditions of the end of season. Crop Production Publication 10(1): 191-202. (In Persian).
2. Behroozmand, A., Yarnia, M., and Khorshidibenam, M.B. 2011. Effect of irrigation regime on yield and some physiological and morphological traits of 8 chickpea cultivars. Scientific Journal of Crops and Weeds Ecophysiology 19(5): 79-92. (In Persian).
3. Dehahmadi, A., Parsa, S.R., Nezami, M., and Gangeali, A. 2010. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-894. (In Persian with English Summary).
4. Ehyae, H., Parsa, M., Kafi, M., and Nasiri Mahallati, M. 2010. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 37-48. (In Persian with English Summary).
5. Fang, X., Turner, N.C., Yan, G., Li, F., and Siddique, K.H.M. 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. Journal of Experimental Botany 61: 335-345.
6. FAO. 2013. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
7. Farshadfar, E., and Javadiniya, J. 2011. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. Journal to Breed of Seed and Seedling 27-1(4): 517- 537. (In Persian).
8. Fotouhighazvini, R., Heidary, M., and Hashempour, A. 2011. Molecular Physiology and Biology of Tolerance in Stress Condition at Plants. Jahad Daneshgahi Mashhad Publisher (Translated).
9. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Determinatives Yield of Pulses in Pulses. JDM Press. Iran. p. 500. (In Persian).
10. Ghasemigolazani, K., Mohamadi, S., Rahemzadeh, P., and Moghadam, M. 1997. Quantitative connection between density and yield of three chickpea cultivar on different planting dates. Journal of Plant Physiology and Breeding 7: 59-73.
11. Guler, M., Saitadak, M., and Ulkan, H. 2001. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 14: 161-166.
12. Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E., and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environment 52(8): 368-376.
13. Hosseini, N.M., Palta, J.A., Berger, J.D., and Siddique, K.H. 2009. Sowing soil water content effects on chickpea (*Cicer arietinum* L.): seedling emergence and early growth interaction with genotype and seed size. Agriculture and Water Management 96: 1732-1736.
14. Kanouni, H., and Malhorta, R.S. 2003. Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences 5(3): 148-154. (In Persian).
15. Kanouni, H., Kazemi, H., Moghaddam, M., and Neyshburi, M.R. 2002. Selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines for drought resistance. Journal of Agricultural Science 12(2): 109- 121. (In Persian).
16. Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Purushothaman, R., Upadhyaya, H.D., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., and Varshney, R.K. 2015. Scope for improvement of yield under drought through the root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 170: 47-54.
17. Keatinge, J.D.H., and Cooper, P.J.M. 1983. Kabuli chickpea as a winter-sown crop in northern Syria: mature relations and crop productivity. Journal of Agricultural Science, Cambridge 100: 667-680.
18. Kouchaki, A., and Bannayanaval, M. 1994. Yield Physiology in Crops. Jahad Daneshgahi Mashhad Publisher (Translated).
19. Maleky, A., Heidary Moghaddam, A., Siyadat, S.A., and Tahmasebi, A. 2011. Effect of supplemental irrigation on yield, yield components and seed protein percentage of three chickpea cultivars in Ilam. Journal of Crop Ecophysiology 19(5): 65-78. (In Persian).
20. Malhotra, R.S., and Sexana, M.C. 2002. Strategies for overcoming drought stress in chickpea. ICARDA 17: 20-23.
21. Mirzavand, M., Azizi, K.H., Abdali, M., and Esmaeili, A. 2011. Effect of some agricultural techniques (Planting arrangement and supplementary irrigation) on chickpea growth indices. Journal of Crop Ecophysiology 2(3): 63-73. (In Persian).

22. Mohammadi, M., Roozrok, M., and Talebi, R. 2015. Effect of supplemental irrigation and iron foliar application on chickpea genotypes in Kermanshah. Journal of Scientific-Research on Ecophysiology Crops 27: 103-113. (In Persian with English Summary).
23. Nayyar, H., Singh, S., Kaur, S., Kumar, S., and Upadhyaya, H.D. 2006. Differential sensitivity of macrocarpa and microcarpa types of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to water stress: association of contrasting stress response with oxidative injury. Journal of Integrative Plant Biology 48: 1318-1329.
24. Nemati, A., Rafieealhusseini, M., and Danesh Shahraki, A. 2016. Effect of livestock manure and bacterial inoculation on physiological indices, yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences 9(4): 339-351. (In Persian).
25. Pandey, R.L., Rai, S.H., Taiwari, A.S., and Reddy, R.K. 1981. Notes on estimates of heterosis for grain yield and implication in chickpea breeding. Legume Research 4: 109-111.
26. Pang, J., Wang, Y., Lambers, H., Tibbett, M., Siddique, K.H.M., and Ryan, M.H. 2013. Commensalism in an agroecosystem: hydraulic redistribution by deep-rooted legumes improves survival of a droughted shallow-rooted legume companion. Physiologia Plantarum 149: 79-90.
27. Pouresmael, M., Akbari, M., Vaezi, S.H., and Shahmoradi, S.H. 2009. Effects of drought stress gradient on agronomic traits in Kabuli chickpea core collection. Iranian Journal of Agricultural Science 11(4): 307-324.
28. Pouryamchi, M.A., Bihanta, M.R., Peighambari, S.A., and Naghavi, M.R. 2012. Effect of terminal drought stress on grain yield and yield components in Kabuli chickpea genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 14(3): 202-217. (In Persian with English Summary).
29. Siddique, K.H.M., Sedegly, R.H., and Marshal, C. 2000. Effects of plant density on growth and harvest index of branches in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 31: 193-203.
30. Singh, K.B., Bejiga, G., and Malhorta, R.S. 1990. Associations of some characters with seed yield in chickpea collection. Euphytica 49(1): 83-88.
31. Singh, S.P. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 53: 161-170.
32. Siosemardeh, A., Sadeghi, F., Kanouni, H., Bahramnejad, B., and Gholami, S. 2014. Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 16(2): 91-108. (In Persian with English Summary).
33. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabbaghpour, S.H. 2007. Effect of irrigation at podding and seed filling on growth and yield of chickpea genotypes. Journal of Agricultural Research 7(1): 55-72. (In Persian).
34. Turner, N.C., Wright, G.C., and Siddique, K.H.M. 2001. Adaptation of grain legumes (Pulses) to water limited environments. Advances in Agronomy 71: 193-231.
35. Yadav, R.S., Hash, C.T., Bidinger, F.R., Devos, K.M., and Howarth, C.J. 2004. Genomic regions associated with grain yield and aspects of post flowering drought tolerance in pearl millet across environments and tester background. Euphytica 136: 265-277.

Effect of irrigation cut from initiation of flowering and podding till maturity on yield and its components in prevalent chickpea cultivars in Kermanshah region

Hosseini¹, S.M.N., Mansourifar², C. & Saeidi^{3*}, M.

1. Graduated in MSc. Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Recourse, Razi University, Kermanshah, Iran; yasarkem23@gmail.com
2. Former Assistant Professor in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah and New Associated Professor of Payam Noor University, Karaj Branch, and Iran; cmansourif@gmail.com
3. Associate Professor in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Recourse, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 8 August 2018
Accepted: 15 November 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.72352

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is the third most important grain legume in the world and the second grain legume in the Mediterranean environment including Iran. Average of chickpea grain yield in Iran is about 500 Kg ha⁻¹ while in the world this average is 900 Kg ha⁻¹. These data indicate the importance of research on chickpea. Water deficit stress is one of the most important factors in reducing grain yield of chickpea in the Mediterranean region. In such areas, water shortage almost take place at flowering and post flowering period. Generally, water deficit stress with decreasing plant photosynthesis and consequently reducing the production of photosynthetic products, the process of plant growth and development caused reduction of plants economic grain yield. In chickpea, flowering and podding stages are the most sensitive growth stages to water deficit and water shortages in these stages result in a significant reduction in grain yield. Hence, the present study was conducted to investigate the resistance of commonly chickpea cultivars used under cultivation in Kermanshah region in different water deficit stress conditions from the beginning of flowering and podding until maturity time.

Materials & Methods

In order to investigate the effect of post anthesis water deficit on yield and its components in different chickpea cultivars, a split-plot experiment based on complete block design with three replication conducted in research filed and labs of agronomy and plant breeding department of Razi university. The main factor was the moisture regime with three levels included: 1) control, 2) Irrigation cut from flowering till maturity and 3) irrigation cut from podding till maturity. Sub-factor consisted of different chickpea cultivars (Arman, Azad, Bivani, Hashem and ILC482). Sowing was done manually. Each plot was consisted of six rows with three meters in length and with a spacing of 25 cm and 10 cm seeds space on the row. Harvesting was performed when each cultivar were matured under control and water deficit treatments and different traits was evaluated. These traits consist of: grain yield, biomass, straw yield, harvest index, number of pod per plant, number seed per pod, number of seed per plant, and 100 grain weight. Correlation coefficients between different traits under different water regime were estimated. The obtained data were exposed to analysis of variance (ANOVA). Means comparison was done using Duncan's new multiple range test (DMRT) using MSTAT-C software. Correlation coefficients between traits were estimated with SAS software ver. 8.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results & Discussion

According to the results, water deficit at both levels, significantly reduced the grain yield, biomass, harvest index, 100 seed weight, number of seeds per plant and pod and number of pods per plant. The

*Corresponding Author: msaeidi667@gmail.com

highest reduction in grain yield and biomass under water deficit from beginning of flowering till maturity was observed with about 51 and 36 percent, respectively. Under control condition, the highest grain and biological yield in Arman cultivar was 1355 and 3126 Kg ha⁻¹, respectively. In application of water deficit from the beginning of podding until maturity, the highest grain and biological yield in Azad and Bivanij cultivars was 1035 and 2570 Kg ha⁻¹, respectively and under water deficit stress from the beginning of flowering until maturity the highest grain and biological yield in ILC482 cultivar was 715 and 2000 Kg ha⁻¹, respectively. Also, according to the results of correlation analysis, there was a positive and significant correlation between grain yield and biological yield, harvest index, number of pods per plant and number of seeds per plant. Azad, Bivanij and ILC482 cultivars showed better performance at both levels of moisture stress. Regarding the occurrence of moisture stress in the studied area at flowering and podding time in spring planting, spring cultivation of these cultivars is more desirable.

Conclusion

The results of this study showed that Azad, Bivanij and ILC482 cultivars were resistant to drought stress and their yield reduction was less than Arman and Hashem cultivars, also it is recommended that the Hashem cultivar dose not cultivate in spring at Kermanshah region. Generally, more resistant to drought varieties were more capable of water management which also improved the process of photosynthesis and helped to maintain better functionality in these conditions.

Keywords: Biological yield, Chickpea, Correlation, Grain yield, Water deficit

ارزیابی تأثیر پرایمینگ و مدت آن بر خصوصیات جوانه‌زنی دو ژنوتیپ عدس (*Lens culinaris Medic.*) در شرایط آزمایشگاهی

سیدجلال آذری^۱، مهدی پارسا^{۲*}، احمد نظامی^۳، رضا توکل افشاری^۴ و جعفر نباتی^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ sjamnt@gmail.com

۲- دانشیار گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو پیوسته گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو پیوسته گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ nezami@um.ac.ir

۴- استاد گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ tavakolafshari@um.ac.ir

۵- استادیار گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ nabati@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸

چکیده

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و محدودیت منابع پروتئین حیوانی، اهمیت منابع پروتئین گیاهی خصوصاً حبوبات، از جمله عدس در تأمین پروتئین مورد نیاز انسان و نقش آن در تنظیم جیره غذایی ضروری به نظر می‌رسد. پرایمینگ بذر یک روش ساده قبل از جوانه‌زنی برای بهبود سبز شدن و کاهش اثرات عوامل تنش‌زا می‌باشد. به منظور تعیین مناسب‌ترین تیمار پرایمینگ و زمان آن بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و گیاهچه عدس (*Lens culinaris Medic.*) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های محیطی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. تیمارها شامل دو ژنوتیپ عدس (رباط و کالپوش)، شش سطح پرایمینگ [شاهد (عدم پرایمینگ)، اسید جیبرلیک ($C_{19}H_{22}O_6$) ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، نیترات پتاسیم (KNO_3) ۵۰۰ میلی گرم در لیتر، سولفات روی ($ZnSO_4$) ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، محلول آبنوش بذر دایان چهار میلی لیتر در یک لیتر آب و هیدروپرایمینگ] و مدت پرایمینگ (۷ و ۱۶ ساعت) بودند. درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که ژنوتیپ رباط در تمامی صفات به جز وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه برتری معنی‌داری نسبت به ژنوتیپ کالپوش داشت. همچنین بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری با تیمار پرایمینگ سولفات روی نداشت. نتایج حاصل از اثر ساده مدت پرایمینگ نشان داد که مدت زمان هفت ساعت پرایمینگ تأثیر بیشتری در مقایسه با مدت زمان ۱۶ ساعت روی صفات ارزیابی شده داشته است. می‌توان نتیجه گرفت که بذر ژنوتیپ رباط از بنیه و وضعیت بهتری نسبت به ژنوتیپ کالپوش برخوردار بود و به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که صفات تعداد کل بذور جوانه‌زده، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و بنیه بذر در ژنوتیپ رباط و صفات وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه در ژنوتیپ کالپوش برتر بودند.

واژه‌های کلیدی: آبنوش بذر، بنیه بذر، پروتئین گیاهی، حبوبات

مقدمه

نگهداری خوبی هستند و در رژیم غذایی بیشتر مردم جهان نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Majnoon Hosseini, 1994). عدس (*Lens culinaris Medic.*) یکی از قدیمی‌ترین منابع غذایی بشر است که به دلیل سهولت هضم و محتوای پروتئین بالا، در بین حبوبات دارای اهمیت خاصی است (Asgharian, 1998). عدس به عنوان یکی از بقولات دانه‌ای مهم، در بسیاری از نقاط جهان کاشت می‌شود. این گیاه نقش مهمی در بهبود سلامت انسان، حیوانات و خاک دارد

حبوبات پس از غلات به عنوان دومین منبع غذایی انسان، عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی محسوب می‌شوند. حبوبات گیاهانی از خانواده نخود (لگومینوز) هستند که دارای ۱۶۰۰۰ تا ۱۹۰۰۰ گونه و تقریباً ۷۵۰ جنس هستند. بذور رسیده و خشک بقولات دارای ارزش غذایی زیاد و قابلیت

*نویسنده مسئول: persa@um.ac.ir

پرایمینگ به دست آمد که نسبت به زمان ۱۲ ساعت پرایمینگ به ترتیب افزایش ۲۰ و ۲۵/۲ درصدی را برای این خصوصیات نشان می‌دهد و بیشترین طول ریشه‌چه از پلی‌اتیلن گلایکول پنج درصد در مدت زمان چهار ساعت پرایمینگ به دست آمد (Ramezani & Rezaei Sokht-Abandani, 2013).

