

پژوهش‌های علوم گیاهی ایران

نشریه علمی - دوفصلنامه

پژوهش‌های علوم گیاهی دانشکده کشاورزی شیراز

سال (دوره) ۱۳، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۱ - شماره پیاپی: ۲۵



با همکاری



دانشگاه صنعتی مازندران



دانشگاه تربیت مدرس



دانشگاه شهید بهشتی کرمان



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



دانشگاه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

- بررسی کارایی اختلاط علف‌کش پایدیت با چند علف‌کش باریک‌برگ‌کش در کنترل علف‌های هرز نخود (*Cicer arietinum* L.)
آرش مقصودی، ابراهیم ایزدی دربندی و احمد نظامی
- تأثیر پرایمینگ و دما بر خصوصیات سبزشدن و استقرار گیاهچه دو ژنوتیپ عدس (*Lens culinaris* Medik.) با قدرت جوانه‌زنی کم و زیاد
سید جلال آذری، مهدی پارسا، احمد نظامی، رضا توکل افشاری و جعفر نباتی
- پارامتریابی و ارزیابی مدل SSM_iCrop2 برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در ایران
سمانه محمدی، ابراهیم زینلی، افشین سلطانی و بنیامین ترابی
- بررسی تأثیر کود نانوکلات آهن بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای پروتئین دانه لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی
سحر قاسمی، عیسی پیری و ابوالفضل توسلی
- تنوع ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medikus.) با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره
زینب عزیزی‌زاده، زهرا طهماسبی و امیر میرزایی
- ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز (*Trips tabasi* L. (Thysanoptera: Thripidae)) روی شش رقم لوبیاقرمز در شرایط مزرعه
صدیقه اشتری
- اثر مصرف ژنولیت و کود مرغی غنی‌شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)
مهیار محمدزاده، یوسف نیکنژاد، هرمز فلاح آملی، داوود براری و سید میثم باغبانیان

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
(بر اساس مصوبه وزارت عتف، از سال ۱۳۹۸، تمامی نشریات دارای درجه «علمی-پژوهشی»، به نشریه «علمی» تغییر نام یافتند.)
* این نشریه، از اول تیرماه سال ۱۳۸۹، به طور منظم و در قالب دوفصلنامه، منتشر می‌شود. *

سال (دوره) ۱۳، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۱ - شماره پیاپی: ۲۵

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

دکتر احمد ارزانی
دکتر هادی استوان
دکتر علیرضا افشاری‌فر
دکتر علی ایزدی دربندی
دکتر نادعلی بابائیان جلودار
دکتر عبدالرضا باقری
دکتر سیدحسین صباغ‌پور
دکتر محمد کافی
دکتر سرالله گالشی
دکتر محمد گلوی
دکتر علی گنجعلی
دکتر ناصر مجنون حسینی
دکتر حسین معصومی
دکتر سعید ملک‌زاده شفاوردی
دکتر احمد نظامی

استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان
استاد حشره‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز
استاد بیماری‌های گیاهی، دانشگاه شیراز
دانشیار ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
استاد ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد
استاد اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
استاد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
استاد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
استاد زراعت، دانشگاه زابل
دانشیار فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
استاد زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
استاد گیاه‌پزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشیار ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد
استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد

ویراستار: مهندس حسن پُرسا (ویراستار علمی، ادبی و فنی)
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.

برخی از پایگاه‌هایی که این نشریه در آن‌ها نمایه می‌شود:



نشانی:

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>

پژوهش‌های حبوبات ایران

فهرست مقالات

سال (دوره) ۱۳، شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۱، شماره پیاپی: ۲۵

عنوان مقاله	نویسنده (گان)	صفحه
• بررسی کارایی اختلاط علف‌کش پایریدیت با چند علف‌کش باریک‌برگ‌کش در کنترل علف‌های هرز نخود (<i>Cicer arietinum</i> L.)	آرش مقصودی، ابراهیم ایزدی دربندی و احمد نظامی	۱۱
• تأثیر پرایمینگ و دما بر خصوصیات سبزشدن و استقرار گیاهچه دو ژنوتیپ عدس (<i>Lens culinaris</i> Medik.) با قدرت جوانه‌زنی کم و زیاد	سید جلال آذری، مهدی پارسا، احمد نظامی، رضا توکل افشاری و جعفر نباتی	۲۴
• پارامتریابی و ارزیابی مدل SSM_iCrop2 برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیا (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) در ایران	سمانه محمدی، ابراهیم زینلی، افشین سلطانی و بنیامین ترابی	۳۷
• بررسی تأثیر کود نانوکلات آهن بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای پروتئین دانه لوبیاقرمز (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) در شرایط تنش خشکی	سحر قاسمی، عیسی پیری و ابوالفضل توسلی	۵۵
• تنوع ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های عدس (<i>Lens culinaris</i> Medik.) با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره	زینب عزیزی‌زاده، زهرا طهماسبی و امیر میرزایی	۷۳
• ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز: <i>Thrips tabaci</i> L. (Thysanoptera: Thripidae) روی شش رقم لوبیاقرمز در شرایط مزرعه	صدیقه اشتری	۸۷
• اثر مصرف ژنولیت و کود مرغی غنی‌شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	مهیار محمدزاده، یوسف نیکنژاد، هرمز فلاح‌آملی، داوود براری و سید میثم باغبانیان	۹۹

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، قراردادن کشور در وضعیت طبیعی و اقلیمی خشک است؛ به‌طوری‌که 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 از تیرماه سال ۱۳۸۹ به صورت دوفصلنامه، 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 خَلر 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. فایل تعهدنامه در سایت نشریه در بخش «ارسال مقاله، لینک راهنمای نویسندگان» موجود است. تعهدنامه باید به امضای نویسنده مسئول و یکایک نویسندگان مقاله برسد. همچنین نویسنده مسئول، قلم «تعارض منافع» را از همین قسمت از سایت، در سافت و امضاء می‌نماید. قلم‌های امضاء شده، 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 رد 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 هیچ کدام از فرایندهای دریافت تا پذیرش، هیچ گونه وجهی را بابت پردازش‌های مختلف مقاله، از نویسنده(گان) دریافت نمی‌نماید.

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.

برخی از پایگاه‌هایی که این نشریه در آن‌ها 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>



بررسی کارآیی اختلاط علف‌کش پایدیت با چند علف‌کش باریک‌برگ‌کش در کنترل علف‌های هرز نخود (*Cicer arietinum* L.)

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

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز دانشگاه فردوسی مشهد؛ arashwenger@yahoo.com
۲- استاد و عضو هیئت علمی گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو پیوسته پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
(به ترتیب، nezami@um.ac.ir و e-izadi@um.ac.ir)

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۲۷، بازنگری: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

مقصودی، آ.، ایزدی دربندی، ا. و نظامی، ا. ۱۴۰۱. بررسی کارآیی اختلاط علف‌کش پایدیت با چند علف‌کش باریک‌برگ‌کش در کنترل علف‌های هرز نخود (*Cicer arietinum* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۱): ۲۳-۱۱.

چکیده

به منظور بررسی کارآیی اختلاط علف‌کش پایدیت با چند علف‌کش باریک‌برگ‌کش در کنترل علف‌های هرز نخود آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. عوامل مورد بررسی در آزمایش شامل کاربرد علف‌کش‌های پایدیت، کلتودیم، ستوکسیدیم، هالوکسی‌فوپ متیل و سیکلوکسیدیم به صورت خالص و کاربرد علف‌کش پایدیت به صورت مخلوط با باریک‌برگ‌کش‌های کلتودیم، ستوکسیدیم، هالوکسی‌فوپ متیل و سیکلوکسیدیم در مقدار توصیه‌شده به همراه دو تیمار شاهد و چین تمام فصل و بدون کنترل علف‌های هرز بودند. نتایج نشان داد که اختلاط علف‌کش‌ها موجب افزایش کنترل علف‌های هرز نسبت به کاربرد خالص هر کدام شد. با وجود این، به دلیل غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزرعه مورد مطالعه، بین تیمارهای کاربرد مخلوط علف‌کش‌ها و پایدیت به تنهایی اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. در بین تیمارها، کاربرد مخلوط پایدیت و کلتودیم دارای بیشترین عملکرد دانه (۹۴۵ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد مخلوط پایدیت و سیکلوکسیدیم بیشترین عملکرد زیست‌توده (۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) نخود را به خود اختصاص دادند. با این حال با توجه به امن بودن مصرف تمامی علف‌کش‌های مخلوط این آزمایش و نبود اثرات سوء بر گیاه نخود و همچنین با توجه به فلور غالب مزرعه مورد نظر می‌توان از هر کدام از علف‌کش‌های این آزمایش استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ستوکسیدیم؛ کلتودیم؛ کنترل شیمیایی؛ هالوکسی‌فوپ متیل

مقدمه

نیمه‌خشک، حاصلخیزی اندک خاک‌ها، مدیریت زراعی نامناسب، طغیان آفات و بیماری‌ها و به ویژه علف‌های هرز اشاره کرد (Pasra & Bagheri, 2008). صرف‌نظر از مزایای گسترده کشت نخود در تناوب با گیاهان زراعی، نخود از گیاهانی است که به دلیل نداشتن صفات رقابتی مناسب، از جمله سرعت رشد اولیه کم، ارتفاع و سطح برگ بالاتر در اوایل رشد به حضور علف‌های هرز بسیار حساس بوده و رقیب مناسبی به‌خصوص در مراحل اولیه رشد با علف‌های هرز نیست و از این‌رو علف‌های هرز به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در خلاء عملکرد نخود محسوب می‌شوند و چنانچه کنترل نشوند، می‌توانند خسارت زیادی را بر نخود وارد کنند؛ به‌طوری‌که تلفات ناشی از عملکرد نخود ناشی از تداخل علف‌های هرز بین ۴۰ تا ۹۰ درصد گزارش

در ایران و در بین حبوبات، نخود (*Cicer arietinum* L.) به عنوان مهم‌ترین حبوبات رتبه نخست را با ۶۳/۵ درصد از سطح زیرکشت کل حبوبات به خود اختصاص داده است و با دارا بودن مقدار قابل توجهی پروتئین و عناصر ضروری مانند کلسیم، فسفر، آهن و انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه ضروری، ارزش غذایی بالایی در بین حبوبات دارد (Pasra & Bagheri, 2008; Jihad, 2016). عوامل متعددی در پایین بودن متوسط عملکرد نخود در ایران در قیاس با متوسط جهانی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به اقلیم خشک و

* نویسنده مسئول: e-izadi@um.ac.ir

پیش‌کاشت و پیش‌رویشی برای جلوگیری از استقرار گیاهچه‌های علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در آمریکا و استرالیا علف‌کش‌های تریفلورالین و اتال‌فلورالین و سیمازین به صورت پیش‌کاشت، پایدیت به صورت پس‌رویشی برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع نخود مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mousavi *et al.*, 2010). علف‌کش ایمازتاپیر به صورت پیش‌کاشت آمیخته با خاک و همچنین به صورت پیش و پس‌رویشی در کشت حبوبات قابل کاربرد است، فعالیت باقی‌مانده این علف‌کش سبب کنترل علف‌های هرز طی فصل رشد می‌شود (Mousavi *et al.*, 2010) و از جمله علف‌کش‌های ثبت‌شده در کشور ترکیه برای کنترل علف‌های هرز در مزارع نخود به شمار می‌رود. همچنین ارزیابی دوساله‌ای مشخص شد که ایمازتاپیر به میزان ۸۴/۶ درصد گونه‌های پهن‌برگ را کنترل کرد (Kantar *et al.*, 1999). ضمناً به منظور کنترل علف‌های هرز باریک برگ در مزارع حبوبات از جمله نخود در ایران، از باریک‌برگ‌کش‌های مرسوم از خانواده بازدارندگان سنتز اسیدهای چرب استفاده می‌شود (Zand, *et al.*, 2017).

به‌طور کلی همانند سایر حبوبات، نخود نیز نسبت به علف‌کش‌های پیش‌رویشی در مقایسه با تیمارهای پس‌رویشی متحمل‌تر است. این موضوع گویای محدودیت علف‌کش‌ها به ویژه علف‌کش‌های پس‌رویشی برای این گیاه است (Solh & Pala, 1990). پایدیت با نام تجاری لنتاگران از علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز در فتوسیستم دو و از خانواده فنیل پیریدازین‌ها می‌باشد که برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع نخود به صورت پس‌رویشی به کار برده می‌شود. با توجه به این‌که علف‌کش پایدیت یک علف‌کش پهن‌برگ‌کش است و معمولاً مزارع نخود دارای هردو طیف علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک برگ هستند (Chaleh chaleh *et al.*, 2014; Karimi, 2012)، نیاز به یک علف‌کش دومنظوره که توانایی کنترل تمامی طیف علف‌های هرز را داشته باشد، احساس می‌شود. به همین دلیل این تحقیق به منظور بررسی امکان اختلاط علف‌کش پایدیت با باریک‌برگ‌کش‌های هالوکسی‌فوپ متیل، ستوکسیدیم، سیکلوکسیدیم و کلتودیم به منظور افزایش طیف کنترل علف‌های هرز مزارع نخود انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد علف‌کش‌های پایدیت، کلتودیم، ستوکسیدیم،

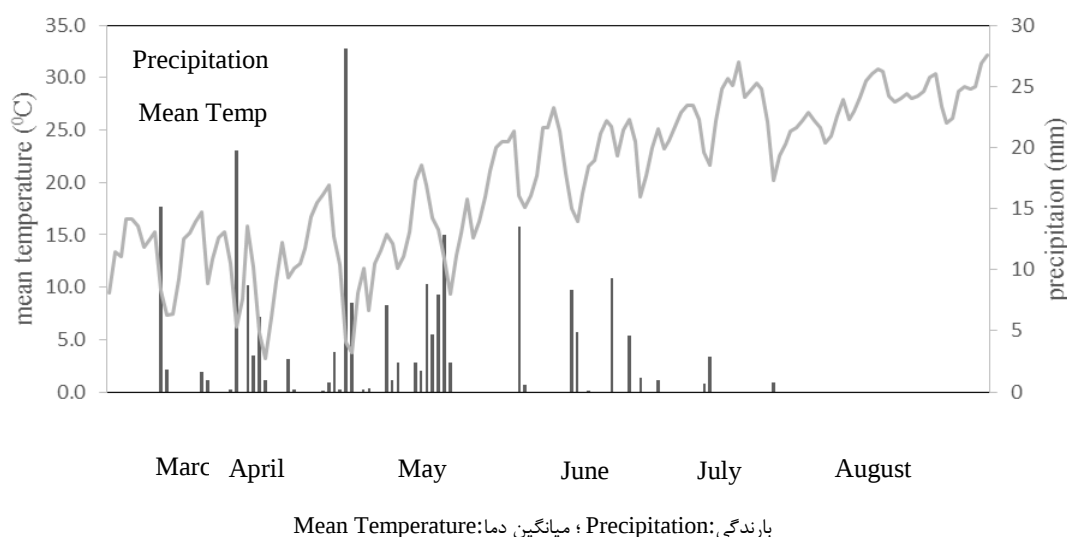
شده است (Parsa & Bagheri, 2008; Solh & Pala, 2007; Data *et al.*, 1990).

در بین روش‌های کنترل علف‌های هرز، کاربرد علف‌کش‌ها به عنوان مهم‌ترین روش می‌باشد؛ به‌طوری‌که بخش قابل‌توجهی از عملکرد محصولات زراعی مرهون مصرف آن‌ها می‌باشد. تاکنون ۱۱ علف‌کش در ایران برای مبارزه با علف‌های هرز حبوبات توصیه شده است که در این بین دو علف‌کش برای نخود کاربرد دارند که شامل پایدیت و لینورون می‌باشند که به ترتیب به صورت پس‌رویشی و دیگری به صورت قبل از کاشت و مخلوط با خاک کاربرد دارند. ضمناً باریک‌برگ‌کشی در حبوبات به ثبت نرسیده است و از باریک‌برگ‌کش‌های مرسوم استفاده می‌شود (Zand *et al.*, 2017). در ایران تحقیقات پراکنده‌ای برای بررسی کارآیی استفاده از علف‌کش‌ها در مزارع نخود صورت گرفته است. برای مثال (Mousavi *et al.*, 2010) با بررسی علف‌کش‌های سیمازین، پرومترین، فومسافن، ایمازتاپیر و پندی‌متالین مشاهده کردند که تمامی علف‌کش‌های مورد آزمایش به طور معنی‌داری سبب کاهش تراکم علف‌های هرز در مقایسه با شاهد بدون کنترل علف‌های هرز شدند، اما برخی از علف‌کش‌ها مانند ایمازتاپیر و فومسافن باعث ایجاد اثرات گیاه‌سوزی شدیدی در نخود شدند. در مطالعه‌ای دیگر کاربرد علف‌کش ایزوکسافلوتل به صورت پس‌رویشی و پیش‌رویشی اختلاف معنی‌داری با شاهد بدون کنترل ایجاد نمود و اختلاف معنی‌داری با کاربرد پایدیت نداشت، اما کاربرد پس‌رویشی ایزوکسافلوتل نتایج بهتری را نسبت به کاربرد پیش‌رویشی آن نشان داد (Waisi, 2001). (Moradi, 2010) گزارش کرد که تیمارهای پیش‌کاشت پندی‌متالین، پیش‌رویشی اکسی‌فلورفن، پیش‌کاشت پندی‌متالین + یک بار وجین، پیش‌کاشت تریفلورالین و پیش‌رویشی ایمازتاپیر به ترتیب با راندمان کنترل ۸۳، ۸۴، ۸۳، ۷۸ و ۷۶ درصد، زیست‌توده علف‌های هرز، مؤثرترین علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز نخود بودند، اما به علت کنترل نامناسب علف‌های هرز چندساله توسط تریفلورالین و همچنین ایجاد گیاه‌سوزی و تأخیر در رشد نخود توسط اکسی‌فلورفن و تأثیر نامناسب علف‌کش ایمازتاپیر روی نخود، عملکرد قابل توجه و مورد انتظاری حاصل نشد. وی همچنین کاربرد علف‌کش‌های پیش‌کاشت را در کاهش جمعیت علف‌های هرز موفق‌تر از علف‌کش‌های پیش‌رویشی دانست.

در سایر کشورها علف‌کش‌های بسیاری برای کنترل علف‌های هرز نخود مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند که از بین آن‌ها علف‌کش‌های مؤثری برای کنترل علف‌های هرز نخود شناسایی شده‌اند. اکثر این علف‌کش‌ها در خاک فعال هستند و به صورت

به نزولات آسمانی قابل قبول فقط یک مرتبه آبیاری به عنوان آبیاری تکمیلی در تاریخ ۹ خرداد در مرحله پرشدن غلاف‌های نخود انجام شد (شکل ۱). سم‌پاشی علف‌کش‌ها با کمک سم‌پاش شارژی مدل MATABI با نازل تی‌جت با شماره ۸۰۰۱ و با فشار ۲/۵ کیلوپاسکال و در مرحله دو تا چهار برگی علف‌های هرز در تاریخ ۱۶ اردیبهشت‌ماه انجام گرفت و برای مبارزه با آفت هلیوتیس (*Heliotis sp.*) در تاریخ ۹ خرداد سم‌پاشی با سم ایندوکساکارب (آوانت) با دز نیم لیتر در هکتار انجام شد. ضمناً به دلیل اعمال شرایط آبیاری تکمیلی، از هیچ گونه کود شیمیایی و غیرشیمیایی در این آزمایش استفاده نگردید.

هالوکسی‌فوپ متیل و سیکلوکسیدیم به صورت خالص و کاربرد علف‌کش پایردیت به صورت مخلوط با باریک‌برگ‌کش‌های کلتودیم، ستوکسیدیم، هالوکسی‌فوپ متیل و سیکلوکسیدیم در مقدار توصیه‌شده به همراه دو تیمار شاهد وجین تمام فصل و بدون کنترل علف‌های‌هرز بودند. پس از آماده‌سازی زمین (گاواهن در پاییز و دیسک و لولر در اسفندماه) اقدام به کاشت نخود در تاریخ ۲۱ اسفندماه به صورت دستی در کرت‌هایی با ابعاد سه متر در چهار متر (مساحت ۱۲ مترمربع) و بر روی پشته‌ها با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع شد و برای پیش‌گیری از بیماری‌های قارچی بذور نخود با قارچ‌کش توبوکونازول به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. در این مطالعه آبیاری اول در تاریخ ۲۲ اسفندماه پس از کشت نخود انجام شد و پس از آن با توجه



شکل ۱- نمودار امبروترمیک شهرستان مشهد در طول فصل رشد
Fig. 1. Ombrothermic curve of Mashhad city in growing season

نرم‌افزار آماری SAS Ver 9.1 انجام شد همچنین رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

نتایج و بحث

علف‌های هرز غالب مزرعه مورد مطالعه

با توجه به نمونه‌گیری از فلور علف‌های‌هرز از محل مورد مطالعه، نتایج آزمایش‌های گونه‌های علف‌های‌هرز و برخی خصوصیات آن‌ها به صورت جدول ۱ مشاهده شد و با توجه به جدول، غالبیت علف‌های‌هرز مزرعه مورد مطالعه به ترتیب با تاج‌ریزی، سلمه‌تره و تاج‌خروس مشاهده شد.

به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش در دوره زمانی ۱۳، ۲۳ و ۴۸ روز پس از سم‌پاشی از سطحی به مساحت نیم مترمربع نمونه‌برداری علف‌های‌هرز انجام شد و زیست‌توده و تراکم آن‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر رشد، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه نخود در انتهای فصل (۸ تیرماه ۱۳۹۵) و پس از رسیدگی کامل بوته‌های نخود، نمونه‌برداری با برداشت ۴۰ بوته نخود به صورت تصادفی از نیمه غیرتخریبی هر کرت (تراکم نخود در یک مترمربع) انجام و پس از خشک‌شدن بوته‌ها در هوای آزاد به مدت دو روز زیست‌توده خشک و عملکرد دانه نخود با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت صدم گرم اندازه‌گیری شد.

آنالیز واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از

جدول ۱- فهرست گونه‌های علف‌هرز شایع در مزرعه مورد مطالعه و برخی خصوصیات آن‌ها
Table 1. List of weed species in studied farm and some their characteristics

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	نسبت فراوانی (درصد) Relative frequency (%)	چرخه زندگی Life cycle	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway
پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	2.9	perennial	C ₃
تاج‌خروس	<i>Amaranthus</i> Spp.	Amaranthaceae	15	Annual	C ₄
تاج‌ریزی سیاه	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	32.3	Annual	C ₃
خرقه	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	2.1	Annual	CAM
سلمه‌تره	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	29	Annual	C ₃
سوروف	<i>Echinochloa crus-gali</i> L.	Poaceae	2.5	Annual	C ₄
شاه‌تره وحشی	<i>Fumaria</i> Spp.	Papaveraceae	1.7	Annual	C ₃
علف قناری	<i>Phalaris minor</i> L.	Poaceae	4.2	Annual	C ₃
علف هفت‌بند	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae	8.6	Annual	C ₃
کنف وحشی	<i>Hibiscus trionum</i> L.	Malvaceae	1.2	Annual	C ₃
گاوچاق‌کن	<i>Sonchus asper</i> L.	Asteraceae	0.5	Annual	C ₃

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

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های هرز در سه مرحله نمونه‌برداری از علف‌های هرز
Table 2. Analysis of variance (mean squares) the effect of treatments on weed density in three sampling stages

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی DF	تراکم علف‌های هرز Weed density		
		۱۳ روز پس از تیمار 13 DAT	۲۳ روز پس از تیمار 23 DAT	۴۸ روز پس از تیمار 48 DAT
Replication تکرار	2	1.81	0.93	0.71
Treatment تیمار	9	1.27**	0.65**	**0.34
Error خطا	18	0.09	0.13	0.05
Total کل	29	-	-	-
CV (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	6.83	8.88	5.55

DAT: days after treatment

DAT: روزهای پس از تیمار (سم‌پاشی)

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

* and ** are significant at 5% and 1%, respectively

تأثیر تیمارهای آزمایش بر تراکم علف‌های هرز

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش در هر سه مرحله نمونه‌برداری بر تراکم علف‌های هرز معنی‌دار شد. در مرحله اول نمونه‌برداری (۱۳ روز پس از سم‌پاشی)، بین تیمارهای کاربرد علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش به صورت خالص، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد؛ با وجود این، بیشترین (۲۰۰/۴۳) بوته در مترمربع و کمترین (۱۲۵/۳۳) بوته در مترمربع تراکم علف‌های هرز به

ترتیب در تیمارهای کاربرد کلتودیم و هالوکسی‌فوپ متیل مشاهده شد (جدول ۳). در صورتی که بین کاربرد علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش به صورت خالص و کاربرد علف‌کش پایردیت به صورت خالص اختلاف معنی‌داری مشاهده شد؛ به طوری که کمترین تراکم علف‌های هرز (۴۵/۳۳) بوته در مترمربع در بین تیمارهای کاربرد خالص علف‌کش‌ها در تیمار پایردیت مشاهده شد که مربوط به غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ مزرعه مورد مطالعه بود (جدول ۱). در بین تیمارهای

باعث کاهش ۸/۱ و ۸۴/۹ درصد از علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شدند. در مطالعه‌ای مشابه در بررسی تأثیر کاربرد هالوکسی فوپ متیل و کلتودیم بر کنترل علف‌های هرز خود نیز گزارش شده است که کاربرد این دو علف‌کش کارآیی ضعیفی در کنترل علف‌های هرز داشتند. در این بررسی، اگرچه کنترل علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل بیشتر بود، اما نسبت به کاربرد مخلوط این دو علف‌کش با علف‌کش سیانازین کمتر بود. این مهم به دلیل غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ آن مزرعه نسبت داده شد (Plew *et al.*, 1994) که در تطابق با نتایج این آزمایش است.

کاربرد مخلوط علف‌کش‌ها، کمترین و بیشترین تراکم علف‌های هرز به ترتیب در تیمارهای کاربرد پایریدیت+ ستوکسیدیم (۳۳/۳۳ بوته در مترمربع) و پایریدیت+ کلتودیم (۸۱/۳۳ بوته در مترمربع) مشاهده شد که در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند و با کاربرد خالص پایریدیت اختلافی نداشتند. به طور کلی در مرحله اول نمونه‌برداری بیشترین تراکم علف‌های هرز (۲۰۰/۴۳ بوته در مترمربع) و کمترین تراکم علف‌های هرز (۳۳/۳۳ بوته در مترمربع) به ترتیب در تیمارهای کاربرد خالص کلتودیم و تیمار کاربرد مخلوط پایریدیت+ ستوکسیدیم مشاهده شد و به ترتیب

جدول ۳- مقایسات میانگین تراکم علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش در سه مرحله نمونه‌برداری
Table 3. Mean comparisons the effect of treatments on weed density in three sampling periods

تیمار Treatment	تراکم علف‌هرز (بوته در مترمربع) Weed density (Plant.m ²)		
	۱۳ روز پس از تیمار 13 DAT	۲۳ روز پس از تیمار 23 DAT	۴۸ روز پس از تیمار 48 DAT
پایریدیت Pyridate	45.33 bc	52.00 bcde	76.00 e
کلتودیم Clethodim	200.43 a	87.10 ab	145.13 a
ستوکسیدیم Sethoxidim	144.00 a	80.00 abcd	109.33 ab
هالوکسی فوپ متیل Haloxypop-Methyl	125.33 a	66.66 abcd	85.33 bcd
سیکلوکسیدیم Cycloxydim	165.33 a	96.00 abc	60.00 bcde
پایریدیت+ کلتودیم Pyridate+ Clethodim	81.33 b	44.46 de	85.33 bc
پایریدیت+ ستوکسیدیم Pyridate+ Sethoxidim	33.33 c	45.33 cde	59.80 cde
پایریدیت+ هالوکسی فوپ متیل Pyridate+ Haloxypop- Methyl	77.33 b	29.33 e	56.00 de
پایریدیت+ سیکلوکسیدیم Pyridate+ Cycloxydim	41.33 bc	49.33 de	56.00 de
بدون وجین علف‌هرز Weed interference	217.93 a	129.33 a	62.66 bcd

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

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

احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند؛ به‌طوری‌که کمترین (۲۹/۳۳ بوته در مترمربع) و بیشترین (۴۹/۳۳ بوته در مترمربع) تراکم علف‌های هرز به ترتیب مربوط به تیمارهای کاربرد پایریدیت+ هالوکسی فوپ متیل و پایریدیت+ سیکلوکسیدیم بود. به طور کلی در این مرحله از نمونه‌برداری بیشترین (۹۶ بوته در مترمربع) و کمترین (۲۹/۳۳ بوته در مترمربع) تراکم علف‌های هرز، به ترتیب در تیمار کاربرد سیکلوکسیدیم به‌صورت خالص و کاربرد تیمار مخلوط پایریدیت+ هالوکسی فوپ متیل مشاهده شد که به ترتیب منجر به کاهش ۲۵/۸ و ۷۷/۴ درصدی تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد عدم کنترل شدند.

در مرحله سوم نمونه‌برداری (۴۸ روز پس از سم‌پاشی)، در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به صورت خالص بیشترین

در مرحله دوم نمونه‌برداری (۲۳ روز پس از سم‌پاشی) نیز بین تیمارهای کاربرد خالص علف‌کش‌ها، اختلاف معنی‌داری بین کاربرد باریک‌برگ‌کش‌ها مشاهده نشد. کمترین (۶۶/۶۶ بوته در مترمربع) و بیشترین (۹۶ بوته در مترمربع) تراکم علف‌های هرز به ترتیب مربوط به تیمارهای کاربرد هالوکسی فوپ متیل و سیکلوکسیدیم بود و تأثیر کاربرد پایریدیت بر تراکم علف‌های هرز (۵۲ بوته در مترمربع) به صورت خالص، اختلاف معنی‌داری نسبت به کاربرد سایر علف‌کش‌ها به‌صورت خالص نداشت. در بین کاربرد علف‌کش‌ها به‌صورت خالص، بیشترین درصد کاهش تراکم علف‌های هرز (۵۹/۸ درصد) نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل علف‌های هرز، در تیمار کاربرد علف‌کش پایریدیت مشاهده شد. تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به‌صورت مخلوط از نظر آماری در سطح

علف‌های هرز نسبت به کاربرد خالص هر کدام از علف‌کش‌ها شد که در راستای نتایج این آزمایش است.

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان‌دهنده برتری کاربرد مخلوط علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش با پایریدیت نسبت به کاربرد خالص هر کدام از علف‌کش‌ها بود؛ خصوصاً در ابتدای فصل که باعث کاهش تراکم علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری نسبت به کاربرد خالص هر کدام از علف‌کش‌ها شد. از آنجا که علف‌های هرز پهن‌برگ، طیف غالب مزرعه مورد مطالعه را تشکیل می‌دادند (جدول ۱)، کاربرد علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش نتایج اثربخشی را در کاهش تراکم علف‌های هرز نشان ندادند و به همین منظور کاربرد خالص پایریدیت اختلاف معنی‌داری با کاربرد باریک‌برگ‌کش‌ها از خود نشان داد. با وجود این، اختلاط علف‌کش‌ها منجر به کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ نیز شد و در مراحل بعدی نمونه‌برداری اختلافات کمتر شد.

تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست‌توده علف‌های هرز

با توجه به جدول تجزیه واریانس، تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست‌توده علف‌های هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری معنی‌دار شد. بر اساس نتایج حاصل، در مرحله اول نمونه‌برداری (۱۳ روز پس از سم‌پاشی) اختلاف معنی‌داری در بین کاربرد باریک‌برگ‌کش‌ها مشاهده نشد و در بین کاربرد علف‌کش‌ها به صورت خالص، علف‌کش پایریدیت با ۳۳/۴۹ گرم و علف‌کش ستوکسیدیم با ۱۴۲/۵۲ گرم زیست‌توده علف‌های هرز در مترمربع، به ترتیب دارای کمترین و بیشترین زیست‌توده علف‌های هرز بودند. اختلاط باریک‌برگ‌کش‌ها با پایریدیت نسبت به کاربرد خالص هر کدام، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به کاربرد خالص هر کدام ایجاد کرد و کمترین (۹/۴۰ گرم در مترمربع) و بیشترین (۳۹/۸۵ گرم در مترمربع) زیست‌توده علف‌های هرز به ترتیب در تیمارهای پایریدیت+ ستوکسیدیم و پایریدیت+ کلتودیم مشاهده شد؛ به‌طوری‌که کاربرد پایریدیت+ ستوکسیدیم منجر به کاهش ۹۶/۴ درصدی زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل علف‌های هرز شد. همچنین بین کاربرد علف‌کش پایریدیت به‌صورت خالص و پایریدیت+ ستوکسیدیم اختلاف، معنی‌دار شد که نشان از کارآیی بیشتر این مخلوط نسبت به سایر اختلاط‌ها بود. به طور کلی بیشترین (۱۴۲/۵۲ گرم در مترمربع) و کمترین (۹/۴۰ گرم در مترمربع) زیست‌توده علف‌های هرز به ترتیب در تیمار کاربرد ستوکسیدیم به‌صورت خالص و کاربرد مخلوط پایریدیت+ ستوکسیدیم مشاهده شد (جدول ۶).

(۱۴۵/۱۳ بوته در مترمربع) و کمترین (۶۰ بوته در مترمربع) تراکم علف‌های هرز به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد خالص علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم بود. در این مرحله در بین تیمارهای مخلوط علف‌کش‌ها، اختلافات معنی‌داری مشاهده شد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین کاربرد خالص پایریدیت، هالوکسی‌فوپ متیل و سیکلوکسیدیم با علف‌کش‌های مخلوط مشاهده نشد. به طور کلی در انتهای فصل رشد، کمترین تراکم علف‌های هرز (۵۶ بوته در مترمربع) مربوط به تیمارهای کاربرد مخلوط پایریدیت+ هالوکسی‌فوپ متیل و پایریدیت+ سیکلوکسیدیم بود و بیشترین تراکم علف‌های هرز (۱۴۵/۱۳ بوته در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد خالص کلتودیم بود. در انتهای فصل رشد اختلاف معنی‌داری در تراکم علف‌های هرز در بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد، به‌جز کاربرد خالص کلتودیم که دارای بیشترین تراکم علف‌های هرز بود. با توجه به نتایج آزمایش، این علف‌کش در کلیه مراحل نمونه‌برداری کارآیی کمتری نسبت به سایر باریک‌برگ‌کش‌ها داشت. با توجه به این‌که علف‌های هرز باریک‌برگ مزرعه مورد مطالعه شامل سوروف و علف‌قناری بودند، لذا این نتیجه دور از انتظار نیست. از سوی دیگر به نظر می‌رسد ظهور علف‌های هرز جدید در انتهای فصل رشد و احتمالاً به علت نحوه عمل علف‌کش‌های به‌کاررفته در این آزمایش، این مهم بی‌تأثیر نبوده باشد؛ به‌طوری‌که همه علف‌کش‌های به‌کاررفته پس‌رویشی بوده و در بین آن‌ها پایریدیت تماسی و علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش نیز پس‌رویشی سیستمیک و فاقد فعالیت خاکی هستند، نمی‌توانند علف‌های هرز را از این طریق در طول فصل رشد کنترل کنند؛ به همین منظور در انتهای فصل رشد گونه‌هایی که پس از کاربرد علف‌کش‌ها ظاهر شدند، بدون مانعی رشد کرده و اختلافات بین تیمارها را کاهش داده‌اند. در مطالعه‌ای توسط Yasin et al, (1995) در بررسی کاربرد خالص دو علف‌کش باریک‌برگ‌کش دیکلوفوپ متیل و ستوکسیدیم در کنترل علف‌های هرز نخود به صورت پس‌رویشی مشاهده کردند که باریک‌برگ‌کش‌ها باعث کاهش تراکم علف‌های هرز باریک‌برگ شدند، به‌طوری‌که کاربرد ستوکسیدیم باعث کاهش تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل علف‌های هرز شد. نامبردگان همچنین گزارش کردند که اختلاط باریک‌برگ‌کش‌های آزمایش با دیگر علف‌کش‌ها، نسبت به کاربرد خالص هر کدام نتایج بهتری را از خود نشان دادند؛ به‌طوری‌که تمامی اختلاط‌ها باعث افزایش عملکرد نخود و کاهش تراکم

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای آزمایش بر زیست‌توده علف‌های هرز در سه مرحله نمونه‌برداری از علف‌های هرز
Table 4. Analysis of variance (mean squares) the effect of treatments on weed biomass in three sampling stages

Source of variation منابع تغییر	DF درجه آزادی	زیست‌توده علف‌های هرز Weed biomass		
		۱۳ روز پس از تیمار 13 DAT	۲۳ روز پس از تیمار 23 DAT	۴۸ روز پس از تیمار 48 DAT
Replication تکرار	2	0.05	3.86	0.10
Treatment تیمار	9	3.02**	31.68**	0.88**
Error خطا	18	0.20	4.6	0.04
Total کل	29	-	-	-
CV (%) ضریب تغییرات (درصد)	-	11.1	22.1	4.7

DAT: days after treatment

DAT: روزهای پس از تیمار (سم‌پاشی)

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

* and ** are significant at 5% and 1% respectively.

جدول ۵- مقایسات میانگین زیست‌توده علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای آزمایش در سه مرحله نمونه‌برداری
Table 5. Mean comparisons the effect of treatments on weed biomass in three sampling rounds

تیمار Treatment	زیست‌توده علف‌هرز (گرم بر مترمربع) Weed biomass (g.m ⁻²)		
	۱۳ روز پس از تیمار 13 DAT	۲۳ روز پس از تیمار 23 DAT	۴۸ روز پس از تیمار 48 DAT
Pyridate پایریدیت	33.49 d	58.18 b	65.64 d
Clethodim کلتودیم	141.04 ab	156.12 a	241.40 a
Sethoxidim ستوکسیدیم	142.52 ab	156.00 a	166.89 ab
Haloxyp-Methyl هالوکسی‌فوپ متیل	98.85 bc	159.76 a	114.01 bc
Cycloxydim سیکلوکسیدیم	94.38 bc	182.69 a	198.94 a
Pyridate+ Clethodim پایریدیت+ کلتودیم	39.85 cd	46.52 b	73.89 d
Pyridate+ Sethoxidim پایریدیت+ ستوکسیدیم	9.40 e	43.33 b	60.69 d
Pyridate+ Haloxyp-Methyl پایریدیت+ هالوکسی‌فوپ متیل	30.01 d	50.62 b	70.96 d
Pyridate+ Cycloxydim پایریدیت+ سیکلوکسیدیم	38.06 d	42.29 b	89.58 cd
Weed interference بدون وجین علف‌هرز	267.69 a	167.79 a	228.22 a

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

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

کنترل علف‌های هرز برتر بود. در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به صورت خالص، بیشترین (۱۸۲/۶۹ گرم در مترمربع) و کمترین (۵۸/۱۸ گرم در مترمربع) زیست‌توده علف‌های هرز به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد خالص

در مرحله دوم نمونه‌برداری (۲۳ روز پس از سم‌پاشی) اختلافات معنی‌داری بین تیمارهای کاربرد خالص باریک‌برگ کش‌ها مشاهده نشد؛ به‌طوری‌که مانند مرحله اول نمونه‌برداری تیمار پایریدیت نسبت به کاربرد دیگر علف‌کش‌های خالص در

زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به کاربرد خالص هر کدام شد (Yasin et al., 1995) که در تطابق با نتایج این آزمایش است.

تأثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد زیست‌توده و دانه نخود

بر اساس نتایج آزمایش، در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به صورت خالص، اختلاف معنی‌داری بین کاربرد باریک‌برگ‌کش‌ها در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد، اما تیمار کاربرد پایریدیت به صورت خالص اختلاف معنی‌داری با کاربرد کلتودیم به صورت خالص داشت؛ به‌طوری‌که کمترین (۱۷۵/۰ گرم در مترمربع) و بیشترین (۳۴۱/۷ گرم در مترمربع) زیست‌توده نخود به ترتیب در تیمارهای کاربرد خالص کلتودیم و پایریدیت مشاهده شد. در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به صورت مخلوط اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با این وجود بیشترین (۳۷۰/۰ گرم در مترمربع) و کمترین (۳۲۶/۷ گرم در مترمربع) زیست‌توده علف‌های هرز به ترتیب در تیمارهای کاربرد پایریدیت+سیکلوکسیدیم و پایریدیت+ستوکسیدیم مشاهده شد که به ترتیب باعث افزایش ۸۵/۰ و ۶۳/۰ درصدی زیست‌توده نخود نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل شد. همچنین کاربرد خالص پایریدیت اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با تیمارهای مخلوط نداشت. اگرچه در اختلاط با کلتودیم، هالوکسی‌فوپ متیل و سیکلوکسیدیم منجر به افزایش عملکرد زیست‌توده نسبت به کاربرد آن به صورت خالص شد، اما این میزان به لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود؛ هرچند در سطوح آماری بالاتر این اختلاف قابل قبول است. به نظر می‌رسد این مهم به دلیل غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزرعه مورد مطالعه بود.

در بین تیمارهای کاربرد خالص علف‌کش‌ها، کمترین عملکرد دانه نخود (۱۷/۳۳ گرم در مترمربع) مربوط به کاربرد کلتودیم و بیشترین عملکرد دانه (۸۰/۸۱ گرم در مترمربع) مربوط به کاربرد پایریدیت بود. کاربرد پایریدیت به صورت خالص اختلاف معنی‌داری نسبت به کاربرد خالص دیگر علف‌کش‌ها در سطح احتمال ۵ درصد داشت و باعث افزایش عملکرد دانه شد. در بین علف‌کش‌های مخلوط، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. با این حال، بیشترین (۹۴/۵۹ گرم در مترمربع) و کمترین (۷۸/۱۳ گرم در مترمربع) عملکرد دانه نخود به ترتیب در تیمار کاربرد پایریدیت+کلتودیم و پایریدیت+ستوکسیدیم مشاهده شد. اگرچه اختلاط علف‌کش‌ها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با کاربرد خالص پایریدیت نداشت، اما باعث افزایش عملکرد دانه نخود شد؛ به‌طوری‌که اختلاط کلتودیم، ستوکسیدیم، هالوکسی‌فوپ متیل

سیکلوکسیدیم و پایریدیت بود. در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به صورت مخلوط، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در بین تیمارها مشاهده نشد؛ به‌طوری‌که بیشترین (۵۰/۶۲ گرم در مترمربع) و کمترین (۴۲/۲۹ گرم در مترمربع) زیست‌توده علف‌های هرز به ترتیب در تیمارهای پایریدیت+هالوکسی‌فوپ متیل و پایریدیت+سیکلوکسیدیم مشاهده شد. به طور کلی در مرحله دوم نمونه‌برداری کمترین کارآیی در کنترل زیست‌توده علف‌های هرز را تیمار سیکلوکسیدیم و بیشترین کارآیی را تیمار پایریدیت+سیکلوکسیدیم با کاهش ۷۴/۹ درصدی زیست‌توده علف‌های هرز داشت (جدول ۶).

در مرحله سوم نمونه‌برداری (۴۸ روز پس از سم‌پاشی) بین تیمارهای کاربرد باریک‌برگ‌کش‌ها به صورت خالص، کاربرد هالوکسی‌فوپ متیل اختلاف معنی‌داری با دیگر علف‌کش‌ها داشت؛ به‌طوری‌که با ۱۱۴/۰۱ گرم در مترمربع زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به دیگر باریک‌برگ‌کش‌ها کارآیی بیشتری در کنترل علف‌های هرز داشت. تیمار کاربرد پایریدیت به صورت خالص با ۶۵/۴۶ گرم در مترمربع زیست‌توده علف‌های هرز بین تیمارهای کاربرد خالص علف‌کش‌ها دارای بیشترین کارآیی بود؛ اگرچه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با تیمار برتر باریک‌برگ‌کش‌ها (هالوکسی‌فوپ متیل) نداشت؛ اما با کاهش ۷۱/۴ درصدی زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کنترل، برترین تیمار در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به صورت خالص بود. در این مرحله اختلاط علف‌کش‌ها در تمامی تیمارها نسبت به کاربرد خالص علف‌کش‌ها منجر به اختلاف معنی‌داری نشد؛ به‌طوری‌که کاربرد خالص پایریدیت با کاربرد مخلوط هیچ یک از علف‌کش‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت. در بین علف‌کش‌های مخلوط، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد. با وجود این، کمترین (۶۰/۶۹ گرم در مترمربع) و بیشترین (۸۹/۵۸ گرم در مترمربع) زیست‌توده علف‌های هرز به ترتیب در تیمارهای کاربرد پایریدیت+ستوکسیدیم و پایریدیت+سیکلوکسیدیم مشاهده شد که به ترتیب با ۷۱/۱ و ۶۰/۸ درصد کاهش زیست‌توده علف‌های هرز به ترتیب بیشترین و کمترین کارآیی را در آخر فصل رشد داشتند (جدول ۶).

نتایج آزمایشات Balyan et al, (1987) نشان دادند که کارآیی علف‌کش‌های مخلوط در کاهش زیست‌توده علف‌های هرز نخود نسبت به کاربرد هر کدام به صورت خالص بیشتر بود. همچنین در آزمایشی دیگر اختلاط علف‌کش‌های سیانازین و تربوترین به ترتیب با ستوکسیدیم باعث کاهش

تیمارهای کنترلی محسوب شد. به نظر می‌رسد این اختلاط اگرچه منجر به بهبود کارآیی کنترل علف‌های هرز شد، اما عملکرد نخود در این تیمار نسبت به کاربرد پایریدیت به صورت خالص، کمتر شد. اگرچه این اختلاف جزئی است و از نظر آماری معنی‌دار نیست، ولی ممکن است افزایش کارآیی کنترلی علف‌های هرز در این مخلوط باعث آسیب به نخود شده باشد که نیاز به بررسی دقیق در مطالعات آتی است. نتایج Yasin et al., (1995) هم نشان داد که اختلاط ستوکسیدیم با سیانازین نسبت به کاربرد خالص هر دو علف‌کش باعث حصول عملکرد دانه نخود کمتری شد که در این آزمایش هم بررسی خسارت علف‌کش‌ها به نخود بررسی نشده است. به هر حال به نظر می‌رسد اختلاط ستوکسیدیم با پایریدیت باعث افزایش کارآیی کنترلی مخلوط این دو علف‌کش می‌شود و می‌تواند منجر به خسارت به گیاه زراعی شود که نیاز به بررسی‌های بیشتری در آینده دارد.

در این بین تیمار کاربرد پایریدیت+ کلتودیم با ۹۴۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، بهترین نتیجه را در بین تیمارهای علف‌کش‌های مخلوط داشت. همچنین کاربرد مخلوط پایریدیت+ سیکلوکسیدیم با ۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار زیست‌توده نخود، بالاترین مقدار در بین علف‌کش‌های مخلوط را به خود اختصاص داد.

و سیکلوکسیدیم با پایریدیت به ترتیب منجر به افزایش ۴۴۶، ۲۲۴ و ۹۸ درصدی عملکرد دانه نخود نسبت به کاربرد هر کدام از باریک‌برگ‌کش‌ها به صورت خالص شد (جدول ۸).

نتایج زیادی مبنی بر افزایش عملکرد نخود در صورت مصرف علف‌کش‌ها به صورت مخلوط نسبت به کاربرد خالص آن‌ها گزارش شده است که مطابق با نتایج این آزمایش است (Yasin et al., 1995; Lyon & Wilson, 2005; Mousavi et al., 2010). اما به دلیل غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزرعه مورد مطالعه (جدول ۱)، تیمار کاربرد پایریدیت به صورت خالص اختلاف معنی‌داری با علف‌کش‌های مخلوط نداشت. نتایج Yasin et al., (1995) نیز به دلیل غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع مورد آزمایش مطابق با نتایج این آزمایش بود؛ به‌طوری‌که کاربرد خالص باریک‌برگ‌کش‌ها از جمله ستوکسیدیم، اگرچه منجر به افزایش عملکرد نخود نسبت به شاهد بدون کنترل شد، اما نتوانست منجر به افزایش عملکرد به اندازه تیمار شاهد وجین تمام فصل بشود. در تمامی تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها به صورت مخلوط، به‌جز تیمار کاربرد پایریدیت+ ستوکسیدیم، عملکرد زیست‌توده و دانه نخود افزایش پیدا کرد. تیمار مخلوط علف‌کش پایریدیت+ ستوکسیدیم کنترل مناسبی بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز خصوصاً در مرحله اول نمونه‌برداری داشت و از برترین

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

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

تیمار Treatment	زیست‌توده نخود (کیلوگرم در هکتار) Chickpea biomass (Kg.h ⁻¹)	عملکرد دانه نخود (کیلوگرم در هکتار) Chickpea seed yield (Kg.h ⁻¹)
پایریدیت Pyridate	2416 abc	808 a
کلتودیم Clethodim	1750 e	173 d
ستوکسیدیم Sethoxidim	2466 bcde	241 d
هالوکسی‌فوپ متیل Haloxyfop-Methyl	2606 cde	415 cd
سیکلوکسیدیم Cycloxydim	2550 abcde	524 bc
پایریدیت+ کلتودیم Pyridate+ Clethodim	3616 abc	945 a
پایریدیت+ ستوکسیدیم Pyridate+ Sethoxidim	3666 abcd	781 ab
پایریدیت+ هالوکسی‌فوپ متیل Pyridate+ Haloxyfop- Methyl	3683 ab	825 a
پایریدیت+ سیکلوکسیدیم Pyridate+ Cycloxydim	3700 ab	815 a
Weed interference بدون وجین علف‌هرز	2000 de	304 cd
Weed free وجین تمام فصل علف‌هرز	3933 a	803 a

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

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

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این آزمایش، اختلاط علف‌کش پایریدیت با باریک‌برگ‌کش‌های هالوکسی‌فوپ متیل، ستوکسیدیم، سیکلوکسیدیم و کلتودیم منجر به افزایش طیف کنترل علف‌های هرز و همچنین افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده نخود نسبت به کاربرد خالص هر کدام از باریک‌برگ‌کش‌ها شد؛ به‌جز در تیمار کاربرد مخلوط پایریدیت+ ستوکسیدیم که عملکرد دانه نخود، نسبت به کاربرد خالص پایریدیت کمتر شد؛ اما معنی‌دار نبود. اما به علت غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزرعه مورد مطالعه، اختلاط باریک‌برگ‌کش‌ها با پایریدیت، اختلاف چشمگیر و معنی‌داری در کنترل علف‌های هرز و همچنین عملکرد دانه و زیست‌توده نخود نسبت به کاربرد خالص پایریدیت نداشت. در بین تیمارهای مخلوط علف‌کش‌ها، در مخلوط پایریدیت با کلتودیم بیشترین عملکرد دانه نخود (۹۴۵ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین زیست‌توده نخود مربوط

به تیمار پایریدیت و سیکلوکسیدیم (۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در رابطه با کاربرد علف‌کش‌های مخلوط در این آزمایش هیچ‌یک از علف‌کش‌های مخلوط، ایجاد گیاه‌سوزی بر نخود نداشتند و همه آن‌ها با توجه به نتایج این آزمایش قابل توصیه می‌باشند. با این حال اختلاط پایریدیت با باریک‌برگ‌کش‌ها منجر به افزایش کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده نخود شد. لذا با توجه به فلور غالب علف‌های هرز مزرعه می‌توان تصمیم‌گیری برای کاربرد مخلوط یا تنهایی علف‌کش‌ها انجام داد، به‌صورتی‌که اگر غالبیت مزرعه با علف‌های هرز پهن‌برگ باشد، کاربرد پایریدیت به تنهایی می‌تواند عملکرد قابل قبولی نسبت به کاربرد علف‌کش مخلوط ایجاد کند و در صورتی‌که در مزرعه نخود هر دو طیف باریک برگ و پهن‌برگ مشاهده شوند، می‌توان از مخلوط پایریدیت با باریک‌برگ‌کش‌های این آزمایش استفاده کرد.

منابع

1. Balyan, R.S., Malik, R.K., Vedwan, R.P.S., and Bhan, V.M. 1987. Chemical weed control in chickpea. *International Journal of Pest Management* 33(1): 16-18.
2. Chaleh Chaleh, Y., Min Bashi Moeni, M., and Shirani Rad, A.H. 2014. Weed distribution map of chickpea farms and their present prediction in farm lands of Kermashah with geographic information systems (GIS). *Journal of Weed Ecology* 2(2): 95-111. (In Persian).
3. Datta, A., Sindel, B.M., Jessop, R.S., Kristiansen, P., and Felton, W.L. 2007. Phytotoxic response and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes with pre-emergence application of isoxaflutole. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47(12): 1460-1467.
4. Jihad Ministry Agriculture. 2016. Agriculture Statistics. Available at website <http://www.maj.ir>. (Verified 23 November 2010).
5. Karimi Torki, B., Hosseinian Khoshrou, H., Bihamta, M.R., Moradi, P., and Alipour Yamchi, H.M. 2012. Evaluation of tolerance of chickpea genotypes to weed competition. *Journal of Shrubs and Seed Breeding* 2(4): 471-487. (In Persian).
6. Kantar, F., Elkoca, E., and Zengin, H. 1999. Chemical and agronomical weed control in chickpea. *Journal of Agriculture and Forestry* 23(6): 631-635.
7. Lyon, D.J., and Wilson, R.G. 2005. Chemical weed control in dryland and irrigated chickpea. *Journal of Weed Technology* 19(4): 959-965.
8. 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).
9. 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).
10. 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).
11. Paolini, R., Faustini, F., Saccardo, F., and Crin`o, P. 2006. Competitive interactions between chickpea genotypes and weeds. *Journal of Weed Research* 46(4): 335-344.
12. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. *Jahad Daneshgahi Mashhad press*. Mashhad. 524 p. (In persian).
13. Plew, J.N., Hill, G.D., and Dastgheib, F. 1994. Weed control in chickpeas. In: *Proceedings Annual Conference-Agronomy Society of New Zealand*. 7 p.

14. Solh, M.B., and Pala, M. 1990. Weed control in chickpea. In: Proceedings of the Seminar on Present Status and Future Prospects of Chickpea Crop Production and Improvement in the Mediterranean Countries. 93-99. Paris. France.
15. Vessal, S.R., Bagheri, A., and Nezami, A. 2003. Effects of weeding and plant population density on chickpea weed dynamics in irrigated and rainfed conditions in Khorasan. Iranian Journal of Agronomic Research 1(1): 61-69. (In Persian).
16. Waisi, M. 2001. Testing new herbicides isoxaflutole in chickpea fields. Agricultural Research Center of Kermanshah. Publication. No. 397.
17. Wrubel, R.P., and Gressel, J. 1994. Are herbicide mixtures useful for delaying the rapid evolution of resistance? A case study. Journal of Weed Technology 8(3): 635-648.
18. Yasin, J.Z., Al-Thahabi, S., Aub-Irmaileh, B.E. Saxena, M.C., and Haddad, N.I. 1995. Chemical weed control in chickpea and lentil. International Journal of Pest Management 41(1): 60-65.
19. Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Shimi, P., and Mousavi, S.K. 2017. A Guide Chemical Control of Weed in Iran. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 223 p. (In Persian).



Evaluation the efficacy of Pyridate combination with some graminicide for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.)

Maghsoudi¹, Arash; Izadi Darbandi^{2*}, Ebrahim; and Nezami², Ahmad

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

2. Professor, Department of Agrotechnology and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
(e-izadi@um.ac.ir and nezami@um.ac.ir, respectively)

Received: 18 July 2018; Revised: 4 November 2018

Accepted: 15 June 2019; Available Online: 22 June 2022

How to cite this article:

Maghsoudi, A., Izadi Darbandi, E., and Nezami, A. 2022. Evaluation the efficacy of Pyridate combination with some graminicide for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 11-23. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.73769

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 and one of the most sensitive legumes to weed interference because of its slow growth at the seedling stage, low 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 agronomy management in chickpea cultivation. Among weed control methods, chemical control is the most important method. Today only a few herbicides are registered for broadleaf weed control of chickpea and most of them are preemergence. Pyridate is one of the important herbicides registered as a post herbicide for broadleaf weed control in chickpea. However chickpea weeds contains a wide range of broadleaf and grasses. Grassy weeds are the weed flora of chickpea farms and pyridate cannot control them. In Iran we don't have any dual purpose herbicide to control broad spectrum of weeds. Farmers use common graminicides like haloxyfop-methyl and sethoxidim and also broadleaf herbicides specially pyridate in chickpea farms and there is no information on the possibility of simultaneous use of graminicide herbicides and pyridate using the herbicide mixing approach. The aim of this study was to investigate the possibility of combination of pyridate herbicide with haloxyfop-methyl, cycloxdim, clethodim and sethoxidim graminicides for weed control in chickpea cultivations.

Materials and Methods

The experiment was conducted as completely randomized block design with three replications at Research Farm of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2015. The investigated treatments including application of pyridate, clethodim, sethoxidim, haloxy-fop methyl and cycloxdim alone and application of pyridate with mentioned graminicides in recommended doses with full season hand weeding and full season weed interference as control treatments. The experiment was performed under rainfed condition and chickpea planting density was 40 plant m⁻². Herbicides were applied at the two to four leaf stages of weeds. For controlling of *Heliotis* sp., Indoxacarb (Avant) pesticide were sprayed at recommended dose in podding stage. For evaluating the effect of treatments on weeds density and biomass, in three periods (13, 23 and 48 days after herbicides spraying) sampling was done from 0.5 m⁻² area and weed density and weed biomass recorded. At the end of growing season and when chickpea was matured, 40 chickpea plant were harvested randomly in each plot and after drying for 48 hours exposed to sunlight, chickpea biomass and seed yield were measured. After normality test, data statistical analysis were performed by SAS Ver 9.1 and means were compared by Duncan test at 5% probability level.

Results and Discussion

Results indicated that herbicides combination reduced weed density and weed biomass in all sampling periods and also increased seed yield and biomass of chickpea. Because of broadleaf weed dominance in the

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

studied farm, application of pyridate was not significant difference with herbicide combination and graminicides showed the weakest weed control measure between treatments. Best weed density and weed biomass control during the growing season were observed in combination of pyridate plus haloxy-fop methyl. Among the treatments, combination of clethodim+ pyridate and cycloxydim+ pyridate had higher chickpea seed yield (945 kg.ha^{-1}) and chickpea biomass (3700 kg.ha^{-1}), respectively. The effect of herbicides on weed density and weed biomass was more effective at first sampling period than next sampling periods. It seems this is because of the mode of action of applied herbicides. Pyridate is a contact herbicide and others are systemic with no activity in the soil and to end of the growing season, herbicide efficacy become weak and not effective. None of the herbicides were harmful to chickpea either they applied alone or in combination together.

Conclusion

So, with considering the dominant weed flora in chickpea farms, we can choose the best option of herbicide application method for weed control in chickpea farms. If broadleaf weeds are dominant in the farm, we can use pyridate alone, if the farm is dominated with grassy weeds, we can use haloxy-fop methyl. So, in the farm that considered the grasses and broadleaf weeds, we can use pyridate combination with any graminicides, but between combinations, the best yield and weed control achieved in the pyridate plus haloxy-fop methyl combination.

Keywords: Chemical weed control; Clethodim; Haloxy-fop Methyl; Sethoxidim



تأثیر پرایمینگ و دما بر خصوصیات سبز شدن و استقرار گیاهچه دو ژنوتیپ عدس

(*Lens culinaris Medik.*) با قدرت جوانه‌زنی کم و زیاد

سید جلال آذری^۱، مهدی پارسا^۲، احمد نظامی^۳، رضا توکل افشاری^۴ و جعفر نباتی^{۵*}

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس؛ sjamnt@gmail.com

۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ parsa@um.ac.ir

۳- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ nezami@um.ac.ir

۴- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ tavakolafshari@um.ac.ir

۵- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۳۰، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

آذری، س.ج.، پارسا، م.، نظامی، ا.، توکل افشاری، ر. و نباتی، ج. ۱۴۰۱. تأثیر پرایمینگ و دما بر خصوصیات سبز شدن و استقرار گیاهچه دو ژنوتیپ عدس (*Lens culinaris Medik.*) با قدرت جوانه‌زنی کم و زیاد. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۱): ۲۴-۳۶.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر کاهش اثرات تنش سرما، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط کنترل‌شده در دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. عوامل آزمایش شامل ژنوتیپ‌های عدس (رباط و کالپوش)، پرایمینگ (شش سطح شاهد، اسیدجیبرلیک، نیترات‌پتاسیم، سولفات‌روی، محلول آبنوش‌بذر دایان و هیدروپرایمینگ) و دما (۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) بود. بذرها پس از پرایمینگ در گلدان کشت و به اتاقک رشد جهت اعمال دما منتقل شدند. بیشترین درصد سبز (۳۴/۴) در شاهد و دمای پنج درجه سانتی‌گراد در رقم رباط به‌دست آمد. در میان تیمارها تنها در تیمار سولفات‌روی و هیدروپرایمینگ با افزایش دما از پنج به ۱۰ درجه سانتی‌گراد سرعت سبز شدن افزایش یافت. قدرت‌بذر در ژنوتیپ رباط در تمامی سطوح دمایی بیش از ژنوتیپ کالپوش بود و در هر دو ژنوتیپ با افزایش دما قدرت‌بذر افزایش یافت. بیشترین قدرت‌بذر (۴/۹۱) در ژنوتیپ رباط و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در پرایمینگ با محلول آبنوش‌بذر دایان حاصل شد. در هر دو ژنوتیپ با افزایش دما ارتفاع بوته افزایش یافت. در هر دو ژنوتیپ با افزایش دما تعداد برگ افزایش یافت و سولفات‌روی موجب کاهش تعداد برگ گردید. بیشترین تعداد برگ (چهار) در ژنوتیپ رباط دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و پرایمینگ با محلول آبنوش‌بذر دایان حاصل شد. بیشترین طول ریشه (۴/۰۴ سانتی‌متر) در پرایمینگ با محلول آبنوش‌بذر دایان و دمای پنج درجه سانتی‌گراد حاصل شد. به‌طور کلی پرایمینگ با اسیدجیبرلیک در بیشتر خصوصیات مورد بررسی باعث کاهش اثرات دمای پایین بر بذر عدس شد و به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش سرما؛ حبوبات؛ درصد سبز شدن؛ قدرت‌بذر؛ هیدروپرایمینگ

مقدمه

جمله حبوباتی است که غالباً در اراضی حاشیه‌ای و در خاک‌های نه‌چندان حاصلخیز کشت می‌شود (Singh & Saxena, 1993). عدس، سرمادوست و روزبلند بوده و از ارتفاع صفر تا ۳۵۰۰ متری از سطح دریا قابل کشت است. دمای مناسب جهت رشد عدس ۱۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، ولی دماهای بالا تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد جهت توسعه کانوبی این گیاه لازم است (Zyai et al., 2012). هرچند این گیاه متحمل به سرما است، ولی دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی را

حبوبات، منبع اصلی پروتئین در کشورهای در حال توسعه هستند و لذا نقش ویژه‌ای در تولید غذا در این کشورها دارند (Saxena, 1993). پروتئین حبوبات در واریته‌های مختلف در محدوده ۲۰-۳۰ درصد بر مبنای وزن خشک قرار دارد (Qayyum et al., 2012). عدس (*Lens culinaris Medik.*)

* نویسنده مسئول: jafarnabati@um.ac.ir

شده که باعث کاهش پراکسید هیدروژن خواهد شد (Naguib, 2019).

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر کاهش اثرات دمای پایین بر وضعیت سبز شدن و رشد گیاهچه و انتخاب مناسب‌ترین تیمار پرایمینگ بذور برای کاهش اثرات سرما در دو ژنوتیپ عدس با قدرت جوانه‌زنی متفاوت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دانشگاه فردوسی مشهد در شرایط کنترل شده، 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، شامل عدم پرایمینگ به عنوان شاهد، اسیدجیبرلیک ($C_{19}H_{22}O_6$) با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر (Azarnia et al., 2016)، محلول آب‌نوش بذر دایان چهار میلی لیتر در یک لیتر آب (شرکت خوشه‌پروران زیست‌فناور)، نیترات پتاسیم (KNO_3) غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر (Eskandari & Alizade Amaraei, 2014)، سولفات روی ($ZnSO_4$) غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر (Abutalebian & Mohagheghi, 2015) و هیدرو پرایمینگ (Ghassemi-Golezani et al., 2008) و دما در سه سطح، شامل ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بودند.

جهت اجرای آزمایش و اعمال تیمارها، تعداد ۴۰ عدد بذر به صورت تصادفی برای هر تیمار انتخاب و بذور در دمای 20 ± 1 درجه سانتی‌گراد (Ghassemi-Golezani & Dalil, 2011) در داخل دستگاه ژرمیناتور ساخت شرکت گروک و در شرایط تاریکی به مدت ۱۶ ساعت قرار داده شدند. پس از پایان دوره پرایمینگ (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 (Mehdi Nejad Moghadam et al., 2018) و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از آن بذور آماده شده به تعداد ۱۰ عدد بذر در گلدان‌های با قطر ۱۱ سانتی‌متر حاوی خاک سبک (ماسه، خاک برگ و خاک زراعی به نسبت برابر) کشت و به اتفاق رشد منتقل شدند. گلدان‌ها در معرض دماهای ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. هدف از انتخاب این دماها، بهبود رشد گیاهچه به وسیله پرایمینگ در کشت پاییزه بود. در طول دوره آزمایش درصد سبز شدن، سرعت ۵۰ درصد سبز شدن و قدرت بذر اندازه‌گیری شد. از

به تأخیر انداخته و رشد رویشی را کم می‌کند (Johansen et al., 1994). کشت بهاره عدس اگرچه کشت متداول در ایران به شمار می‌رود، لیکن کشت زمستانه عدس در صورت موفقیت نسبت به کشت بهاره مزایایی دارد. از جمله آن می‌توان به داشتن عملکرد معادل یا بالاتر از کشت بهاره، بهره‌مندی از شرایط محیطی و نهاده‌های کشاورزی در بازه زمانی طولانی‌تر، سازگاری بیشتر با نظام‌های شخم حفاظتی و کاهش فشردگی خاک، جلوگیری از تأخیر کشت بهاره، توسعه سطح زیرکشت و تولید آن و بالاخره منطبق شدن با تناوب‌های زراعی در اغلب محصولات اشاره کرد (Sharifi et al., 2000). آزمایشی در ترکیه نشان داده است که عملکرد کشت پاییزه عدس می‌تواند ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بیشتر از کشت سنتی بهاره باشد (Sakar et al., 1998). پژوهش‌های پیشین نشان داد که میانگین ارتفاع بوته عدس در کشت پاییزه و زمستانه ۴۳ درصد بیشتر از کشت بهاره بود و بیشترین عملکرد عدس (۱۴۸۶ کیلوگرم در هکتار) از کشت پاییزه حاصل شد (Mousavi & Ahmadi, 2009). معمولاً کشت در پاییزه همواره با چالش دمای پایین همراه است.

دماهای پایین اغلب رشد و بهره‌وری گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند که باعث تلفات قابل توجهی از محصول می‌شود. گیاهان مختلف معمولاً در تحمل به سرمازدگی (دماهای صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و یخ‌زدگی (دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد) واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهند (Sanghera et al., 2011). تأخیر در سبز شدن و کاهش درصد سبز بذرها در اثر سرمای پاییزه اتفاق می‌افتد (Davey et al., 2005). بنابراین می‌توان از پرایمینگ به عنوان روشی برای بهبود جوانه‌زنی بذور استفاده کرد (Sakar et al., 1998).

پرایمینگ بذر روشی است که در آن به بذر اجازه جذب آب به صورت کنترل شده داده می‌شود تا فعالیت‌های اولیه جوانه‌زنی شروع گردد، اما از خروج ریشه‌چه جلوگیری می‌گردد، سپس رطوبت بذر به مقدار اولیه کاهش داده می‌شود. بذر در هنگام کاشت زمان قابل توجهی را صرف جذب آب می‌کند. با کاهش این زمان می‌توان سرعت جوانه‌زنی و خروج جوانه از خاک را تسریع نمود (Toselli & Casenave, 2002). گزارش شده است که پرایمینگ بذور لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) باعث افزایش درصد سبز شدن، سرعت تثبیت خالص دی اکسید کربن و افزایش تثبیت نیتروژن شده است (Majda et al., 2019). هیدروپرایمینگ بذور پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانسی

زمانی که بذور پرایم شده قبل از کشت را طی کرده‌اند را جبران نمایند، ولی بذور کالپوش که از قدرت کمتری برخوردار می‌باشند، تیمارهای پرایمینگ توانسته‌اند که قدرت این بذور را بهبود دهند. هیدروپرایمینگ بذور نخود باعث افزایش ۴۱/۷ درصدی سبزشدن این بذور نسبت به بذور شاهد شده است، اما بین دو رقم مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در این صفت وجود نداشته است (Mansoori & Aboutalebian, 2013). با افزایش دما شرایط مناسب برای جوانه‌زنی ژنوتیپ رباط کاهش یافته است، اما برای ژنوتیپ کالپوش شرایط مساعد شده است. به عبارت دیگر دمای بهینه ژنوتیپ رباط نسبت به کالپوش پایین‌تر می‌باشد و ژنوتیپ رباط نسبت به کالپوش سرمادوست‌تر می‌باشد (جدول ۳). در آزمایشی که روی دو ژنوتیپ عدس تحت تنش خشکی صورت گرفت، بیان شد که ژنوتیپ رباط نسبت به گچساران از درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود (Moradi et al., 2013). واکنش ارقام مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.) به دما متفاوت می‌باشد، به‌طوری‌که رقم آرمان نسبت به هاشم، جم و بیوونج از دمای پایه کمتری برخوردار می‌باشد و در دمای کمتری نسبت به این سه رقم جوانه می‌زند و از درصد سبزشدن بیشتری برخوردار می‌باشد (Torabi & Soltani, 2013). در آزمایش صورت گرفته روی بذور نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.)، نتایج نشان داد که پرایمینگ این بذور با پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور در دمای پایین (سه درجه سانتی‌گراد) نسبت به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد شد؛ در حالی که پرایمینگ با آب مقطر (هیدروپرایمینگ) باعث افزایش این خصوصیات شد. همچنین نتایج نشان داد که بذور شاهد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد از سرعت جوانه‌زنی کمتری برخوردار می‌باشند (Yusefi Tanha et al., 2015).

سرعت ۵۰ درصد سبزشدن

برهمکنش ژنوتیپ، دما و پرایمینگ بر سرعت ۵۰ درصد سبزشدن عدس معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر ژنوتیپ و دما بر سرعت سبزشدن نشان داد که در ژنوتیپ رباط با افزایش دما به ۱۵ درجه سانتی‌گراد درصد سبزشدن نسبت به دماهای پنج و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۵۹ و ۸۲ درصد و در ژنوتیپ کالپوش به ترتیب ۳۶ و شش درصد افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین درصد سبزشدن مربوط به ژنوتیپ رباط دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۴). ژنوتیپ رباط در تمامی دماها (به جز دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به ژنوتیپ کالپوش از سرعت سبزشدن بالاتری برخوردار بود که نشان

زمان کشت بذور به مدت ۱۴ روز تعداد بذور سبزشده به صورت روزانه شمارش گردید. برای تعیین سرعت ۵۰ درصد سبزشدن از معادله (۱) استفاده شد.

$$RS = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad \text{معادله (۱)}$$

RS، Si، Di و n به ترتیب سرعت ۵۰ درصد سبزشدن، بذور سبزشده روزانه، تعداد روز تا رسیدن به روز ln و تعداد روزهای شمارش شده می‌باشند (Kamkar et al., 2012). جهت محاسبه درصد سبز از معادله (۲) استفاده شد.

$$\text{درصد سبز} = \sum n/N \times 100$$

قدرت بذر از معادله (۳) به دست آمد.

معادله (۳)

۱۰۰/ میانگین طول گیاهچه (سانتی‌متر) × درصد سبزشدن = قدرت بذر

زمانی که گیاهان در مرحله سه تا چهار برگی بودند، میانگین ارتفاع بوته، تعداد برگ و طول ریشه ثبت گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد سبز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی تیمارها و برهمکنش آن‌ها بر درصد سبزشدن معنی‌دار بود (جدول ۱). برش‌دهی اثر دما در سطوح ژنوتیپ و پرایمینگ نشان داد که در دمای پنج و ۱۰ درجه سانتی‌گراد اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد سبزشدن از ترکیب ژنوتیپ رباط و بدون پرایمینگ به دست آمد که با پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم و اسیدجیرلیک در همین ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در ژنوتیپ کالپوش پرایمینگ بذر با اسیدجیرلیک نسبت به تیمار شاهد ۹۴/۴ درصد از درصد سبزشدن بالاتری برخوردار بود (جدول ۳). در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان این صفت از ترکیب ژنوتیپ رباط و بدون پرایمینگ حاصل شد (جدول ۳). در ژنوتیپ کالپوش پرایمینگ بذر با اسیدجیرلیک نسبت به تیمار شاهد ۶۳/۷ درصد از درصد سبزشدن بالاتری برخوردار بود (جدول ۳). با افزایش دما از پنج به ۱۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل مساعد شدن بهتر دما و کاهش میزان تنش سرما اثر پرایمینگ بر بذور مورد مطالعه کمتر شده است. به نظر می‌رسد بذور رباط از قدرت بالاتری برخوردار بوده و می‌توانند فاصله

و بیشترین و کمترین افزایش به ترتیب در پرایمینگ با اسیدجیبرلیک (۱/۱۵ برابر) و سولفات روی (پنج درصد) مشاهده شد (شکل ۱) که نشان‌دهنده اثر مثبت و مفید پرایم بر ژنوتیپ کالپوش می‌باشد. اعمال تیمار پرایمینگ با آب اثر معنی‌داری بر سرعت و درصد سبز شدن نخود (*Cicer arietinum* L. در شرایط مزرعه داشته است و هر دو را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده است و این افزایش به ترتیب در سرعت و درصد سبز شدن بذرها ۳۱ و ۴۱/۷ درصد بوده است (Mansoori & Abutalebian, 2013).

می‌دهد ژنوتیپ رباط نسبت به کالپوش از قدرت بالاتری برخوردار می‌باشد. به نظر می‌رسد با افزایش دما سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی افزایش پیدا کرده و در پی آن، سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش یافته است (Kujawski *et al.*, 2003). برهمکنش ژنوتیپ و پرایمینگ بر سرعت سبز شدن نشان داد که ژنوتیپ رباط نسبت به ترکیب‌ها و روش‌های مختلف پرایمینگ واکنش مثبتی نشان نداد، به‌طوری‌که بیشترین سرعت سبز شدن در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱). از سوی دیگر در ژنوتیپ کالپوش سرعت سبز شدن تحت تأثیر تمامی تیمارهای پرایمینگ نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت

جدول ۱- منابع تغییر، میانگین مربعات، درجه آزادی اثر دما و پرایمینگ بر صفات سبز شدن دو ژنوتیپ عدس در شرایط کنترل‌شده

Table 1. Source of variance, mean square and degree freedom, effect of temperature and priming on emergence characteristics of two lentil genotypes under control conditions

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	درصد سبز شدن Germination %	سرعت ۵۰ درصد سبز شدن 50% Germination rate	قدرت بذری Seed vigor	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leaves No.	طول ریشه Root length
ژنوتیپ Genotype	1	13082**	0.000016*	2609**	34.5**	6.79**	33.6**
دما Temperature	2	1726**	0.000029**	51.9**	5.27**	32.7**	5.27*
پرایمینگ Priming	5	2057**	0.000015**	4.87**	23.8**	5.10**	12.6**
Temperature× Genotype	2	1941**	0.000014**	20.0**	44.6**	8.05**	0.38 ^{ns}
ژنوتیپ × دما							
Priming× Genotype	5	1791**	0.0000081*	1.15**	2.53 ^{ns}	4.63**	3.00 ^{ns}
ژنوتیپ × پرایمینگ							
Priming×Temperature	10	770**	0.0000082**	3.11**	15.1**	3.12**	2.69*
دما × پرایمینگ							
Temperature× Priming	10	441**	0.000049 ^{ns}	0.84**	3.72 ^{ns}	2.76**	0.90 ^{ns}
ژنوتیپ × دما × پرایمینگ							
Error خطا	108	129	0.0000026	0.16	2.15	0.90	1.38
درصد ضریب تغییرات CV%		43.6	47.7	43.6	48.9	45.9	51.8

^{ns}, **, * : به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

^{ns}, ** and *: Non significant and significant at 1% and 5%, respectively

جدول ۲- منابع تغییر درجه آزادی و سطح احتمال برش‌دهی دما در ژنوتیپ × پرایمینگ بر درصد سبز شدن

Table 2. Source of variance, probability level and degree freedom of the slicing temperature of genotype× priming on the percentage of emergence

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	دما (°C) Temperature		
		5	10	15
ژنوتیپ Genotype	1	12963**	732*	3272**
پرایمینگ Priming	5	2086**	385*	1125**
ژنوتیپ × پرایمینگ Priming × Genotype	5	1305**	1220**	147 ^{ns}
خطا Error	36	114	121	151
درصد ضریب تغییرات CV%		32.9	53.7	48.9

^{ns}, **, * : به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد
^{ns}, ** and *: Non significant and significant at 1% and 5%, respectively

جدول ۳- برش‌دهی اثر دما در ژنوتیپ × پرایمینگ بر درصد سبز شدن

Table 3. The slicing effete of temperature on genotype × priming in the percentage of emergence

پرایمینگ	ژنوتیپ	دما (°C) Temperature	
		5	10
اسیدجبرلیک	Calposh	45.0 ^b	34.4 ^{ab}
Gibberellic acid	Robat	64.4 ^{a*}	10.0 ^{cd}
محلول آبنوش دایان	Calposh	26.9 ^{cd}	10.0 ^{cd}
Dayan seed solution	Robat	36.6 ^{bc}	8.75 ^{cd}
سولفات روی	Calposh	3.75 ^c	22.5 ^{bc}
Zinc sulfate	Robat	11.3 ^e	8.75 ^{cd}
نیتراپتاسیم	Calposh	12.5 ^{de}	2.50 ^d
Potassium nitrate	Robat	68.1 ^a	40.0 ^a
هیدروپرایمینگ	Calposh	5.00 ^c	17.5 ^{cd}
Hydro priming	Robat	40.0 ^{bc}	37.5 ^{ab}
شاهد	Calposh	2.50 ^c	12.5 ^{cd}
Control	Robat	72.5 ^a	41.3 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند.

* The means of the same characters in each attribute in the 5% probability level are not significantly different from the LSD test.

جدول ۴- اثر ژنوتیپ و دما بر سرعت ۵۰ درصد سبز شدن و ارتفاع بوته بذر دو ژنوتیپ عدس در شرایط کنترل شده

Table 4. Effect of genotype and temperature on 50% germination rate and plant height of two lentil genotypes under control conditions

دما	ژنوتیپ	سرعت ۵۰ درصد سبز شدن	ارتفاع بوته
Temperature (°C)	Genotype	50% Germination rater	Plant height (cm)
5	Robat	0.0032 ^{bc}	0.48 ^d
	Calposh	0.0025 ^d	0.30 ^d
10	Robat	0.0028 ^b	1.39 ^c
	Calposh	0.0032 ^{dc}	1.81 ^c
15	Robat	0.0051 ^a	8.59 ^a
	Calposh	0.0034 ^b	5.41 ^b

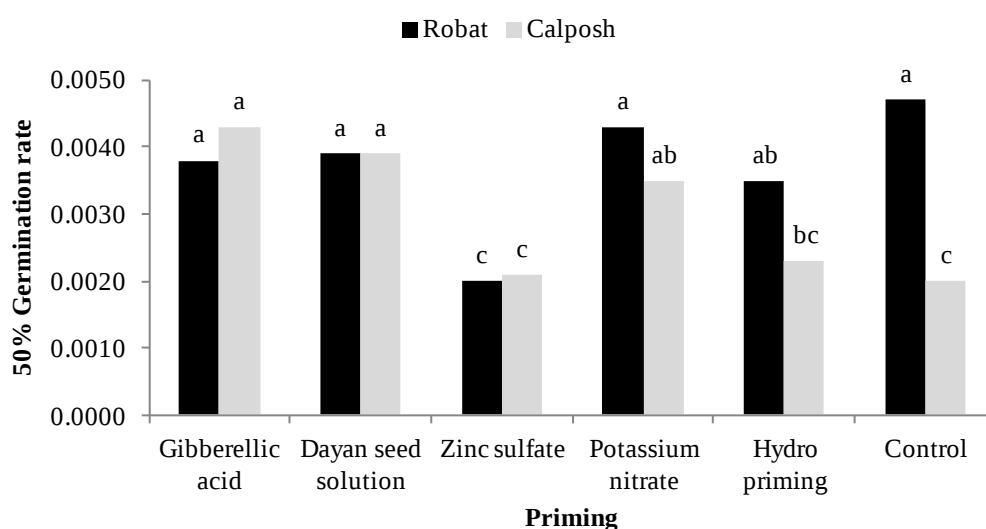
* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند.

* The means of the same characters in each attribute in the 5% probability level are not significantly different from the LSD test.

پرایمینگ با آبنوش بذر دایان و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد (جدول ۵). تیمارهای مختلف پرایمینگ اثرات متفاوتی بر خصوصیات بذر می‌گذارند، به‌طوری‌که در این اثر مورد بررسی، برخی از تیمارهای پرایمینگ نسبت به شاهد در دماهای مختلف از سرعت سبز شدن بیشتری برخوردار می‌باشند و برخی دیگر از تیمارها از سرعت کمتری برخوردارند. تیمار اسیدجبرلیک و محلول آبنوش دایان نسبت به سایر تیمارها در دماهای مختلف (به جزء دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به بذر شاهد از سرعت سبز شدن بالاتری برخوردار می‌باشند. در مطالعه اثر بذر پرایمینگ یونجه یک‌ساله (*Medicago scutellata* L.) نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر باعث بهبود خصوصیات جوانه‌زنی از جمله سرعت جوانه‌زنی در دماهای پایین (سه درجه سانتی‌گراد) نسبت به بذر شاهد می‌گردد (Yaran Pour & Porfalahi, 2017).

با توجه به این‌که ژنوتیپ کالپوش نسبت به ژنوتیپ رباط از قدرت جوانه‌زنی کمتری برخوردار می‌باشد، تیمارهای پرایمینگ توانستند قدرت این ژنوتیپ را افزایش دهند. اما در ژنوتیپ رباط که از قدرت بیشتری برخوردار می‌باشد، تیمارهای پرایمینگ نتوانستند باعث بهبود قدرت این ژنوتیپ شوند. چون این بذر می‌توانند فاصله زمانی که بذرها پرایم شده طی کرده‌اند را جبران نمایند و به این دلیل بذرها پرایم نتوانستند به خوبی اثر خود را نشان دهند.

اثر دما و پرایمینگ بر سرعت سبز شدن نشان داد که تنها در سولفات روی و هیدروپرایمینگ با افزایش دما از پنج به ۱۰ درجه سانتی‌گراد این ویژگی افزایش یافت. در سایر تیمارها با افزایش دما از پنج به ۱۰ درجه سانتی‌گراد درصد سبز شدن کاهش و با افزایش دما به ۱۵ درجه سانتی‌گراد درصد سبز شدن روند صعودی پیدا کرد. بیشترین سرعت سبز شدن از ترکیب



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف برش‌دهی پرایمینگ و ژنوتیپ بر اساس دما بر سرعت سبز شدن عدس
Fig. 1. Effect of different levels of slicing priming and genotype based on the temperature on 50% Germination rate of lentil seed

جدول ۵- اثر پرایمینگ و دما بر صفات سبز شدن بذر دو ژنوتیپ عدس در شرایط کنترل شده

Table 5. Effect of priming and temperature on seed emergence characteristics of two lentil genotypes under control conditions

پرایمینگ	دما	سرعت ۵۰ درصد سبز شدن	ارتفاع بوته	طول ریشه
Priming	Temperature(°C)	50% Germination rate	Plant height (cm)	Root length (cm)
اسیدجیبرلیک Gibberellic acid	5	0.0039 ^{b-d}	0.97 ^{e-g}	2.76 ^{b-d}
	10	0.0033 ^{c-e}	2.68 ^c	1.57 ^{ef}
	15	0.0048 ^{a-c}	9.21 ^a	1.51 ^{ef}
محلول آبنوش دایان Dayan seed solution	5	0.0035 ^{c-e}	0.46 ^{fg}	4.04 ^a
	10	0.0023 ^{ef}	0.95 ^{e-g}	3.03 ^{a-c}
	15	0.0060 ^a	9.16 ^a	3.14 ^{ab}
سولفات روی Zinc Sulfate	5	0.0011 ^f	0.22 ^g	1.08 ^f
	10	0.0029 ^{de}	1.15 ^{e-g}	1.54 ^{ef}
	15	0.0021 ^{ef}	2.52 ^c	0.95 ^f
نترات پتاسیم Potassium Nitrate	5	0.0042 ^{b-d}	0.26 ^g	3.19 ^{ab}
	10	0.0023 ^{ef}	0.84 ^{e-g}	1.35 ^{ef}
	15	0.0053 ^{ab}	7.6 ^{b0}	3.05 ^{a-c}
هیدروپرایمینگ Hydro priming	5	0.0021 ^{ef}	0.16 ^g	2.84 ^{b-d}
	10	0.0034 ^{c-e}	1.84 ^{c-f}	2.39 ^{b-e}
	15	0.0031 ^{de}	6.31 ^b	1.69 ^{d-f}
شاهد Control	5	0.0023 ^{ef}	0.27 ^g	1.95 ^{d-f}
	10	0.0036 ^{c-e}	2.16 ^{ce}	2.35 ^{b-e}
	15	0.0042 ^{b-d}	2.27 ^b	2.34 ^{b-e}

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند.

* The means of the same characters in each attribute in the 5% probability level are not significantly different from the LSD test.

قدرت بذر

۱۵ درجه سانتی‌گراد، اثرات متقابل این دو در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) بر قدرت بذر معنی‌دار می‌باشد (جدول ۶).

ژنوتیپ، پرایمینگ و دما و برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر قدرت بذر داشتند (جدول ۱). برش‌دهی اثرات ژنوتیپ × پرایمینگ بر اساس دما نشان داد که در دمای ۱۰ و

جدول ۶- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال برش‌دهی اثرات ژنوتیپ × پرایمینگ بر اساس دما بر قدرت بذر

Table 6. Source of variance, probability level and degree freedom of the slicing effects of genotype × priming based on the temperature on the seed vigor

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	دما (°C) Temperature		
		5	10	15
ژنوتیپ Genotype	1	0.38**	0.05 ^{ns}	66.4**
پرایمینگ Priming	5	0.30**	0.57**	10.2**
ژنوتیپ × پرایمینگ Genotype × Priming	5	0.04 ^{ns}	0.92**	1.86**
خطا Error	36	0.04	0.11	0.33
CV% درصد ضریب تغییرات		75.3	75.2	27.2

^{ns}, **, * : به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد
^{ns}, ** and * : Non significant and significant at 1% and 5%, respectively

افزایش دما از ۱۰ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد قدرت بذر نیز افزایش یافت که بیشترین مقدار این افزایش از محلول آبنوش دایان با ۹۶/۹ درصد افزایش حاصل شد. در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ با اسیدجیبرلیک، سولفات‌روی و هیدروپرایمینگ و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ با اسیدجیبرلیک، محلول آبنوش دایان و نیترات‌پتاسیم نسبت به شاهد از قدرت بیشتری برخوردار بودند. با توجه به این‌که این شاخص از حاصل‌ضرب درصد سبز شدن و ارتفاع گیاهچه حاصل می‌شود و بیشترین ارتفاع گیاهچه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و ژنوتیپ رباط حاصل شده است، لذا این شاخص نیز در این دما و ژنوتیپ بیشتر شده است.

بالاترین قدرت بذر در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد از ترکیب ژنوتیپ رباط و محلول آبنوش دایان حاصل شد که با ژنوتیپ رباط و پرایم اسیدجیبرلیک اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷) و سایر تیمارهای پرایمینگ نسبت به شاهد از قدرت کمتری برخوردار بودند. در ارتباط با ژنوتیپ کالپوش تمامی تیمارهای پرایمینگ نسبت به شاهد از قدرت کمتری برخوردار بودند (جدول ۷). در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین قدرت بذر از ترکیب ژنوتیپ کالپوش و اسیدجیبرلیک به دست آمد که نسبت به همین ژنوتیپ و شاهد باعث افزایش ۸۱/۳ درصدی در قدرت بذر شد، ولی با ژنوتیپ رباط و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷). در تمامی ترکیب‌های پرایمینگ (به جز پرایم سولفات‌روی و هیدروپرایمینگ) با

جدول ۷- اثر برش‌دهی ژنوتیپ و پرایمینگ بر اساس دما بر قدرت بذر دو ژنوتیپ عدس در شرایط کنترل‌شده

Table 7. Effect of slicing genotype and priming based on the temperature on seed vigor of two lentil genotypes under control conditions

پرایمینگ Priming	ژنوتیپ Genotype	دما (°C) Temperature	
		10	15
اسیدجیبرلیک Gibberellic acid	Robat رباط	0.25 ^{bc}	4.40 ^{ab}
	Calposh کالپوش	1.39 ^a	1.65 ^{cd}
محلول آبنوش دایان Dayan seed solution	Robat رباط	0.15 ^{bc}	4.91 ^a
	Calposh کالپوش	0.12 ^c	1.92 ^c
سولفات‌روی Zinc sulfate	Robat رباط	0.21 ^{bc}	0.67 ^{ef}
	Calposh کالپوش	0.33 ^{bc}	0.15 ^{ef}
نیترات‌پتاسیم Potassium nitrate	Robat رباط	0.47 ^{bc}	3.59 ^b
	Calposh کالپوش	0.05 ^c	0.95 ^{de}
هیدروپرایمینگ Hydro priming	Robat رباط	0.61 ^b	2.22 ^c
	Calposh کالپوش	0.28 ^{bc}	0.13 ^f
شاهد Control	Robat رباط	1.12 ^a	3.88 ^b
	Calposh کالپوش	0.26 ^{bc}	0.77 ^{ef}

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند.

* The means of the same characters in each attribute in the 5% probability level are not significantly different from the LSD test.

پنج به ۱۵ درجه سانتی‌گراد ارتفاع گیاه نیز افزایش پیدا کرد که بیشترین مقدار افزایش از پرایم اسیدجیبرلیک حاصل شد (جدول ۵). در دمای پنج درجه سانتی‌گراد پرایمینگ با اسیدجیبرلیک و محلول آبنوش دایان نسبت به شاهد از ارتفاع بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد فقط پرایمینگ با اسیدجیبرلیک نسبت به شاهد از ارتفاع بالاتری برخوردار بود (جدول ۵). در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ با اسیدجیبرلیک، محلول آبنوش دایان و نیتراپتاسیم نسبت به شاهد از ارتفاع بیشتری برخوردار بودند (جدول ۵). افزایش دما باعث افزایش سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی از جمله فتوسنتز و تنفس شده که باعث افزایش رشد گیاه و افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. همچنین اسیدجیبرلیک در تقسیم و بزرگ‌شدن سلولی نقش دارد که عاملی برای افزایش ارتفاع گیاه می‌باشد. گزارش شده است که با کاهش دما، ارتفاع ساقه اصلی عدس نیز کاهش یافته است، به‌طوری‌که ژنوتیپ MLC60 نسبت به رباط ۶۵ درصد از طول ساقه بیشتری برخوردار بود (Nezami et al., 2011).

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی تیمارها و برهمکنش آن‌ها بر تعداد برگ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). برش‌دهی اثرات ژنوتیپ × پرایمینگ بر اساس دما نشان داد که در دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد، اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار می‌باشد (جدول ۸).

مطالعه اثر پرایمینگ بر بذور عدس نشان داد که بیشترین قدرت بذر از پرایمینگ با اسیدجیبرلیک حاصل شد (Azarnia et al., 2016). همچنین Esvand et al., (2008) گزارش نمودند که غلظت زیاد اسیدجیبرلیک (۱۵۰ پی‌پی‌ام) سبزشدن بذر علف‌گندمی بلند (*Agropyron elongatum* L.) را کاهش داد؛ اما در بذره‌های پرایم‌شده با اسیدجیبرلیک ۱۰۰ قسمت در میلیون، سرعت سبزشدن در شرایط بدون تنش خشکی تا ۴۳ درصد و قدرت بذر تا ۴۰ درصد افزایش یافت. در آزمایشی که بر روی بذور گندم (*Triticum aestivum* L.) صورت گرفت، بیان شد که با کاهش قدرت بذر و کاهش جوانه‌زنی پرایمینگ می‌تواند باعث بهبود جوانه‌زنی گردد (Jamali et al., 2017).

ارتفاع بوته

برهمکنش‌های ژنوتیپ و دما و دما و پرایمینگ تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته عدس داشتند (جدول ۱). در هر دو ژنوتیپ عدس با افزایش دما از پنج به ۱۵ درجه سانتی‌گراد ارتفاع بوته افزایش یافت (جدول ۴). با افزایش دما از پنج به ۱۵ درجه سانتی‌گراد، هر دو ژنوتیپ به درصد یکسانی افزایش ارتفاع داشتند (جدول ۴). بالاترین ارتفاع گیاه از ترکیب ژنوتیپ رباط دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد که با سایر دماها و ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴).

در برهمکنش دما و پرایمینگ بیشترین ارتفاع بوته از ترکیب اسیدجیبرلیک و دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۵). در تمامی تیمارهای پرایمینگ با افزایش دما از

جدول ۸- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال برش‌دهی اثرات ژنوتیپ × پرایمینگ بر اساس دما بر تعداد برگ

Table 8. Source of variance, probability level and degree freedom of the slicing effects of genotype × priming based on the temperature on the leaf number

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	دما (°C) Temperature		
		5	10	15
ژنوتیپ Genotype	1	1.33 ^{ns}	1.30 ^{ns}	20.2 ^{**}
پرایمینگ Priming	5	2.00 ^{**}	0.84 ^{ns}	8.50 ^{**}
ژنوتیپ × پرایمینگ Priming × Genotype	5	0.93 ^{ns}	4.72 ^{**}	4.50 ^{**}
خطا Error	36	0.55	1.05	1.09
CV% درصد ضریب تغییرات		49.7	60.6	34.7

^{ns} و ^{**}: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد
^{ns} and ^{**}: Non significant and significant at 1%, respectively

کیفیت نور جهت رشد و فتوسنتز پایین است، سطح برگ مناسب داشته باشد، زیست‌توده و عملکرد مناسبی تولید خواهد کرد (Azarnia et al., 2016). در هر دو ژنوتیپ (به‌جز ژنوتیپ کالپوش و شاهد) با افزایش دما از پنج به ۱۵ درجه

از آن‌جا که با افزایش سطح برگ، درصد جذب نور افزایش می‌یابد، پس در ابتدای فصل رشد (که کیفیت نور پایین است) اگر سطح برگ مناسبی تولید شود، گیاه موفق‌تر است و با توجه به این موضوع که هر گیاهی که در ابتدای فصل رشد که

هیدروپرایمینگ نسبت به سایر تیمارها از تعداد برگ کمتری برخوردار بودند (جدول ۹). در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در ژنوتیپ رباط پرایم با نیترات پتاسیم و شاهد و در ژنوتیپ کالپوش تمامی پرایم‌ها (به‌جز پرایم با نیترات پتاسیم) از تعداد برگ بیشتری برخوردار بودند (جدول ۹). این نتایج نیز تأیید می‌کند که ژنوتیپ کالپوش از قدرت کمتری نسبت به ژنوتیپ رباط برخوردار می‌باشد، لذا به پرایمینگ بهتر جواب می‌دهد. بیان شده است که پرایمینگ با آب در شرایط مزرعه توانسته است که سطح برگ نخود را افزایش دهد (Azarnia & Esvand, 2013).

سانتی‌گراد تعداد برگ افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۸). با توجه به این‌که با افزایش دما شرایط برای رشد و افزایش فتوسنتز فراهم می‌شود، لذا تعداد برگ نیز افزایش پیدا کرده است (Emam & Nicknegad, 2011). در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین تعداد برگ از ژنوتیپ رباط و محلول آبنوش دایان به‌دست آمد و در مورد ژنوتیپ کالپوش بیشترین میزان تعداد برگ از پرایم با نیترات پتاسیم حاصل شد (جدول ۹). در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در ژنوتیپ رباط تیمار سولفات‌روی موجب کاهش معنی‌دار تعداد برگ گردید و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۹). از طرف دیگر در ژنوتیپ کالپوش تیمارهای شاهد، سولفات‌روی و

جدول ۹- اثر برش‌دهی ژنوتیپ و پرایمینگ بر اساس دما بر تعداد برگ بذر دو ژنوتیپ عدس در شرایط کنترل‌شده

Table 9. Effect of slicing genotype and priming based on the temperature on leaf number of two lentil genotypes under control conditions

پرایمینگ Priming	ژنوتیپ Genotype	دما Temperature(°C)	
		10	15
اسیدجیبرلیک Gibberellic acid	کالپوش Calposh	3.13 ^a	3.13 ^{ab}
	رباط Robat	0.58 ^{cd}	4.00 ^a
محلول آبنوش دایان Dayan seed solution	کالپوش Calposh	2.00 ^{abc}	3.96 ^a
	رباط Robat	0.92 ^{bcd}	4.31 ^a
سولفات‌روی Zinc Sulfate	کالپوش Calposh	1.88 ^{abc}	1.19 ^c
	رباط Robat	1.44 ^{bcd}	1.80 ^{bc}
نیترات پتاسیم Potassium Nitrate	کالپوش Calposh	0.19 ^d	4.13 ^a
	رباط Robat	2.25 ^{ab}	3.77 ^a
هیدروپرایمینگ Hydro priming	کالپوش Calposh	2.04 ^{abc}	0.94 ^c
	رباط Robat	1.63 ^{bcd}	3.90 ^a
شاهد Control	کالپوش Calposh	1.92 ^{abc}	0.88 ^c
	رباط Robat	2.36 ^{ab}	4.23 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند.

* The means of the same characters in each attribute in the 5% probability level are not significantly different from the LSD test.

(پنج درجه سانتی‌گراد) به دلیل سخت‌بودن شرایط و وجود تنش، گیاهان بیشتر انرژی خود را صرف رشد ریشه می‌کنند تا بتوانند به بقا خود ادامه دهند. پرایمینگ بذور خیار (*Cucumis sativus*) باعث بهبود طول ریشه‌چه و کاهش نشت الکترولیت ریشه‌چه نسبت به بذور شاهد در دمای شش درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد شد (Ghazian Tafreshy et al., 2016).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ رباط از نظر قدرت بذر و سایر خصوصیات سبزشدن نسبت به ژنوتیپ کالپوش برتری دارد که می‌توان جهت کشت این ژنوتیپ را توصیه کرد. با توجه به این‌که ژنوتیپ رباط از بنیه بالاتری برخوردار است،

طول ریشه

برهمکنش دما و پرایمینگ بر طول ریشه نشان داد که در دمای پنج درجه سانتی‌گراد تمامی تیمارهای پرایمینگ (به‌جز پرایمینگ سولفات‌روی) نسبت به شاهد، در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ با محلول آبنوش دایان، نیترات پتاسیم و هیدروپرایمینگ و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ با محلول آبنوش دایان و نیترات پتاسیم نسبت به شاهد از طول ریشه بیشتری برخوردار بودند (جدول ۵). بیشترین طول ریشه از ترکیب محلول آبنوش دایان دمای پنج درجه سانتی‌گراد حاصل شد (جدول ۵). بیان شده است که بیشترین طول ریشه و ساقه عدس از پرایمینگ با پلی اتیلن گلیکول پنج درصد تحت کشت در مناطق خشک به دست آمده است (Ramezani & Rezaei Sokht-Abandani, 2013). در دماهای پایین

نیتراپتاسیم بیشترین تأثیر را از نظر کاهش اثرات دمای پایین (پنج درجه سانتی‌گراد) بر خصوصیات سبزشدن بذور عدس داشتند. به طور کلی می‌توان پرایمینگ بذور عدس با اسیدجیبرلیک را برای کشت پاییزه و یا کشت زود هنگام بهاره توصیه کرد.

لذا تیمارهای مختلف پرایمینگ نتوانستند اثر مثبت خود را بگذارند، زیرا این بذور می‌توانند فاصله زمانی را که بذورهای پرایم شده طی کرده‌اند، جبران کنند؛ ولی در مورد ژنوتیپ کالپوش که از بنیه ضعیف‌تری برخوردار است، تیمارهای پرایمینگ به‌ویژه اسیدجیبرلیک باعث بهبود خصوصیات سبزشدن این ژنوتیپ شده‌اند. پرایمینگ با اسیدجیبرلیک و

منابع

1. AbuTaliban, 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. (In Persian).
2. Azarnia, M., Biabani, A., Esvand, H.R., and Poor Alamdari, G. 2016. Study on the effect of mycorrhizal inoculation and seed priming on root and aerial part characteristics of lentil. *Journal of Plant Production Research* 22(3): 27-53. (In Persian).
3. Azarnia, M., and Esvand, H.M. 2013. Effect of hydropriming and hormonal priming on yield and yield components of chickpea in dry and wet conditions. *Journal of Crop Production* 6(4): 1-18. (In Persian with English Summary).
4. Davey, M.W., Stals, E., Panis, B., Keulemans, J., and Swennen, R.I. 2005. High throughput of malondialdehyde in plant. *Analytical Biochemistry* 347: 201-207.
5. Emam, Y., and Nicknegad, V. 2011. Introduction to physiology of crop yield. Shiraz University Publication Center. 594 p. (In Persian).
6. 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.
7. Esvand, H.R., Tavakol Afshari, R., Sharifzadeh, F., Modarat Arefi, H., and Hesamzadeh Hejazi, M. 2008. Improvement of physiological quality of *Agropyron elongatum* host by means of hormonal priming for controlling drought conditions. *Journal of Agricultural Sciences of Iran* 1(39): 53-65. (In Persian).
8. 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.
9. Ghassemi-Golezani, K., and Dalil, B. 2011. Germination and Seed Power Testing. Mashhad University Press. 104 p. (In Persian).
10. Ghazian Tafreshy, G., Arouei, H., Azizi, M., Khazaei, H., and Vesal, S.R. 2016. Effect of spermidine on induction of cold tolerance in cucumber seedlings of Superdamineum cultivar. *Journal of Horticulture* 30(3): 547-554. (In Persian).
11. Jamali, M., Ghaderi-Far, F., Sadeghipour, H.R., Soltani, E., and Alimagham, S.M. 2017. Evaluation of germination of wheat seeds with different levels of seed vigor by using the hydrotime model. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 10(3): 403-413. (In Persian).
12. Johansen, C., Baldev, B., Brouwer, J.B. Erskine, W., Jermyn, W.A., Li-juan, L., Malik, B.A., Ahad Miah, A., and Slim, S.N. 1994. Biotic and abiotic stresses constraining productivity of cool season food legumes In: F.J. Muehlbauer and W.J. Kaiser (Eds.). *Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Pub. Printed the Netherlands. 175-194.
13. Kamkar, B., Ahmadi, M., Mahdavi-Damghani, A., and Villalobos, F.J. 2012. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. *Industrial Crop and Products* 35: 192-198.
14. Kujawski, M., Cichosz, G., Podhajna, E., and Sanko, B. 2003. Effect of temperature on proteolysis and organoleptic properties of Edam-type cheese. *Food Science and Technology* 6: 207-219.
15. Majda, C., Khalid, D., Aziz, A., Rachid, B., Badr, A.S., Lotfi, A., and Mohamed, B. 2019. Nutri-priming as an efficient means to improve the agronomic performance of molybdenum in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Science of Total Environment* 661: 654-663.
16. Mansoori, B., and Abutalebian, M.A. 2013. Effect of on-farm seed priming and supplementary irrigation on emergence rate, yield and yield components of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Plant Production Research* 20(2): 179-196. (In Persian with English Summary).