با توجه به این که عدس معمولاً به صورت دیم کشت می‌گردد و در شرایط دیم غالباً امکان فراهم شدن رطوبت کافی در مراحل ابتدای رشد و جوانه‌زنی برای استقرار گیاهچه دارای مشکلاتی است، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ و مدت پرایمینگ بر وضعیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه و انتخاب مناسب‌ترین تیمار و مدت پرایمینگ بذور دو ژنوتیپ عدس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های محیطی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل دو ژنوتیپ عدس (رباط و کالپوش)، پرایمینگ در شش سطح [عدم پرایمینگ (شاهد)، اسید جیبرلیک ($C_{19}H_{22}O_6$) با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر (Azarnia et al., 2015)، محلول آب‌نوش بذر دایان چهارمیلی لیتر در یک لیتر آب (شرکت خوشه پروران زیست‌فناور)، نیترات پتاسیم (KNO_3) با غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر (Eskandari & Alizade Amaraei, 2014)، سولفات روی ($ZnSO_4$) با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر (Abutalebian & Mohagheghi, 2015) و هیدروپرایمینگ (Golazani et al., 2008)] و مدت پرایمینگ (۷ و ۱۶ ساعت) بودند. جهت اجرای آزمایش و اعمال تیمارها، تعداد ۱۰۰ عدد بذر به صورت تصادفی برای هر تیمار انتخاب و بذور در دمای 20 ± 1 درجه سانتی‌گراد (Ghasem Golazani & Dalil, 2011) در داخل دستگاه ژرمیناتور مدل گروک و در شرایط تاریکی قرار داده شدند. پس از پایان دوره های پرایمینگ (۷ و ۱۶ ساعت) بذور از محلول‌ها خارج و سپس تا خشک شدن کامل در محیط آزمایشگاه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. در ادامه ابتدا بذور با محلول هیپوکلریت سدیم ($NaClO$) یک درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی شدند و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. پتری‌ها نیز با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد ضدعفونی شدند. در مرحله بعد تعداد ۲۵ عدد بذر از تیمارهای پرایم‌شده در پتری های شیشه‌ای با قطر ۱۲ سانتی‌متر بین دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار داده شدند و به هر پتری به میزان لازم آب مقطر

(Grusak, 2009). عدس یکی از حبوبات اصلی در کشورهای در حال توسعه است که می‌تواند به همراه غلات به عنوان مکمل غذایی به ویژه در الگوی غذایی اقشار کم درآمد گنجانده شود (FAO, 2013). جوانه‌زنی بذر معمولاً بحرانی‌ترین عامل تعیین کننده موفقیت یا شکست استقرار گیاه است (Kader & Jutzi, 2004).

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که می‌توان با استفاده از تیمارهای افزایش دهنده قدرت بذر به جوانه‌زنی سریع، ظهور یکنواخت و استقرار قوی گیاه دست یافت (Farooq et al., 2005; Ashraf & Foolad, 2006). از جمله مهم‌ترین تیمارهای افزایش دهنده قدرت جوانه‌زنی بذور می‌توان به پرایمینگ اشاره نمود. پرایمینگ به تعدادی از روش‌های مختلف بهبود دهنده بذور اطلاق می‌شود که در تمامی آن‌ها آب دهی کنترل شده بذر اعمال می‌شود. در پرایمینگ اجازه داده می‌شود که بذرها مقداری آب جذب کنند، به طوری که مراحل اولیه جوانه‌زنی انجام شود، اما ریشه‌چه خارج نشود. به عبارت دیگر، بذرها تا مرحله دوم جذب آب پیش می‌روند، اما وارد مرحله سوم (خروج ریشه‌چه) نمی‌شوند. بعد از پرایمینگ تیمارها، بذرها خشک و همانند بذرهای تیمار نشده ذخیره و کشت می‌شوند (McDonald, 1999). به طور کلی بذرهای پرایم شده نسبت به پرایم نشده جوانه‌زنی سریع‌تر و یکنواخت‌تری دارند (Soughir et al., 2013). هیدروپرایمینگ ساده‌ترین روش برای افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی و یکنواختی استقرار تحت شرایط تنش به ویژه مناطق خشک می‌باشد (Berchie et al., 2010). گزارش شده است که پرایمینگ با نیترات پتاسیم باعث افزایش وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت گیاهچه‌های عدس شده است (Pakbaz et al., 2014). در تحقیقی که روی بذر هیبرید آفتابگردان (*Helianthus annuus*) صورت گرفت، نتایج حاکی از آن بود که تهییج با محلول نمک نیترات پتاسیم برای ۱۲ ساعت، بر روی استقرار گیاهچه، عملکرد و مقدار بذر هیبرید آفتابگردان به طور معنی‌داری تأثیر گذاشت و زمان جوانه‌زنی را ۵۰ درصد کاهش داد (Mubshar et al., 2006). در آزمایشی که روی پرایمینگ بذور ذرت (*Zea mays*) صورت گرفت، مشاهده شد که پرایمینگ بذور باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی گردید، در حالی که پلی‌اتیلن گلایکول باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی شد. به علاوه، هیدروپرایمینگ بذور به مدت ۳۶ ساعت باعث افزایش جوانه‌زنی نهایی، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه گردید (Moradi Dezfali et al., 2008). بیشترین سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه از پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلایکول پنج درصد در مدت زمان هشت ساعت

اضافه شد و جهت جوانه‌زنی به دستگاه ژرمیناتور با تنظیم دمای 20 ± 1 درجه سانتی‌گراد و محیط تاریک منتقل شدند. ظهور ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر به عنوان شروع جوانه‌زنی بذر در نظر گرفته شد (AOSA, 2000) و شمارش بذره‌های جوانه‌زده به صورت روزانه صورت گرفت و در پایان روز چهاردهم پس از شمارش تعداد بذره‌های جوانه‌زده، ریشه‌چه و ساقه‌چه از محل اتصال به بذور قطع و شاخص‌هایی مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه اندازه‌گیری شدند. لازم به ذکر است که توزین نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت 0.001 انجام گرفت. همچنین جهت اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه از معادله‌های ۱ تا ۴ استفاده شد.

$$\text{معادله (۱)} \quad GP = \sum n/N \times 100$$

در این معادله، GP درصد جوانه‌زنی، n تعداد کل بذره‌های جوانه‌زده و N تعداد کل بذور می‌باشد (Agraval, 1997).

$$\text{معادله (۲)} \quad GS = \sum n/D$$

در این معادله GS سرعت جوانه‌زنی، n تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر بار شمارش، و D تعداد روز پس از آغاز آزمایش است.

معادله (۳)

قوه نامیه (٪) = وزن خشک گیاهچه (گرم) / بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه (بنیه بذر) (Abdul-Baki & Anderson., 1973)

معادله (۴)

قوه نامیه (٪) = طول گیاهچه (سانتی‌متر) / بنیه بذر بر مبنای طول گیاهچه (بنیه بذر)

داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.4 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد کل بذور جوانه زده، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر ژنوتیپ، پرایمینگ و اثر متقابل ژنوتیپ در زمان در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۱)، به طوری که در تمامی این سه خصوصیت ژنوتیپ رباط، و تیمار عدم پرایمینگ (شاهد) که با پرایمینگ سولفات روی اختلاف معنی‌داری نداشت، بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ۲ و ۳). ژنوتیپ رباط با ۱۶ ساعت پرایمینگ بیشترین تعداد کل بذور جوانه‌زده، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را دارا بود، ولی با ژنوتیپ رباط با هفت ساعت پرایمینگ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ژنوتیپ، پرایمینگ و مدت پرایمینگ بر صفات مورد مطالعه بذر عدس

Table 1. Analysis of variance (mean square) of effect of genotype, priming and priming duration on studied traits of lentil seed

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد کل بذور جوانه‌زده TNOSG	درصد جوانه‌زنی GP%	سرعت جوانه‌زنی GR	طول ریشه‌چه RL	طول ساقه‌چه SL	طول گیاهچه SEEL
ژنوتیپ Genotype	1	645**	10333**	3.29**	4.48*	5.67**	20.2**
پرایمینگ Priming	5	15.1**	242**	0.07**	2.53**	2.16*	7.71**
زمان Time	1	12.7	204	0.06	1.58	19.1**	31.6**
ژنوتیپ×پرایمینگ Genotype×Priming	5	2.01	32.3	0.01	0.64	1.21	1.50
ژنوتیپ×زمان Time×Genotype	1	27**	433**	0.13**	0.26	0.15	0.82
پرایمینگ×زمان Time×Priming	5	4.73	75.7	0.02	1.10	0.61	2.98
ژنوتیپ×پرایمینگ×زمان Time×Priming×Genotype	5	6.16	98.7	0.03	1.38	0.46	2.65
خطا Error	72	3.64	58.38	0.01	0.73	0.68	2.13
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		9.10	9.10	9.12	16.37	22.62	16.44

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

TNOSG: تعداد کل بذور جوانه‌زده؛ GP: درصد جوانه‌زنی؛ GR: سرعت جوانه‌زنی؛ RL: طول ریشه‌چه؛ SL: طول ساقه‌چه؛ SEEL: طول گیاهچه

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

df: degree freedom; TNOSG: Total number of seeds germinated; GP: Germination percentage; GR: Germination rate; RL: Root length; SL: Shoot length; SEEL: Seedling length

نداشت؛ اما با مدت زمان هشت ساعت تفاوت معنی‌داری داشت (Ghassemi-Golezani et al., 2008). پرایمینگ بذور ۶۴۰ نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی تحت پرایمینگ با آب خالص و بعد پلی‌اتیلن گلیکول با غلظت‌های ۱۰ و ۵ درصد و نیترات پتاسیم با غلظت یک درصد حاصل شد (Rezaei et al., 2010). با توجه به این که ژنوتیپ رباط درصد و سرعت جوانه‌زنی و بنیه و همچنین تعداد کل بذور جوانه‌زده بیشتری نسبت به ژنوتیپ کالپوش داشت، مشخص می‌شود که این ژنوتیپ از قدرت بیشتری نسبت به ژنوتیپ کالپوش برخوردار بوده و با توجه به این که سرعت جوانه‌زنی بیشتری دارد، بذور این ژنوتیپ می‌توانند از منابع و زمان، بهتر استفاده کنند و فعالیت‌های متابولیکی را به سرعت آغاز کرده و آن‌ها را افزایش دهند و در نهایت، سایر خصوصیات رشدی از جمله طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بیشتری تولید کند.

نتایج مطالعه روی گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) نشان داد که پرایمینگ، بر سرعت جوانه‌زنی این گیاه اثر منفی دارد (Nazarian et al., 2014). در مقابل مطالعه پرایمینگ تغذیه‌ای بذور سویا (*Glycine max*) با سولفات روی، سولفات منگنز و اسید بوریک، بهبود شاخص‌های سبز شدن و افزایش ریزمغذی‌ها در بذور مشاهده گردید (Imran et al., 2008). بیان شده است که پرایمینگ بذور عدس با سولفات روی باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی این بذور نسبت به بذورهای شاهد شده است (Aliloo, 2014). افزایش مدت پرایمینگ از ۱۲ ساعت به ۲۴ ساعت در باریجه (*Ferula gummosa*) اثر معنی‌داری روی درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت (Ahmadi et al., 2015). مطالعه هیدروپرایمینگ نخود (*Cicer arietinum*) به مدت ۲۴ ساعت موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی گردید، ولی اختلاف معنی‌داری با زمان ۱۶ ساعت

جدول ۲- اثر پرایمینگ و مدت پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور دو ژنوتیپ عدس

Table 2. The effect of priming and priming duration on seed germination indexes of two lentil genotype

تیمارها	تعداد کل بذور جوانه‌زده	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه
Treatments	TNOSG	GP (%)	GR	RL(cm)	SL(cm)	SEEL(cm)
رباط Robat	23.5a*	94.3a	1.68a	5.43a	3.90a	9.34a
کالپوش Calposh	18.3b	73.5b	1.31b	5.00b	3.42b	8.42b
7 Hours	21.35a	85.41a	1.52a	5.34a	4.11a	9.46a
16 Hours	20.62a	82.50a	1.47a	5.09a	3.22b	8.31b

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

TNOSG: تعداد کل بذور جوانه‌زده؛ GP: درصد جوانه‌زنی؛ GR: سرعت جوانه‌زنی؛ RL: طول ریشه‌چه؛ SL: طول ساقه‌چه؛ SEEL: طول گیاهچه

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($p \leq 0.05$).

TNOSG: Total number of seeds germinated; GP: Germination percentage; GR: Germination rate; RL: Root length; SL: Shoot length, SEEL: Seedling length

(Nabavi Kalat, 2013). بیشترین طول گیاهچه در تیمار پرایمینگ شاهد (عدم پرایمینگ) مشاهده شد که با پرایمینگ سولفات روی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

بررسی تیمارهای مختلف پرایمینک در برنج (*Oryza sativa*) نشان داد که مدت زمان پنج ساعت پرایمینگ باعث افزایش طول ساقه‌چه شد و بیشترین طول ریشه‌چه از تیمار پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلیکول در غلظت پنج درصد به دست آمد (Ramezani & Sokht Abandani, 2011). مطالعه اسپرس (*Onobrychis sativa* L.) حاکی از افزایش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه در تیمار پرایمینگ به مدت شش ساعت بود (Ramezani & Sokht Abandani, 2013).

بررسی وزن خشک ریشه‌چه نشان داد که این ویژگی تنها تحت تأثیر ژنوتیپ و مدت پرایمینگ در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۵)، به طوری که ژنوتیپ کالپوش و مدت پرایمینگ هفت ساعت بیشترین وزن ریشه را تولید کردند (جدول ۶).