17. Mehdi Nejad Moghadam, N., Saffalian., O., Zare, N., Sedghi, M., and Karimizadeh, R.A. 2018. The effect of salinity stress on some morphological traits of different lentil cultivars. Second National Conference on Salt Stress in Plants and Strategies for Agricultural Development in Salt: 14 and 15 September. Shahid Madani University of Azerbaijan. 6-10. (In Persian).
18. Moradi, R., Alizadeh, Y., Nezami, A., and Eshghizadeh, H.R. 2013. Study of lentil (*Lens culinaris* Medik.) seed size on germination and seedling properties in drought stress condition. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 377-389. (In Persian with English Summary).
19. Mousavi, C.K., and Ahmadi, A.R. 2009. The effect of planting date and weeds on the performance of three lentil cultivars (*Lens culinaris* Med.) in Khorramabad dryland conditions. Agricultural Research: Water, Soil and Plant in Agriculture 8(1): 13-26. (In Persian).
20. Naguib, D.M. 2019. Metabolic profiling during germination of hydro primed cotton seeds. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 17: 422-426.
21. Nezami, A., Khazaei, H., Shojaeinoferest, K., and Rezaei, J. 2011. Evaluation of freezing tolerance of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes under controlled conditions. Crop Production in Environmental Stress 3(1 and 2): 45-58. (In Persian).
22. Qayyum, M.M.N., Butt, M.S., Anjum, F.M., and Nawaz, H. 2012. Composition analysis of some selected legumes for protein isolates recovery. The Journal of Animal and Plant Sciences 22(4): 1156-1162.
23. 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.
24. Sakar, D., Durutan, N., and Meyveci, K. 1988. Factors which limit the productivity of cool season food legumes in Turkey. p 37-146. In: R.J. Summerfield (Ed.). World Crops: Cool Season Food Legumes. Kluwer, the Netherlands.
25. Sanghera, G., Wani, S.H., Hussain, W., and Singh, N. 2011. Engineering cold stress tolerance in crop plants. Current Genomics 12: 30-43.
26. Saxena, M.C. 1993. The challenge of developing biotic and abiotic stress resistance in cool season food legumes. In: K.B. Singh and M.C. Saxena (Eds.). Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Legumes. John Wiley and Sons, New York, p. 3-14.
27. Sharifi, H., Sadeghian, S.Y., and Hosseinpour, M. 2000. Autumn- Sown Sugar Beet Production: Present and Future. Sugar Beet Seed Institute. (In Persian).
28. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1993. Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. Chichester, UK: Wiley, 635: 52-65.
29. Torabi, B., and Soltani, A. 2013. Quantifying response of chickpea emergence to air temperature. Journal of Crop Production and Processing 2(6): 109-120. (In Persian).
30. Toselli, M.E., and Casenave, E.C. 2002. The hydrotime model analysis of cottonseed germination as tool in priming. Seed Science and Technology 30(3): 549-557.
31. Yaran Pour, M., and Porfalahi, F. 2017. Seed priming effect on germination parameters of alfalfa seed under cold stress conditions. Seventh National Conference on New Ideas in Agriculture. (In Persian).
32. Yusefi Tanha, E., Fallah, S., and Taddayon, A. 2015. Effect of seed priming on some effective physiological parameters on seed germination of pea (*Pisum sativum* L.) under chilling stress. Journal of Plant Process and Function 4(13): 1-15. (In Persian).
33. Zyai, S.M., Nezam, A., Valizadeh, J., and Jafari. M. 2012. Evaluation of possible autumn planting of lentil in Saravan condition. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 104: 55-62. (In Persian with English Summary).



Effect of priming and temperature on emergence and establishment of two lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes featuring low and high seed vigor

Azari¹, Seyyed Jalal; Parsa², Mahdi; Nezami³, Ahmad; Tavakol Afshari⁴, Reza; and Nabati^{5*}, Jafar

1. PhD. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; sjamnt@gmail.com
2. Contribution from Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; parsa@um.ac.ir
3. Contribution from Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; nezami@um.ac.ir
4. Contribution from Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, tavakolafshari@um.ac.ir
5. Contribution from Department of Legumes, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

Received: 22 October 2019; Revised: 16 May 2020
Accepted: 4 November 2020; Available Online: 22 June 2022

How to cite this article:

Azari, S.J., Parsa, M., Nezami, A., Tavakol Afshari, R., and Nabati, J. 2022. Effect of priming and temperature on emergence and establishment of two lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes featuring low and high seed vigor. Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 24-36. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.83891

Introduction

Beans, due to their significant nutritional and crop characteristics, have a high rank in agricultural systems of the world. These plants, by fixing air nitrogen, can increase the amount of nitrogen in the soil. Beans have a long history of cultivation in Iran, and some believe that some of them, such as lentil (*Lense culinaris* Medik) and chickpea (*Cicer arietinum* L.), have been domesticated in this country. The lentils are cold and long day and can be cultivated from 0 to 3500 m above sea level, the temperature suitable for growing lentils is 15-25 °C. Spring cultivation of lentils although common in Iran, winter cultivation of lentils has advantages over spring cultivation if successful. Previous research showed that the average plant height of lentils in autumn and winter was 43% higher than spring planting and the highest yield of lentils (1486 kg.ha⁻¹) was obtained from autumn planting. Autumn cultivation is usually accompanied by a low temperature challenge. Low temperatures often affect the growth and productivity of crops, causing significant crop losses. Delay in emergence and decrease in germination percentage of seeds occur due to autumn cold, so priming can be used for seed germination. The purpose of this study was the effects of different priming treatments on reducing cold stress effects on emergence and growth of two lentil genotypes.

Material and Methods

The experiment was conducted as a factorial based on completely randomized design with four replications under controlled conditions in 2017 at Ferdowsi University of Mashhad. Factors consisted of lentil genotypes (Robat and Calposh), priming (6 levels of control, Gibberellic acid (C₁₉H₂₂O₆), Potassium nitrate (KNO₃), Zinc sulphate (ZnSO₄), seed priming Dayan and hydropriming) and temperature (5, 10 and 15°C). To test and apply treatments, 40 seeds were randomly selected for each treatment. After the end of the priming period (16 h), the seeds were removed from the solution and then placed in the laboratory for 24 h until complete drying. The prepared seeds were 10 seeds in pots of 11 cm diameter light soil and transferred

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

to the growth chamber. Then the studied properties were measured. Data were analyzed using SAS 9.4 software and the means were compared with LSD at 5% probability level.

Results and Discussion

The highest emergence percentage (72.5%) was found in Robat in control and 5°C. Seed vigor in Robat genotype at 15 °C was higher than Calposh genotype, and in both genotypes (with the exception of Calposh genotype the priming primer with zinc sulphate and hydro-priming), the seed vigor increased with temperature. The highest seed vigor (4.91) was found in Robat in 15°C and priming by seed priming Dayan. The highest plant height was observed in priming by gibberellic acid and 15°C. In both genotypes, leaf number per plant was increased as temperature increased and was decreased when treated by ZnSO₄ and Hydropriming in Calposh. The highest leaf number per plant (4 leaves) was found in Robat in 15°C and priming by seed priming Dayan. The highest root length (4.04 cm) was observed in seed priming Dayan and 15°C. The interaction of temperature and priming on root length showed that at 5 °C all priming treatments (with the exception of sulfate priming) compared to the control, at 10 °C priming with Dayan seed solution, potassium nitrate and 15 °C hydropriming. Dayan seed solution and potassium nitrate had more root length than control. Seedlings Robat appear to have higher seed vigor and can compensate for the time elapsed before priming, but seedlings Calposh that are less potent, priming treatments have been able to improve seed vigor.

Conclusion

The results of this study showed that the Robat genotype in terms of seed vigor and other emergence characteristics was better than Calposh genotype. As the Robat genotype has higher vigor, so different priming treatments could not have a positive effect. Priming with gibberellic acid and potassium nitrate had the greatest effect in reducing the effects of low temperature (5 °C) on the emergence characteristics of lentil seed. In general, priming with gibberellic acid seeds for autumn or early spring cultivation can be recommended.

Keywords: Cold stress; Legumes; Percentage of germination; Seed vigor and Hydro priming



پارامتریابی و ارزیابی مدل SSM_iCrop2 برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در ایران

سمانه محمدی^{۱*}، ابراهیم زینلی^۲، افشین سلطانی^۳ و بنیامین ترابی^۴

۱- دانشجوی دکتری رشته کشاورزی گرایش زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ fpp@gau.ac.ir

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ e.zainali@gau.ac.ir

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ afshin.soltani@gau.ac.ir

۴- دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ ben_torabi@yahoo.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۷؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

محمدی، س.، زینلی، ا.، سلطانی، ا.، و ترابی، ب. ۱۴۰۱. پارامتریابی و ارزیابی مدل SSM_iCrop2 برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در ایران. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۱): ۳۷-۵۴.

چکیده

به منظور مدل‌سازی مراحل رشد و عملکرد لوبیا با استفاده از آمار هواشناسی سطح کشور (دمای حداقل و حداکثر، مقدار تابش و میزان بارندگی) مطالعه‌ای در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. هدف از این مطالعه پارامتریابی و ارزیابی مدل SSM_iCrop2 برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیای معمولی به منظور بررسی اثرات عوامل آب و هوایی، خاک، مدیریت زراعی و تعیین ضرایب ژنتیکی با استفاده از زیرمدل‌های مربوط به فنولوژی، تولید و توزیع ماده خشک، روابط آب و تغییرات سطح برگ در شرایط کشور بود. برای برآورد ضرایب و ارزیابی مدل از داده‌های آزمایش‌های انجام‌شده در نقاط مختلف کشور استفاده شد. ابتدا پارامترها برآورد و سپس مدل با استفاده از یک سری داده‌های مستقل، ارزیابی شد. مقایسه مقادیر شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌شده روز تا رسیدگی در پارامتریابی با CV ، $RMSE$ و r به ترتیب برابر با ۱۴ روز، ۱۳ درصد و ۰/۷۶ و برای عملکرد دانه به ترتیب ۶۲ گرم در متر مربع، ۲۰ درصد و ۰/۸۴ درستی پارامترهای مورد استفاده را نشان داد. همچنین مقادیر CV ، $RMSE$ و r در ارزیابی مدل برای روز تا رسیدگی به ترتیب برابر با ۸ روز، ۸ درصد و ۰/۷۴ و برای عملکرد دانه به ترتیب ۵۳ گرم در متر مربع، ۱۹ درصد و ۰/۷۷ دقت شبیه‌سازی مدل را تأیید نمود. بنابراین، می‌توان از مدل SSM_iCrop2 به‌عنوان ابزار مناسبی برای بررسی سیستم‌های زراعی و تفسیر نتایج در شرایط محیطی و مدیریتی متفاوت در جهت بهبود مدیریت مزارع لوبیا در کشور استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق؛ سطح برگ؛ عملکرد دانه؛ فنولوژی؛ لوبیا

مقدمه

رشد جمعیت و تغییر الگوی مصرف، تقاضای جهانی غذا را افزایش داده و امنیت غذایی را تهدید می‌کند (Godfray et al., 2010). برای حفظ امنیت غذایی، روند توسعه محصولات پروتئینی گیاهی باید با سرعت بالایی ادامه یابد تا امکان تغذیه ۲/۳ میلیارد نفر دیگر تا چهار دهه آینده وجود داشته باشد (Aiking, H. 2011). در بین حبوبات از لحاظ سطح زیرکشت و ارزش اقتصادی در جهان، مقام اول متعلق به انواع لوبیا است

(Salehi, 2015). دانه لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) دارای ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۵۶ درصد

کربوهیدرات و از مهم‌ترین غذاها به ویژه در کشورهای درحال توسعه است (Majnoon Hosseini, 2008). در بین کشورهای آسیایی، چین، ایران، ژاپن، و ترکیه تولیدکنندگان عمده لوبیای معمولی هستند (Singh, 1999). طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی (Ministry of Agriculture, 2016)، در سال ۱۳۹۵ در ایران سطح زیرکشت لوبیا ۱۱۴۵۹۳ هکتار و تولید آن ۲۲۲۷۰۵ تن بوده است. طبق گزارش Soltani et al., (2020b)، در ایران با جمعیتی بالغ بر ۸۰ میلیون نفر و

* نویسنده مسئول: samamoh1367@gmail.com

قرارگیری در منطقه ناپایدار از لحاظ جغرافیایی-سیاسی خاورمیانه و وجود تحریم‌های اقتصادی ناشی از فشار آمریکا و کشورهای اروپایی بر برنامه‌های هسته‌ای، مصرف گوشت قرمز و برنج از سال ۲۰۱۰ کاهش یافته است و انتظار می‌رود با تشدید تحریم‌ها، مصرف این دو ماده کاهش بیشتری یابد. از طرف دیگر، محدودیت منابع آب و بهینه‌نبودن مصرف این منابع در جهت خودکفایی در تولید پروتئین حیوانی، توجه بیشتر به اصلاح رژیم غذایی به سمت کاهش مصرف گوشت و افزایش تولید حبوبات به ویژه لوبیا در جهت حفظ امنیت غذایی کشور را توجیه می‌کند. بنابراین، پیش‌بینی رشد و عملکرد پتانسیل لوبیا در شرایط مختلف مدیریتی و محیطی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در توسعه و بهبود تولید این محصول در آینده داشته باشد.

عملکرد پتانسیل یک وضعیت ایده‌آل است که در آن، محصول بدون هیچ‌گونه محدودیت بیوفیزیکی به جز عوامل غیرقابل کنترل مانند تابش خورشیدی، دمای هوا و بارندگی رشد می‌کند. عملکرد پتانسیل را می‌توان به سه طریق محاسبه کرد: بیشترین عملکرد ثبت‌شده توسط کشاورزان، اندازه‌گیری مستقیم عملکرد به‌دست‌آمده در مزارع آزمایشی کنترل‌شده و بدون عوامل محدودکننده تحت نظارت متخصصان زراعت و شبیه‌سازی عملکرد به وسیله مدل‌های گیاهان زراعی (Van Ittersum et al., 2013; Lobell et al., 2013). مدل‌ها ابزار مناسبی برای توسعه روش‌های تصمیم‌گیری هستند، به ویژه به این دلیل که امکان ارزیابی طیف وسیعی از سال‌ها از لحاظ اقلیمی همراه با سناریوهای مختلف مدیریتی را فراهم می‌کنند (Sinclair et al., 2020). به‌طور کلی مدل‌های زراعی، ابزارهای مفیدی برای بهینه‌سازی تعامل بین ژنوتیپ، محیط و مدیریت زراعی هستند (Zhang et al., 2019). نکته مهم این که مدل‌ها اجازه ارزیابی ریسک اصلاح فیزیولوژیکی یا مدیریتی را در مقیاس مزارع کوچک به کشتزارها و مناطق وسیع‌تر می‌دهند (Sinclair et al., 2020).

مدل‌های گیاهان زراعی باید الزامات ویژه‌ای را برای استفاده در برنامه‌های توسعه و یا سیستم‌های پشتیبانی فعال در تصمیم‌گیری‌ها داشته باشند: ۱. باید مستنداتی وجود داشته باشد که مدل مربوط به دامنه جغرافیایی و زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است، ۲. مدل باید نیاز به داده ورودی کم (یعنی پارامترهای ورودی کم) داشته باشد. این مورد ضروری است، زیرا تصمیم‌گیرندگان معمولاً داده‌های قابل‌دسترس کم و زمان کوتاهی برای دستیابی به داده‌ها قبل از ارائه مشاوره دارند و ۳. استفاده از این مدل برای افراد غیرمتخصص آسان باشد؛ به این معنی که در مدل باید پارامترهایی که احتمال تغییر آن‌ها

برای سازگارشدن به دیگر سناریوهای زراعی وجود دارد، به آسانی قابل‌دسترس و قابل‌تغییر باشند، یا به عنوان یک ابزار پشتیبانی در تصمیم‌گیری استفاده شوند (Sinclair et al., 2020). بر این مبنا، با استفاده از پروتکل اطلس جهانی خلأ عملکرد و بهره‌وری آب (GYGA Van Ittersum et al., 2013) مدل شبیه‌سازی ساده آزمایش‌شده SSM_iCrop2 برای ایران تنظیم شد (Soltani et al., 2020b). این مدل برای طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی، به طور گسترده آزمایش و ثابت شده است (Soltani et al., 2020a). عملکرد پتانسیل آبی (Yp) و دیم (Yw) و نیاز آب آبیاری خالص (برای شرایط آبی) گونه‌های اصلی گیاهان زراعی و باغی در ایران با استفاده از مدل SSM_iCrop2 با موفقیت شبیه‌سازی شده است (Soltani et al., 2020b). این مدل به اطلاعات ورودی محدود با دسترسی آسان نیاز دارد (Nehbandani et al., 2020). پارامتریابی مدل SSM_iCrop2 ساده است و برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد محصول به تعداد پارامترهای کمی (حداکثر ۳۷ پارامتر برای هر محصول) نیاز دارد (Soltani et al., 2020a; Nehbandani et al., 2020).

زیرمدل iCrop2 به عنوان بخشی از مدل iAgNexus است. وجه تمایز مدل SSM_iCrop2 نسبت به سایر مدل‌های موجود، بومی‌بودن آن است (Soltani et al., 2016). این مدل در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان توسط سلطانی و همکاران طراحی و ساخته شده است. در این مدل مقدار عملکرد پتانسیل بر مبنای داده‌های هواشناسی، شرایط خاک، نحوه مدیریت و پارامترهای گیاهی محاسبه می‌شود. مدل SSM_iCrop2 توانایی شبیه‌سازی مراحل فنولوژی، گسترش و پیری برگ، توزیع ماده خشک، تشکیل عملکرد و موازنه آب خاک را دارد و شبیه‌سازی را به صورت روزانه انجام می‌دهد. مدل SSM_iCrop2، مراحل سبزشدن، شروع مؤثر پرشدن دانه‌ها، پایان مؤثر پرشدن دانه‌ها، شروع پیرشدن برگ‌ها و رسیدگی را پیش‌بینی می‌کند (Soltani, 2009). در این مدل، گسترش و پیرشدن سطح برگ تابعی از دما است. تولید ماده خشک به عنوان تابعی از تابش دریافت‌شده و دما تخمین زده می‌شود و موازنه آب خاک شامل روان‌آب، رشد ریشه و افزایش عمق مؤثر استخراج آب، تبخیر از سطح خاک، تعرق و زهکشی شبیه‌سازی می‌شوند (Soltani et al., 2016).

برای رسم نمودار یک‌به‌یک پارامتریابی و ارزیابی مدل، نیاز به داده‌های مربوط به عملکردهای واقعی است. داده‌ها و منابعی که به منظور تخمین عملکرد واقعی یک منطقه می‌توان از آن‌ها استفاده کرد عبارتند از: داده‌های جمع‌آوری‌شده از مطالعات

گرفته شده بود. پارامترهای مربوط به سطح برگ لوبیا در جدول ۶ نشان داده شده‌اند.

موازنه آب خاک در زیرمدل iCrop2: مقدار آب قابل دسترس برای گیاه تحت تأثیر عمق ریشه و به تبع آن حجم خاکی است که ریشه در طول فصل رشد به آن دسترسی دارد. در زیرمدل iCrop2 برای انجام محاسبات موازنه آب خاک، خاک به صورت دولایه در نظر گرفته شده است: یک لایه فوقانی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر و یک لایه دوم که شامل لایه اول نیز هست و برابر با عمق مؤثر استخراج آب^۲ می‌باشد. عمق لایه دوم با شروع رشد ریشه افزایش می‌یابد تا به حداکثر خود برسد. عمق خاک در زمان سبزشدن، ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. پس از مرحله سبزشدن به ازای هر واحد دمایی، به مقداری که جزء پارامترهای گیاهی محسوب می‌شود، بر عمق ریشه افزوده می‌شود. عمق نهایی قابل دسترس برای ریشه می‌تواند بر اساس مرحله فنولوژیک، عمق نفوذ ریشه، عمق خاک و یا موانع فیزیکی و شیمیایی موجود در خاک برای رشد ریشه تعیین شود (Soltani & Sinclair, 2011). در مدل فرض می‌شود که تنش آب تأثیری بر زمان تا مراحل مختلف نمو در لوبیا ندارد. پارامترهای مربوط به روابط آب-گیاه لوبیا در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

تولید و توزیع ماده خشک: هسته اصلی مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی، محاسبه تولید ماده خشک است که در آن انرژی خورشیدی به انرژی نهفته در پیوندهای شیمیایی ماده خشک تولیدی، تبدیل می‌شود. در مدل تولید ماده خشک با روش ساده مبتنی بر کارایی استفاده از نور^۳ (RUE) پیش‌بینی می‌شود. مقدار PAR دریافت‌شده در هر روز (FINT) از شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور (K برای PAR) براساس قانون بیر-بوگر-لامبرت در مدل محاسبه می‌شود (Sinclair, 2006).

تشکیل عملکرد: رشد دانه در دوره‌ای از شروع رشد بذر (BSG) تا پایان رشد بذر (TSG) اتفاق می‌افتد و با استفاده از روشی مشابه مدل سیرپوس گندم محاسبه می‌شود (Jamieson et al., 1998). مدل‌سازی سرعت رشد دانه‌ها و تشکیل عملکرد بر مبنای مفهوم افزایش خطی شاخص برداشت (Soltani & Sinclair, 2012) شبیه‌سازی شده است. پارامترهای مربوط به تولید ماده خشک و تشکیل عملکرد لوبیا در جدول ۷ نشان داده شده است.

میدانی، استفاده از داده‌های سازمان‌های خاص و همچنین استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای (Van Ittersum et al., 2013). شبیه‌سازی‌های با کیفیت بالا با استفاده از چارچوب، به داده‌های ورودی با کیفیت (آب و هوا، خاک، مدیریت) و آمارها (سطح زیرکشت و منابع آب و زمین)، یک روش دقیق مقیاس‌بندی و یک مدل زراعی که به طور دقیق پارامتر شده باشد، نیاز دارند (Soltani et al., 2020c). بنابراین هدف از این مطالعه، پارامتریابی مدل SSM_iCrop2 و ارزیابی این مدل برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیای معمولی در شرایط اقلیمی ایران بود.

مواد و روش‌ها

مدل شبیه‌سازی: در این مطالعه از مدل SSM_iCrop2 به عنوان مبنا استفاده شد که شرح کامل آن توسط Soltani & Sinclair (2012) توضیح داده شده است. مدل SSM_iCrop2 قبلاً در ایران برای لوبیا مورد استفاده قرار نگرفته است. مدل برای اجرا نیاز به یک سری ورودی دارد که در جدول ۱ نشان داده شده است. در این مدل فرض شده است که از لحاظ عناصر غذایی کمبودی وجود ندارد و آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز به طور کامل کنترل می‌شوند.

فنولوژی: تولید و تسهیم ماده خشک در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تا حد زیادی به وسیله زمان‌بندی مراحل نمو تنظیم می‌شود (Soltani & Sinclair, 2012; Sinclair et al., 1991). مدل SSM_iCrop2، مراحل سبزشدن، شروع گلدهی، شروع مؤثر پرشدن دانه‌ها، پایان مؤثر پرشدن دانه‌ها، شروع پیرشدن برگ‌ها و رسیدگی را پیش‌بینی می‌کند. گیاهان برای رسیدن به هر یک از این مراحل نیاز به مقادیر مشخصی از واحد دمایی تجمعی دارند که این مقادیر به عنوان پارامترهای ورودی زیرمدل iCrop2 جهت مدل‌سازی مراحل فنولوژیک گیاهان محسوب می‌شوند. مدل، واکنش سرعت نسبی نمو در گیاه به میانگین دمای روزانه را با استفاده از یک تابع دندان‌مانند^۱ توصیف می‌کند. پارامترهای مربوط به فنولوژی لوبیا در جدول ۵ نشان داده شده‌اند.

تغییرات سطح برگ: محاسبه‌های مربوط به سطح برگ با روشی مشابه با مدل EPIC (Williams et al., 1989) انجام شد که در مدل SBEET (Soltani et al., 2005) به کار

2- Effective extraction depth
3- Radiation use efficiency

1- dent-link

جدول ۱- پارامترهای ورودی مورد نیاز مدل SSM_iCrop2
Table 1. Required parameters inputs for running the SSM_iCrop2 model

واحد Unit	پارامتر parameter	
-	واحد دمایی نرمالیزه شده که در آن رشد عمقی ریشه آغاز می‌گردد. Fraction of tuHAR for beginning root growth (frBRG)	روابط آب Water relations
-	واحد دمایی نرمالیزه شده که در آن رشد عمقی ریشه متوقف می‌شود. Fraction of tuHAR for termination root growth (frTRG)	
میلی‌متر mm	عمق اولیه ریشه‌ها در هنگام جوانه‌زنی یا شروع رشد برگ Initial depth of roots at emergence or beginning leaf growth (iDEPORT)	
میلی‌متر mm	حداکثر عمق مؤثر استخراج آب از خاک Maximum effective depth of water extraction from soil (MEED)	
کیلو پاسکال kPa	ضریب کارایی تعرق Transpiration efficiency coefficient (TEC)	
-	آستانه FTSW برای رشد FTSW threshold when biomass production starts to decline (WSSG)	
-	آستانه FTSW برای نمو سطح برگ FTSW threshold when leaf area development starts to decline (WSSL)	
-	مقدار ضریب اصلاح تنش کمبود آب برای سرعت نمو فنولوژیک A coefficient that specifies acceleration or retardation in development in response to water deficit (WSSD)	
درجه سانتی‌گراد °C	حداکثر دمای روزانه Maximum temperature (TMAX)	اطلاعات هواشناسی Meteorology data
درجه سانتی‌گراد °C	حداقل دمای روزانه Minimum temperature (TMIN)	
مگاژول بر متر مربع در روز MJ m ⁻² d ⁻¹	تابش خورشیدی روزانه Solar radiation (SRAD)	
میلی‌متر mm	بارندگی روزانه Daily precipitation (RAIN)	
درجه degree (o)	عرض جغرافیایی Latitude (Latitude)	اطلاعات مکانی Spatial data
میکرومول بر مول μmol mol ⁻¹	غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر Atmosphere CO ₂ concentration (CO ₂)	
-	ضریب محاسبه کمبود فشار بخار Vapor pressure deficit calculation coefficient (VPDF)	
درجه سانتی‌گراد °C	مقدار تغییر دما Temperature change (tchng)	
متر در متر m m ⁻¹	شیب زمین Land slope (SLOPE)	اطلاعات خاک Soil data
-	ضریب تغییر بارندگی Precipitation coefficient of variation (pchng)	
میلی‌متر mm	عمق خاک Soil depth (SOLDEP)	
-	آلبدوی خاک Soil albedo (SALB)	
-	فاکتور زهکشی خاک Soil drainage factor (DRAINF)	
-	فاکتور زهکشی سطحی Surface drainage factor (SDRAINF)	
میلی‌متر در میلی‌متر mm mm ⁻¹	مقدار آب در خاک پس از خروج آب ثقلی Soil water after release of gravitational water (DUL)	
میلی‌متر در میلی‌متر mm mm ⁻¹	پایین‌ترین سطح آب خاک Lowest level of soil water (LL)	
میلی‌متر در میلی‌متر mm mm ⁻¹	آب خاک در اشباع Soil water at saturation (SAT)	
میلی‌متر در میلی‌متر mm mm ⁻¹	حجم محتوای آب خاک قابل دسترس برای ریشه گیاه Volumetric soil water content available for extraction by crop roots (EXTR)	

شماره منحنی خاک	-
Curve number (CN)	
اطلاعات مدیریت زراعی	روز
Management operations data	day
تاریخ کاشت	روز
Planting date (PDOY)	day
شروع تاریخ شبیه‌سازی آب خاک	روز
Start of soil water simulation date (SimDoy)	day
شروع جستجو برای تاریخ کاشت	روز
Start of searching for planting date (FPDoy)	day
طول مدت جستجو برای کاشت	روز
Duration of searching for planting (SearchDur)	day
سطح آستانه آبیاری	-
Irrigation threshold level (IRGLVL)	
تاریخ خاتمه دوره رشد گیاه	روز
Termination of plant growth date (StopDoy)	day
حداقل ارتفاع آب	میلی‌متر
Minimum water height (mnWH)	mm
حداکثر ارتفاع آب	میلی‌متر
Maximum water height (mxWH)	mm
آب اولیه خاک در شروع شبیه‌سازی	میلی‌متر
Initial soil water at start of simulation (ISW)	mm

در ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی و شرایط اشباع بود. پایگاه داده خاک HC27 که در مطالعه حاضر استفاده شد، دارای وضوح ۱۰ کیلومتری است. جزئیات مربوط به خاک‌های غالب در مناطق تولیدکننده لوبیا در ایران در جدول ۳ ارائه شده است.

ارزیابی مدل: با اجرای مدل و بررسی اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی و تغییر پارامترهای مربوط به فنولوژی (واحد حرارتی در زمان برداشت)، سطح برگ (حداکثر شاخص سطح برگ) و شاخص برداشت (حداکثر شاخص برداشت) که با استفاده از داده‌های حاصل از پژوهش حاضر و آزمایش‌های دیگران (داده‌های مربوط به رشد و تولید لوبیا از مقالات و گزارش‌ها) برآورد شدند، پارامترهایی که کمترین اختلاف و خطا بین مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل و مقادیر واقعی را ایجاد کردند، انتخاب شدند. سپس کارایی مدل در پیش‌بینی رشد و نمو لوبیا با استفاده از مجموعه‌ای از داده‌های آزمایشی مستقل از داده‌های مورد استفاده در پارامتریابی در مناطق مهم تحت کشت لوبیا در کشور مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴). براساس آمار وزارت کشاورزی ۱۳۹۴-۱۳۸۰ (Ministry of Agriculture, 2016) هشت استان فارس، لرستان، مرکزی، زنجان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری، آذربایجان شرقی و اصفهان به ترتیب با ۲۷، ۱۵، ۱۴، ۱۲، ۱۱، ۵، ۴ و ۳ درصد در مجموع ۹۱ درصد تولید لوبیا در کشور را به خود اختصاص داده و مناطق اصلی کشت و تولید لوبیا در ایران هستند (شکل ۱).

داده‌های مدیریت زراعی: اطلاعات مدیریت زراعی موردنیاز شامل تاریخ کاشت، میزان رطوبت خاک در طول شبیه‌سازی و آبیاری بود که از مقالات موجود در جدول ۴ استخراج شد. در مدل SSM_iCrop2، درجه‌روز رشد (GDD) برای تعیین تفاوت بین ارقام لوبیا از نظر طول دوره رشد استفاده شد. برای این منظور، زمان حرارتی مورد نیاز از کاشت تا رسیدگی برداشت برای رقم‌های کم محصول زودرس، متوسط‌رس و دیررس به ترتیب ۱۳۰۰، ۱۵۰۰، ۱۷۰۰ و برای پُرمحصول به ترتیب ۱۹۰۰، ۲۱۰۰ و ۲۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است. GDD (بر اساس دمای کاردینال لوبیا) برای هر مرحله فنولوژیکی محاسبه شد (جدول ۵).

داده‌های آب و هوایی: اطلاعات هواشناسی هر منطقه آزمایشی شامل حداقل و حداکثر دما، بارش و تابش خورشیدی روزانه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل اجرای آزمایش به‌دست آمد. سپس داده‌های پرت و ازدست‌رفته برآورد و با استفاده از نرم‌افزار WeatherMan بازیابی شد (Hoogenboom et al., 2004).

داده‌های خاک: در ایران هیچ پایگاه داده محلی دیجیتالی شده برای مدل‌سازی محصولات وجود ندارد؛ بنابراین اطلاعات خاک مورد استفاده برای اجرای مدل از مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سیاست غذای HC27 HarvestChoice - (IFPRI) (Koo & Dimes 2013) به‌دست آمد. اطلاعات موردنیاز خاک شامل شاخص آلودگی خاک، ضریب زهکشی، حجم آب خاک

جدول ۲- پارامترهای مربوط به روابط آب-گیاه در مدل SSM_iCrop2 برای لوبیا (Soltani, 2009; Amir & Sinclair, 1991)

Table 2. Water-plant relationships parameters in SSM_iCrop2 model for bean (Soltani, 2009; Amir & Sinclair, 1991)

پارامتر	مقدار
Parameter	Value
عمق اولیه ریشه در مرحله سبز شدن یا شروع رشد برگ Initial depth of roots at emergence (iDEPOR, mm)	200
واحد دمایی برای شروع رشد ریشه Temperature unit for growth of roots start (tuBRG, °C)	0.04
واحد دمایی برای توقف رشد ریشه Temperature unit for growth of roots stop (tuTRG, °C)	0.55
حداکثر عمق مؤثر استخراج آب از خاک Effective depth of water extraction from soil (MEED, mm)	1000
ضریب کارایی تعرق Transpiration efficiency coefficient (TEC, Pa)	5
آستانه FTSW برای رشد FTSW threshold when dry matter production starts to decline (WSSG)	0.3
آستانه FTSW برای نمو سطح برگ FTSW threshold when leaf area development starts to decline (WSSL)	0.4
مقدار ضریب اصلاح تنش کمبود آب برای سرعت نمو فنولوژیک A coefficient that specifies acceleration or retardation in development in response to water deficit (WSSD)	0
FTSW: Fraction transportable soil water	

جدول ۳- خاک‌های غالب در مناطق تولیدکننده لوبیا در ایران بر اساس انتخاب سطح برداشت IFPRI (Koo & Dimes, 2013)

Table 3. Dominant soils in bean producing areas in Iran based on harvest area selection IFPRI (Koo & Dimes, 2013)

Soil code	Soc	SOLDEP	SALB	CN	DRAINF	SAT	DUL	LL
HC16-Clay MF060	0.7-1.2	600	0.05	85	0.2	0.458	0.405	0.233
HC19-Clay LF060	0-0.7	600	0.05	85	0.2	0.458	0.405	0.233
HC22-Loam HF060	>1.2	600	0.10	75	0.5	0.41	0.307	0.180
HC25-Loam MF060	0.7-1.2	600	0.10	75	0.5	0.41	0.307	0.180
HC28Loam LF060	0-0.7	600	0.10	75	0.5	0.41	0.307	0.180

Soc: کربن آلی خاک؛ SOLDEP: عمق خاک؛ SALB: آلودگی خاک؛ CN: شماره منحنی خاک؛ DRAINF: فاکتور زهکشی؛ SAT: کسر حجمی آب خاک در حالت اشباع؛

DUL: کسر حجمی آب خاک در حد بالایی زهکشی؛ LL: کسر حجمی آب خاک در حد پایین.

کدهای خاک (IFPRI) - HarvestChoice HC27): ۱۶= رسی، حاصلخیزی متوسط، عمق ۶۰ سانتی‌متر؛ ۱۹= رسی، حاصلخیزی کم، عمق ۶۰ سانتی‌متر؛ ۲۲= لومی، حاصلخیزی

زیاد، عمق ۶۰ سانتی‌متر؛ ۲۵= لومی، حاصلخیزی متوسط، عمق ۶۰ سانتی‌متر؛ ۲۸= لومی، حاصلخیزی کم، عمق ۶۰ سانتی‌متر

رابطه (۲):

$$CV = \frac{\delta}{\mu} \times 100$$

که در آن، CV: ضریب تغییرات، δ : انحراف معیار و μ : میانگین می‌باشد.

رابطه (۳):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

که در آن، X_i : مقدار اندازه‌گیری‌شده، Y_i : مقدار شبیه‌سازی‌شده، $\bar{X}$ و $\bar{Y}$: میانگین مقادیر X_i و Y_i و n : تعداد مقادیر اندازه‌گیری‌شده و شبیه‌سازی‌شده است که برای محاسبه r استفاده می‌شوند.

به منظور تجزیه و تحلیل آماری و بررسی صحت پارامترها

و دقت تخمین مدل برای مقایسه داده‌های ثبت‌شده در مطالعات قبلی با داده‌های شبیه‌سازی‌شده توسط مدل، از ضریب همبستگی (r)، جذر میانگین مجموع مربعات خطاها (RMSE) و درصد ضریب تغییرات ($CV\%$) براساس معادلات زیر استفاده شد (Soltani & Hoogenboom, 2007):

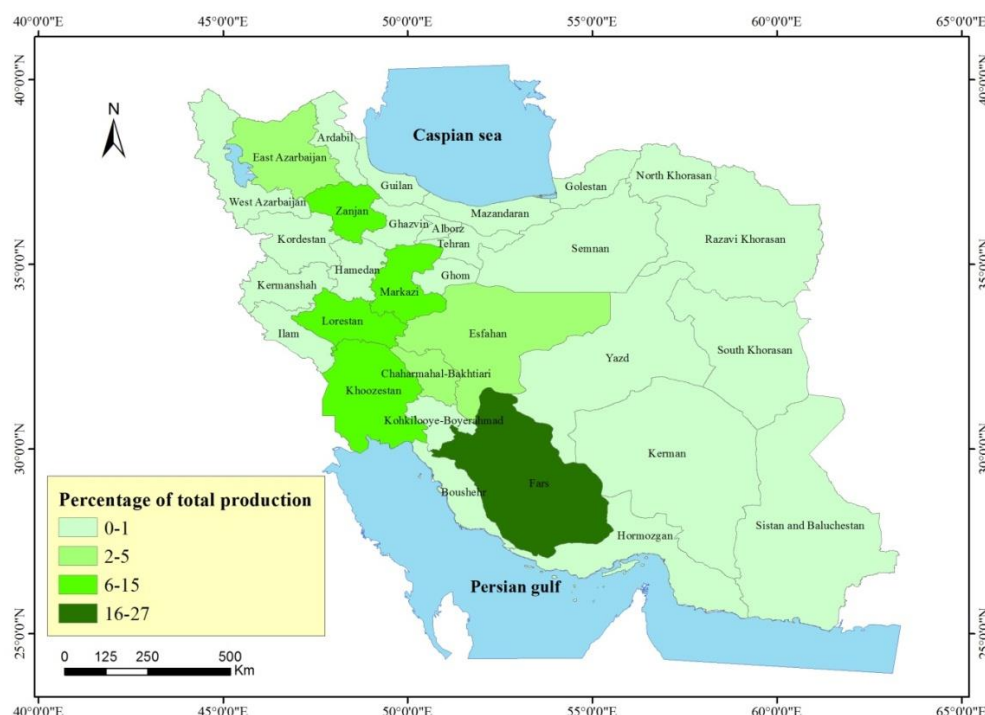
رابطه (۱):

$$RMSE(\%) = \sqrt{\frac{\sum (X_i - Y_i)^2}{n-1}} \times \frac{100}{\bar{X}}$$

که در آن، X_i : مقدار اندازه‌گیری‌شده، Y_i : مقدار شبیه‌سازی‌شده و n : تعداد مقادیر اندازه‌گیری‌شده و شبیه‌سازی‌شده است که برای محاسبه RMSE استفاده می‌شوند.

جدول ۴- آزمایش‌های مورد استفاده برای پارامتریابی و ارزیابی مدل SSM_iCrop2 برای لوبیا در ایران
Table 4. Experiments used for parameterization and evaluation of SSM_iCrop2 model for bean in Iran

موقعیت ایستگاه عرض (Latitude) طول (Longitude)	منابع Reference	تیمارها Treatments	استان، محل و سال Province, Location and Year
آزمایش‌های مورد استفاده برای پارامتریابی مدل		Experiments used for model parameterization	
34.07	صفاپور و همکاران، ۱۳۹۱	ژنوتیپ، تنش خشکی	مرکزی، اراک، ۱۳۸۸-۱۳۸۷
49.78	Safapour <i>et al</i> , 2012	Genotype, Drought stress	Arak, Markazi, 2008-2009
33.55	حیدری و همکاران، ۱۳۹۴	روش‌های کنترل علف‌هرز	مرکزی، شازند، ۱۳۹۰-۱۳۸۹
49.24	Hydari <i>et al</i> , 2015	Weed control methods	Shazand, Markazi, 2010-2011
33.39	اسدی و همکاران، ۱۳۹۰	ژنوتیپ، تنش خشکی	مرکزی، خمین، ۱۳۸۵-۱۳۸۶
50.04	Assady <i>et al</i> , 2011	Genotype, Drought stress	Khomain, Markazi, 2006-2007
35.24	صادقی‌پور و همکاران، ۱۳۸۳	ژنوتیپ، تراکم گیاه	تهران، ری، ۱۳۸۱-۱۳۸۲
52.36	Sadeghipour <i>et al</i> , 2005	Genotype, Plant density	Rey, Tehran, 2002-2003
37.45	صالحی و همکاران، ۱۳۸۷	ژنوتیپ، تاریخ کاشت	آذربایجان شرقی، میانه، ۱۳۸۳-۱۳۸۴
47.7	Salehi <i>et al</i> , 2008	Genotype, Planting date	Miane, East Azarbaijan, 2004-2005
35.24	صادقی‌پور و غفاری خلیق، ۱۳۸۱	ژنوتیپ، وجین و علف‌کش	تهران، ری، ۱۳۷۸-۱۳۸۰
52.36	Sadeghipur & Ghafarikhahligh, 2002	Genotype, Weeding and herbicide	Rey, Tehran, 1999-2001
36.2	مهرپویان و شیرانی راد، ۱۳۹۰	ژنوتیپ، ریزوبیوم	زنجان، خرم‌دره، ۱۳۸۴-۱۳۸۶
49.92	Mehrpouyan & Shirani rad, 2011	Genotype, Rhizobium	Khoramdare, Zanjan, 2005-2007
32.3	کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶	ژنوتیپ، کم‌آبیاری	چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ۱۳۹۲-۱۳۹۳
50.8	Karimzadeh <i>et al</i> , 2017	Genotype, Low irrigation	Shahrekord, Chaharmahalvabakhtiari, 2013-2014
آزمایش‌های مورد استفاده برای ارزیابی مدل		Experiments used for model evaluation	
33.24	رحمانی و همکاران، ۱۳۹۱	ژنوتیپ، تاریخ کاشت	لرستان، الیگودرز، ۱۳۸۷-۱۳۸۸
49.42	Rahmani <i>et al</i> , 2012	Genotype, Planting date	Aligudarz, Lorestan, 2008-2009
29.57	میرهاشمی اقدام و همکاران، ۱۳۹۲	ژنوتیپ، کود نیتروژن	فارس، شیراز، ۱۳۹۰-۱۳۹۱
52.6	Mirhashemi Aghdam <i>et al</i> , 2014	Genotype, Nitrogen fertilizer	Shiraz, Fars, 2011-2012
35.78	قنبری و همکاران، ۱۳۹۳	ژنوتیپ، کمبود آب	البرز، کرج، ۱۳۸۷-۱۳۸۸
50.83	Ghanbari <i>et al</i> , 2014	Genotype, Water deficit	Karaj, Alborz, 2008-2010
34.07	مهاجرانی و همکاران، ۱۳۹۵	ژنوتیپ، آبیاری	مرکزی، اراک، ۱۳۹۲-۱۳۹۳
49.78	Mohajerani <i>et al</i> , 2016	Genotype, Irrigation	Arak, Markazi, 2013-2014
32.3	جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۵	ژنوتیپ، تنش خشکی	چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ۱۳۸۸-۱۳۸۹
50.8	Jamshidi <i>et al</i> , 2016	Genotype, Drought stress	Shahrekord,, Chaharmahalvabakhtiari
36.2	مهرپویان و همکاران، ۱۳۸۹	ژنوتیپ، تاریخ کاشت، روش کاشت	زنجان، خرم‌دره، ۱۳۸۶-۱۳۸۷
49.92	Mehrpouyan <i>et al</i> , 2010	Genotype, Planting date, Planting method	Khoramdare, Zanjan, 2007-2008
36.67	قنبری مطلق و همکاران، ۱۳۹۱	ژنوتیپ، تاریخ کاشت	زنجان، زنجان، ۱۳۸۷-۱۳۸۸
48.53	Ghanbari Motlaq <i>et al</i> , 2012	Genotype, Planting date	Zanjan, Zanjan, 2008-2009
35.78	قنبری، ۱۳۹۴	ژنوتیپ، کمبود آب	البرز، کرج، ۱۳۸۷-۱۳۸۹
50.83	Ghanbari, 2015	Genotype, Water deficit	Karaj, Alborz, 2008-2010
34.87	امیدی و سپهری، ۱۳۹۳	ژنوتیپ، کمبود آب	همدان، همدان، ۱۳۹۰-۱۳۹۱
	Omidi & Sepehri, 2015	Genotype, Water deficit	Hamedan, Hamedan, 2011-2012
38.12	پرویزی و همکاران، ۱۳۹۰	ژنوتیپ، تراکم گیاه	آذربایجان شرقی، تبریز، ۱۳۸۵-۱۳۸۶
46.23	Parvizi <i>et al</i> , 2011	Genotype, Plant density	Tabriz, East Azarbaijan, 2006-2007



شکل ۱- مناطق اصلی تولید لوبیا در کشور براساس آمار وزارت کشاورزی (۱۳۹۵-۱۳۸۰)

Fig. 1. Major regions of bean production in the country according to the Ministry of Agriculture figures (2001-2016)

نتایج و بحث

پارامتریابی مدل

فنولوژی (روز تا رسیدگی): پارامترهای مربوط به فنولوژی

لوبیا در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. نتایج پارامتریابی مدل در مقایسه بین مقادیر پیش‌بینی‌شده در برابر مشاهده‌شده روز تا رسیدگی با $RMSE$ ، CV و r به ترتیب ۱۴ روز، ۱۳ درصد و ۰/۷۶ نشان داد پارامترهای مورد استفاده، درست و منطقی هستند. بیشتر داده‌های روز تا رسیدگی در دامنه ۱۰ درصد بالا و پایین خط ۱:۱ قرار گرفتند که نشان‌دهنده برآورد صحیح پارامترهای مدل SSM_iCrop2 در تخمین مقدار روز تا رسیدگی لوبیای معمولی در ایران است (شکل ۲). دامنه تغییرات روز تا رسیدگی لوبیا در پارامتریابی برای داده‌های مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده به ترتیب بین ۷۸ تا ۱۲۸ و ۶۹ تا ۱۳۷ روز با میانگین ۱۰۲ و ۱۰۰ روز بود که نشان‌دهنده درستی میزان پراکندگی داده‌های مدل و نزدیک‌بودن پیش‌بینی مدل به واقعیت است.

مطالعات متعدد نتایج مشابهی از پارامتریابی مدل SSM گزارش کرده‌اند. به عنوان نمونه، در پارامتریابی سویا در ایران

با استفاده از مدل SSM_iCrop2 با مقایسه روز تا رسیدگی پیش‌بینی‌شده در برابر مشاهده‌شده با مقادیر $RMSE$ ، CV و r به ترتیب ۱۲ روز، ۹ درصد و ۰/۶۰ نتیجه‌گیری شد که مدل SSM_iCrop2 روز تا رسیدگی سویا در ایران را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی می‌کند (Nehbandani et al., 2020). در پیش‌بینی رشد سیب‌زمینی در ایران با استفاده از SSM_iCrop2 با مقایسه روز تا رسیدگی پیش‌بینی‌شده در برابر مشاهده‌شده در پارامتریابی، مقادیر $RMSE$ ، CV و r به ترتیب ۲۴ روز، ۱۹ درصد و ۰/۳۴ نتایج شبیه‌سازی قابل قبول گزارش شد (Dadrasi et al., 2020). در مطالعه دیگری نسبت بین مقادیر روز تا رسیدگی پیش‌بینی‌شده به مشاهده‌شده سویا در شرایط گرگان با استفاده از مدل SSM ، با $RMSE$ برابر با ۸/۷ روز، CV برابر با ۶ درصد و r برابر با ۰/۷۲ نشان داد این مدل توانسته با دقت زیادی روز تا رسیدگی سویا را پیش‌بینی نماید (Nehbandani et al., 2016). مدل SSM در شبیه‌سازی روز تا رسیدگی بادام‌زمینی در شمال ایران با مقادیر $RMSE$ ، CV و r به ترتیب برابر با ۷/۲ روز، ۵/۴ درصد و ۰/۴۶ روز تا رسیدگی را به‌طور صحیح تخمین زد (Noorhosseini et al., 2018).

جدول ۵- پارامترهای مربوط به فنولوژی در مدل SSM_iCrop2 برای لوبیا در ایران
Table 5. Phenology parameters in SSM_iCrop2 model for bean in Iran

پارامتر Parameter	مقدار Value	منابع References
دمای پایه برای نمو Base temperature for development (TBD, °C)	8	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
دمای مطلوب اول برای نمو Lower optimum temperature for development (TP1D, °C)	30	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
دمای مطلوب دوم برای نمو Upper optimum temperature for development (TP2D, °C)	35	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
دمای سقف برای نمو Ceiling temperature for development (TCD, °C)	45	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
واحد دمایی برای برداشت Temperature unit for harvest index (tuHAR, °C)	1300-2200	جدول ۴ Table 4
واحد دمایی برای سبز شدن Temperature unit for emergence (tuEMR, °C)	56-99	جدول ۴ Table 4
واحد دمایی برای شروع رشد دانه Temperature unit for beginning seed growth occurs (tuBSG, °C)	715-1265	جدول ۴ Table 4
واحد دمایی برای پایان رشد دانه Temperature unit for termination seed growth occurs (tuTSG, °C)	1259-2228	جدول ۴ Table 4
واحد دمایی برای شروع پیر شدن برگ‌ها Temperature unit for maturity that leaves start senescence (tuBLS, °C)	715-1265	جدول ۴ Table 4

بینی شده در برابر مشاهده شده سویا در شرایط اقلیمی گرگان با استفاده از مدل SSM-iLegume، به ترتیب برابر با ۴۸ گرم در متر مربع، ۱۵ درصد و ۰/۸۰ گواه دقت بالای مدل SSM-iLegume برای پیش‌بینی عملکرد دانه سویا می‌باشد (Nehbandani *et al.*, 2016). در شبیه‌سازی عملکرد دانه بادام‌زمینی در شمال ایران به وسیله مدل SSM، مقادیر RMSE، CV و r به ترتیب برابر با ۴۴/۷ گرم در متر مربع، ۲۱ درصد و ۰/۵۵ بود که نشان می‌دهد مدل SSM عملکرد بادام‌زمینی را نسبتاً درست پیش‌بینی کرده است (Noorhosseini *et al.*, 2018). در پیش‌بینی عملکرد گندم در گرگان با استفاده از مدل SSM با مقادیر RMSE، CV و r به ترتیب ۳۷/۷ گرم در متر مربع، ۸/۴ درصد و ۰/۸۹ مدل SSM را ابزاری توانمند و دقیق در پیش‌بینی عملکرد گندم در گرگان توصیف نمودند. ایشان چهار مدل SSM، CropSyst، APSIM و DSSAT را در پیش‌بینی عملکرد گندم مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که SSM در پیش‌بینی رشد، نمو و عملکرد گندم دقیق‌تر از مدل‌های دیگر بود. همچنین، تعداد پارامترهای ورودی در SSM (۵۵ پارامتر) در مقایسه با مدل APSIM (۲۹۲ پارامتر) و مدل DSSAT (۲۱۱ پارامتر) بسیار کمتر بود. مدل SSM_iCrop2 برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاه به حداکثر ۳۷ پارامتر برای هر گیاه نیاز دارد که به پنج گروه تقسیم می‌شوند: (۱) فنولوژی با ۱۰ پارامتر، (۲) سطح برگ با

عملکرد دانه: پارامترهای مورد استفاده برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد لوبیا در جدول ۷ نشان داده شده‌اند. نتایج پارامتریابی مدل در مقایسه بین مقادیر پیش‌بینی شده در برابر مشاهده شده عملکرد دانه با RMSE، CV و r به ترتیب ۶۲ گرم در متر مربع، ۲۰ درصد و ۰/۸۴ نشان داد پارامترهای مورد استفاده، صحیح هستند. بسیاری از داده‌های عملکرد در دامنه ۲۰ درصد بالا و پایین خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند (شکل ۲). دامنه تغییرات عملکرد دانه لوبیا در پارامتریابی برای هر دو عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده بسیار به هم نزدیک و بین ۱ تا ۵ تن در هکتار با میانگین ۳ تن در هکتار بود که نشان‌دهنده صحت پارامترهای مورد استفاده در تخمین عملکرد لوبیای معمولی در ایران به وسیله مدل SSM_iCrop2 می‌باشد. مدل SSM_iCrop2 توانست به خوبی عملکرد سویا در ایران را نیز پیش‌بینی کند. در پارامتریابی سویا با استفاده از مدل SSM_iCrop2 برای استان‌های مهم تولیدکننده این محصول در ایران، مقادیر RMSE، CV و r برای عملکرد دانه پیش‌بینی شده در برابر مشاهده شده به ترتیب ۰/۴۸ تن در هکتار، ۱۴ درصد و ۰/۶۳ بود (Nehbandani *et al.*, 2020). در پارامتریابی مدل SSM_iCrop2 برای سیب‌زمینی در شرایط اقلیمی ایران، مقادیر RMSE، CV و r به ترتیب ۷۷۹ گرم در متر مربع، ۱۹ درصد و ۰/۷۴ و در نتیجه درستی پارامترها و دقت مدل، قابل قبول گزارش شد (Dadrasi *et al.*, 2020). مقادیر RMSE، CV و r در مقایسه عملکرد دانه پیش

یک گونه کافی بود، یعنی (۱) واحد دما از کاشت تا برداشت، (۲) حداکثر سطح برگ گیاه و (۳) شیب افزایش خطی شاخص برداشت (یا حداکثر شاخص برداشت در شرایط مطلوب). پارامترهای دیگر وابسته به گونه هستند که ممکن است برای همه ارقام موجود در یک گونه ثابت بمانند.