نتایج نشان داد که طول ریشه‌چه تحت تأثیر ژنوتیپ و پرایمینگ قرار گرفت (جدول ۱). بهترین ژنوتیپ برای این خصوصیت ژنوتیپ رباط و مناسب‌ترین تیمار پرایمینگ، شاهد (عدم پرایمینگ) بود که با تیمار پرایمینگ سولفات روی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲ و ۳). طول ساقه‌چه و گیاهچه تحت تأثیر ژنوتیپ، پرایمینگ و مدت پرایمینگ در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد قرار گرفتند (جدول ۱)، به طوری که برای هر دو خصوصیت بهترین ژنوتیپ، ژنوتیپ رباط و مناسب‌ترین زمان، هفت ساعت پرایمینگ بود (جدول ۲) و برای طول ساقه‌چه بهترین تیمار، عدم پرایمینگ (شاهد) بود که در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با پرایمینگ‌های اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم و سولفات روی نداشت (جدول ۳). مطالعه خصوصیات جوانه‌زنی بذور عدس تحت تنش شوری صورت نشان داد که بیشترین طول ساقه‌چه (یک سانتی‌متر) از ژنوتیپ رباط حاصل شده است که افزایش ۴۰ درصدی را نسبت به رقم کیمیا نشان می‌دهد (Aghah &

جدول ۳- اثر پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر دو ژنوتیپ عدس
Table 3. The effect of priming on germination indexes of two lentil genotype

ترکیبات Compounds	تعداد کل بذور جوانه‌زده TNOSG	درصد جوانه‌زنی GP (%)	سرعت جوانه‌زنی GR	طول ریشه‌چه RL (cm)	طول ساقه‌چه SL (cm)	طول گیاهچه SEEL (cm)
Gibberellic acid اسید جیبرلیک	19.81 ^{c*}	79.25 ^c	1.41 ^c	4.85 ^c	3.89 ^{ab}	8.74 ^b
Dayan seed solution محلول بذر دایان	20.50 ^c	82.00 ^c	1.46 ^c	4.92 ^{bc}	3.18 ^c	8.11 ^c
Zinc sulfate سولفات روی	21.87 ^{ab}	87.50 ^{ab}	1.56 ^{ab}	5.47 ^{ab}	3.96 ^a	9.44 ^{ab}
Potassium nitrate نیترات پتاسیم	20.56 ^{bc}	82.25 ^{bc}	1.48 ^{bc}	4.99 ^{bc}	3.51 ^{a-c}	8.50 ^{bc}
Hydroperimizing هیدروپرایمینگ	20.75 ^{bc}	83.00 ^{bc}	1.48 ^{bc}	5.17 ^{bc}	3.34 ^{bc}	8.52 ^{bc}
control شاهد	22.43 ^a	89.75 ^a	1.60 ^a	5.89 ^a	4.09 ^a	9.98 ^a

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

TNOSG: تعداد کل بذور جوانه‌زده؛ GP: درصد جوانه‌زنی؛ GR: سرعت جوانه‌زنی؛ RL: طول ریشه‌چه؛ SL: طول ساقه‌چه؛ SEEL: طول گیاهچه

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($p \leq 0.05$).

TNOSG: Total number of seeds germinated; GP: Germination percentage; GR: Germination rate; RL: Root length; SL: Shoot length, SEEL: Seedling length

جدول ۴- اثر ژنوتیپ و پرایمینگ بر تعداد بذور جوانه‌زده، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر دو ژنوتیپ عدس

Table 4. The effect of genotype and priming on the number of germinated seeds, percentage and rate of germination of two lentil genotypes

تیمارها Treatments	تعداد بذور جوانه‌زده Number of seeds germinated	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
Genotype Rabat 7 hours priming ژنوتیپ رباط ۷ ساعت پرایمینگ	23.41 ^{a*}	93.66 ^a	1.67 ^a
Genotype Rabat 16 hours priming ژنوتیپ رباط ۱۶ ساعت پرایمینگ	23.75 ^a	95.00 ^a	1.69 ^a
Genotype Calposh 7 hours priming ژنوتیپ کالپوش ۷ ساعت پرایمینگ	19.29 ^b	77.16 ^b	1.37 ^b
Genotype Calposh 16 hours priming ژنوتیپ کالپوش ۱۶ ساعت پرایمینگ	17.50 ^c	70.00 ^c	1.24 ^c

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($p \leq 0.05$).

گیاه و در نتیجه سرعت جذب آب بالاتر آن باشد و زمان بیشتر باعث آسیب به بذر خواهد شد. مطالعه درصد جوانه‌زنی بذور گندم نشان داد که مدت کم پرایمینگ تأثیر بهتری بر این ویژگی دارد، اما افزایش طول دوره پرایمینگ تا ۱۲ ساعت باعث کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی شد (Giri & Schillinger, 2003). پرایمینگ بذر برنج نشان داد که بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به ترتیب برای تیمارهای با زمان شش ساعت (۱۰۰ درصد) و زمان ۱۸ ساعت (۹۲ درصد) حاصل شد (Rezaei & Ramezani, 2011). همچنین بررسی‌ها نشان داد که بهترین مدت برای هیدروپرایمینگ بذور تاج خروس (*Amaranthus cruentus* L.) دوساعت بود که باعث کاهش مدت لازم تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و سبز شدن و افزایش درصد جوانه‌زنی شده است (Musa et al., 2014). مطالعه سه رقم فلفل (*Capsicum annuum* L.) نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی برای رقم Beldi با پرایمینگ پتاسیم کلرید در غلظت ۱۰ میلی‌مولار و مدت ۳۶ ساعت، برای رقم Baklouti با پرایمینگ کلسیم کلرید با غلظت ۱۰ میلی‌مولار و مدت ۳۶ ساعت و برای رقم Anaheim Chili با پرایمینگ سدیم کلرید با غلظت ۵۰ میلی‌مولار و مدت ۲۴ ساعت حاصل شد (Aloui et al., 2014).

وزن خشک ساقه‌چه تنها تحت تأثیر مدت پرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد قرار گرفت (جدول ۵) و بیشترین وزن ساقه‌چه در تیمار هفت‌ساعت پرایمینگ تولید شد (جدول ۶). وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر ژنوتیپ و پرایمینگ در سطح احتمال یک‌درصد قرار گرفت (جدول ۵). بهترین ژنوتیپ برای این خصوصیت ژنوتیپ کالپوش و بهینه‌ترین زمان، هفت‌ساعت پرایمینگ بود (جدول ۶). بیشترین وزن خشک گیاهچه عدس تحت تنش شوری از هیدروپرایمینگ این بذور و تحت تنش خشکی از پرایمینگ با نیترات پتاسیم به دست آمده است که نسبت به هیدروپرایمینگ این بذور افزایش ۵/۶ درصد را تحت تنش خشکی نشان می‌دهد (Eskandari & Alizadeh-Amraie, 2014).

گزارش شده است که هیدروپرایمینگ به مدت ۱۲ ساعت باعث افزایش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) شد (Shafiei Abnavi & Ghobadi, 2012). پرایمینگ با سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه باریجه شد (Ahmadi et al., 2015). تأثیر مدت پرایمینگ بر جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که احتمالاً برای بذور عدس مدت کمتر پرایمینگ (هفت‌ساعت) مناسب باشد. دلیل این امر ممکن است پروتئینی بودن بذر این

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ژنوتیپ، پرایمینگ و مدت پرایمینگ بر صفات گیاهچه عدس

Table 5. Analysis of variance (mean square) of effect of genotype, priming and priming duration on studied traits of lentil seedlings

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه	بنیه بذر ۱	بنیه بذر ۲
S.O.V	df	RDW	SDW	SEEDW	SV1	SV2
ژنوتیپ Genotype	1	7.32**	1.01	13.76**	168421**	1579014**
پرایمینگ Priming	5	0.64	0.89	2.23	59246**	136366**
زمان Time	1	27.2**	9.99**	70.09**	666500**	350175**
ژنوتیپ × پرایمینگ Priming × Genotype	5	1.07	0.78	2.86	22338	13822
ژنوتیپ × زمان Time × Genotype	1	0.02	0.95	1.27	32156	43861
پرایمینگ × زمان Time × Priming	5	0.94	0.34	1.87	23422	48476*
ژنوتیپ × پرایمینگ × زمان Time × Priming × Genotype	5	0.32	0.36	1.01	11957	36095
خطا Error	72	0.72	0.38	1.71	11522	15796
ضرب تغییرات (درصد) CV(%)		20.07	20.48	18.05	17.69	16.70

*: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد

RDW: وزن خشک ریشه‌چه؛ SDW: وزن خشک ساقه‌چه؛ SEEDW: وزن خشک گیاهچه؛ SV1: بنیه بذر ۱ (بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه)؛ SV2: بنیه بذر ۲ (بنیه بذر بر مبنای طول گیاهچه)

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

RDW: Root dry weight; SDW: Shoot dry weight; SEEDW: Seedling dry weight; SV1: Seed vigor1 (Seed vigor based on seedling dry weight); SV2: Seed vigor2 (seed vigor based on seedling seed length)

جدول ۶- تأثیر پرایمینگ و مدت آن بر وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و بنیه بذر ۱ و ۲ دو ژنوتیپ عدس

Table 6. The effect of priming and priming duration on root, stem and seedling dry weight and seed vigor 1 and 2 of two lentil genotype

تیمارها	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه	بنیه بذر ۱	بنیه بذر ۲
Treatments	RDW (mg)	SDW (mg)	SEEDW (mg)	SV1	SV2
رباط Robat	3.95 ^b	2.92 ^a	6.88 ^b	648 ^a	880 ^a
کالپوش Calposh	4.51 ^a	3.12 ^a	7.63 ^a	564 ^b	624 ^b
7 Hours	4.76 ^a	3.34 ^a	8.11 ^a	689 ^a	812 ^a
16 Hours	3.70 ^b	2.70 ^b	6.40 ^b	523 ^b	691 ^b

*: میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صف، در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

RDW: وزن خشک ریشه‌چه؛ SDW: وزن خشک ساقه‌چه؛ SEEDW: وزن خشک گیاهچه؛ SV1: بنیه بذر ۱ (بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه)؛ SV2: بنیه بذر ۲ (بنیه بذر بر مبنای طول گیاهچه)

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($p \leq 0.05$).

RDW: Root dry weight; SDW: Shoot dry weight; SEEDW: Seedling dry weight; SV1: Seed vigor1 (Seed vigor based on seedling dry weight); SV2: Seed vigor2 (Seed vigor based on seedling length)

و طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه حاصل می‌شوند و ژنوتیپ رباط، هم درصد جوانه‌زنی و هم وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه‌ی بیشتری داشت، لذا در این دو شاخص نیز برتری خود را حفظ کرد. مطالعات نشان داده است که بیشترین بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه بذرهای اسپرس، در پرایمینگ با محلول پلی‌اتیلن‌گلیکول و کلرید پتاسیم با غلظت پنج‌درصد به‌دست آمده است (Ramezani & Sokht Abandani, 2013). در بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر بذرهای اسپرس و یونجه (*Medicago sativa*) گزارش شده است که بیشترین شاخص بنیه بذر با تیمار بدون پرایمینگ در یونجه و کمترین شاخص بنیه بذر برای تیمار کلرید کلسیم با غلظت سه‌درصد برای گیاه اسپرس حاصل شده است (Farhangian & Jafary, 2009). گزارش شده است که قدرت بذور عدس تحت پرایمینگ با اسید جیبرلیک باعث افزایش ۵۶/۹ درصدی این خصوصیت نسبت به بذرهای شاهد شده است (Azarnia et al., 2015).

شاخص‌های بنیه بذر در مقایسه با وزن یا طول گیاهچه به دلیل این‌که اطلاعات جامع‌تری در ارتباط با وضعیت بذر در اختیار قرار می‌دهند، دارای ارزش بیشتری در مطالعه جوانه‌زنی هستند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بنیه بذر بر مبنای وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر ژنوتیپ، پرایمینگ و مدت آن در سطح احتمال یک‌درصد قرار گرفت و بنیه بذر بر مبنای طول گیاهچه تحت تأثیر ژنوتیپ، پرایمینگ، مدت پرایمینگ و برهمکنش پرایمینگ در مدت آن و در سطح احتمال پنج‌درصد قرار گرفت (جدول ۵). ژنوتیپ رباط و مدت هفت‌ساعت بیشترین بنیه بذر ۱ و ۲ را داشتند و تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) نیز از این نظر برترین بود، اگرچه با پرایمینگ سولفات روی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶ و ۷).

برهمکنش پرایمینگ در مدت آن تأثیر معنی‌داری بر شاخص بنیه بذر بر مبنای گیاهچه داشت و تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) و مدت هفت‌ساعت برتری نشان داد (شکل ۱). با توجه به این‌که این دو شاخص از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی

جدول ۷- اثر پرایمینگ بر وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و بنیه بذرا و ۲ دو ژنوتیپ عدس

Table 7. The effect of priming on root, shoot, and seedling dry weight and seed vigor1 and 2 of two lentil genotype

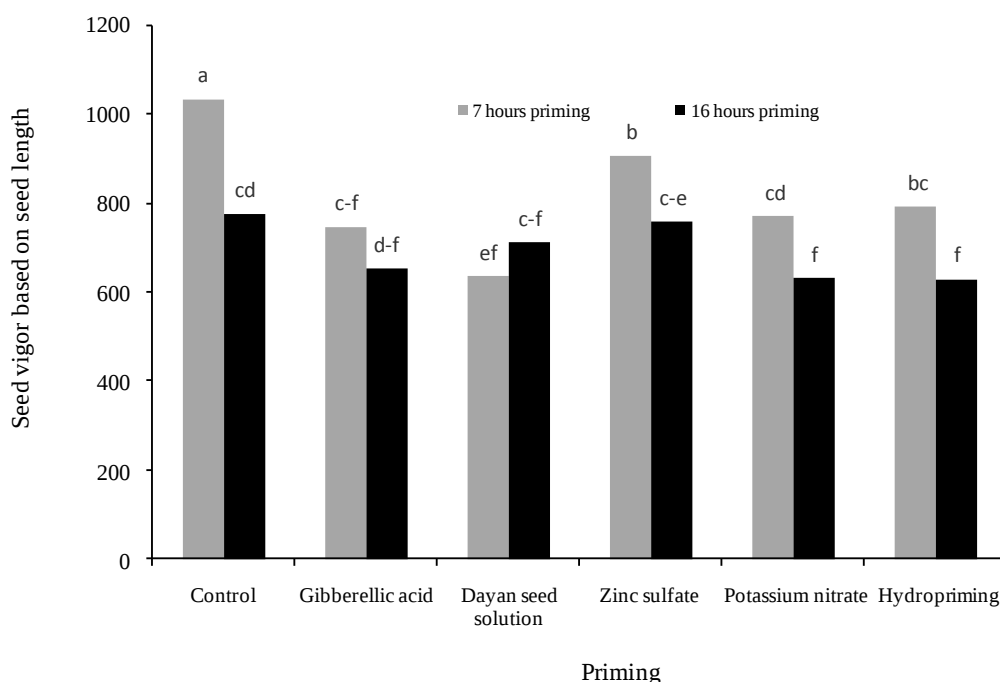
ترکیبات Compounds	وزن خشک ریشه‌چه RDW (mg)	وزن خشک ساقه‌چه SDW (mg)	وزن خشک گیاهچه SEEDW (mg)	بنیه بذرا ۱ SV1	بنیه بذرا ۲ SV2
Gibberellic acid جیبرلیک اسید	4.16 ^{a*}	2.59 ^a	6.76 ^a	530 ^c	699 ^b
Dayan seed solution محلول بذرا دایان	3.95 ^a	3.04 ^a	6.99 ^a	571 ^c	672 ^b
Zinc sulfate سولفات روی	4.44 ^a	3.09 ^a	7.53 ^a	655 ^{ab}	830 ^a
Potassium nitrate نیترات پتاسیم	4.08 ^a	3.03 ^a	7.12 ^a	580 ^{bc}	699 ^b
Hydropriming هیدروپرایمینگ	4.30 ^a	3.05 ^a	7.36 ^a	602 ^{bc}	709 ^b
control شاهد	4.45 ^a	3.32 ^a	7.78 ^a	698 ^a	903 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

RDW: وزن خشک ریشه‌چه؛ SDW: وزن خشک ساقه‌چه؛ SEEDW: وزن خشک گیاهچه؛ SV1: بنیه بذرا ۱ (بنیه بذرا بر مبنای وزن خشک گیاهچه)؛ SV2: بنیه بذرا ۲ (بنیه بذرا بر مبنای طول گیاهچه)

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($p \leq 0.05$).