پارامتر، (۳) تجمع ماده خشک با هفت پارامتر، (۴) تشکیل عملکرد با سه پارامتر و (۵) روابط آب با هشت پارامتر (Soltani *et al.*, 2020a). در شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی اصلی ایران که توسط Soltani *et al.* (2020a) انجام شد فقط سه پارامتر از ۳۷ پارامتر که پارامترهای وابسته به رقم هستند، برای تمایز بین ارقام درون

جدول ۶- پارامترهای مربوط به تغییرات شاخص سطح برگ در مدل SSM_iCrop2 برای لوبیا در ایران
Table 6. Parameters related to the changes in leaf area in SSM_iCrop2 model for bean in Iran

پارامتر Parameter	مقدار Value	منابع References
واحد دمایی از کاشت تا ۵ درصد حداکثر شاخص سطح برگ Temperature unit from sowing to 5% of maximum LAI (x1)	0.01	جدول ۴ Table 4
شاخص سطح برگ نسبی در زمان سبز شدن Relative LAI at emergence (y1)	0.15	جدول ۴ Table 4
واحد دمایی از کاشت تا ۹۵ درصد حداکثر شاخص سطح برگ Temperature unit from sowing to 95% of maximum LAI (x2)	0.50	جدول ۴ Table 4
شاخص سطح برگ نسبی در شروع رشد دانه Relative LAI at beginning seed growth occurs (y2)	0.95	جدول ۴ Table 4
حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index (LAIMX)	2-3.25	جدول ۴ Table 4
ضریب سرعت پیری برگ Leaf senescence rate coefficient (SRATE)	1	جدول ۴ Table 4
دمای پایین / آستانه انجماد برای مرگ برگ Low temperature/freezing threshold for leaf death (°C) FrzTh	8	سلطانی، ۱۳۸۸ Soltani, (2009)
میزان مرگ برگ در هر درجه سانتی‌گراد زیر FrzTh Leaf death rate per °C below FrzTh (cm ² °C ⁻¹) FrzLDR	0.01	سلطانی، ۱۳۸۸ Soltani, (2009)
آستانه دمایی گرما برای مرگ برگ Heat threshold temperature for leaf death (°C) HeatTH	37	سلطانی، ۱۳۸۸ Soltani, (2009)
میزان مرگ برگ در هر درجه سانتی‌گراد بالاتر از HeatTh Leaf death rate per °C above HeatTh (cm ² °C ⁻¹) HtLDR	0.1	سلطانی، ۱۳۸۸ Soltani, (2009)

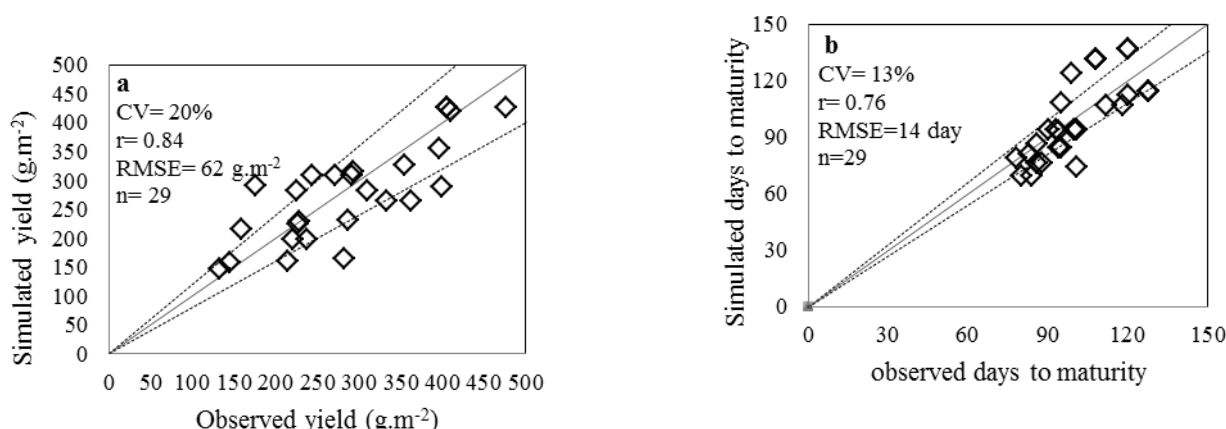
وجود تفاوت‌های زیاد ژنوتیپی و فنوتیپی و در مقیاس کشور با پارامتر واحد دما از کاشت تا برداشت شامل tuTSG، tuBLS، tuBSG، tuEMR و tuHAR (جدول ۵)، پارامتر LAIMX (جدول ۶) و پارامتر Hmax (جدول ۷) انجام شد و ارقام از لحاظ عملکرد و طول دوره رشد به خوبی از یکدیگر متمایز شدند.

تعداد کم پارامترهای وابسته به رقم به این معنی نیست که برای سایر پارامترها تنوع ژنتیکی وجود ندارد، بلکه نشان می‌دهد در سطحی که مدل SSM_iCrop2 فرایندهای محصول را توصیف می‌کند، ارقام رایج هر گونه تخمین‌های مشترکی را برای بسیاری از پارامترها به اشتراک می‌گذارند. در صورت لزوم در مدل SSM_iCrop2 تمام پارامترها برای ارقام جدید قابل تغییر هستند (Soltani *et al.*, 2020a).

دامنه عادات رشدی (از انواع بوته‌ای رشد محدود تا رونده رشد نامحدود) و دامنه طول چرخه‌های رشد (از ۲ تا ۱۰ ماه)، لوبیای معمولی را به محصولی تبدیل می‌کند که نیچ‌های تولیدی بسیاری دارد. عملکرد دانه انواع بوته‌ای لوبیا می‌تواند چهار تن در هکتار یا بیشتر باشد، در حالی که انواع رونده لوبیا در سیستم‌های کشت داریستی می‌توانند تا شش تن در هکتار عملکرد داشته باشند (Beebe *et al.*, 2013). علاوه بر این، ارقام لوبیا به شرایط اقلیمی و رشدی مختلف، واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند و این عوامل تخمین صحیح فنولوژی و عملکرد لوبیا در مقیاس بزرگ را پیچیده و دشوار می‌کند و به نظر می‌رسد تعداد بیشتری پارامتر وابسته به رقم برای نشان دادن این تفاوت‌های درون گونه‌ای لازم باشد. با وجود این، شبیه‌سازی رشد و عملکرد ارقام مختلف لوبیای معمولی با

جدول ۷- پارامترهای تولید ماده خشک و تشکیل عملکرد در مدل SSM_iCrop2 برای لوبیا در ایران
Table 7. Parameters of dry matter production and yield formation in SSM_iCrop2 model for bean in Iran

پارامتر Parameter	مقدار Value	منابع References
دمای پایه برای تولید ماده خشک Base temperature for dry matter production (TBRUE, °C)	5	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
حداقل دمای مطلوب برای تولید ماده خشک Lower optimum temperature for dry matter production (TP1RUE, °C)	25	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
حداکثر دمای مطلوب برای تولید ماده خشک Upper optimum temperature for dry matter production (TP2RUE, °C)	37	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
دمای سقف برای تولید ماده خشک Ceiling temperature for dry matter production (TCRUE, °C)	45	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
ضریب خاموشی برای PAR Extinction coefficient for PAR (KPAR)	0.65	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
کارایی استفاده از تابش تحت شرایط مطلوب رشد Radiation use efficiency under optimal growth conditions (IRUE, g MJ ⁻¹)	2	سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) Soltani & Sinclair (2012)
حداکثر شاخص برداشت/شیب افزایش خطی شاخص برداشت The slope of linear increase in harvest index/maximum harvest index (H _{max} , g g ⁻¹ d ⁻¹)	0.25-0.5	جدول ۴ Table 4
محتوای رطوبت دانه Grain moisture content (MC, %, dwb)	12	ثابت برای لوبیا Fixed for bean



شکل ۲- عملکرد دانه (a) و روز تا رسیدگی (b) شبیه‌سازی شده در برابر مشاهده شده لوبیا با استفاده از مدل SSM_iCrop2 بر اساس

داده‌های مورد استفاده در پارامتریابی

خطوط اختلاف $\pm 20\%$ درصد برای عملکرد و $\pm 10\%$ درصد برای روز تا رسیدگی با خطوط منقطع نشان داده شده است. خط ممتد خط ۱:۱ است.

Fig. 2. Simulated versus observed grain yield (a) and days to maturity (b) by SSM_iCrop2 model based on data used in model parameterization

The $\pm 20\%$ for yield and $\pm 10\%$ for days to maturity discrepancy lines are indicated by dashed lines. Solid line is 1:1 line.

ارزیابی مدل

روز تا رسیدگی (فنولوژی): با مقایسه روز تا رسیدگی پیش‌بینی شده در برابر مشاهده شده در ارزیابی مدل SSM_iCrop2، مقادیر CV، RMSE و r به ترتیب ۸ روز، ۰/۷۴ درصد و برآورد شد و اکثر نقاط در محدوده خط ۱:۱ و حدود اطمینان ۱۰ درصد قرار گرفت (شکل ۳). دامنه تغییرات تعداد روز تا رسیدگی لوبیا برای داده‌های مشاهده شده مورد

استفاده در ارزیابی مدل از ۶۴ تا ۱۱۷ با میانگین ۹۷ روز برای داده‌های پیش‌بینی شده از ۷۶ تا ۱۱۹ با میانگین ۹۷ روز بود. بنابراین، با توجه به نتایج ارزیابی مدل SSM_iCrop2، این مدل روز تا رسیدگی لوبیا را در ایران با دقت بالایی پیش‌بینی کرد.

در ارزیابی مدل SSM-iCrop در شبیه‌سازی مراحل فنولوژی با قلا در گرگان نیز با مقایسه بین روز تا رسیدگی

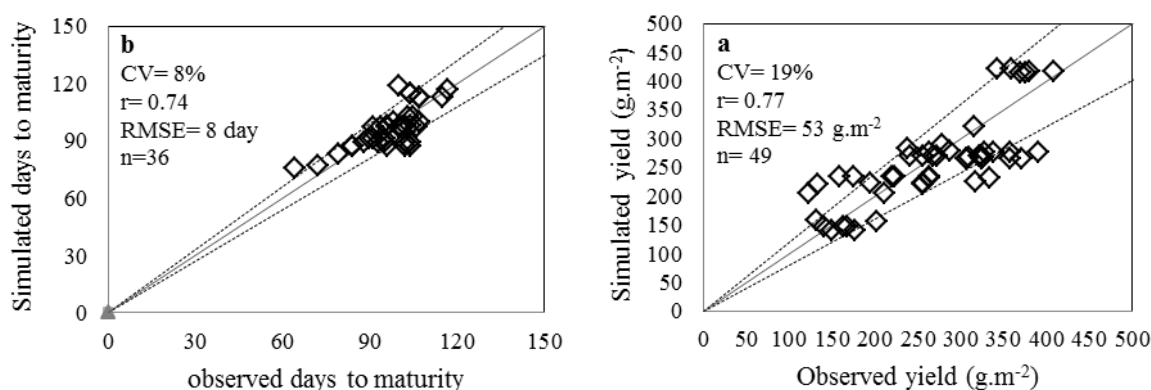
درست پیش‌بینی کند (Dadrasi *et al.*, 2020). نتایج ارزیابی مدل SSM-iCrop در پیش‌بینی عملکرد باقلا در گرگان نیز با RMSE، CV و r به ترتیب برابر با ۱۱۸/۶ گرم بر متر مربع، ۲۴/۷ درصد و ۰/۷۳ کارایی مدل را در پیش‌بینی عملکرد تأیید نمود (Torabi *et al.*, 2020). همچنین Marrou *et al.* (2014)، عملکرد لوبیا را با استفاده از مدل SSM-Legumes با RMSE برابر با ۴۱ گرم در متر مربع شبیه‌سازی کردند. آن‌ها بیان داشتند که هیچ‌گونه ارزیابی در آزمون t برای پیش‌بینی عملکرد با استفاده از این مدل وجود نداشت. بنابراین با توجه به نتایج این مطالعه و مطالعات مشابه، مدل SSM به سهولت و با دقت زیاد رشد و عملکرد محصولات را شبیه‌سازی می‌کند.

تبخیر و تعرق (ET): مقدار RMSE برای ET برابر با ۶۳ میلی‌متر در هکتار معادل ۱۱ درصد میانگین ET مشاهده‌شده بود. مقدار r و CV برای مقایسه بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده ET به ترتیب برابر با ۰/۸۵ و ۱۱ درصد بود. بر اساس نتایج، بیشتر نقاط در دامنه ۲۰ درصد بالا و پایین خط ۱:۱ قرار داشتند (شکل ۴). این نتایج نشان داد مدل SSM_iCrop2 تبخیر و تعرق گیاه زراعی لوبیا را برای مناطق مهم تولیدکننده این گیاه در ایران با دقت بالایی پیش‌بینی می‌کند. طبق نتایج مطالعات Soltani *et al.* (2020a)، این مدل مقادیر آب آبیاری خالص یا ET گیاهان زراعی دانه‌ای و غیردانه‌ای مهم ایران را به‌خوبی شبیه‌سازی کرد.

پیش‌بینی‌شده در برابر مشاهده‌شده با مقادیر RMSE، CV و r به ترتیب برابر با ۱۱/۹ روز، ۸/۹ درصد و ۰/۹۴ دقت مدل قابل قبول گزارش شد (Torabi *et al.*, 2020).

عملکرد: در مقایسه عملکرد دانه پیش‌بینی‌شده در برابر مشاهده‌شده در ارزیابی مدل، مقادیر RMSE، CV و r به ترتیب ۵۳ گرم در متر مربع، ۱۹ درصد و ۰/۷۷ محاسبه شد و بیشتر نقاط در محدوده خط ۱:۱ و حدود اطمینان ۲۰ درصد قرار گرفت (شکل ۳). دامنه تغییرات عملکرد دانه در ارزیابی برای داده‌های مشاهده‌شده به ترتیب بین ۱/۲ تا ۴ با میانگین ۲/۷ تن در هکتار و برای داده‌های پیش‌بینی‌شده به ترتیب بین ۱/۴ تا ۴/۲ با میانگین ۲/۶ تن در هکتار بود. بنابراین، با توجه به نتایج ارزیابی مدل SSM_iCrop2، این مدل عملکرد دانه لوبیا را در شرایط ایران با دقت قابل قبولی پیش‌بینی کرد.

در ارزیابی مدل SSM_iCrop2، عملکرد دانه پیش‌بینی‌شده در برابر مشاهده‌شده سویا در ایران با مقادیر RMSE، CV و r به ترتیب ۰/۴۶ تن در هکتار، ۱۳ درصد و ۰/۸۴ برآورد شد و گزارش شد که مدل SSM_iCrop2 عملکرد سویا در ایران را با دقت بالایی پیش‌بینی می‌کند (Nehbandani *et al.*, 2020). ارزیابی مدل SSM_iCrop2 در شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی در ایران با RMSE، CV و r به ترتیب برابر با ۵۴۳ گرم در متر مربع، ۱۴ درصد و ۰/۸۰ نشان داد، این مدل می‌تواند عملکرد سیب‌زمینی در ایران را تا حد زیادی

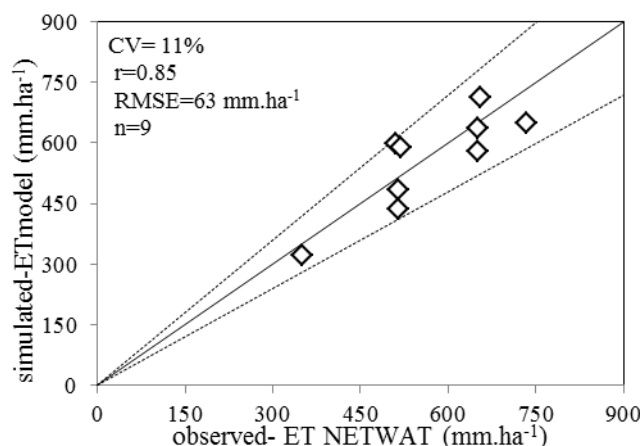


شکل ۳- عملکرد دانه (a) و روز تا رسیدگی (b) شبیه‌سازی‌شده در برابر مشاهده‌شده با استفاده از مدل SSM_iCrop2 بر اساس داده‌های مورد استفاده در ارزیابی مدل

خطوط اختلاف $\pm 20\%$ درصد برای عملکرد و $\pm 10\%$ درصد برای روز تا رسیدگی با خطوط منقطع نشان داده شده است. خط ممند خط ۱:۱ است.

Fig. 3. Simulated versus observed grain yield (a) and days to maturity (b) by SSM_iCrop2 model based on data used in model evaluation

The $\pm 20\%$ for yield and $\pm 10\%$ for days to maturity discrepancy lines are indicated by dashed lines. Solid line is 1:1 line.



شکل ۴- تبخیر و تعرق (ET) شبیه‌سازی شده در برابر ET مشاهده‌شده استخراج شده از نرم‌افزار NETWAT، با استفاده از

مدل SSM_iCrop2 در مناطق مهم تولیدکننده لوبیا در ایران

خطوط اختلاف $\pm 20\%$ درصد با خطوط منقطع نشان داده شده است. خط ممتد خط ۱:۱ است.

Fig. 4. Observed VS simulated evapotranspiration (ET) obtained from NETWAT software using SSM_iCrop2 model in major bean production regions in Iran

The $\pm 20\%$ discrepancy lines are indicated by dashed lines. Solid line is 1:1 line.

تاریخ کاشت‌های مختلف در شرایط اقلیمی ایران با دقت زیادی شبیه‌سازی کند. همچنین، تبخیر و تعرق شبیه‌سازی‌شده با استفاده از مدل می‌تواند برای برآورد نیاز آبی و بهره‌وری آب لوبیای معمولی در نقاط مختلف کشور مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان از مدل SSM_iCrop2 برای پیش‌بینی رشد و عملکرد لوبیا در شرایط پتانسیل بهره برد. این مدل می‌تواند در مطالعات شبیه‌سازی عملکرد لوبیا و محدودیت‌های آن در واکنش به شرایط محیط زیستی، ورودی‌های مدیریتی و عوامل ژنتیکی در شرایط ایران مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، پارامترهای مربوط به سطح برگ، ماده خشک، فنولوژی و عملکرد لوبیای معمولی در ایران با استفاده از مدل SSM_iCrop2 با دقت بالایی برآورد شد. مدل توانست رشد و عملکرد لوبیای معمولی را با وجود عادات رشدی متفاوت و تنوع ژنتیکی و به دنبال آن تنوع فنوتیپی زیاد در ارقام مختلف، با تعداد پارامترهای کم و در دسترس با موفقیت شبیه سازی کند. نتایج ارزیابی مدل SSM_iCrop2 که با استفاده از شاخص‌های جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (r) و ضریب تغییرات (CV) انجام گرفت، نشان داد که این مدل می‌تواند زمان رسیدگی و عملکرد دانه لوبیا را در

منابع

1. Aiking, H. 2011. Future protein supply. Trends in Food Science & Technology 22: 112-120.
2. Amir, J., and Sinclair, T.R. 1991. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. Field Crops Research 28(1-2): 59-69.
3. Assady, B., Dorri, H.R., and Ghadiri, A. 2011. Evaluation of chitti bean genotypes to drought stress using stress tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 27-1(4): 615-630. (In Persian with English Summary).
4. Beebe, S.E., Rao, I.M., Blair, M.W., and Acosta-Gallegos, J.A. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. Frontiers in Physiology 4: 35.
5. Dadrasi, A., Torabi, B., Rahimi, A., Soltani, A., and Zeinali, E. 2020. Parameterization and evaluation of a simple simulation model (SSM_iCrop2) for potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and yield in Iran. Potato Research 63: 545-563.
6. Ghanbari Motlaq, M., Rastgoo, M., Pouryousef, M., and Saba, J. 2012. The effect of sowing date and weed interference on growth indices of different red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Journal of Plant Protection 25(4): 378-390. (In Persian with English Summary).

7. Ghanbari, A.A. 2015. Developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water deficit conditions. *Agronomy Journal* 28(107): 190-199. (In Persian with English Summary).
8. Ghanbari, A.A., Mousavi, S.H., Keshavarz, S., and Abbasian, A. 2014. Assessment of variation in physiological growth indices in common bean genotypes under water deficit condition. *Seed and Plant Production* 30(2): 199-222. (In Persian with English Summary).
9. Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, L., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., and Toulmin, C. 2010. Food Security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812-818.
10. Hoogenboom, G., Jones, J.W., and Wilkens, P.W. 2004. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Honolulu, HI: Univ. Hawaii.
11. Hydari, S., Sajedi, N.A., and Madani, M.J. 2015. The effects of integrated management on yield, yield components and weed control of bean. *Iranian Journal of Pulses Research* 6(2): 139-150. (In Persian with English Summary).
12. Jamieson, P.D., Semenov, M.A., Brooking, I.R., and Francis, G.S. 1998. Sirius: a mechanistic model of wheat response to environmental variation. *European Journal of Agronomy* 8: 161-179.
13. Jamshidi, M., Danesh-Shahraki, A., and Hashemi-Jazi, M. 2016. Effect of foliar application of manganese and zinc on grain yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 7(2): 164-174. (In Persian with English Summary).
14. Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M., and Tadayon, M.R. 2017. Effects of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genotypes in Shahrekord. *Iranian Journal of Pulses Research* 8(1): 113-126. (In Persian with English Summary).
15. Koo, J., and Dimes, J. 2013. HC27 Generic Soil Profile Database. <http://hdl.handle.net/1902.1/20299>, Harvard Data verse, V4.
16. Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources* 34: 179-204.
17. Majnoon Hosseini, N. 2008. Agriculture and Production of Legumes. Tehran University Jahad Publications. (In Persian)
18. Marrou, H., Sinclair, T.R., and Metral, R. 2014. Assessment of irrigation scenarios to improve performances of Lingot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in southwest France. *European Journal of Agronomy* 59: 22-28.
19. Mehrpouyan, M., Faramarzi, A., Jaefari, A., and Siyami, K. 2010. The effect of different methods and different dates of sowing on yield and yield components in two cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 1(1): 9-17. (In Persian with English Summary).
20. Mehrpouyan, M., and Shirani Rad, A.H. 2011. Comparing the biological nitrogen fixation efficiency, in native and non-native strains of *Rhizobium leguminosarum*; bv. phaseoli in common bean. *Iranian Journal of Pulses Research* 2(2): 109-120. (In Persian with English Summary).
21. Ministry of Agriculture Jahad. 2016. Agricultural Statistics. [WWW Document], n.d. URL <https://www.maj.ir/> (Accessed 6/29/20).
22. Mirhashemi Aghdam, R.S., Tadyon, M.S., and Zade Bagheri, M. 2014. Evaluation of competitiveness of different bean cultivars and pigweed as affected by nitrogen. *Plant Ecophysiology* 5(15): 49-62. (In Persian with English Summary).
23. Mohajerani, S.S., Alavi Fazel, M., Madani, H., Lack, S., and Modhej, A. 2016. Yield and physiological response of red bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to cutting irrigation off at different growth stages. *Journal of Crop Ecophysiology* 10(1): 213-224. (In Persian with English Summary).
24. Nehbandani, A., Soltani, A., Nourbakhsh, F., and Dadras, A. 2020. Estimating crop model parameters for simulating soybean production in Iran conditions. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 27: 58.
25. Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., Raisi, S., and Rajabi, R. 2016. Parameterization and evaluation of SSM-soybean model for prediction of growth and yield of soybean in Gorgan. *Journal of Plant Production Research* 22(3): 1-26. (In Persian with English Summary).
26. Noorhosseini, A., Soltani, A., and Ajamnoroozi, H. 2018. Simulating peanut (*Arachis hypogaea* L.) growth and yield with the use of the Simple Simulation Model (SSM). *Computers and Electronics in Agriculture* 145: 63-75.

27. Omid, F., and Sepehri, A. 2015. Effect of Sodium Nitroprusside application on leaf area, growth and water use efficiency of Kidney bean under water deficit stress. *Journal of Crops Improvement* 6(4): 871-885. (In Persian with English Summary).
28. Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban Islam, B., Hasanzadeh Gorttapeh, A., and Raeii, Y. 2011. Evaluation of different plant densities effects on rate and process of grain filling, yield and yield components in varieties of dry bean. *Journal of Plant Production* 18(1): 69-86. (In Persian with English Summary).
29. Rahmani, T., Heidari Sharifabad, H., and Madani, H. 2012. Effect of planting date and comparing yield between red bean cultivars in Ali-Goudarz, Lorestan, Iran. *New Finding in Agriculture* 6(4): 321-335. (In Persian with English Summary).
30. Rucell, G., Javis, P.G., and Monteith, J.L. 1989. Absorption of radiation by canopies and stand growth. p. 21-39 In: G. Russell, B. Marshall and P.G. Jarvis (Eds.). *Plant Canopies: Their Growth, Form and Function*. Cambridge University Press.
31. Sadeghipour, O., Ghaffari Khaligh, H., and Monem, R. 2005. Effect of plant density on yield and yield components of common bean determinate and indeterminate cultivars. *Journal of Agricultural Sciences* 11(1): 149-160. (In Persian with English Summary).
32. Sadeghipur, O., and Ghafarikhaliq, H. 2002. Effects of weeding and different herbicides on weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 4(4): 277-282. (In Persian with English Summary).
33. Safapour, M., Khaghani, Sh., and Teymoori, M. 2012. Comparison of drought tolerance index on morphological and agronomical traits in black bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *New Finding in Agriculture* 6(4): 337-349. (In Persian with English Summary).
34. Salehi, F. 2015. Principles of bean cultivation. *Agricultural Education and Natural Resources Research Publications* p. 2. (In Persian).
35. Salehi, M., Akbari, R., and Khorshidi Benam, M.B. 2008. A study on response of yield and seed yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to delay in planting in Miyaneh region. *Journal of Water and Soil Science* 12(43): 105-115. (In Persian with English Summary).
36. Sinclair, T.R. 2006. A reminder of the limitations in using Beer's law to estimate daily radiation interception by vegetation. *Crop Science* 46: 2343-2347.
37. Sinclair, T.R., Kitani, S., Hinson, K., Bruniard, J., and Horie, T. 1991. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod. *Crop Science* 31: 786-790.
38. Sinclair, T.R., Soltani, A., Marrou, H., Ghanem, M., and Vadez, V. 2020. Geospatial assessment for crop physiological and management improvements with examples using the simple simulation model. *Crop Science* 60: 700-708.
39. Singh, S.P. 1999. *Developments in plant breeding: Common Bean Improvement in the Twenty-First Century*. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands. 409 p.
40. Soltani, A. 2009. *Mathematical Modeling of the Crop*. Mashhad University Jahad Publications, p. 175. (In Persian)
41. Soltani, A., and Hoogenboom, G. 2007. Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. *Field Crops Research* 103: 198-207.
42. Soltani, A., and Sinclair, T. 2015. A comparison of four wheat models with respect to robustness and transparency: Simulation in a temperate, sub-humid environment. *Field Crops Research* 175: 37-46.
43. Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. *Modeling Physiology of Crop Development, Growth and Yield*. Cabi, P. 322.
44. Soltani, A., Alimagham, M., Nehbandani, A., Zand, E., Bagheri, A.R., Rahimian, H., Fattah-Taleghani, D., and Ahmadi, K. 2016. Preparing a model for simulating the country's agricultural policy and evaluating food security with it by 2050. *Agricultural Research Education and Extension Organization*. (In Persian).
45. Soltani, A., Alimagham, S., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., and Dadrasi, A. 2020a. SSM_iCrop2: A simple model for diverse crop species over large areas. *Agricultural Systems* 182: 102855.
46. Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Vadez, V., van Loon, M.P., and van Ittersum, M.K. 2020b. Future food self-sufficiency in Iran: A model-based analysis. *Global Food Security* 24: 100351.

47. Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Ghassemi, S., Vadez, V., Sinclair, T.R., and van Ittersum, M.K. 2020c. Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. *Agricultural Systems* 183: 102859.
48. Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. *Field Crops Research* 124: 252-260.
49. Soltani, A., Gholipoor, M., and Hajizadeh, H. 2005. SBEET: A simple model to simulate growth and yield of sugar beet. *Agricultural Science and Technology* 19: 11-26.
50. Torabi, B., Ebrahimi, N., Soltani, A., and Zeinali, E. 2020. Parameterization and evaluation of SSM-iCrop model for prediction of growth and development of faba bean in climatic conditions of Gorgan. *Journal of Crops Improvement* 22(4): 531-542. (In Persian with English Summary).
51. Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance. A Review. *Field Crops Research* 143: 4-17.
52. Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R., and Spaul, D.A. 1989. The EPIC crop growth model. *Transactions of ASAE* 32: 497-510.
53. Zhang, H., Tao, F., and Zhou, G. 2019. Potential yields, yield gaps, and optimal agronomic management practices for rice production systems in different regions of China. *Agricultural Systems* 171: 100-112.



Parameterization and evaluation of SSM_iCrop2 model to simulate the growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Iran

Mohammadi^{1*}, Samaneh; Zeinali², Ebrahim; Soltani³, Afshin; and Torabi⁴, Beniamin

1. PhD. Student of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; fpp@gau.ac.ir; samamoh1367@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; e.zeinali@gau.ac.ir
3. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; afshin.soltani@gau.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; ben_torabi@yahoo.com

Received: 17 March 2021; Revised: 1 August 2021
Accepted: 19 October 2021; Available Online: 22 June 2022

How to cite this article:

Mohammadi, S., Zeinali, E., Soltani, A., and Torabi, B. 2022. Parameterization and evaluation of SSM_iCrop2 model to simulate the growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Iran Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 37-54. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.2103-1004

Introduction

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with 20-25% protein and 50-56% carbohydrate content, has a crucial role in supplying the required proteins and maintenance of food security of the community. Among the Asian countries, China, Iran, Japan and Turkey are the major producers of common bean. According to the figures provided by the Ministry of Agriculture, cultivation area and production of bean in Iran in 2016 were 114593 ha and 222705 tones, respectively. In recent years, due to the increase in the population and in order to rapidly meet the demand for more food as well as decision making at micro and macro-levels, simulation of crop growth and yield using the models has gained attention due to rapid preparation of the results, lowering the execution costs and the possibility of simulation under various climatic and management conditions. In order to model the growth stages and yield of bean using the figures of Iranian meteorology organization (minimum and maximum temperatures, radiation and rainfall), a study was conducted at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. The simple SSM_iCrop2 model was used for this study. This model has been tested and proved for a wide range of plant species. This model requires easily available and limited input information. The aim of this study was to parameterize and evaluate the SSM_iCrop2 model for simulation of growth and yield of common bean in order to investigate the effect of climatic, soil and crop management factors as well as determination of genetic coefficients under Iran conditions using the sub-models associated with phenology, dry matter production and distribution and the changes in leaf area.

Materials and Methods

SSM_iCrop2 model was used as the base of this study. Observed and simulated yield and days to maturity values were compared for parameterization and evaluation of the model. For this purpose, a series of experimental data (data associated with the growth and production of bean and reports from the published and unpublished papers) in major bean cultivation areas of the country were used. First, parameters related to phenology, leaf area, dry matter production, yield formation and water relations were estimated. Then, the model was evaluated using a series of data which were independent from the experimental data used for parameterization. Crop management inputs were also entered according to the experiment reports. For statistical analysis and investigation of model precision in comparison of the data recorded in the previous

* Corresponding Author: samamoh1367@gmail.com

studies with the data simulated by the model, correlation coefficient (r), root mean square error (RMSE) and coefficient of variation (CV) were calculated and 1:1 diagram was also drawn.

Results and Discussion

In parameterization of SSM_iCrop2 model for bean, the comparison of observed and simulated days to maturity with RMSE, CV and r values of respectively 14 days, 13 percent and 0.76 and comparison of observed and simulated grain yield with RMSE, CV and r values of 62 g m⁻², 20 percent and 0.84 indicated the accuracy of the used parameters. Furthermore, in the evaluation stage, RMSE, CV and r values for days to maturity were 8 days, 8 percent and 0.74 and for grain yield were 53 g m⁻², 19 percent and 0.77, respectively, which confirms the precision of the model simulation. The model simulated the evapotranspiration of bean in a good manner. The values for RMSE, CV and r for the comparison of the observed and simulated evapotranspiration were 63 mm, 11 percent and 0.85, respectively. Application of SSM_iCrop2 model is simple and acceptably precise simulation is possible with minimal parameters and inputs. This model was able to simulate the growth period and yield of bean cultivars in a good manner despite high variations using thermal unit parameters from sowing to harvest, maximum leaf area and maximum harvest index.

Conclusion

Growth and yield of bean was successfully simulated using SSM_iCrop2 model using minimal and available parameters despite different growth habits and high phenotypic and genotypic variations among the cultivars. The results of the model evaluation performed using RMSE, r and CV showed that this model is able to simulate maturity time and grain yield of bean sown in various dates under Iran climatic conditions with a high precision. Thus, due to suitable precision of SSM_iCrop2 model in simulation of bean phenology and yield, it may be used as a suitable tool for investigation of crop systems and interpretation of results under various environmental and management conditions for planning and improving the management of bean fields in the country.

Keywords: Bean; Evapotranspiration; Grain yield; Leaf area; Phenology



بررسی تأثیر کود نانوکلات آهن بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای پروتئین دانه لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی

سحر قاسمی^۱، عیسی پیری^۲ و ابوالفضل توسلی^{۳*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه پیام نور، مرکز زاهدان، ایران؛ ghasemi.sahar@gmail.com

۲- دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران؛ issapiri@pnu.ac.ir

۳- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران؛ a.tavassoli@pnu.ac.ir

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۸؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

قاسمی، س.، پیری، ع. و توسلی، ا. ۱۴۰۱. بررسی تأثیر کود نانوکلات آهن بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای پروتئین دانه لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۱): ۷۲-۵۵.

چکیده

با توجه به نقش آهن در فرآیندهای متابولیکی گیاه از جمله افزایش کلروفیل، فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد محصولات زراعی، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر کود نانوکلات آهن بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد لوبیاقرمز تحت شرایط تنش خشکی به اجرا در آمد. آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ای واقع در روستای طوهان شهرستان جیرفت، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. سه سطح تنش خشکی شامل بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی (قطع آبیاری در زمان ظهور سه‌برگچه اول و ظهور سه‌برگچه سوم) و تنش در مرحله رشد زایشی (قطع آبیاری در زمان آغاز گلدهی و گلدهی) به عنوان فاکتور اصلی و مصرف کود نانوکلات آهن در سه سطح ۰، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. در این آزمایش صفات طول شاخه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، و درصد و عملکرد پروتئین دانه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار بدون تنش و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود منجر به حصول بالاترین مقادیر صفات طول شاخه اصلی (۶۷/۹ سانتی‌متر)، تعداد شاخه‌های فرعی (۱۱/۲)، تعداد غلاف در بوته (۲/۱)، وزن ۱۰۰ دانه (۲۹/۹ گرم)، عملکرد دانه (۸۶۱/۴ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۴۷۱۱/۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد پروتئین دانه (۱۶۹/۲ کیلوگرم در هکتار) شد. البته برای صفات فوق و در شرایط بدون تنش، تفاوت آماری معنی‌داری بین مصرف ۱۰ و ۵ کیلوگرم در هکتار کود مشاهده نشد. همچنین وقوع تنش در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی سبب کاهش صفات مورد بررسی گردید، به‌طوری‌که کمترین مقادیر صفات تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، بیولوژیک و پروتئین دانه از وقوع تنش در مرحله رشد زایشی حاصل گردید. در بین صفات مورد بررسی نیز تنها درصد پروتئین دانه با اعمال تیمارهای تنش افزایش معنی‌داری نشان داد که این افزایش در تنش در مرحله رشد زایشی به میزان ۱۹/۲ درصد بیشتر از شرایط بدون تنش بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده نتیجه گیری شد که کاربرد کودهای نانوکلات در هر یک از شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی و تنش در مرحله رشد زایشی در مقایسه با عدم مصرف این نوع کود، اثر مثبتی بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه داشت، به‌طوری‌که تنها برای عملکرد دانه که جزء اقتصادی و مهم لوبیاقرمز محسوب می‌گردد، مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود در مقایسه با عدم مصرف آن به‌ترتیب در هر یک از شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی و زایشی به‌ترتیب افزایش ۱۶/۲۰، ۱۳/۹۲ و ۱۱/۱۴ درصدی عملکرد حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: آهن؛ پروتئین؛ تنش خشکی؛ حبوبات؛ عملکرد

مقدمه

حبوبات به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، بعد از غلات دومین منبع مهم غذایی انسان به‌شمار می‌روند. در سال ۱۳۹۸ سطح زیرکشت حبوبات در ایران

* نویسنده مسئول: a.tavassoli@pnu.ac.ir

ساختاری و کارکردی است (Baghaie Rezaei *et al.*, 2009; Peyvandi *et al.*, 2015; Maleki Farahani, 2014).
 Khalaj *et al.*, (2019) گزارش کردند که محلول‌پاشی نانوذرات منیزیم و نانوذرات آهن برخی صفات مورفولوژیک لوبیا مثل ارتفاع ساقه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. این محققان یافتند که عملکرد تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰۰ دانه لوبیا در ترکیب تیماری ۰/۵ گرم در لیتر آهن معمولی و نانوذرات منیزیم افزایش معنی‌داری می‌یابد. در آزمایش دیگری که به بررسی اثرات محلول‌پاشی اکسید روی نانو و غیرنانو بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت تأثیر کمبود آب پرداخته شده بود، نتایج نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی و غلافدهی به‌ترتیب باعث کاهش معنی‌دار ۲/۲ و ۴ درصدی عملکرد نسبت به شاهد گردید. محلول‌پاشی با ۱۰ گرم نانوذرات اکسید روی در شرایط عدم تنش، تنش در گلدهی و غلافدهی به‌ترتیب باعث افزایش ۶/۶، ۳/۶ و ۵/۴ درصدی عملکرد نسبت به عدم کاربرد آن گردید (Shojaei & Makarian, 2014). Jalil Shesh Bahre & Movahedi (2012) Dehnavi آزمایشی را به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی روی و آهن بر بنیه بذر سویا تحت سطوح مختلف تنش خشکی انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که عملکرد دانه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با محلول‌پاشی روی و تیمار توأم روی و آهن افزایش یافت. به‌طور کلی محلول‌پاشی روی و کاربرد توأم روی و آهن توانست بیشتر صفات را بهبود بخشد.
 با توجه به بحران کم‌آبی در منطقه جیرفت و کمبود مقدار آهن قابل جذب در بسیاری از خاک‌های این مناطق به‌دلیل وجود بی‌کربنات فراوان در آب آبیاری و آهکی بودن خاک، این آزمایش به منظور بررسی نقش کود نانوکلات آهن بر برخی خصوصیات کمی و کیفی لوبیاقرمز در منطقه جیرفت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ای واقع در روستای طوهان شهرستان جیرفت اجرا گردید. روستای طوهان از توابع بخش مرکزی شهرستان جیرفت در فاصله ۴۰ کیلومتری و جنوب‌شرقی این شهرستان واقع شده است. منطقه آزمایش در موقعیت جغرافیایی "۱۳° ۴۰' ۲۸ شمالی و ۱۳° ۴۴' ۵۷ شرقی و ارتفاع ۶۵۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. جیرفت دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌هایی معتدل و کوتاه است. میزان بارندگی منطقه به‌طور میانگین بیش از ۲۲۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. سایر عوامل

۸۴۱۹۲۷ هکتار و تولید آن ۶۹۹۳۷۸ تن برآورد شده است (Ahmadi *et al.*, 2020). لوبیاقرمز با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. دومین گیاه لگوم مهم بعد از سویا است که سهم عمده‌ای از رژیم غذایی بیش از ۳۰۰ میلیون نفر از مردم جهان را تشکیل می‌دهد و به‌دلیل دارابودن پروتئین، فیبر و مواد معدنی بالا به عنوان یک غذای کامل مطرح می‌باشد (Raval & Navarro, 2019). با این حال، زراعت لوبیا همواره با محدودیت‌های متعددی مواجه است که در میان این عوامل محدودکننده تولید، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محسوب شده و سهم قابل توجهی را در کاهش تولید این محصول به خود اختصاص داده است، به نحوی که بر اساس مطالعات اخیر تنها ۷ درصد از سطح زیرکشت جهانی لوبیا از مقدار آب کافی برخوردار است و ۶۰ درصد از تولید این محصول تحت شرایط تنش خشکی شدید صورت می‌گیرد (Jamshidi *et al.*, 2016). لذا به‌کارگیری روش‌هایی برای بهره‌برداری صحیح از آب موجود با استفاده از شیوه‌های صحیح زراعی نظیر کشت ارقام متحمل، شناخت کمبود آب خاک و رشد محصولات در هر مرحله، تغذیه مناسب گیاه و سایر عوامل مدیریتی که امکان توسعه هرچه بیشتر کشت گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک را فراهم کند، مفید خواهد بود (Heidari & Sharifabadi, 2000).

یکی از اثرات مضر تنش خشکی، برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است؛ بدین گونه که در اثر تنش خشکی تحرک عناصر غذایی در خاک کم شده و جذب و انتقال مواد به گیاه دچار اختلال می‌گردد. بنابراین انتظار می‌رود تأمین عناصر موردنیاز گیاه به‌خصوص عناصری که گیاه بیشتر با کمبود آن‌ها روبرو است، بتواند مقاومت گیاه به تنش را تا حدی افزایش داده و وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشد (Movahedy Dehnavy *et al.*, 2009).

با به‌کارگیری نانوکودها، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل‌شده در خاک آزاد می‌شوند که این امر موجب افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به‌واسطه سرعت جذب بالاتر، عدم اتلاف کودها از طریق آبشویی و جذب کامل کود به وسیله گیاه به‌دلیل رهاسازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد می‌شود. همچنین بهبود خواص انبارداری و سهولت جابجایی کود از مزایای قابل توجه استفاده از نانوکودها در مقایسه با کودهای مرسوم هستند (Barmaki *et al.*, 2010). بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که نانوکود کلات آهن در مقابل تغییر خشکی، شوری، اسیدیته و دما نسبت به کودهای کلات آهن واجد برتری

مهم آب و هوایی منطقه در جدول ۱ ارائه شده است. مزرعه در سال قبل از آزمایش تحت آیش قرار داشت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- داده‌های آب و هوایی منطقه طوهان شهرستان جیرفت در طول دوره رشد لوبیا

Table 1. Meteorological data of the Tohan region of Jiroft city during bean growth periods

ماه Month	مجموع بارندگی Total rainfall (mm)	مجموع تبخیر Total evaporation (mm)	میانگین حداکثر دما Average maximum temperature (°C)	میانگین حداقل دما Average minimum temperature (°C)
فروردین Mar./Apr.	73.4	121.5	20.1	8.2
اردیبهشت Apr./May	9.8	183.4	29.3	13.4
خرداد May/Jun.	7.1	272.3	34.8	18.3
تیر Jun./Jul.	0	291.8	36.2	21.4
مرداد Jul./Aug.	0	286.3	39.8	22.7
شهریور Aug./Sep.	0	243.7	33.7	18.1
سالیانه Annually	228.6	1975.7	24.5	8.3

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

Table 2. Chemical and physical characteristics of experiment soil

بافت خاک Soil texture	کلسیم Calcium (%)	پتاسیم قابل جذب Absorbable Potassium (ppm)	فسفر قابل جذب Absorbable Phosphorus (ppm)	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (ds.m ⁻¹)
لوم رسی Clay loam	0.67	216	7.82	0.14	7.92	1.87

۲ متر فاصله داشت. عمق کاشت حدود ۲ سانتی‌متر و در هر کپه دو تا سه بذر کاشته شد. برای کشت لوبیا نیز از رقم محلی لوبیاقرمز با درجه خلوص ۹۹ درصد استفاده شد. بذور از کشاورزان لوبیاکار منطقه تهیه گردید. کشت بذور لوبیا به صورت خشکه‌کاری در تاریخ ۱۳۹۴/۱/۲۳ به صورت دستی انجام گرفت. پس از جوانه‌زنی بذور و استقرار مناسب بوته‌ها در خاک، برای رسیدن به تراکم مورد نظر، تنک در مرحله ۳-۴ برگی انجام گردید. آبیاری مزرعه مطابق با تیمارهای آزمایشی انجام گرفت. بدین صورت که در تیمار بدون تنش، ۹ مرحله آبیاری به ترتیب در مراحل زمان کاشت، سبزشدن، ظهور برگ‌های اولیه، ظهور سه برگچه اول، ظهور سه برگچه سوم، آغاز گلدهی (تشکیل غنچه)، گلدهی، تشکیل نیام و پُرشدن دانه انجام گرفت (Ghanbari, 2015). هر یک از مراحل مذکور بر اساس زمانی که ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت علائم ظهور را نشان دادند، در نظر گرفته شد (Ghanbari, 2015). در تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی آبیاری در زمان ظهور سه برگچه اول و ظهور سه برگچه سوم قطع گردید که مجموعاً هفت مرحله

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی و S₃: تنش در مرحله رشد زایشی به عنوان فاکتور اصلی و مصرف کود نانوکلات آهن در سه سطح N₁: ۰، N₂: ۵ و N₃: ۱۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. کود نانوکلات آهن استفاده شده در این آزمایش حاوی ۹ درصد آهن کلاته قابل حل در آب، ۱ درصد روی و ۱ درصد منگنز است و تولیدی شرکت دانش‌بنیان صدور احراز شرق بود. زمین محل آزمایش در اوایل بهار قبل از کاشت تا عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر شخم زده شد. بلافاصله پس از انجام شخم، زمین دیسک زده شد و سپس تسطیح گردید. پس از تسطیح زمین، نقشه طرح آزمایش در مزرعه پیاده شد. ابعاد هر کرت فرعی ۳ مترمربع در نظر گرفته شد. بدین صورت که هر کرت، شامل ۵ خط کاشت به طول ۲ متر و فواصل بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. بین کرت‌های فرعی از یکدیگر ۱ متر و کرت‌های اصلی از یکدیگر

آبیاری انجام گرفت و در تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی نیز آبیاری در زمان آغاز گلدهی (تشکیل غنچه) و گلدهی قطع گردید که برای این تیمار نیز مجموعاً هفت مرحله آبیاری انجام شد. مقدار آب مصرفی برای هر تیمار در جدول ۳ ارائه شده است. تجزیه شیمیایی آب مصرفی نیز در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- میانگین مقدار آب مصرف‌شده در هر نوبت آبیاری
Table 3. Average of consumed water amount per Irrigation frequency

تیمار Treatment	تعداد آبیاری Number of irrigations	میانگین هر نوبت آبیاری Average per irrigation frequency (m ³ .ha ⁻¹)	مجموع آبیاری در طول فصل رشد Total irrigation during the growing season (m ³ .ha ⁻¹)
آبیاری کامل (بدون تنش) Full irrigation (no stress)	9	690	6210
تنش در مرحله رشد رویشی Stress in vegetative growth stage	7	690	4830
تنش در مرحله رشد زایشی Stress in reproductive growth stage	7	690	4830

(۱)

$$\text{Lit/s} \times \text{time} = \text{Lit Lit}/1000 = \text{m}^3$$

که در آن Lit: لیتر، s: ثانیه، time: مدت زمانی که آب به داخل زمین پمپاژ می‌شود، و m³: مترمکعب. در انتها با داشتن مساحتی که آب پمپ‌شده از چاه، زمین را آبیاری کرده است، مقدار آب مصرفی برحسب متر مکعب در واحد سطح محاسبه شد.

محاسبه مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری نیز بدین صورت بود که مقدار آب خروجی از موتور پمپ چاه بر حسب لیتر بر ثانیه روی هر موتور ثبت شده است. بنابراین با ثبت مدت زمانی که پمپ، آب را به داخل زمین وارد می‌کند مقدار آب مصرفی در هر دور آبیاری با استفاده از روابط ۱ محاسبه شد (Alizadeh, 2004).

جدول ۴- تجزیه شیمیایی آب آبیاری
Table 4. Chemical analysis of irrigation water

پارامتر Parameter	واحد Unit	مقدار Amount
اسیدیته Acidity	-	7.4
هدایت الکتریکی Electrical conductivity	(dS.m ⁻¹)	1.6
نیتروژن کل Total Nitrogen	(Mg.l ⁻¹)	-
پتاسیم Potassium	(mEq.l ⁻¹)	7.2
فسفر Phosphorus	(mEq.l ⁻¹)	-
سدیم Sodium	(mEq.l ⁻¹)	257.3
کلسیم Calcium	(mEq.l ⁻¹)	189.0
منیزیم Magnesium	(mEq.l ⁻¹)	75.6
کلر Chlorine	(mEq.l ⁻¹)	41.2
آهن Iron	(Mg.l ⁻¹)	-
روی Zinc	(Mg.l ⁻¹)	-
منگنز Manganese	(Mg.l ⁻¹)	-

بارندگی‌های فروردین ماه نشد) که به منظور عدم خطا در تیمارهای تنش در هنگام وقوع بارندگی از روکش پلاستیکی برای کرت‌های آزمایشی استفاده گردید. در زمان بارندگی به

در کل، در طول فصل رشد دو مرتبه بارندگی رخ داد (باتوجه به کشت محصول در هفته آخر فروردین، و عدم وقوع بارندگی در این هفته، دوره رشد و نمو محصول مصادف با

نتایج و بحث

طول شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که تنش خشکی، کود نانو و اثر متقابل این دو فاکتور اثر معنی‌داری بر طول شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی لوبیاقرمز داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل فاکتورها نشان داد که بیشترین طول شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی گیاه به‌ترتیب با میانگین ۶۷/۹ سانتی‌متر و ۱۱/۲ عدد از تیمار بدون تنش و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو (S_1N_3) حاصل شد. تفاوت آماری معنی‌داری بین این تیمار و تیمار بدون تنش و مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار کود نانو (S_1N_2) مشاهده نشد (شکل ۱، ۲). همچنین اعمال تیمارهای تنش در هر دو مرحله سبب کاهش طول شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی شد، البته این کاهش در مرحله رشد رویشی بیشتر از مرحله رشد زایشی بود که احتمالاً به‌دلیل همزمانی وقوع تنش با رشد فعال شاخه می‌باشد، به‌طوری‌که برای طول شاخه اصلی در هر سه سطح مصرف ۵، ۱۰ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو طول شاخه اصلی در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی به‌ترتیب ۴۰/۷، ۴۱/۴ و ۴۱/۴ سانتی‌متر حاصل شد که در مقایسه با تیمار تنش در مرحله رشد زایشی به‌ترتیب در هریک از سه سطح مصرف ۵، ۱۰ و ۱۷/۶ درصدی را نشان داد. همین نتیجه نیز برای تعداد شاخه فرعی مشاهده گردید و تنش در مرحله رشد رویشی در هر یک از سطوح مصرف ۵، ۱۰ و ۲۳/۴ درصدی را در مقایسه با تنش در مرحله رشد زایشی منجر گردید. همچنین کمترین میزان طول شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی به‌ترتیب با میانگین ۳۶/۷ سانتی‌متر و ۴/۳ عدد در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی و بدون مصرف کود (S_2N_1) مشاهده گردید (شکل ۱، ۲). برخی محققان اظهار داشتند در شرایط تنش، تخصیص مواد کربوهیدراتی بین اندام‌های مختلف گیاه تغییر می‌کند، لذا گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه جهت جذب رطوبت و عناصر غذایی در شرایط محدودیت رطوبت اختصاص می‌دهد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش‌های هوایی از جمله ساقه می‌رسد که این امر سبب کاهش سهم شاخساره و ارتفاع بوته می‌گردد (Silva et al., 2012). Emadi et al. (2012) در آزمایشی بر روی لوبیاقرمز نشان دادند تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر کاهش ارتفاع این محصول داشت. در شرایط تنش، کاهش پتانسیل آب بافت‌های مرستمی در طول روز موجب کاهش پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌گردد. تعداد شاخه

منظور عدم انتقال آب در خاک به محل ریشه گیاهان، روکش پلاستیکی علاوه بر پوشاندن سطح ۳ مترمربعی هر کرت، تا حاشیه ۱ متری هر کرت آزمایشی نیز امتداد یافت. در این آزمایش به منظور بررسی اثر کودهای نانو از هیچ نوع کودی استفاده نشد. تیمارهای کودی نانوکلات آهن نیز مطابق با تیمارهای آزمایشی طی دو مرحله ۵۰ درصد گلدهی و ۵۰ درصد تشکیل غلاف‌ها در مزرعه داخل کرت‌های مورد نظر اعمال شد. برای حصول اطمینان از یکنواخت‌قرارگرفتن کود در ناحیه توسعه ریشه در تمام سطح کرت، ابتدا کودهای مورد نظر در بطری کاملاً حل شده سپس در حین آبیاری به کرت‌های مربوطه اضافه شدند. در طول دوره رشد محصول نیز آفات و بیماری خاصی در مزرعه مشاهده نشد. برداشت غلاف‌های لوبیا نیز پس از حذف اثر حاشیه در سطح یک مترمربع از هر کرت در بازه زمانی ۲۱ تا ۳۰ شهریور ۹۴ با دست انجام گرفت. در این آزمایش صفات طول شاخه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، و درصد و عملکرد پروتئین دانه مورد بررسی قرار گرفت.

برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها از سطح ۱ مترمربع از هر کرت بوته‌ها برداشت شد و در شرایط مزرعه به مدت ۷۲ ساعت در سایه خشک گردید. پس از خشک‌شدن بوته‌های برداشت‌شده از هر کرت، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید و به عنوان عملکرد بیولوژیک ثبت گردید. برای محاسبه عملکرد دانه نیز پس از جداکردن دانه‌ها از غلاف، وزن دانه‌ها به منظور محاسبه عملکرد دانه با ترازوی دیجیتالی دقیق وزن و در واحد سطح محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن دانه لوبیا، نمونه‌های لوبیا به آزمایشگاه منتقل شده و بعد از آسیاب‌کردن (با استفاده از دستگاه آسیاب دانه‌های سخت AG مدل A60 ساخت ایران) محتوی نیتروژن دانه تعیین گردید. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کج‌لدال (از دستگاه کج‌لدال Jisico ساخت کره جنوبی) استفاده شد که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می‌باشند (Piper, 2019). ضریب تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین برای لوبیا ۶/۲۵ می‌باشد (Piper, 2019). از حاصل ضرب درصد نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵ غلظت پروتئین دانه محاسبه گردید (Piper, 2019). همچنین از حاصل ضرب درصد پروتئین دانه در میزان دانه لوبیا در واحد سطح، عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر اثرات منفی تنش را بر روی رشد گیاه در مقایسه با عدم محلول‌پاشی کود کاهش می‌دهد. مطابق با نظر این محققان، آهن عنصر اصلی در فتوسنتز، سنتز پروتئین، کربوهیدرات، چربی‌ها و تولید کلروفیل است و در نتیجه بر رشد گیاه مؤثر است.

فرعی در گیاه به میزان رشد رویشی گیاه بستگی داشته و نتایج بررسی‌های محققان نشان داده است استفاده از کودهای آهن‌دار سبب تعدیل شدت تنش خشکی و بهبود رشد گیاه گردیده و اثر مثبت بر افزایش تعداد شاخه فرعی در سویا دارد. در این تحقیق نشان داده شد که در شرایط اقلیمی شهرستان شهرکرد مصرف محلول‌پاشی کود سولفات آهن در شرایط تنش ۸۰ و

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و کود نانو بر اجزای عملکرد لوبیاقرمز

Table 5. Analysis of variance of the effect of drought stress and nano fertilizer treatments on yield components of bean

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares			
		طول شاخه اصلی Stem height	تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod
بلوک Block	2	25.008 ^{n.s}	3.210 ^{n.s}	3.128 ^{n.s}	0.550 ^{n.s}
تنش خشکی Drought stress	2	805.812 ^{**}	4.154 [*]	4.520 [*]	8.554 [*]
اشتباه اصلی Main error	4	10.345	0.265	0.911	3.890
کود نانو Nano fertilizer	2	482.101 ^{**}	1.133 [*]	2.212 [*]	6.817 ^{n.s}
اثر متقابل Interaction effect	4	141.419 ^{**}	1.051 [*]	1.996 [*]	4.551 ^{n.s}
اشتباه فرعی Sub error	12	7.901	0.187	0.870	4.346
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation	-	8.546	7.129	6.556	10.818

***: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد؛ n.s: غیرمعنی‌دار

*, **: Significant at 5%, 1% levels, respectively; n.s: Non-significant

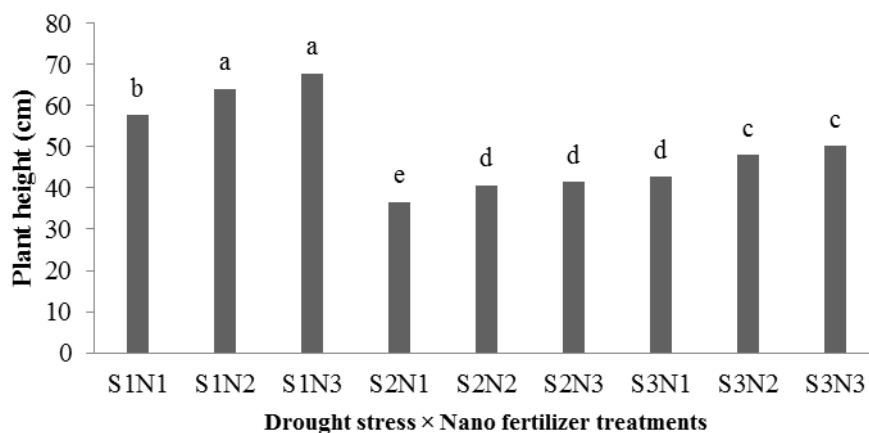
جدول ۶- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و کود نانو بر عملکرد و محتوی پروتئین لوبیاقرمز

Table 6. Analysis of variance of the effect of drought stress and nano fertilizer treatments on yield and protein content of bean

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares				
		وزن ۱۰۰ دانه 100 Seeds weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	محتوی پروتئین دانه Seed protein content	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield
بلوک Block	2	1.55 n.s	12361.7 ^{n.s}	6852690.63 ^{n.s}	1.30 ^{n.s}	12.52 ^{n.s}
تنش خشکی Drought stress	2	8.22 [*]	4123845.10 [*]	19330644.27 [*]	19.77 ^{**}	198.21 ^{**}
اشتباه اصلی Main error	4	2.24	9923.02	8020025.74	3.98	18.00
کود نانو Nano fertilizer	2	7.83	453868.92 [*]	9196291.26 ^{**}	5.12 ^{n.s}	78.46 ^{**}
اثر متقابل Interaction effect	4	6.15 [*]	148072.97 ^{**}	7572433.92 [*]	4.31 ^{n.s}	59.73 [*]
اشتباه فرعی Sub error	12	1.13	456.30	6665415.90	3.79	11.49
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation	-	11.80	9.83	8.10	12.44	9.31

***: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد؛ n.s: غیرمعنی‌دار

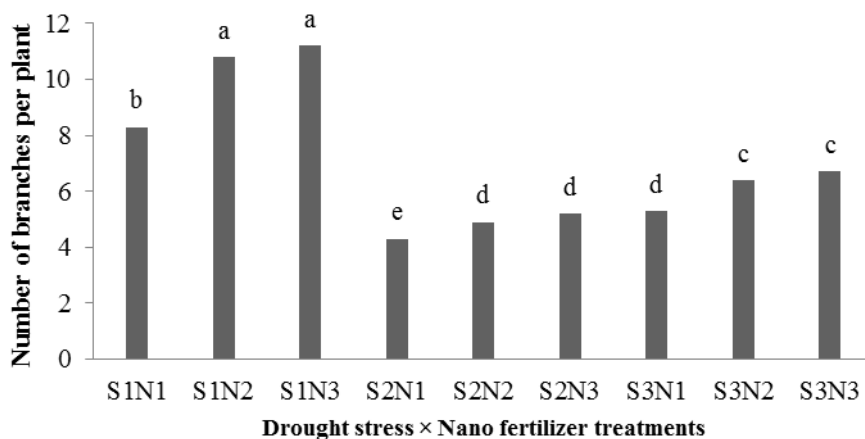
*, **: Significant at 5%, 1% levels, respectively; n.s: Non-significant



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نانو بر طول شاخه اصلی گیاه لوبیاقرمز

Fig. 1. Mean comparison for interaction of drought stress and nano fertilizer on stem height of bean plant

S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشدزایشی؛ N₁: ۰، N₂: ۵، N₃: ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو کلات آهن
S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages; N₁: 0, N₂: 5, N₃: 10 kg.ha⁻¹ nano-iron chelate fertilizer



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نانو بر تعداد شاخه فرعی گیاه لوبیاقرمز

Fig. 2. Mean comparison for interaction of drought stress and nano fertilizer on number of branches per bean plant

S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشدزایشی؛ N₁: ۰، N₂: ۵، N₃: ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو کلات آهن
S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages; N₁: 0, N₂: 5, N₃: 10 kg.ha⁻¹ nano-iron chelate fertilizer

تعداد غلاف در بوته

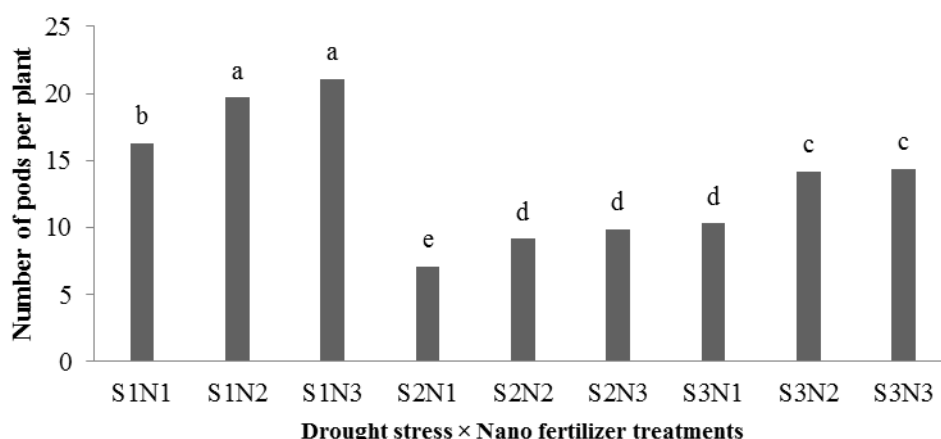
تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تنش خشکی، کود نانو و اثر متقابل تنش و کود بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی دار بود (جدول ۵). مطابق با مقایسه میانگین اثر متقابل فاکتورها، بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۲۱/۱ غلاف در بوته از تیمار بدون تنش و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو (S₁N₃) حاصل شد. تفاوت آماری معنی داری بین این تیمار و تیمار بدون تنش و مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار کود نانو (S₁N₂) مشاهده نشد (شکل ۳). کمترین میزان تعداد غلاف در بوته نیز با میانگین ۷/۱ غلاف در بوته در تیمار تنش

در تحقیقی دیگر روی نخود، گزارش شد مصرف آهن خصوصاً در موارد کمبود آهن می تواند رشد گیاه زراعی را بهبود بخشد (Ahmadi et al., 2019).

Khalaj et al, (2019) گزارش کردند در شرایط آب و هوایی شاهرود محلول پاشی ۲۵/۰ گرم در لیتر نانوذرات آهن، ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) را به طور معنی داری و به میزان ۳۶/۸ درصد نسبت به عدم استفاده از کود نانوذرات آهن افزایش داد.

فرعی گیاه بستگی داشته و نتایج بررسی‌های محققان نشان داده است که کاهش رشد رویشی در اثر تنش خشکی منجر به کاهش تعداد غلاف در لوبیاقرمز می‌شود (Jamshidi *et al.*, 2016). در تحقیقی دیگر نیز مشخص شد که با کاهش آب مصرفی، تعداد غلاف در بوته لوبیاقرمز کاهش می‌یابد (Ghadimian *et al.*, 2017). گزارش کردند که عدم مصرف کودهای آهن‌دار به‌ویژه نانوذرات آهن منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته لوبیاقرمز می‌شود.

در مرحله رشد رویشی و بدون مصرف کود (S_2N_1) مشاهده گردید (شکل ۳). باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده دقیقاً همان تیمارهایی که منجر به حصول بیشترین و کمترین میزان طول شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی لوبیا شدند، اثر مشابهی را روی تعداد غلاف در بوته داشتند که با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار صفات طول شاخه اصلی و تعداد شاخه فرعی گیاه با تعداد دانه در غلاف نتیجه فوق قابل پیش‌بینی بود. در واقع تعداد غلاف در گیاه به میزان رشد رویشی و تعداد شاخه



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نانو بر صفت تعداد غلاف در بوته گیاه لوبیاقرمز

Fig. 3. Mean comparison for interaction of drought stress and nano fertilizer on number of pods per bean plant

S_1 : بدون تنش، S_2 : تنش در مرحله رشد رویشی، S_3 : تنش در مرحله رشد زایشی؛ N_1 : 0، N_2 : 5، N_3 : 10 کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن

S_1 : No stress, S_2 : Stress in vegetative growth stages, S_3 : Stress in reproductive growth stages; N_1 : 0, N_2 : 5, N_3 : 10 kg.ha⁻¹ nano-iron chelate fertilizer

تحقیقی دیگر گزارش شد کاهش شدید مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش سطح و تعداد برگ‌ها در اثر ریزش و به تبع کاهش عرضه این مواد به سمت غلاف‌های در حال رشد است که نتیجه آن حفظ تعداد کمتر دانه در غلاف می‌باشد (Faisal & Abdel Shakor, 2010). (Elgasim & Abdel Shakor, 2010). گزارش کردند که وقوع تنش خشکی همزمان با مرحله گرده‌افشانی و لقاح، تعداد دانه‌های لوبیاقرمز در غلاف را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد.

وزن ۱۰۰ دانه

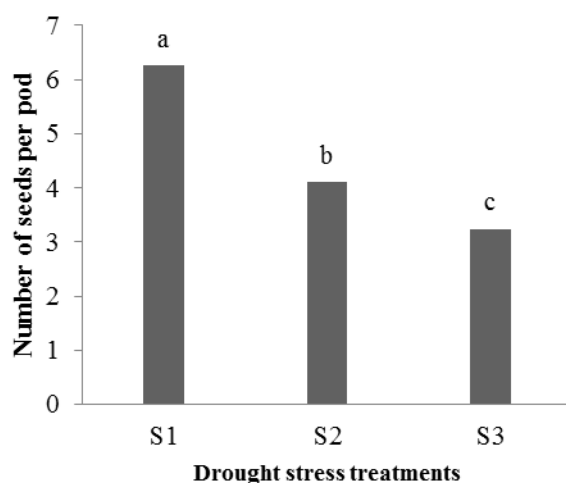
اثر تیمارهای تنش خشکی، کود نانو و بر همکنش این دو فاکتور بر صفت وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۶). مطابق با مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بیشترین و کمترین وزن ۱۰۰ دانه به ترتیب با میانگین‌های ۲۹/۹ و ۱۹/۸ گرم مربوط به تیمارهای بدون تنش و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو (S_1N_3) و تنش در مرحله رشد زایشی و عدم مصرف کود (S_3N_1) بود (شکل ۵). در آزمایشی بر روی لوبیاقرمز گزارش

تعداد دانه در غلاف

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها تنش خشکی اثر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در غلاف داشت و مصرف کود نانو و اثر متقابل تنش و کود نانو بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمار تنش خشکی نشان داد بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف به ترتیب با میانگین‌های ۶/۲۶ و ۳/۱۴ دانه در غلاف مربوط به تیمار بدون تنش و تنش در مرحله رشد زایشی بود (شکل ۴). عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر، یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی می‌باشد. همچنین خشکی از طریق جلوگیری از رشد و نمو طبیعی غلاف‌ها، تعداد دانه در غلاف را کاهش می‌دهد. (Boutraa & Sanders, 2001) در تحقیقی بر روی لوبیا گزارش کردند که کمبود آب از گلدهی تا انتهای تشکیل دانه، اثر شدیدی بر عملکرد و اجزای عملکرد خواهد داشت. مطابق با گزارش این محققان مهم‌ترین جزء عملکرد که تحت تأثیر تنش در مرحله گلدهی قرار می‌گیرد، تعداد دانه در غلاف است. در

می‌شود. آن‌ها افزایش وزن دانه تحت شرایط مصرف آهن را به تأثیر مستقیم عنصر آهن در سنتز کلروفیل، افزایش میزان مواد فتوسنتزی و انباشت بیشتر مواد هیدرات کربنی در دانه نسبت دادند. (Torabian & Zahedi, 2013) در آزمایشی بر روی تأثیر تغذیه برگی سولفات آهن به دو شکل معمول و نانوذرات بر رشد ارقام آفتابگردان گزارش کردند که وزن بذر در طبق و وزن ۱۰۰ دانه در اثر مصرف کودهای نانوذرات، افزایش معنی‌داری در مقایسه با تیمار بدون مصرف آهن داشت.

شد که تنش خشکی از طریق کاهش سطح فتوسنتزکننده موجب کاهش مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش وزن ۱۰۰ دانه می‌گردد. علاوه بر این گیاه برای کاهش اثرات سوء تنش، چرخه زندگی خود را کوتاه‌تر می‌نماید که این کاهش طول دوره رشد منجر به کوتاه‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه و در نهایت وزن نهایی دانه می‌شود (Jamshidi *et al.*, 2016). (Borges *et al.*, 2009) در تحقیقی نشان دادند که مصرف کودهای آهن‌دار سبب افزایش وزن دانه‌های گیاه ذرت

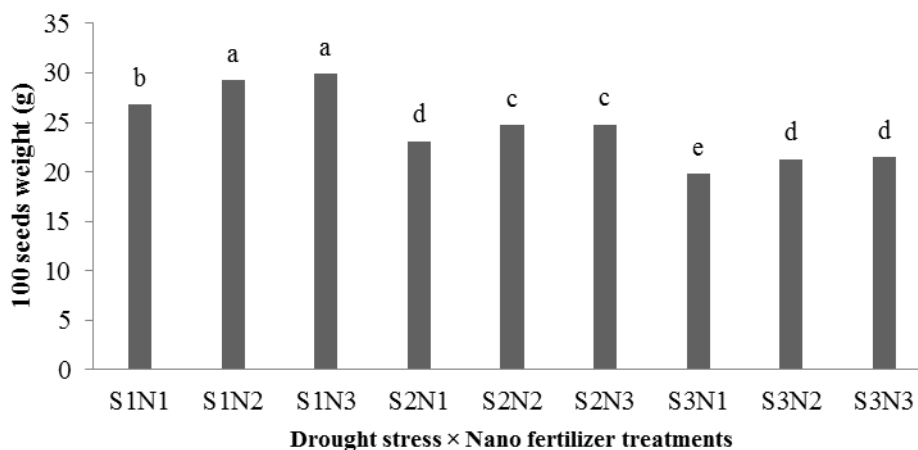


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای تنش خشکی بر صفت تعداد دانه در غلاف گیاه لوبیاقرمز

Fig. 4. Mean comparison for effect of drought stress treatments on number of seeds per pod of bean plant

S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشد زایشی

S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نانو بر صفت وزن ۱۰۰ دانه گیاه لوبیاقرمز

Fig. 5. Mean comparison for interaction of drought stress and nano fertilizer on 100 seeds weight of bean plant

S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشد زایشی؛ N₁: ۰، N₂: ۵، N₃: ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن

S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages; N₁: 0, N₂: 5, N₃: 10 kg.ha⁻¹ nano-iron chelate fertilizer

عملکرد دانه

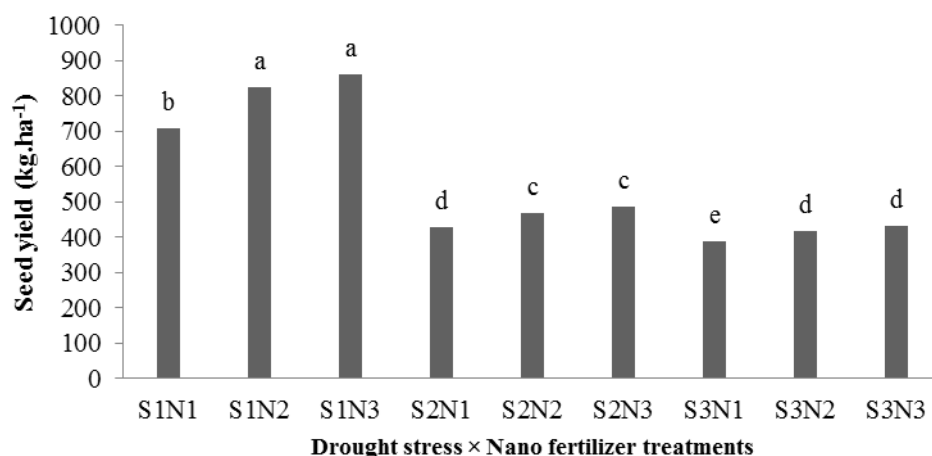
مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تنش خشکی، کودهای نانوکلات آهن و اثر متقابل این دو فاکتور بر عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل فاکتورها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۸۶۱/۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار بدون تنش و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن (S_1N_3) به‌دست آمد. البته تفاوت آماری معنی‌داری بین این تیمار با تیمار بدون تنش و مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن (S_1N_2) وجود نداشت. اما بین این دو تیمار با تیمار بدون تنش و بدون کاربرد کود (S_1N_1) تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۶) که در واقع نشان‌دهنده اثر مثبت کودهای نانوکلات آهن بر عملکرد دانه لوبیا قمرز است. همچنین مصرف کودهای نانوکلات آهن اثر تعدیل‌کنندگی شدت تنش در هر دو مرحله رشدی گیاه (رویشی و زایشی) را بر عملکرد دانه گیاه از خود نشان داد، به‌طوری‌که در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی، مصرف ۱۰ و ۵ کیلوگرم در هکتار کود به‌ترتیب سبب افزایش ۱۳/۹۲ و ۹/۷۷ درصدی عملکرد در مقایسه با تیمار بدون مصرف کود در شرایط وقوع تنش در این مرحله از رشد شد و در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی نیز، مصرف ۱۰ و ۵ کیلوگرم در هکتار کود به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱/۱۴ و ۷/۴۷ درصدی عملکرد در مقایسه با تیمار بدون مصرف کود در شرایط وقوع تنش در این مرحله (S_3N_1) شد (شکل ۶). کمترین عملکرد دانه لوبیا نیز با میانگین ۳۸۸/۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار تنش در مرحله رشد زایشی و بدون مصرف کود (S_3N_1) به‌دست آمد (شکل ۶). مطابق با نظر محققان، تنش کمبود آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبیگری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد. انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش کم‌آبی کاهش یافته و موجب تجمع و اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد و در نتیجه فتوسنتز را محدود می‌نماید؛ محدود شدن فتوسنتز نیز رشد گیاه و عملکرد آن را کاهش می‌دهد (Hopkins & Huner, 2004). در آزمایشی به منظور بررسی اثر کم‌آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ارقام لوبیا گزارش شد که تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه بر اثر قطع آبیاری در مراحل زایشی (مراحل گلدهی و پرشدن دانه) به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که درصد کاهش عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه نسبت به حالت آبیاری کامل، حدود ۴۰/۲۵ درصد بود (Zafarani-Moattar

et al., 2012). همچنین همان‌طور که قبلاً ذکر شد، افزایش عملکرد دانه تحت شرایط مصرف آهن را می‌توان به نقش آهن در افزایش سنتز کلروفیل، میزان مواد فتوسنتزی و انباشت مواد هیدرات کربنی در دانه مرتبط دانست که نتیجه آن در نهایت افزایش عملکرد محصول زراعی را به دنبال دارد (Borges et al., 2009). علاوه بر این در برخی گزارش‌ها ذکر شده است که کمبود آهن، همواره موجب از بین رفتن کلروفیل و تخریب ساختمان کلروپلاست و کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیداز نظیر کاتالاز و پراکسیداز می‌گردد که این امر سبب کاهش شدید نرخ فتوسنتزی گیاه می‌گردد (Ahmadi et al., 2019). در آزمایشی بر روی آفتابگردان به منظور بررسی تأثیر سولفات آهن به دو شکل معمول و نانوذرات گزارش شد که عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون مصرف آهن افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد (Torabian & Zahedi, 2013). در همین زمینه نتایج تحقیقی دیگر حاکی از افزایش عملکرد دانه لوبیا در شرایط مصرف نانوذرات آهن در مقایسه با شاهد (عدم مصرف نانوذرات) بود (Khalaj et al., 2019).

عملکرد بیولوژیک

تنش خشکی و کود نانو اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک لوبیا قمرز داشتند. اثر متقابل این دو فاکتور نیز بر عملکرد بیولوژیک لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل فاکتور تنش خشکی و کود نیز نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۴۷۱۱/۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری کامل و مصرف ۱۰ کیلوگرم کود نانوکلات آهن (S_1N_3) بود. البته تفاوت آماری معنی‌داری بین این تیمار با تیمار آبیاری کامل و مصرف ۵ کیلوگرم کود نانوکلات آهن (S_1N_2) مشاهده نشد (شکل ۷). کمترین عملکرد بیولوژیک لوبیا نیز با میانگین ۲۳۹۱/۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار تنش در مرحله رشد زایشی و بدون مصرف کود (S_3N_1) به‌دست آمد (شکل ۷).

مطابق با تحقیقات انجام‌شده بر روی لوبیا محققان گزارش کرده‌اند تنش‌های خشکی متوسط تا شدید خصوصاً تنش‌هایی که همزمان با مراحل گلدهی و گرده‌افشانی گیاه به‌وقوع می‌پیوندد، سبب کاهش شدید زیست‌توده لوبیا خواهد شد (Ramírez-Vallejo & Kelly, 1998). در همین زمینه در تحقیقی دیگر نشان داده شد که تنش خشکی همزمان با مرحله رشد زایشی گیاه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت لوبیا شده است (Padilla-Ramirez et al., 2005).



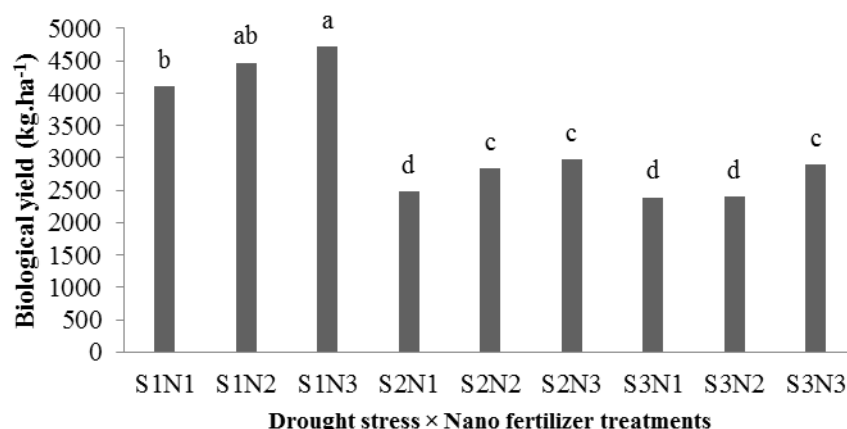
شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نانو بر صفت عملکرد دانه گیاه لوبیاقرمز

Fig. 6. Mean comparison for interaction of drought stress and nano fertilizer on seed yield of bean plant

S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشد زایشی؛ N₁: ۰، N₂: ۵، N₃: ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن
S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages; N₁: 0, N₂: 5, N₃: 10 kg.ha⁻¹ nano-iron chelate fertilizer

تواند ناشی از کارایی کلات با ساختار نانو در رسانش و فراهمی بهینه عنصر آهن در فرایندهای فیزیولوژیکی باشد. احتمالاً با فعال شدن فرایندهای فیزیولوژیکی، کلروفیل سازی افزایش می‌یابد که در پی آن بهبود فرایند فتوسنتز اتفاق می‌افتد و نهایتاً منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و حتی عملکرد دانه می‌شود که مجموع این پارامترها سبب افزایش عملکرد بیولوژیک لوبیا در شرایط مصرف نانوکلات‌های آهن می‌گردد.

در شرایط تنش خشکی، به دلیل کاهش مواد فتوسنتزی، وزن خشک بوته کاهش می‌یابد و گیاه برای فرار از خشکی و حفظ بقاء زودتر به گل می‌رود، بنابراین بیشترین مقدار وزن خشک در درجه روز رشد کمتری نسبت به شرایط بدون تنش به دست می‌آید. این کاهش همچنین می‌تواند تحت تأثیر تخصیص بیشتر زیست توده تولیدی گیاه به سمت ریشه‌ها و یا در اثر کاهش میزان کلروفیل و یا بازدهی فتوسنتز باشد (Khoshvaghti, 2006). بهبود عملکرد توسط نانوکلات می



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نانو بر صفت عملکرد بیولوژیک گیاه لوبیاقرمز

Fig. 7. Mean comparison for interaction of drought stress and nano fertilizer on biological yield of bean plant

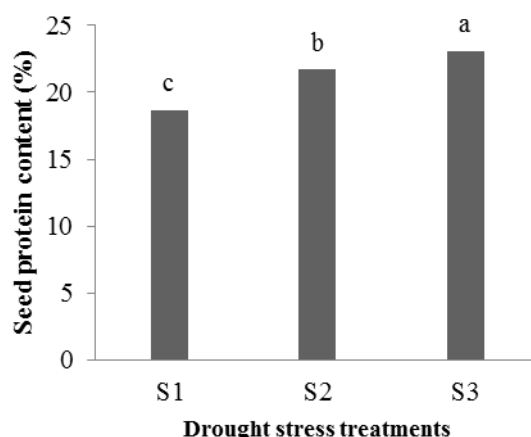
S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشد زایشی؛ N₁: ۰، N₂: ۵، N₃: ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن
S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages; N₁: 0, N₂: 5, N₃: 10 kg.ha⁻¹ nano-iron chelate fertilizer

(جدول ۶). مقایسه میانگین تیمارهای تنش خشکی نشان داد که بیشترین غلظت پروتئین دانه از تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی با میانگین ۲۳/۱۱ درصد به دست آمد. کمترین میزان آن نیز از تیمار آبیاری کامل با میانگین ۱۸/۶۸ درصد حاصل شد (شکل ۸). Emadi et al, (2012) بیان کردند که در شرایط تنش خشکی جذب و تثبیت دی‌اکسید کربن بر اثر بسته‌شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد. در نتیجه میزان کل مواد پرورده برای پرشدن دانه کاهش می‌یابد، در حالی که انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها به دانه کاهش نمی‌یابد. این امر سبب افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود. افزایش درصد پروتئین دانه گیاهان در شرایط خشکی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Davoodi et al., 2018; Kordi et al., 2016).

Khalaj et al, (2019) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد ۲۵/۰ گرم در لیتر کود نانوکلات آهن سبب افزایش ۴۰/۸ درصدی شاخص سطح برگ لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود) گردید. Ahmadi et al, (2019) در پژوهشی روی گیاه نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) مشخص نمودند که با کاربرد توأم محلول‌پاشی و خاک کاربرد کود کلات آهن به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله گلدهی، می‌توان به عملکرد بیولوژیک ۳۶۸۳ کیلوگرم در هکتار دست یافت که ۲۵ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) برتری داشت.

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها فاکتور تنش خشکی اثر معنی‌داری بر غلظت پروتئین دانه داشت



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر تیمار تنش خشکی بر صفت غلظت پروتئین دانه گیاه لوبیاقرمز

Fig. 8. Mean comparison for effect of drought stress treatments on seed protein content of bean plant

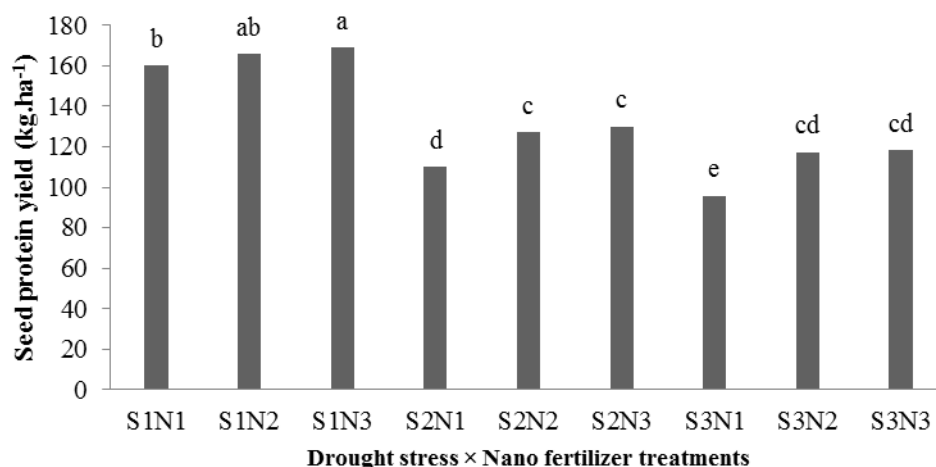
S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشد زایشی

S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages

در هکتار حاصل گردید (شکل ۹). از آنجا که عملکرد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه حاصل می‌شود و از طرفی همبستگی و رابطه مستقیم بین عملکرد دانه با عملکرد پروتئین دانه وجود دارد، بنابراین بالا بودن عملکرد پروتئین دانه در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۱۰ کیلوگرم کود نانوکلات آهن (تیماری که منجر به حصول بالاترین عملکرد دانه لوبیا شد) قابل پیش‌بینی بود. Kordi et al, (2016) نشان دادند بالاترین عملکرد پروتئین دانه لوبیاقرمز از تیماری حاصل شد که دارای بالاترین عملکرد دانه بود.

عملکرد پروتئین دانه

نتایج نشان داد که عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر تنش خشکی، مصرف کود نانوکلات آهن و اثر متقابل تنش و کود قرار گرفت (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه از تیمار آبیاری کامل و مصرف ۱۰ کیلوگرم کود نانوکلات آهن با میانگین ۱۶۹/۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار آبیاری کامل و مصرف ۵ کیلوگرم کود نانوکلات آهن با میانگین ۱۶۵/۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده نشد. کمترین عملکرد دانه نیز از تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی و عدم مصرف کود نانو با میانگین ۹۵/۸ کیلوگرم



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود نانو بر صفت عملکرد پروتئین دانه گیاه لوبیا قرمز

Fig. 9. Mean comparison of interaction effect of drought stress and nano fertilizer on seed protein yield of bean plant

S₁: بدون تنش، S₂: تنش در مرحله رشد رویشی، S₃: تنش در مرحله رشد زایشی؛ N₁: ۰، N₂: ۵، N₃: ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن

S₁: No stress, S₂: Stress in vegetative growth stages, S₃: Stress in reproductive growth stages; N₁: 0, N₂: 5, N₃: 10 kg.ha⁻¹ nano-iron chelate fertilizer

کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی را جبران می‌کند و بهتر است در مناطق با مشکل کم‌آبی ارقام پردانه را انتخاب کرد تا محصول با کمترین کاهش عملکرد مواجه شود. (Amini et al, 2002) نشان دادند که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و ارتفاع بوته بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه لوبیا دارند.

بالاترین همبستگی نیز بین عملکرد دانه با عملکرد پروتئین با $R^2 = 0/95$ مشاهده شد. همان‌طور که در بخش قبلی اشاره شد، هرچه عملکرد دانه بیشتر باشد، بالتبع عملکرد پروتئین نیز افزایش می‌یابد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد پروتئین و عملکرد پروتئین مشاهده گردید. در این آزمایش تنها بین صفات تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه با $R^2 = -0/69$ ، و تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف با $R^2 = -0/52$ رابطه منفی و معنی‌دار مشاهده شد. علاوه بر این روابط بین تعداد شاخه فرعی با تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه؛ تعداد غلاف در بوته با وزن ۱۰۰ دانه، و همچنین بین تعداد دانه در غلاف با درصد پروتئین دانه منفی بود، اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۷).

(Rahnamaei Tak et al, 2007) نیز گزارش کردند

وزن ۱۰۰ دانه لوبیا همبستگی منفی با صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف دارد.

همبستگی ساده بین صفات

به منظور بررسی رابطه موجود بین صفات مربوط به عملکرد، اجزای عملکرد و محتوی پروتئین دانه گیاه لوبیا در این آزمایش، همبستگی ساده بین این صفات محاسبه گردید (جدول ۷).

رابطه بین طول شاخه اصلی با تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و همچنین درصد و عملکرد پروتئین دانه مثبت و معنی‌دار بود. عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا نیز با تمام صفات مورد بررسی رابطه مثبت و معنی‌داری داشت.

مطابق با تحقیق (Rahnamaei Tak et al, 2007)

بیشترین همبستگی صفت عملکرد دانه تک‌بوته لوبیا به‌ترتیب با صفات وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌باشد. (Marsafari et al, 2016) گزارش کردند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه لوبیا داشتند. این محققان به به‌زادگران توصیه کردند از طریق سه متغیر عمده و اصلی یادشده جهت افزایش میزان عملکرد دانه اقدام نماید. همچنین در آزمایشی دیگر (Mohammadi et al, 2008) یافتند که در شرایط تنش صفت تعداد دانه در غلاف بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه لوبیا دارد. این محققان توصیه نمودند در شرایط تنش آبی هرچه میانگین تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد،

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی لوبیاقرمز
Table 7. Correlation coefficients between the studied traits of bean

صفات Traits	طول شاخه اصلی Stem height	تعداد شاخه های فرعی Number of branches	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seeds weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	محتوی پروتئین دانه Seed protein content	عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield
طول شاخه اصلی Stem height	1								
تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches	0.65**	1							
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	0.79**	0.83**	1						
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	0.15	-0.09	-0.52*	1					
وزن ۱۰۰ دانه 100 Seeds weight	0.58*	-0.06	-0.11	-0.69**	1				
عملکرد دانه Seed yield	0.70**	0.80**	0.86**	0.92**	0.91**	1			
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.81**	0.83**	0.80**	0.89**	0.90**	0.94**	1		
محتوی پروتئین دانه Seed protein content	0.61*	0.64**	0.09	-0.11	0.85**	0.77**	0.72**	1	
عملکرد پروتئین دانه Seed protein yield	0.69**	0.73**	0.81**	0.84**	0.90**	0.95**	0.75**	0.89**	1

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

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

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که تنش در هر مرحله‌ای از رشد، سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه لوبیاقرمز می‌شود، اما شدت اثرات سوء تنش بر عملکرد دانه و بیولوژیک گیاه در زمان مراحل رشد زایشی گیاه شدیدتر خواهد بود. کاربرد کودهای نانوکلات در هر یک از شرایط بدون تنش، تنش در مرحله رشد رویشی و تنش در مرحله رشد زایشی در مقایسه با عدم مصرف این نوع کود، اثر مثبت بر خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه داشت، به‌طوری‌که تنها برای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش ۱۶/۲۰ درصدی در مقایسه با تیمار بدون مصرف کود گردید.

همچنین مصرف نانوکلات‌های آهن در شرایط تنش سبب جلوگیری از افت بیشتر عملکرد در مقایسه با شرایط بدون استفاده از کود می‌شود. البته ناگفته نماند که تفاوت آماری

معنی‌داری بین ۱۰ و ۵ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات‌های آهن برای عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در هر یک از شرایط بدون تنش و تنش وجود نداشت. با توجه به نتایج آزمایش پیشنهاد می‌گردد که برای زراعت گیاه لوبیاقرمز جهت حصول عملکرد مطلوب، با آبیاری به‌موقع از هرگونه تنش آبی جلوگیری شود، چراکه کاهش محسوس عملکرد را در پی خواهد داشت.

در شرایط آبیاری مطلوب نیز استفاده از ۵ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات‌های آهن (با توجه به عدم معنی‌دار شدن مصرف ۵ با ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد در مقایسه با عدم استفاده از آن خواهد شد.

در مواقعی نیز که زراعت محصول به ناچار با تنش آبی مواجه گردد، استفاده از ۵ کیلوگرم در هکتار کود نانو می‌تواند تا حدود زیادی منجر به جبران خسارت ناشی از تنش در مقایسه با شرایط بدون استفاده از کود شود.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdeslah, H., and Kazemian, A. 2018. Agricultural Statistics, Volume I: Crop Plants. Crop Season of 2018-2019. Ministry of Agriculture-Jihad Press. 89 p. (In Persian).
2. Ahmadi, L., Ghobadi, M., Saeidi, M., and Ghaderi, J. 2019. The effect of supplemental irrigation, time and methods of Fe fertilizer application on qualitative and quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 10(2): 119-131. (In Persian with English Summary).
3. Alizadeh, A. 2004. Soil, Water, Plant Relationship. Imam Reza Press. 472 p. (In Persian).
4. Amini, A., Ghannadha, M., and Abd-mishani, C. 2002. Genetic diversity and correlation between different traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Agriculture Science 33(4): 605-615. (In Persian with English Summary).
5. Baghaie, N., and Maleki Farahani, S. 2014. Comparison of Nano and micro Chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research 1(2): 156-169. (In Persian with English Summary).
6. Barmaki, S., Modarres Sanavy, M., and Mehdizadeh, V. 2010. Application of nanotechnology in order to chemical fertilizers optimal consumption with emphasis on nanofertilizers. The 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress, Tehran. 1-11. (In Persian).
7. Borges, I.D., Von Pinho, R.C., and Pereira, A.R. 2009. Micronutrients accumulation at different maize development stages. Science Agrotecnic Lavras 33(4): 1018-1025.
8. Boutraa, T., and Sanders, F.E. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy Crop Science 187: 251-257.
9. Davoodi, S.H., Rahemi-karizaki, A., Nakhzari-moghadam, A., and Gholamalipour Alamdari, E. 2018. The Effect of deficit Irrigation on yield and physiological traits of bean cultivars. Plant Production Technology 18(1): 83-95. (In Persian with English Summary).
10. Emadi, N., Baloochi, H.R., and Jahanbin, S. 2012. Effect of drought stress on yield, yield components and some of morphological traits of bean genotype COS16. Electronic Journal of Plant Production 5: 1-17. (In Persian with English Summary).
11. Faisal Elgasim, A., and Abdel Shakoor, H.S. 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.
12. Ghadimian, T., Madani, H., and Gomarian, M. 2017. Effect of irrigation hult and humic acid foliar application on agronomic, qualitative and physiological characteristics in red bean cultivar D81083. Iranian Journal of Pulses Research 8(2): 141-155. (In Persian with English Summary).
13. Ghanbari, A.A. 2015. Developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water deficit conditions. Agronomy Journal 107: 190-199. (In Persian).
14. Heidari Sharifabadi, H. 2000. Plant, Water Stress and Drought. Ministry of Sazandegi-Jihad Press, Research Institute of Forests and Rangelands. 200 p. (In Persian).
15. Hopkins, W.G., and Huner, N.P.A. 2004. Introduction to Plant Physiology. John Willy and Sons, Inc., New York, USA.
16. Jalil Shesh Bahre, M., and Movahedi Dehnavi, M. 2012. Effect of zinc and iron foliar application on soybean seed vigor grown under drought stress. Electronic Journal of Crops Production 5(1): 19-35. (In Persian with English Summary).
17. Jamshidi, M., Danesh-Shahraki, A., and Hashemi-Jazi, M. 2016. Effect of foliar application of Manganese and Zinc on grain yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought conditions. Iranian Journal of Pulses Research 7(2): 164-174. (In Persian with English Summary).
18. Khalaj, H., Baradarn Firouzabadi, M., and Delfani, M. 2019. Effect of nano iron and magnesium chelate fertilizers on growth and grain yield of *Vigna sinensis* L. Journal of Plant Process and Function 9(35): 160-177. (In Persian with English Summary).
19. Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. MSc. Thesis. Tabriz Universit. Iran. (In Persian with English Summary).
20. Kordi, S., Marsafari, M., Tahmasebi, Z., Shahkarami, Gh., Gerami, L., Taghizadeh, A.A., and Ghanbari, F. 2016. Effect of foliar application of zinc on yield, grain and straw protein of bean (*Phaseolus vulgaris*) under water deficit stress in Ilam weather condition. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 111: 115-124. (In Persian with English Summary).

21. Marsafari, M., Kordi, S., and Tahmasebi, Z. 2016. Correlation and path analysis for grain yield and yield dependent traits in some common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Journal of Plant production Sciences 6(1): 33-44. (In Persian with English Summary).
22. Mohammadi, A., Bihamta, M.R., and Dari, H.R. 2008. Determining of correlation coefficient and path analysis of some traits on chiti bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and drought stress conditions. Journal of Agricultural Research: Water, Soil and Plant in Agriculture 8(2): 135-144. (In Persian with English Summary).
23. Movahedy Dehnavy, M., Modarres Sanavy, S.A.M., and Mokhtassi Bidgoli, A. 2009. Foliar application of Zinc and manganese improves seed yield and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products 30: 82-99.
24. Padilla-Ramirez, K.S., Acosta-Gallegos, K.A., Acosta- Diaz, E., Mayek-Perez, N., and Kelly, J.D. 2005. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought stressed and non stressed dry bean genotypes. Bean Improvement Cooperative, New York 48: 153-153.
25. Piper, C.S. 2019. Soil and Plant Analysis. Scientific Publishers. 368 p.
26. Peyvandi, M., Parandeh, H., and Mirza, M. 2015. Comparison of nano Fe and Fe chelate fertilizers on the quality and the quantity of *Ocimum basilicum* L. essential oil. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31(2): 185-193. (In Persian with English Summary).
27. Rahnamaei Tak, A., Vaezi, Sh., Mozaffari, J., and Shahnejat Boushehri, A.A. 2007. Study on correlation and path analysis for seed yield per plant and its dependent traits in red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Pajouhesh & Sazandegi 76: 80-88. (In Persian with English Summary).
28. Ramírez-Vallejo, P., and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136.
29. Raval, V., and Navarro, D.K. 2019. The Global of Economy Pulses. FAO Publishers. 174 p.
30. Rezaei, R., Hosseini, M., Shabanali Fami, H., and Safa, L. 2009. Identification and analysis of the barriers of nanotechnology development in the Iranian agricultural sector from the viewpoint of the researchers. Journal of Science & Technology Policy 2(1): 17-20. (In Persian with English Summary).
31. Shojaei, H., and Makarian, H. 2014. The Effect of nano and non-nano zinc oxide particles foliar application on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiate*) under drought stress. Iranian Journal of Field Crop Research 12(4): 727-737. (In Persian with English Summary).
32. Silva, D.D., Kane, M.E., and Beeson, R.C. 2012. Changes in root and shoot growth and biomass partition resulting from different irrigation intervals for *Ligustrum japonicum* Thunb. Horticulture Science 47(11): 1634-1640.
33. Torabian, Sh., and Zahedi, M. 2013. Effects of foliar application of common and nano-sized of iron sulphate on the growth of sunflower cultivars under salinity. Iranian Journal of Field Crop Research 44(1): 109-118. (In Persian with English Summary).
34. Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Ghasemi Golezani, K., and Mohammadi, S.A. 2012. Effect of limited irrigation on growth and yield of bean cultivars. Agricultural Sciences and Sustainable Production 21(4): 85-94. (In Persian with English Summary).



The effect of iron nano-chelate fertilizer on yield, yield components and seed protein content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress

Ghasemi¹, Sahar; Piri², Issa; and Tavassoli^{3*}, Abolfazl

1. MSc. Graduate of Agronomy, Department of Agriculture, Payame Noor University, Zahedan Center, Iran; ghasemi.sahar@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran; issapiri@pnu.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran; a.tavassoli@pnu.ac.ir

Received: 8 February 2021; Revised: 18 October 2021
Accepted: 9 November 2021; Available Online: 22 June 2022

How to cite this article:

Ghasemi, S., Piri, I., and Tavassoli, A. 2022. The effect of iron nano-chelate fertilizer on yield, yield components and seed protein content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 55-72. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.2101-1001

Introduction

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the second most important legume plant after soybean, accounting for a major share of the diet of more than 300 million people worldwide. However, bean cultivation is always faced with several limitations, among these production limited factors, drought stress is the most important factor and has a considerable effect in reducing the production of this crop. One of the harmful effects of drought stress is disturbing the nutritional balance in the plant, so that due to drought stress, the mobility of nutrients in the soil is reduced and the absorption and transfer of substances to the plant is impaired. Studies show that nano-iron chelate fertilizer has a moderating effect against changes in drought, salinity, acidity and temperature and leads to improved plant growth. Hence, the present study was conducted to investigate of the role of nano fertilizer on increasing drought resistance of bean in Jiroft region.

Materials and Methods

A split-plot layout based on a randomized complete block design with three replications conducted in a farm located in Tohan village of Jiroft city during 2015-2016. The main factor was the drought stress with three levels included: no stress, stress in vegetative growth stages and stress in reproductive growth stages. Sub-factor consisted of different amounts of nano-iron chelate fertilizer at three levels of 0, 5 and 10 kg.ha⁻¹. In this study, stem height, number of branches per plant, number of pods per plant, number of seed per pod, 100 seeds weight, seed yield, biological yield, seed protein content and protein yield traits were measured. The obtained data were exposed to analysis of variance (ANOVA). Means comparison was done using Duncan's multiple range test using SAS software. Correlation coefficients between traits were calculated with SAS software.

Results and Discussion

According to the results, no stress treatment and application of 10 kg.ha⁻¹ of iron nano-chelate fertilizer led to the highest value of stem height, number of branches per plant, number of pods per plant, 100 seeds weight, seed yield, biological yield, seed protein content and protein yield. However, for the above traits, no statistically significant difference was observed between 10 and 5 kg.ha⁻¹ of fertilizer in no stress condition. Also, the occurrence of stress in both stages of vegetative and reproductive growth reduced the studied traits, so that the lowest value of stem height, number of branches and number of pods per plant were obtained from the occurrence of stress in vegetative growth stage, and the lowest amounts of number of seed per pod, 100 seeds weight, seed yield, biological yield and seed protein yield were obtained from the occurrence of stress in the reproductive growth stage. Among the studied traits, only the percentage of seed protein with stress treatments showed a significant increase that this increase was greater in stress in the reproductive growth stage. It should also be noted that the application of 10 and 5 kg.ha⁻¹ of iron nano-chelate fertilizer,

* Corresponding Author: a.tavassoli@pnu.ac.ir

respectively, in comparison with the treatment without fertilizer, in the occurrence of stress in both stages of plant growth moderates the effects of stress for all traits except seed protein percentage.

Conclusion

The results of this study showed that stress occurrence at any stage of growth reduces the growth and yield of the bean plant. This reduction will be more on the seed and biological yield of the plant if occurrence of stress is in the reproductive stages of the plant. Application of nano-chelate fertilizers in each one of the conditions without stress, stress in vegetative growth stage and stress in reproductive growth stage in comparison with not using this type of fertilizer will have a positive effect on growth characteristics and plant yield. There was no statistically significant difference between the application of 10 and 5 kg.ha⁻¹ of iron nano-chelate fertilizer for seed and biological yield of bean in each one of the no stress and stress conditions.

Keywords: Drought stress; Iron; Protein; Pulses; Yield



تنوع ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris Medikus.*)

با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

زینب عزیزی‌زاده^۱، زهرا طهماسبی^{۲*} و امیر میرزایی^۳

۱- کارشناس ارشد اصلاح نباتات، کارمند جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی ایلام، مرکز کارزان، شهرستان سیروان؛ z.azizizada@gmail.com

۲- دانشیار اصلاح نباتات (گرایش ژنتیک بیومتری)، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام؛ z.tahmasebi@ilam.ac.ir

۳- استادیار زراعت (گرایش اکولوژی)، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام؛ amir.mirzaei53@gmail.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

عزیزی‌زاده، ز.، طهماسبی، ز.، و میرزایی، ا. ۱۴۰۱. تنوع ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris Medikus.*) با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۱): ۸۶-۷۳.

چکیده

برای تعیین تنوع ژنتیکی عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی، درک روابط بین این صفات در عدس و شناسایی ژنوتیپ با عملکرد بالا در ایلام، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۸ ژنوتیپ عدس در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ اجرا گردید. صفات مورد بررسی در این آزمایش تعداد برگ در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، تعداد گل در بوته، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع گیاه، روز تا رسیدگی، روز تا رسیدگی، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد گیاه بود. نتایج نشان داد تنوع ژنتیکی قابل توجهی برای صفات وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، تعداد برگ در بوته، تعداد گل در بوته، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و روز تا رسیدگی وجود داشت. ژنوتیپ Flip 2010-90L با میانگین ۱۴۶۳/۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود. صفات تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع بوته دارای بیشترین همبستگی با عملکرد دانه بودند. تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را به پنج گروه تقسیم کرد. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی چهار مؤلفه دارای مقادیر ویژه بیش از یک بودند و ۶۹/۹ درصد از واریانس کل را توجیه کردند. در تجزیه به عامل‌ها صفات مثبت عامل اول شامل تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و صفات مثبت عامل دوم شامل تعداد دانه در غلاف، تعداد برگ در بوته، تعداد دانه در بوته، ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی بود. از اطلاعات به دست آمده می‌توان در جهت اصلاح عملکرد عدس استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای؛ ژنوتیپ؛ صفات مورفولوژیکی؛ همبستگی

مقدمه

هوا، نقش مؤثری در حاصلخیزی خاک دارد (Anjam et al., 2005).