RDW: Root dry matter; SDW: Shoot dry matter; SEEDW: Seedling dry weight; SV1: Seed vigor1 (Seed vigor based on seedling dry weight); SV2: Seed vigor2 (Seed vigor based on seedling seed length)



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف پرایمینگ و مدت آن بر بنیه بذرا (بر مبنای طول گیاهچه) در گیاهچه عدس

Fig. 1. Effect of different levels of priming and it's duration on seed vigor1 (based on seed length) in lentil seedlings

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ رباط از نظر بنیه بذرا و سایر خصوصیات جوانه‌زنی نسبت به ژنوتیپ کالپوش برتری دارد که می‌توان برای کشت از این ژنوتیپ بهره برد. پرایمینگ با سولفات روی بعد از تیمار شاهد دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و بنیه بذرا بر مبنای طول

گیاهچه بود. به‌طور کلی بر اساس نتایج این مطالعه، بذرا این دو ژنوتیپ عدس واکنش مثبت قابل‌توجهی از نظر ویژگی‌های جوانه‌زنی به پرایمینگ با اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم، سولفات روی، محلول آبنوش بذرا دایان و هیدروپرایمینگ نشان نمی‌دهند. به‌نظر می‌رسد مطالعات تکمیلی در رابطه با سایر ترکیبات برای بهبود جوانه‌زنی ضروری باشد.

منابع

1. Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Science* 13: 630-633.
2. Abu Taliban, M.A., and Mohagheghi, A. 2015. Effect of different seed priming treatments on yield and yield components of lentil under drought stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing* 5(15): 129-140.
3. Aghah, F., and Nabavi Kalat, M. 2013. Study of seed priming in improvement of lentil seed germination indices under salinity stress. *Journal of Science and Technology of Seeds* 3(2): 53-61. (In Persian).
4. Agrawal, R.L. 1997. *Seed Technology*. Oxford and IBH Publishing Co, PUT.LTD, New Delhi. p. 552.
5. Ahmadi, K., Parsa, S., Mahmoudi, S., and Ghazanchian, Gh. 2015. Effect of nutritional priming on germination and seedling growth of *Ferula gummosa* Boiss. *Journal of Seed Ecophysiology* 1(2): 137-151. (In Persian with English Summary).
6. Aliloo, A.A. 2014. Effects of priming with micronutrients on seed reserve mobilization of lentil at different temperatures. *Agroecology Journal* 10(3): 85-94. (In Persian with English Summary).
7. Aloui, H., Souguir, M., and Cherif, H. 2014. Determination of an optimal priming duration and concentration protocol for pepper seeds (*Capsicum annuum* L.). *Acta Agriculture Slovenica* 103(2): 213-221.
8. Asgarian, M. 1998. *Morphology, Agronomy of Lentil*. Seed and Plant Improvement Institute of Karaj. Legumes Part. Karaj. (In Persian).
9. Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy* 88: 223-271.
10. Association of Official Seed Analysts (AOSA). 2000. *Rules for Testing Seeds*.
11. Azarnia, M., Biabany, A., Esvand, H. R., and Gholam Ali Pour Alamdari, A. 2015. Study of the effect of mycorrhizal inoculation and seed priming on some root and aerial parts of lentil. *Journal of Plant Production Research* 22(3): 53-27. (In Persian).
12. Berchie, J.N., Adu-Dapaah, H., and Sarkodie-Addo, J. 2010. Effect of seed priming on seedling emergence and establishment of four bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.) landraces. *Journal of Agronomy* 9(4): 180-183.
13. Eskandari, H., and Alizadeh-amraie, A. 2014. Improvement of lentil germination performance under salt and drought conditions using seed priming treatments. *Seed Science and Technology* 1(42): 87-91.
14. FAO. 2013. *FAO Year Book*. FAO Publication. (<http://www.Faostat.Fao.org.site>).
15. Farhangian Kashani, S., and Jafari, A. 2009. Study of salinity effects on germination characteristics in sainfoin and alfalfa species. *Pasture Magazine* 1(3): 491-507. (In Persian with English Summary).
16. Farooq, M., Basra, S.M.A., Warraich, E.A., and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. *Seed Science and Technology* 34: 529-534.
17. Ghassemi-Golezani, K., Aliloo, A.A., Valizadeh, M., and Moghaddam, M. 2008. Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris* Medik). *Journal of Food, Agriculture and Environment* 6(2): 222-226.
18. Ghassemi-Golezani, K., Sheikhzade-Mosaddegh, P., and Valizadeh, M. 2008. Effect of hydropriming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. *Research Journal of Seed Science* 1(1): 34-40.
19. Giri, G.S., and Schillinger, W.F. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield. *Crop Science* 43: 2135-2141.
20. Golazani, G.H., and Dalil, B. 2011. *Germination and Seed Vigor Tests*. Publications University of Mashhad. 104 p. (In Persian).
21. Grusak, M.A. 2009. Nutritional and health-beneficial quality. In: W. Erskine, F.J. Muehlbauer, A. Sarker & B. Sharma (Eds). *The Lentil: Botany, Production and Uses*. Wallingford: CABI, 368-390.
22. <https://www.khpggroup.com>
23. Imran, M., Neuman, G., and Rombeld, V. 2008. Nutrient seed priming improves germination rate and seedling growth under submergence stress at low temperature. *Competition for Resources in a Changing World: New Drive for Rural Development*. University of Hohenheim.
24. Kader, M.A., and Jutzi, S.C. 2004. Effect of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19°C. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: 35-38.
25. Majnoon Hosseini, N. 1994. *Legumes in Iran*. Tehran University Jahad. p. 284. (In Persian).

26. McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology* 27: 177-237.
27. Moradi Dezfali, P., Sharif-Zadeh, F., and Janmohammadi, M. 2008. Influence of priming techniques on seed germination behavior of Maize inbred lines (*Zea mays* L.). *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science* 3(3): 233-271.
28. Mubshar, H., Farooq, M., Shahzad, M., Barsa, A., and Ahmad, N. 2006. Influence of seed priming techniques on the seedling establishment, yield and quality of hybrid sunflower. *International Journal of Agricultural and Biology* 8: 14-18.
29. Musa, M., Singh, A., and Lawal, A.A. 2014. Influence of priming duration on the performance of *Amaranthus* (*Amaranthus cruentus* L.) in Sokoto Semiarid zone of Nigeria. *International Journal of Agronomy* p. 1-4.
30. Nazarian, S., Bakhtiari, S., and Majidzadeh Heravi, R. 2014. Investigating the effect of seed priming under salinity stress on germination and vegetative growth of fennel seedlings (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Seed Research* 4(4): 27-37. (In Persian).
31. Pakbaz, N., Barary, M., Ashraf Mehrabi, A., and Hatami, A. 2014. Effect of seed priming on growth and yield of lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes under rainfed and supplemental irrigation conditions. *International Journal of Biosciences* 5(9): 131-139.
32. Ramezani, M., and Rezaei Sokht Abandani, R. 2013. The effect of priming and its time on quality properties of seed germination with seedling and seedling saints (*Eski*) under laboratory conditions. *Agricultural Crops Management* 15(2): 1-15. (In Persian with English Summary).
33. Ramezani, M., and Rezaei Sokht Abandani, R. 2011. Effect of seed treatment and its duration on germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa*) by Tarom Dilmari. *Journal of Life Sciences of Lahijan Unit* 5(4): 97-107. (In Persian with English Summary).
34. Ramezani, M., and Rezaei Sokht-Abandani, R. 2013. Effects of osmopriming on lentil seed germination components in arid areas. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences* 3(17): 2002-2006.
35. Rezaei Sokht Abandani, R., and Ramezani, M. 2011. Effect of time and concentration of priming solutions on germination traits of rice seed (*Oryza sativa* L.) Neda cultivar. *Abstract Collection of Articles; second seminar on Science and Technology of Seed of Mashhad Azad University*. p. 18. (In Persian).
36. Rezaei Sokht Abandani, R., Mohseni, A., and Ramezani, M. 2010. Effect of priming on seed germination traits of maize 604. *Journal of New Agricultural Findings* 1(4): 49-61. (In Persian with English Summary).
37. Shafiei Abnavi, M., and Ghobadi, M. 2012. The effects of source of priming and post-priming storage duration on seed germination and seedling growth characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science* 9(4): 256-268.
38. Sougheir, M., Elouaer, M.A., and Hannachi, C. 2013. The effect of NaCl priming on emergence, growth and yield of fenugreek under saline conditions. *Cercetari Agronomice in Moldova* 46(2): 73-83.

Evaluation the effect of priming and its duration on germination characteristics of two lentil genotypes (*Lens culinaris* Medic.) under laboratory conditions

Azari¹, S.J., Parsa^{2*}, M., Nezami³, A., Tavakol Afshari⁴, V. & Nabati⁵, J.

1. MSc. Student of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad; sjamnt@gmail.com
2. Contribution from Department Agrotechnology, Faculty of Agriculture, & Legumes Department, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
3. Contribution from Department Agrotechnology, Faculty of Agriculture, & Legumes Department, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; nezami@um.ac.ir
4. Contribution from Department Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; tavakolafshari@um.ac.ir
5. Contribution from Legumes Department, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; nabati@um.ac.ir

Received: 9 September 2018
Accepted: 19 November 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.72920

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medic.) as one of the oldest sources of human nutrition is of particular importance among beans due to the ease of digestion and high protein content. Priming method refers to a number of different seed characteristics improvements. In these methods, seeds are allowed to absorb some water so that the early stages of germination are performed, but the root can not grow. Due to the fact that lentil is usually cultivated in rain-fed areas and under dry conditions, it is often possible to provide sufficient moisture in the early stages of growth and germination for planting, in the early stage of growth and germination. Research results indicate that seed germination can be achieved through rapid germination, uniform appearance and strong establishment of the plant. One of the most important germination seed germination treatments is priming. Priming refers to a number of different seed improvement methods, in which all controlled seeding is applied. In priming, seeds are allowed to absorb some water so that the early stages of germination are performed, but the root can not be removed. In other words, the seeds go up to the second stage, but they do not enter the third stage. After priming treatments, the seeds are dried and cultivated as untreated seeds. Hydro priming is the simplest method for increasing the rate and percentage of germination and uniformity of deposition under stress conditions, especially in arid regions. In the experiment, which was performed on seed maize (*Zea mays*), it was observed that seed priming increased germination speed while the polyethylene glycol reduced the germination rate. In addition, hydro priming of seeds for 36 hours increased germination, root germination and seedling dry weight. The aim of this study was to investigate the effect of different priming treatments and the duration of priming on seed germination and growth seedling growth and selection of the most suitable treatment of two lentil genotypes.

Materials & Methods

This study was carried out in Ferdowsi University of Mashhad, Iran, as a factorial experiment based on completely randomized design with four replications in 2017. The treatments consisted of two lentil genotypes (Rabat and Kalposhch), six priming levels (non-priming (control), gibberellic acid ($C_{19}H_{22}O_6$) 100 mg.l⁻¹, Dayan seedlings solution 4 ml.l⁻¹, potassium nitrate (KNO₃) 500 mg.l⁻¹, zinc sulfate (ZnSO₄) 1000 mg.l⁻¹ and hydro priming and priming duration (7 and 16 hours). After priming seeds were removed from the solutions and then placed in a laboratory for 24 hours until complete drying. Seeds were then disinfected 1% NaCl solution (NaClO) for five minutes and then washed three times with distilled water. Petri were also disinfected with 5% sodium hypochlorite solution. In the next step, 25 seeds were prepared from 12 cm diameter primer treatments between two layers of Watman filter paper and each petri was added to the required amount of distilled water. To germinate to a germinator by setting a temperature of $\pm 20^\circ$ Celsius

*Corresponding Author: parsa@um.ac.ir

and the dark environment. The emergence of two-millimeter radicle length was considered as the beginning of seed germination and number of germinated seeds was daily recorded. At the end of 14th day, number of germinated seeds, seedling dry weight and length, root and shoot length and root and shoot dry weight were measured and germination indexes, such as germination percentage, germination rate and seed vigor were calculated.

Results & Discussion

Results indicated that total number of germinated seeds, germination percentage and germination rate were significantly affected by genotype, priming component and interaction of genotype and priming duration. Robat genotype at 16 hours of priming had the highest number of germinated seeds, germination percentage and germination rate, but in Robat genotype with seven hours of priming, there was no significant difference observed. Root length was significantly affected by genotype and priming components. The best genotype for this characteristic was Robat and the most suitable priming treatment was control (non-priming). There were no statistically significant differences with zinc sulfate. The length of stems and seedling were affected by genotype, priming components and priming durations. For both characteristics, the best genotype, Rabat and the most suitable time, seven hours priming and for stem length, non-priming (control) was the best treatment, but there were no statistically significant differences with gibberellic acid, potassium nitrate and zinc sulfate.

Conclusion

Results of this study showed that Robat genotype has superior characteristics than Kalpush genotype, which can be used for cultivation. Generally, according to the results of this study, seed germination characteristics of these two lentil genotypes were positively affected priming treatments of gibberellic acid, potassium nitrate, zinc sulfate, Dayan solution and hydro priming. It seems that complementary studies on other compounds are needed to find suitable treatments for germination improvement.

Keywords: Hydro priming, Plant proteins, Pulses, Seed vigor

کاهش اثرات کم آبیاری بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) توسط اسپرمیدین

وحید شریفی^۱، منوچهر قلی‌پور^{۲*} و حمید عباس‌دخت^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شهرستان شاهرود، استان سمنان، ایران؛ vsharifi543@gmail.com

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شهرستان شاهرود، استان سمنان، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، شهرستان شاهرود، استان سمنان، ایران؛ habbasdokht@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسپرمیدین بر برخی صفات کمی و کیفی نخود در شرایط فاریاب، مطالعه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۵ انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عوامل آزمایش شامل رژیم آبیاری در سه سطح (دور آبیاری هفت‌روز (شاهد)، دور آبیاری ۱۰ روز و دور آبیاری ۱۳ روز) و محلول‌پاشی برگ اسپرمیدین در سه سطح (شاهد، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۳ میلی‌مولار و محلول‌پاشی با غلظت ۰/۶ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از غلظت ۰/۳ میلی‌مولار اسپرمیدین، فعالیت آنزیم کاتالاز ۴۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. در غلظت ۰/۶ میلی‌مولار اسپرمیدین، تغییر معنی‌داری در فعالیت این آنزیم وجود نداشت. در دور آبیاری ۱۳ روز، غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۶ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث شد که فعالیت آنزیم گواکول پراکسیداز به ترتیب ۳۸ درصد و ۶۷ درصد کاهش یابد و در مقابل، محتوای نسبی کلروفیل برگ به ترتیب ۱۲ درصد و ۲۴ درصد افزایش نشان دهد. این افزایش در صفات تعداد غلاف در بوته (به ترتیب ۲۳ درصد و ۳۱ درصد)، زیست‌توده (۲۳ درصد و ۴۴ درصد)، عملکرد دانه (۲۰ درصد و ۳۴ درصد) و پروتئین دانه (۳ درصد و ۶ درصد) نیز مشاهده شد. اسپرمیدین ۰/۶ میلی‌مولار به عنوان بهترین سطح تیمار برای شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: رادیکال‌های آزاد، فتوسنتز، کارایی استفاده از آب

مقدمه

حبوبات زیرگروه لگوم‌ها بوده و به‌طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان مورد کشت قرار می‌گیرند (Padhi & Ramdath, 2017). نخود (*Cicer arietinum* L.) به همراه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، عدس (*Lens culinaris* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) از مهم‌ترین حبوبات به‌شمار می‌آیند (Padhi & Ramdath, 2017). میزان تولید نخود در جهان حدود ۱۷ درصد تولید حبوبات برآورد شده است (Padhi & Ramdath, 2017).

از نقطه نظر زراعی، تنش خشکی شرایطی است که آب از نظر مقدار و توزیع به اندازه‌ای نیست تا گیاه بتواند عملکرد بالقوه خود را تولید نماید و این امر موجب آسیب به گیاه و محدودیت در بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد می‌شود. تغییر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از مهم‌ترین مکانیسم‌ها برای سازگاری گیاه به شرایط تنش خشکی است (Liu et al., 2017).

2011). پژوهش‌های زیادی در خصوص واکنش نخود به تنش خشکی انجام شده است که نتایج آن‌ها بر کاهش عملکرد و اجزای عملکرد (Goldani & Rezvani, 2007) و تغییر در محتوای اسید آسبیزیک برگ (Kafi et al., 2006)، کارایی مصرف آب (Singh et al., 1991)، و مورفولوژی ریشه (Kashiwagi et al., 2005) دلالت دارد. اخیراً در پژوهشی، با محلول‌پاشی اسپرمین و اسپرمیدین بر روی نخود تحت شرایط تنش شوری مزرعه توانسته‌اند تأثیر منفی تنش شوری را بر نخود کاهش دهند (Ashori et al., 2019). از این‌رو این سؤال مطرح شد که آیا اسپرمیدین می‌تواند اثر تنش خشکی را بر نخود کاهش دهد؟

به‌طوری‌که در بالا به آن اشاره شد، در شرایط کمبود آب، تغییرات فیزیولوژیکی و کاهش رشد در گیاه به‌وقوع می‌پیوندد. یکی از دلایل این کاهش، عدم تعادل بین جذب و استفاده از نور در گیاه تحت تنش است (Noctor et al., 2017). کاهش فعالیت فتوسنتز II در اثر تنش کم‌آبی، باعث از بین رفتن تعادل بین تولید و استفاده از الکترون‌ها و نهایتاً تغییر عملکرد

* نویسنده مسئول: manouchehr.gholipoor@gmail.com

(Wallace *et al.*, 2003). نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن است که کاهش سطوح پلی‌آمین‌ها در موتانت‌های نخود منجر به افزایش صدمه تنش خشکی به گیاه می‌گردد (Anbessa & Bejiga, 2002; Kakkar & Sawhney, 2002).

بر همین اساس، هدف از این آزمایش مطالعه امکان کاهش اثرات مضر کم آبیاری بر رشد و عملکرد نخود از طریق محلول پاشی اسپرمیدین بود. طی این آزمایش، واکنش برخی صفات و فعالیت دو آنزیم آنتی‌اکسیدان به این پلی‌آمین مطالعه گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. شهرستان شاهرود با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد. ارتفاع مکان مورد استفاده در آزمایش از سطح دریا ۱۳۶۷ متر است.

در اوایل اردیبهشت‌ماه، اقدام به آماده‌سازی زمین شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول پنج‌متر و فواصل ۵۰ سانتی‌متر (مساحت ۱۰ مترمربع) بود و فاصله بذور روی ردیف‌های کاشت ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. یک خط به صورت نکاشت به عنوان حایل بین کرت‌های اصلی قرار گرفت. جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شدند که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج گردد. بذور نخود در اول خردادماه به عنوان کشت دوم (پس از برداشت جو) با دست کشت گردید. بذر مورد استفاده در این آزمایش، توده محلی نخود بود که از منطقه بسطام تهیه گردید. تراکم گیاهی برابر با ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد.

تیمارهای آزمایش شامل رژیم‌های آبیاری (توزیع شده در کرت‌های اصلی) در سه سطح (دور آبیاری هفت‌روز (آبیاری معمول منطقه؛ شاهد)، دور آبیاری ۱۰ روز و دور آبیاری ۱۳ روز) و محلول پاشی برگی اسپرمیدین در سه سطح (شاهد) (پاشش آب بر گیاه)، غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۶ میلی‌مولار) در زمان چهار برگی (۲۰ خرداد)، گلدهی (۱۶ مرداد) و شیر شدن دانه (۳ شهریور) بود. انتخاب این سطوح اسپرمیدین، بر اساس نتایج آزمایش‌های گلدانی انجام شده توسط نگارندگان در خصوص تأثیر سطوح این پلی‌آمین بر سه گیاه نخود، عدس و لوبیای روئیده در تنش کم آبیاری بود (نتایج منتشر نشده). آبیاری به روش جوی و پشته انجام شد و تا استقرار کامل گیاه (تکمیل مرحله

کوانتومی الکترون می‌گردد. نتیجه این امر، بروز اتلاف انرژی خورشیدی در فتوسیستم II هست (Weits *et al.*, 2014). تغییر در انتقال الکترون فتوسنتزی گیاه در شرایط کم آبیاری از عوامل تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (رادیکال‌های آزاد) از جمله پراکسید هیدروژن، سوپراکسید و هیدروکسیل به شمار می‌آید. علت این فرایند، عبارت از این واقعیت می‌باشد که اکسیژن در محل پذیرنده فتوسیستم I با NADP برای احیاء، رقابت می‌نماید. هورمون ABA نیز از عواملی به شمار می‌آید که نقش عمده‌ای در تشکیل رادیکال‌های آزاد به عهده دارد. این هورمون گیاهی با تحریک فرایند بسته شدن روزنه‌ها باعث تقلیل اتلاف آب، کاهش تثبیت CO₂ و کم شدن احیای NADP⁺ در چرخه کالوین می‌شود (Anbessa & Bejiga, 2002).

رادیکال‌های آزاد عمدتاً در کلروپلاست، میتوکندری و پراکسیزوم‌ها تولید می‌شوند. به عنوان نمونه، در فرایند تنفس نوری هنگامی که گلیکولات توسط آنزیم گلیکولات اکسیداز به گلی اکسیلیک اسید اکسید می‌گردد، H₂O₂ در پراکسیزوم‌ها تولید می‌شود (Noctor *et al.*, 2017). شایان توجه است که رادیکال‌های آزاد در غلظت‌های پایین (شرایط بدون تنش) به عنوان مولکول پیام‌رسان عمل نموده و در فرایندهای بیان ژن و متابولیسم سلول، به طور مثبت مشارکت می‌کنند. این در حالی است که با افزایش غلظت آن‌ها، تأثیر تخریبی و مضر بر سلول به جا گذاشته می‌شود. زیرا در این شرایط، اکسید شدن پروتئین‌ها، رنگدانه‌های فتوسنتزی، اسیدهای چرب و اسیدهای نوکلئیک رخ داده و کلروز و نکروز شدن بافت گیاه بروز می‌نماید (Gilroy *et al.*, 2016). این تأثیر دوسویه مثبت و منفی رادیکال‌های آزاد باعث شده است که توجه زیادی به آن‌ها معطوف گردد.

پلی‌آمین‌ها هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و دارای زنجیره راست سه تا ۱۵ کربنه و دو گروه آمینی انتهایی می‌باشند. اسیدهای آمینه آرژنین و اورنیتین پیش‌ماده بیوسنتز پلی‌آمین‌ها هستند. دو مسیر عمده برای سنتز پوتری سین از اسیدهای آمینه آرژنین و اورنیتین در سلول‌های گیاهی وجود دارد که این مسیرها را بر اساس آنزیم‌های کاتالیزکننده آن‌ها نام‌گذاری کرده‌اند. مسیر اول به عنوان مسیر اورنیتین دکربوکسیلاز و مسیر دوم مسیر آرژنین دکربوکسیلاز است. پس از سنتز پوتری سین، در مراحل بعدی پلی‌آمین‌های بزرگ‌تر (اسپرمیدین) توسط آنزیم اسپرمیدین سینتاز با افزودن متوالی گروه‌های آمینوپروپیل به پوتری سین سنتز می‌شوند (Pál *et al.*, 2015). بر اساس مطالعات، در گیاهان تحت تنش، ترکیب‌های پلی‌آمینی آندوزن از جمله اسپرمیدین افزایش می‌یابند که در اصل پاسخ دفاعی گیاه به تنش اکسیداتیو به شمار می‌رود

کلش پس از خشک شدن در هوای آزاد، به ترتیب حدود ۱۴ و ۱۳ درصد به دست آمد.

دانه‌های سه بوته برداشت شده در زمان رسیدگی برای تعیین درصد پروتئین دانه مورد استفاده قرار گرفت. درصد پروتئین دانه به روش کجلدال اندازه‌گیری گردید. بدین منظور، یک گرم از بافت خوب پودر شده به بالن‌های مخصوص کجلدال منتقل شد و کاتالیزور واجد یک‌ونیم گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. برای انجام عمل هضم، ۲۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ اضافه شد و بالن‌ها به درون اجاق مخصوص انتقال داده شدند. زمان تغییر رنگ محلول سیاه‌رنگ داخل فلاسک‌ها به رنگ سبز بسیار کم رنگ به عنوان پایان عمل هضم در نظر گرفته شد. میزان نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن محلول‌ها در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجلدال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوزآور ۴۰ درصد و اسید بوریک ۱۰ درصد بود. پس از قرار گرفتن هر فلاسک در دستگاه، ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی‌لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. از اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال برای تیتراسیون استفاده شد. با توجه به مقدار اسیدکلریدریک مصرف شده در تیتراسیون، مقدار نیتروژن موجود در نمونه تعیین شد. برای نخود، ضریب تبدیل نیتروژن ۵/۳ در نظر گرفته شد (Bradford, 1976).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال متناسب با سطح احتمال معنی دار شدن مندرج در جدول تجزیه واریانس استفاده شد.

نتایج و بحث

فعالیت آنزیم‌های گوایکول پراکسیداز و کاتالاز: نتایج

نشان داد که در شرایط عدم استفاده از اسپرمیدین، دور - آبیاری ۱۰ روز باعث کاهش فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز به - میزان ۳۱ درصد گردید (شکل ۱). این در حالی است که دور - آبیاری ۱۳ روز، فعالیت آن را به سطحی بالاتر از شاهد افزایش (۸۰ درصد) داد. در شرایط دور آبیاری ۱۳ روز، متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین به کاررفته، فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز کاهش نشان داد. بر اساس شیب خط رگرسیون محاسبه شده، میزان کاهش برابر با حدود ۰/۰۷ میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر به ازای ۰/۱ میلی‌مولار افزایش در غلظت اسپرمیدین بود. در شرایط شاهد، اختلاف معنی‌داری بین سطوح صفر و ۰/۳ میلی‌مولار اسپرمیدین از لحاظ فعالیت این آنزیم وجود نداشت. برای دور آبیاری ۱۰ روز نیز این حالت

سبزشدن گیاه، آبیاری کامل اعمال گردید. برای اندازه‌گیری صفات موردسنجش، اقدام به نمونه‌برداری شد. بدین منظور، دو ردیف کشت کناری هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. دو بوته از ابتدا و انتهای دو ردیف کشت میانی نیز اثر حاشیه‌ای به حساب آمد.

در مرحله خمیری شدن دانه، اقدام به سنجش محتوای نسبی کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل سنج اسپد (SPAD) شد. در همین مرحله نموی، نمونه‌هایی از برگ‌های فوقانی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گوایکول پراکسیداز تهیه گردید. سپس اقدام به استخراج عصاره گردید. بدین منظور، مخلوط واکنش با حجم سه میلی‌لیتر تهیه شد که شامل ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH= ۶/۸ و عصاره آنزیمی بود. برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز، آب اکسیژنه ۰/۴۵ مولار به مخلوط واکنش اضافه شد. اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش، به عنوان شروع فعالیت آنزیمی در نظر گرفته شد. یک دقیقه اول بعد از افزودن آب اکسیژنه، کاهش میزان جذب نور در طول موج ۲۴۰ نانومتر یادداشت گردید. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس ضریب خاموشی (E) برابر با $40 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید (Cavalcanti et al., 2004).

همانند آنزیم کاتالاز، اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش، به عنوان شروع فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز در نظر گرفته شد. پس از سپری شدن یک دقیقه، تغییر جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر یادداشت گردید. در نهایت، فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس میکرومول تتراکوایکول تشکیل شده و با استفاده از ضریب خاموشی (E) برابر با $26/6 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ محاسبه گردید (Cavalcanti et al., 2004).