با توجه به نیاز روزافزون به تولید محصولات کشاورزی و محدود بودن منابع آبی و خاکی جهت کشت محصولات، لازم است تا ذخایر ژنتیکی مورد بررسی قرار گیرد و از طرف دیگر، مواد ژنتیکی ذخایری هستند که برای متخصصان اصلاح نباتات ارزشمند بوده و سعی بر جمع‌آوری و نگهداری و ارزیابی این مواد می‌شود. کشور ایران یکی از مراکز اصلی تنوع ژنتیکی در جهان است. شناسایی ویژگی‌های ریخت‌شناختی نخستین گام در طبقه‌بندی و توصیف نمونه هر گیاه به‌شمار می‌آید و دانشمندان مختلفی در زمینه رده‌بندی و اندازه‌گیری تنوع کلکسیون‌های نمونه لگوم‌های مختلف از جمله عدس اقدام

عدس با نام علمی (*Lens culinaris Medikus.*) جزء بقولات سرمادوست محسوب می‌شود. دانه عدس منبع غنی از پروتئین، مواد معدنی، فیبر و کربوهیدرات است که نقش مهمی در تأمین مواد مغذی در کشورهای در حال توسعه ایفا می‌نماید (Kumar et al., 2015). همچنین این گیاه زراعی توانایی رشد و نمو در شرایط نامناسب محیطی را داشته و به‌علت کوتاهی دوره رشد، محصول مناسبی در تناوب با غلات به‌شمار می‌رود و به‌خاطر همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن

* نویسنده مسئول: z.tahmasebi@ilam.ac.ir

دو صفت، تعداد دانه در نیام و تعداد نیام در بوته، از مهم‌ترین اجزای عملکرد عدس معرفی شدند (Salehi et al., 2007). Narouie Rad et al, (2008) با ارزیابی ۱۵۳ توده مناطق گرم و خشک بانک ژن گیاهی ملی ایران، برای هشت صفت مورفولوژیک و فنولوژیک در زابل، بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی را مربوط به عملکرد دانه گزارش کرده و نشان دادند که ارتفاع بوته بیشترین میزان همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشت. (Pezeshkpour & Afkar (2019) قابل توجهی در میان ۱۴ ژنوتیپ عدس را نشان دادند و تفاوت معنی‌داری برای عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف به‌دست آوردند.

این پژوهش به منظور تعیین ارتباط بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه عدس با استفاده از روش‌های آماری و شناسایی ژنوتیپ‌های عدس با عملکرد دانه بالا در شرایط دیم ایلام اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تنوع ژنوتیپ‌های عدس از نظر صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی آزمایشی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله شهرستان چرداول واقع در ۳۰ کیلومتری شرق ایلام اجرا گردید. در طی زمان آزمایش (از مهرماه تا خردادماه) مجموع بارندگی ۶۰۳/۶ میلی‌متر و متوسط دما بین ۲۷/۶-۶/۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۸-۲۹ درصد بود. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی بود. مشخصات خاک محل آزمایش به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Physical and chemical characteristics of experimental field soil

بافت	اسیدیته	کربن	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	هدایت الکتریکی
Texture	pH	OC (%)	P (ppm)	K (ppm)	N (%)	EC (mmol)
لوم رسی Loam clay	7.50	1.25	15.25	310	0.152	0.5

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

خاک محل آزمایش ابتدا شخم و دیسک زده شد و سپس توسط ماله زمین هموار گردید. بذور قبل از کاشت با استفاده از قارچ‌کش کاپتان (دو در هزار) جهت کاهش شدت بیماری برق‌زدگی ضدعفونی گردید. عملیات کاشت در آبان‌ماه سال ۱۳۹۷ به روش دستی و در عمق ۵ سانتی‌متری انجام و

کرده‌اند (Sultan et al., 2005). از آنجا که ایران یکی از مراکز تنوع عدس در جهان می‌باشد، پیش‌بینی می‌شود که تنوع زیادی در بین توده‌های بومی این گیاه یافت شود (Saman et al., 2012).

تنوع ژنتیکی جمعیت، اساس هر برنامه اصلاحی است و موفقیت یک برنامه اصلاحی به طبیعت، حجم و میزان تنوع موجود در مواد ژنتیکی بستگی دارد. وجود تنوع، زیاد بزرگ‌ترین شانس برای نائل‌شدن به موفقیت در گزینش محسوب می‌شود. پس به‌منظور اصلاح گیاه عدس آگاهی از وضعیت ژنتیکی، امری ضروری و غیرقابل‌اجتناب است (Mishra et al., 2007). در برنامه‌های اصلاح نباتات، از همبستگی بین صفات به‌طور گسترده‌ای برای آگاهی از وجود رابطه میان عملکرد و اجزای آن یا در مورد روابط میان جفت اجزاء و عملکرد استفاده شده است (Tyagi & Hafiz Khan, 2011). مهم‌ترین معیار برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر، ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بررسی اجزای عملکرد می‌باشد. نتایج مطالعات گذشته که بر روی عدس انجام گرفته است، نشان می‌دهد که بهبود پتانسیل تولید در واحد سطح می‌تواند یکی از معیارهای مهم در افزایش تولید این گیاه باشد (Zahedi et al., 2016). (Aghaei et al, (2004 به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی کلکسیون عدس بانک ژن و ارتباط آن با پراکنش جغرافیایی و اقلیمی، مجموعه‌ای از ۹۹۰ نمونه عدس‌های بومی را برای ۱۵ صفت مورفولوژیک و فنولوژیک مورد ارزیابی قرار دادند و صفات ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه و زمان رسیدگی تنوع بیشتری را نسبت به سایر صفات داشتند. همچنین در بررسی دیگر ۲۰ ژنوتیپ عدس از نظر ۱۴ صفت مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند و بر اساس نتایج حاصل مبنی بر همبستگی مثبت میان

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل ۱۶ لاین با منشاء ایکاردا ۱ (مرکز بین‌المللی تحقیقات در مناطق خشک) به همراه دو رقم اصلاح‌شده به عنوان شاهد (کیمیا و گچساران) بودند و از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور تهیه شدند (جدول ۲).

به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی و با چرخش وریماکس توسط نرم‌افزار Minitab 16 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌های آزمایشی از نظر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و همچنین بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات روز تا گلدهی، تعداد برگ در بوته و تعداد دانه در بوته اختلاف معنی‌داری (سطح احتمال پنج درصد) وجود داشت (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفت تعداد برگ در بوته نشان داد که ژنوتیپ Flip 2010-90 L با میانگین ۳۸ عدد و بعد از آن ژنوتیپ Flip-51L با ۳۷ عدد بیشترین تعداد و ژنوتیپ Flip2010-40L با میانگین ۲۶ عدد برگ در بوته دارای کمترین میزان این صفت در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی بود (جدول ۵).

فاصله بین ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی‌متر بود. از هر ژنوتیپ ۴ خط ۴ متری کشت شد. در طول دوره رشد صفات تعداد روز از زمان جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیکی ۹۰ درصد از بوته‌های هر ژنوتیپ و تعداد روز تا گلدهی (تعداد روز از زمان جوانه‌زنی تا گلدهی ۵۰ درصد از بوته‌های هر تیمار) ثبت شد. عملیات برداشت در تاریخ ۲۰ خرداد سال ۱۳۹۸ انجام گرفت. به منظور بررسی خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های عدس از هر ژنوتیپ ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، تعداد گل در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد دانه، پس از رسیدگی با حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر خط به عنوان حاشیه، عملیات برداشت صورت گرفت.

تجزیه واریانس طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) توسط نرم‌افزار SAS 9.3 و ضرایب همبستگی پیرسون و آماره‌های توصیفی و تجزیه کلاستر به روش ward توسط نرم‌افزار SPSS 18 و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات دو مؤلفه اول، تجزیه

جدول ۲- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه عدس

Table 2. Studied lentil genotypes

نام ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ
Genotype name	Genotype number	Genotype name	Genotype number
FLIP2011-13L	10	PercozR-4605	1
FLIP2010-90L	11	FLIP-51L	2
FLIP2011-13L	12	FLIP96-46L	3
FLIP2007-133L	13	FLIP2010-81 L	4
FLIP2009-52L	14	FLIP2010-88L	5
ILL754*ILL	15	FLIP2011-17L	6
ILL6434*ILL	16	FLIP2010-40L	7
Kimia	17	FLIP2010-50L	8
Gachsaran	18	FLIP2010-70L	9

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زراعی در ژنوتیپ‌های عدس

Table 3. Analysis of variance (mean squares) of agronomic traits in lentil genotypes

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	تعداد برگ در بوته
S.O.V	df	Plant Height	Number of branches	Days to flowering	Days to maturity	Number of leaves per plant
تکرار	2	22.88 ^{ns}	14.42 ^{ns}	48.22 ^{ns}	6.01 ^{ns}	1.85 ^{ns}
ژنوتیپ	17	3239.40**	102.04**	3.09*	3.79 ^{ns}	39.38*
خطای آزمایشی	34	21.14	5.75	5.20	4.39	8.73
Error						
ضریب تغییرات	-	9.94	3.98	1.85	1.45	9.01
(درصد)						
CV (%)						

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

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

ادامه جدول ۳.
Continue of Table 3.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل در بوته Number of flowers per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100 Seed weight	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	14.24 ^{ns}	0.01 ^{ns}	10.77 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.35 ^{ns}	7424 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	17	102.04 ^{**}	2.07 ^{ns}	3.15 ^{ns}	0.96 [*]	0.55 ^{**}	1856715 ^{**}
خطای آزمایشی Error	34	5.75	2.25	12.16	3.63	0.21	121364
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.98	8.77	15.74	12.34	9.71	37.44

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

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

با میانگین تعداد غلاف ۱۰ بود و بین سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت. از نظر صفت تعداد دانه در بوته، ژنوتیپ ILL6434*ILL با میانگین ۱۷/۶۶ عدد و ژنوتیپ Flip2010-88L با میانگین ۱۲/۳۳ عدد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین تعداد دانه بودند. بررسی میانگین تعداد گل در بوته نشان داد که ژنوتیپ Flip96-56L با ۷۰/۶۶ عدد و ژنوتیپ Flip 2011-13 L با ۵۱ عدد به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین را داشتند.

از نظر صفت ارتفاع بوته، ژنوتیپ I Flip2011-13 با میانگین ۳۲ سانتی متر و ژنوتیپ ILL6434*ILL با ارتفاع ۱۹/۶۶ سانتی متر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین ارتفاع بوته بودند (جدول ۵). از لحاظ تعداد شاخه‌های فرعی نیز ژنوتیپ‌های Percoz-4605 با میانگین ۹/۳۳ عدد و Flip 2007-132 L با ۵/۳۳ عدد به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین صفت مذکور را داشتند (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین برای صفت تعداد غلاف در بوته نشان داد که بیشترین تعداد غلاف مربوط به رقم کیمیا

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات زراعی ژنوتیپ‌های عدس
Table 5. Comparison of mean agronomic traits of lentil genotypes

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع بوته* (سانتی متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant
Precoz-4605	24.00 ^{def}	9.33 ^a	31.66 ^{bcd}	124.33 ^a	142.66 ^a
Flip-51L	24.33 ^{abcd}	7.00 ^{cdef}	37.00 ^a	124.33 ^a	142.66 ^a
Flip96-56L	26.33 ^{cde}	7.66 ^{bcde}	36.00 ^{ab}	121.66 ^a	142.66 ^a
Flip 2010-8Li	27.33 ^{bcd}	5.66 ^{fg}	30.66 ^{cbde}	121.66 ^a	143.66 ^a
Flip2010-88L	26.66 ^{bcd}	5.77 ^{fg}	31.66 ^{bcd}	121.66 ^a	143.33 ^a
Flip2011-17L	26.00 ^{cd}	9.00 ^{ab}	31.33 ^{bcd}	121.33 ^a	142.33 ^a
Flip2010-40L	24.00 ^{def}	6.66 ^{defg}	26.00 ^e	122.66 ^a	143.00 ^a
Flip 2010-50 L	28.00 ^{abcde}	7.00 ^{ef}	27.00 ^{de}	124.00 ^a	145.66 ^a
Flip 2010-70 L	36.66 ^{ab}	8.33 ^{abc}	27.00 ^{de}	123.00 ^a	143.00 ^a
Flip 2011-13 L	28.33 ^{abcd}	6.66 ^{defg}	36.66 ^a	123.33 ^a	143.33 ^a
Flip 2010-90 L	30.66 ^{abc}	8.00 ^{abcd}	37.66 ^a	123.33 ^a	145.00 ^a
Flip2011-13 i	32.00 ^a	8.00 ^{abcd}	26.33 ^e	122.33 ^a	144.33 ^a
Flip 2007-132 L	31.66 ^{ab}	5.33 ^g	31.33 ^{bcd}	122.66 ^a	145.33 ^a
Flip 2009-52 L	24.33 ^{de}	6.33 ^{efg}	35.33 ^{abc}	123.33 ^a	144.00 ^a
ILL754*ILL	26.66 ^{bcd}	8.00 ^{abcd}	35.66 ^{ab}	123.33 ^a	144.00 ^a
ILL6434*ILL	19.66 ^e	9.00 ^{ab}	34.00 ^{abc}	122.66 ^a	145.66 ^a
Kimia	23.66 ^{de}	6.66 ^{defg}	33.33 ^{bcd}	124.00 ^a	144.33 ^a
Gachsaran	24.66 ^d	6.66 ^{defg}	33.66 ^{abc}	124.66 ^a	143.63 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to least significant difference (LSD) test ($p \leq 0.05$)

ادامه جدول ۵.
Continue of Table 5.

ژنوتیپ Genotype	تعداد گل در بوته* Number of flowers per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم / هکتار) Grain yield (kg/ ha)
Precoz-4605	66.33 ^{bc}	8.66 ^{ab}	1.33 ^a	15.66 ^{abc}	4.53 ^{bcdef}	820.8 ^{bcd}
Flip-51L	67.33 ^{ab}	7.33 ^b	1.30 ^a	16.63 ^{ab}	4.50 ^{cdef}	1211.7 ^{abc}
Flip96-56L	70.66 ^a	7.33 ^b	1.20 ^a	14.66 ^{abcd}	4.76 ^{bcde}	655.8 ^{cd}
Flip 2010-8Li	60.00 ^{eh}	7.00 ^b	1.52 ^a	14.00 ^{bcd}	4.73 ^{bcde}	901.7 ^{abcd}
Flip2010-88L	58.33 ^{gh}	7.66 ^{ab}	1.46 ^a	12.33 ^d	5.26 ^{ab}	882.5 ^{bcd}
Flip2011-17L	63.33 ^{cde}	7.33 ^b	6.43 ^a	16.66 ^{ab}	3.80 ^f	1231.8 ^{ab}
Flip2010-40L	59.00 ^{fgh}	8.00 ^{ab}	1.46 ^a	17.33 ^a	4.26 ^{def}	900.0 ^{abcd}
Flip 2010-50 L	60.00 ^{efgh}	7.33 ^b	1.56 ^a	15.33 ^{abcd}	4.93 ^{abcd}	1245.8 ^{ab}
Flip 2010-70 L	48.66 ⁱ	7.33 ^b	1.56 ^a	15.66 ^{abc}	4.96 ^{abcd}	554.2 ^d
Flip 2011-13 L	51.00 ^j	7.33 ^b	1.76 ^a	16.66 ^{ab}	4.60 ^{bcde}	755.8 ^{bcd}
Flip 2010-90 L	50.33 ^j	7.33 ^b	1.56 ^a	15.66 ^{abc}	4.16 ^{ef}	1463.3 ^a
Flip2011-13 i	61.66 ^{efg}	9.00 ^{ab}	1.36 ^a	16.33 ^{ab}	5.03 ^{abc}	1044.2 ^{abcd}
Flip 2007-132 L	59.33 ^{fgh}	8.66 ^{ab}	6.53 ^a	15.00 ^{abc}	5.03 ^{abc}	1125 ^{abcd}
Flip 2009-52 L	62.66 ^{cdef}	7.66 ^{ab}	1.46 ^a	13.00 ^{bc}	4.83 ^{bcde}	720.00 ^{bcd}
ILL754*ILL	62.00 ^{defg}	8.00 ^{ab}	1.43 ^a	14.66 ^{abc}	4.53 ^{bef}	500.0 ^d
ILL6434*ILL	60.00 ^{efgh}	8.33 ^{ab}	1.80 ^a	17.66 ^a	5.66 ^a	830.8 ^{bcd}
Kimia	57.33 ^h	10.00 ^a	5.00 ^a	16.33 ^{ab}	5.02 ^{abc}	970.8 ^{abcd}
Gachsaran	65.66 ^{bcd}	9.33 ^{ab}	1.36 ^a	14.66 ^{ab}	4.52 ^{bcdef}	850.0 ^{bcd}

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

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to least significant difference (LSD) test ($p \leq 0.05$)

از ۹۹۵ نمونه عدس بانک ژن را مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه گرفتند که شش صفت مورد بررسی و از جمله تاریخ رسیدن، وزن ۱۰۰ دانه و ارتفاع بوته و عملکرد دانه بیشترین تنوع را در این کلکسیون نشان می‌دهند. در این مطالعه نیز تنوع زیادی برای برخی صفات از قبیل وزن ۱۰۰ دانه، تاریخ گلدهی، تعداد دانه در غلاف، تعداد برگ در بوته و ارتفاع بوته مشاهده گردید که از این امر می‌توان در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها ۹۳۰/۱۳ کیلوگرم در هکتار بود و حداقل میزان آن ۵۵۴/۲ گرم و تا حداکثر ۱۴۳۲ گرم متغیر و دامنه تغییرات آن برابر ۸۷۷/۸ گرم بود (جدول ۷). همچنین میانگین ارتفاع بوته با ۲۶/۹۴ سانتی‌متر بود که حداقل میزان آن با ۱۹/۶۶ سانتی‌متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۳ سانتی‌متر که دامنه تغییرات بین این دو گروه، ۱۳/۳۴ بود. میانگین تعداد گل در بوته ۶۰/۲۰ عدد بود که برای برخی ژنوتیپ‌ها بیشترین تعداد گل ۷۰/۶۶ عدد و برای برخی ژنوتیپ‌ها دارای ۴۸/۶۶ عدد بود که دامنه تغییرات برای این گروه‌ها ۲۲/۶۶ عدد بود. همچنین میانگین تعداد شاخه فرعی ۶۱/۲۲ عدد بود که بیشینه مقدار آن حدود ۷۲/۶۶ عدد و حداقل میزان عددی آن ۴۹/۶۶ عدد بود. دامنه تغییرات برای این دو گروه ۲۳/۶۶ عدد شاخه فرعی بود (جدول ۷).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه نشان داد که در بین کل ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ Flip 2010-90 L با وزن ۱۴۶۳/۳ کیلوگرم در هکتار و ژنوتیپ ILL754*ILL با عملکرد دانه ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بودند. همچنین نتایج مقایسه میانگین برای صفت وزن ۱۰۰ دانه نشان داد که ژنوتیپ ILL6434*ILL با وزن ۱۰۰ دانه ۵/۶۶ گرم و ژنوتیپ Flip2011-17L با میانگین وزن ۱۰۰ دانه ۳/۸۰ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۶).

ضریب تغییرات فنوتیپی از جمله شاخص‌هایی است که برای مقایسه نسبی میزان تنوع ژنتیکی بین صفات مختلف مناسب است. طبق نتایج حاصل در این بررسی (جدول ۷)، بیشترین میزان تنوع مربوط به عملکرد دانه (با ۷۸/۶۵ درصد، ضریب تغییرات فنوتیپی) بود که دور از انتظار نیست، زیرا با توجه به شرایط محیطی میزان تغییرات عملکرد در ژنوتیپ‌های تحت بررسی بسیار زیاد بود که با نتایج Naruie Rad et al, (2008) مطابقت دارد و بعد از آن صفت ارتفاع بوته با ۷۰/۲۵ درصد و وزن ۱۰۰ دانه با ۴۰/۰۹ درصد قرار داشتند. کمترین میزان تنوع ژنتیکی در بین صفات مورد مطالعه مربوط به تعداد گل در بوته (با ضریب تغییرات فنوتیپی ۱/۳۷ درصد) و تعداد شاخه فرعی (با ضریب تغییرات فنوتیپی ۱/۴۵ درصد) بود (جدول ۷). (Vojdani & Moallemi (1993) مجموعه‌ای

جدول ۶- آماره‌های توصیفی صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های عدس
Table 6. Statistics characterization measurements of lentil genotypes

صفات Variables	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	میانگین mean	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	انحراف معیار Standard deviation
تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	58.12	32.72	37.66	26.00	3.64
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	17.84	7.99	10.00	7.00	0.83
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	39.43	2.27	6.53	1.20	1.84
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	30.18	15.44	17.66	12.33	1.40
تعداد گل در بوته Number of flowers per plant	1.37	60.20	70.66	48.66	5.83
تعداد شاخه فرعی Number of branches	1.45	61.22	72.66	49.66	5.83
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	70.25	26.94	33.00	19.66	3.83
روز تا گلدهی Days to flowering	21.79	122.99	124.66	12.33	1.01
روز تا رسیدگی Days to maturity	24.11	143.95	145.66	121.33	1.12
وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	40.09	4.72	5.66	142.33	0.04
عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) Grain yield (kg/ha)	78.65	930.13	1432.00	554.20	248.85

دادند. (Assady et al, (2011) نتیجه گرفتند که عملکرد دانه با صفات، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارند. Iqbal et al, (2003) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه‌های فرعی گزارش کردند.

از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای رسیدن به اهداف تشریح و توجیه تنوع موجود در جمعیت، تعیین سهم هر صفت در تنوع و کاهش تعداد متغیرهای اصلی از طریق محاسبه مؤلفه‌های غیرهمبسته (مستقل) که ترکیبی از متغیرهای اصلی می‌باشند، استفاده می‌شود. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد اندازه‌گیری، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر مؤلفه و کل واریانس توجیه شده در جدول ۹ آمده است.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد مطالعه در جدول ۹ آمده است که از بین ۱۱ صفت ارزیابی شده، چهار مؤلفه استخراج شد که دارای مقادیر ویژه بیشتر از یک بودند و جمعاً حدود ۶۹/۹ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کردند. سهم مؤلفه اول ۲۴/۹ درصد بود که عمدتاً توجیه‌کننده صفات تعداد برگ در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، ارتفاع بوته، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه بود.

وجود همبستگی بین صفات، در کارهای اصلاحی به‌ویژه در امر گزینش بر اساس تعدادی از صفات بسیار اهمیت دارد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بین عملکرد دانه با وزن ۱۰۰ دانه رابطه مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که با نتایج Salehi et al, (2007) مطابقت دارد. بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. در حبوبات به‌خصوص عدس این همبستگی اغلب مثبت، ولی کم است؛ زیرا عدس در زمره گیاهان دارای رشد نامحدود است. از این رو با افزایش ارتفاع، غلاف‌های بیشتری تولید می‌شود که بر عملکرد تأثیر مثبت دارد (Bagheri et al., 1997). تعداد دانه در بوته با تعداد برگ، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد غلاف در بوته نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. همچنین بین تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در بوته نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. صفت تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد که این نتایج با یافته‌های Singh et al, (1994) مطابقت دارد. همبستگی بین تعداد شاخه فرعی با تعداد دانه در بوته نیز مثبت و معنی‌دار بود و محققانی چون Kumar et al, (1995) نیز رابطه مثبت و معنی‌داری میان این دو صفت را گزارش کردند. از بین صفات مورد مطالعه وزن ۱۰۰ دانه ($r=0/314$)، تعداد دانه در غلاف ($r=0/335$)، ارتفاع بوته ($r=0/281$) و تعداد دانه در بوته ($r=0/234$) بیشترین میزان همبستگی با عملکرد دانه را نشان

جدول ۷- همبستگی صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های عدس
Table 7. Correlation of measured traits of lentil genotypes

صفات Variables	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	1										
X2	0.194*	1									
X3	0.097 ^{ns}	0.319*	1								
X4	0.211*	0.086*	-0.210*	1							
X5	0.116*	0.185*	0.200*	0.155*	1						
X6	0.118 ^{ns}	0.113 ^{ns}	0.073 ^{ns}	0.132*	0.155*	1					
X7	0.126*	0.122*	-0.370*	0.061 ^{ns}	0.109 ^{ns}	0.120*	1				
X8	0.042 ^{ns}	0.204*	-0.042 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.114*	0.361*	0.036 ^{ns}	1			
X9	0.213*	0.416**	-0.181*	0.110*	-0.146*	0.052 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.119*	1		
X10	0.080 ^{ns}	0.297*	0.107 ^{ns}	0.162 ^{ns}	0.090 ^{ns}	0.093 ^{ns}	0.188*	-0.018 ^{ns}	0.556*	1	
X11	0.211*	0.086 ^{ns}	0.335*	0.234*	0.610**	0.062 ^{ns}	0.281*	0.017 ^{ns}	-0.089 ^{ns}	0.314*	1

X1: تعداد برگ در بوته، X2: تعداد غلاف در بوته، X3: تعداد دانه در غلاف، X4: تعداد دانه در بوته، X5: تعداد گل در بوته، X6: تعداد شاخه فرعی، X7: ارتفاع بوته، X8: روز تا گلدهی، X9: روز تا رسیدگی، X10: وزن ۱۰۰ دانه، X11: عملکرد دانه

* و **: به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

X1: number of leaves per plant, X2: number of pods per plant, X3: number of seeds per pod, X4: number of seeds per plant, X5: number of flowers per plant, X6: number of branches, X7: plant height, X8: days to flowering, X9: days to maturity, X10: 100- seed weight, X11: grain yield

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

Flip 2010-90 L و Flip 2011-13 L، به‌عنوان مطلوب‌ترین

ژنوتیپ‌ها در مؤلفه دوم معرفی شدند.

Asgar *et al*, (2010) در آزمایش خود بر روی گندم از

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده کردند و اظهار داشتند که بیشترین تغییرات مورد نظر بین داده‌ها با دو مؤلفه اول و دوم بیان می‌شوند و نتیجه گرفتند که صفاتی مانند تعداد دانه در سنبله، عملکرد کاه و وزن ۱۰۰ دانه، ۹۷ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند. در مطالعه ۱۵۵ ژنوتیپ نخود برای ۳۲ صفت مشخص شد که در بررسی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پنج مؤلفه اول ۸۲/۶۰ درصد کل تغییرات موجود را توجیه نموده است (Keneni *et al.*, 2013).

در این مطالعه نتایج تجزیه عاملی به روش مؤلفه‌های اصلی روی ۱۱ صفت مورفولوژیکی مورد بررسی انجام شد که با توجه به نتایج مقادیر ویژه، چهار عامل اصلی را تفکیک نمود (جدول ۱۰). چهار عامل برای توجیه اطلاعات داده‌های این تحقیق کافی است، زیرا از عامل چهارم به بعد تغییرات مقدار ویژه کاهش می‌یابد. در نتیجه می‌توان چهار عامل را به‌عنوان عوامل مهم که بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند، استخراج کرد. این چهار عامل به‌ترتیب ۲۲/۱، ۱۱/۸، ۱۰/۳، ۱۰/۱ درصد و در مجموع ۵۴/۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین نمودند.

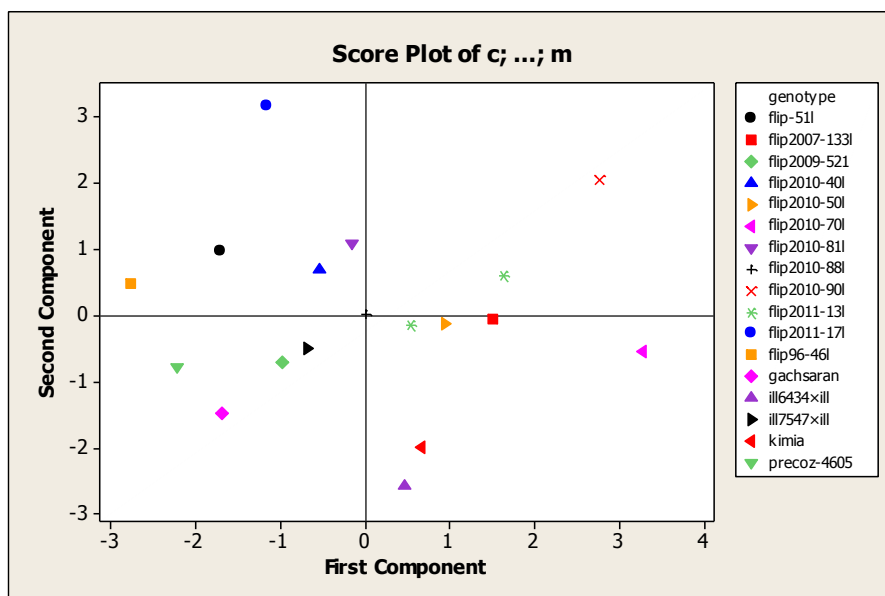
سهم مؤلفه دوم از کل واریانس ۱۷ درصد بود و بیشتر

توجیه‌کننده صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، تعداد گل در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه بود. همچنین سهم مؤلفه سوم ۱۶ درصد بود و دارای صفاتی با ضرایب مثبت همچون تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، تعداد گل، تعداد شاخه فرعی، روز تا رسیدگی و روز تا گلدهی بود. سهم مؤلفه چهارم نیز ۱۲ درصد و توجیه‌کننده صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، تعداد گل، تعداد شاخه فرعی، وزن ۱۰۰ دانه و ارتفاع بوته است. بنابراین، با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این چهار عامل، به ترتیب صفات ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی، وزن ۱۰۰ دانه در مؤلفه مثبت اول و تعداد دانه در غلاف در مؤلفه مثبت دوم، تعداد دانه در غلاف در مؤلفه سوم و تعداد غلاف در بوته در مؤلفه چهارم اهمیت زیادی در افزایش عملکرد ژنوتیپ‌های عدس مورد بررسی می‌تواند داشته باشد و در حقیقت از راه انتخاب این صفات می‌توان عملکرد دانه را بهبود بخشید.

بر اساس رابطه مؤلفه‌ها و صفات مورد بررسی، در نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اول و دوم (شکل ۱)، ناحیه بالا و سمت راست بای‌پلات (مقادیر مثبت هر دو مؤلفه) مورد نظر است و لاین‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند، به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی می‌شوند. بر اساس نتایج نمودار، ژنوتیپ‌های

جدول ۸- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های عدس
Table 8. Principal component analysis for 18 lentil genotypes on their characters

صفات Variables	مؤلفه ۱ Factor 1	مؤلفه ۲ Factor 2	مؤلفه ۳ Factor 3	مؤلفه ۴ Factor 4	مؤلفه ۵ Factor 5
تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	0.025	-0.016	-0.331	-0.557	-0.159
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	-0.029	-0.489	-0.430	1.001	0.036
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	0.094	0.104	0.500	0.163	0.347
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	0.104	0.014	0.455	0.309	0.322
تعداد گل در بوته Number of flowers per plant	-0.565	0.042	0.084	0.130	0.187
تعداد شاخه فرعی Number of branches	-0.575	-0.062	0.084	0.135	0.178
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	0.310	0.315	-0.056	0.136	0.505
روز تا گلدهی Days to flowering	0.029	-0.346	0.152	-0.586	0.475
روز تا رسیدگی Days to maturity	0.457	-0.316	0.027	0.136	0.201
وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g/m ²)	0.144	-0.545	-0.139	0.392	0.006
عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) Grain yield (kg/ha)	0.118	0.362	0.434	0.000	0.397
مقدار ویژه Eigenvalues	2.73	1.86	1.76	1.32	0.95
سهم واریانس Relative variance (%)	0.249	0.170	0.160	0.120	0.087
سهم تجمعی Cumulative variance (%)	0.249	0.419	0.579	0.699	0.786



شکل ۱- نمودار بای پلات ۱۸ ژنوتیپ عدس بر اساس تجزیه به مؤلفه اصلی ۱۱ صفت مورد مطالعه

Fig. 1. Byplot diagram of 18 lentil genotypes based on principal component analysis of 11 studied traits

Glycine max L.) عواملی را به عنوان عامل عملکرد که شامل صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و عملکرد دانه بود، گزارش نمودند.

همچنین Narjesi et al, (2008) نیز در بررسی ۱۷ صفت در ۳۰ ژنوتیپ سویا دو عامل فنولوژیکی و عملکرد را گزارش کردند که به ترتیب ۲۸/۲۱ و ۱۶/۵۸ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. آن‌ها همچنین نشان دادند که شاخص برداشت و عامل دوم که ۱۱/۸ درصد از تغییرات داده‌ها را دربرمی‌گیرد، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات عملکرد گیاه، ارتفاع گیاه و تعداد دانه در بوته می‌باشد که تعداد دانه در بوته را می‌توان عامل اجزای عملکرد نامید. عامل سوم نیز با ۱۰/۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها دارای ضرایب بزرگ و مثبت تعداد دانه در غلاف و ارتفاع گیاه است که می‌توان تعداد به عنوان عامل دانه در غلاف معرفی شود. همچنین عامل چهارم با ۱۰/۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها را شامل می‌شود و دارای ضرایب بزرگ و مثبت تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته است که به عنوان عامل تعداد دانه در غلاف نام‌گذاری می‌شود.

هرچه میزان واریانس عاملی بیشتر باشد، به اعتبار آن عامل در تفسیر تغییرات داده‌ها افزوده می‌شود. میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود و هر چه بیشتر باشد، نشان‌دهنده دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه می‌باشد (Henrico et al., 2004).

با مشاهده ضرایب عاملی جدول ۱۰ مشخص شد که عامل اول که بیشترین (۲۲/۱) درصد از تغییرات داده‌ها را دربرگرفت، دارای ضرایب بزرگ و منفی برای تعداد شاخه فرعی، تعداد گل در بوته و تعداد غلاف در بوته و دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و تعداد دانه در بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد غلاف در بوته می‌باشد که می‌توان آن را عامل اجزای عملکرد نامید. از طرفی دیگر تجلی بار مثبت روز تا رسیدگی نشان‌دهنده همبستگی منفی و معنی‌دار این صفت با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، و عملکرد می‌باشد.

(Yunesi hamze khanlu et al, 2010) نیز در بررسی تجزیه به عامل‌ها روی ۹ صفت در ۳۳ لاین جهش‌یافته سویا

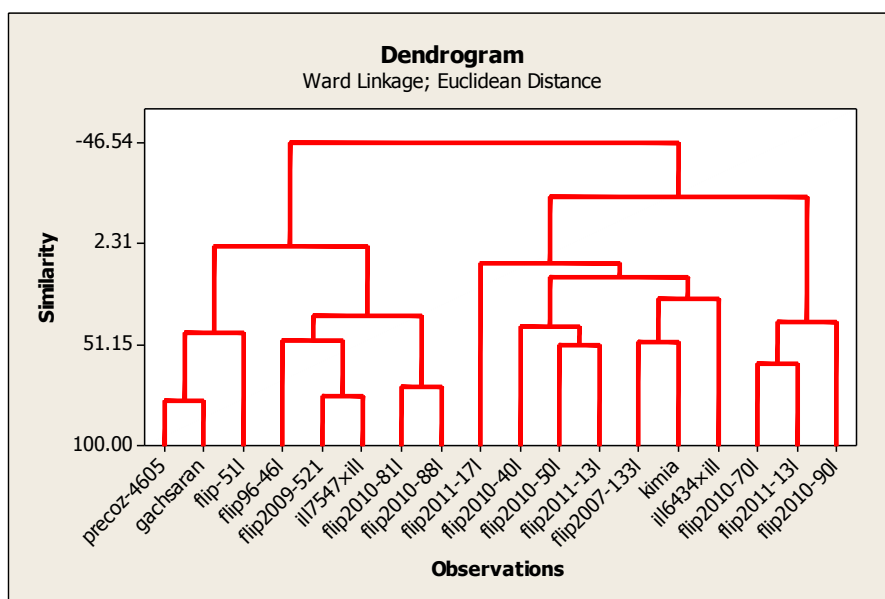
جدول ۹- تجزیه به عامل‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده در ۱۸ ژنوتیپ‌های عدس

Table 9. Factor analysis for 18 lentil genotypes on their characters

صفات Variables	مؤلفه ۱ Factor 1	مؤلفه ۲ Factor 2	مؤلفه ۳ Factor 3	مؤلفه ۴ Factor 4
تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	0.082	0.042	-0.119	-0.557
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	-0.078	-0.179	-0.265	0.216
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	0.047	0.054	0.119	0.955
تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	0.111	0.081	-0.071	0.085
تعداد گل در بوته Number of flowers per plant	-0.980	0.044	-0.022	-0.026
تعداد شاخه فرعی Number of branches	-0.890	0.054	-0.032	-0.062
ارتفاع بوته Plant height	0.240	0.056	0.064	0.008
روز تا گلدهی Days to flowering	-0.030	0.023	-0.951	-0.122
روز تا رسیدگی Days to maturity	0.453	-0.463	-0.122	0.039
وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	0.060	-0.950	-0.330	-0.061
عملکرد دانه Grain yield	0.025	0.145	-0.033	0.173
سهم واریانس Relative variance (%)	22.1	11.8	10.3	10.1

متجاوز استفاده کرد. بر اساس این گروه‌بندی (شکل ۲) ۱۸ ژنوتیپ مورد مطالعه در پنج گروه قرار می‌گیرند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های Precoz-4605، Flip-51 L و گچساران؛ گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های Flip 96-46 L، Flip 2009-52، Flip 2010-88L و Flip 2010-81L، ILL754*ILL L، گروه سوم شامل ژنوتیپ Flip 2011-17L، گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های Flip 2011-13L، Flip 2010-50L، Flip 2007-133L، کیمیا، ILL6434*ILL و Flip 2010-40L و گروه پنجم شامل ژنوتیپ‌های Flip 2010-70 L، Flip 2011-13L و Flip 2010-90 L می‌باشند (شکل ۲).
 Vojdani & Moallemi (1993) با ارزیابی ۹۹۵ نمونه عدس بومی از کلکسیون بانک ژن نتیجه‌گیری کردند که طبقه‌بندی اقلیمی رابطه بیشتری با تنوع ژنتیکی نمونه‌ها دارد.

Kohkan et al, (2010) در بررسی روی ۱۲ صفت از ۱۴۱ لاین سویا، عامل اول خود را با بیشترین سهم با ۲۹/۱۸ درصد توجیه تغییرات داده‌ها که شامل صفات عملکرد، تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته بود، به نام عامل فنولوژیکی نام‌گذاری نمودند.
 یکی از روش‌های مهم برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مختلف استفاده از تجزیه خوشه‌ای است. در تجزیه خوشه‌ای پنج گروه کاملاً مجزا، با خصوصیات درون گروهی مشابه و بین گروهی غیرمشابه شناسایی شد. از آنجا که ژنوتیپ‌های موجود در هر یک از گروه‌ها دارای قرابت ژنتیکی بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های موجود در گروه‌های متفاوت‌اند، در صورت نیاز به دورگ‌گیری می‌توان با توجه به ژنوتیپ‌های گروه‌های مختلف و ارزش میانگین صفات برای هر گروه، برای بهره‌وری بیشتر از پدیده‌هایی همچون هتروزیس و تفکیک



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای ۱۸ ژنوتیپ عدس
 Fig. 2. Dendrogram obtained from cluster analysis of 18 lentil genotypes

ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف گیاه عدس به بهره‌برداری بهتر از این منابع ژنتیکی می‌انجامد. هدف اصلی مطالعات گسترده اصلاحی بر گیاهان، شناسایی صفات مرغوب و انتقال یا تقویت آن‌ها در گیاهان است. در این تحقیق تنوع بالایی بین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد. از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ Flip 2010-90 L با عملکرد ۱۴۳۲/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشت و نسبت به ارقام شاهد برتر بود. بنابراین در توسعه کشت عدس و اصلاح

نتیجه‌گیری

در دو دهه اخیر مطالعات وسیعی در زمینه بیوتکنولوژی و ژنتیک در کشورهای پیشرفته و در چند سال اخیر در ایران انجام گرفته، اما در رابطه با گیاه عدس تحقیقات وسیع و جامعی صورت نگرفته است. در کشور ما با وجود منابع غنی ژنتیکی به دلیل عدم شناخت کافی ذخایر ژنتیکی و ژن‌های مطلوب، برنامه‌های اصلاحی درخور توجهی روی گیاه عدس صورت نگرفته است. به این منظور اطلاعات دقیق از تنوع

لاینها می‌توان از این صفات استفاده کرد. بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، در نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌های Flip 2010-90 L و Flip 2011-13 L به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند و دو مؤلفه اول دارای ضرایب مثبت با صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و تعداد دانه در غلاف هستند که می‌توانند به‌عنوان صفات مطلوب در عدس در نظر گرفته شوند؛ هر چند جهت تأیید نتایج این آزمایش تکرار آن در سال‌های مختلف ضروری است.

عملکرد می‌توان به این ژنوتیپ توجه ویژه داشت. همچنین نتایج نشان داد تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع بوته از صفاتی بودند که رابطه مثبتی با عملکرد دانه داشتند، به‌طوری‌که باید مدنظر اصلاح‌گران نبات قرار گیرند. با توجه به آن‌که عامل اول، بیشترین میزان تغییرات را توجیه می‌کند، از صفاتی که در این عامل بزرگ‌ترین ضرایب عاملی را دارند، می‌توان به ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی و تعداد دانه در غلاف اشاره کرد و برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و

منابع

1. Aghaei, M., Shahab, J., Zeynali, M., and Talei, H.A. 2004. Genetic diversity of population of lentil and its relation to geographical distribution. Journal of Agronomy Science 6(4): 402-414. (In Persian).
2. Anjam, M.S., Ali, A., Iqbal, S.M., and Haqqani, A.M. 2005. Evaluation and correlation of economically important traits in exotic germplasms of lentil. International Journal of Agriculture and Biology 7(6): 959-961.
3. Asgar, M., Yazdan-Sepas, A., and Amini, A. 2010. Evaluation of genotypes of winter wheat under drought stress and normal irrigation after the flowering stage. Seed and Plant Improvement Journal 3: 313-329. (In Persian).
4. Assady, B., Dorri, H.R., and Ghadiri, A. 2011. Evaluation of chitti bean genotypes to drought stress using stress tolerance indices. Seed and Plant Journal 27(4): 615-630. (In Persian).
5. Bagheri, A., Goldani, M., and Hasanazade, M. 1997. Lentil Plantation and Improvement. Jahad-Daneshgahi, Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian).
6. Behera, T.K., Singh, A.K., and Staub, E.G. 2008. Comparative analysis of genetic diversity in Indian bitter melon (*Momordica charantia* L.) using RAPD and ISSR markers for developing crop improvement strategies. Scientia Horticultura 115: 209-217.
7. Henrico, S.B., Claudio, G.P., Pinto, R., and Destro, D. 2004. Path analysis under multicollinearity in soybean. Brazilian Archives of Biology and Technology 47: 669-676.
8. Iqbal, S., Mahmood, T., Anwar, A.M., and Sarwar, M., 2003. Path coefficient analysis in different genotypes of soybean. Pakistan Journal of Biological Science 6(12): 1085-1087.
9. Keneni, G., Bekele, E., Assefa, F., Imtiaz, M., Debele, T., Dagne, K., and Getu, E. 2013. Phenotypic diversity for symbio-agronomic characters in Ethiopian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm accession. African Journal of Biotechnology 63: 12634-12651.
10. Kohkan, H., Mohammadi, A., Alishah, O., and Hezarjaribi, E. 2010. Study on genetic and phenotype diversity and factor analysis for morphological and phonological traits in pure lines Soybean, Tehran. (In Persian).
11. Kumar, A., Singh, D.P., and Singh, B.B. 1995. Association analysis in lentil. Journal Pulse Research 8(1): 20-29.
12. Kumar, S., Rajendran, K., Kumar, J., Aladdin, H., and Michael, B. 2015. Current knowledge in lentil genomics and its application for crop improvement. Frontiers in Plant Science 6: 1-13.
13. Mishra, S.K., Sharma, B., and Sharma, S.K. 2007. Genetics and cytogenetic of Lentil. In: S.S. Yadav, S.K. Mishra, B. Sharma and S.K. Sharma (Eds.). Lentil: An Ancient Crop for Modern Times, p. 187-208.
14. Narjesi, V., Zeinali Khangah, H., and Zali, A.A. 2008. Evaluation of genetic diversity for agronomic, morphological and phenological traits in Soybean. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 41: 227-235. (In Persian).
15. Narouie Rad, M.R., Aghaie, M.J., Fanaie, H.R., and Ghasemie, M. 2008. The study of genetic variation of some morphological and phonologic characters in lentil germplasms of warm and dry regions. Pajouhesh-va-Sazandegi 21(1): 173-179. (In Persian).
16. Pezeshkpour, P., and Afkar, S. 2019. Assessment of variability of lentil genotypes for agronomic traits using multivariate analyses. Journal of Crop Breeding 11(3): 142-151. (In Persian).
17. Salehi, M., Hagh Nazari, A., Shekari, F., and Balsyny, H. 2007. Investigation the relationships between different traits in lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 41: 214-205. (In Persian).

18. Saman, S.M., Mozafari, J., Vaezi, Sh., Abbasi Moghaddam, A., and Mostafaie, H. 2012. Genetic diversity of pod and seed characteristics in lentil germplasm of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences 14(2): 171-182. (In Persian).
19. Singh, B., Ambawatia, B., Maharaj, G.A., and Singh, M. 1994. Stress studies in lentil (*Lens esculanta* Moench). IV. Effect of removal of water stress on recovery of germination percentage in lentil. Legume Research 17(1): 8-12.
20. Sultana, T., Ghafoor, A., and Ashraf, M. 2005. Genetic divergence in lentil genotypes for botanical descriptors in relation with geographic origin. Pakistan Journal of Botany 37(1): 61-69.
21. Talebi, R., Naji, A.M., and Fayaz, F. 2008. Geographical patterns of genetic diversity in cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.) characterized by Amplified Fragment Length Polymorphism. Plant Soil Environment 54: 447-452.
22. Tyagi, S.D., and Hafiz Khan, M. 2011. Correlation, path-coefficient and genetic diversity in lentil (*Lens culinaris* Medik) under rainfed conditions. International Research Journal of Plant Science 2(7): 191-200.
23. Vojdani, P., and Moallemi, M. 1993. Variation and correlation of some traits with some lentils and climatic regions. Plant Seed Journal 9(1): 9-1. (In Persian).
24. Yunesi Hamze Khanlu, A., Izadi, A., Piruli, D.N., Halajian, B.M.T., and Majdabadi, A. 2010. Study of relationship between some agro-morphological traits with yield in M7 generation of soybean mutant lines irradiated by gamma ray. Journal of Crop Breeding 2(5): 30-46. (In Persian).
25. Zahedi, F., Nabati, D., Mohammadi, M., and Karimzadeh, R.A. 2016. Path analysis to study morpho-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain-fed condition. Journal of Plant Production 39(2): 71-80. (In Persian).



Genetic diversity of yield and yield components in few lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes using multivariate statistical methods

Azizizadeh¹, Zeinab; Tahmasebi^{2*}, Zahra; and Mirzaei³, Amir

1. MSc., Plant Breeding, Employee of Agricultural, Jihad organization, Ilam Agricultural, Jihad Organization, Karzan Center, Sirvan city; z.azizizada@gmail.com
2. Associate Professor, Plant Breeding (Biometrical Genetics), Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University; z.tahmasebi@ilam.ac.ir
3. Assistant Professor, Agronomy (Ecology), Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam; amir.mirzaei53@gmail.com

Received: 9 July 2021; Revised: 20 September 2021

Accepted: 20 December 2021; Available Online: 22 June 2022

How to cite this article:

Azizizadeh, Z., Tahmasebi, Z., and Mirzaei, A. 2022. Genetic diversity of yield and yield components in few lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes using multivariate statistical methods. Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 73-86. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.2103-1003

Introduction

Due to the increasing need for agricultural products and the limited water and soil resources for growing crops, it is necessary to study genetic resources, and on the other hand, genetic materials are resources that are considered valuable for plant breeding specialists who try to collect and maintain and evaluate these materials. Iran is one of the main centers of genetic diversity in the world. Identifying the morphological traits is the first step in classifying and describing the pattern of each plant, and several scientists have attempted to classify and measure the phenomenological diversity of specimen collections of various legumes, including lentils. Since Iran is one of the centers of lentil diversity in the world, it is predicted that a great diversity will be found among the native populations of this plant.

Materials and Methods

In order to evaluate the efficiency of multivariate statistical methods in identifying the most important traits affecting grain yield and genetic pattern in lentil genotypes in Ilam province, an experiment as randomized complete block design with three replications using 18 lentil genotypes (two local cultivars) in Sarablah Agricultural Research Station per year was implemented in 2018-2019. Selected traits included the number of leaves of a plant, the number of seeds in a pod, the number of seeds of a plant, the number of flowers on a plant, the number of lateral shoot, flowering and maturity dates, the estimated weight of 100 seeds and final grain yield.

Results and Discussion

Based on the variance analysis, all traits showed meaningful differences until the experiment day except the number of seeds in a pod and the number of pods of a plant. The genotype named 11 (Flip 2010-90L) and genotype named 15 (ILL 754* ILL) showed the highest and the lowest grain yield, respectively which were 1432.3 and 500 g.m⁻². The estimated weight of 100 seeds ($r=0.314$) and the number of pods showed the highest positive correlation with grain yield. The basic derivatives of the analysis showed the amount of more than one. The validation amount of total variance was 69.9%. Furthermore, the first and second agents showed the most amount of total variance, which was 3.39%. The six positive traits were the amount of seeds in a pod, the amount of seeds in an herb, the length of the plant, the estimated weight of hundred seeds and the functionality of the plant. In addition, the second positive agents included the number of seeds in a

* Corresponding Author: z.tahmasebi@ilam.ac.ir

pod, the number of leaves in an herb, the length of the plant and the number of lateral shoots. This study was employed in order to determination of the excellent genotypes regarding the studied traits. Another aim of this research was the enhancement of the availability to the lentil sources. In this study, a wide variety of seed traits such as 100-seed weight and phenological traits such as flowering date, number of seeds per pod, number of leaves per plant and plant height which can be used in breeding programs were recorded. According to statistical analysis, it was found that the studied genotypes have good diversity in terms of grain yield. Number of seeds per plant, 100-seed weight, plant height are some of the traits that showed a positive relationship with seed yield. Since the first factor justifies the most changes, the traits that have the largest factor coefficients in this factor can be plant height, day to maturity and number of seeds per pod and can be selected to select the best genotypes and lines of these traits used. According to the results of the analysis of the main components, the first two components have the traits of day to maturity, plant height and number of seeds per pod, which can be considered as desirable traits in lentils; which is necessary to confirm the results of the repeat test.

Conclusion

The statistical analysis indicated the agreeable variance based on the seed functionality among the selected genotypes.

Keywords: Cluster analysis; Correlation; Genotype; Morphological traits



ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز (*Thrips tabaci* L. (Thysanoptera: Thripidae) روی

شش رقم لوبیاقرمز در شرایط مزرعه

صدیقه اشتری*

بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران؛ aroya95@gmail.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۲، انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

اشتری، ص. ۱۴۰۱. ارزیابی میزان خسارت تریپس پیاز (*Thrips tabaci* L. (Thysanoptera: Thripidae) روی شش رقم لوبیاقرمز در شرایط مزرعه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳ (۱): ۸۷-۹۸.