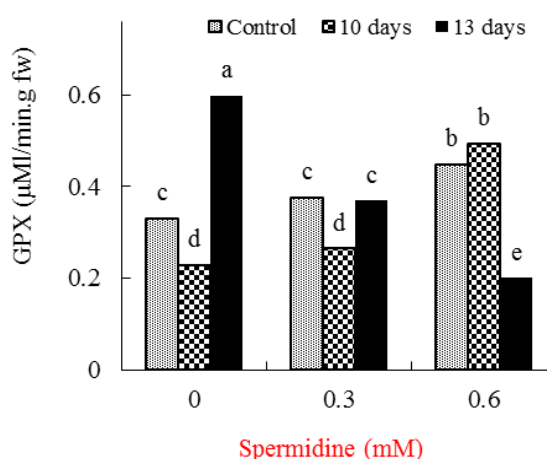
برای اندازه‌گیری صفات زیست‌توده، عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته، اقدام به برداشت گیاهان در زمان رسیدگی در سطحی برابر با هفت‌ونیم مترمربع شد. پس از خشک شدن بوته‌ها در هوای آزاد به مدت پنج روز، اقدام به توزین بوته‌ها توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم گردید و مقدار زیست‌توده و عملکرد دانه تعیین شد. شایان ذکر است که بلافاصله پس از برداشت و پنج روز بعد از برداشت، نمونه‌هایی جهت تعیین درصد رطوبت دانه و کاه و کلش تهیه، و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. نتایج اولیه حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار تیمارها و برهمکنش آن‌ها بر درصد رطوبت دانه، و کاه و کلش تهیه شده در زمان‌های برداشت و پنج روز پس از برداشت بود. متوسط درصد رطوبت دانه و کاه و

سنتز پیش‌ماده‌های پروتئین دیواره سلولی مشارکت دارد؛ ولی در غلظت‌های بالا برای گیاه سمی بوده و آسیب‌های اکسیداتیو را به دنبال دارد (Terzi & Kadioglu, 2006). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی همچون کاتالاز به گیاه این امکان را می‌دهد تا خود را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت نمایند. میزان افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در ژنوتیپ‌های متحمل روئیده در شرایط کم آبیاری به مراتب بیشتر از ژنوتیپ‌های حساس به دست آمده است (Gao et al., 2014).

کاهش خطی فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز در اثر افزایش غلظت اسپرمیدین به کاررفته در دور آبیاری ۱۳ روز و همچنین کاهش (۴۸ درصد) فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط محلول پاشی گیاه با اسپرمیدین ۰/۳ میلی‌مولار ممکن است تأییدی بر گزارش‌های قبلی در خصوص توانایی ترکیبات پلی آمینی در حذف مستقیم رادیکال‌های آزاد و بهبود ثبات و پایداری بخشی به غشاء باشد (Gupta et al., 2013). شواهد آزمایشی حاکی از آن است که کاربرد خارجی پوتریسن میزان پلی‌آمین‌ها در غشاهای تیلکوئیدها را افزایش داده است. این نتایج با کاربرد خارجی اسپرمین نیز تکرار گردیده است (Shu et al., 2013). همچنین بر اساس گزارش پژوهشگران، افزودن پلی‌آمین‌ها به گیاهان تحت تنش موجب ممانعت از پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب ماکرومولکول‌ها شده و افزایش غلظت آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی از جمله گلوتاتیون و کاروتنوئیدها را به دنبال داشته است (Queval et al., 2011). گزارش‌هایی نیز وجود دارد که پلی‌آمین‌ها باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شوند (Shu et al., 2013).

صادق بود. در کل، ۰/۶ میلی‌مولار باعث افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط دورهای آبیاری هفت‌روز (۳۶ درصد) و ۱۰ روز (۱۶ درصد) نسبت به شرایط عدم استفاده از آن گردید. گوایکول پراکسیداز آنزیمی مؤثر در تجزیه پراکسید هیدروژن می‌باشد که با کمک آسکوربات زدودن پراکسید هیدروژن را انجام می‌دهد. آسکوربات دهنده الکترون بوده و سبب کاهش پراکسید هیدروژن به آب می‌شود. از آنجاکه توازن بین گونه‌های فعال اکسیژن و پالاینده‌ها برای ادامه حیات ضروری می‌باشد، گیاه در پاسخ به تنش اکسیداتیو ایجاد شده، میزان بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی را زیاد نموده که به دنبال آن‌ها، فعالیت آنتی-اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی افزایش پیدا می‌کند (Noctor et al., 2017).

اثرات اصلی تیمارها بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار به دست آمد، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. بین سطوح صفر (شاهد) و ۰/۶ میلی‌مولار اسپرمیدین از لحاظ فعالیت این آنزیم، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این سطوح اسپرمیدین دارای بالاترین (حدود ۹۸ درصد بیشتر از شاهد) فعالیت آنزیم کاتالاز بودند (شکل ۲). در دور آبیاری ۱۰ روز، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از لحاظ آماری مشابه فعالیت آن در شرایط شاهد بود. ولی در شرایط دور آبیاری ۱۳ روز، فعالیت این آنزیم به حدود ۸۰ درصد بالاتر از شاهد افزایش یافت. کاتالاز از آنزیم‌های مهم برای حذف پراکسید هیدروژن موجود در پروکسیزوم‌ها به شمار می‌رود. وجود پراکسید هیدروژن در گیاه از این نظر حائز اهمیت است که در غلظت‌های متوسط، به عنوان مولکول علامت عمل نموده و در



شکل ۱- برهمکنش رژیم آبیاری و اسپرمیدین بر فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز

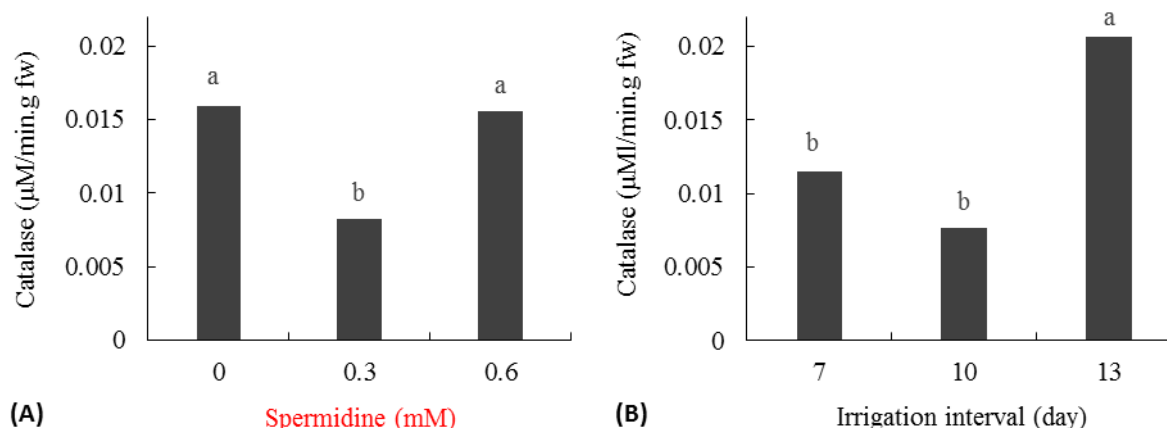
حروف مشابه در شکل، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در آزمون LSD است.

GPX: گوایکول پراکسیداز

Fig. 1. Interactive effects of irrigation regime and spermidine on guaiacol peroxidase enzyme activity

The bars with similar letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) by LSD test.

GPX: guaiacol peroxidase



شکل ۲- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطوح مختلف اسپرمیدین (A) و رژیم آبیاری (B)

حروف مشابه در شکل، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در آزمون LSD است.

Fig. 2. Mean comparison of catalase enzyme activity for different levels of spermidine (A) and irrigation regime (B)
The bars with similar letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) by LSD test.

غلظت اسپرمیدین) نشان داد که این امر بر تأثیر مثبت اسپرمیدین بر وضعیت فتوسنتزی خود دلالت دارد. نقش‌های حفاظتی اسپرمیدین در ممانعت از کاهش کلروفیل در برنج نیز اثبات شده است (Saleethong *et al.*, 2011). در پژوهش‌های انجام‌شده مشخص شده است که مقدار کل کلروفیل برگ تیمار شده یا پلی‌آمین‌ها در مقایسه با شاهد افزایش یافته و پیری به تأخیر می‌افتد (Minocha *et al.*, 2014). پلی‌آمین‌ها نقشی امیدبخش در استحکام بخشی پروتئین‌های فتوسنتزی الگومریک به‌ویژه پروتئین‌های اتصال‌شونده به کلروفیل a و b را به‌عهده دارند (Gupta *et al.*, 2013). پلی‌آمین‌ها به‌عنوان ترکیبات خنثی‌کننده اسیدهای آلی، گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش داده و پراکسیداسیون لیپیدها را کم می‌نمایند. این امر به‌صورت کاهش مالون دی‌آلدئید در بافت منعکس می‌گردد و تجزیه کلروفیل را کاهش می‌دهد (Sen *et al.*, 2014). پلی‌آمین‌ها به لحاظ ایجاد برهمکنش با ماکرومولکول‌هایی نظیر DNA، RNA، و کمپلکس‌های نسخه‌برداری و بیان ژن، سنتز کلروفیل را افزایش داده و همچنین باعث افزایش پایداری غشای اندامک‌های سلول می‌گردند (Minocha *et al.*, 2014). افزایش کلروفیل در گیاهان پلی‌آمین دریافت کرده به افزایش بیان ژن‌های کدکننده سنتز پروتئین کیناز و آنزیم‌های مرتبط با بیوسنتز آبسزیک اسید، جاسمونیک اسید نسبت داده شده است (Zepeda-Jazo *et al.*, 2016).

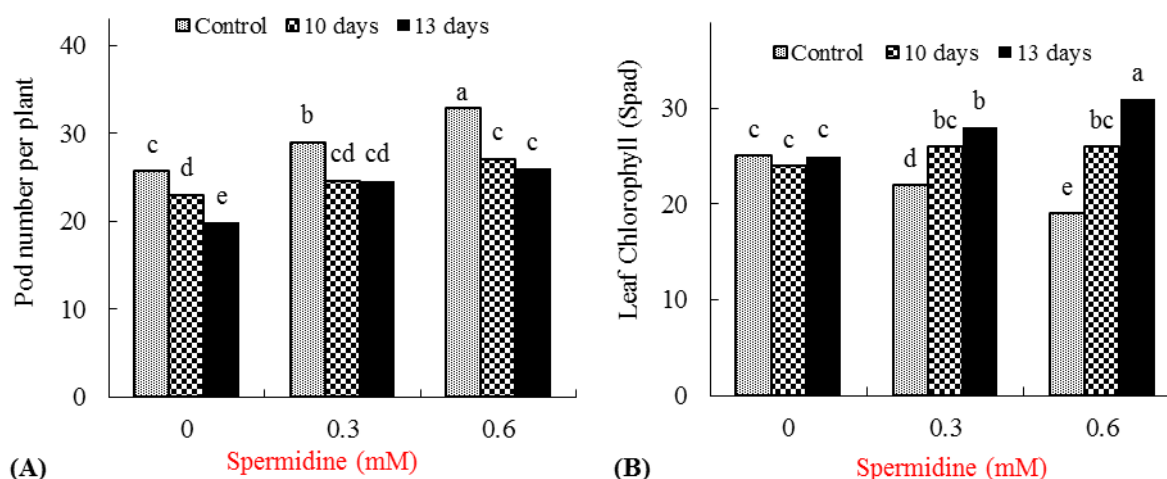
تعداد غلاف در بوته: دور آبیاری بالاتر باعث کاهش تعداد غلاف در بوته شد (شکل ۳) که می‌تواند مربوط به عواملی از جمله ریزش گل‌ها قبل از گرده‌افشانی یا اختلال در گرده افشانی باشد (Liu *et al.*, 2004). در هر یک از سطوح آبیاری،

محتوای نسبی کلروفیل برگ: در شرایط عدم استفاده از اسپرمیدین، اختلاف معنی‌داری بین سطوح آبیاری از لحاظ محتوای نسبی کلروفیل برگ وجود نداشت (شکل ۳)؛ ولی در سطوح دیگر اسپرمیدین، متناسب با افزایش دور آبیاری، محتوای نسبی کلروفیل برگ افزایش یافت. بر اساس شیب خط رگرسیون در سطح ۰/۳ میلی‌مولار اسپرمیدین، به‌ازای یک‌روز افزایش در دور آبیاری، محتوای نسبی کلروفیل برگ به میزان حدود یک عدد اسید بیشتر شد. در سطح ۰/۶ میلی‌مولار اسپرمیدین، این افزایش حدود دو عدد اسید به‌ازای یک‌روز افزایش در دور آبیاری بود. بالاترین محتوای نسبی کلروفیل برگ در تیمار اسپرمیدین با غلظت ۰/۶ میلی‌مولار و در دور آبیاری ۱۳ روز حاصل شد. در شرایط شاهد، اسپرمیدین باعث کاهش محتوای نسبی کلروفیل برگ گردید. بر اساس گزارش‌ها، در شرایط بدون تنش‌های غیرزنده، نیتروژن موجود در پلی‌آمین‌ها باعث کاهش سنتز پیش‌ماده کلروفیل یعنی پروتوکلروفیلاید می‌گردد (Shu *et al.*, 2013). در شرایط استفاده از اسپرمیدین، تنش خشکی باعث افزایش محتوای نسبی کلروفیل برگ گردید. یافته‌های مربوط بررسی اثر تنش خشکی بر چند وارپته کلزا حاکی از اثر افزایشی تنش خشکی بر محتوای کلروفیل در برخی ارقام و کاهش محتوای کلروفیل در ارقام دیگر بوده است (Sepehri & Golparvar, 2011). این تفاوت‌ها به متغیر بودن فعالیت آنزیم کلروفیلاز نسبت داده شده است.

به‌طور کلی، در دور آبیاری ۱۳ روز، متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین، محتوای نسبی کلروفیل برگ نیز به‌طور خطی افزایش (یک عدد اسید به‌ازای ۰/۱ میلی‌مولار افزایش در

(شکل ۳). این امر می‌تواند نشان‌گر اثر افزایشی اسپرمیدین بر گل‌های بارور گیاه باشد.

متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین، تعداد غلاف در بوته افزایش (به‌طور متوسط، حدود یک غلاف در بوته به‌ازای ۰/۱ میلی‌مولار افزایش در غلظت اسپرمیدین) نشان داد



شکل ۳- برهمکنش رژیم آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد غلاف در بوته (A) و محتوای نسبی کلروفیل برگ (B)

حروف مشابه در شکل، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد در آزمون LSD است.

Fig. 3. Interactive effects of irrigation regime and spermidine on pod number per plant (A) and relative leaf chlorophyll content (B)

The bars with similar letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) by LSD test.

غیریونی از قبیل DNA و RNA است که در بسیاری از فرایندهای درون گیاه شامل تقسیم و بزرگ‌شدن سلول، توسعه و تشکیل میوه نقش دارند (Do et al., 2016).

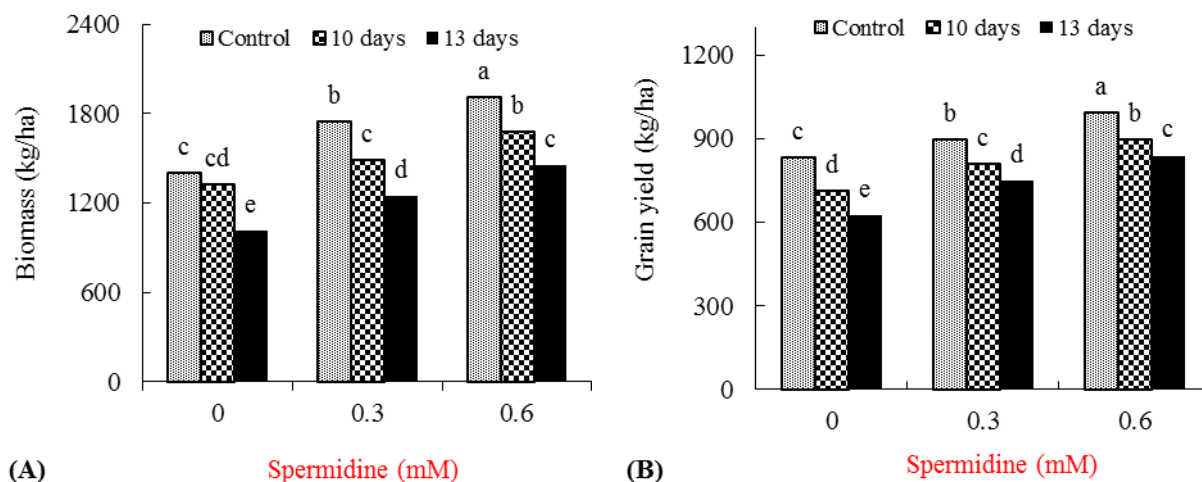
درصد پروتئین دانه: دور آبیاری ۱۰ روز موجب کاهش حدود سه درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد (دور آبیاری هفت‌روز) شد، اما دور آبیاری ۱۳ روز تأثیری بر آن نداشت (شکل ۵). در شرایط تنش خشکی به‌خصوص در مرحله پرشدن غلاف، به‌واسطه کاهش طول دوره پرشدن دانه و کاهش فتوسنتز خالص، تغییراتی در تجمع نشاسته در دانه رخ می‌دهد. از طرف دیگر، متابولیسم ترکیبات نیتروژن‌دار از جمله آمیدها نیز از تنش خشکی تأثیر می‌پذیرد. میزان تأثیرپذیری متابولیسم نیتروژن و تجمع کربوهیدرات‌ها در دانه، اثر تعیین‌کننده‌ای بر نسبت (درصد) پروتئین دانه به‌جای می‌گذارد (Minocha et al., 2014). در این آزمایش، متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین، درصد پروتئین دانه نیز افزایش یافت (شکل ۵): به‌طوری‌که در غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۶ میلی‌مولار اسپرمیدین، درصد پروتئین دانه به ترتیب حدود سه و هفت درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تأثیر مثبت اسپرمیدین بر درصد پروتئین دانه ممکن است به‌این‌علت باشد که این ترکیب، سرشار از یون نیتروژن بوده و این عنصر را به سهولت در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Pál et al., 2015).

زیست‌توده و عملکرد دانه: در هر یک از سطوح دور آبیاری، متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین، زیست‌توده و عملکرد دانه افزایش یافت (شکل ۴) که بر تقلیل اثرات منفی دور آبیاری زیاد توسط اسپرمیدین دلالت دارد. باتوجه به میانگین شیب خط رگرسیون، به‌ازای ۰/۱ میلی‌مولار افزایش در غلظت اسپرمیدین، میزان افزایش در زیست‌توده و عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۷۲ و ۳۱ کیلوگرم در هکتار بود. بالاترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و محلول‌پاشی با غلظت ۰/۶ میلی‌مولار و کمترین آن نیز در بالاترین دور آبیاری و عدم استفاده از اسپرمیدین حاصل شد. اسپرمیدین ۰/۶ میلی‌مولار توانست اثر مخرب دور آبیاری متوسط و زیاد را بر عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۲۰ درصد و ۳۴ درصد کاهش دهد.

به‌طورکلی، این دو صفت از بیشترشدن دور آبیاری تأثیر منفی پذیرفتند (شکل ۴). به‌طور متوسط، میزان کاهش زیست‌توده و عملکرد دانه به‌ازای یک‌روز افزایش در دور آبیاری برابر با ۷۴ و ۲۸ کیلوگرم در هکتار بود که می‌تواند ناشی از عوامل مختلف از جمله عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای و همچنین تنش اکسیداتیو باشد (Noctor et al., 2002). پلی‌آمین‌ها از جمله اسپرمیدین به‌دلیل این‌که یک منبع نیتروژنی هستند، می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند (Alcázar et al., 2006). تأثیر مثبت آن‌ها بر رشد به‌دلیل اتصال این ترکیبات به مولکول‌های

باعث بهبود تغذیه‌ای (پروتئین) دانه نخود در کلیه دوره‌های آبیاری می‌گردد.

معنی‌دار نشدن اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر درصد پروتئین دانه این امر را گوشزد می‌نماید که کاربرد اسپرمیدین

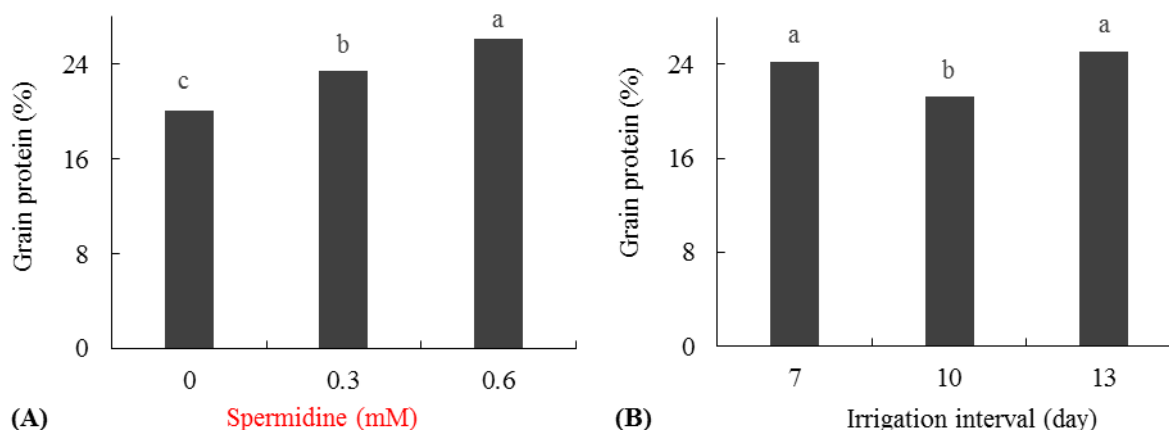


شکل ۴- برهمکنش رژیم آبیاری و اسپرمیدین بر زیست توده (A) و عملکرد دانه (B)

حروف مشابه در شکل، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد در آزمون LSD است.

Fig. 4. Interactive effects of irrigation regime and spermidine on biomass (A) and grain yield (B)

The bars with similar letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) by LSD test.



شکل ۵- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف اسپرمیدین (A) و رژیم آبیاری (B)

حروف مشابه در شکل، نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد در آزمون LSD است.

Fig. 5. Mean comparison of grain protein percent for different levels of spermidine (A) and irrigation regime (B)

The bars with similar letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) by LSD test.

گل‌های بارور) بود. افزون بر این، تغییراتی نیز در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و گوایکول پراکسیداز به وقوع پیوست. اسپرمیدین ۰/۶ میلی‌مولار توانست بالاترین تأثیر افزایشی را بر عملکرد دانه (۱۹ درصد، ۲۰ درصد و ۳۴ درصد، به ترتیب در دوره‌های آبیاری هفت، ۱۰ و ۱۳ روز) به‌جای گذارد. بر همین اساس، اسپرمیدین ۰/۶ میلی‌مولار به عنوان بهترین سطح تیمار برای شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی شناخته شد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که افزایش دور آبیاری، کلیه صفات مورد بررسی را تحت تأثیر قرار داد. کاربرد پلی‌آمین اسپرمیدین در سه مرحله چهاربرگی، گلدهی و شیری شدن دانه توانست تأثیر منفی افزایش دور آبیاری را بر رشد و عملکرد دانه نخود زراعی کاهش دهد. این امر در راستای افزایش محتوای نسبی کلروفیل برگ و افزایش تعداد غلاف در بوته (کاهش ریزش گل و افزایش

منابع

1. Alcázar, R.F., Marco, J.C., Cuevas, M., Patrón, A., Ferrando, P., and Carrasco, A.F. 2006. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Biotechnological Letters* 28: 1867-1876.
2. Anbessa, Y., and Bejiga, G. 2002. Evaluation of ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49: 557-564.
3. Ashori, A., Gholipour, M., and Heydari, M. 2019. Effect of spermine and spermidine spraying on growth and some physiological traits of chickpea. *Iranian Journal of Pulses Research* 10(2) (In Press). (In Persian with English Summary).
4. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
5. Cavalcanti, F.R., Oliveira, J.T.A., Martins-Miranda, A.S., Viégas, R.A., and Silveira, J.A.G. 2004. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. *New Phytologist* 163: 563-571.
6. Do, P.T., Degenkolbe, T., Erban, A., Heyer, A.G., Kopka, J., Köhl, K.I., Hinch, D.K., and Zuther, E. 2016. Dissecting rice polyamine metabolism under controlled long-term drought stress. *Plus One* 8: 1-14.
7. Gao, X., Yuan, H.M., Hu, Y.Q., Li, J., and Lu, Y.T. 2014. Mutation of Arabidopsis CATALASE2 results in hyponastic leaves by changes of auxin levels. *Plant and Cell Environment* 37: 175-88.
8. Gilroy, S., Bialasek, M., Suzuki, N., Gorecka, M., Deviredy, A.R., Karpinski, S., and Mittler, R. 2016. ROS, calcium, and electric signals: key mediators of rapid systemic signaling in plants. *Plant Physiology* 171: 1606-1615.
9. Goldani, M., and Rezvani, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14: 229-242. (In Persian with English Summary).
10. Gupta, K., Dey, A., and Gupta, B. 2013. Plant polyamines in abiotic stress responses. *Acta Physiologiae Plantarum* 35: 2015-2036.
11. Kafi, M., Ganjeali, A., and Abbasi, F. 2006. Study of changes in leaf abscisic acid (ABA) and stomatal resistance in drought resistant and sensitive genotypes of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Science Journal of Tehran University* 33(4): 26-19 (In Persian with English Summary).
12. Kakkar, R.K., and Sawhney, V.K. 2002. Polyamine research in plants: a changing perspective. *Physiologia Plantarum* 116: 281-292.
13. Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Krishna, H., Chandra, S., Vadez, V., and Serraj, R. 2005. Genetic variability of drought-avoidance root traits in mini-core germplasm collection of chickpea. *Euphytica* 146: 213-222.
14. Liu, H.P., Dong, B.H., Zhang, Y.Y., Liu, Z.P., and Liu, Y.L. 2004. Relationship between osmotic stress and the levels of free conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings. *Plant Science* 166: 1261-1267.
15. Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L., and Yang, R. 2011. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in Karst habitats of southwestern China. *Environmental and Experimental Botany* 71: 174-183.
16. Minocha, R., Majumdar, R., and Minocha, S.C. 2014. Polyamines and abiotic stress in plants: a complex relationship. *Frontiers in Plant Science* 5: 175-184.
17. Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S.D., Driscoll, S., Novitskaya, L., and Foyer, C.H. 2002. Drought and oxidative load in wheat leaves. A predominant role for photorespiration? *Annals of Botany* 89: 841-850.
18. Noctor, G., Reichheld, J.P., and Foyer, C.H. 2017. ROS-related redox regulation and signaling in plants. *Seminars in Cell and Developmental Biology* 25: 112-119.
19. Padhi, E.M.T., and Ramdath, D.D. 2017. A review of the relationship between pulse consumption and reduction of cardiovascular disease risk factors. *Journal of Functional Foods* 38: 635-643.
20. Pál, M., Szalai, G., and Janda, T. 2015. Speculation: polyamines are important in abiotic stress signaling. *Plant Science* 237: 16-23.
21. Queval, G., Jaillard, D., Zechmann, B., and Noctor, G. 2011. Increased intracellular H₂O₂ availability preferentially drives glutathione accumulation in vacuoles and chloroplasts. *Plant Cell Environment* 34: 21-32.
22. Saleethong, P., Sanitchon, J., Kong-Ngern, K., and Theerakulpisut, P. 2011. Pretreatment with spermidine reverses inhibitory effects of salt stress in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Asian Journal of Plant Science* 24: 23-32.

23. Sen, G., Eryilmaz, I.E., and Ozakca, D. 2014. The effect of aluminum stress and exogenous spermidine on chlorophyll degradation, glutathione reductase activity and the photosystem II D1 protein gene (psbA) transcript level in lichen (*Xanthoria parietina* L.). *Phytochemistry* 98: 54-59.
24. Sepehri, A., and Golparvar, A.R. 2011. The effect of drought stress on water relations, chlorophyll content and leaf area in canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Electronic Journal of Biology* 7: 49-53.
25. Shu, S., Yuan, L.Y., Guo, S.R., Sun, J., and Yuan, Y.H. 2013. Effects of exogenous spermine on chlorophyll fluorescence antioxidant system and ultrastructure of chloroplasts in *Cucumis sativus* L. under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 63: 209-216.
26. Singh, J., Singh, K.P., Mehta, O.P., and Malik, R.S. 1991. Seasonal consumptive use, moisture extraction pattern and water use efficiency of Kabuli gram (*Cicer arietinum* L.) cultivars under different levels of irrigation. *Agricultural Digest* 11: 142-144.
27. Terzi, R., and Kadioglu, A. 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 48: 89-96.
28. Wallace, H.M., Fraser, A.V., and Hughes, A. 2003. A perspective of polyamine metabolism. *Biochemistry Journal* 376: 1-14.
29. Weits, D.A., Giuntoli, B., Kosmacz, M., Parlanti, S., Hubberton, H.M., Riegler, H., Hoefgren, R., Perata, P., van Dongen, J.T., and Licausi, F. 2014. Plant cysteine oxidases control the oxygen-dependent branch of the N-end rule pathway. *Nature Communication* 5: 3425-3432.
30. Zepeda-Jazo, I., Velarde-Buendía, A.M., Enríquez-Figueroa, R., Jayakumar, B., Shabala, S., and Muñoz, J. 2016. Polyamines interact with hydroxyl radicals in activating Ca^{2+} and K^{+} transport across the root epidermal plasma membranes. *Plant Physiology* 157: 2167-2180.