چکیده

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* یکی از مهم‌ترین حبوبات می‌باشد که در اغلب کشورهای جهان کشت می‌شود. این محصول توسط آفات مختلف از جمله تریپس پیاز مورد حمله قرار می‌گیرد. این تحقیق در طی دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در شرایط مزرعه با کاشت ارقام درخشان، یاقوت، دادفر، افق، گلی و اختر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو آزمایش همراه با سم‌پاشی و بدون سم‌پاشی در مزرعه‌ای واقع در منطقه قاسم‌آباد اراک انجام شد. آماربرداری برای بررسی تغییرات جمعیت آفت (به تفکیک پوره و بالغ) از زمان شروع آلودگی تا پایان آن به صورت هفتگی صورت گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS آنالیز و میانگین‌ها از طریق آزمون توکی به صورت تجزیه مرکب مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج دوساله حاصل از این تحقیق نشان داد که ارقام یاقوت و دادفر به ترتیب با ۲۷۷۵/۳ و ۲۷۳۵/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند. از طرفی رقم گلی در مقایسه با بقیه ارقام علائم آلودگی پایین‌تر و درصد کاهش عملکرد کمتری داشت، ولی عملکرد آن (۲۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) از سایر ارقام به غیر از اختر کمتر بود. بیشترین جمعیت تریپس در مراحل مختلف پوره و بالغ در دو رقم اختر (۷/۰۱ و ۲/۱۵ عدد) و درخشان (۵/۹۳ و ۱/۶۵ عدد) مشاهده شد. از این رو، رقم یاقوت به دلیل عملکرد بالاتر و خسارت کمتر تریپس و در درجه بعدی رقم گلی جهت کشت در منطقه اولویت دارد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خسارت؛ تحمل؛ تریپس پیاز؛ تغییرات جمعیت؛ لوبیاقرمز

مقدمه

حبوبات از منابع غذایی سرشار از پروتئین می‌باشند و ترکیب مناسبی از پروتئین حبوبات با غلات می‌تواند سوءتغذیه و کمبود اسیدهای آمینه را برای انسان برطرف سازد. از طرف دیگر با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن در این گیاهان قراردادن آن‌ها در تناوب به پایداری سیستم‌های زراعی کمک می‌کند (Bagheri et al., 2001). لوبیا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که به مصرف تغذیه مردم جهان می‌رسد و به علت دارا بودن ارزش غذایی زیاد و قابلیت نگهداری به نسبت راحت از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Bagheri et al., 2001). سطح زیرکشت لوبیا در ایران طبق آمار منتشره از طرف وزارت جهاد کشاورزی ۱۰۸۶۸۷ هکتار با متوسط عملکرد

۳۱۷۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. استان مرکزی با سطح زیرکشت ۱۱۵۲ هکتار و عملکرد ۲۴۲۸ کیلوگرم در هکتار یکی از مناطق عمده لوبیاکاری کشور محسوب می‌شود (Ahmadi et al., 2018). یکی از آفاتی که باعث کاهش عملکرد لوبیا می‌شود، تریپس پیاز (*Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) است. این حشره از مراحل اولیه رشد تا برداشت محصول لوبیا از برگ تغذیه می‌کند، اما حساس‌ترین زمان نسبت به خسارت این آفت مرحله ۳-۲ برگی لوبیا است (Khanjani, 2004). مراحل مختلف پورگی و حشرات بالغ این آفت با استقرار در پشت برگ‌های لوبیا سلول‌های پارانشیم برگ را پاره کرده و از محتویات آن‌ها تغذیه نموده و در نتیجه سبب ایجاد لکه‌های نقره‌ای رنگ می‌شود که فضولات سیاه‌رنگ آفت در داخل قسمت‌های نقره‌ای شده نمایان است و به راحتی می‌توان از روی علائم خسارت به وجود آفت پی برد (Shoeibi et

* نویسنده مسئول: aroya95@gmail.com

al., 2016). از دلایل عمده خسارت اقتصادی این آفت، توان تولیدمثلی بالا، تعداد نسل بالا، تحرک و ماده‌زایی، انتقال بعضی از بیماری‌های گیاهی و افزایش سریع مقاومت به آفت‌کش‌ها می‌باشد (Van Rijin et al., 1995). این آفت شناخته‌شده ترین تریپس در جهان است روی بیش از ۳۰۰ گونه گیاهی فعالیت می‌کند و خسارت‌های قابل‌ملاحظه‌ای به پیاز، پنبه، کاهو، گوجه‌فرنگی وارد می‌کند. این تریپس همچنین ناقل برخی از بیماری‌های ویروسی است (Hazir & Rifat, 2011). محققان با بررسی مناطق لوبیاکاری استان مرکزی، *Thrips tabaci* Lindeman را با فراوانی ۶۵/۷۵ درصد، به عنوان گونه غالب تریپس معرفی کردند (Shoeibi et al., 2016). در تحقیقی که با هدف شناسایی گونه غالب تریپس روی لوبیا و خسارت آن در شهرستان لردگان انجام شد، محققان نتیجه گرفتند که در این منطقه تریپس پیاز خسارت‌زا نبوده و سمپاشی برای آن توصیه نمی‌شود. همچنین بین تیمارهای سمپاشی و بدون سمپاشی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Saeidi & Rezvani, 2002). تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که تراکم و خسارت این آفت روی ارقام مختلف گیاهی متفاوت بوده و برخی ارقام خسارت کمتری متحمل می‌شوند (Yadav et al., 2018). در پروژه‌ای که به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات لوبیای خمین به منظور معرفی ارقام متحمل لوبیاچیتی به تریپس پیاز انجام شد، ارقام کوشا و غفار به دلیل تحمل بیشتر و همچنین عملکرد بالاتر نسبت به سایر ارقام، در اولویت کشت در منطقه قرار گرفتند (Ashtari, 1400). با بررسی مقاومت چند ژنوتیپ لوبیاقرمز و رقم گلی به تریپس پیاز که در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات لرستان اجرا شد، برخی از ژنوتیپ‌ها و همچنین رقم گلی به آفت مذکور مقاوم تشخیص داده شدند (Roozbahani et al., 2016). در مطالعه‌ای که به مدت دو سال در استرالیا به منظور بررسی میزان خسارت چند گونه تریپس از جمله تریپس پیاز روی لوبیا سبز انجام شد، چنین نتیجه گرفته شد که در سال اول ۱۰/۷۴ درصد غلاف‌ها و در سال دوم ۳۶/۶۵ درصد غلاف‌ها غیرقابل‌ارائه به بازار بودند (Duff et al., 2015). محققان اظهار داشتند که عوامل فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی زیادی از جمله مرحله رشدی گیاه، رنگ برگ، نحوه آرایش برگ‌ها، وجود کرک و پوشش مومی و وجود مواد مغذی روی میزان جلب‌شدن جمعیت و در نهایت میزان خسارت تریپس پیاز تأثیر دارند (Roozbahani et al., 2016). از آنجا که استفاده از سموم حشره‌کش مشکلاتی از قبیل بروز مقاومت حشرات به حشره‌کش‌ها، افزایش جمعیت آفات ثانویه، احیای آفات، مسمومیت‌های مزمن برای انسان و اثرات سوء زیست‌محیطی را

به دنبال دارد، بنابراین استفاده از ارقام مقاوم و متحمل به عنوان یکی از روش‌های منطقی و کم‌خطر مدیریت کنترل آفات می‌باشد، به‌طوری‌که با حداقل هزینه برای کشاورز خسارت آفت را کاهش داده و خطرات زیست‌محیطی و اثرات نامطلوب سموم آفت‌کش روی دشمنان طبیعی را کاهش می‌دهد (Shiberu & mahammed, 2014) لذا با توجه به خسارت این آفت و سطح زیرکشت لوبیا در ایران و همچنین لزوم کاهش مصرف سموم شیمیایی در محصولات کشاورزی، در این مطالعه به بررسی می‌زان خسارت تریپس پیاز *Thrips tabaci* روی شش رقم لوبیاقرمز پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ارقام درخشان، یاقوت، دادفر، افق، گلی و اختر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو آزمایش با تیمار انجام سمپاشی و تیمار بدون انجام سمپاشی در مزرعه‌ای واقع در قاسم‌آباد اراک به مدت دو سال کشت و از نظر خسارت تریپس در طول فصل زراعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر رقم در ۵ خط سه‌متری کاشته شد. کشت به‌صورت جوی و پشته انجام شد فاصله پشته‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی پشته ۱۰ سانتی‌متر بود. جهت آلودگی مزرعه به تریپس در هر کرت ۵۰۰ عدد تریپس، که در شرایط گلخانه (دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) روی گیاه لوبیا پرورش داده شده بودند، در مرحله دوبرگی گیاهان در مزرعه رهاسازی گردید. در مرحله چهاربرگی در تیمار سمپاشی جهت کنترل تریپس، سمپاشی هر هفته و پس از اطمینان از ظهور آفت با فرمولاسیون تجاری اکسی دی متون متیل (متاسیستوکس) EC25% به نسبت یک لیتر در هکتار و به وسیله سمپاش پستی موتوری لانس‌دار انجام شد. سایر مراحل کاشت و داشت بر اساس عرف منطق صورت گرفت. کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک به زمین داده شد. جهت مهار علف‌های هرز دو هفته قبل از کاشت از فرمولاسیون تجاری علف‌کش تریفلورالین (ترفلان) EC48% استفاده گردید و در صورت نیاز در طول فصل رشد نیز وجین دستی صورت گرفت. آبیاری گیاه لوبیا از زمان کاشت تا رسیدگی محصول، هر چهار روز یک‌بار انجام شد. فاکتورهای مورد ارزیابی به شرح زیر بود:

ارزیابی علائم آلودگی روی هر رقم

نمونه‌برداری از زمان شروع آلودگی (مرحله چهاربرگی) به‌صورت هفتگی و تا پایان حضور آفت ادامه یافت. برای نمونه برداری پنج عدد بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و بر

اساس میزان علایم آلودگی وارده سطح آلوده برگ نمره‌دهی شد. علایم آلودگی از صفر (عدم وجود خسارت) تا ۶ (وجود نقاط کلروز) به شرح زیر است (Saeidi, 2011 ; Fail & Penzes, 2001):

۰- بدون آلودگی، ۱- نقاط کلروزه کمتر از ۱۰ درصد سطح برگ‌ها، ۲- نقاط کلروزه بین ۱۰-۲۵ درصد سطح برگ‌ها، ۳- نقاط کلروزه بین ۲۶-۴۰ درصد سطح برگ‌ها، ۴- نقاط کلروزه بین ۴۱-۶۰ درصد سطح برگ‌ها، ۵- نقاط کلروزه بین ۶۱-۸۰ درصد سطح برگ‌ها، ۶- نقاط کلروزه بین ۸۱-۱۰۰ درصد سطح برگ‌ها.

بررسی تغییرات جمعیت آفت

آماربرداری برای بررسی تغییرات جمعیت آفت (به تفکیک پوره و بالغ) از زمان شروع آلودگی تا پایان آلودگی در ارقام مورد مطالعه به صورت هفتگی و به طور منظم صورت گرفت. برای نمونه برداری به طور تصادفی از هر کرت ۱۰ بوته (از دو خط حاشیه هر یک دو بوته و از دو خط داخلی هر یک سه بوته) انتخاب و از هر بوته دو برگ (یکی از نیمه پایین و یکی از نیمه بالای بوته) در نظر گرفته شد و به طور جداگانه داخل کیسه پلاستیکی قرار داده شد. این کیسه‌ها با ذکر مشخصات به آزمایشگاه منتقل شدند و به مدت یک ساعت در یخچال نگهداری شده و سپس تعداد تریپس (به تفکیک پوره و بالغ) شمارش شد.

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه

برای بررسی عملکرد دانه در هر بوته و اجزای عملکرد دانه (شامل تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و وزن ۱۰۰ دانه)، ارقام مورد مطالعه تحت شرایط آلودگی به آفت بررسی و با شاهد مقایسه شد.

محاسبات آماری

تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون توکی به صورت تجزیه مرکب سال در سطح یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسات میانگین تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا در دو سال در شرایط سم‌پاشی

جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین دو سال آزمایش در شرایط سم‌پاشی در تیمارهای تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و عملکرد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در تیمارهای ارتفاع، وزن ۱۰۰ دانه و علایم آلودگی (نمره‌دهی)

اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شد. اثرات متقابل سال در تکرار نیز به استثنای تیمارهای ارتفاع، عملکرد و مقیاس خسارت در مابقی تیمارها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بین همه تیمارها هم در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل سال در تیمار در همه تیمارها معنی‌دار نبود.

بیشترین میزان ارتفاع در رقم یاقوت و کمترین ارتفاع در رقم اختر مشاهده شد. بین رقم افق و اختر و درخشان اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P=0.0001$; $F(5,30)=245.10$).

بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم یاقوت غفار و کمترین تعداد غلاف در رقم اختر مشاهده شد. از نظر تعداد غلاف در بوته بین ارقام درخشان، گلی و اختر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P=0.0001$; $F(5,30)=48.77$).

بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف به ترتیب در ارقام یاقوت و اختر مشاهده شد. از نظر تعداد دانه در غلاف بین ارقام گلی و اختر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین تعداد دانه در غلاف ارقام یاقوت، دادفر و افق نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P=0.0001$; $F(5,30)=19.55$).

بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در ارقام درخشان و افق و کمترین وزن ۱۰۰ دانه در رقم گلی مشاهده شد. وزن ۱۰۰ دانه در ارقام گلی، دادفر و یاقوت اختلاف معنی‌داری نداشت ($P=0.0001$; $F(5,30)=107.36$).

رقم یاقوت دارای بیشترین عملکرد و اختر کمترین عملکرد را در بین ارقام دارا بودند ($P=0.0001$; $F(5,30)=16.58$). بیشترین علایم آلودگی در رقم اختر و کمترین علایم آلودگی در رقم گلی مشاهده شد ($P=0.0001$; $F(5,30)=23.66$) (جدول ۱ و ۲).

مقایسات میانگین تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد

ارقام لوبیا در دو سال در شرایط بدون سم‌پاشی

جدول تجزیه واریانس در شرایط بدون سم‌پاشی نیز نشان داد که بین دو سال آزمایش در شرایط بدون سم‌پاشی بین تیمارها به استثنای (وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد در سطح ۱ درصد) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

اثرات متقابل سال در تکرار نیز در همه تیمارها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و فقط در تیمارهای دانه در غلاف و علایم آلودگی معنی‌دار نبود. بین همه تیمارها هم در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل سال در تیمار به استثنای تیمار وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد در سطح ۱ درصد در بقیه تیمارها معنی‌دار نشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دو سال اجرای پروژه در آزمایش سم‌پاشی

Table 1. Results of compound analysis yield and its components of two years of project implementation in tests of spraying

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد غلاف در بوته Pod plant	تعداد دانه در غلاف Seed pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 Seed weight	عملکرد Yield	مقیاس (نمره دهی) Score
سال Year	1	40.33**	4.68 ^{ns}	0.2 ^{ns}	52.08**	11132.52 ^{ns}	0.37**
سال×تکرار Year*Replication	6	8.09 ^{ns}	19.41**	3.36**	20.86**	71143.8 ^{ns}	0.03 ^{ns}
تیمار Treatment	5	3645.98**	250.82**	0.73**	446.75**	2285992.02**	1.76**
سال×تیمار Year*Treatment	5	0.63 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.06 ^{ns}	2.48 ^{ns}	22228.22 ^{ns}	0.006 ^{ns}
خطا Error	30	4.39	1.65	0.07	1.33	42503.17	0.02
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	3.78	8.67	7.78	3.08	8.86	5.92

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

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

جدول ۲- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دو سال اجرای پروژه در آزمایش سم‌پاشی

Table 2. Results of mean comparison of compound analysis yield and its components of two years of project implementation in tests of spraying

ارقام Cultivar	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod plant	تعداد دانه در غلاف Seed pod	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/h)	مقیاس Score
اختر Akhtar	34.75e	9d	3.02c	39.5b	1377c	3.34a
یاقوت Yaghut	81.82a	22.25a	3.8a	31.5c	2775.3a	2.25d
درخشان Derakhshan	39d	10.75d	3.5ab	46a	2302.8b	2.87b
دادفر Dadfar	76.12b	19.5b	3.77a	31c	2735.3a	2.57c
گلی Goli	65.12c	10.12d	3.24bc	30.25c	2110b	2.01e
افق Ofogh	36.12de	17.5c	3.55ab	46a	2660.1a	2.47c

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند، اختلاف معنی‌دار دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. Means in a columns followed by different letters are significantly different.

دادفر اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P=0.0001$; $F(5,30)=187.93$). عملکرد رقم یاقوت از همه ارقام بیشتر بود. رقم اختر کمترین عملکرد را داشت. بین ارقام یاقوت با دادفر و افق و درخشان با گلی اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد مشاهده نشد. بیشترین درصد کاهش عملکرد به میزان ۱۲/۷۵ درصد در رقم اختر و کمترین درصد کاهش عملکرد به میزان ۳/۹۵ درصد در رقم گلی مشاهده گردید ($P=0.0001$; $F(5,30)=61.83$). بیشترین علایم آلودگی در رقم اختر و کمترین آن در رقم گلی مشاهده شد ($P=0.0001$; $F(5,30)=25.70$) (جدول ۳ و ۴).

ارقام یاقوت و اختر به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ارتفاع را داشتند. بین ارقام درخشان و افق به لحاظ میزان ارتفاع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P=0.0001$; $F(5,30)=399.70$). ارقام یاقوت و اختر به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته را داشتند. تعداد غلاف در بوته ارقام دادفر با افق و گلی با درخشان اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P=0.0001$; $F(5,30)=56.71$). بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف در ارقام یاقوت و اختر مشاهده شد ($P=0.03$; $F(5,30)=2.17$). ارقام افق و گلی به ترتیب بیشترین و کمترین وزن ۱۰۰ دانه را داشتند. تیمارهای یاقوت و

جدول ۳- نتایج تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دو سال اجرای پروژه در آزمایش بدون سم‌پاشی

Table 3. Results of compound analysis yield and its components of two years of project implementation in tests of without spraying

میانگین مربعات MS							
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 Seed weight	عملکرد Yield	مقیاس (نمره دهی) Score
سال Year	1	1.68 ^{ns}	1.69 ^{ns}	0.27 ^{ns}	56.33**	149968.52**	0.10 ^{ns}
سال×تکرار Year*Replication	6	17.29**	12.88**	0.38 ^{ns}	23.27**	125804.33**	0.04 ^{ns}
تیمار Treatment	5	3984.27**	295.44**	1.88**	334.33**	2269280.52**	2.52**
سال×تیمار Year*Treatment	5	1.73 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.008 ^{ns}	16.93**	113335.72**	0.0003 ^{ns}
خطا Error	30	2.95	1.61	0.33	0.61	12009.71	0.03
ضریب تغییرات CV(%)	-	3.23	9.46	18	2.34	5.07	4.65

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

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

جدول ۴- نتایج مقایسات میانگین تجزیه مرکب عملکرد و اجزای عملکرد دو سال اجرای پروژه در آزمایش بدون سم‌پاشی

Table 4. Results of mean comparison of compound analysis yield and its components of two years of project implementation in tests of without spraying

ارقام Cultivar	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/h)	درصد کاهش عملکرد % Yield reduction	مقیاس Score
اختر Akhtar	29.62e	6.87d	2.45b	32c	1201.38c	12.75	4.40a
یاقوت Yaghut	81.62a	21.25a	3.67a	29.25d	2637.75a	4.96	3.29d
درخشان Derakhshan	36d	8.87c	2.95ab	40b	2080b	9.67	4.06b
دادفر Dadfar	73.62b	18.37b	3.62a	28.5de	2524.75a	7.7	3.95b
گلی Goli	62.75c	8.5dc	2.9ab	27.5e	2026.75b	3.94	2.85e
افق Ofogh	35.25d	16.75b	3.45a	42.75a	2497.50a	6.11	3.67c

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند، اختلاف معنی‌دار دارند.

* The number obtained for each column is equal mean. Means in a columns followed by different letters are significantly different.

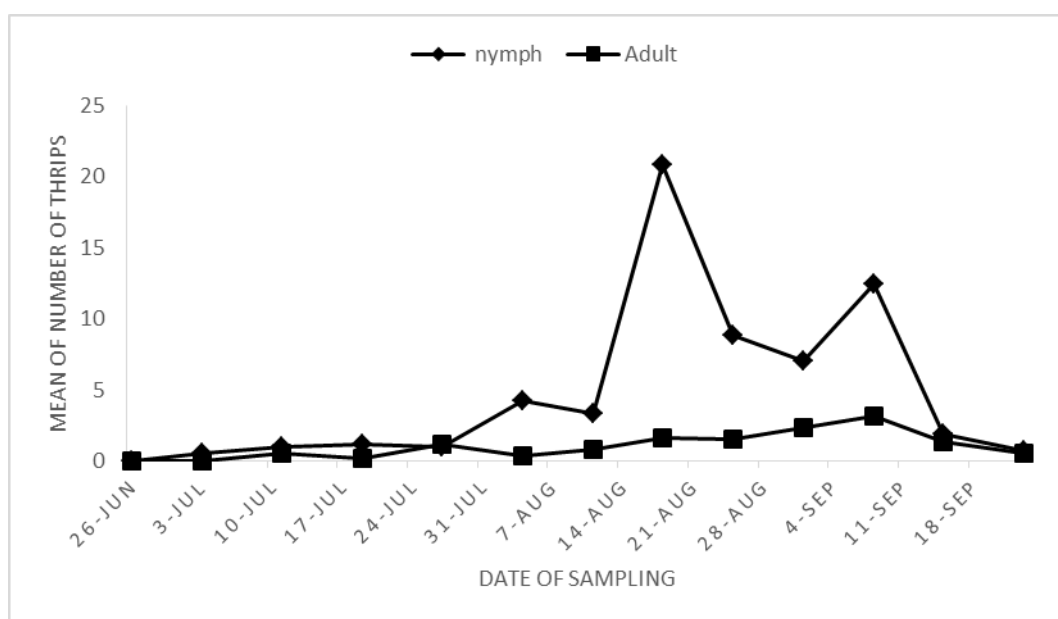
تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس و مقایسات میانگین تجزیه مرکب تغییرات جمعیت تریپس پیاز در دو سال اجرای پروژه

در سال اول، دو اوج مشخص جمعیت (میانگین همه ارقام) در تاریخ های ۹۸/۵/۲۷ و ۹۸/۶/۱۷ برای پوره تریپس مشاهده گردید و یک اوج خفیف در تاریخ ۹۸/۵/۱۳ مشاهده شد. تریپس بالغ هم یک اوج مشخص در ۹۸/۶/۱۷ داشت. در سال دوم، دو اوج مشخص جمعیت (میانگین همه ارقام) در

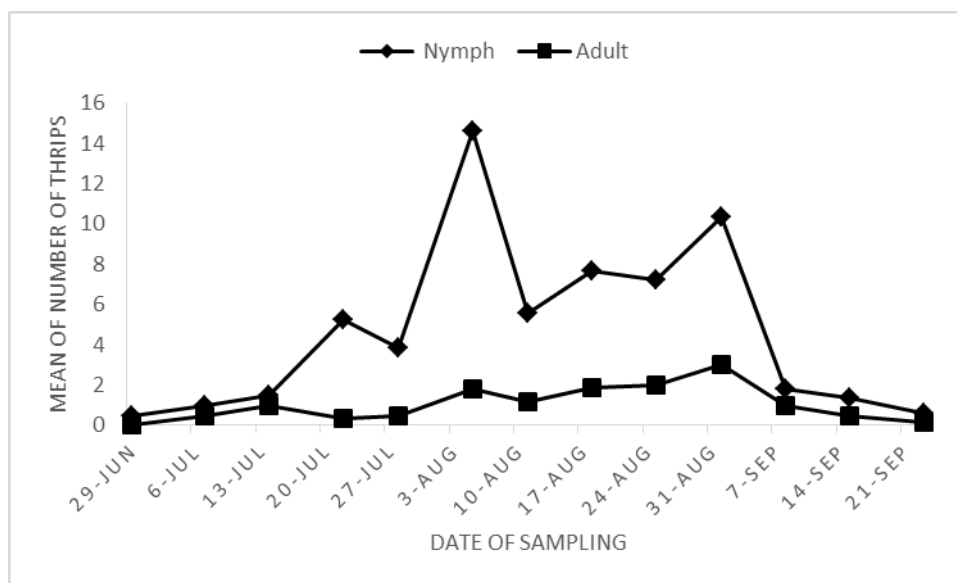
تاریخ های ۹۹/۵/۱۵ و ۹۹/۶/۱۱ برای پوره تریپس مشاهده گردید. تریپس بالغ هم یک اوج خفیف در تاریخ ۹۹/۵/۲۸ و یک اوج مشخص در ۹۹/۶/۱۱ داشت (شکل‌های ۱ و ۲). تراکم جمعیت در اوایل سیر صعودی داشت که پس از شهریور رو به کاهش گذاشت. احتمالاً همانند سال اول، عواملی مانند زردی، کاهش کیفیت و ریزش برگ‌ها در اثر پیری و همچنین کاهش دمای محیط در اواخر فصل نقش مؤثری در کاهش زادآوری و جمعیت تریپس خواهد داشت. جدول تجزیه واریانس مرکب

۵/۰۴ و ۲/۹۳ عدد پوره و ۲/۱۵، ۰/۷۷، ۱/۶۵، ۰/۴۲، ۰/۸۸ و ۰/۴۲ عدد بالغ تریپس بودند. بیشترین و کمترین جمعیت تریپس پیاز در مراحل پورگی به ترتیب در رقم اختر و رقم افق مشاهده شد. در مرحله بالغ نیز رقم اختر بیشترین و ارقام دادفر و افق کمترین جمعیت تریپس بالغ را دارا بودند (جداول ۵ و ۶).

تغییرات جمعیت نشان داد که بین دو سال آزمایش به لحاظ میانگین تعداد پوره و بالغ تریپس پیاز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل سال در تکرار در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اختلاف بین تیمارها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل سال در تیمار معنی‌دار نبود. در مقایسات میانگین تجزیه مرکب دو سال، ارقام اختر، یاقوت، درخشان، دادفر، گلی و افق به ترتیب دارای ۷/۰۱، ۴/۳۶، ۵/۹۳، ۳/۴۲،



شکل ۱- نمودار میانگین تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در سال ۱۳۹۸
Fig. 1. Population dynamics of different stages of *Thrips tabaci* in the first year



شکل ۲- نمودار میانگین تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در سال ۱۳۹۹
Fig. 2. Population dynamics of different stages of *Thrips tabaci* in the second year

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مرکب تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در دو سال
Table 5. Results of compound population dynamics of different stages of *Thrips tabaci* in two year

میانگین مربعات MS			
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	پوره Nymph	بالغ Adult
سال Year	1	0.73 ^{ns}	0.02 ^{ns}
سال*تکرار Year*Replication	24	168.08 ^{**}	5.05 ^{**}
تیمار Treatment	5	61.28 ^{**}	12.87 ^{**}
سال*تیمار Year*Treatment	5	0.04 ^{ns}	0.02 ^{ns}
خطا Error	120	4.51	0.65
ضریب تغییرات CV(%)	-	44.43	76.61

ns: غیرمعنی‌دار؛ * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
ns: Non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسات میانگین تجزیه مرکب تغییرات جمعیت مراحل مختلف تریپس پیاز در دو سال
Table 6. Comparison of mean of compound analysis of different stages of onion thrips population dynamics in two years

مقایسات میانگین MC		
ارقام Cultivar	پوره Nymph	بالغ Adult
اختر Akhtar	7.01a	2.15a
یاقوت Yaghut	4.36bc	0.77b
درخشان Derakhshan	5.93ab	1.65a
دادفر Dadfar	3.42c	0.42b
گلی Goli	5.04b	0.88b
افق Ofogh	2.93c	0.42b

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیده‌اند، اختلاف معنی‌دار دارند.
* The number obtained for each column is equal mean.
Means in a columns followed by different letters are significantly different.

بحث

در سال‌های اخیر به دلیل تغییر در شرایط آب و هوایی یکی از آفاتی که باعث خسارت به مزارع لوبیا شده است، تریپس پیاز می‌باشد. در تحقیق حاضر ارقام اختر و درخشان به دلیل داشتن بیشترین جمعیت و علایم آلودگی و همچنین بیشترین درصد کاهش عملکرد به عنوان ارقام حساس به این آفت بودند. رقم یاقوت نیز به دلیل جمعیت کمتر مقیاس خسارت پایین‌تر درصد کاهش عملکرد کمتر و همچنین

عملکرد بالاتر نسبت به این آفت متحمل بود. از طرفی این رقم به لحاظ تعداد غلاف، دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه نیز نسبت به مابقی ارقام در وضعیت مطلوبی بود. نتایج تحقیقات (Ashtari, 1400) که در مورد ارزیابی تحمل پنج رقم و یک لاین لوبیاچیتی در استان مرکزی انجام شد، مشخص کرد که ارقام غفار و کوشا نسبت به این آفت متحمل بوده و جهت کشت در منطقه توصیه شدند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق مذکور به دلیل تفاوت در ارقام مورد مطالعه مشابه نمی

باشند، ولی از این جهت که انتخاب ارقام غفار و کوشا نیز بر اساس جمعیت تریپس، علایم آلودگی و میزان درصد کاهش عملکرد انجام شده است، مشابه می‌باشند. نتایج تحقیقات (Mohiseni & Kushki, 2016) نشان داد که تیپ رشدی بوته‌ها تأثیر قابل توجهی بر مقاومت ارقام به کنه تارتن دارد که در مورد تأثیر تیپ رشدی بوته بر جمعیت تریپس پیاز نیاز به تحقیق بیشتری است. تحقیقات نشان دادند که واریته‌های مختلف لوبیای معمولی دارای ترکیبات ضدتغذیه از قبیل فیتیک اسید، لکترین و مهارکننده تریپسین هستند که می‌توانند روی زیست‌شناسی آفات گیاهخوار از جمله تریپس پیاز تأثیر داشته باشند که با نتایج تحقیق حاضر به دلیل تفاوت در جمعیت ارقام مورد مطالعه و همچنین تفاوت در عملکرد و مقیاس خسارت آن‌ها مشابه می‌باشد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که میزان این عوامل ضدرشد در لاین‌های مختلف لوبیا با هم متفاوت است (Rui et al., 2016). محققان دیگری متابولیت‌های ثانویه دیگری مانند آلفا آمیلازا و یا فلاوینوئیدها را به عنوان عامل مقاومت در ارقام و لاین‌های لوبیا ذکر نموده‌اند (Lima et al., 2014).

بررسی (Roozbahani et al, 2016) در مورد مقاومت ۱۰ لاین لوبیاقرمز به تریپس پیاز در شرایط مزرعه نشان داد که لاین‌های KS-31169 و KS-31285 حساس، لاین‌های KS-31286، KS-31288، KS-31290، KS-31292 و KS-31287 نیمه‌حساس و لاین‌های KS-31289، KS-31291 و رقم گلی به عنوان لاین‌ها و رقم مقاوم به این آفت بودند. از آنجا که تحقیق حاضر ارقام لوبیاقرمز را مورد بررسی قرار داده است و پروژه مذکور میزان خسارت و تحمل لاین‌ها و یک رقم لوبیاقرمز را نسبت به تریپس پیاز مورد بررسی قرار داده است، لذا فقط نتایج مرتبط با رقم گلی به لحاظ تحمل (مقیاس خسارت کمتر و درصد کاهش عملکرد پایین‌تر) با نتایج این تحقیق مشابه می‌باشد؛ ولی چون این رقم نسبت به ارقام دیگر در تحقیق حاضر عملکرد پایین‌تری داشت، با سایر ارقام در اولویت قرار گرفتند.

در تحقیق (Alabi et al, 2004) مقاومت ۹ کولتیوار لوبیا چشم‌بلبلی در برابر تریپس *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهشگران با شمارش جمعیت تریپس روی لاین‌ها و ارقام مختلف لوبیا چشم‌بلبلی نتیجه گرفتند که لاین‌های TVU، Sewe، Sanzibanili و 1509 Mussa باعث صددرد صد مرگ‌ومیر حشرات بالغ تازه‌متولدشده این تریپس شدند. این محققان چنین نتیجه گرفتند که علت مقاومت یا مرگ‌ومیر تریپس عوامل تغذیه‌ای موجود در لاین‌های مقاوم هستند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج

حاصل از این تحقیق به دلیل کم‌تر بودن تعداد جمعیت تریپس پیاز روی ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس مشابه می‌باشد. (Sedaratian et al, 2010) نیز تراکم جمعیت تریپس پیاز را روی هفت رقم و یک لاین سویا مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که بیشترین تراکم تریپس روی رقم Dpx و لاین KS-۳۴۹۴ و کمترین تراکم جمعیت روی دو رقم L17 و Tellar وجود دارد. نتایج حاصل از مطالعه حاضر با نتایج حاصل از این تحقیق از این جهت که تفاوت جمعیت تریپس روی ارقام و لاین‌های مختلف گیاهان متفاوت بوده و وابسته به ترکیبات خاص داخل گیاهان می‌باشد، همسو است. ارزیابی مقاومت چند واریته کلم نسبت به تریپس پیاز توسط محققان انجام شد. آن‌ها نتیجه گرفتند که در سال‌های خشک خسارت این تریپس بیشتر بود و از طرفی واریته Vestri با بیشترین عملکرد به عنوان واریته مقاوم معرفی شد که نتایج حاصل از تحقیق حاضر به لحاظ انتخاب رقمی با عملکرد بالاتر با نتایج این تحقیق مشابه می‌باشد، ولی نوع گیاه و رقم با تحقیق حاضر متفاوت است (Trdan et al., 2005). با بررسی مقاومت چند لاین لوبیا از جمله FEB 162، FEB115، EMP486، DOR 714 و همچنین ارزیابی 161 و FEB 162 به *Thrips palmi* و همچنین ارزیابی عملکرد و نمره‌دهی آن‌ها به این نتیجه رسیدند که لاین‌های لوبیا سطح متوسطی از مقاومت را به این تریپس نشان دادند که با توجه به نمره‌دهی ارقام در این تحقیق مشخص شد که ارقام لوبیاقرمز مورد استفاده در تحقیق حاضر نیز سطوح متوسطی از تحمل را نسبت به تریپس پیاز نشان داده‌اند (Cardona et al., 2002). محققان در بررسی تنوع گونه‌ای دشمنان طبیعی تریپس پیاز در مزارع لوبیاسبز در منطقه اردبیل به این نتیجه رسیدند که تراکم پوره‌ها و حشرات کامل تریپس پیاز روی رقم Sunray در مقایسه با رقم Contender به طور معنی‌داری کمتر بود (Fathi, 2017). محققان در مورد بررسی تأثیر تراکم کشت و ارقام لوبیا (اختر، درخشان و ۲۸۵) بر جمعیت تریپس پیاز به این نتیجه رسیدند که تراکم تریپس روی رقم اختر بیشتر از درخشان و ۲۸۵ بود. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که تراکم آفت به صورت معنی‌داری تحت تأثیر رقم لوبیا قرار می‌گیرد (Karimi et al., 2019). نتایج تحقیق حاضر به لحاظ حساس بودن رقم اختر نسبت به تریپس پیاز با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد. نتایج بررسی‌های محققان نشان داد که ژنوتیپ Savalan سیب‌زمینی به عنوان نامناسب‌ترین میزبان و ژنوتیپ‌های Kondor و Diamant به عنوان مناسب‌ترین یا حساس‌ترین میزبان تریپس بودند (Fathi, 2014). مقاومت ارقام بر اساس شمارش جمعیت تریپس پیاز و بررسی مشخصه‌های عملکرد محصول، توسط (Kalafchi et al, 2002) نیز

کیفیت و ریزش برگ‌ها در اثر پیری و همچنین کاهش دمای محیط در اواخر فصل نقش مؤثری در کاهش زادآوری و جمعیت تریپس خواهد داشت. در طی دو سال اوج جمعیت پوره و بالغ تریپس در مردادماه و شهریورماه مشاهده شد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج (Roozbahani et al, 2016) و (Ashtari 1400) که تغییرات جمعیت تریپس را روی ارقام لوبیاقرمز در لرستان و ارقام لوبیا چیتی در استان مرکزی بررسی کردند و چنین نتیجه گرفتند که دو اوج جمعیت پوره سن اول، پوره سن دوم و بالغ در مردادماه و شهریورماه اتفاق افتاد، مشابه می‌باشد. تفاوت در تراکم جمعیت تریپس پیاز در لاین و ارقام مورد مطالعه می‌تواند با ویژگی‌های ریخت‌شناسی، مواد شیمیایی، کیفیت تغذیه‌ای و مواد بازدارنده در ارتباط باشد. با توجه به وجود لاین‌ها و ارقام مختلف لوبیا و اختلاف‌های معنی‌دار بین مقاومت این ارقام، به نظر می‌رسد که معرفی ارقام مقاوم به این آفت می‌تواند ضمن کاهش خسارت آفت باعث کاهش دفعات مصرف سموم شیمیایی و اثرات نامطلوب آن‌ها شود.

مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق که روی ۹ رقم پیاز جهت ارزیابی میزان خسارت صورت گرفت، معلوم شد که، رقم قرمز آذرشهر با داشتن بالاترین تعداد تریپس و بیشترین خسارت نسبت به سایر توده‌ها حساس‌تر بوده و رقم سفید قم با داشتن کمترین تعداد تریپس، آلودگی کمتری نسبت به این آفت دارد. نتایج این تحقیق به دلیل تفاوت در محصول و ارقام مورد آزمایش با نتایج این تحقیق متفاوت می‌باشد، ولی از این نظر که بعضی ارقام متحمل جمعیت کمتری از آفت نسبت به سایر ارقام دارند، نتایج مشابه می‌باشند. Yousefi & Abbasifar (2009) نیز در یک پژوهش که روی ارقام مختلف پیاز در استان مرکزی داشتند، اظهار داشتند که رقم قرمز آذرشهر نسبت به رقم سفید قم و کردستان مقاومت بیشتری داشته و کمتر خسارت دیده است که به دلیل تفاوت در ارقام و محصول مورد مطالعه با نتایج این تحقیق مشابه نمی‌باشد. در بررسی تغییرات جمعیت تریپس در طی دو سال مورد بررسی، تراکم جمعیت در اوایل سیر صعودی داشت که پس از شهریور رو به کاهش گذاشت. احتمالاً عواملی مانند زردی، کاهش

منابع

1. Ahmadi, k., Ebadzadeh, H., Hoseinpoor, R., Hatami, F., Abdeslah, H., Kazemian, A., and Rafiei, M. 2018. Agricultural Statistics. The First Volume of Agriculture. Ministry of Agriculture Jihad. Office of Statistics and Information Technology. 87 p.
2. Ashtari, S. 2021. The loss assessment of onion thrips (*Thrips tabaci*) on five cultivars and one genotype of chiti bean. Iranian Journal of Pulses Research 10.22067/ijpr.v12i1.84584. (verified 22 May 2021).
3. Alabi, O.Y., Odebiyi, J.A., and Tamo, M. 2004. Effect of host plant resistance in some cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivars on growth and developmental parameters of the flower bud thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom). Crop Protection 23: 83-88.
4. Alavi, J. 1995. *Thrips fauna* in Bojnourd. M.Sc. Thesis. Ahvaz University, 132p. (In Persian with English Summary).
5. Bagheri, A., Mahmudi, A.A., and Ghezeli, F. 2001. Common Beans. Research for Crop Improvement. Jihad-e-daneshgahi of Mashhad. 556 p. (In Persian with English Summary).
6. Cardona, C., Feri, A., Bueno, J.M., Diaz, J., Gu, H., and Dorn, S. 2002. Resistance to *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) in beans. Journal of Economic Entomology 95(5): 1066-1073.
7. Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A., Fail, J., and Shelton, A.M. 2011. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): A global pest of increasing concern in onion. Journal of Economic Entomology 104: 1-13.
8. Duff, J., Healey, M., and Senior, L. 2015. Thrips incidence in green beans and the degree of damage caused. Acta Horticulture 1105: 19-26.
9. Fail, J., and Penzes, B. 2001. Developing methods for testing the resistance of white cabbage against *Thrips tabaci*. Proceedings of the International Symposium on Thysanoptera 1118p.
10. Fathi, S.A.A. 2014. Screening of the susceptibility of newly released genotypes of potato to thrips infestation under field conditions in northwest Iran. Crop Protection 62: 79-85.
11. Fathi, S.A.A. 2017. Biodiversity of natural enemies of the onion thrips, *Thrips tabaci* on two green bean cultivars in Ardabil region. 1st International and 5th National Conference on Organic Conventional Agriculture. 1-5 p.
12. Hazir, A., and Rifat, M. 2011. Population fluctuation of thrips species in nectarine orchards and damage level in east Mediterranean region of Turkey. Journal Entomology Research Society 14(1): 41- 52.
13. Kalafchi, M., Ebadi, R., and Mobli, M. 2002. Study of population density and damage of onion thrips *Thrips tabaci* Lind. on onion populations in Isfahan. Proceedings of the 15th Iranian Plant Protection Congress. Kermanshah, Iran. pp 68-69 (In Persian with English Summary).

14. Karimi, A., Yarahmadi, F., and Mohseni Amin, A. 2019. Effects of bean plant density and its different cultivars on population of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* and onion thrips, *Thrips tabaci* in field conditions. *Plant Pest Research* 9(2): 39-48.
15. Khanjani, M. 2004. Pests of Crop Plants of Iran. Bu Ali Sina University Press. 718 p. (In Persian with English Summary).
16. Lima, P.F., Colombo, C.A., Chiorato, A.F., Yamaguchi, L.F., Kato, M.J., and Carbonell, S.A. 2014. Occurrence of isoflavonoids in Brazilian common bean germplasm *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 9699-9704.
17. Mohiseni, A., and Kushki, M.H. 2016. The effect of planting pattern and plant density on the density and intensity of pest damage *Tetranychus urticae* koch on two red common bean cultivars. Final Report Agriculture and Natural Resources Research and Education Center Boroujerd, Lorestan Campus. (In Persian with English Summary).
18. Moundm, L.A., and Marullo, R. 1996. The Thrips of central and south America: An introduction (Insecta: Thysanoptera). *Memoirs on Entomology International* 6: 487.
19. Roozbahani, M., Shakarami, J., Mohiseni, A.A., Kooshki, M.J., and Jafari, S.H. 2016. Investigation of resistance of ten red bean genotype to onion thrips in field conditions. *Plant Pests Researches* 6(3): 1-10. (In Persian with English Summary).
20. Rui, S., Hua, W., Rui, G., Qin, L., Lei, P., Jianan, L., Zhihui, H., and Chanyou, C. 2016. The diversity of four anti-nutritional factors in common bean. *Horticultural Plant Journal* 2(2): 97-104.
21. Saeidi, Z. 2011. Investigation of resistance of selected genotype from local Chit bean masses of Chaharmahal and Bakhtiari Province to two spotted spider mites. Research Project Final Report. 36 p. (In Persian with English Summary).
22. Saeidi, Z., and Rezvani, A. 2002. Investigation of bean thrips and economic importance of dominant species on local cultivars. *Agricultural Documentation Center* 11: 49-78. (In Persian with English Summary).
23. Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talebi, A.A., and Farahani, S. 2010. Population density and spatial distribution pattern of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on different soybean varieties. *Journal of Agricultural Science and Technology* 12: 275-288. (In Persian with English Summary).
24. Shiberu, T., Mahammed, A. 2014. The importance and management option of onion thrips, *Thrips tabaci* (L.) (Thysanoptera: Thripidae) in Ethiopia: A review. *Journal Horticulture* 1: 107. doi:10.4172/horticulture.1000107.
25. Shoeibi, M., Shayanmehr, M., and Modarres Najafabadi, S.S. 2016. Identification and introduction of thysanoptera of bean fields in Markazi province. *Journal of Plant Protection* 30(1): 163-151. (In Persian with English Summary).
26. Trdan, S., Mileroj, L., Zezlina, I., Raspudic, E., Andjus, L., Vidrih, M., Bergant, K., Valic, N., and Zenidarcic, D. 2005. Feeding damage by onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on early white cabbage grown under insecticide-free conditions. *African Entomology* 13 (1): 85-95.
27. Yadav, M., Prasad, R., Kumar, C.H., Kumar, P., and Kumar, U. 2018. A review on onion thrips and their management of bulb crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* SP1: 891-896.
28. Yousefi, M., and Abbasifar, A.R. 2009. Evaluation of resistance to Thrips (*Thrips tabaci* Lindeman) in improved Sefid-e-Khomein genotype and some other Iranian onion cultivars. *Seed and Plant Improvement Journal* 25(4): 605-621. (In Persian with English Summary).
29. Van Rijin, P.C., Mollema, J.C., and Stenhuis-Borers, G.M. 1995. Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* on cucumber. *Bulletin of Entomological Research* 85:285-297.



Assessing the damage of onion thrips (*Thrips tabaci*) on six cultivars of red bean under field conditions

Ashtari^{1*}, Sedighe

Plant Protection Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Arak, Iran; aroya95@gmail.com

Received: 7 September 2021; Revised: 28 November 2021

Accepted: 22 January 2022; Available Online: 22 June 2022

How to cite this article:

Ashtari, S. 2022. Assessing the damage of onion thrips (*Thrips tabaci*) on six cultivars of red bean under field conditions. Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 87-98. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.2109-1011

Introduction

Legumes are a rich source of protein and dietary fiber. A good combination of legume protein with whole grains can eliminate malnutrition and amino acid deficiency in humans. Beans are one of the most important crops that are used in the nutrition of the people of the world and are very important due to their high nutritional value and relatively easy storage. Thrips is one of the pests that reduces bean yield. The different developmental stages of *Thrips tabaci*, by settling on underside of the bean leaves and feeding on the plant sap, cause silvery leaf spots which the black feces of the pest are visible inside them. These signs of damage indicate the presence of *Thrips tabaci*. This pest is active in bean fields in all season and cause damage. Onion thrips is the most well-known thrips in the world and causes significant damage to onion, cotton, lettuce, tomato and few other plants. It also carries some viral diseases.

Materials and Methods

Phaseolus vulgaris is one of the most important legumes cultivated in most countries of the world. This crop is attacked by various pests including onion thrips. This study was conducted in two years in field condition by planting cultivars Yaghut, Goli, Dadfar, Derakhshan, Ofogh and Akhtar (control) in a randomized complete block design with four replications in two experiments with spraying and non-spraying treatments, at Arak. To assess population changes, sampling was weekly done from the beginning to the end of the growing season. For sampling, five plants were randomly selected from each plot and scored based on the amount of damage and contaminated leaf area. Yield and yield components were also calculated. The results of this study were analyzed using SAS 9.1 statistical software and the means were compared by Tukey test in 1% and 5%.

Results and Discussion

In this study, Yaghoot and Dadfar cultivars had the highest yields with 2775.3 and 2735.3 kg/ha, respectively. On the other hand, Goli cultivar had a lower damage scale and a lower yield reduction percentage compared to other cultivars, but its yield (2110 kg/ha) was lower than other cultivars except the control. The two-year results of this study showed that the highest population of thrips in different stages of nymphs and adults were observed in Akhtar (7.01 and 2.15) and Derakhshan (5.93 and 1.65) cultivars. Population densities of onion thrips on seven cultivars and one soybean genotype were examined by Sedaratian *et al.* (2010). The results showed that the highest and the lowest population of thrips was observed on (Dpx and KS-3494 genotype) and on (L17 and Taller) respectively. This is not consistent with the results of the present study due to differences in the crop types studied. Kalafchi *et al.*, (2002) examined the resistance of cultivars based on census of onion thrips population and evaluation of crop agronomic characteristics. These researchers evaluated nine onion varieties for damage. Red Azarshahr cultivar with the highest number of thrips and the highest damage to other cultivars was sensitive, and Sefid-Qom cultivar with the lowest number of thrips, was less contaminated. The results of this study are different from the results of recent studies due to differences in employed product and cultivars. The bean plant growth type

* Corresponding Author: aroya95@gmail.com

has a significant effect on the resistance of the cultivars to the two spotted mite. Generalizing this result to the onion thrips needs to more researches. Compounds such as phytic acid, lectin and trypsin inhibitors can affect the biology of the onion thrips. This is similar to the results of the present study due to differences in populations studied as well as differences in yield and damage scale.

Conclusion

Based on the results of this study, Yaghut due to higher yield and Goli cultivars due to less damage scale priority for cultivation in the area.

Keywords: Loss assessment; Population changes; *Thrips tabaci*, Tolerance, Red Bean



اثر مصرف زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)

مهیار محمدزاده^۱، یوسف نیکنژاد^{۲*}، هرمز فلاح آملی^۲، داوود براری^۲ و سید میثم باغبانیان^۳

۱- دانشجوی دوره دکتری تخصصی زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی؛ m.710mohammadzadeh@gmail.com

۲- اعضای هیئت علمی گروه زراعت و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی
(به ترتیب: hormozfalah@gmail.com; yousofniknejad@gmail.com و davoodbarari@yahoo.com)

۳- عضو هیئت علمی گروه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی؛ sbaghbanian@gmail.com

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸، بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

محمدزاده، م، نیکنژاد، ی، فلاح آملی، ه، براری، د، و سید میثم باغبانیان. ۱۴۰۱. اثر مصرف زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۱): ۹۹-۱۱۲.

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات مصرف زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با روی و مس بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.)، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی آمل در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. کاربرد زئولیت در پنج سطح، شامل Z₁: شاهد یا عدم مصرف زئولیت، Z₂: مصرف زئولیت به‌تنهایی، Z₃: زئولیت غنی‌شده با روی، Z₄: زئولیت غنی‌شده با مس و Z₅: زئولیت غنی‌شده با روی و مس و مصرف کود مرغی در پنج سطح، شامل P₁: شاهد یا عدم مصرف کود مرغی، P₂: مصرف کود مرغی به‌تنهایی، P₃: کود مرغی غنی‌شده با روی، P₄: کود مرغی غنی‌شده با مس و P₅: کود مرغی غنی‌شده با روی و مس به عنوان فاکتورهای آزمایش در نظر گرفته شدند. در این آزمایش کود مرغی به مقدار ۱/۵ تن در هکتار و زئولیت به میزان ۱ تن در هکتار مصرف شد. همچنین از کودهای روی و مس به‌ترتیب به مقدار ۲۶ و ۱۳/۶ کیلوگرم در هکتار جهت غنی‌سازی کودهای مرغی و زئولیت استفاده گردید. نتایج نشان داد که مصرف کود مرغی و زئولیت غنی‌شده با عناصر روی و مس سبب افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد، عملکرد، غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در لوبیاسبز در مقایسه با کاربرد جداگانه کود مرغی یا زئولیت و شاهد گردید. در شرایط مصرف کود مرغی، حداکثر عملکرد دانه (۱/۷۴ تن در هکتار) با کاربرد تیمار P₅ و در شرایط کاربرد زئولیت، بیشترین عملکرد دانه (۱/۷۱ تن در هکتار) با اعمال تیمار Z₅ حاصل شد و با عدم مصرف تیمارهای کودی، عملکرد به‌ترتیب حدود ۲۷ و ۲۳/۳ درصد کاهش یافت. بنابراین، به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با عناصر روی و مس می‌تواند ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، روش مناسبی جهت بهبود عملکرد گیاه همراه با تولید سالم و پایدار محصولات کشاورزی باشد.

واژه‌های کلیدی: جذب عناصر؛ رنگدانه‌های فتوسنتزی؛ زئولیت؛ عملکرد؛ کود مرغی

مقدمه

دنیا نیز به دلیل ویژگی‌های مثبت آن نظیر رسوب نیتروژن و اصلاح ساختار خاک از اهمیت بالایی در کشاورزی پایدار و محیط‌زیست برخوردار است (Ülker & Ceyhan, 2008)، به‌طوری‌که طبق گزارش فائو، سطح زیرکشت و تولید لوبیاسبز در سرتاسر جهان به‌ترتیب ۱۵۷۹۴۸۹ هکتار و ۲۳۲۷۶۷۱۶ تن در هکتار در سال ۲۰۲۰ گزارش شده است (FASOSTAT, 2020).

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی موجب تشدید آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در بسیاری از مناطق

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی از خانواده بقولات می‌باشد که بر اساس آمارنامه کشاورزی در سال ۱۳۹۹ از نظر سطح زیرکشت و تولید محصولات آبی به‌ترتیب با مساحت ۱۰۴۶۱۹ هکتار و تولید ۲۴۹۰۰۱ تن در هکتار، رتبه اول کشور را در بین حبوبات به خود اختصاص داده است (Agricultural Statistics, 2021). امروزه کاشت لوبیاسبز در

* نویسنده مسئول: yousofniknejad@gmail.com

امروزه استفاده از کودهای آلی نیز به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی جهت بهبود حاصلخیزی خاک و جلوگیری از افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی در تولید محصولات زراعی در سیستم کشاورزی پایدار مطرح شده است (Kapoor et al., 2015). در بین انواع کودهای آلی، کاربرد کودهای مرغی علاوه بر اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و میکروبی خاک، موجب تجزیه مواد آلی و تولید گاز دی اکسید کربن در جامعه گیاهی شده که در نتیجه منجر به افزایش فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Diacono & Montemurro, 2010).

محققان گزارش دادند که مصرف کود مرغی سبب افزایش معنی‌دار غلظت‌های NPK در بافت گیاهی و نهایتاً بهبود عملکرد ماده خشک لوبیا گردید (Soremi et al., 2010). گزارش شده که کاربرد تلفیقی کود مرغی و دی‌آمونیم فسفات اثرات مثبت معنی‌داری بر رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا داشت (Ahmadi & Arain, 2021). مطالعه انجام‌شده توسط Lima et al., (2021) در منطقه نیمه‌مرطوب برزیل نشان داد که استفاده همزمان از بیوجار (۱۰ تن در هکتار) و کود مرغی (۵ تن در هکتار) منجر به بهبود معنی‌دار غلظت فسفر، افزایش کارایی مصرف آب و بهبود عملکرد لوبیا شد، لذا کاربرد ترکیبی این کودها می‌تواند یک روش مدیریتی مناسب برای کشاورزان منطقه باشد.

با توجه به این‌که در زمینه واکنش گیاه لوبیاسبز به کاربرد زئولیت و کود مرغی غنی‌شده مطالعات محدودی صورت گرفته است، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثرات زئولیت و کود مرغی غنی‌شده بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لوبیاسبز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. منطقه با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی در ارتفاع ۱۲۸ متری از سطح دریا قرار دارد. قبل از اجرای آزمایش اقدام به نمونه‌برداری از خاک مکان آزمایشی در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری گردید که نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین خصوصیات زئولیت و کود مرغی مورد استفاده در آزمایش به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه گردیده است.