Alleviation of low-irrigation effects on chickpea (*Cicer arietinum* L.) using spermidine

Sharifi¹, V., Gholipour^{2*}, M. & Abbasdokht³, H.

1. MSc. Student in Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Semnan Province, Iran; vsharifi543@gmail.com

2. Associate Professor in Agricultural Ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Semnan Province, Iran

3. Associate Professor in Agricultural Ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Semnan Province, Iran; habbasdokht@yahoo.com

Received: 9 June 2018

Accepted: 20 November 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i1.73059

Introduction

Chickpea is one of the pulse crops and its protein percent is about 22 to 24 percent. Therefore it plays an important nutritional role in human being diet. All plants, including chickpea, experience physiological changes and decreased growth while facing water deficit. Change in photosynthetic electron transport under low-irrigation conditions is one of the factors causing formation of reactive oxygen species (free radicals) including oxygen peroxide, super oxide and hydroxyl (oxidative stress). These free radicals are mainly produced in chloroplast, mitochondrion, and peroxisomes which could inflict destructive and harmful effects on plant cells. In stressed plants, the endogenous polyamine compounds are increased which is mainly a defensive response of plant to oxidative stress. Polyamines are aliphatic hydrocarbons with low molecular weight, straight chain of 3 to 15 carbons, which arginine and ornithine amino acids are their precursor. There are two major biosynthetic pathways for putrescine including ornithine decarboxylase and arginine decarboxylase. After putrescine synthesis, the larger polyamines (spermidine) are synthesized. This process is catalyzed by spermidine synthase through consecutively adding aminopropyl groups to putrescine. This experiment aimed to study the possibility of decreasing harmful effects of low-irrigation on growth and yield of chickpea through spermidine spraying.

Materials & Methods

This study was carried out as split plot based on complete blocks design with three replications in research farm of Shahrood University of Technology in 2016 in which the chickpea was sown in June as a secondary planting. The experimental treatments were irrigation regimes (distributed in main plots) in three levels (control (the conventional irrigation; 7-day interval irrigation), 10-day interval irrigation, and 13-day interval irrigation) and spermidine spraying in three levels (control (spraying of water on plant), concentration of 0.3 and 0.6 mM) at 4-leaf, flowering and milky stages. The studied traits were biomass, grain yield, number of pods per plant, grain protein percent, chlorophyll content and activities of catalase and guaiacol peroxidase enzymes.

Results & Discussions

The results indicated that under 13-day interval irrigation conditions, the activity of guaiacol peroxidase decreased with increasing concentration of spermidine (About 0.07 $\mu\text{M}/\text{min.g fw}$ for 0.1 mM increase in spermidine concentration). No significant difference was found between zero (control) and 0.6 mM in terms of catalase enzyme; these spermidine levels appeared to have the highest activity of catalase enzyme. Under 10-day interval irrigation conditions, the catalase activity amount was statistically similar to its activity under control conditions. However, under 13-day interval irrigation conditions, the activity of mentioned enzyme was almost 80% higher than control. The linear decrease of guaiacol peroxidase activity with increasing spermidine concentration under 13-day interval irrigation conditions and also decrease in catalase enzyme activity under spraying plant with 0.3 mM spermidine may confirms the previous reports regarding the capability of polyamine compounds in direct elimination of free radicals and promoting stability and

*Corresponding Author: manouchehr.gholipour@gmail.com

conserving the membrane. The experimental evidences have indicated that the application of exogenous potrisine has increased the polyamines amount in thylakoid membranes; these results have also been repeated by application of exogenous spermidine. Under 13-day interval irrigation conditions, the relative leaf chlorophyll content appeared to be linearly increased with enhancing the spermidine concentration (One Spad value for 0.1 mM increase in spermidine concentration). In each irrigation regimes, the number of pod per plant was proportionally increased with increasing spermidine concentration (Averagely, about one pod per plant for 0.1 mM increase in spermidine concentration). In each irrigation regimes, the biomass and grain yield were proportionally increased with increasing spermidine concentration (For 0.1 mM increase in spermidine concentration, the average increase in biomass and grain yield was about 72 and 31 Kg/ha, respectively), which proves that spermidine alleviates the harmful effects of low-irrigation. The 0.6 mM spermidine could alleviate the harmful impacts of 10- and 13-day irrigation regimes on grain yield by 20% and 34%, respectively. Proportional to spermidine concentration, grain protein content got increased (About one percent for 0.1 mM increase in spermidine concentration). So that for 0.3 and 0.6 mM spermidine concentrations, the grain protein content was higher than control by 3% and 6%, respectively.

Conclusion

The results indicated that imposing low-irrigation stress affected all measured traits. The application of spermidine polyamine at three stages of 4-loaf, flowering and milky stages caused some changes in activity of antioxidant enzymes catalase and guaiacol peroxidase. These changes took place along with increasing chlorophyll content and number of pod per plant (decreasing flower abortion and enhancing fertile flowers). The changes in the mentioned traits were some of the reasons for spermidine-resulted alleviating the negative effects of low-irrigation on growth and grain yield of chickpea. The 0.6 mM spermidine was found to be the best treatment level for both drought stress and no drought stress conditions.

Keywords: Free radicals, Photosynthesis, Water use efficiency

پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دو فصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران سال (دوره) ۱۱ شماره ۱، نیمه اول ۱۳۹۹، شماره پیاپی: ۲۱
(به ترتیب حروف الفبا)

دکتر	علی	ایزدی دربندی	دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
دکتر	حمیدرضا	پورعلی بابا	بخش تحقیقات حبوبات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور
دکتر	کمال	حاج محمدنیا قالیباف	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مجید	دشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر	فاطمه	ذاکر تولایی	مجتمع آموزش عالی شیروان
دکتر	مجید	رستمی	دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر، همدان
دکتر	سارا	سنجانی	مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
دکتر	سیدحسین	صباغ پور	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان
دکتر	حمیدرضا	فلاحی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
دکتر	بیژن	قهرمان	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	بهنام	کامکار	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر	همایون	کانونی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
دکتر	هدایت‌اله	کریم‌زاده سورشجانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مرتضی	گلدانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
مهندس	علی اکبر	محمودی	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (دانشجوی دکتری)
دکتر	سیدمحمد مهدی	مرتضویان	پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
دکتر	سیدحسن	مرعشی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	نسرین	مشتاقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	سید کریم	موسوی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
دکتر	جعفر	نباتی	پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علی	نخزری مقدم	دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس



پژوهش‌های حبوبات ایران

نشریه علمی - دو فصلنامه

پژوهشگاه علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

فرم اشتراک

خواهشمند است فرم زیر را پس از تکمیل، به نشانی زیر ارسال فرمایید:

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشگاه علوم گیاهی
دفتر نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، صندوق پستی: ۹۱۷۷۵-۱۶۵۳، کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۹۷۴

مشخصات متقاضی: (لطفاً با ذکر جزئیات، مشخص فرمایید)

نام: (وزارت / سازمان / مؤسسه / شرکت / دانشگاه / دانشکده / کتابخانه / بخش خصوصی / شخصی / سایر)

نشانی دقیق پستی:

.....

.....

.....

تلفن (با کد شهرستان):

تلفن همراه:

نمابر:

نحوه اشتراک:

مایل به اشتراک نشریه از تاریخ تا می‌باشم.

بهای هر شماره از نشریه، ۵۰۰۰ ریال می‌باشد. خواهشمند است مبلغ مربوط به تعداد شماره‌های مورد نیاز را به حساب شماره ۹۹۶۵۴ به نام عواید اختصاصی پژوهشگاه علوم گیاهی نزد بانک تجارت شعبه دانشگاه فردوسی واریز نموده و فیش آن را همراه با فرم، به دفتر نشریه ارسال فرمایید. هزینه‌های پستی به‌عهده متقاضی می‌باشد.

امضاء:

تاریخ:

Title	Author(s)	Page
• The effect of inoculation with Growth Promoting Bacteria, Mycorrhiza and Phosphorus on yield and yield components of Mungbean (<i>Vigna radiata</i> L.)	Rezapoorian Ghahfarookhi, F., Galeshi, S., Zeinali, E. & Torabi, B.	134
• Study on variation of some agronomic traits and seed yield of a lentil landrace from Kouhin region in Ghazvin	Sadeghzadeh-Ahari, D. & Farayedi, Y.	152
• Effect of irrigation cut from initiation of flowering and podding till maturity on yield and its components in prevalent chickpea cultivars in Kermanshah region	Hosseini, S.M.N., Mansourifar, C. & Saeidi, M.	163
• Evaluation the effect of priming and its duration on germination characteristics of two lentil genotypes (<i>Lens culinaris</i> Medic.) under laboratory conditions	Azari, S.J., Parsa, M., Nezami, A., Tavakol Afshari, V. & Nabati, J.	176
• Alleviation of low-irrigation effects on chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) using spermidine	Sharifi, V., Gholipoor, M. & Abbasdokht, H.	187

Iranian Journal of Pulses Research

List of Articles
Vol. 11, No. 1, 2020, S. No.: 21

Title	Author(s)	Page
• Evaluation of mulch combination with Trifluralin and Imazethapyr for chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) weed control	Maghsoudi, A., Eizadi-Darbandi, E. & Nezami, A.	12
• Tracing and sequencing of pathogenesis-related (PR) protein 10 gene in chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Noori Shekartoo, M., Zaker Tavallaie, F. & Shokoohifar, F.	26
• Modeling of phenological stages and yield parameters of faba bean in the East of Golestan province conditions	Rahemi Karizaki, A. & Hosseini, S.H.	38
• The effect of nutritional management on phenological stages, radiation use efficiency and seed yield of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) under influence of planting date	Doaei, F., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. & Aldaghi, M.	49
• Land suitability evaluation of Golestan province for planting <i>Pisum sativa</i> based on climatic factors	Tarashi, M., Rahemi-Karizaki, A., Biabani, A. & Salahi Farahi, M.	62
• Study the relationships between yield and yield component of faba bean (<i>Vicia faba</i> L.) genotypes by multivariate analyses	Astaraki, H., Sharifi, P., Sheikh, F. & Izadi-Darbandi, A.	74
• Evaluation of chickpea genotypes responses to supplementary irrigation in Maragheh region	Sadeghzadeh-Ahari, D.	88
• Changes in <i>CAT</i> gene expression of and catalase enzyme activity under drought stress in lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik) cultivars	Rahimi, M., Koohi Dehkordi, M. & Danesh Shahraki, A.	100
• Biological control of chickpea Fusarium wilt and root rot caused by <i>Fusarium oxysporum</i> and <i>Fusarium solani</i> with plant probiotic bacteria	Sohrabi, M., Chehri, Kh. & Sharifi, R.	112
• Effect of super absorbent polymer on quantitative and qualitative traits of cowpea (<i>Vigna unguiculata</i> L.) in low irrigation management conditions	Mombani, P. & Marashi, S.K.	124

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 11, No. 1, 2020, S. No.: 21

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in Charge: Dr. Mohammad Kafi

Editor in Chief: Dr. Ahmad Nezami

Executive Director: Hassan Porsa (MSc.)

Editorial Board:

Alireza Afsharifar

Professor, Shiraz University

Ahmad Arzani

Professor, College of Agriculture, Isfahan University of Technology (IUT)

Nadeali Babaeian Jelodar

Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abdolreza Bagheri

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Mohammad Galavi

Professor, Zabol University

Serrollah Galeshi

Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Ali Ganjeali

Associate Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Gholam Hossein Haghnia

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Ali Izadi Darbandi

Associate Professor, Tehran University

Mohammad Kafi

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Nasser Majnoun Hosseini

Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj

Hossain Massumi

Professor, University of Shahid Bahonar Kerman

Ahmad Nezami

Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)

Hadi Ostovan

Professor, College of Agricultural Sciences, Shiraz Branch, Islamic Azad University

Sayyed Hossain Sabaghpour

Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Hamadan

Editor: Hassan Porsa (MSc.); Dr. M. Bannayan

Assistant: A. Talachian; R. Asadi

This journal has the "Scholarly Grade" issued by the Ministry of Sciences, Research & Technology (No. 3/11/3785 dated 07/06/2010) and is published based on a Memorandum of Cooperation between Mashhad Ferdowsi University and the following universities: Isfahan University of Technology; Tarbiat Modares University; University of Shahid Bahonar Kerman; Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; Shiraz Branch, Islamic Azad University; Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This journal is indexed in: (ISC) Islamic World Science Citation Center (<http://www.isc.gov.ir>); (magiran) Iranian Journals Database (<http://www.magiran.com>); (SID) Scientific Information Database (www.SID.ir); Google Scholar (<http://scholar.google.com>)

Address:

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Azadi Square, Mashhad- Iran
P.O. Box: 91775-1653; **ZIP Code:** 9177948974; **Tel.:** +98-51-38804801 & 38804812; **Fax:** +98-51-38807024;
E-mail: ijpr@um.ac.ir; **Web Site:** <http://ijpr.um.ac.ir>

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

ISSN 2008-725X

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 11(1); June 2020; S.No.21

- Evaluation of mulch combination with Trifluralin and Imazethapyr for chickpea (*Cicer arietinum* L.) weed control
Maghsoudi, A., Eizadi-Darbandi, E. & Nezami, A.
- Tracing and sequencing of pathogenesis-related (PR) protein 10 gene in chickpea (*Cicer arietinum* L.)
Noori Shekartoo, M., Zaker Tavallaie, F. & Shokoohifar, F.
- Modeling of phenological stages and yield parameters of faba bean in the East of Golestan province conditions
Rahemi Karizaki, A. & Hosseini, S.H.
- The effect of nutritional management on phenological stages, radiation use efficiency and seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under influence of planting date
Doaei, F., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. & Aldaghi, M.
- Land suitability evaluation of Golestan province for planting *Pisum sativa* based on climatic factors
Tarashi, M., Rahemi-Karizaki, A., Biabani, A. & Salahi Farahi, M.
- Study the relationships between yield and yield component of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes by multivariate analyses
Astaraki, H., Sharifi, P., Sheikh, F. & Izadi-Darbandi, A.
- Evaluation of chickpea genotypes responses to supplementary irrigation in Maragheh region
Sadeghzadeh-Ahari, D.
- Changes in *CAT* gene expression of and catalase enzyme activity under drought stress in lentil (*Lens culinaris* Medik) cultivars
Rahimi, M., Koohi Dehkordi, M. & Danesh Shahraki, A.
- Biological control of chickpea Fusarium wilt and root rot caused by *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* with plant probiotic bacteria
Sohrabi, M., Chehri, Kh. & Sharifi, R.

(Complete list, inside the journal...)