جهان شده است (Liu et al., 2014). افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی یکی از راهکارهای حیاتی برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است. از جمله تکنولوژی‌های جدیدی که جهت افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از اتلاف کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است، به کارگیری ترکیبات اصلاح‌کننده طبیعی خاک مانند زئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد (Mahesh et al., 2018). زئولیت‌ها مواد متخلخل هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور برخی از یون‌ها را داده و مسیر عبور برخی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند (Ozbahce et al., 2015). مطالعات نشان داده است که ترکیب زئولیت با عناصر NPK به عنوان یک کود شیمیایی کُندرها موجب افزایش کارایی جذب این عناصر توسط گیاهان زراعی و باغی می‌شود (Davari et al., 2017). استفاده از زئولیت از طریق بهبود ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و همچنین جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود (Baghbani-Arani et al., 2017). محققان بیان نمودند که کاربرد زئولیت از طریق افزایش قابلیت نگهداری عناصر غذایی در منطقه ریشه گیاه موجب بهبود کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، پتاسه و در نهایت افزایش عملکرد کلزا گردید (Khodaei-Joghan & Asilan, 2012). اثرات مثبت معنی‌دار کاربرد زئولیت بر مؤلفه‌های رشد لوبیاسبز نظیر طول برگ، شاخص سطح برگ و وزن تر و خشک برگ توسط محققان گزارش شده است (Ahmadee et al., 2014). گزارش‌ها حاکی از آن است که با افزایش مقدار مصرف زئولیت از صفر به ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار، عملکرد دانه لوبیاقرمز به ترتیب حدود ۲۶/۱ و ۲۵/۱ درصد افزایش یافت (Habib Porkashef et al., 2017). مطالعات انجام شده روی نخود نشان داد که با کاربرد زئولیت به میزان ۲۰ تن در هکتار، تعداد غلاف در بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی تغییرات عملکرد دانه ناچیز بود (Hoseini et al., 2020). بررسی‌های به عمل آمده توسط Khan et al., (2011) حاکی از افزایش صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد ارقام سویا با کاربرد زئولیت می‌باشد. همچنین، Bahador et al., (2015) بیان نمودند که مصرف زئولیت به طور قابل توجهی منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته و بهبود عملکرد و درصد پروتئین دانه ماش گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1. Soil Physical and chemical properties of the experimental site at a depth of 0 to 30 cm

مس (میلی گرم بر کیلوگرم) Cu (mg.kg ⁻¹)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	نیترژن (درصد) N (%)	ماده آلی (درصد) O.M. (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	بافت texture
0.22	0.92	253.06	13	0.21	2.23	7.28	1.36	13	42	45	رس سیلتی (Silty Clay)

جدول ۲- خصوصیات زئولیت مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Properties of zeolite used in this experiment

MnO (%)	TiO2 (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	Na2O (%)	MgO (%)	CaO (%)	Fe2O3 (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	CEC (cmol.kg ⁻¹)	pH
0.026	0.19	0.012	3.3	1.6	0.68	2.9	1.31	10.6	68	160	7.5

جدول ۳- خصوصیات کود مرغی مورد استفاده در آزمایش

Table 3. Properties of poultry manure used in this experiment

K (%)	P (%)	N (%)	pH
2.1	1.3	4.1	7.1

بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. در هر کپه نیز دو عدد بذر کاشته شد. در این آزمایش از بذر رقم سوپر باسلیم جهت کاشت استفاده شد که رقم هیبرید تولید کشور ایتالیا می‌باشد و از شرکت یکتا بذر تهیه گردید. هر یک از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از منابع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم با توجه به نتایج آزمون خاک به طور یکنواخت در سطح مزرعه مصرف شدند. پس از کاشت، بلافاصله آبیاری اولیه انجام و سپس آبیاری‌های بعدی به طور منظم به فاصله ۹ روز یکبار صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی طی سه مرحله از رشد گیاه انجام شد. اندازه‌گیری میزان غلظت کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید (Arnon, 1949) و آنتوسیانین (Teow et al., 2007) در مرحله گلدهی با برداشت چین اول صورت گرفت. در پایان فصل رشد نیز پس از حذف حاشیه کرت‌ها، برداشت چین دوم جهت اندازه‌گیری صفات کمی و سایر خصوصیات کیفی انجام شد. ارتفاع بوته با اندازه‌گیری ارتفاع تعداد ۱۵ بوته و طول غلاف با اندازه‌گیری طول تعداد ۱۵ غلاف از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی با خط‌کش انجام و سپس میانگین‌ها به عنوان ارتفاع بوته و طول غلاف ثبت گردید. برای اندازه‌گیری وزن ۱۰۰ دانه، تعداد ۱۰۰ دانه از هر کرت آزمایشی

کاربرد زئولیت در پنج سطح، شامل Z₁: شاهد یا عدم مصرف زئولیت، Z₂: مصرف زئولیت به‌تنهایی، Z₃: مصرف زئولیت غنی‌شده با روی، Z₄: مصرف زئولیت غنی‌شده با مس و Z₅: مصرف زئولیت غنی‌شده با روی و مس و همچنین مصرف کود مرغی در پنج سطح، شامل P₁: شاهد یا عدم مصرف کود مرغی، P₂: مصرف کود مرغی به‌تنهایی، P₃: مصرف کود مرغی غنی‌شده با روی، P₄: مصرف کود مرغی غنی‌شده با مس و P₅: مصرف کود مرغی غنی‌شده با روی و مس به عنوان فاکتورهای آزمایش در نظر گرفته شدند. در این آزمایش کود مرغی به مقدار ۱/۵ تن در هکتار و زئولیت به میزان ۱ تن در هکتار مصرف شد. همچنین از کودهای روی و مس به ترتیب به مقدار ۲۶ و ۱۳/۶ کیلوگرم در هکتار جهت غنی‌سازی کودهای مرغی و زئولیت استفاده گردید (Mahmoudi & Hakimian, 2003). هر یک از تیمارهای موردنظر به صورت جداگانه با استفاده از دستگاه همزن مخصوص (مدل TH-SMJ-300) مخلوط گردید و به کرت‌های آزمایش اضافه شدند.

حدود سه ماه قبل از اجرای آزمایش، شخم اول و دوم (عمود بر شخم اول) و پس از آن عملیات تسطیح، ماله‌کشی و کرت‌بندی انجام گرفت. زمین آزمایش به سه تکرار، هر کدام حاوی ۲۵ تیمار آزمایشی تقسیم گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۵ متر و عرض ۳ متر با فاصله

معنی‌دار بود. همچنین اثرات ساده کود مرغی بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، ولی صفت یادشده تحت تأثیر اثرات زئولیت قرار نگرفت. در بین اجزای عملکرد عملکرد دانه مورد بررسی، فقط طول غلاف تحت تأثیر اثر متقابل کود مرغی و زئولیت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات اصلی کود مرغی نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته (۴۸/۱ سانتی‌متر)، طول غلاف (۱۱/۹ سانتی‌متر)، وزن ۱۰۰ دانه (۳۴/۷ گرم)، عملکرد تر غلاف (۱۸۴۰ گرم در مترمربع) و عملکرد دانه (۱۷۴ گرم در مترمربع) با کاربرد تیمار P₅ حاصل شد و تحت شرایط شاهد (P₁)، صفات فوق به ترتیب حدود ۱۴، ۱۰/۲، ۶/۴، ۲۷/۱ و ۲۷ درصد کاهش نشان دادند (جدول ۵). اگرچه بیشترین میزان صفات مورد مطالعه با کاربرد تیمار P₅ حاصل شد، به هر حال صفات طول غلاف، عملکرد تر غلاف و همچنین عملکرد دانه به ترتیب با اعمال تیمارهای P₂، P₃ و P₄ روند افزایشی نشان دادند، در حالی که وزن ۱۰۰ دانه بین تیمارهای P₂، P₃ و P₄ اختلاف معنی‌داری نشان نداد. همچنین تیمارهای P₂ و P₃ از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی با اعمال تیمارهای P₄ و P₅ بر میزان صفت مذکور افزوده گردید (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده زئولیت نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۴۶ سانتی‌متر)، طول غلاف (۱۲/۱ سانتی‌متر)، عملکرد تر غلاف (۱۸۰۷ گرم در متر مربع) و عملکرد دانه (۱۷۱ گرم در مترمربع) با کاربرد تیمار Z₅ به دست آمد و با عدم مصرف زئولیت، صفات ذکرشده به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (جدول ۵).

نتایج برهمکنش تیمارها نیز نشان داد که حداکثر طول غلاف با اعمال تیمارهای P₁Z₅، P₂Z₅، P₃Z₅ و P₄Z₅ حاصل شد (شکل ۱).

شمارش و با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین گردید. عملکرد تر غلاف با برداشت مساحت پنج مترمربع از هر کرت آزمایشی و توزین آن با ترازوی دقیق دیجیتالی تعیین شد. جهت تعیین عملکرد دانه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، مساحت پنج مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت و پس از خشک‌شدن در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، دانه‌ها به صورت دستی از غلاف‌ها جدا و عملکرد دانه با ترازوی دیجیتالی توزین گردید. برای اندازه‌گیری عناصر غذایی در غلاف گیاه، پس از نمونه‌گیری و آسیاب کردن آن‌ها، غلظت نیتروژن به روش کجلدال (Bremner, 1996) با استفاده از دستگاه کجل-تک (Foss 2300 Kjeltac Analyzer)، غلظت فسفر به روش رنگ‌سنجی (Jones et al., 1991) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV 3100, Tokyo, Japan)، غلظت پتاسیم به روش شعله‌سنجی (Waling, 1989) با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway PFP7, Sherwood, Scientific, Cambridge, United Kingdom) و غلظت عناصر غذایی ریزمغذی با روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی (Emami, 1996) با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian Spectra AA-10, Mulgrave, Australia) به دست آمد.

در نهایت داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی کود مرغی و زئولیت بر صفات ارتفاع بوته، طول غلاف، عملکرد تر غلاف و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز
Table 4. Variance analysis of morphological traits, yield components and grain yield of green bean

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه Plant height	طول غلاف Pod length	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	عملکرد تر غلاف Fresh pod yield	عملکرد دانه Seed yield
کود مرغی Poultry manure (P)	**	**	*	**	**
زئولیت Zeolite (Z)	**	**	ns	**	**
کود مرغی × زئولیت P × Z	ns	*	ns	ns	Ns
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	4.23	1.43	5.63	6.23	6.33

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

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

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز

Table 5. Mean comparison of morphological traits, yield components and grain yield of green bean

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100- seed weight (g)	عملکرد تر غلاف (گرم در متر مربع) Fresh pod yield (g.m ⁻²)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Seed yield (g.m ⁻²)
P ₁	41.3d	10.7e	32.5c	1340e	120e
P ₂	43.0c	10.9d	32.9bc	1450d	130d
P ₃	44.3c	11.2c	33.4abc	1540c	140c
P ₄	46.4b	11.6b	34.1ab	1710b	160b
P ₅	48.1a	11.9a	34.7a	1840a	170a
Z ₁	43.5c	10.5e	32.6ab	1380c	130e
Z ₂	44.0bc	10.8d	33.1ab	1460d	130d
Z ₃	44.6bc	11.2c	33.6ab	1570c	140c
Z ₄	45.0ab	11.5b	33.9ab	1650b	150b
Z ₅	46.0a	12.1a	34.3a	1800a	170a

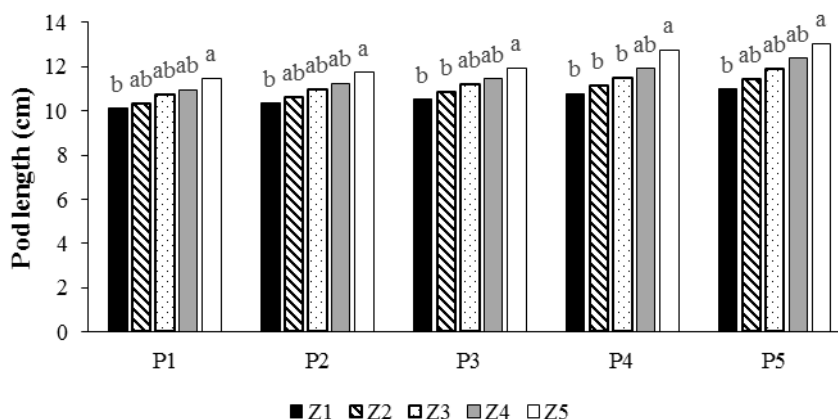
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

The means within a column with the same letter are not significantly different by LSD test at $p < 0.05$.

P₁: عدم مصرف کود مرغی، P₂: کود مرغی، P₃: کود مرغی+روی، P₄: کود مرغی+مس، P₅: کود مرغی+روی+مس، Z₁: عدم مصرف زئولیت، Z₂: زئولیت، Z₃: زئولیت+روی، Z₄: زئولیت+مس، Z₅:

زئولیت+روی+مس

P₁: no poultry manure, P₂: poultry manure, P₃: poultry manure + zinc, P₄: poultry manure + copper, P₅: poultry manure + zinc + copper, Z₁: no use of zeolite, Z₂: zeolite, Z₃: zeolite + zinc, Z₄: zeolite + copper, Z₅: zeolite + zinc + copper



شکل ۱- برهمکنش کود مرغی و زئولیت غنی‌شده بر طول غلاف لوبیاسبز

(P₁): عدم مصرف کود مرغی، P₂: کود مرغی، P₃: کود مرغی+روی، P₄: کود مرغی+مس، P₅: کود مرغی+روی+مس، Z₁: عدم مصرف زئولیت، Z₂: زئولیت، Z₃: زئولیت+روی، Z₄: زئولیت+مس، Z₅: زئولیت+روی+مس

Fig. 1. Interaction effects of enriched P×Z on pod length of green bean

P₁: no poultry manure, P₂: poultry manure, P₃: poultry manure + zinc, P₄: poultry manure + copper, P₅: poultry manure + zinc + copper, Z₁: no use of zeolite, Z₂: zeolite, Z₃: zeolite + zinc, Z₄: zeolite + copper, Z₅: zeolite + zinc + copper

اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا توسط محققان گزارش شده است که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت داشت.

بررسی‌ها نشان داده است که مصرف کودهای آلی سبب بهبود ارتفاع بوته، افزایش سطح برگ، افزایش غلظت نیتروژن و پتاسیم، تعداد غلاف و عملکرد غلاف لوبیاسبز در مقایسه با شاهد گردیده است (Aslani & Souiri, 2018). بررسی‌های به عمل آمده توسط سایر پژوهشگران نیز نشان داد که مصرف کود مرغی موجب افزایش ارتفاع، وزن ۱۰۰ دانه و در نهایت عملکرد دانه لوبیا در مقایسه با شرایط شاهد یا عدم مصرف کود مرغی گردید (Jasim & Mhanna, 2014). از دلایل افزایش وزن

این نتایج نشان داد که مصرف هر دو تیمار کود مرغی و زئولیت به خصوص غنی‌سازی این تیمارها با روی و مس سبب بهبود معنی‌دار اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز شد. کاربرد مس و روی به واسطه تأثیر بر غلظت کلروفیل برگ و افزایش فتوسنتز منجر به بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌گردند (Li *et al.*, 2007). عنصر روی از طریق دخالت در فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیسم نیتروژن در گیاه موجب تسریع در رشد و افزایش عملکرد دانه لوبیاسبز می‌گردد (Lack *et al.*, 2016). اثرات معنی‌دار کود مرغی (Alhrout *et al.*, 2016) و زئولیت (Turkmen & Kutuk, 2017) بر بهبود

کمی و کیفی گوجه‌فرنگی گزارش دادند که بیشترین مقدار صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی با کاربرد زئولیت غنی‌شده حاصل شد (Esfandiari et al., 2009). گروه دیگری از پژوهشگران دریافتند که افزایش عملکرد گیاه زراعی با کاربرد زئولیت به دلیل کاهش شستشوی نیتروژن ناشی از مصرف زئولیت بوده است (Gholamhoseini et al., 2009).

نتیجه نشان داد که غنی‌سازی هر یک از تیمارهای کودی با مس اثرات بهتری نسبت به غنی‌سازی آن‌ها با روی در بهبود اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیاسبز داشت. مس از طریق سنتز پروتئین‌ها و تنظیم هورمون اکسین سبب طولیل‌شدن سلول‌ها، افزایش ارتفاع گیاه و بهبود عملکرد دانه می‌شود (Kumar et al., 2009).

رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج نشان داد که اثرات ساده کود مرغی و زئولیت بر تمام رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل آنتوسیانین، کاروتنوئید و کلروفیل‌های a، b و ab در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل کود مرغی و زئولیت فقط بر رنگدانه آنتوسیانین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده کود مرغی نشان داد که حداکثر غلظت کلروفیل a (۸/۳ میکرومول بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۲/۵ میکرومول بر گرم وزن تر)، کاروتنوئید (۱/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) و آنتوسیانین (۷/۵ میکرومول بر گرم وزن تر) با اعمال تیمار P₅ به‌دست آمد و تحت شرایط شاهد، صفات فوق به‌ترتیب حدود ۱۲/۲، ۱۳/۶، ۱۲/۵، ۲۳/۹ و ۱۳/۶ درصد کاهش یافتند. (جدول ۷).

دانه می‌توان به بهبود فتوسنتز و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه در اثر مصرف روی و کود مرغی اشاره نمود (Javanmard & Asadi Danalo, 2017). سایر پژوهشگران گزارش دادند که کاربرد تلفیقی کود مرغی و کودهای شیمیایی ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، موجب افزایش حاصلخیزی خاک، بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد دانه لوبیا می‌گردد (Turkmen & Kutuk, 2017). افزایش عملکرد لوبیاسبز ناشی از کاربرد کودهای آلی در نتایج بسیاری از محققان گزارش شده است (Souri et al., 2017; Moreira & Moraes, 2017).

در شرایط مصرف زئولیت به دلیل بهبود توانایی جذب آب توسط زئولیت، انتقال فراورده‌های فتوسنتزی به دانه‌ها به شکل بهتری صورت می‌گیرد، در نتیجه منجر به افزایش وزن ۱۰۰ دانه می‌گردد (Habib Porkashef et al., 2017). افزایش میزان وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه لوبیا با کاربرد زئولیت در نتایج سایر محققان نیز گزارش شده است (Ozbahce et al., 2015). بهبود رشد گیاه در تیمارهای حاوی زئولیت ممکن است به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک (Baghbani-Arani et al., 2017) و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی (Khodaei-Joghan & Asilan, 2012) باشد. گزارش شده است که کاربرد زئولیت به دلیل افزایش آب قابل‌دسترس گیاه منجر به استفاده بهتر و مؤثرتر از آب و عناصر غذایی طی رشد گیاه گردیده و در نهایت سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه لوبیا شد (Habib Porkashef et al., 2017). زئولیت به واسطه جلوگیری از هدرروی نیتروژن، سبب فراهمی این عنصر به مدت طولانی برای گیاه، بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه گیاه می‌گردد (Baghbani-Arani et al., 2017). محققان با بررسی مقایسه اثرات زئولیت خام و زئولیت غنی‌شده بر عملکرد

جدول ۶- تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی لوبیاسبز
Table 6. Variance analysis of photosynthetic pigments of green bean

تیمار Treatment	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل Chl a+b	کاروتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocianin
کود مرغی Poultry manure (P)	**	**	**	**	**
زئولیت Zeolite (Z)	**	**	**	**	**
کود مرغی × زئولیت P × Z	ns	ns	ns	ns	**
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	2.40	3.97	2.77	3.70	1.35

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد
ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۷- مقایسه میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی لوبیاسبز
Table 7. Mean comparison of photosynthetic pigments of green bean

تیمار Treatments	کلروفیل a (میکرومول بر گرم وزن تر) Chl a ($\mu\text{mol/g FW}$)	کلروفیل b (میکرومول بر گرم وزن تر) Chl b ($\mu\text{mol/g FW}$)	کلروفیل کل (میکرومول بر گرم وزن تر) Chl a+b ($\mu\text{mol/g FW}$)	کاروتنوئید (میکرومول بر گرم وزن تر) Carotenoid ($\mu\text{mol/g FW}$)	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم وزن تر) Anthocianin ($\mu\text{mol/g FW}$)
P ₁	7.3d	2.2d	9.5e	1.1e	6.4e
P ₂	7.6d	2.2c	9.8d	1.1d	6.7d
P ₃	7.7c	2.3c	10.1c	1.2c	6.9c
P ₄	8.1b	2.4b	10.6b	1.3b	7.2b
P ₅	8.3a	2.5a	10.9a	1.4a	7.5a
Z ₁	7.5c	2.2d	9.7d	1.1e	6.6e
Z ₂	7.6c	2.3cd	9.9d	1.2d	6.7d
Z ₃	7.8c	2.3bc	10.1c	1.2c	6.9c
Z ₄	7.9b	2.4bc	10.4b	1.3b	7.1b
Z ₅	8.3a	2.5a	10.8a	1.4a	7.4a

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

The means within a column with the same letter are not significantly different by LSD test at $p < 0.05$.

P₁: عدم مصرف کود مرغی، P₂: کود مرغی، P₃: کود مرغی+روی، P₄: کود مرغی+مس، P₅: کود مرغی+روی+مس، Z₁: عدم مصرف زئولیت، Z₂: زئولیت، Z₃: زئولیت+روی، Z₄: زئولیت+مس، Z₅:

زئولیت+روی+مس

P₁: no poultry manure, P₂: poultry manure, P₃: poultry manure + zinc, P₄: poultry manure + copper, P₅: poultry manure + zinc + copper, Z₁: no use of zeolite, Z₂: zeolite, Z₃: zeolite + zinc, Z₄: zeolite + copper, Z₅: zeolite + zinc + copper

بیشتر از روی و منگنز می‌باشد (Baek *et al.*, 2012). افزایش سنتر و تجمع کلروفیل، آنتوسیانین و کاروتنوئید در گیاه با کاربرد مس در نتایج سایر پژوهشگران نیز ارائه گردیده است (Yadav *et al.*, 2016).

بررسی‌های انجام‌شده توسط سایر محققان نشان داد که میزان کلروفیل گیاه با افزایش مصرف کود مرغی به طور معنی داری افزایش یافت (Madhavi, 2007).

زئولیت به دلیل توانایی در جذب و نگهداری آب در خاک منجر به افزایش فلورسانس و عدد کلروفیل می‌گردد (Habib Porkashef *et al.*, 2015). مصرف زئولیت به واسطه بهبود جذب نیتروژن توسط گیاه موجب افزایش سنتر کلروفیل، بهبود فتوسنتز و در نهایت افزایش تولید محصولات زراعی می‌گردد (Lija *et al.*, 2014).

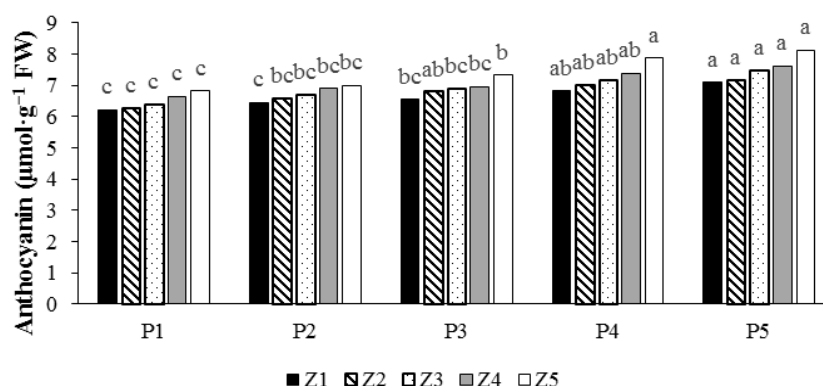
Nozari *et al.* (2013) نیز با بررسی اثرات زئولیت بر گیاه سویا بیان نمودند که زئولیت موجب افزایش مقدار کلروفیل در گیاه گردید. اثرات مثبت زئولیت غنی‌شده با کلسیم بر رنگه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل و کاروتنوئیدها در پسته نیز توسط Mozafari & Rayatpisheh (2017) گزارش شده است.

سایر پژوهشگران افزایش میزان کاروتنوئید، کلروفیل a و b در گیاه استوبا را با کاربرد زئولیت گزارش دادند (Bakhshandeh *et al.*, 2016).

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی زئولیت نیز نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل a (۸/۳ میکرومول بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۲/۵ میکرومول بر گرم وزن تر)، کلروفیل کل (۱۰/۸ میکرومول بر گرم وزن تر)، کاروتنوئید (۱/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) و آنتوسیانین (۷/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) با کاربرد تیمار Z₅ به‌دست آمد و تحت شرایط شاهد یا تیمار Z₁، صفات فوق به‌ترتیب حدود ۹/۶، ۱۰/۶، ۹/۸، ۱۹/۵ و ۱۰/۷ درصد کاهش نشان داد. (جدول ۷).

نتایج برهمکنش تیمارها نیز نشان داد که حداکثر غلظت آنتوسیانین با اعمال تیمارهای P₄Z₅، P₅Z₂، P₅Z₃، P₅Z₄ و P₅Z₅ حاصل شد (شکل ۲).

نتیجه نشان داد که غنی‌سازی زئولیت و کود مرغی با عناصر ریزمغذی به طور معنی‌داری منجر به افزایش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی در مقایسه با شاهد یا مصرف انفرادی زئولیت و کود مرغی گردید. وجود مس و روی در کود مرغی موجب افزایش میزان کلروفیل در گیاه گردید که با نتایج Saikachout *et al.* (2015) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد غنی‌سازی زئولیت یا کود مرغی با مس نتیجه بهتری نسبت به غنی‌سازی زئولیت یا کود مرغی با روی داشت. گزارش‌ها حاکی از آن است که مقادیر مطلوب روی، مس و منگنز موجب افزایش میزان کلروفیل، آنتوسیانین و کاروتنوئید در گیاه می‌گردد و در این بین، تأثیر مس بر تجمع رنگدانه‌های فتوسنتزی



شکل ۲- برهمکنش کود مرغی و زئولیت غنی شده بر آنتوسیانین لوبیاسبز

P₁: عدم مصرف کود مرغی، P₂: کود مرغی، P₃: کود مرغی+روی، P₄: کود مرغی+مس، P₅: کود مرغی+روی+مس، Z₁: عدم مصرف زئولیت، Z₂: زئولیت، Z₃: زئولیت+روی، Z₄: زئولیت+مس، Z₅: زئولیت+روی+مس

Fig. 2. Interaction effects of enriched P×Z on anthocyanin of green bean

P₁: no poultry manure, P₂: poultry manure, P₃: poultry manure + zinc, P₄: poultry manure + copper, P₅: poultry manure + zinc + copper, Z₁: no use of zeolite, Z₂: zeolite, Z₃: zeolite + zinc, Z₄: zeolite + copper, Z₅: zeolite + zinc + copper

مگنیز به ترتیب با میانگین‌های ۲۳/۵، ۳۱/۲، ۷۸/۳ و ۶۴/۲ میلی گرم بر کیلوگرم با اعمال تیمار Z₅ به دست آمد (جدول ۹). کود مرغی از طریق افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک موجب بهبود جذب عناصر غذایی در گیاه می گردد (Boateng *et al.*, 2006). گزارش شده است که مصرف کودهای آلی موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه می گردد (Uyanoz, 2007). افزایش معنی دار غلظت‌های NPK در بافت گیاهی و نهایتاً بهبود عملکرد ماده خشک لوبیا با کاربرد کود مرغی در نتایج (Soremi *et al.*, 2010) نیز گزارش شده است. زئولیت‌ها می توانند عناصر غذایی نظیر نیتروژن، پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی را در محیط ریشه گیاه نگه داشته و در زمان نیاز گیاه، این عناصر را آزاد نموده و در اختیار گیاه قرار دهند (Stylianou *et al.*, 2004).

غلظت عناصر غذایی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کود مرغی و زئولیت بر غلظت عناصر غذایی در غلاف لوبیاسبز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، ولی اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر هیچ یک از عناصر غذایی معنی دار نبود (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده کود مرغی نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب با میانگین های ۳/۴، ۴/۴ و ۰/۴ درصد و حداکثر میزان مس، روی، آهن و مگنیز به ترتیب با میانگین‌های ۲۳/۸، ۳۱/۵، ۷۸/۸ و ۶۴/۸ میلی گرم بر کیلوگرم با اعمال تیمار P₅ به دست آمد؛ اگرچه بین تیمار P₄ و P₅ از نظر غلظت مگنیز اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۹).

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی زئولیت نیز نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب با میانگین‌های ۳/۳، ۴/۳ و ۰/۴ درصد و حداکثر میزان مس، روی، آهن و

جدول ۸- تجزیه واریانس جذب عناصر غذایی در غلاف لوبیاسبز

Table 8. Variance analysis of nutrients uptake in green bean pods

تیمار Treatments	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	مگنیز Mn
کود مرغی Poultry manure (P)	**	**	**	**	**	**	**
زئولیت Zeolite (Z)	**	**	**	**	**	**	**
کود مرغی × زئولیت P × Z	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	3.31	2.27	2.44	1.88	3.16	1.82	3.04

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

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

جدول ۹- مقایسه میانگین جذب عناصر غذایی در غلاف لوبیاسبز
Table 9. Mean comparison of nutrients uptake in green bean pods

تیمار Treatments	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	مس (میلی گرم بر کیلوگرم) Cu (%)	روی (میلی گرم بر کیلوگرم) Zn (%)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم) Fe (%)	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم) Mn (%)
P ₁	2.3e	0.3e	3.3c	20.6e	28.3d	73.5d	59.4c
P ₂	2.5d	0.4d	3.6d	21.4d	29.0c	74.7c	60.7bc
P ₃	2.7c	0.4c	3.8c	22.0c	29.6c	75.7c	61.6b
P ₄	3.1b	0.4b	4.1b	23.0b	30.7b	77.4b	63.4a
P ₅	3.4a	0.4a	4.4a	23.8a	31.5a	78.8a	64.8a
Z ₁	2.4e	0.3e	3.5e	21.0e	28.7d	74.1d	60.1d
Z ₂	2.6d	0.4d	3.6d	21.5d	29.2cd	75.0cd	60.9cd
Z ₃	2.8c	0.4c	3.8c	22.1c	29.8bc	75.9bc	61.9bc
Z ₄	3.0b	0.4b	4.0b	22.6b	30.3b	76.8b	62.8b
Z ₅	3.3a	0.4a	4.3a	23.5a	31.2a	78.3a	64.2a

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

The means within a column with the same letter are not significantly different by LSD test at $p < 0.05$.

P₁: عدم مصرف کود مرغی، P₂: کود مرغی، P₃: کود مرغی+روی، P₄: کود مرغی+مس، P₅: کود مرغی+روی+مس، Z₁: عدم مصرف زئولیت، Z₂: زئولیت، Z₃: زئولیت+روی، Z₄: زئولیت+مس، Z₅:

زئولیت+روی+مس

P₁: no poultry manure, P₂: poultry manure, P₃: poultry manure + zinc, P₄: poultry manure + copper, P₅: poultry manure + zinc + copper, Z₁: no use of zeolite, Z₂: zeolite, Z₃: zeolite + zinc, Z₄: zeolite + copper, Z₅: zeolite + zinc + copper

خاک منجر به ایجاد بالانس رطوبتی و حفظ عناصر غذایی در محیط ریشه گیاه سویا گردید (Agooshi et al., 2015).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مصرف زئولیت و کود مرغی سبب افزایش اجزای عملکرد، عملکرد دانه، رنجدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی در مقایسه با شاهد گردید، ولی بیشترین میزان صفات مذکور تحت شرایط کاربرد زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با عناصر ریزمغذی روی و مس حاصل شد. تیمارهای زئولیت و کود مرغی غنی‌شده با مس اثرات بهتری در مقایسه با تیمارهای غنی‌شده با روی از نظر صفات مورد بررسی نشان دادند. بنابراین با توجه به پاسخ مثبت گیاه لوبیاسبز به کاربرد کودهای مرغی و زئولیت غنی‌شده، به نظر می‌رسد کاربرد این کودها می‌تواند ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، روش مناسبی جهت بهبود عملکرد گیاه همراه با تولید سالم و پایدار محصولات کشاورزی باشد.

از جمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار زئولیت بر عملکرد را می‌توان به اثرات مثبت زئولیت بر رطوبت خاک و حفظ عناصر غذایی اشاره نمود (Mottaghi et al., 2014). محققان بیان داشتند که کاربرد زئولیت از طریق تأثیر بر خصوصیات شیمیایی خاک نظیر pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ایجاد کلات‌های فلزی منجر به جذب بهتر عناصر غذایی می‌گردد (Motesharezadeh & Asgari Lajayer, 2013). گزارش‌ها حاکی از آن است که مصرف زئولیت موجب افزایش غلظت نیتروژن، پتاسیم، روی و مس در لوبیا گردید (Ozbahce et al., 2015). زئولیت به دلیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا و ساختمان متخلخل آن موجب جذب بهتر عناصر غذایی و مواد آلی از خاک می‌گردد (Gholamhoseini et al., 2013). زئولیت به واسطه افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک منجر به افزایش جذب عناصر کم‌مصرف نظیر مس و روی می‌گردد (Abdoli et al., 2008) که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است که مصرف زئولیت در

منابع

1. Abdoli, M.A., Rasapour, M., and Kamali, S.M. 2008. Composting "Design, Construction and Principles", University of Tehran Press, 209 p. (In Persian).
2. Agooshi, M., Ghajar Sepanlou, M., and Bahmanyar, M.A. 2015. Effect of zeolite application on the yield and quality of soybean under water and non-water stress. Journal of Plant Production Research 22(2): 173-187. (In Persian).
3. Agricultural Statistics. 2021. Crops. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. Tehran. Iran. (In Persian).
4. Ahmadi, A.Y., and Arain, M.J. 2021. The response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to different levels of organic and inorganic fertilizers. International Journal of Life Sciences and Biotechnology 4(3): 439-450.

5. Ahmadee, M., Khashei Siuki, A., and Shahidi, A. 2014. Effect of magnetic water and natural clinoptilolite zeolite on growth of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 8(2): 393-401. (In Persian).
6. Alhrout, H.H., Aldalin, H., Haddad, M.A., Bani-Hani, N.M., and Al-Dalein, S.Y. 2016. The impact of organic and inorganic fertilizer on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Advances in Environmental Biology 10(9): 8-14.
7. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24(1): 1-15.
8. Aslani, A., and Sour, M.K. 2018. Growth quality of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of organic-chelate fertilizers. Open Agriculture 3: 146-154.
9. Baek, S.A., Han, T., Ahn, S.K., Kang, H., Cho, M.R., Lee, S.C., and Im, K.H. 2012. Effects of heavy metals on plant growths and pigment contents in *Arabidopsis thaliana*. The Plant Pathology Journal 28(4): 446-452.
10. Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi-Akbar-Boojari, M., and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2017. Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. Industrial Crops and Products 109: 346-357.
11. Bahador, M., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S.A., Fathi, Gh., and Lotfi Jalal-Abadi, A. 2015. Effect of seed pelleting with zeolite and priming with Iron chelate on protein and seed yield of Mung bean (*Vigna radiata* L.) varieties in Ahvaz. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 32-41. (In Persian).
12. Bakhshandeh, A., Gharineh, M.H., Abdale, A.R., Moraditelavat, M.R., and Reiszadeh, M. 2016. Effect of nitrogen level and natural zeolite on qualitative and quantitative function of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) in Ahvaz climatic condition. Iranian Journal of Field Crop Research 14(2): 244-254. (In Persian).
13. Boateng, S., Zickermann, A.J., and Kornahrens, M. 2006. Effect of poultry manure on growth and yield of maize. West African Journal of Applied Ecology 9: 1-11.
14. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen Total. Methods of Soil Analysis. Leonard Hill, London.
15. Davari, M.R., Kazazi, S.B., and Pivehzhani, O.A. 2017. Nanomaterials: Implications on Agroecosystem. In Nanotechnology (pp. 59-71). Springer, Singapore.
16. Diacono, M., and Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. Agronomy for Sustainable Development 30: 401-422.
17. Emami, A. 1996. Plant analysis methods. Soil and Water Research Institute 1: 982. (In Persian).
18. Esfandiari, A., Sadat Taghavi, T., Babalar, M., and Delshad, M. 2009. The effect of using raw and NH₄-zeolite on yield and quality of tomato crop at reduced nitrogen concentration solution in hydroponic. Journal of Horticultural Sciences 23(2): 41-51. (In Persian).
19. FASOSTAT (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2020. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
20. Gholamhoseini, M., Aghaalkhani, M., and Malakoti, M. 2009. Effect of different nitrogen level and zeolite on canola (*Brassica napus* L.) yield. Agriculture and Natural Science and Technology 12: 537-548. (In Persian).
21. Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., and Farmanbar, E. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil and Tillage Research 126: 193-202.
22. Habib Porkashef, E., Gharineh, M.H., Shafeinia, A.R., and Roozrokh, M. 2015. The effect of zeolite levels on chlorophyll fluorescence of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress conditions. Crop Physiology Journal 7(28): 19-32. (In Persian).
23. Habib Porkashef, E., Gharineh, M.H., Shafeinia, A.R., and Roozrokh, M. 2017. Effect of different levels of zeolite on yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress in Kermanshah climate condition. Plant Production Technology 17(1): 141-151. (In Persian).
24. Hoseini, S.S., Rokhzadi, A., and Karami, E. 2020. Interactive effects of planting method and zeolite application on yield attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dryland conditions. Acta agriculturae Slovenica 115: 113-121.
25. Jasim, A.H., and Mhanna, Q.L. 2014. Effect of some organic fertilizer's treatments on dry seed yield of broad bean (*Vicia faba* L.). Scientific Papers. Series A. Agronomy 57: 218-222.
26. Javanmard, A., and Asadi Danalo, A. 2017. Effect of poultry manure and micronutrient foliar application on some wheat quantity and quality characteristics under rainfed conditions. Crop Science Research in Arid Regions 1(1): 13-26. (In Persian).

27. Jones, J.R., Wolf, J.B., and Mills, H.A. 1991. Plant Analysis: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Micro and Macro Publishing Inc. Athens, Georgia.
28. Khan, A.Z., Khan, H., Khan, R., Nigar, S., Saeed, B., Gul, H., Amanullah, Wahab, S., Muhammad, A., Ayub, M., Matsue, N., and Henmi, T. 2011. Morphology and yield of soybean grown on allophonic soil as influenced by synthetic zeolite application. Pakistan Journal of Botany 43(4): 2099-2107.
29. Khodaei-Joghan, A., and Asilan, K.S. 2012. Zeolite influences on nitrate leaching, nitrogen-use efficiency, yield and yield components of canola in sandy soil. Archives of Agronomy and Soil Science 58: 1149-1169.
30. Kapoor, A., Pandit, M., and Ametha, M. 2015. Organic agriculture: biofertilizer a review. International Journal of Pharmaceutical and Biological Archives 6(5): 1-5.
31. Kumar, R., Mehrotra, N.K., Nautiyd, B.D., Kumar, P., and Singh, P.K. 2009. Effect of copper on growth, yield and concentration of Fe, Mn, Zn and Cu in wheat plants (*Triticum aestivum* L.). Journal of Environmental Biology 30: 485-488.
32. Lack, Sh., Kermanshahi, M., and Noryani, H. 2016. Variation trend of leaf area index, yield and yield components of green beans (*Phaseolous vulgaris* L.) by using zinc sulfate and nitrogen. Journal of Crop Ecophysiology 9(4): 599-610. (In Persian).
33. Li, B.Y., Zhou, D.M., Cang, L., Zhang, H.L., Fan, X.H., and Qin, S.W. 2007. Soil micronutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. Soil and Tillage Research 96: 166-173.
34. Lija, M., Haruna, A.O., and Kasim, S. 2014. Maize (*Zea mays* L.) nutrient use efficiency as affected by formulated fertilizer with clinoptilolite zeolite. Emirates Journal of Food and Agriculture 26: 284-292.
35. Lima, J.R.d.S., Goes, M.d.C.C.d., Hammecker, C., Antonino, A.C.D., Medeiros, É.V.d., Sampaio, E.V.d.S.B., Leite, M.C.d.B.S., Silva, V.P.d., de Souza, E.S., and Souza, R. 2021. Effects of poultry manure and biochar on acrisol soil properties and yield of common bean. A short-term field experiment. Agriculture 11: 290.
36. Liu, G., Zotarelli, L., Li, Y., Dinkins, D., Wang, Q., and Ozores-Hampton, M. 2014. Controlled-release and slow-release fertilizers as nutrient management tools. Department of Horticultural Science 1255: 1-7.
37. Madhavi, Y. 2007. Studies on the effect of different levels of vermicompost, castor cake, poultry manure and bio fertilizers on growth, yield and quality of Indian spinach (*Beta vulgaris* var. Bengalensis Hort.). BSc. Horticulture. Acharya N.G. Ranga Agricultural University. P.137.
38. Mahesh, M., Thomas, J., Kumar, K.A., Bhople, B.S., Sares, N.V., Vaid, S.K., and Sahu, S.K. 2018. Zeolite Farming: A sustainable agricultural prospective. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(5): 2912-2924.
39. Mahmoudi, Sh., and Hakimian, M. 2003. Fundamentals of Soil Science. Tehran University Press, 720 pp. (In Persian).
40. Moreira, A., and Moraes, L.A.C. 2017. Yield, nutritional status and soil fertility cultivated with common bean in response to amino-acids foliar application. Journal of Plant Nutrition 40: 344-351.
41. Motesharezadeh, B., and Asgari Lajayer, H. 2013. The effect of different levels of enriched zeolite on dry matter, yield components and nutrient uptake in two cultivars of corn (*Zea maize*, cv.260 and 704). Applied Soil Research 1(2): 61-74. (In Persian).
42. Mottaghi, L., Allahdadi, I., Shirani-rad, A.H., and Akbari, G.A. 2014. The effect of zeolite on yield and yield components of rapeseed under drought conditions. Journal of Crops Improvement 16(2): 381-397. (In Persian).
43. Mozafari, V., and Rayatpisheh, M. 2017. Effect of calcium-enriched zeolite on some physiological characteristics of pistachio seedlings under salinity stress. Journal of Soil Management and Sustainable 6(4): 39-54. (In Persian).
44. Nozari, R., Moghadam, H.R., and Zahedi, H. 2013. Effect of cattle manure and zeolite applications on physiological and biochemical changes in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] grown under water deficit stress. Revista Científica UDO Agrícola 13(1): 76-84.
45. Ozbahce, A., Tari, A.F., Gönülal, E., Simsekli, N., and Padem, H. 2015. The effect of zeolite applications on yield components and nutrient uptake of common bean under water stress. Archives of Agronomy and Soil Science 61(5): 615-626.
46. Saikachout, S., Benmansoura, A., Ennajah, A., Leclerc, J.C., Ouerghi, Z., and Karray, N. 2015. Effects of metal toxicity on growth and pigment contents of annual halophyte (*A. hortensis* and *A. rosea*). International Journal of Environmental Research 9(2): 613-620.

47. Soremi, A.O., Adetunji, M.T., Adejuyigbe, C.O., Bodunde, J.G., and Azeez, J.O. 2017. Effects of poultry manure on some soil chemical properties and nutrient bioavailability to soybean. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 11(3): 1-10.
48. Souri, M.K., YaghoubiSooraki, F., and Moghadamyar, M. 2017. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean plants under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 58(6): 530-536.
49. Stylianou, M.A., Inglezakis, V.J., and Loizidou, M.D. 2004. Effects of zeolite addition on soil chemistry- open field experiments. *Protection and Restoration of the Environment* 11: 14-21.
50. Teow, C.C., Truong, V.D., McFeeters, R.F., Thompson, R.L., Pecota, K.V., and Yencho, G.C. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry* 103(3): 829-838.
51. Turkmen, A., and Kutuk, Y. 2017. Effects of chemical fertilizer, algae compost and zeolite on green bean yield. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(3): 289-293.
52. Ülker, M., and Ceyhan E. 2008. Orta anadolu ekolojik sartlarında yetisttirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* l.) genotipleri-nin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi* 22(46): 77-89.
53. Uyanoz, R. 2007. The effects of different bio-organic, chemical fertilizers and their combination on yield, macro and micro nutrition content of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Agricultural Research* 2(2): 115-125.
54. Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G., and Vanderlee, J.J. 1989. Soil and Plant Analysis, A Series of Syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Netherland. 168p.
55. Yadav, P., Kaur, R., Kohli, S.K., Sirhindi, G., and Bhardwaj, R. 2016. Castasterone assisted accumulation of polyphenols and antioxidant to increase tolerance of *B. juncea* plants towards copper toxicity. *Cogent Food and Agriculture* 2(1): 1-14.



Effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on agronomical and physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Mohammadzadeh¹, Mahyar; Niknejad^{2*}, Yousof; Fallah-Amoli², Hormoz; Barari², Davood; and Baghbanian³, Seyed Meysam

1. PhD. of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran; m.710mohammadzadeh@gmail.com
2. Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, Medicinal Plants Research center, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran; (e- yousofniknejad@gmail.com; hormozfalah@gmail.com; davoodbarari@yahoo.com, respectively)
3. Department of Chemistry, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran; sbaghbanian@gmail.com

Received: 8 May 2021; Revised: 4 January 2022
Accepted: 19 April 2022; Available Online: 22 June 2022

How to cite this article:

Mohammadzadeh, M., Niknejad, Y., Fallah-Amoli, H., Barari, D., and Baghbanian, S.M. 2022. Effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on agronomical and physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 13(1): 99-112. (In Persian with English Summary). DOI: 10.22067/ijpr.v13i1.2105-1007

Introduction

Among legumes, green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has the highest area under cultivation. This legume also has a very high economic value. Today, the application of natural soil amendments such as zeolite to prevent the loss of nitrogen fertilizers has been considered. The zeolite application can reduce the use of chemical fertilizers, increase the soil water holding capacity and also prevent environmental pollution by improving the soil physicochemical characteristics. Addition of poultry manures to the soil also increases soil fertility, decomposition of organic matter and carbon dioxide production in the plant canopy, which ultimately leads to increased grain yield. The aim of this study was to evaluate the effects of fortified zeolite and poultry manure on yield components, yield, photosynthetic pigments and nutrient concentrations in green bean plant.

Material and Methods

To study the effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on yield components, yield, photosynthetic pigments and nutrient concentrations in green bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a field experiment was conducted as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the research field of the Islamic Azad University of Amol in 2017. The treatments of this research consisted of five levels of Zeolite (Z₁: control or non-use of Zeolite, Z₂: application of zeolite alone, Z₃: fortified zeolite with zinc, Z₄: fortified zeolite with copper and Z₅: fortified zeolite with zinc + copper) and five levels of poultry manure (P₁: control or non-use of poultry manure, P₂: application of poultry manure alone, P₃: fortified poultry manure with zinc, P₄: fortified poultry manure with copper and P₅: fortified poultry manure with zinc + copper). In this experiment, poultry manure and zeolite were used at rates of 1.5 and 1 t.h⁻¹, respectively. Nitrogen, Phosphorus and Potassium fertilizers were applied uniformly in all plots based on the results of soil analysis. At harvest, the yield components, seed yield and nutrient concentrations in the plant were recorded. The concentration of photosynthetic pigments was also measured at the flowering stage. The data were analyzed using SAS software and the means were compared using the least significant difference (LSD) test at the 5% probability level.

* Corresponding Author: yousofniknejad@gmail.com

Results & Discussion

The results showed that the differences between different levels of poultry manure were significant in yield components, seed yield, photosynthetic pigments and nutrient concentrations in the plant. The effect of zeolite was significant on all tested traits except for 100-seed weight. The interaction between different levels of poultry manure and zeolite was significant on pod length and anthocyanin. The application of fortified poultry manure and zeolite with zinc and copper increased the evaluated parameters compared to individual application of poultry manure or zeolite and control. The interaction between poultry manure and zeolite revealed that the maximum pod length was obtained by applying P₁Z₅, P₂Z₅, P₃Z₅, P₄Z₅ and P₅Z₅ treatments. The maximum anthocyanin concentration was also obtained by applying P₄Z₅, P₅Z₁, P₅Z₂, P₅Z₃, P₅Z₄ and P₅Z₅ treatments. The results of the mean comparison of data for poultry manure showed that the highest seed yield (174 g.m⁻²) was obtained by application of fortified poultry manure with zinc + copper, which increased by about 27% compared to the control. Under zeolite application, the maximum seed yield (171 g.m⁻²) was achieved by application of fortified zeolite with zinc + copper, which increased by about 23.3% compared to the control.

Conclusion

In general, the copper-enriched zeolite and poultry manure treatments showed better impacts than zinc-enriched treatments in terms of studied traits. Application of zeolite and poultry manure increased the yield attributes, seed yield, photosynthetic pigments and nutrient concentration compared to the control, but the highest amount of these traits was obtained under the application of fortified zeolite and poultry manure with zinc and copper. Therefore, the application of fortified poultry manure and zeolite while reducing the amount of chemical fertilizers, can improve the seed yield of green bean.

Keywords: Nutrient uptake: Photosynthetic pigments: Poultry manure: Yield: Zeolite

پژوهش‌های جویبار ایران

نشریه علمی-دوفصلنامه

پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات داوران سال (دوره) ۱۳ شماره ۱، نیمه اول ۱۴۰۱، شماره پیاپی: ۲۵
(به ترتیب حروف الفبا)

دکتر	سید وحید	اسلامی	دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
مهندس	حسن	پرسا	پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	محمودرضا	تدین	دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد
دکتر	سرور	خرمدل	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	وحید	سرابی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
دکتر	جهانشیر	شاکرمی	دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
دکتر	داود	صادق زاده اهری	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور - مراغه
دکتر	حسین	صادقی نامقی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مهدی	عزیزی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر	لیدا	فکرت	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	بهنام	کامکار	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	مرتضی	گلدانی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر	علی اکبر	محمودی	مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور
دکتر	سید کریم	موسوی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
دکتر	مهدی	نصیری محلاتی	دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

Iranian Journal of
Pulses Research

List of Articles
Vol. 13, No. 1, 2022, S. No.: 25

Title	Author(s)	Page
• Evaluation the efficacy of Pyridate combination with some graminicide for weed control in chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Maghsoudi, Arash; Izadi Darbandi, Ebrahim; and Nezami, Ahmad	11
• Effect of priming and temperature on emergence and establishment of two lentil (<i>Lens culinaris</i> Medik.) genotypes featuring low and high seed vigor	Azari, Seyyed Jalal; Parsa, Mahdi; Nezami, Ahmad; Tavakol Afshari, Reza; and Nabati, Jafar	24
• Parameterization and evaluation of SSM_iCrop2 model to simulate the growth and yield of bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) in Iran	Mohammadi, Samaneh; Zeinali, Ebrahim; Soltani, Afshin; and Torabi, Beniamin	37
• The effect of iron nano-chelate fertilizer on yield, yield components and seed protein content of bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) under drought stress	Ghasemi, Sahar; Piri, Issa; and Tavassoli, Abolfazl	55
• Genetic diversity of yield and yield components in few lentil (<i>Lens culinaris</i> Medikus) genotypes using multivariate statistical methods	Azizizadeh, Zeinab; Tahmasebi, Zahra; and Mirzaei, Amir	73
• Assessing the damage of onion thrips (<i>Thrips tabaci</i>) on six cultivars of red bean under field conditions	Ashtari, Sedighe	87
• Effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on agronomical and physiological traits of green bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Mohammadzadeh, Mahyar; Niknejad, Yousof; Fallah-Amoli, Hormoz; Barari, Davood; and Baghbanian, Seyed Meysam	99

Iranian Journal of Pulses Research

A Biannually Scientific Journal

Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
Vol. 13, No. 1, 2022, S. No.: 25

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 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

Saeid Malekzadeh Shafaroudi

Associate 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: H. 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

Research Center for Plant Sciences
Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 13(1); June 2022; S.No.25

- Evaluation the efficacy of Pyridate combination with some graminicide for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.)
Maghsoudi, Arash; Izadi Darbandi, Ebrahim; and Nezami, Ahmad
- Effect of priming and temperature on emergence and establishment of two lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes featuring low and high seed vigor
Azari, Seyyed Jalal; Parsa, Mahdi; Nezami, Ahmad; Tavakol Afshari, Reza; and Nabati, Jafar
- Parameterization and evaluation of SSM_iCrop2 model to simulate the growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Iran
Mohammadi, Samaneh; Zeinali, Ebrahim; Soltani, Afshin; and Torabi, Beniamin
- The effect of iron nano-chelate fertilizer on yield, yield components and seed protein content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress
Ghasemi, Sahar; Piri, Issa; and Tavassoli, Abolfazl
- Genetic diversity of yield and yield components in few lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes using multivariate statistical methods
Azizizadeh, Zeinab; Tahmasebi, Zahra; and Mirzaei, Amir
- Assessing the damage of onion thrips (*Thrips tabaci*) on six cultivars of red bean under field conditions
Ashtari, Sedighe
- Effect of zeolite and poultry manure enriched with zinc and copper on agronomical and physiological traits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)
Mohammadzadeh, Mahyar; Niknejad, Yousof; Fallah-Amoli, Hormoz; Barari, Davood; and Baghbanian, Seyed Meysam

